ISBN: 978-975-7113-68-3

GAP 2018

6. Uluslararası GAP Mühendislik Kongresi

BİLDİRİ KİTAPÇIĞI

Editörler

Murat KISA
M. Fatih TÜYSÜZ
Veysel GÜMÜŞ

08-10 KASIM 2018
Şanlıurfa

Düzenleme / Yürütme Kurulu

Dr. Murat KISA
Dr. Hüsamettin BULUT
Dr. Saffet ERDOĞAN
Dr. Veysel GÜMÜŞ
Dr. M. Fatih TÜYSÜZ
Dr. Kasım MERMERDAŞ
Dr. Mehmet KARAASLAN
Dr. Gencay SARIIŞIK
Dr. Nurettin BEŞLİ
Dr. Serdar ÇİFTÇİ
Dr. İ. Berkan AYDİLEK
Dr. Mustafa ÖZEN
Dr. Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ
Dr. Özlem DEMİR
Dr. Deniz UÇAR
Dr. M. Fatih DİLEKOĞLU
Dr. Serkan KAYA
Dr. Eyyüp KARAOĞUL
Dr. Mustafa ULUKAVAK
Dr. Hakan KARAÇİZMELİ

Dizgi Editörü

Fatih KORKMAZ

Kapak Tasarım

Murat TOPTAŞ

6. Uluslararası GAP Mühendislik Kongresi
8-10 Kasım 2018 Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa
ISBN: 978-975-7113-68-3

Bilim Kurulu

Bilgisayar Mühendisliği	**Çevre Mühendisliği**	**Elk Elektronik Müh.**	**Endüstri Mühendisliği**
Dr. Ahmet Bedri ÖZER	Dr. Ahmet DEMİR	Dr. Abdülkadir Gümüşçü	Dr. Mehmet MİMAN
Dr. Alev MUTLU	Dr. Arslan SARAL	Dr. Ahmet Altuncu	Dr. Metin DAĞDEVİREN
Dr. Ali DOĞRU	Dr. Atilla AKKOYUNLU	Dr. Ahmet Korhan Tanç	Dr. Nilgün FIĞLALI
Dr. Ali KARCI	Dr. Ayşe Dilek ATASOY	Dr. Ali Kırçay	Dr. Orhan ENGİN
Dr. Ayşe KÜÇÜKYILMAZ	Dr. Ayşe FİLİBELİ	Dr. Bahattin Kurt	Dr. Pınar YILDIZ KUMRU
Dr. Ayşenur BİRTÜRK	Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ	Dr. Bilal Gümüş	Dr. Refail KASIMBEYLİ
Dr. Barış KOÇER	Dr. Azize AYOL	Dr. Hasan Göktaş	Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN
Dr. Barış ÖZYER	Dr. Deniz UÇAR	Dr. Hasari Karci	Dr. Serkan KAYA
Dr. Bilal ALATAŞ	Dr. E. Didem Evci Kiraz	Dr. İbrahim Kaya	Dr. Şener AKPINAR
Dr. Davut HANBAY	Dr. Erdal Sakin	Dr. Kerim Karadağ	Dr. Tamer EREN
Dr. Dursun AKASLAN	Dr. Erkan ŞAHİNKAYA	Dr. Mehmet Tahir Güllüoğlu	Dr. Zerrin ALADAĞ
Dr. Emre UĞUR	Dr. Fatih DENİZ	Dr. Nevzat Onat	**Gıda Mühendisliği**
Dr. Ersin KAYA	Dr. Fatma Öztürk	Dr. Nurettin Beşli	Dr. Adnan HAYALOĞLU
Dr. Fatoş YARMAN VURAL	Dr. Francesco Di Capua	Dr. Selim Börekçi	Dr. Ali Coşkun DALGIÇ
Dr. Gülşah TÜMÜKLÜ ÖZYER	Dr. Gabi Drochioiu	Dr. Sezai Taşkın	Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR
Dr. Hilal KILIÇ ARSLAN	Dr. Giovanni ESPOSİTO	Dr. Syed Murshid	Dr. Eyyüp KARAOĞUL
Dr. Itır ÖNAL ERTUĞRUL	Dr. Gizem EKER	Dr. Ümit Üncü	Dr. Fatih Mehmet YILMAZ
Dr. İbrahim Berkan AYDİLEK	Dr. Gülen Güllü	**Endüstri Mühendisliği**	Dr. Ferit ATASOY
Dr. Kazım HANBAY	Dr. Güzel YILMAZ	Dr. Adil BAYKASOĞLU	Dr. Harun PARLAR
Dr. Levent BAYINDIR	Dr. Hakkı GÜLŞEN	Dr. Ahmet CİHAN	Dr. Hasan VARDİN
Dr. M. Akif NACAR	Dr. Halil HASAR	Dr. Ahmet Sabri ÖĞÜTLÜ	Dr. Hidayet SAĞLAM
Dr. M. Fatih TÜYSÜZ	Dr. Harun TÜRKMENLER	Dr. Ahmet SARUCAN	Dr. İbrahim HAYOĞLU
Dr. M. Hadi SUZER	Dr. İbrahim Demir	Dr. Ali ALLAHVERDİ	Dr. İzzet ŞENER
Dr. Mahir KAYA	Dr. M. Yunus PAMUKOĞLU	Dr. Alpaslan FIĞLALI	Dr. Kenan Sinan Dayısoylu
Dr. Nagehan İLHAN	Dr. Mehmet ÇAKMAKÇI	Dr. Cengiz KAHRAMAN	Dr. Mehmet KARAASLAN
Dr. Özcan DÜLGER	Dr. Mehmet Fatih DİLEKOĞLU	Dr. Edward A. Pohl	Dr. Mustafa ARDIÇ
Dr. Özge ÖZTİMUR KARADAĞ	Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR	Dr. Ercüment Neşet DİZDAR	Dr. Mustafa BAYRAM
Dr. Özlem ERDAŞ	Dr. Mehmet KOBYA	Dr. Evrencan ÖZCAN	Dr. Mustafa ÇAM
Dr. Pınar DUYGULU ŞAHİN	Dr. Mustafa ASLAN	Dr. Gencay SARIIŞIK	Dr. Perihan PARLAR
Dr. Pınar KARAGÖZ	Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI	Dr. Gülşen AKMAN	Dr. YEKTA GEZGİNÇ
Dr. Sait Ali UYMAZ	Dr. Orhan Taner CAN	Dr. Gülşen AYDIN KESKİN	**Harita Mühendisliği**
Dr. Serdar ÇİFTÇİ	Dr. Özlem DEMİR	Dr. Hacı Mehmet ALAĞAŞ	Dr. Alper ÇABUK
Dr. Veysi İŞLER	Dr. Sevgi DEMİREL	Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU	Dr. Çetin CÖMERT
Dr. Volkan ATALAY	Dr. Sinan BİLGİLİ	Dr. İ. Hakan KARAÇİZMELİ	Dr. Deniztan ULUTAŞ KARAKOL
Dr. Yasemin ÇETİN KAYA	Dr. Sinan UYANIK	Dr. İbrahim SABUNCU	Dr. Doğan Uğur ŞANLI
Biyomedikal Müh.	Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN	Dr. İhsan KAYA	Dr. Emine TANIR
Dr.Onan Güren	Dr. Yaşar NUHOĞLU	Dr. Kasım BAYNAL	Dr. Esra TUNÇ GÖRMÜŞ
Dr. Mahmut TOKMAKÇI	Dr. Yılmaz Yıldırım	Dr. Mehmet Emin BAYSAL	Dr. Fevzi KARSLI
	Dr. Yusuf YAVUZ	Dr. Mehmet GÜMÜŞ	Dr. Fred Barış ERNST

ISBN: 978-975-7113-68-3

Harita Mühendisliği	**İnşaat Mühendisliği**	**Makine Mühendisliği**
Dr. Gülten KARA	Dr. M. Salih KESKİN	Dr. Bülent AKTAŞ
Dr. Leyla ÇAKIR	Dr. M. Salih KIRKGÖZ	Dr. Bülent KURT
Dr. Mehmet YILMAZ	Dr. M. Sami AKÖZ	Dr. Bülent YEŞİLATA
Dr. Melih Başaraner	Dr. M. Tolga GÖĞÜŞ	Dr. Cemal ÇARBOĞA
Dr. Mualla YALÇINKAYA	Dr. M. Yaşar KALTAKCI	Dr. Cuma Çetiner
Dr. Mustafa DİHKAN	Dr. M. Yaşar SEPETÇİOĞLU	Dr. Dorota Stadnicka
Dr. Mustafa ULUKAVAK	Dr. Mahmoud Khatab	Dr. Erdem IŞIK
Dr. Nazan YILMAZ	Dr. Mazen KAVVAS	Dr. Hamit ADİN
Dr. Nuri ERDEM	Dr. Mehmet Emre BAYRAKTAR	Dr. Hamit Akbulut
Dr. Okan YILDIZ	Dr. Mustafa Alp ERTEM	Dr. Hüsamettin BULUT
Dr. Saffet ERDOĞAN	Dr. Mustafa GÜNAL	Dr. Hüseyin AKILLI
Dr. UĞUR AVDAN	Dr. Mustafa GÜRSOY	Dr. İhsan DAĞTEKİN
Dr. Uğur DOĞAN	Dr. Mustafa ÖZAKÇA	Dr. İsmail Hilali
Dr. Volkan YILDIRIM	Dr. Mustafa Sinan YARDIM	Dr. KÜRŞAD GÖV
Dr. Yakup Emre ÇORUHLU	Dr. Nihat ATMACA	Dr. M. Azmi AKTACİR
İnşaat Mühendisliği	Dr. Nildem TAYŞİ	Dr. Mehmet KANOĞLU
Dr. A. Alper ÖNER	Dr. Nor Azizi Safiee	Dr. Mehmet Veysel Çakır
Dr. A.İlker AKGÖNEN	Dr. Onur ONAT	Dr. Mustafa ÖZEN
Dr. Abdurrahman GÜNER	Dr. Ömer DİŞ	Dr. Orhan ARPA
Dr. Ayşe Y. GÜNAL	Dr. Önder ÖKMEN	Dr. Orhan AYDIN
Dr. Aytaç GÜVEN	Dr. Recep ÇELİK	Dr. Orhan BÜYÜKALACA
Dr. Baki BAĞRIAÇIK	Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ	Dr. ÖMER EYERCİOĞLU
Dr. Barış GÜNEŞ	Dr. Recep Koray KIYILDI	Dr. Önder KAŞKA
Dr. Befrin Neval Bingöl	Dr. Reşit GERGER	Dr. R.M. Chandima Ratnayake
Dr. Bekir PEKMEZCİ	Dr. Safie Mahdi OLEIWI	Dr. Ramazan KARAKUZU
Dr. Burak YÖN	Dr. Önder ÖKMEN	Dr. Recep Yaman KARADENİZ
Dr. Çağrı MOLLAMAHMUTOĞLU	Dr. Recep ÇELİK	Dr. Recep YUMRUTAŞ
Dr. Dia Eddin NASSANİ	Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ	Dr. Refet KARADAĞ
Dr. Ercan ARPAZ	Dr. Recep Koray KIYILDI	Dr. Şehmus ALTUN
Dr. Erdal UNCUOĞLU	Dr. Reşit GERGER	Dr. Tuncay YILMAZ
Dr. Esra METE GÜNEYİSİ	Dr. Safie Mahdi OLEIWI	Dr. Vedat ORUÇ
Dr. Fahriye KILINÇKALE	Dr. Selman SAĞLAM	Dr. Yusuf ARMAN
Dr. Fatih ÇELİK	Dr. Sreekanta DAS	Dr.Ceyhun YILMAZ
Dr. Fevziye AKÖZ	Dr. Şevki ÖZTÜRK	
Dr. Gül POLAT TATAR	Dr. Taha TAŞKIRAN	
Dr. Gürşans GÜVEN IŞIN	Dr. Talha EKMEKYAPAR	
Dr. H. Murat ALGIN	Dr. Turan ÖZTURAN	
Dr. H. Öznur ÖZ	Dr. Veysel GÜMÜŞ	
Dr. Halit YAZICI	Dr. Volkan EZCAN	
Dr. Hanifi ÇANAKCI	Dr. Volkan KALPAKCI	
Dr. Hasan Erhan YÜCEL	Dr. Yusuf Kağan DEMİR	
Dr. Hasan Selçuk SELEK	Dr. Zeynep ALĞIN	
Dr. Hatice ÇITAKOĞLU	Dr. Zeynep IŞIK	
Dr. Hatice GÖÇMEN DEMİR	Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ	
Dr. Hediye Tüydeş-Yaman	**Makine Mühendisliği**	
Dr. İdris BEDİRHANOĞLU	Dr. ABDULLAH AKPOLAT	
Dr. Kasım MERMERDAŞ	Dr. Adnan ÇALIK	
Dr. Kasım YENİGÜN	Dr. Ahmet Ziyaettin ŞAHİN	
Dr. M. Alparslan KÖROĞLU	Dr. Ali KAHRAMAN	
Dr. M. Arif GÜREL	Dr. Asım BALBAY	
Dr. M. Emin Cihangir BAĞDATLI	Dr. Atilla G. DEVECİOĞLU	
Dr. M. Eren GÜLŞAN	Dr. Bayram ŞAHİN	
Dr. M. İshak YÜCE	Dr. Beşir ŞAHİN	

ISBN: 978-975-7113-68-3

İÇİNDEKİLER

2-Employees' Awareness About Occupational Health and Safety: A Research in Harran University (Mehmet Miman, İzzettin Hakan Karaçizmeli).....1

4-Direnç Punta Kaynağı Ve Tox-Perçinleme Yöntemiyle Birleştirilen Aa 6016-T4 Alaşımlı Plakaların Karşılaştırılması (Zeynep Begüm KURT, Bircan Albak ALBAK, Kalender Efe ESEN).....7

6-Minimizing Makespan in Flowshops with Bounded Processing Times (Muberra ALLAHVERDİ, Ali ALLAHVERDİ).....13

7-Minimizing Total Completion Time for Bounded Processing Times in Flowshops (Muberra ALLAHVERDİ, Ali ALLAHVERDİ).....17

8-Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanım Yöntemlerine İklim Değişikliğinin Etkileri (Pelin YAPICIOĞLU).....21

9-Grade 2 ve Grade 5 Titanyum Tozlarının Sıkıştırılabilme Karakteristikleri Üzerinde Yağlayıcı Etkisinin Araştırılması (Mustafa ÜSTÜNDAĞ, Remzi VAROL).....27

10-Et İşleme Endüstrisi Atıksuyunun Yeniden Kullanım Potansiyelinin Araştırılması (Pelin YAPICIOĞLU).....34

12-One-step Synthesis of a Hybrid Electrode Nano-material via Microwave Energy-based Approach and Its Use in Energy Storage Applications (Selçuk POYRAZ).....39

13-Comparison of Dynamic and Static Elastic Modulus For Sample Created By Using Different Concrete Types and Fiber Ratio (Recep Kadir PEKGÖKGÖZ, Rıdvan ŞAMAN, Ziyafeddin BABAYEV, Fatih AVCİL, M. Arif GÜREL).....44

14-Carbon Nanotube Covered Hierarchically Structured Composites' Preparation via Microwave Energy-based Approach (Selçuk POYRAZ).....49

15-Isparta ili için Güneş Radyasyonu Tahmin Modeli Geliştirilmesi (Ragıp YILDIRIM, Tuğba KOVACI, Arzu ŞENCAN ŞAHİN, Erkan DİKMEN).....55

16-R134a ve Alternatifi R513a Akışkanıyla Çalışan Buhar Sıkıştırmalı Bir Soğutma Sisteminin Karşılaştırmalı Termodinamik Analizi (Ragıp YILDIRIM, Abdullah YILDIZ, Arzu ŞENCAN ŞAHİN, Erkan DİKMEN).....60

17-AHP-TOPSIS ve AHP-VIKOR Yöntemleri ile Ambulans Tedarik Firması Seçimi (Hacı Mehmet ALAKAŞ, Mustafa BUCAK, Şafak KIZILTAŞ).....66

21-İş kazalarını önleyebilmek için bakım/onarım personelinin kullanabileceği bir giyilebilir emniyet sisteminin tasarlanması (Ersin BERBEROĞLU, Mahmut TOKMAKÇI, Ahmet Turan ÖZDEMİR).....73

22-HVOF Kaplanmış Alüminyum Alaşımlarının Aşınma Özelliklerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu (Hatice VAROL ÖZKAVAK, Şerife ŞAHİN).....79

24-TM Titanyum Alaşımlarına Sinter-HIP Yönteminin Uygulanması (Mustafa Üstündağ, Remzi Varol).....85

27-Determination Of Physical And Mechanical Properties Of Sewage Sludge: Seyhan (Adana) Case (Elif ERDEVE ÖZVAN)....92

28-A Pre-Study For Relationship Between Change Of Lake Van Level And Pre-Consolidation Pressure (Elif ERDEVE ÖZVAN, Ali ÖZVAN).....97

29-Investigation of Alkaline Activator ratio on Geopolymer Concrete under Ambient Curing Regime (Hayder K. ALIALI, Nildem TAYŞİ).....102

30-Enhancing the Mechanical Performance of Epoxy Composites Containing Silica Aerogels (Hasan Yavuz ÜNAL, Selay SERT ÇOK, Fatoş KOÇ, Nilay GİZLİ, Yeliz PEKBEY).....109

31-Evaluation of Fatigue Life of Plain-Weave Glass /Epoxy Composites with Carbon Nanotube (Hasan Yavuz ÜNAL, Yeliz PEKBEY).....115

32-Tarihi Yığma Bir Yapının Lifli Polimerler (FRP) İle Güçlendirme Alternatiflerinin Araştırılması Ve Proje Uygulaması The Investigation Of Retrofitting Alternatives In Historical Masonry Building With Fiber Re-inforced Polymers And Project Application (Ahmet BAL, Sait Serdar ŞİMŞEK).....121

33-A Study of Different Training Algorithms on Multi-Layer Feed-Forward Neural Network for Digital Elevation Modelling (Leyla CAKİR, Berkant KONAKOGLU).....127

34-Samsun Hava Kalitesi Prametrelerinin İncelenmesi ve Trend Analizi (Aziz Uğur TONA, Vahdettin DEMİR, Erdem Emin MARAŞ, Aslı ÜLKE).....131

35-Aday Ve Görevli İşlemleri İçin Merkezi Sınav Sistemi (Dursun AKASLAN).....139

37-Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü (Tamer EREN, Emir Hüseyin ÖZDER, Hacı Mehmet ALAKAŞ, Evrencan ÖZCAN).....146

39-Evaluation of the strength of fly ash based geopolymer mortar with various alkali activator concentrations and accelerated curing (Kasım MERMERDAŞ, Gailan PİRAZHN, Safie Mahdi OLEİWİ, Esameddin Saed MULAPEER).....151

40-Adsorption of pollutants using different types of geological materials: a review (Mehmet Fatih DİLEKOĞLU, Nırmeen VAZER).....157

41-An Artificial Bee Colony Algorithm for Solving Distributed Permutation Flow Shop Scheduling Problems (İpek ARSEVEN, Ahmet SARUCAN).....172

42-Mekanik Etkiye Duyarlı İnorganik Kolloidal Filmlerin Üretimi (Gökhan Topçu, Ezgi İnci, Mustafa M. Demir).....176

43-Tekstil Terbiye İşletmelerinde Üretim Kalitesinin Artırılması: Bir HTEA Uygulaması (İzzettin Hakan Karaçizmeli, Serkan Kaya).....180

44-Geopolimer Bağlayıcılı Yapı Malzemelerinin Zamana Bağlı Şekil Değiştirme Davranışının İncelenmesi (Şevin Ekmen, Kasım Mermerdaş).....185

45-Tarım Sektöründe İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamalarına İlçelerin Etkisi: Mardin İl Örneği (Güzel Yılmaz, Mehmet Miman).....192

46-Türk ve Suriye Uyruklu Vatandaşların Evsel Geri Dönüşüm Atıklarının Araştırılması (Hakki Gülşen, Sümeyra Akkuş).....197

47-Şehir, şehirli ve şehirleşme kavramlaının sürüdrülebilirliği açısından CBS ve Geotasarım Teknolojilerinin Kullanımı (Saffet erdoğan, Recep aslan).....203

48-Comparison of Water Vapour derived from GNSS Meteorology with Radiosonde and ECMWF (Emine Tanır Kayıkçı, Selma ZENGİN KAZANCI, Mualla YALÇINKAYA, Mesut DEMİRCAN, Seldanur ÇELİK).....210

49-Mechanical and Absorption Properties of Fiber Reinforced Fly Ash Based Geopolymer Mortar (Kasım Mermerdaş, Esameddin Saed Mulapeer, Safie Mahdi Oleiwi).....216

50-Yeraltı Suyu İyileştirilmesi Bakımından Nitrat Giderim Yöntemlerinin İrdelenmesi: Harran Ovası Örneği (PELİN YAPICIOĞLU, M. İRFAN YEŞİLNACAR).....223

52-Dolusavak Mansabında Oluşan Hidrolik Sıçramanın Su Yüzü Profilinin Belirlenmesi (Oğuz Şimşek, M. Sami AKÖZ, N. Göksu SOYDAN, Veysel GÜMÜŞ).....229

53-Trakya Bölgesinde Bir İmar Adasındaki Binaların Oluşturduğu Gölgelerin Konum Bakımından İncelenmesi (Hüseyin İnce, Nuri Erdem).....235

55-Güç Spektral Yoğunluğun Pencereleme Tekniği ile Analizi (Fatih Tuysuz, Harun Cig).....241

56-Kullanılan Cihazın ve Frekans sayısının EEG sınıflandırma başarısına etkisi (Fatih Tuysuz, Harun Cig).....247

57-Impact of Electrode Position, Exposure Time, Sitimulu Interval and Color on SSVEP-based EEG Analysis (Fatih Tuysuz, Harun Cig).....252

58-An Enhanced Two-Sided Adaptive Jitter Buffer Algorithm to Maximize Overall Voice Quality over Multi-rate WLANs (Fatih Tuysuz, Harun Cig).....257

59-Comparison of multi linear regression and genetic programming for estimation of compressive strength of concrete produced with various cement types and mix proportions (Kasım Mermerdaş, Süleyman İpek, Mehmet Burak Bozgeyik).....266

60-Suruç Çadırkent Alanının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi (Mehmet Aziz SAYAR, Hüseyin Zahit SELVİ, İlkay BUĞDAYCI).....270

61-Epoksinin Gevşeme ve Sürünme Davranışlarının Normal ve Düşük Sıcaklıkta Deneysel Olarak İncelenmesi (Mustafa ÖZEN, Berna İZGİ, Özge ERDEM, Murat KISA, Gökhan DEMİRCAN).....276

62-2005 Kuzey Peru Depreminin Neden Olduğu Anormal GPS-TEC Değişimlerinin İncelenmesi (Mustafa Ulukavak, Mualla YALÇINKAYA, M. Arslan Tariq).....282

63-Çevresel Şartların Cam Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozitlerin Burkulma Davranışı Üzerine Etkileri (Mehmet Ali KURT, Murat KISA, Mustafa ÖZEN, Gökhan DEMİRCAN).....288

64-Akışkan Hacimleri Yöntemiyle Yapılan Sayısal Modellemelerde Yan Duvar Etkisinin İncelenmesi (Veysel GÜMÜŞ, Oğuz ŞİMŞEK, N. Göksu SOYDAN, M. Sami AKÖZ, M. Salih KIRKGÖZ).....294

65-Sayısal Arazi Modeli Üretiminde Veri Yoğunluğu ve Enterpolasyon Metotlarının İncelenmesi (Nizar POLAT, Murat UYSAL).....301

66-GAP Bölgesi'nde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri (Güzel YILMAZ, Bülent Sefer ÖZTÜRKMEN).....306

67-Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği (Nizar POLAT, Mehmet Ali DERELİ, Mehmet Ali UĞUR, Mustafa YALÇIN).....311

68-Açık Maden Ocaklarındaki Toz İmisyonlarının Ekolojik Etkileri (Güzel YILMAZ, Ahmet Arif ÇELİK).....317

69-A Parallel Kangaroo Algorithm for Solving the Hybrid Flow Shop Scheduling Problem with Multi-Layer Assembly Operations (Orhan Engin, Taha Durmaz, Mehmet Emin BAYSAL, Ahmet Sarucan).....325

71-Three-Dimensional Finite Element Analysis of Deep Excavation Systems Considering Excavation Stages (Halil Murat Alğın, Arda Burak Ekmen, Egemen Kaya).....330

72-Meteorolojik Parametreler ve Deniz Seviyesi Değişimi Arasındaki İlişkinin Kapula Fonksiyonları ile Analizi (Emine Tanır Kayıkçı, Ahmet Yavuzdoğan).....335

74-Analysis of a Shear Wall with Force–Based Fiber Element Method (Mehmet Eren GÜLŞAN, Ömer Faruk OSMANLI,Muhammet KARATON).....341

75-Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arazi Sınıflandırması: Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Örneği (Mustafa Ulukavak, Yunus Arpacı, Nizar Polat, İsmail Demiryege).....347

76-Arum dioscoridis Ekstraktlarının Toplam Fenolik, Flavonoid İçerikleri ile Antioksidan ve Antibakteriyel Aktivitelerinin Araştırılması (Filiz UÇAN TÜRKMEN, Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI, Fatma Esen SARIGÜLLÜ ÖNALAN, Hidayet SAĞLAM).....353

77-Salt Reduction in Cheese and Use of Salt Substitutes (Çağım Akbulut ÇAKIR).....359

78-Trend Analysis of IGS Coordinate Time Series by Empricial Mode Decomposition Method (Emine Tanır Kayıkçı, Seldanur ÇELİK).....363

79-The Evaluation of High Severe Occupational Accidents in Construction Industry (Bilal Umut AYHAN, Onur Behzat TOKDEMİR).....368

80-Web Tabanlı Google Earth Engine ile NDVI Zaman Serisi Analizi : Şanlıurfa il Merkezi Örneği (Mehmet Ali DERELİ).....374

82-3 Boyutlu Tarayıcı Tasarım ve İmalatı (Cengiz DOĞAN, Baran GÜZELER, Vehbi BALAK).....378

86-Some Microbiological Properties of Yayik Butters Produced from Goats' and Cows' Milk (Huriye Gözde Ceyla, Filiz YıldızAkgül, Ali yıldırım, Ahmet Ferit Atasoy).....384

88-Çamurun Hidrotermal Karbonizasyonu (Özlem Demir, Deniz Uçar, Ezgi Sühel Aktaş).....387

89-Serbest Amonyak ile Ön Arıtımın Anaerobik Çürütme Performansına Etkileri (Özlem Demir, Deniz Uçar, Nurcan Ateş).....393

92-Dokunmuş Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümleme Davranışının Çevresel Koşullar Altında Değişimi (Ali ihsan Kaya, Murat Kısa, Mustafa Özen).....398

93-Tarhananın Besinsel Önemi ve Fonksiyonel Bileşenlerce Zenginleştirilmesi (Mehmet Köten, Ali Mücahit Karahan, Leyla Eren Karahan, Mehmet Metin Yazman).....403

94-Carrot Fiber as Potential Prebiotic for Lactobacillus casei and Bifidobacterium BB-12 (Mutlu Buket AKIN, Büşra GÖNCÜ, Feride DAŞNIK-ŞEKER, Musa Serdar AKIN).....409

95-Soil Structure Interaction of 2D Steel Frames under Seismic Loads (Cemile Özşam, Mustafa Özakça).....412

96-Stress Evaluatıon Of Symmetrıc And Asymmetrıc Spur Gear Forgıng Dıes Usıng Fınıte Element METHOD (Omer EYERCIOGLU, Necıp Fazıl YILMAZ, Gulaga TAS, Mehmet ALADAG).....417

97-Abrasive Flow Machining of Asymmetric Spur Gear Forging Die (OMER EYERCIOGLU, KURSAD GOV, ADEM AKSOY).....426

98-Investigation of Medical Wastes in Hospitals in Adıyaman Province (Harun Turkmenler, Hakan Mehmet Çakır, Tuba Ulum, Mehmet Fatih Dilekoğlu, Mustafa Aslan).....434

99-Production Planning Decisions with Order Acceptance (Adil Baykasoğlu, Burcu Kubur Özbel).....438

100-Osmaniye Kent Merkezinden Geçen D-400 Karayolu Üzerindeki Trafik Yoğunluğunu Arttıran Faktörlerin CBS Tabanlı Analizi (Nuri Erdem).....444

101-A Scalable Inter-domain Routing and Admission Control Model for SDN-based Networks (Mahmud Rasih ÇELENLİOĞLU, Hacı Ali MANTAR).....450

103-A Pre-evaluation of air quality in Sanliurfa in terms of physical characteristics of particulate matters (Tuba Rastgeldi Dogan, Çiğdem Nuhoğlu, Yaşar Nuhoğlu, Özlem Yağcı, Süreyya Aydın Yüksel).....455

106-Multi-Machine Capacitated Lot-sizing and Scheduling Problem (Adil Baykasoğlu, Burcu Kubur Özbel).....462

107-Comparison of The Multiobjective Optimization Techniques for The Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem (Refail Kasımbeyli, Melis Alpaslan Takan).....467

109-Analitik Marka İmaj Takibi: Türkiye'deki En Büyük Perakende Zincirlerinin Üzerine Bir Uygulama (İbrahim Sabuncu, Gizem KOYUNCU, Seda GÖZÜKARA).....472

110-Waste Management in a Coal Preparation Plant (Yılmaz Yıldırım, Hamit Aydın).....480

111-Geothermal Energy in GAP (Alper Baba, Mustafa M. Demir, M. İrfan Yeşilnacar).....486

112-Simultaneous Nitrate and Perchlorate Reduction in Elemental Sulfur and Thiosulfate Fed Autotrophic Batch Reactors (Deniz UÇAR, Tülay YILMAZ, Erkan ŞAHİNKAYA).....489

113-Perchlorate Existence in the tap water collected from several cities in South East Anatolia Region (Deniz UÇAR, Tülay YILMAZ, Erkan ŞAHİNKAYA).....494

114-Dragun arum(Dranculus) Bitkisi Yapraklarının Kurutulması İşlemi İçin Deneysel Bir Çalışma (Yunus Emre GÖNÜLAÇAR, Asım Balbay).....498

115-Bir Konutun Türkiye'nin Farkli İklim Şartlari İçin Soğutma Yükü Analizi (Aynur UÇAR, Duygu Evin).....502

116-Akımsız Nikel-Bor Kaplanmış Küresel Grafitli Dökme Demirin Adhesif Aşınma Davranışı Üzerine Kaplama Süresinin Etkisi (Hüseyin DALGIÇ, Ferhat GÜL, Ferhat GÜL).....511

117-Güneş Enerjisi Depolamalı Bir Isıtma sisteminin Isıl performansının incelenmesi (Aynur UÇAR, Abdurrahman Oral, Duygu Evin).....517

119-The effect of sludge age on the amount of produced excess sludge in activated sludge units (Deniz UÇAR, Özlem DEMİR, Dilek ERKAN).....523

121-Calculation of Pollution Load Originating from Animals of Muş Center and Districts (Aysegul Demir Yetis, Rabia Busra TEKE, Recep YETIS).....527

123-Biogas Potential from Animal Waste: A Case Study for Sanliurfa Province (Aysegul Demir Yetis, Recep Yetis).....533

124-Kinoanın Süt Ürünlerinde Kullanımı (Leyla Eren Karahan, Ali Mücahit Karahan, Mehmet Köten, Pelin Dölek Ekinci).....539

125-Türkiye'deki Boşanma Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Mekansal İstatistiksel Yöntemler ile İrdelenmesi (Mehmet Ali DERELİ, Nizar POLAT).....543

126-Color Properties of Sanlıurfa Sadeyagi (Urfa Yagi) Produced from Ewes' and Cows' Milk (Dilek Yokuş, Huriye Gözde Ceylan, Ahmet Ferit Atasoy).....547

127-The use of Augmented Reality Technology in Mechanical Engineering and A Case Study (Vehbi BALAK, Murat KISA, Mehmet MİMAN).....551

128-The Importance and Development of Spatial Visualization Skill in Engineering Education (Vehbi BALAK, Murat KISA).....559

129-The Effect of Virtual Reality Technology on the Spatial Visualization Skill of First-year students of Mechanical Engineering (Vehbi BALAK, Murat KISA).....568

130-Konut tipi betonarme yapıların taşıyıcı sistem maliyetlerinin esnek hesaplama yöntemiyle tahmin edilmesi (Kasım Mermerdaş, İsmail Güneş).....576

131-Kentsel Katı Atık Yönetimi : Karaköprü Belediyesi Geri Dönüşüm Proje Uygulaması (Metin Baydilli, Hakki Gülşen, Mehtap Yücel, Fatma GÜLLÜOĞLU SONEKİNCİ).....582

132-Meteorolojik Veriler İçin Yüksek Verimli Bir Sıkıştırma Algoritması (Mehmet Hadi Suzer, Nurettin Beşli).....588

133-Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak Sunucularda DDoS Saldırılarının Tespiti ve Analizi (Cihat GÜRMEN, İbrahim Berkan AYDİLEK).....594

134-Hücre Dışı Azo Boya Oksidasyonu: Biyojenik Sülfür ile Kesikli Reaktörlerde Azo Boyalarının İndirgenmesi (Dilan TOPRAK, Özlem DEMİR, Deniz UÇAR).....601

135-Derin Öğrenme ile Metin Üretme (Buket KAYA).....605

136-DBLP as social network: classification by subject, analysis and visualization (Öskan BARUTÇUOĞLU, Mehmet KAYA).....611

137-Veri Analizi Araçları Kullanarak Eklemli Şekilleri Şekil Bileşenlerini Bulmadan Temsil Etme (Aslı GENÇTAV, Sibel TARI).....618

139-Osmanlı Selatin Camilerindeki Ve Gotik Katedrallerindeki Payanda Sistemlerine Genel Bir Bakış (Rabia İZOL, M. Arif GÜREL, Recep Kadir PEKGÖKGÖZ, Fatih AVCİL).....622

143-Developing a New Grid-Based Optimization Model for Groundwater Depths: An Application to the Lower Seyhan Basin (Ali Demir Keskiner, Mahmut Çetin, Mehmet Şimşek, Takanori Nagano, Sabri Akın).....627

145-Hydrological Drought Assessment: Case Study of Murat River-Palu (Veysel Gümüş, M. Semih Yıldız, Oğuz Şimşek).....636

146-Şanlıurfa İstasyonuna Ait Hesaplanan Kuraklık İndis Değerlerinin Trend Analizi (Veysel Gümüş, Berivan Ağun, Oğuz Şimşek, Kasım Yenigün).....643

147-Ameliyathanelerin Performanslarına Etki Eden Faktörlerin Bulanık Ahp İle Değerlendirmesi (Tamer Eren, Şeyda Gür).....651

149-Üretim Planlamada Çizelgeleme Algoritmalarının Nesnelerin İnterneti Açısından İncelenmesi ve Geliştirilmesi (Mehmet Emin AYDOĞDU, Nurettin BEŞLİ).....656

151-Solution of Multi-Objective Identical Parallel Machine Scheduling Problems with Local Search Algorithm (Serkan KAYA, İzzettin Hakan KARAÇİZMELİ).....661

152-Determination of Road Pavement Preferences by Fuzzy AHP Method (Ahmet Sarucan, M.Emin Baysal, Orhan Engin).....667

153-A Scatter Search Method for Solving the Open Shop Scheduling Problem (Mehmet Emin Baysal, Taha Durmaz, Ahmet Sarucan, Orhan Engin).....673

154-Vegeterian Milk as an Alternative to Animal Milk (Özge ÖZGÜL, Mutlu Buket AKIN).....678

158-Classification of Specific Cutting Energy of Natural Stones with Statistical K-Means Clustering Method (Gencay Sarıışık, Ahmet Sabri Öğütlü).....681

159-Usage of Cellulose Fiber and Modified Starch as Prebiotic for Lactobacillus acidophilus (Mutlu Buket AKIN, Feride DAŞNIK-ŞEKER, Musa Serdar AKIN, Büşra GÖNCÜ).....691

161-Şanlıurfa İlinde Değişik Mevsim Şartlarına Göre Bir Düzlemsel Kollektörün Isıl Performansının Analizi (Zeliha DEMİRAY, Mehmet Azmi AKTACİR, Harun ÇİFCİ, İsmail HİLALİ, M. Vehbi BALAK, Yunus DEMİRTAŞ).....695

162-Veri Madenciliğinde Kullanılan Sınıflandırma Algoritmalarının Farklı Veri Kümeleri ile Karşılaştırılması (Hamit SEYREK, İbrahim Berkan AYDİLEK).....701

163-Transfer Öğrenmede Öznitelik Seçme Yöntemlerinin Etkisi (Fatma Yeşim AYDİLEK, Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ).....708

164-Cr2O3 Katkılı Çeliklerin Toz Metalurji Yöntemiyle Üretilmesi Ve Karakterizasyonu (Abuzer AÇIKGÖZ, Bülent AKTAŞ).....713

166-Harran Ovasında Kullanılan Pestisitlerin Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi (Güzel YILMAZ, Edibe Pınar KAYA).....719

167-Determination of pH changes during fermentation of Milks Fortified with Modified Starch and Cellulose Fiber and Fermented by Lactobacillus acidophilus (Büşra GÖNCÜ, Muhammed Ali PALABIÇAK, Mutlu Buket AKIN, Musa Serdar AKIN).....724

168-Atıkların Enerjiye Dönüştürülmesinde Teknolojideki Son Gelişmeleri (Mustafa ASLAN, Tuba Ulum, Mehmet Fatih Dilekoğlu, Harun Türkmenler).....732

169-Nar Kabuğundan Üretilmiş Bioçarın Sulu çözeltilerden Metilen Mavisi Adsorpsiyonu (Mehmet Fatih Dilekoğlu Dilekoğlu, Erdal Sakin, Harun Türkmenler, Mustafa Aslan, Mazlum YAPİCİ).....739

170-Çok Amaçlı Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Matematiksel Modeli ve Meta Sezgisel Yöntemler ile Çözüm Önerisi (Serkan KAYA, Nilgün FIĞLALI).....745

171-The Production Method and Mechanical Properties of SiC Reinforced Steel (abuzer açıkgöz, Bülent Aktaş).....751

172-Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tabanlı Paydaşlar Arası İşbirliği Çerçevesi (Furkan Yurdakul, Zeynep Isik).....757

173-Şanlıurfa İl Merkezi İçin Geoteknik Veri Bankası (Geotechnical Data Bank For the City Center of Şanlıurfa) (Reşit Gerger, Hikmet Tutar).....763

174-Koyun Gübresinden Elde Edilmiş Bioçar Kullanılarak Malahit Yeşili Boyasının Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyonu (Mehmet Fatih Dilekoğlu, Erdal Sakin).....769

175-An Experımental Study On Pıllıng And Abrasıon Resıstance In Dıgıtal Prınted Fabrıc (Şehpal ÖZDEMİR, Füsun DOBA KADEM).....776

177-Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması (Hacı Mehmet ALAKAŞ, Şafak KIZILTAŞ, Tamer EREN, Evrencan ÖZCAN).....782

178-Use of Process Mining in Bank Loan Transactions (İbrahim Ethem Yazıcı, Orhan Engin).....787

179-Life Cycle Assessment of Buildings in Turkey (Nihat ATMACA, Ali Ihsan OZCETIN, Derya BAKBAK).....792

182-Kanonik Korelasyon Analizi ile Yaşın, Cinsiyetin ve Saç Tipinin EEG Sinyalleri Üzerindeki Etkisinin incelenmesi (Mehmet Fatih Tuysuz, Harun Cig).....797

183-Artificial Algae Algorithm (AAA), its modifications and implementations for diverse solutions (Sait Ali Uymaz, Gülay Tezel, Esra Yel).....805

184-Synthesis and utilization of new flocculants from waste polystyrene by modified sulfonation (Esra Yel, Sofia Safi, Gamze Dinç).....811

185-Logistic Regression, as a Tool and as a part of Solution in Engineering Problems (Sema Servi, Sait Ali Uymaz, Esra Yel, Gülay Tezel).....817

186-Classification of EEG Signals using Artificial Neural Network trained with Artificial Algae Algorithm (AAANN) (Gülay Tezel, Sait Ali Uymaz, Esra Yel).....823

187-Elektrik İletim Sistemlerindeki Enerji Kayıplarının Telafisinde Güneş Enerjisi Kullanımı (Ahmet HAMZAOĞLU, Ali ERDUMAN, Mustafa ALÇI).....829

188-Soğuk Sac Şekillendirme Kalıbında Direnç Kaynak Sistemi Tasarımı (Bircan ALBAK, Zeynep Begüm KURT).....837

189-Silindirle Sıkıştırılmış Betonda Su İçeriğinin Sıkıştırılabilirlik ve Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi (Zeynep Algın, Kasım Mermerdaş, Sümeyra Gerginci, M. Serhat Zeynepli).....843

190-Radyal Kapak Kontrollü Açık Kanal Akımının Su Yüzü Profilinin Sayısal Modellemesi (Mehmet PARMAKSIZ, Yavuz AVŞAROĞLU, Oğuz ŞİMŞEK, Veysel GÜMÜŞ).....848

191-Mikrokanallarda Karma Taşınımla Isı Transferinin Deneysel İncelenmesi (Bayram Şahin, Rahim Aytuğ Özer, Eyüphan Manay, İbrahim Ateş, Emre Mandev).....857

192-Mikroalg Teknolojisi ve Çevre (Göknur ŞİŞMAN AYDIN).....863

193-Karışık Atıksuların Mikroalg Kültüründe Kullanımı (Göknur ŞİŞMAN AYDIN, Kemal ŞİMŞEK).....872

194-Eko-Etiketleme Ve Türkiye (Göknur ŞİŞMAN AYDIN).....877

195-Homojen Dolgulardaki En Uygun Kil Oranı (Reşit GERGER).....884

196-Model Bağımsız Kontrol Metodu ve Uygulamalarının İncelenmesi.....890

38-Ülkemiz Sanayinde Kullanılan Suyun Tüketim ve Verimlilik Kriterlerinin Belirlenmesi (A.Oktay YAŞAR, Mustafa.H AYDOĞDU, Fatih DİLEKOĞLU).....897

176-Şırnak ve Yakın Yöresinin Depremselliği (M. Şefik İmamoğlu, Idris Bedirhanoglu).....901

180-Tarihi Zerzevan Kalesi Güney Kulesinin Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi (Idris Bedirhanoglu, Çağrı Mollamahmutoğlu).....911

181-Hasarın İki Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Değerlendirilmesi (Idris Bedirhanoglu, Çağrı Mollamahmutoğlu).....920

#-Bolu Atmosferinde Belirlenen Ana İyonların Gece ve Gündüz Konsantrasyonları (Fatma Öztürk).....928

54-Lamel Grafitli Dökme Demirin Adhesif Aşınma Davranışı Üzerine Akımsız Nikel-Bor Kaplamanın Etkisi (Hüseyin Dalgıç, Ferhat Gül).....933

91-Ruşeym ile Zenginleştirmenin Eriştenin Bazı Besinsel Özelliklerine Etkisi (Mehmet KÖTEN, Mehmet Metin YAZMAN, Ali MücahitKARAHAN, Leyla EREN KARAHAN).....939

Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalığı: Harran Üniversitesi' nde Bir Araştırma

Employees' Awareness About Occupational Health and Safety: A Research in Harran University

Mehmet MİMAN[1]
İzzettin Hakan KARAÇİZMELİ[2]

[1,2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

İş sağlığı ve güvenliği, insan odaklı çalışma yaşamının vazgeçilmez bir unsurudur. Türkiye' de 6331 sayılı kanunla düzenlenen iş sağlığı ve güvenliği konusu, tüm işletmelerin ve kurumların, üzerinde önemle durması gereken bir konudur. Son yıllarda işverenlerin ve çalışanların bilinçlenmesini sağlamak üzere birçok çalışma ve düzenleme yapılmıştır. Ancak iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önleyebilmek için iş sağlığı ve güvenliği konusu sürekli gündemde tutulmalıdır. Bu çalışmada da Harran Üniversitesi çalışanlarının, 6331 sayılı kanunda belirtilen 19 konu başlığıyla ilgili, farkındalıkları ve eğitim ihtiyaçları, ağ tabanlı anket çalışmasıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışanların kendilerini değerlendirdikleri anket sonuçlarına göre "iş yeri düzeni ve temizliği" konusu diğer konulara göre daha yüksek ortalamaya, "kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri" konusu ise daha düşük ortalamaya sahiptir.

Anahtar kelimeler:

İş sağlığı ve güvenliği; Harran Üniversitesi; farkındalık.

Abstract

Occupational health and safety is vital aspect of human-centered working lives. Occupational health and safety, which is regulated through Law No 6331 in Turkey, is a very important subject for which all organizations and institutions should emphasize. Recently, a lot of study and regulations have been organized and conducted in order to familiarize both employers and employees about the subject. However, it should be always kept in daily agenda so that work accidents and illness can be prevented. In this study, the awareness of Harran University's employees on the subject, specifically 19 topics highlighted by Law No 6331, and their associated education needs are aimed to be provided and determined through this study based on an online survey. According to survey results consist of the participants' self-evaluation on these 19 subjects, employees are at the best position in "working place organization and cleanliness" while at the worst position in "chemical, physical and ergonomic risk factors".

Keywords:

Occupational health and safety; Harran University; awareness.

1. Giriş

İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin (İSG) sağlanması, ayrıca mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi amacıyla, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK) 30.06.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir [1]. Bu kanun, kanunun 2. maddesinde belirtildiği üzere, Türk Silahlı Kuvvetleri' nin faaliyetleri, ev hizmetleri, çalışanı olmayan işyerleri vb. bazı özel durumlar dışında, kamu veya özel sektör ayrımı olmaksızın tüm işyerlerini kapsamakta, tüm işverenleri ve tüm çalışanları ilgilendirmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi' nin 2017 yılında yayımladığı araştırma raporunda iş sağlığı; işçinin çalıştığı işinde fiziksel, ruhsal ve sosyal olarak iyilik halinde olması, şeklinde ifade edilmiştir [2]. İş güvenliği ise çalışma ortamında iş kazası risklerini içeren güvensiz durumların önlenmesi çalışmalarını ifade etmektedir.

Son yıllarda yapılan düzenlemelerle birlikte, İSG konusunda işverenler ve çalışanlar bilinçlendirilmeye çalışılmaktadır. Ancak hızla gelişen teknolojiyle birlikte, gerek üretim gerekse hizmet sektörü sürekli genişlemektedir. Artan iş imkanları ve artan nüfusla birlikte, çalışan sayısı da yıldan yıla artmaktadır. 2016 yılı Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre Türkiye' de 21.131.838 kişi sigortalı olarak çalışmaktadır ve çalışan sayısı 2015 yılına göre % 1,7 oranında artmıştır [3]. Tablo-1' de ise, iş kazaları ve meslek hastalıkları (5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki çalışanlar) ile ilgili yıllık veriler görülmektedir [3]. 2016 yılında 2015 yılına göre azımsanamayacak artışlar yaşanmıştır.

İş kazalarının hem maddi hem de manevi zararları önemli boyutlardadır. Bu kazalarda oluşan maddi zararlar doğrudan ve dolaylı zararlar olarak gruplanabilir, dolaylı zararları ise hesaplamak kolay değildir [4]. İş kazası yaşayan kişinin, sağlığını bir süreliğine veya tamamen kaybetmesi, herhangi bir uzvunu veya hayatını kaybetmesi, işinden uzak kalması, oluşan sağlık harcamaları, diğer çalışanların motivasyonlarının düşmesi, makine-ekipmanda zarar oluşması, bu kişinin yakınlarının durumu vb. birçok maddi ve manevi zararlar oluşabilmektedir. Örneğin Kılkış (2013), dünyada iş kazaları ve meslek hastalıkları sebebiyle her 15 saniyede 1 kişinin hayatını kaybettiğini belirtmiştir [5]. Bu çok ciddi bir sorundur.

TABLO 1. TÜRKİYE' DE YAŞANAN YILLIK İŞ KAZASI İSTATİSTİKLERİ [3]

	2015	2016	Fark
İş Kazası Sayısı	241.547	286.068	% 18
Meslek Hastalığı Sayısı	510	597	% 17
İş Kazası Sonucu Ölen Sayısı	1.252	1.405	% 12
Meslek Hastalığı Sonucu Ölen Sayısı	0	0	-

Bu bağlamda İSG konusu gerek işverenler gerekse çalışanlar tarafından özümsenmesi ve sürekli gündemde kalması gereken önemli bir konudur. Özellikle iş kazaları ve meslek hastalıkları sebebiyle, iş hayatına dahil olan herkesin farkındalığının oluşması ve artırılması gerekmektedir. Ancak, bireylerin yaşamadıkları durumları algılaması pek kolay olmamaktadır. Bu noktada hem işverenlere hem de çalışanlara verilecek eğitimler ön plana çıkmaktadır. İSG konusunun bir kültür haline gelebilmesi için ilköğretimden itibaren İSG eğitimlerine yer verilmesi faydalı olabilir [6].

Demir ve Demir (2016), çalışmalarında kamu kurumlarında İSG kültürünün yeterince oluşmadığını, yasal zorunluluk başlamış olmasına rağmen pek çok devlet kurumunda risk değerlendirmesi, periyodik kontroller, çalışan eğitimleri, tatbikatlar noktasında eksiklikler olduğunu tespit etmişlerdir [7]. Kamu kurumları da çalışanların işçi ya da memur olmasına bakmaksızın, tehlike sınıfı ne olursa olsun İSG eğitimlerini aldırmakla yükümlüdür [8]. Özellikle işe başlamadan önce, çalışma yeri ve iş değişikliklerinde, iş ekipmanının değişmesi durumlarında eğitimler yenilenir ve gerektiğinde güncellenir [8]. Uygur ve Tanrıseven' in (2017), Millî Eğitim Bakanlığı' na bağlı 213 öğretmen ile gerçekleştirdikleri anket çalışmasında, katılımcılar kendilerine verilen Temel İSG Eğitimi' yle ilgili olumlu görüş bildirmişler, İSG bilgilerinin arttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte materyal ve uygulama eksiklikleri olduğunu ifade etmişlerdir [9].

Üniversitelerde İSG, belki sadece ofis çalışmaları düşünüldüğünden, yeterince önemsenmeyebilir ancak üniversitelerde yapılan çalışmalar sadece ofis çalışmalarıyla sınırlı değildir. Saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları varsa tıp fakültesi hastaneleri vb. aslında birçok riski bünyesinde barındıran çalışma ortamları mevcuttur. Öte yandan sadece ofis çalışmaları düşünüldüğünde bile, birçok risk akla gelmektedir. Örneğin sürekli aynı pozisyonda kalma, tekrarlayan hareketler, ekranlı ve klavyeli araçlarla çalışma, el bileği ve parmaklardaki yüklenmeler, ortamın uygunsuzluğundan kaynaklanan durumlar, çeşitli ofis hastalıklarına sebep olabilmektedir [10]. SGK istatistiklerine göre 2016 yılında ülke çapında büro yönetimiyle ilgili işlerde 3.042, yükseköğretim hizmetlerinde ise 272 adet iş kazası yaşanmış, büro yönetimiyle ilgili işlerde çalışan 2 kişi meslek hastalığına yakalanmıştır [3].

Bu çalışmada da Harran Üniversitesi çalışanlarının İSG konusundaki farkındalık durumlarını ortaya koyabilmek ve İSG konusunda eğitime ya da bilgilendirmeye ihtiyaç duyulup duyulmadığını anlayabilmek için bir anket çalışması yapılmıştır. Katılımcıların İSG kanununda belirtilen 19 konu başlığıyla ilgili bilgi düzeyleri ölçülerek, eğitim ihtiyacı olan alanlar belirlenmiştir.

2. Yöntem

Açıklayıcı, keşfedici nitelikteki ilişkisel tarama modeli ile üniversite çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili 19 maddedeki kendi değerlendirmelerinden (5' li Likert ölçeğinde: 1-Çok Kötü; 2-Kötü; 3-Orta; 4-İyi; 5-Çok İyi) elde edilen durumlarına yine kendilerinin demografik özelliklerinin (cinsiyet, yaş, çalışma süresi, iş sağlığı eğitimi almış olup olmaması ve Harran Üniversitesi'nin iş sağlığındaki yeterliliği hakkında görüşleri) etkisi incelenmiştir. İlişkileri ifade eden çapraz tabloların hücrelerinde beklenen değerlerden bazıları 5'ten küçük bulunduğundan ilişkiler Fisher Kesin Ki Kare testi ile ortaya konulmuştur.

Araştırma için online anket hazırlanmış ve her bir ip kayıtlı bilgisayarın bir defa anketi doldurmasına izin verecek şekilde, uygun örnekleme ile ulaşılabilen kullanıcılar, gönüllülük esasına göre anketi doldurmuşlardır. Toplamda 62 katılımcıdan oluşan bir örneklem ile analizler gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

62 katılımcı demografik açıdan, cinsiyete göre 48 (%77,4) erkek, 14 kadın (%22,6); yaşa göre 21 (%33,9) 35 yaş veya altı, 23 (%37,1) 36-45 yaş, 18 (%29,0) 46 yaş veya üzeri; çalışma süresine göre 21 (%33,9) 0-3 yıl, 10 (%16,1) 4-7 yıl, 11 (%17,7) 8-15 yıl, 20 (%32,3) 16 yıl veya üzeri; iş kazası geçirip geçirmediklerine göre evet 2 (%3,2), hayır 60 (%96,8); meslek hastalığı geçirip geçirmediklerine göre evet 3 (%4,8), hayır 59 (%95,2); daha önce İSG eğitimi alıp almamalarına göre evet 36 (%58,1), hayır 26 (%41,9); İSG eğitimi almak isteyip istemediklerine göre evet 35 (%56,5), hayır 27 (%43,5); Harran Üniversitesi'nin İSG açısından yeterliliğini değerlendirmelerine göre evet 13 (%21,0), hayır 23 (%37,1) ve fikrim yok 26 (%41,9) olarak dağılım göstermektedir.

Tablo-2 Harran Üniversitesi çalışanlarının İSGK' da belirtilen 19 konunun hangileri hakkında eğitim almak istediklerini betimsel olarak göstermektedir.

TABLO 2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİYLE İLGİLİ ALINMAK İSTENEN EĞİTİMLERİN BETİMLEYİCİ İSTATİSTİKLERİ

İş Sağlığı ve Güvenliği Konuları		f	%
Genel	Çalışma mevzuatı ile ilgili bilgiler	15	24,2
	Çalışanların yasal hak ve sorumlulukları	23	37,1
	İşyeri temizliği ve düzeni	14	22,6
	İş kazası ve meslek hastalığından doğan hukuki sonuçlar	10	16,1
Sağlık	Meslek hastalıklarının sebepleri	5	8,1
	Hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulanması	28	45,2
	Biyolojik ve psikososyal risk etmenleri	10	16,1
	İlkyardım	19	30,6
Teknik	Kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri	5	8,1
	Elle kaldırma ve taşıma	1	1,6
	Parlama, patlama, yangın ve yangından korunma	2	3,2
	İş ekipmanlarının güvenli kullanımı	1	1,6
	Ekranlı araçlarla çalışma	7	11,3
	Elektrik, tehlikeleri, riskleri ve önlemleri	3	4,8
	İş kazalarının sebepleri ve korunma prensipleri ile tekniklerinin uygulanması	16	25,8
	Güvenlik ve sağlık işaretleri	0	0,0
	Kişisel koruyucu donanım kullanımı	2	3,2
	İSG genel kuralları ve güvenlik kültürü	18	29,0
	Tahliye ve kurtarma	7	11,3

Buna göre katılımcıların çoğu İSG ile ilgili genel konulardan "Çalışanların yasal hak ve sorumlulukları" konusunda (%37,1), sağlık konularından "Hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulanması" konusunda (%45,2), teknik konulardan "İSG genel kuralları ve güvenlik kültürü" konusunda (%29,0) en çok eğitim almak istemektedir.

Yukarda belirtilen 19 konuda kendi durumlarını nasıl değerlendirdikleri ise Tablo 3'te gösterilmektedir. Katılımcıların 19 maddede kendilerini değerlendirme ortalama puanları (5 üzerinden) 4 madde dışında orta seviye olan 3'ten düşük gözükmekte olup genel olarak katılımcıların İSGK' da belirtilen 19 konu hakkında kendilerini iyi olarak görmedikleri söylenebilir. Katılımcılar 19 madde içerisinden kendilerini en iyi olarak "İş yeri temizliği ve düzeni"nde (Ortalama=2,45), en kötü olarak "Kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri"nde (Ortalama=2,55) görmektedir. En iyi ve en kötü olarak değerlendirilen konulara katılımcıların demografik özelliklerinin etkisi Tablo 4'te gösterilmektedir. Etkisi incelenilen cinsiyet, yaş, çalışma süresi, İSG eğitimi alıp almama ve Harran Üniversitesi'nin İSG yeterliliği faktörlerinin, 0,10 hata düzeyinde, "iş yeri temizliği ve düzeni" ile "kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri" konuları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunamamıştır.

4. Sonuç

İSG günümüzün bütün işletme ve kurumlarında temel odak noktalarından biri olup, insan odaklı çalışma yaşamının vazgeçilmez bir unsurudur. Harran Üniversitesi'nde çalışanların bu konuda kendilerini nasıl bulduklarını ortaya koymak ve çalışanlarda farkındalık oluşturmak üzere gerçekleştirilen bu çalışmayla, çalışanların İSGK' da belirtilen 19 konu hakkında genel olarak kendilerini iyi bulmadıkları görülmektedir. Çalışanlar özellikle genel konulardan "çalışanların yasal hak ve sorumlulukları", sağlık konularından "hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulanması" ve teknik konulardan ise "İSG genel kuralları ve güvenlik kültürü" konusunda eğitim almak istemektedirler.

Çalışanların kendilerini en iyi gördükleri "iş yeri düzeni ve temizliği" ile en kötü gördükleri "kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri" konuları üzerinde, kendilerinin cinsiyet, yaş, çalışma süresi, İSG eğitimi alıp almamalarının ve Harran Üniversitesi'ndeki İSG yeterliliği değerlendirmelerinin etkisi saptanamamıştır. Bu durum, bu konunun herkesi ilgilendiren ortak bir ilgi ve önem alanı olduğu konusundaki temel görüşleri desteklemekte, bu konuda çalışanların ihtiyaçlarının giderilmesinin önemine dikkat çekmektedir.

TABLO 3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KONULARINDA DURUM MADDE ANALİZİ

İş Sağlığı ve Güvenliği Konusu	Çok İyi (5)		İyi (4)		Orta (3)		Kötü (2)		Çok Kötü (1)		$\bar{X}$	SS
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%		
1. Çalışma mevzuatı ile ilgili bilgiler	**1**	1,6	**19**	30,6	28	45,2	**13**	21,0	**1**	1,6	**3,10**	**0,80**
2. Çalışanların yasal hak ve sorumlulukları	**3**	4,8	**16**	25,8	27	43,5	**12**	19,4	**4**	6,5	**3,03**	**0,96**
3. İşyeri temizliği ve düzeni	**4**	6,5	**28**	45,2	22	35,5	**8**	12,9	**0**	0,0	**3,45**	**0,80**
4. İş kazası ve meslek hastalığından doğan hukuki sonuçlar	**1**	1,6	**11**	17,7	21	33,9	**28**	45,2	**1**	1,6	**2,73**	**0,83**
5. Meslek hastalıklarının sebepleri	**3**	4,8	**13**	21,0	23	37,1	**22**	35,5	**1**	1,6	**2,92**	**0,91**
6. Hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulanması	**1**	1,6	**12**	19,4	28	45,2	**19**	30,6	**2**	3,2	**2,85**	**0,82**
7. Biyolojik ve psikososyal risk etmenleri	**2**	3,2	**10**	16,1	26	41,9	**20**	32,3	**4**	6,5	**2,77**	**0,91**
8. İlkyardım	**1**	1,6	**10**	16,1	17	27,4	**29**	46,8	**5**	8,1	**2,56**	**0,91**
9. Kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri	**2**	3,2	**4**	6,5	25	40,3	**26**	41,9	**5**	8,1	**2,55**	**0,86**
10. Elle kaldırma ve taşıma	**4**	6,5	**10**	16,1	22	35,5	**22**	35,5	**4**	6,5	**2,81**	**1,00**
11. Parlama, patlama, yangın ve yangından korunma	**2**	3,2	**8**	12,9	23	37,1	**25**	40,3	**4**	6,5	**2,66**	**0,90**
12. İş ekipmanlarının güvenli kullanımı	**1**	1,6	**18**	29,0	20	32,3	**20**	32,3	**3**	4,8	**2,90**	**0,93**
13. Ekranlı araçlarla çalışma	**2**	3,2	**18**	29,0	20	32,3	**21**	33,9	**1**	1,6	**2,98**	**0,91**
14. Elektrik, tehlikeleri, riskleri ve önlemleri	**1**	1,6	**14**	22,6	22	35,5	**23**	37,1	**2**	3,2	**2,82**	**0,88**
15. İş kazalarının sebepleri ve korunma prensipleri ile tekniklerinin uygulanması	**1**	1,6	**11**	17,7	28	45,2	**21**	33,9	**1**	1,6	**2,84**	**0,79**
16. Güvenlik ve sağlık işaretleri	**1**	1,6	**16**	25,8	27	43,5	**18**	29,0	**0**	0,0	**3,00**	**0,79**
17. Kişisel koruyucu donanım kullanımı	**2**	3,2	**14**	22,6	28	45,2	**17**	27,4	**1**	1,6	**2,98**	**0,84**
18. İş sağlığı ve güvenliği genel kuralları ve güvenlik kültürü	**1**	1,6	**15**	24,2	28	45,2	**17**	27,4	**1**	1,6	**2,97**	**0,81**
19. Tahliye ve kurtarma	**1**	1,6	**10**	16,1	23	37,1	**23**	37,1	**5**	8,1	**2,66**	**0,90**

TABLO 4. DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİN EN İYİ VE EN KÖTÜ OLARAK DEĞERLENDİRİLEN İFADELERDEKİ DURUMLARA ETKİSİ

Demografik Özellikler			Kimyasal, Fiziksel Ergonomik Risk Etmenlerindeki Duruma Etkisi						İşyeri Düzeni ve Temizliği Durumuna Etkisi					
			Derecelendirme					Toplam	Derecelendirme					Toplam
			Çok Kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok İyi		Çok Kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok İyi	
Cinsiyet	Erkek	f	5	21	17	3	2	48	0	6	20	18	4	48
		%	10,4	43,8	35,4	6,3	4,2	100,0	0,0	12,5	41,7	37,5	8,3	100,0
	Kadın	f	0	5	8	1	0	14	0	2	2	10	0	14
		%	0,0	35,7	57,1	7,1	0,0	100,0	0,0	14,3	14,3	71,4	0,0	100,0
	Toplam	f	5	26	25	4	2	62	0	8	22	28	4	62
		%	8,1	41,9	40,3	6,5	3,2	100,0	0,0	12,9	35,5	45,2	6,5	100,0
	Test		Fisher Ki-Kare Testi p = 0,564						Fisher Ki-Kare Testi p = 0,105					
Yaş	35-altı	f	3	6	9	2	1	21	0	3	7	9	2	21
		%	14,3	28,6	42,9	9,5	4,8	100,0	0,0	14,3	33,3	42,9	9,5	100,0
	36-45	f	2	12	7	2	0	23	0	4	8	9	2	23
		%	8,7	52,2	30,4	8,7	0,0	100,0	0,0	17,4	34,8	39,1	8,7	100,0
	46-üzeri	f	0	8	9	0	1	18	0	1	7	10	0	18
		%	0,0	44,4	50,0	0,0	5,6	100,0	0,0	5,6	38,9	55,6	0,0	100,0
	Toplam	f	5	26	25	4	2	62	0	8	22	28	4	62
		%	8,1	41,9	40,3	6,5	3,2	100,0	0,0	12,9	35,5	45,2	6,5	100,0
	Test		Fisher Ki-Kare Testi p = 0,398						Fisher Ki-Kare Testi p = 0,791					
Çalışma Süresi	0-3 yıl	f	2	8	8	2	1	21	0	1	8	9	3	21
		%	9,5	38,1	38,1	9,5	4,8	100,0	0,0	4,8	38,1	42,9	14,3	100,0
	4-7 yıl	f	0	4	5	1	0	10	0	2	2	5	1	10
		%	0,0	40,0	50,0	10,0	0,0	100,0	0,0	20,0	20,0	50,0	10,0	100,0
	8-15 yıl	f	2	5	3	0	1	11	0	3	3	5	0	11
		%	18,2	45,5	27,3	0,0	9,1	100,0	0,0	27,3	27,3	45,5	0,0	100,0
	16 yıl-üzeri	f	1	9	9	1	0	20	0	2	9	9	0	20
		%	5,0	45,0	45,0	5,0	0,0	100,0	0,0	10,0	45,0	45,0	0,0	100,0
	Toplam	f	5	26	25	4	2	62	0	8	22	28	4	62
		%	8,1	41,9	40,3	6,5	3,2	100,0	0,0	12,9	35,5	45,2	6,5	100,0
	Test		Fisher Ki-Kare Testi p = 0,917						Fisher Ki-Kare Testi p = 0,461					
İSG Eğitimi	Evet	f	2	13	16	3	2	36	0	3	13	17	3	36
		%	5,6	36,1	44,4	8,3	5,6	100,0	0,0	8,3	36,1	47,2	8,3	100,0
	Hayır	f	3	13	9	1	0	26	0	5	9	11	1	26
		%	11,5	50,0	34,6	3,8	0,0	100,0	0	19,2	34,6	42,3	3,8	100,0
	Toplam	f	5	26	25	4	2	62	0	8	22	28	4	62
		%	8,1	41,9	40,3	6,5	3,2	100,0	0,0	12,9	35,5	45,2	6,5	100,0
	Test		Fisher Ki-Kare Testi p = 0,554						Fisher Ki-Kare Testi p = 0,644					
Harran İSG Yeterlilik	Evet	f	1	4	5	2	1	13	0	0	3	9	1	13
		%	7,7	30,8	38,5	15,4	7,7	100,0	0,0	0,0	23,1	69,2	7,7	100,0
	Hayır	f	0	10	12	0	1	23	0	3	9	9	2	23
		%	0,0	43,5	52,2	0,0	4,3	100,0	0,0	13,0	39,1	39,1	8,7	100,0
	Fikrim yok	f	4	12	8	2	0	26	0	5	10	10	1	26
		%	15,4	46,2	30,8	7,7	0,0	100,0	0,0	19,2	38,5	38,5	3,8	100,0
	Toplam	f	5	26	25	4	2	62	0	8	22	28	4	62
		%	8,1	41,9	40,3	6,5	3,2	100,0	0,0	12,9	35,5	45,2	6,5	100,0
	Test		Fisher Ki-Kare Testi p = 0,153						Fisher Ki-Kare Testi p = 0,450					

5. Referanslar

[1] http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf (Erişim: 04.07.2018)
[2] Atan, M., Cam, E., Çelik, E., Arslan, B.Y. ve D.B. Eravcı. 2017. Türkiye' de İş Sağlığı ve Güvenliği Algısı. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Uzerler Matbaacılık, Ankara/Türkiye. 17 pp.
[3] http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (Erişim: 04.07.2018)
[4] Ceylan, H. 2011. Türkiye' deki İş Kazalarının Genel Görünümü ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması. International Journal of Engineering Research and Development. 3(2): 18-24.
[5] Kılkış, İ. 2013. İş Sağlığı ve Güvenliği'nde Yeni Dönem: 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK). "İŞ, GÜÇ" Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi. 15(1): 17-41.
[6] Tanır, F. ve S. Ural. 2011. Üniversitelerde İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi. Mühendis ve Makina. 52(616): 80-85.
[7] Demir, B. ve N. Demir. 2016. Kamu Sektöründe 6631 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasasının Uygulanması ve Mevcut Yükümlülükler. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi. 29: 167-194.
[8] Kamuda İş Sağlığı ve Güvenliği. 2016. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İSG Genel Müdürlüğü. Salmat Basım Yayın, Ankara/Türkiye. 43 pp.
[9] Uygur, M. ve I. Tanrıseven. 2017. Kamu Çalışanlarının Temel İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim Programına İlişkin Görüşlerinin Stufflebeam'in Bağlam-Girdi-Süreç-Ürün (Cıpp) Modeline Göre İncelenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 9(22): 1-14.
[10] Çavuş, H.Ö. 2015. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Kapsamında Ofis İşyerlerinde Risk Değerlendirmesi. Çalışma İlişkileri Dergisi. 6(2): 1-14.

Direnç Punta Kaynağı ve Tox-Perçinleme Yöntemiyle Birleştirilen AA 6016-T4 Alaşımlı Plakaların Karşılaştırılması

Comparison of AA 6016-T4 Alloys Sheets Joined by Resistance Spot Welding and TOX-Clinching Method

Zeynep Begüm KURT[1]
Bircan ALBAK[2]
Kalender Efe ESEN[3]

[1]Toksan Yedek Parça İmalat Ticaret ve Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye,
[2]Toksan Yedek Parça İmalat Ticaret ve Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye,
[3]Toksan Yedek Parça İmalat Ticaret ve Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye,

Özet

Günümüzde artarak devam eden ekolojik kaygılar ve yakıt ekonomisine yapılan vurgu, araç üreticilerini en önemli değişken olan malzeme seçiminde değişiklikler yapmaya zorlamaktadır. Ağırlık azaltma eğilimini doğrudan etkileyen bu durum otomotivde hafif alüminyum alaşımlarının uygulamalarında artış sağlamıştır. Bu çalışmada araç gövdesinde yer alan kaput kilit karşılığı paneli üzerinde yer alan AA 6016-T4 alüminyum alaşomlı plakadan üretilen ve faklı kalınlıklara sahip parçaların birleştirme operasyonları araştırılmıştır. Direnç punta kaynak operasyonu ve perçinleme işlemi sonrasında numunelere mekanik test ve makrografik analizler yapılarak optimum mekanik özellikleri sağlayan yönteme karar verilmiştir. Gerçekleştirilen test ve analizler sonucunda optimum mekanik özellikler direnç punta kaynağı ile elde edilirken perçinleme yönteminin de hedef değerleri sağlaması ve maliyet kazancı sağlamasından dolayı seri üretime uygun bulunmuştur.

Anahtar kelimeler:

Punta kaynak; perçinleme; alüminyum; hafiflik.

Abstract

Today's increasing emphasis on ecological concerns and the fuel economy forces vehicle manufacturers to make changes in material choice, which is the most important variable. This directly affects the weight reduction tendency, which increases the applications of lightweight aluminum alloys in the automotive industry. In this study, the joining operations of parts with produced AA6016-T4 aluminum alloys sheet and different thicknesses on the bonnet lockout panel in the vehicle chassis were investigated. After the resistance spot welding operation and clinching process, mechanical testing and macrographic analyzes were carried out to determine the optimum mechanical properties of the specimens. As a result of the tests and analyzes performed, the optimum mechanical properties are obtained with resistance spot welding but clinching method is suitable for serial production because it provides the target values and cost saving.

Keywords:

Component; formatting; style; styling; key words.

1. Giriş

Taşıt ağırlığı azaltımı, artan yakıt ekonomisi ve ulaşım uygulamalarındaki yapıların artan güvenliği, hafif yüksek mukavemetli yapısal alüminyum alaşımlarına olan ilginin artmasına neden olmuştur [1,2]. Alüminyum, düşük yoğunluk, üçüncü en çok bulunan element olması ve yüksek derecede şekillendirilebilirlik özellikleri nedeniyle otomotiv endüstrisinde hafif yapılar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir sac malzeme olarak alüminyum alaşımları esas olarak kaput, bagaj kapakları, kapı gibi araç gövde panellerinin üretimi için kullanılmaktadır. Mevcut durumda, 6xxx ısıyla iyileştirilebilen Al – Mg – Si– (Cu) alaşımları, yüksek mukavemet, girinti direnci ve iyi şekillendirilebilirlik özellikleri için ana gereklilikleri iyi bir şekilde karşıladıkları için, panellerin dış yüzeyleri için dünya çapında kullanılmaktadır [3]. 1985 yılında, Mazda RX-7 modelinde Japonya'da ilk kez gövde paneli (kaput) için alüminyum alaşımlı levha uygulanmıştır. O tarihten itibaren, alüminyum paneller çoğunlukla spor otomobiller ve lüks sedanlar için kullanılmıştır [4]. Alüminyum levhalarla bu yapıları oluşturmak için uygun birleştirme teknikleri gereklidir. Genel olarak, benzer ve farklı metaller, yapıştırma, kaynaklama ve mekanik sabitleme yöntemleri ile birleştirilebilir [5,6].

Direnç punta kaynağı (RSW) günümüzde araç endüstrisinde düşük karbonlu, yüksek mukavemetli ve kaplamalı çeliklerin birleştirilmesinde kullanılan en yaygın birleştirme teknolojisidir. Bununla birlikte, alüminyum alaşım levhaların direnç punta kaynağında Thornton [7] ve Gean [8] arkadaşları tarafından gözeneklilik ve çatlak gibi problemlere sahip olduğu bildirilmiştir. Khan [9] ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada alüminyum alaşımının direnç punta kaynağı sırasında ciddi bir elektrot ucu aşınma problemi de gözlemlenmiştir. Alüminyumun çelikten daha iyi elektriksel ve ısı iletkenliğine sahip olması nedeniyle, Ohm yasasının temel sonucu olarak alüminyumu eritmek için gereken ısının daha yüksek amper seviyelerinde üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Çoğu alüminyum alaşımlı malzemelerin kaynağının yapılabilmesi için 20 KVA'dan büyük dirençli punta kaynak makinelerine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir [10]. Kaynak makineleri alüminyumu eritmek ve mükemmel bir kaynak elde etmek için yüksek akımlar ve doğru basınçlar sağlamalıdır, ancak bu parametreler elektrotun uç aşınmasını hızlandırmaktadır. Son yıllarda alüminyum levhaların direnç punta kaynağı ile birleştirilmesi konusunda ARO Welding Technology firması tarafından iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Geleneksel direnç punta kaynağı ile kıyaslandığında robotik uygulamalar için 80 kA'ya kadar ulaşabilen yüksek güçlü, orta frekanslı transformatörler geliştirmiştir [11].

Geliştirilen kaynak makineleri ile elektrot ve iş parçası arasındaki doğrudan temas önlenmiş ve alüminyum malzemelerin kaynaklanması sırasında en kritik olan kuvvet-akım kontrol prosesi servo kontrol ile çözülmüştür [12]. Son on yıl içinde perçinleme yöntemi, geleneksel direnç punta kaynağına uygun maliyetli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır [13]. Perçinleme yöntemlerinden biri olan tek parça kalıp-yuvarlak nokta perçinleme yöntemi TOX Pressotechnik firması tarafından özellikle alüminyum alaşımlı malzemelerin birleştirilmesi için geliştirilmiştir [14]. Tek parça kalıp ile gerçekleştirilen perçin bağlantısı sert bir kalıbın içerisinde birleştirilecek malzemelerin plastik deformasyonu ile gerçekleştirilir. En basit formda ("tek vuruşlu işlem") yuvarlak bir zımba üst üste binen malzemeleri kalıp boşluğuna bastırır. Prosesin sonucu, herhangi bir çapak veya keskin kenar olmadan net bir şekilde bir araya gelen estetik açıdan hoş, yuvarlak bir düğmedir. Boyun bölgesinde sertleşen malzeme gerilimi ve herhangi bir çentik etkisinin olmaması, yüksek bir tutma kuvvetine neden olmaktadır. Literatür araştırmaları sonucunda alüminyum alaşımlarının geleneksel direnç punta kaynağı ve perçinleme yöntemi ile birleştirmesi konusunda birçok çalışmaya rastlanmıştır. Ancak çalışmaya konu olan kaput kilit karşılığı paneli mevcut durumda çelik alaşımdan üretilmekte ve robotik punta kaynağı ile birleştirilmeleri yapılmaktadır. Ağırlık ve yakıt tasarrufu amacıyla AA6016-T4 alaşımdan üretilmesi hedeflenen panelin farklı kalınlıklardaki 3 parçadan ve 10 adet birleşim bölgesinden oluşmaktadır. Birleşim noktalarının birbirlerine yakın olması ve seri üretime uygun bir birleştirme yöntemi tercih edilmesi söz konusudur. Dolayısı ile bu çalışmada, robotik entegrasyonu olan ve alüminyum alaşımlarının birleştirilmesine uygun iki farklı yöntemden optimum mekanik özellikleri sağlayan birleştirme yöntemi araştırılmıştır.

2. Yöntem

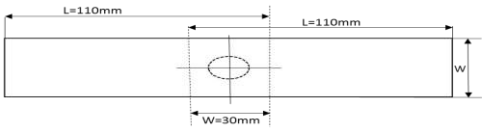
Bu çalışmada kaput kilit karşılığı panelinde yer alan 3 farklı parçayı temsilen 0,8 ve 1,6 mm kalınlığındaki Tablo 1 'de kimyasal özellikleri belirtilen AA6016-T4 alaşımlı plakalar kullanılmıştır.

TABLO I. AA6016-T4 KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Element	Si	Fe maks.	Cu maks.	Mn	Mg	Cr maks.	Zn maks.	Ti maks.
%	0,5-1,5	0,3	0,11	0,02-0,20	0,2-0,8	0,05	0,03	0,05

2.1 Direnç punta kaynağı

Alüminyum plakalar 110.0 mm uzunluğunda ve 30.0 mm genişliğinde bir boyuta kesildi. Şekil 1, kaynakların dayanımını tespit etmek için kullanılan bir kesme dayanım testi numune örneğini göstermektedir. Numuneler 30.0 mm kare üst üste binme alanına sahiptir. Kaput kilit karşılığı paneli üzerinde yer alan iki parçanın 0,8 mm ve diğer parça ise 1,6 mm kalınlığındadır. 0,8mm kalınlığındaki parçaların birbirine ve 1,6 mm kalınlığındaki diğer parçaya birleştirilmesi söz konusu olduğundan 0,8x30x110 mm -0,8x30x110mm ve 0,8x30x110 mm -1,6x30x110 mm kombinasyonları oluşturulmuştur.



Şekil. 1. Kesme dayanım test numunesi şematik gösterimi.

Tablo 2' de belirtilen kaynak parametrelerine göre aşağıda belirtilen adımlar doğrultusunda birbirlerine 180 KVA güce sahip PB kaynak makinesi ile 1200MFDC inverter ve iBox servo kontrol ünitesi kullanılarak kaynak edilmiştir.

TABLO II. DİRENÇ PUNTA KAYNAK PARAMETRELERİ

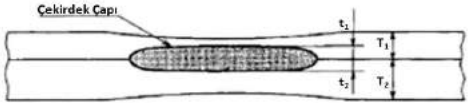
Parametreler	Elektrot Çapı(mm)	Kaynak Süresi (ms)	Kaynak Akımı (kA)	Kaynak Kuvveti (daN)	Sıkıştırma Kuvveti (daN)	Dövme Kuvveti (daN)
	75	30	24	220	440	440

Ortalama temsili maksimum kesme (shear) kuvvetini tespit etmek amacıyla 0,8+0,8 mm ve 0,8+1,6 mm kalınlıklarında kaynak yapılmış numunelerden 3 tekrarda Zwick /Roell cihazı kullanılarak kesme dayanım testi gerçekleştirilmiştir. Numeneler 10mm/dk hız oranında çekildi.

Düşük gerilim ve yüksek akım sonucu plakaların temas yüzeyinde meydana gelen kaynak çekirdek çapının kaynak işlemi sonrasında en az

4 mm olması beklenmektedir. Kesme dayanım testi için hazırlanan numunelerden 2 adeti teste tabi tutulmadan tek noktadan kaynak çekirdek çapları ölçülmüştür. Ayrıca kaput kilit karşılığı panelinde 10 adet birleştirme noktasının tek seferde birleştirilmesi hedeflenmiş olup temsilen 0,8x400x110 ile 0,8x400x110 mm ve 0,8x400x110 ile 1,6x400x110 mm ölçülerinde plakalar üzerinde 10 adet seri bir şekilde direnç punta kaynağı yapılarak kaynak çekirdek çapları tespit edilmiştir.

Mekanik testlere ek olarak kaynak nüfuziyeti, çatlak oluşumları veya hata mekanizmaların varlığı Optik Mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak nüfuziyetini (penetrasyon) tespit etmek amacıyla numunelerin yüzeyine dik olan bölümünü gözlemleyebilmek için test numuneleri kaynaklanmış noktaların ortasından geçen kısımları kesildi, aşındırıldı ve parlatıldı. Numune hazırlama sonrasında Şekil 2'de şematik görseli bulunan kaynaklı numunelerin optik mikroskopta t1, t2,T1 ve T2 değerleri ölçülerek penetrasyon oranları denklem 2.1 ve 2.2 e göre hesaplanmıştır.



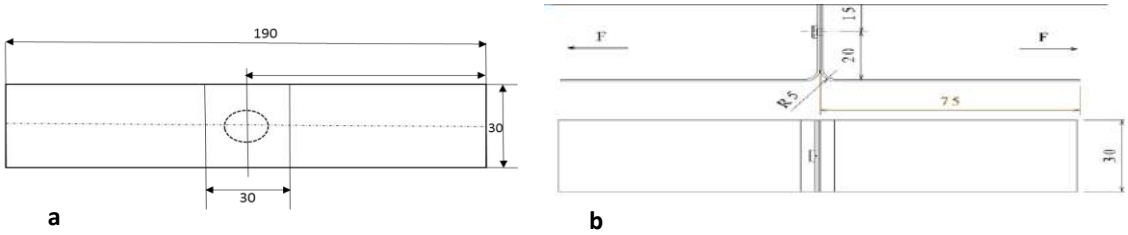
Şekil. 2. Penetrasyon oranları şematik gösterimi.

İnce parça penetrasyon oranı %= t1/T1x100 (2.1)

Kalın parça penetrasyon oranı %= t2/T1x100 (2.2)

*2.2 P*erçinleme(clinching)-yuvarlak nokta

Perçinleme sonrasında kesme dayanımı ve kopma dayanımını tespit etmek için 0,8mm ve 1,6 mm kalınlığındaki alüminyum plakalar 110 mm uzunluğunda ve 30 mm genişliğinde kesilmiştir. Şekil 3' de kesme dayanım testi ve kopma testi için numune görselleri sunulmaktadır. 0,8x30x110mm-0,8x30x110mm ve 0,8x30x110 mm-1,6x30x110 mm kombinasyonları oluşturulmuştur.



Şekil. 3. a)Kesme dayanım testi b) Kopma testi numuneleri şematik görselleri.

Kesilen numuneler Şekil 4 'de proses şematik görseli bulunan tek parça sert bir kalıp içerisinde Tablo 3'de yeralan "Tox Clinch-Round Point" perçinleme proses parametreleri doğrultusunda Powerpackage ve ElectricDrive presleri ile birleştirilmiştir. Ürün başına saf birleşme süresi yaklaşık olarak 1 saniyedir. Malzemelere uygulanan kuvvet sonucunda meydana gelen plastik deformasyon etkisi ile yuvarlak bir düğme elde edilmiştir. Perçinleme işlemleri tamamlanan parçaların kesme dayanımı ve kopma dayanımları Zwick /Roell cihazı kullanılarak 10mm/dk hız oranında test edilmiştir.

Şekil. 4.Tox Clinch-Round Point" perçinleme prosesi şematik görseli.

TABLO III. TOX-PERÇİNLEME PROSES PARAMETRELERİ

Parametreler	Press Kuvveti (kN)	Aşağı Tutma Kuvveti (N)	Nokta Çapı (mm)	Kalıp Derinliği (mm)	Boyut-X (mm)	Zımba Tarafı Sökme Kuvveti (mm)	Kalıp Tarafı Sökme Kuvveti (mm)	Delme Çapı (mm)
	47	4060	8	1.0	0.6	800	250	7.5

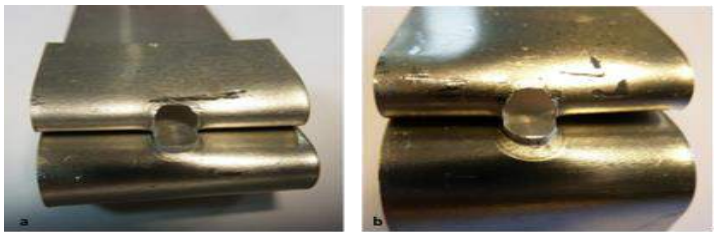
3. Bulgular ve Tartışma

Direnç punta kaynak yöntemi ile tek noktadan 0,8X30x110 mm ve 0,8X30x110mm ölçülerinde birleştirilen numunelerin Tablo 4'de gösterilen kesme dayanımları 3050 N ile 0,8X30x110 mm ve 1,6X30x110mm ölçülerinde birleştirilen numunelere göre daha düşüktür.

TABLO IV. KESME DAYANIM TESTİ SONUÇLARI

Numune No	**0,8+0,8 mm (N)**	**0,8+1,6 mm (N)**
1	3045	3095
2	3055	3095
3	3050	3110
Ort. Kesme Dayanımı (N)	**3050**	**3110**

Tek noktadan punta kaynağı yapılan ve Şekil 5' de şematik görselleri bulunan 0,8+1,6 mm ölçülerindeki kaynaklı numunenin çekirdek çapı 5,1 mm, 0,8+0,8 mm ölçülerindeki kaynaklı numunenin çekirdek çapı ise 4,6 mm olarak ölçülmüştür. Kaput kilit panelini temsilen oluşturulan seri 10 noktada yapılan punta kaynağı sonucunda elde edilen çekirdek çapı sonuçları, Tablo 5'de gösterilen, her iki kombinasyon (0,8+0,8mm ve 0,8+1,6mm) için incelendiğinde tek noktadan atılan kaynağa göre daha düşük sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir.

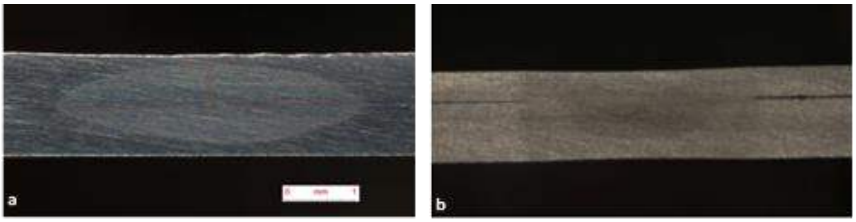


Şekil. 5.Çekirdek çapları a) 0,8+0,8 mm punta kaynaklı numuneler b) 0,8+1,6 mm punta kaynaklı numuneler.

TABLO V. ÇEKİRDEK ÇAP DEĞERLERİ

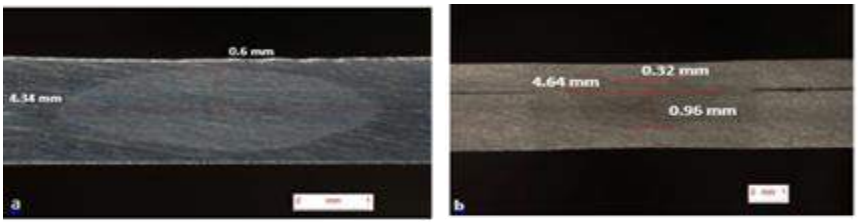
	Punta No	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0,8+0,8	**Çap, D, (mm)**	4,9	4,8	4,3	4,8	4,4	4,3	4,6	4,9	4,5	4,5
0,8+1,6		4,6	4,9	4,9	4,7	4,6	4,6	4,7	4,6	4,4	4,5

Optik mikroskop ile kaynaklı bölgelerin makrografileri incelenmiş olup Şekil 6'da incelemelere ait görseller sunulmaktadır. Her iki kombinasyonun (0,8+0,8mm ve 0,8+1,6mm) kaynak çekirdeklerinde herhangi bir çatlak veya güçlü bir hata gözlenmemiştir.



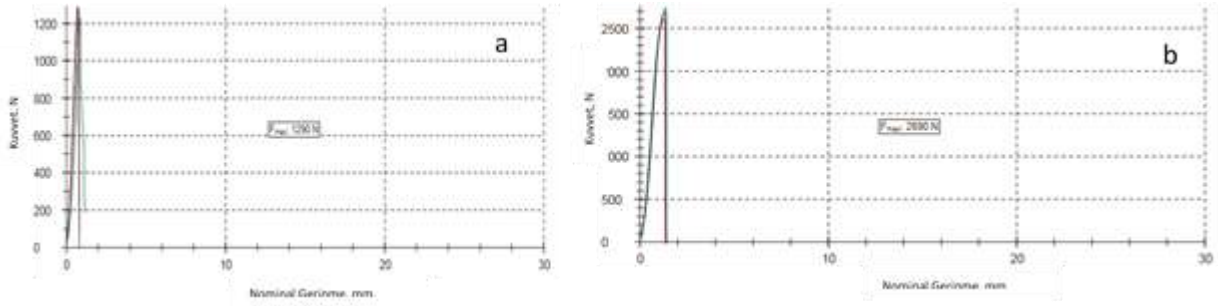
Şekil. 6. Optik Mikroskop- Makrografik analiz sonuçları a) 0,8+0,8 mm punta kaynaklı numuneler b) 0,8+1,6 mm punta kaynaklı numuneler.

Makragrafik analizlerde Denklem 2.1 ve 2.2 de yer alan t1, t2,T1 ve T2 değerleri ölçülmüştür. Ölçümlere ait görseller Şekil 7'de gösterilmekte olup 0,8+0,8 mm ölçülerindeki numune de %75, 0,8+0,8 mm ölçülerindeki numunenin 0,8 mm kalınlıktaki plaka tarafında %40 ve 1,6 mm kalınlıkta ki plaka tarafında ise % 60 penetrasyon elde edilmiştir.



Şekil. 7.Optik Mikroskop- Makrografik penetrasyon analiz sonuçları a) 0,8+0,8 mm punta kaynaklı numune b) 0,8+1,6 mm punta kaynaklı numune.

Tox Clinch- Round Point prosesi ile gerçekleştirilen perçinlerin kopma dayanım testleri sonucuna göre 0,8+1,6 mm perçinli numunede maksimum 655 N, 0,8+0,8 mm numunede ise 477 N mukavemet sağlanmıştır. Şekil 8' de grafik olarak gösterilen kesme dayanım testi sonucuna göre 0,8+1,6 mm perçinli numunede maksimum 2690 N, 0,8+0,8 mm numunede ise 1290 N mukavemet elde edilmiştir.



Şekil. 8.Kesme dayanım test sonuçları a) 0,8+0,8 mm perçinli numune b) 0,8+1,6 mm perçinli numune.

Gerçekleştirilen kesme ve kopma testleri sonuçları Tablo 6' da sunulmaktadır. Perçinleme prosesi gerçekleştirilen 0,8+1,6 mm ölçüsündeki numunenin 1,6 mm kalınlığındaki plakası zımba tarafında yer alması ve 0,8 mm e göre daha kalın olmasından ötürü hem kesme hem de kopma testlerinde daha yüksek mukavemetlerin elde edilmesini sağlamıştır.

TABLO VI. KESME VE KOPMA TESTİ SONUÇLARI

Numune No	**0,8+0,8 mm**		**0,8+1,6 mm**	
	Kesme Testi (N)	Kopma Testi (N)	Kesme Testi (N)	Kopma Testi (N)
1	1285	482	2681	646
3	1288	471	2688	650
3	**1290**	**477**	**2690**	**655**
Ort.	1287	477	2686	650

4. Sonuç

1) Direnç punta kaynağı elde edilen birleştirmelerin kesme dayanımları perçinleme yöntemine göre daha yüksektir.

2) Direnç punta kaynaklı numunelerde herhangi bir çatlak ya da hata oluşumu gerçekleştirilen optik mikroskop ile yapılan incelemeler sonucunda rastlanmamıştır. Perçinleme yöntemi mekanik bir proses olmasından dolayı müşteri standartına göre yapılan gözle muayene sonucunda herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

3) Perçinleme yönteminde kalıp içerisinde kalınlığı yüksek olan plaka üstte ince olan alt taraftta iken birleştirme operasyonu gerçekleştirildiğinde daha yüksek mukavemetler elde edilmiştir. Perçinleme yöntemi ile elde edilen numunelerin hem kesme hem de kopma dayanımlarında 0,8+1,6 mm ölçüsündeki kombinasyon ile daha mukavim sonuçlar elde edilmiştir.

4) Kapı kilit karşılığı panel parçasından punta kaynak sonucunda beklenen minimum 4 mm çekirdek çapı, minimum 1380 N kesme dayanımı, %40 penetrasyon oranı ve hata mekanizması gözlenmemesi gibi hedef kriterler sağlanmıştır. Panel üzerinde yer alan birleşim noktalarının mekanik bir yöntem ile birleştirilmesi durumunda beklenen 0,8+ 0,8 mm kalınlığa sahip parçaların birleştirilmelerinde minimum 95 N kopma dayanımı ve 1044 N kesme dayanımı, 0,8+ 1,6 mm kalınlığa sahip parçaların birleştirilmelerinde ise minimum 193 N kopma dayanımı ve 1851 N kesme dayanımı

yapılan perçinleme uygulaması sonucunda fazlası ile elde edilmiştir.

5) Çalışma kapsamında deneysel çalışmaları gerçekleştirilen iki farklı yöntem ile parçanın birleşim noktalarındaki dayanım hedefleri sağlanması yönünden uygundur. Ancak TOX clinch- round point perçinleme yöntemi direnç punta kaynağına göre yapılan fizibilite çalışması sonucunda %40 maliyet avantajı sağlamakta olup seri üretime daha uygun bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

5. Referanslar

[1] Gerstmann T., Awiszus B. 2014. Recent Developments in Flat-Clinching, Comput. Mater. Sci. 81: 39–44.

[2] C.-J. Lee, J.-M. Lee, H.-Y. Ryu, K.-H. Lee, B.-M. Kim, D.-C. Ko. 2014. Design of Holeclinching Process for Joining of Dissimilar Materials–Al6061-T4 Alloy With DP780 steel, Hot-Pressed 22MnB5 Steel, and Carbon Fiber Reinforced Plastic, J. Mater. Process. Technol. 214 (10): 2169–2178.

[3] Davidkova A. , Roumen H. Petrova, Smetc P., Schepersc, Leo A.I. Kestensa. 2011. Microstructure Controlled Bending Response in AA6016 Al alloys, Materials Science and Engineering: A Volume 528, Issues 22–23: 7068–7076.

[4] Sakurai T. 2008. The Latest Trends in Aluminum Alloy Sheets for Automotive Body Panels, Kobelco Technology. 22-23.

[5] T. Barnes, I. Pashby, Joining Techniques for Aluminium Spaceframes Used İn Automobiles: Part I—Solid And Liquid Phase Welding, J. Mater. Process. Technol. 99 (1): 62–71.

[6] I.A. Barnes, I.R. Pashb. 2010. Joining Techniques For Aluminium Spaceframes Used İn Automobiles: Part II – Adhesive Bonding And Mechanical Fasteners, J. Mater. Process. Technol. 99: 72–79.

[7] Thornton, P., Krause, A., Davies, R. 1996. Aluminum Spot Welding, Welding Journal 75: 101–108.

[8] Gean, A., Westgate, S.A., Kucza, J.C., Ehrstrom, J.C. 1999. Static And Fatigue Behaviorof Spot-Welded 5182-O Aluminum Alloy Sheet, Welding Journal 78: 80–86.

[9] Khan, M.I., Kuntz, M.L., Su, P., Gerlich, A., North, T.H., Zhou, Y. 2007. Resistance And Friction Stir Spot Welding of DP600: A Comparative Study, Sci. Technol. Weld. Join. 12: 175–182.

[10] Y. Wei, Friction Stir Spot Welding of Aluminum Alloys, Master of Science, Mıssourı Unıversıty- Graduate School of Scıence And Technology, Columbi, 2008.

[11] ARO Welding Technology,

http://www.arotechnologies.com/en-GB/documents/2543/aluminum-welding-en.pdf.

[12] ARO Welding Technology, http://www.arotechnologies.com/en-GB/news/967/aluminium-welding-no-problem, Erişim Tarihi: 16.08.2018

[13] Bert Rietman, Maria Goretti Doig, jochen Weiher, Predicting the quality of clinch joint using FEM, INPRO GmbH.

[14] TOX PRESSOTECHNIK, https://tr.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX_Joining_Systems_80_en.pdf, Erişim Tarihi: 13.08.2018

[15] European Aluminium Association, 2015. EAA Aluminium Automotive Manual-Joining, 10-11

Minimizing Makespan in Flowshops with Bounded Processing Times

Muberra Allahverdi[1]
Ali Allahverdi[2]

[1]Department of Mathematical Sciences,School of Natural Sciences, Kean University, 1000 Morris Ave, Union, NJ 07083, USA
muallahv@kean.edu
[2]Department of Industrial and Management Systems Engineering, Kuwait University, P.O. Box 5969, Safat, Kuwait
ali.allahverdi@ku.edu.kw

Abstract

The flowshop scheduling problem to minimize makespan is considered. The processing times are bounded below and above. Dominance relations are established, and different heuristics are developed. The developed heuristics convert the four-machine flowshop problem into two stages, then, utilize the well-known algorithm for the two stages to yield well performing solution for the multi stages. The proposed heuristics are evaluated for different numbers of jobs and different gaps between the lower and upper bounds of processing times. Computational experiments show that one of the proposed heuristics performs significantly better than the other heuristics for all possible combinations.

Keywords:

Scheduling; makespan; bounded processing times; heuristics.

Özet

Akış tipi çizelgeleme probleminde makespan'i en aza indirmek amacıyla çalışılmıştır. İşlem süreleri alt ve üstten sınırlandırılmıştır. Baskın ilişkiler bulunmuş ve farklı algoritmalar geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmalar, dört makine akış problemini iki aşamaya dönüştürür, daha sonra, iki aşama için iyi bilinen bir algoritma kullanır ve çok aşamalı işlemler için iyi bir çözüm sunar. Önerilen algoritmalar, farklı sayıdaki işler için ve işlem sürelerinin değişik alt ve üst sınırları için değerlendirilmiştir. Yapılan deneyler, önerilen algoritmalardan birinin tüm olası kombinasyonlar için diğer algoritmalardan önemli ölçüde daha iyi performans verdiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler:

Çizelgeleme, makespan, sınırlandırılmış işlem zamanları, sezgisel yöntemler.

1. Introduction

Makespan is the performance measure considered in this paper. The performance measure of makespan is important for many companies since high resource utilization is desired.

In most of the addressed scheduling problems, it is assumed that processing times are known. However, some manufacturing environments are often subject to a wide range of uncertainties. Examples include untested processing technology and disruptions in manufacturing environments, e.g., Tayanithi et al. [1]. Furthermore, the originally estimated processing times may not be precise. Thus, uncertainty should be incorporated into the scheduling stage.

In some addressed scheduling problems in the literature, processing times are assumed to be random variables following a known probability distribution. This may not be a reasonable assumption. For example, we may not have enough prior information to characterize the probability distribution of a random processing time. Kouvelis and Yu ([2] state that assuming certain distribution is not appropriate for a scheduling environment where factors such as worker skill levels determine the uncertainty of processing times.

The processing times are random variables with lower and upper bounds. Let $t_{j,k}$ represent processing time of job *j (j =1,2, …,n)* on machine *k (k=1,2, …,m)*. The lower bound $Lt_{j,k} \geq 0$ and the upper bound $Ut_{j,k} \geq Lt_{j,k}$ of $t_{j,k}$ is the only given information. Thus, $t_{j,k}$ satisfies $Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}$.

Allahverdi and Sotskov [3] present some dominance relations for the problem of $F2/Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}/C_{max}$. Allahverdi and Aydilek [4] provide different heuristics for the $F2/Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}/L_{max}$ problem and demonstrate that one of their proposed heurists outperforms the others. Moreover, Sotskov et al. [5] provide some dominance relations for the $F2/Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}/\sum C_i$ problem. Sotskov et al. [5] also provide some dominance relations for the $F3/Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}/\sum C_i$ problem. In this paper, we address the problem of $F4/Lt_{j,k} \leq t_{j,k} \leq Ut_{j,k}/C_{max}$.

2. Dominance Relations

Consider a job sequence ϕ_1 such that job h is in arbitrary position α and job g is in position $\alpha+1$ in sequence ϕ_1. Let sequence ϕ_2 be derived from sequence ϕ_1 by only interchanging jobs h and g. Let σ_1 denote a subsequence containing the jobs in positions $1, 2, \ldots, \alpha-1$, and σ_2 denote a subsequence containing the jobs in positions $\alpha+2, \ldots, n$ where n denotes the number of jobs. Note that both subsequences σ_1 and σ_2 comprise of the same jobs in both sequences ϕ_1 and ϕ_2. Therefore, sequences ϕ_1 and ϕ_2 can be written as $\phi_1=\{\sigma_1, h, g, \sigma_2\}$ and $\phi_2=\{\sigma_1, g, h, \sigma_2\}$.

Theorem 1: If $Ut_{g,1} \leq Lt_{h,1}$ and $Ut_{h,2} \leq Lt_{g,2}$, then, the contribution to the idle time on the second machine from jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_2 is less than or equal to that of the jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_1.

Theorem 2: If $Ut_{g,1} \leq Lt_{h,1}$ and $Ut_{h,2} \leq Lt_{g,2}$ and $Ut_{g,3} \leq Lt_{h,2}$ and $Ut_{h,3} \leq Lt_{g,3}$, then, the contribution to the idle time on the third machine from jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_2 is less than or equal to that of the jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_1.

Theorem 3: If $Ut_{g,r} \leq Lt_{h,r}$ for r=1,2,3 and $Ut_{h,1} \leq Lt_{g,2}$ and $Ut_{h,2} \leq Lt_{g,3}$ and $Ut_{h,4} \leq Lt_{g,4}$, then the contribution to the idle time on the fourth machine from jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_2 is less than or equal to that of the jobs in positions α and $\alpha+1$ in the sequence ϕ_1.

Theorem 4: If $Ut_{g,r} \leq Lt_{h,r}$ for r=1,2,3 and $Ut_{h,1} \leq Lt_{g,2}$ and $Ut_{h,2} \leq Lt_{g,3}$ and $Ut_{h,4} \leq Lt_{g,4}$, then, $C_{max}(\phi_2) \leq C_{max}(\phi_1)$. Therefore, job g should precede job h whenever they are adjacent in order to minimize makespan

3. Proposed Heuristics

It is known that the addressed problem is strongly NP-hard since even when $Ut_{i,k}=Lt_{i,k}$ for all $i=1,2,\ldots,n$ and all machines k, the problem is strongly NP-hard for $k=3$, Pinedo (1995).

Johnson's algorithm finds the optimal solution for the two-machine flowshop scheduling problem for minimizing makespan when $Ut_{i,k}=Lt_{i,k}$ for all i and k. Therefore, we propose heuristics which are based on Johnson's algorithm by reducing the four-machine problem to two stages and by utilizing $Ut_{i,k}$ and $Lt_{i,k}$. We propose different heuristics given in Table 1. Choose λ_1 and λ_2 where $0 \leq \lambda_1 \leq 1$ and $0 \leq \lambda_2 \leq 1$ (see Table 1).

Let $A_i(\lambda_1)=\lambda 1((Lti_{,1}+Ut_{i,1})/2)+(1-\lambda_1)((Lti_{,2}+Ut_{i,2})/2)$ for $i=1,..,n$ and Let $B_i(\lambda_2)=\lambda 2((Lti_{,3}+Ut_{i,3})/2)+(1-\lambda_2)((Lti_{,4}+Ut_{i,4})/2)$for $i=1,..,n$.

For a given problem the only known information is the number of jobs (n), and the lower and upper bounds of processing times, i.e., $Lt_{i,k}$ and $Ut_{i,k}$ for $i=1,..,n$ and $k=1, \ldots, 4$. The above heuristics has two parameters of λ_1 and λ_2 where λ_1 $(1-\lambda_1)$ denotes the weight given to the lower and upper bounds on processing times on the first (second) machine while $\lambda_2(1-\lambda_2)$ denotes the weight given to the lower and upper bounds on the third (fourth) machines. We consider three different weights for each λ_1 and λ_2 which result in nine different heuristics *(H1-H9)* defined in the following table.

TABLO I. DESCRIPTION OF HEURISTICS

Algorithm	λ_1	$\lambda 2$
H1	0.25	0.25
H2	0.25	0.50
H3	0.25	0.75
H4	0.50	0.25
H5	0.50	0.50
H6	0.50	0.75
H7	0.75	0.25
H8	0.75	0.50
H9	0.75	0.75

4. Heuristics Evaluations

The proposed heuristics of *H1-H9* are evaluated utilizing randomly generated data. $Ut_{i,k}$ is generated from *U(Delta+1, 100)*, which is commonly used in the scheduling literature for generating processing times. $Lt_{i,k}$ is also generated from a uniform distribution between 1 and $Ut_{i,k}$ – *Delta*, i.e., *U*(*1, *$Ut_{i,k}$ – *Delta*), where *Delta* is set at three values of 10, 20, 30. *Delta* denotes the gap between the upper and lower bounds. After $Lt_{i,k}$ and $Ut_{i,k}$ are generated, instances of processing times are generated from different distributions. The instances of processing times are generated using uniform, positive linear, negative linear, and normal distributions. We compare the performance of the algorithms by using two measures of performance; average percentage error (Error) and standard deviation (Std).

We consider four different values for *n*, which are 100, 200, 300, and 400. Moreover, we consider three values of 10, 20, and 30 for *Delta,* and four distributions of positive linear, negative linear, uniform, and normal. This results in 48 (4*3*4) combinations. For each combination, 100 replications were generated. This results in a total of 4,800 problems generated.

The overall average errors of the heuristic H1-H9 are 6.32, 6.49, 8.34, 1.19, 1.79, 6.58, 0.49, 1.20, and 6.20, respectively. The computational results are summarized in Figures 1-4. As can be seen from the figures, the best performing heuristic is heuristic H7.

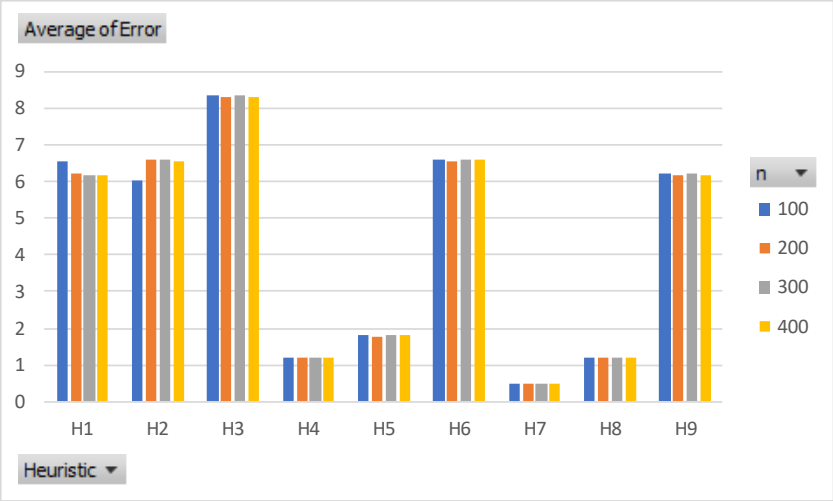


Figure 1: Avg. error of the heuristics with respect to n

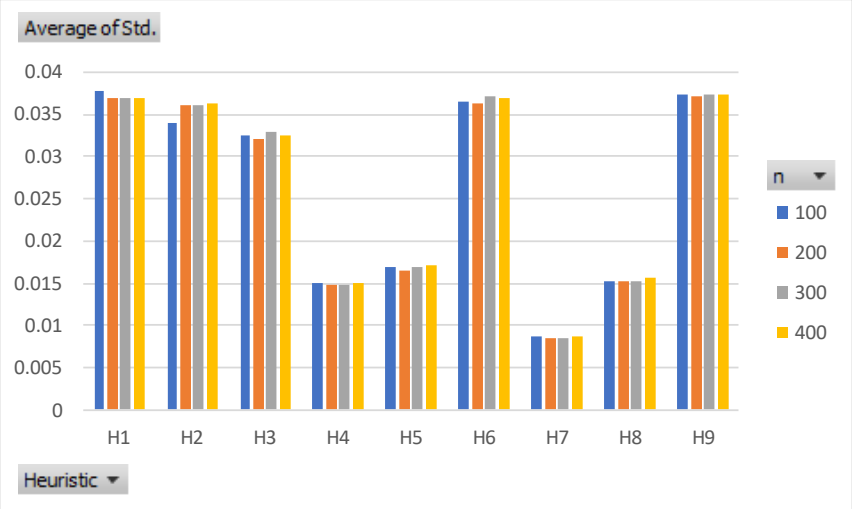


Figure 2: Avg. std of the heuristics with respect to n

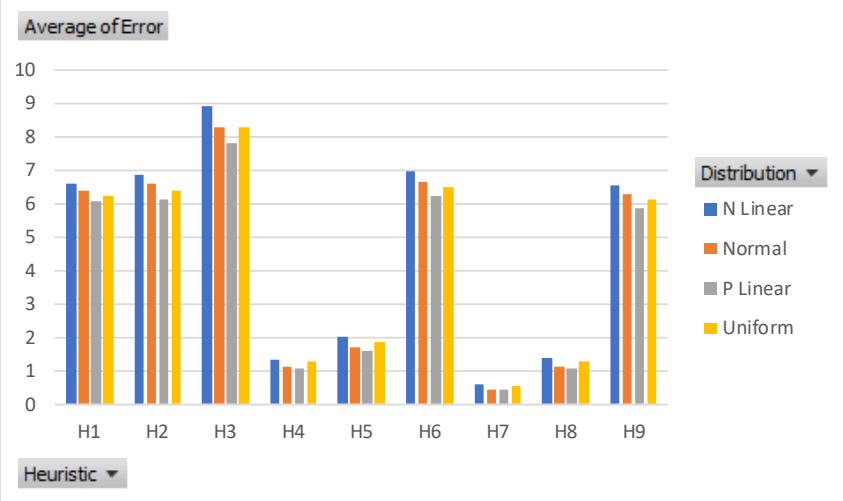


Figure 3: Avg. error of the heuristics for different distributions

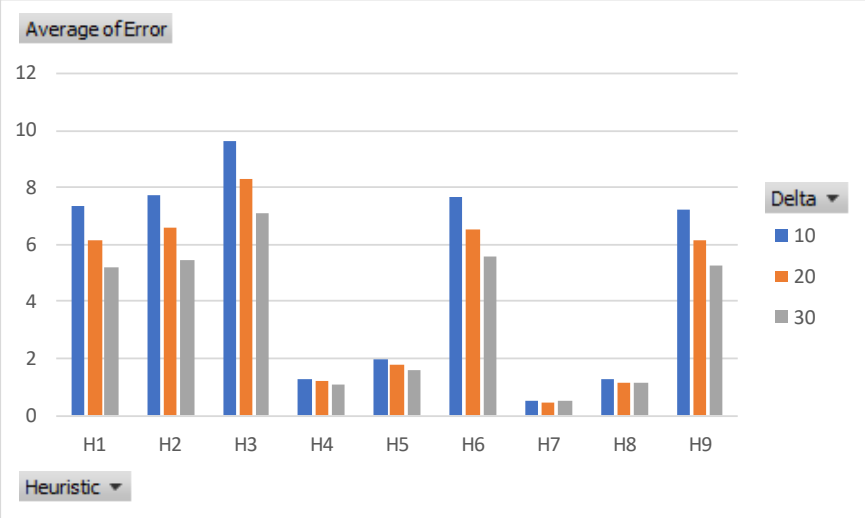


Figure 4: Avg. error of the heuristics for different Delta

5. Conclusion

The four-machine flowshop scheduling problem is investigated in this paper with the objective of minimizing makespan. The processing times are uncertain and only the lower and upper bounds of these times are known. Some dominance relations are established, and nine heuristics are proposed. One of the heuristics, *H7*, performs much better than the remaining heuristics.

6. References

[1] Tayanithi, P. Manivannan, S. and Banks, J. 1992. A knowledge-based simulation architecture to analyze interruptions in a flexible manufacturing system. Journal of Manufacturing Systems. 11:195-214.

[2] Kouvelis, P. and Yu, G. 1997. Robust Discrete Optimization and its Applications, Kluwer Academic Publisher.

[3] Allahverdi, A. and Sotskov, Y.N. 2003. Two-machine flowshop minimum length scheduling problem with random and bounded processing times. International Transactions in Operational Research. 10:65-76.

[4] Allahverdi, A. and Aydilek, H. 2010. Heuristics for two-machine flowshop scheduling problem to minimize maximum lateness with bounded processing times. Computers and Mathematics with Applications. 60:1374-1384.

[5] Sotskov, Y.N. Allahverdi, A. and Lai, T.C. 2004. Flowshop scheduling problem to minimize total completion time with random and bounded processing times. Journal of Operational Research Society. 55:277-286.

[6] Pinedo, M. 1995. Scheduling Theory, Algorithms, and Systems. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. Page 349.

Minimizing Mean Completion Time for Bounded Processing Times in Flowshops

Muberra Allahverdi[1]
Ali Allahverdi[2]

[1]Department of Mathematical Sciences,School of Natural Sciences, Kean University, 1000 Morris Ave, Union, NJ 07083, USA
muallahv@kean.edu
[2]Department of Industrial and Management Systems Engineering, Kuwait University, P.O. Box 5969, Safat, Kuwait
ali.allahverdi@ku.edu.kw

Abstract

The flowshop scheduling problem is studied with the objective of minimizing mean completion time with bounded job processing times, where the lower and upper bounds are known. A dominance relation is developed and five heuristics are proposed. The heuristics convert the flowshop problem to a single machine problem. The heuristics are compared to each other based on computational experiments. The computational experiments show that one of the heuristics performs much better than the others.

Keywords:

Scheduling; mean completion time; bounded processing times, heuristics.

Özet

Akış tipi çizelgeleme problemi, işlem sureleri alt ve üstten sınırlı olduğu halde, ortalama tamamlanma süresini en aza indirmek amacıyla çalışılmıştır. Bir baskınlık ilişkisi geliştirilmiş ve beş algoritma önerilmiştir. Geliştirilen algoritmalar akış tipi çizelgeleme problemini tek bir makine problemine indirger. Algoritmalar deneylere dayanarak karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler, algoritmalardan birinin diğerlerinden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Çizelgeleme, ortalama tamamlanma zamanı, Sınırlandırılmış İşlem Zamanı, Sezgisel Yöntemler

1. Introduction

We address the flowshop scheduling problem to minimize mean completion time. The performance measure of mean completion time is an important in production scheduling since it reduces work in process, Framinan and Perez-Gonzalez [1].

Job processing times are assumed to be known in most of the scheduling literature. This assumption is valid for some manufacturing environments. However, the assumption is not valid for some other manufacturing environments as a wide range of uncertainties exist in them, Gonzalez-Neira et al. [2]. Lack of experience, machine operator fatigue, and untested processing technology are few factors causing uncertainty in job processing times, e.g., Tayanithi et al. [3]. Therefore, processing times cannot be modeled as deterministic for some manufacturing environments.

Moreover, Kouvelis and Yu [4] pointed out that modeling job processing times by certain probability distributions is not appropriate for all manufacturing environments. Although processing time distributions may not be known, it has been observed that upper and lower bounds on processing times are easy to obtain in many manufacturing environments, e.g., Sotskov et al. [5].

We consider manufacturing systems with uncertain processing times where only lower and upper bounds are known. The processing times are random variables where the probability distributions are not known. Let $t_{j,m}$ denote the processing time of job j ($j \in I=\{1,2, \ldots,n\}$) on machine m ($m \in M=\{1, \ldots,4\}$). $t_{j,m}$ satisfies $LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}$ where $LBt_{j,m}$ denotes the lower bound and $UBt_{j,m}$ denotes the upper bound of $t_{j,m}$.

Allahverdi and Aydilek [6] investigated the $F2/LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}/C_{max}$ problem where they proposed several polynomial time algorithms. The same problem with respect to maximum lateness was addressed by Allahverdi and Aydilek [7], i.e., $F2/LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}/L_{max}$. They provided different heuristics and showed that one of their heuristics performs well. Sotskov et al. [5] established some dominance relations for the $F2/LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}/\sum C_i$ problem. The $F3/LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}/\sum C_i$ problem was also investigated by Sotskov et al. [5] where they established some dominance relations.

We investigate the four-machine flowshop scheduling problem with the objective of minimizing mean completion time with uncertain processing times within some bounds, i.e., $F4/LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}/1/n\sum C_i$ in this paper.

2. A Dominance Rule and Heuristics

Theorem 1: Assume jobs x and y are adjacent in a sequence and they satisfy the condition of $UBt_{x,4} \leq LBt_{h,4}$ and of $UBt_{x,r} \leq LBt_{y,r}$ for r=1, 2, 3 and $UBt_{y,r} \leq LBt_{x,r+1}$ for r=1, 2, 3, then, job x should precede job y in order to minimize mean completion time.

The problem investigated in this paper is strongly NP-hard since a special case of this problem is strongly NP-hard. Specifically, the problem for k=2 and $Ut_{i,k}=Lt_{i,k}$ for all i=1,2,…,n, is strongly NP-hard, Pinedo [8]. Therefore, it is unlikely that the considered problem has a polynomial time solution. Hence, approximate solutions or heuristics need to be investigated for the problem.

The value of $t_{j,k}$ could be any value between $LBt_{i,k}$ and $UBt_{i,k}$ where even the distributions of $t_{j,k}$'s are not known. Therefore, a decision on constructing a schedule should be based only on the bounds of processing times.

The sequence obtained by ordering jobs based on the Shortest Processing Time (SPT) is optimal with respect to mean completion time performance measure when jobs have known processing times, i.e., LBti,1=UBti,1, for a single machine scheduling problem. We propose heuristics, based on the weights given to the lower and upper bounds of processing times on different machines. Steps of the heuristics are given next.

Steps of Heuristic *AAH1-AAH5*

Step 1: Select values $Lt_{i,k}$ and $Ut_{i,k}$ (given) for i=1,..,n and k=1, …, 4.

Step 2: Let r=1

Step 3:

$$t_r(1) = \sum_{j=1}^{4}(0.25 * LBt_{r,j} + 0.75UBt_{r,j})$$

Step 4:

$$t_r(2) = 0.7 * \left(\frac{LBt_{r,1}+UBt_{r,1}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,2}+UBt_{r,2}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,3}+UBt_{r,3}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,4}+UBt_{r,4}}{2}\right)$$

Step 5:

$$t_r(3) = 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,1}+UBt_{r,1}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,2}+UBt_{r,2}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,3}+UBt_{r,3}}{2}\right) + 0.7 * \left(\frac{LBt_{r,4}+UBt_{r,4}}{2}\right)$$

Step 6:

$$t_r(4) = 0.3 * \left(\frac{LBt_{r,1}+UBt_{r,1}}{2}\right) + 0.2 * \left(\frac{LBt_{r,2}+UBt_{r,2}}{2}\right) + 0.2 * \left(\frac{LBt_{r,3}+UBt_{r,3}}{2}\right) + 0.3 * \left(\frac{LBt_{r,4}+UBt_{r,4}}{2}\right)$$

Step 7:

$$t_r(5) = 0.4 * \left(\frac{LBt_{r,1}+UBt_{r,1}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,2}+UBt_{r,2}}{2}\right) + 0.1 * \left(\frac{LBt_{r,3}+UBt_{r,3}}{2}\right) + 0.4 * \left(\frac{LBt_{r,4}+UBt_{r,4}}{2}\right)$$

Step 8: Let r=r+1

Step 9: If r<n, go to Step 4, else go to Step 10

Step 10: Let g=1

Step11: Sequence the jobs according to *SPT* based on $t_r(g)$ and

let the resulting sequence be called πg

Step 12: The sequence πg is the solution of the algorithm *AAHg*.

3. Computational Experiments

The upper bounds on processing times, $UBt_{j,m}$, is generated from the uniform distribution of U(1, 100). This uniform distribution has a large variance, and hence, it is usually used in the scheduling literature for generating processing times. On the other hand, $LBt_{j,m}$ is generated from the uniform distribution of $U(max(1, UBt_{j,m} - \Delta), Ut_{j,m})$, where Δ is set at two values of 10 and 20. Once $LBt_{j,m}$ and $UBt_{j,m}$ are generated, $t_{j,m}$ ($LBt_{j,m} \leq t_{j,m} \leq UBt_{j,m}$) needs to be generated for an instance of processing time, between the lower and upper bounds, in order to compare the performance of the proposed heuristics. They are generated using four different distributions which are uniform, positive linear, negative linear, and normal.

We consider three different values for n, which are 200, 300, and 400. Furthermore, we consider two values of 10 and 20 for Δ, and four distributions (positive, negative, uniform, and normal). A total of 24 (3*2*4) combinations are considered. Since for each combination, 100 replications are generated, a total of 2,400 problems are generated.

The computational results are summarized in Figures 1-3. The overall average errors of heuristics *AAH1, AAH2, AAH3, AAH4*, and *AAH5* are 0.67, 11.09, 20.56, 2.85, and 12.07, respectively. Therefore, the error of heuristic *AAH1* is much smaller than those of the other four heuristics.

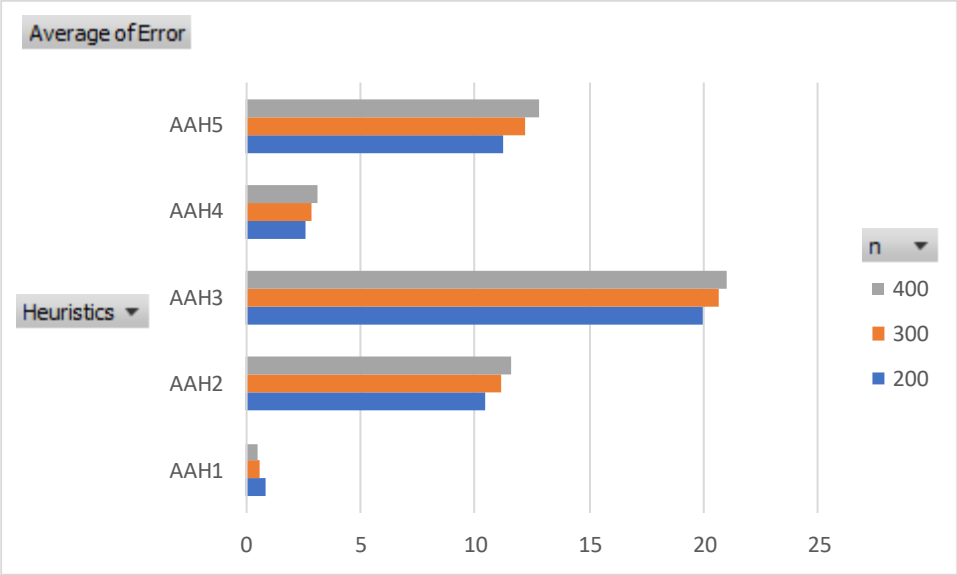


Figure 1: Avg. error of proposed heuristics for different *n*

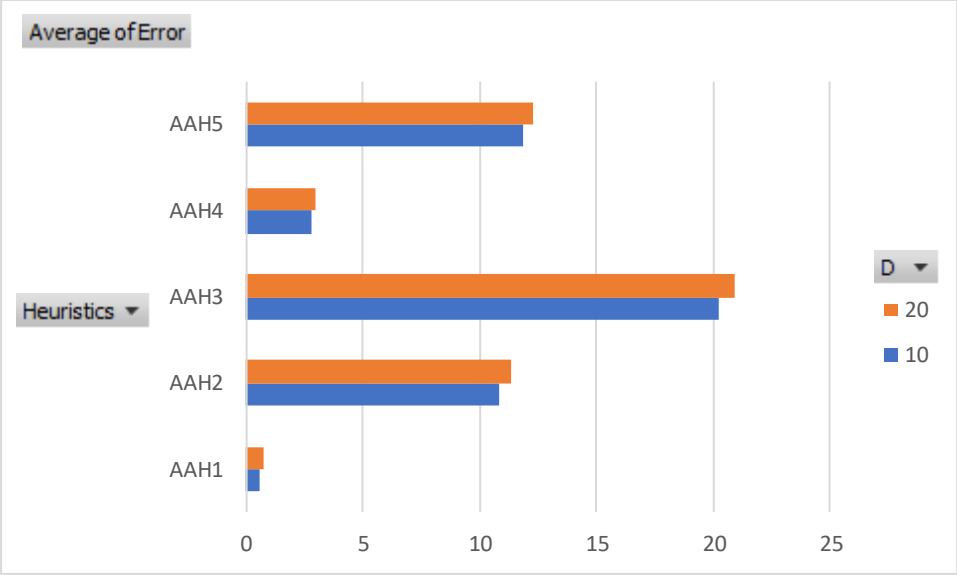


Figure 2: Avg. error of proposed heuristics for different Δ

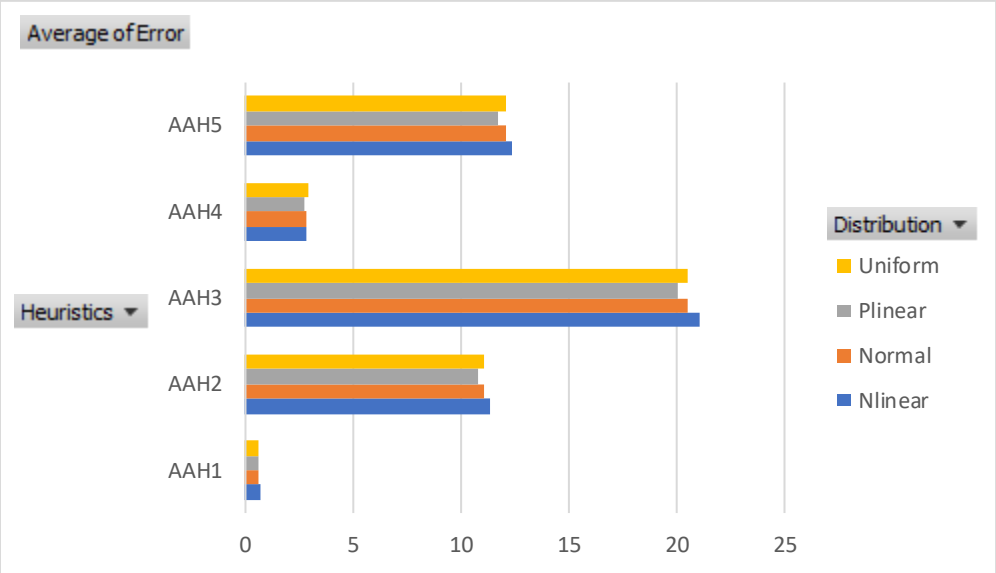


Figure 3: Avg. error of proposed heuristics for different distributions

4. Conclusions

In this paper, the four-machine flowshop scheduling problem is addressed with respect to the performance measure of mean completion time where processing times are uncertain. Only the lower and upper bounds of processing times are known. It is known that the *SPT* sequence provides an optimal solution for the single machine scheduling problem with the performance measure of mean completion time. Therefore, the four-machine flowshop problem is converted into a single machine problem where different *SPT* solutions are obtained by using different weights to the lower and upper bounds of processing times on different machines. Computational experiments indicate that the overall average error of the proposed heuristic *AAH1* is much smaller than those of the other four heuristics. Therefore, the heuristic *AAH1* is recommended.

5. References

[1] Framinan, J.M. and Perez-Gonzalez, P. 2017. New approximate algorithms for the customer order scheduling problem with total completion time objective. Computers and Operations Research 78:181-192.

[2] Gonzalez-Neira, E.M. Ferone, D. Hatami, S. and Juan, A.A. 2017. A biased-randomized simheuristic for the distributed assembly permutation flowshop problem with stochastic processing times. Simulation Modelling Practice and Theory 79: 23-36.

[3] Tayanithi, P. Manivannan, S. and Banks, J. 1992. A knowledge-based simulation architecture to analyze interruptions in a flexible manufacturing system. Journal of Manufacturing Systems. 11: 195-214.

[4] Kouvelis, P. and Yu, G. 1997. Robust Discrete Optimization and its Applications, Kluwer Academic Publisher.

[5] Sotskov, Y.N. Allahverdi, A. and Lai, T.C. 2004. Flowshop scheduling problem to minimize total completion time with random and bounded processing times. Journal of Operational Research Society. 55: 277-286.

[6] Allahverdi, A. Aydilek, H. 2010. Heuristics for two-machine flowshop scheduling problem to minimize makespan with bounded processing times. International Journal of Production Research. 48: 6367- 6385.

[7] Allahverdi, A. and Aydilek, H. 2010. Heuristics for two-machine flowshop scheduling problem to minimize maximum lateness with bounded processing times. Computers and Mathematics with Applications. 60: 1374-1384.

[8] Pinedo, M. 1995. Scheduling Theory. Algorithms and Systems. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. Page 349.

Özet

Son yıllarda, çeşitli sebeplerle tatlı su kaynakları bilinçsizce her geçen gün tüketilmektedir. Atıksu gerikazanımı ve yeniden kullanımı, artan nüfus, küresel iklim değişikliği, sanayileşme ve kentleşme nedeniyle mevcut tatlı su kaynaklarının korunması için büyük önem kazanmıştır. İklim değişikliği sadece atık su geri kazanımı ve yeniden kullanım uygulamalarına olanak tanımakla kalmaz, aynı zamanda bu uygulamalar için bir tehdit oluşturur. İklim değişikliği; suyla ilgili konularda sosyal duyarlılığı arttırırken aynı zamanda atıksu geri kazanımı ve yeniden kullanım yöntemlerine olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma, iklim değişikliğinin atıksu geri kazanımı ve yeniden kullanım yöntemlerine etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin atıksu geri kazanımı ve yeniden kullanım yöntemleri üzerindeki başlıca etkileri gözden geçirilmiş ve tahmin edimiştir.

Anahtar kelimeler:

Atıksu; geri kazanım; yeniden kullanım; iklim değişikliği.

Abstract

Fresh water resources have been consumed day by day through various reasons unconsciously, in recent years. Wastewater reclamation and reuse has gained the significant importance for the protection of the available fresh water resources due to the growing population, global climate change, industrialization and urbanization. Climate change not only enables but also poses a treat to the wastewater reclamation and reuse applications. As it promotes the social sensibility on water concern topics and, meanwhile climate change composes the unfavorable impacts on the water reclamation and reuse methods. Therefore, this study aims to investigate the impacts of climate change on wastewater reclamation and reuse methods. In this study, the major impacts of climate change on wastewater reclamation and reuse methods have been reviewed and estimated.

Keywords:

Wastewater; reclamation; reuse; climate change.

Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanım Yöntemlerine İklim Değişikliğinin Etkileri

The Impacts of Climate Change on Wastewater Reclamation and Reuse Methods

Pelin YAPICIOĞLU[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Introduction

Climate change, rapid urbanization, developing industrialization and growing population are the main reasons of water scarcity. Water scarcity is described as the lack of available fresh water resources. Water scarcity is one of the major problems of the 21st century and one of the most sensitive environmental problems in the coming decades due to the uneven distribution of supplies, treatment and climate change events [1]. Wastewater (WW) reclamation and reuse is regarded as an alternative resource of fresh water in areas with problems of water availability or increased depletion [1]. Wastewater reclamation and reuse is the promising candidate to protect the valuable fresh water resources. Wastewater recovery, reclamation, reuse and recycling can be used as tools for the better management of the fresh water supplies [2]. Although, wastewater reclamation and reuse is considered as a prevention of climate change effects, also this environmental issue has unfavourable impacts on water reclamation and reuse [3]. Hence, this paper aims to determine and evaluate the potential climate change impacts on the wastewater reclamation and reuse technologies.

Climate change effects contain two main categories that are direct and indirect impacts on wastewater reclamation and reuse. The direct impacts of climate change are the influence of climatic factors such as temperature, precipitation and sea level rise on the wastewater reclamation and reuse methods [3,4]. In general, advanced treatment methods that contain tertiary treatment, the combination of secondary treatment and an advanced treatment technology which are filtration, membrane technologies, advanced oxidation techniques, ion exchange and adsorption etc. have been preferred for wastewater reclamation and reuse to achieve a high effluent quality [5,6,7,8,9,10,11,12]. The indirect impacts are water consumption control and greenhouse gas (GHG) emissions [3].

The main aim of the study is to present the climate change impacts on the wastewater reuse and reclamation. In this paper, each major climate change impacts on some wastewater reuse and reclamation methods and technologies have been investigated, properly. The main risks that occur in the result of climate change impacts on wastewater reuse and reclamation have been described, clearly.

2. Method

This paper is a type of review and estimation study. In this study, the possible impacts and risks of the climate change on wastewater reclamation and reuse methods have been estimated and determined by considering the operational parameters, conditions and designs of the methods.

2.1. Wastewater Reclamation and Reuse

The increasing water demand due to growth of population, global warming and climate change has raised the requirement for wastewater reclamation and reuse [13]. Population growth and water demand rise worldwide so, available fresh water resources cannot meet the requirement of water, anymore. The lack of sufficient available water leads to the water scarcity [14, 15,16]. For the protection of available fresh water resources and prevention of water scarcity, wastewater reclamation and reuse has gained the significant importance. There are various purposes of wastewater reclamation and reuse that contain agricultural, industrial, urban and other (environmental and recreation purpose) reuse applications [17, 18, 19, 20]. Reclaimed water is most commonly used for non-potable purposes, such as agriculture, landscape, public parks, and golf course irrigation. Other non-potable applications include cooling water for industries, industrial process water ensure, boiler feed water, toilet flushing, dust control, fire control, groundwater recharge, and artificial lakes [21,22,23]. There are many wastewater reclamation and reuse methods that include advanced treatment methods that ultrafiltration, microfiltration, nanofiltration, anaerobic membrane bioreactor (AnMBR), membrane bioreactor (MBR) system, membrane distillation (MD) process, reverse osmosis, Fenton, UV/H_2O_2, ozonation, ion exchange, adsorption, electrocoagulation, Bardenpho, A^2O process and disinfection etc. have been used for wastewater reclamation and reuse [5,6,7,8,9,10,11,12,24,25,26]. Although, wastewater reclamation and reuse is considered as a remedy, also global climate change has unfavourable impacts on water reclamation and reuse methods.

2.2. Climate Change Effects

Climate change has serious impacts on the water cycle. The water resources and the water cycle have a crucial link of climate change. The effect of climate change on water resources is because of the water quantity and water quality changes that caused by climate factors that mainly include rainfall and air temperature changes [27]. The climate system imposes directly or indirectly the flow of water circulation by precipitation, temperature, sunlight, wind, humidity and other climatic factors. Due to the lack of available fresh water resources that are consumed in the result of global climate change, wastewater reclamation and reuse is regarded as a remedy of this problem. But, climate change affects negatively wastewater reuse and reclamation, too. The main climate change effects on water reclamation and reuse applications are precipitation, sea level rise and temperature [3].

2.3. Goals and Boundaries

The main aim of this study is to estimate the climate change effcets on wastewater reclamation and reuse methods. In this context, for, AnMBR, MBR, MD, Reverse Osmosis, Membrane Filtration Technologies (Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration), AOPs (Fenton, UV/H_2O_2), Ozonation etc.), Electrochemical Methods (Electrocoagulation etc.), Advanced Biological Methods (Bardenpho, A^2O etc.), Adsorption, Ion Exchange and Disinfection have been determined. The main direct impacts are temperature, sea level rise and precipitation. The indirect impacts are greenhouse gas emissions (GHG), water consumption control and adaptation measures. Also, the possible main risks main risks of climate change Impacts on wastewater reclamation and reuse have been investigated.

3. Results and Discussion

3.1. Direct Impacts

In this section, the direct climate change impacts on wastewater reuse and reclamation methods have been evaluated. The direct impacts can be defined as the climatic factors such as temperature, precipitation and sea level rise.

Biological treatment methods have been mainly affected from air temperature changes. In fact, temperature is one of the control parameters of the biological treatment processes [7]. Because, microorganisms can live in the different temperature ranges play the significant role in the biological treatment methods such as Bardenpho, A^2O process etc. If the temperature increases or decreases, the sensible microorganisms cannot be adaptive and the treatment efficiency decreases [7]. Especially nitrifying bacteria is so sensible to the temperature changes [28]. So the advanced treatment with nitrogen removal has been affected most from climatic temperature changes. Bardenpho and A^2O processes [29, 30] could have been imposed by temperature changes. Because nitrifying bacteria play the

significant roles in these nutrient removal processes. The other influenced biological processes are membrane bioreactor technologies that comprise of anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) and aerobic membrane processes (MBR) [31,32]. Microorganisms affected from temperature changes in the reactor carry out the treatment processes so air temperature imposes the reactor temperatures. Membrane distillation (MD) process is so sensible to air temperature changes [33] Membrane filtration processes (microfiltration, ultrafiltration and nanofiltration) have been affected from air temperature changes [34] due to the separation process and cleaning process. Reverse osmosis also is affected from air temperature changes leading to performance changes [35]. Advanced oxidation processes (AOPs) (Fenton, UV/H_2O_2, Ozonation) have been defined as the chemical reduction and oxidation processes [36]. There is a temperature change effect on these chemical reactions. Also, the treatment performances of electrochemical methods (electrocoagulation) [37] have been affected from the air temperatures. For adsorption, the air temperature has an impact on adsorption capacity [38]. For ion exchange process, increasing ait temperature increases the degradation rate for ion exchange resins [39]. Disinfection methods are depended on chemical and oxidation methods, so the air temperature has a significant impact on them [40]. To avoid the air temperature changes, the insulation and isolation should be obtained in the treatment units or they can be established on the indoors.

Sea level rise is an important climate change effect. This impact is efficient on the treatment units where locate on the coastal bands. So, if the wastewater reclamation and reuse systems are in a coastline, sea level rise has a negative impact on these units. The typical effects are physical damages such as destruction of treatment facilities, pumping stations and sewage system, disruption of treatment processes by disrupting the energy supply or spilling hazardous chemicals into the system, and close of the plants or discharge of untreated wastewater to the receiver water bodies [3,40]. For the prevention of this climate change impact, they should be built in the far away from coastal bands.

One of the most well-known effects of climate change on the wastewater reclamation and reuse methods is the rise of precipitation. Although some cities have been used separated sewerage networks, most of the urban areas still uses the combined systems that contains municipal sewage and storm water, together [3,41]. So, for these areas, if the rainfall exceeds, flood occurs and the extreme influent has been given to the wastewater treatment plants. If influent is higher than wastewater treatment capacity, the system is disrupted and the process is destructed. The reuse and reclamation systems where locates in these regions, are under the risk of the exceed precipitation.

TABLE I. DIRECT IMPACTS ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE METHODS

Reuse and Reclamation Method	Temperature	Sea Level Rise	Precipitation
AnMBR	+	+,-	+,-
MBR	+	+,-	+,-
MD	+	+,-	+,-
Reverse Osmosis	+	+,-	+,-
Membrane Filtration Technologies (Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration)	+	+,-	+,-
AOPs (Fenton, UV/H_2O_2), Ozonation etc.)	+	+,-	+,-
Electrochemical Methods (Electrocoagulation etc.)	+	+,-	+,-
Advanced Biological Methods (Bardenpho, A^2O etc.)	+	+,-	+
Adsorption	+	+,-	+,-
Ion Exchange	+	+,-	+,-
Disinfection	+	+,-	+,-

+: possible, - : not possible, +,- : possible or not possible

Table 1 presents the climate change impacts assessment of some wastewater reclamation and reuse methods. According to the evaluation results, air temperature is the common climate change impact on wastewater reclamation and reuse methods.

3.2. Indirect Impacts

The indirect climate change effects on wastewater reuse and reclamation methods have been described and assessed. The indirect impacts are greenhouse gas (GHG) emissions and water consumption control [3]. GHG gases that contain carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) emissions cause global warming and climate change and freshwater supplies have been depleted so it leads to the water scarcity. Some adaptation strategies such as regulations, technical controls etc. have been developed to prevent the indirect impacts. In Table II, indirect impacts have been assessed for wastewater reclamation and reuse methods.

TABLE II. INDIRECT IMPACTS ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE METHODS

Reuse and Reclamation Method	**GHG Emission**	**Water Consumption Control**
MBR	Direct and Indirect	+
MD	Direct and Indirect	+
Reverse Osmosis	Indirect	+
Membrane Filtration Technologies (Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration)	Indirect	+
AOPs (Fenton, UV/H_2O_2), Ozonation etc.)	Direct and Indirect	-
Electrochemical Methods (Electrocoagulation etc.)	Direct and Indirect	-
Advanced Biological Methods (Bardenpho, UCT etc.)	Direct and Indirect	-
Adsorption	Direct and Indirect	+
Ion Exchange	Direct and Indirect	+
Disinfection	Direct and Indirect	+

+: possible, - : not possible, +,- : possible or not possible; Direct: Due to the treatment process, Indirect: Due to the electricity consumption, chemical usage and sludge treatment

3.3. Main Risks of Climate Change Impacts on WW Reuse and Reclamation

Main risks of wastewater reuse and reclamation resulting from climate change have been presented in Table III. The main risks are microbial growth, presence of pathogens, salinity and corrosion [20].

TABLE III. MAIN RISKS ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE

Reuse and Reclamation Purpose	**Main Risks**
Agricultural	Pathogens formation, possible soil and aquifer pollution, microbial growth, salinity and toxicity.
Urban	Microbial growth, corrosion, deposition.
Industrial	Pathogens formation, corrosion, possible contaminant for the fresh water resources, toxicity.
Other	Pathogens formation, aquifer pollution, eutrophication, toxicity.

4. Conclusions

Climate change effects include two major categories that are direct and indirect impacts on wastewater reclamation and reuse. The direct impacts of climate change are the influence of climatic factors such as temperature, precipitation and sea level rise and the indirect impacts are

greenhouse gas emissions and water consumption on the wastewater reclamation and reuse methods.

Temperature is the common effect on all investigated reuse and reclamation methods. Sea level rise is efficient on the reuse treatment plants where locate on the coastal areas. Precipitation is efficient for the plants which locate in the areas under the flood risks.

Reverse osmosis and membrane filtration processes have indirect greenhouse gas effect, but also they have the highest water consumption amounts due to the cleaning and backwashing processes.

Main risks of wastewater reuse and reclamation resulting from climate change are microbial growth, pathogens formation, salinity, toxicity and corrosion. Industrial reuse processes have the highest impact among them.

5. References

[1] Pintilie, L., C.M. Torres., C. Teodosiu, F. Castells. 2016. Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study. Journal of Cleaner Production 139:1–14.

[2] Maryam, B. and H. Büyükgüngör. 2017. Wastewater reclamation and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges. Journal of Water Process Engineering, http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.10.001

[3] Vo, P.T., H.H. Ngo., W. Guo, J.L. Zhou, P.D. Nguyen, A. Listowski, X.C. Wang. 2014. A mini-review on the impacts of climate change on wastewater reclamation and reuse. Science of the Total Environment 494-495:9–17.

[4] Yapıcıoğlu, P. and Ö. Demir. 2017. Atiksu Aritma Tesisleri için İklim Değişikliğine ve Sera Etkisine Genel bir Bakiş. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering 22(3): 235-250.

[5] Büyükkamacı, N. 2009. Su Yönetiminin Etkin Bileşeni:Yeniden Kullanım. İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, İzmir, 363–77, 8-10 Ocak.

[6] Metcalf & Eddy. 2014. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5th ed, McGraw-Hill, Boston, USA.

[7] Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed, McGraw-Hill, Boston, USA.

[8] Demir, Ö., M. Yıldız, Ü. Sercan, C. Arzum. 2017. Atiksularin Geri Kazanilmasi ve Yeniden Kullanilmasi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2(2):1-14.

[9] Official Gazette, 2010. Ministry of Environment and Forestry notification of technical procedures for wastewater treatment plant Official Gazette, Reference no: 27527. Dated 20 March 2010 (Translated from Turkish) http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm.

[10] Official Gazette, 2011. Ministry of forestry and water affairs. Environmental Law in accordance with the provisions of Article 29 of the Waste Water Treatment Plant Regulations, Procedures and Principles Official Newspaper, Reference no: 27984. Dated 4 July 2011 (Translated from Turkish) http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110704M1-2.htm.

[11] WWTAP (Wastewater treatment Action Plan), 2015–2023, 2015. Ministry of environment and Urban Development. General Directorate of Environmental Management. Ankara. http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Atiksu_Aritimi_Eylem_Plani.pdf.

[12] WPCR, 1991. Technical Aspects Bulletin. Turkish Water Pollution Control Regulation. Technical Aspects Bulletin, Article on technical methods for water quality control regulations Official Newspaper, Reference no: 20748, dated 07 January 1991.

[13] Kaftan, A. 2010. Entegre Et Tesislerinde Atık Suyun Yeniden Kullanımı. Journal of Ankara University Environmental Science, 2: 81-88.

[14] Baskaran K., L.M. Palmowski, B.M. Watson. 2003. Wastewater reuse and treatment options for the dairy industry, Water Science and Technology:Water Supply, 3(3): 85-91.

[15] Yapicioglu, P. and A. Filibeli. 2017. Possibility of Wastewater Reuse in a Dairy Factory. 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING ICOCEE – CAPPADOCIA 2017 Nevsehir, TURKEY, May 8 - 10, p. 1878.

[16] Büyükkamacı, N. and G. Karaca. 2017. Life Cycle Assessment Study on Water Reuse Applications. IWA 2nd Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment, 22-24 March, 2017 in Çesme-Izmir, Turkey, p. 317-325.

[17] Büyükkamacı N. and A.N. Onbaşı 2007. Endüstriyel Atık Suların Yeniden Kullanımının Değerlendirilmesi: Entegre Et Tesisi Atık suları, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir, s.502-510.

[18] Bixio, D., B. De Heyder, H. Cikurel, M. Muston, V. Miska, D. Joksimovic, A. I. Schäfer, A. Ravazzini, A. Aharoni, D. Savic, and C. Thoeye. 2005. Municipal wastewater reclamation: Where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. Water Science & Technology: Water Supply 5 (1): 77–85.

[19] Bixio, D., C. Thoeye, J. De, Koning, D. Joksimovic, D.Savic, T. Wintgens, A. Ravazzini, V. Miska, M. Muston, H. Chikurel, A. Aharoni, D. Joksimovic, T. Melin. 2006. Wastewater reuse in Europe, Desalination, 187: 89–101.

[20] Bixio, D., C. Thoeye, J. De, Koning, D. Joksimovic, D.Savic, T. Wintgens, A. Ravazzini, V. Miska, M. Muston, H. Chikurel, A. Aharoni, D. Joksimovic, T. Melin. 2008. Water reclamation and reuse: implementation and management issues, Desalination, 218: 13–23.

[21] Hammer, M.J and M.J.J. Hammer. 1996. Water Reuse, Water and Wastewater Technology, 3'th edition, Prentice-Hall Inc., 519p.

[22] Castro, C., A. Lopes, I. Moreira, E. Silva, C. Manaia, O. Nunes. 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental, Journal of Environment International, 75:117-135.

[23] EPA. 2018. Water Reuse and Recycling: Community and Environmental Benefits. https://www3.epa.gov/region9/water/recycling/ (Accessed 13 August 2018)

[24] Melina T., B. Jeffersonb, D. Bixioc, C. Thoeyec, W. Wildec, J. Koningd, J. Graaf and T. Wintgensa. 2006. Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. Desalination 187:271–282.

[25] Vourch M. , B. Balannec, B. Chaufer, G. Dorange. 2005. Nanofiltration and reverse osmosis of model process waters from the dairy industry to produce water for reuse. Desalination 172:245-256.

[26] Chen W. and J. Liu. 2012. The possibility and applicability of coagulation-MBR hybrid system in reclamation of dairy wastewater, Desalination 285: 226–231.

[27] Nan, Y., Bao-hui, M. and Chun-kun, L. 2011. Impact analysis of climate change on water resources. Procedia Engineering 24: 643 – 648.

[28] Eckenfelder, W. and J. Wesley. 2000. Industrial water pollution control. Boston: McGraw-Hill.

[29] Banu, J.R., D. K. Uan and I. Yeom. 2009. Nutrient removal in an A^2O-MBR reactor with sludge reduction. Bioresource Technology 100:3820–3824.

[30] Sattayatewa, C., K. Pagilla, P. Pitt, K. Selock and T. Bruton. 2009. Organic nitrogen transformations in a 4-stage Bardenpho nitrogen removal plant and bioavailability/biodegradability of effluent DON. Water Research 43:4507 – 4516.

[31] Lin, H., W. Peng, M. Zhang, J. Chen, H. Hong and Y. Zhang. 2013. A review on anaerobic membrane bioreactors: Applications, membrane fouling and future perspectives. Desalination 314:169–188.

[32] Duncan, J., A. Bokhary, P. Fatehi, F. Kong, H. Lin and B. Liao. 2017. Thermophilic membrane bioreactors: A review. Bioresource Technology 243:1180–1193.

[33] An, A.K. and J. Guo. 2016. High Flux and Antifouling Properties of Negatively Charged Membrane for Dyeing Wastewater Treatment by Membrane Distillation. Water Research 103: 362-371.

[34] Mänttäri, M., A. Pihlajamäki, E. Kaipainen and M. Nyström. Effect of temperature and membrane pre-treatment by pressure on the filtration properties of nanofiltration membranes. Desalination 145 (1-3): 81-86.

[35] Mehdizadeh, H. and J.M. Dickson. 1991. Modelling of temperature effects on the performance of reverse osmosis membranes. Chemical Engineering Communications 103(1): 99-117.

[36] Kılıç, Y.M. and K. Kestioğlu. 2008. Investigation of Applicability of Advanced Oxidation Processes for Industrial Wastewater Treatment. Journal of Uludağ University Engineering Faculty, 13:67-80.

[37] Szpyrkowicz, L., C. Juzzolino and N.K. Santosh. 2001. A Comparative Study on Oxidation of Disperse Dyes by Electrochemical Process, Ozone, Hypochlorite and Fenton Reagent. Water Research 35: 2129–2136.

[38] Pekel, N. and O. Guven. 2002. Solvent, Temperature and Concentration Effects on the Adsorption of Poly(n-Butyl Methacrylate) on Alumina from Solutions. Turk J Chem 26 : 221 – 227.

[39] Ivanov, V.A., V.I. Gorshkov, V.D. Timofeevskaja and N.V. Drozdova. 1998. Influence of temperature on ion-exchange equilibrium accompanied by complex formation in resins. Reactive & Functional Polymers 38: 205–218.

[40] Moyer, JW. 2007. 10 steps to preparedness — no wastewater utility's emergency response plan is complete unless it addresses these 10 steps. Water Environment Federation. USA: Water Environment Federation, p. 72–76.

[41] Kessler, R. 2011. Stormwater strategies: cities prepare aging infrastructure for climate change. Environ Health Perspect, 119:A 514+.

Grade 2 ve Grade 5 Titanyum Tozlarının Sıkıştırılabilme Karakteristikleri Üzerinde Yağlayıcı Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Lubricant Effect on the Compressibility of Grade 5 and Grade 2 Titanium Powders

Mustafa ÜSTÜNDAĞ[1]
Remzi VAROL[1]

[1]-Makine Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta , Türkiye,

Özet

Toz Metalurjisi (TM) ile üretilen titanyum alaşımı ürünler bir çok endüstriyel alanda ve özellikle de, tıp alanında kullanılmaktadır. Toz metalurjisi ile parça imalatında; yağlayıcıların numunlerin sıkıştırılabilme karakteristikleri üzerinde önemli etkileri olup, bu yağlayıcıların en çok kullanılanı Çinko Stearat'dır (Zn-St).

Bu çalışmanın amacı; çinko stearat'ın titanyum alaşımı tozların (Grade 2 / CpTi ve Grade 5 / Ti-6Al-4V) sıkıştırılabilme karakteristikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu kapsamda; kütlece 0.5%, 0.75%, 1%, 1.1% oranında Zn-St kullanarak karıştırılan titanyum alaşımı tozları, farklı basınçlarda sıkıştırılmış ve sıkıştırılan numuneler 1250 °C sıcaklıkta argon gazı atmosferinde sinterlenmişdir. Sinterleme işlemi öncesi ve sonrasında numunelerin yoğunluk değerleri incelenerek yağlayıcı miktarının ham yoğunluk ve bağıl yoğunluk üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca sinterlenmiş numunelere üç nokta eğme, darbe deneyleri ve SEM-EDS analizleri de uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Grade 2 Ti, Grade 5 Ti, Toz Metalurjisi, Çinko Stearat.

Abstract

Titanium alloy products produced with Powder Metallurgy (PM) are used in many industrial fields, especially in medicine.In powder metallurgy part production, lubricants are widely used to improve compressibility characteristics of compacts. Zinc stearate (Zn-St) is a lubricant which is commonly used in powder metallurgy.

The purpose of this study is; investigating the effects of Zn-St on compressibility characteristics of titanium compacts (Grade 2 / CpTi and Grade 5 / Ti-6Al-4V). In this scope; Titanium alloy powders mixed with 0.5%, 0.75%, 1%, 1.1% by mass of Zn-St, were compressed at different pressures and the compacts were sintered under argon atmosphere at 1250 ° C.Before and after the sintering process, the density values of the samples were examined and the effects of lubricant on the green density and relative density were evaluated. Also Three-point bending tests, impact tests and SEM-EDS analyzes were also applied to the sintered samples.

Keywords:

Grade 2 Ti, Grade 5 Ti, Powder Metallurgy, Zinc -Stearate.

1. Giriş

Tıp, havacılık, uzay, otomotiv, kimya ve diğer birçok endüstride çeşitli özellikleri nedeniyle titanyum alaşımı malzeme grupları kullanılmaktadır. Bu alaşımların bu endüstrilerde kullanılmalarının temel nedenleri kısaca; yüksek dayanım/ağırlık oranı, yüksek korozyon direnci, yüksek biyouyumluluk, yüksek sıcaklık performansı gibidir. Titanyum alaşımlarının göreceli olarak yüksek maliyeti, bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Saf titanyum (CpTi) dört derecede sınıflandırılabilir. İçerdiği oksijen elementi oranına göre Grade 1'den başlayarak Grade 4'e kadar sınıflandırılmaktadır. Oksijen elementi titanyumun dayanımını arttırmak için saf titanyum içinde arayer elementi olarak yerleşir [1]. Yaygın olarak endüstriyel birçok alanda ve sıklıkla tıp alanında yüksek biyouyumluluğu nedeniyle tercih edilen Ti-6Al-4V ise Grade 5 olarak isimlendirilen ve çift fazlı bir yapıya sahip (α+β) bir titanyum alaşımıdır. Titanyum alaşımları kullanılarak parça imalatında sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biriside toz metalürjisidir (TM). Diğer üretim yöntemlerine göre hammadde kaybının çok az olması ve kullanılan hammaddenin yüksek maliyeti TM yöntemiyle titanyum alaşımı parça imalatının en temel avantajı ve tercih edilme sebebidir. Bunun yanında, TM yöntemiyle üretilen nihai ürünlerin sahip oldukları, yüksek yüzey pürüzsüzlüğü ve parçaların net şekle yakın olmaları, bu parçaların ek bir işleme gerek duymaksızın kullanılmasına olanak sağlamaktadır [2].

Toz metalürjisinde temel işlem aşamaları kısaca; metal tozuna yağlayıcı ve/veya bağlayıcı ilave edilerek harmanlanması, kalıplara doldurulan harmanlanmış tozun kalıp içerisinde sıkıştırma ve son olarak da kalıptan çıkarılan parçaların sinterlenerek nihai ürünün elde edilmesi şeklindedir. Metal tozlarına ilave edilen yağlayıcı miktarı, karıştırma ve sıkıştırma işlemi sırasında toz partiküller arasındaki sürtünmeyi azaltmakta ve akıcılığı iyileştirmektedir. Buna ek olarak sıkıştırılmış ürünün kalıptan çıkarma kuvvetinin azaltılması sebep olarak sıkıştırma kalıbının ömrünün uzatılmasını da sağlamaktadır. Ancak kullanılan yağlayıcı miktarı sıkıştırma sırasında; partiküller arasında oluşan mekanik kenetlenmeyi azaltmakta ve ham dayanımı düşürmektedir [3]. Bu bilgiler çerçevesinde TM ile parça imalatında kullanılacak olan yağlayıcının miktarı ve çeşidine dikkatli bir şekilde karar verilmelidir.

Karıştırma (harmanlama) işlemi; karıştırıcının hızı, karıştırma süresi ve karıştırıcı/toz hacim oranı olmak üzere üç değişkene bağlıdır. Karıştırma işlemi sırasında yanlış seçilen değişkenler toz partiküllerinin aşırı plastik deformasyona uğrayarak, pekleşmesine sebep olabilmektedir. Sıkıştırma aşamasında, toz karışımları istenilen nihai ürün şeklini alması için kalıplar içerisinde tek veya çift etkili presler yardımıyla yada izostatik olarak preslenir. Bu aşamada basıncın etkisinin artmasıyla; toz partikülleri arası gözenekler küçülmekte ve parça yoğunlukları artmaktadır.

Sıkıştırma işlemi sonrası parçanın kalıptan çıkartılması ve parçaların sinterleme işlemine tabii tutulacağı fırına taşınması sırasında kırılması ya da parça bütünlüğünü kaybetmesini önlemek için, parçaların uygun ham yoğunluk ve ham dayanımın değerlerine sahip olmaları gerekmektedir. Ayrıca ham yoğunluk ve dayanım değeleri nihai ürünün son özelliklerini de doğrudan etkilemektedir. Sıkıştırma kuvvetinin artması, yüksek ham dayanım ve yoğunluk değeri ile sonuçlanmaktadır [4]. Sıkıştırma aşamasında parçacıklar mekanik kenetlenme ile birbirlerine bağlanmaktadır. Sıkıştırma işlemi toz partikül şekli, boyutu, dağılımı ve sertliği tozların sıkıştılabilirlik özelliklerini doğrudan etkilenmektedir [2].

TM yönteminde son aşama sinterleme işlemidir. Bu aşamada toz partikülleri arasında bağlar kurulmakta ve istenilen nihai ürünün son özellikleri elde edilmektedir. Sinterleme işlemleri genel olarak kullanılan matris malzemenin ergime sıcaklığının %0.6 ile %0.75'i arasındaki sıcaklıkta özel fırınlarda, numunelerin belirli bir süre tutulması ile gerçekleştirilmektedir. Partiküller arasındaki bağ, temas eden partikül yüzeyleri arasındaki difüzyon ile gerçekleşmekte ve toz partikülleri arası gözenekler küçülerek kapankatadır [5].

Bu çalışmada saf titanyum Grade 2 (CpTi) ve Grade 5 (Ti-6Al-4V) olmak üzere iki farklı titanyum alaşımı toz kullanılmıştır. Kullanılan tozlara farklı oranlarda çinko stearat (Zn-St) katı yağlayıcı olarak ilave edilmiştir. İlave edilen Zn-St miktarları 0.5%, 0.75%, 1% ve 1.1% oranlarındadır. Karıştırma işlemleri; numune boyutlarına ve % 60 doluluk oranına göre özel olarak üretilen konik karıştırıcı içerisinde, 20 dakika süreyle 22d/d hızında gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma işlemleri her yağlayıcı oranı için farklı basınçlarda yapılmıştır. Bu basınç değerleri yapılan literatür çalışmalarına bağlı olarak belirlenmiştir. Sıkıştırma işlemleri sonrasında numuneler 1250°C sıcaklıkta sinterlenmişlerdir. Sinterleme işlemi öncesi ve sonrasın da numunelerin yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının ve yağlayıcı oranının; numunelerin ham ve sinterlenmiş dayanımları üzerindeki etkilerini incelemek için numunelere MPIF Standartlarına uygun olarak üç nokta eğme deneyi uygulanmıştır. Bunlara ek olarak çalışmanın farklı aşamalarında SEM analizleri yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı Grade2 ve Grade 5 Titanyum alaşımı tozları kullanılarak üretilen toz metal parçaların, yoğunluk ve dayanım gibi özellikleri üzerinde kullanılan yağlayıcı oranı etkisinin araştırılmasıdır.

2. Yöntem

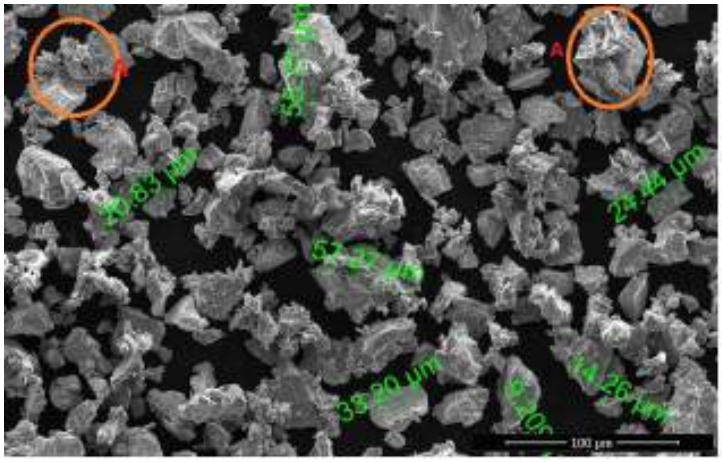
Bu çalışmada, iki çeşit ön alaşımlandırılmış titanyum alaşımı metal tozu kullanılmıştır. Bunlar Grade 2 ve Grade 5 Titanyum alaşımı tozlar olup tozlar; 325 Mesh toz partikül boyutunda (45µm), HDH + Öğütme (Hydride Dehydride) yöntemiyle üretilmiş ve düzensiz toz partikül şekillerine sahiptirler. Bu çalışmada uygulana deneysel yöntemler uygulanma sırasına göre aşağıda aşamalardan oluşmaktadır;

- Toz partiküllerinin karakterizasyon çalışmaları; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile yapılmış ve toz partikül şekli ve morfolojisinin belirlenmiştir. Bu aşamada ayrıca tozun içerdiği elementlerin belirlenmesi için EDS analizinin gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler QUANTA FEG 250 model SEM cihazı ile yapılmıştır.
- Deneylerde kullanılacak tozların akıcılık ve görünür yoğunluk ölçümleri MPIF Standard 04 (2006)'e uygun olarak üretilen Hall Hunisi ile yapılmıştır.
- Çift taraflı karıştırıcı kullanılarak metal tozları ile yağlayıcı, 20 dakika ve yaklaşık olarak 22d/d karıştırma hızında konik karıştırıcı içerisinde karıştırılmıştır.
- Kalıpta tek etkili preste soğuk sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Ham yoğunluk ve ham dayanım değerleri ölçülmüştür.
- Numunelerin sinterleme işlemi; Argon koruyucu gaz atmosferinde, numuneler 7°C/dakika ısıtma hızı ile oda sıcaklığından 400 °C sıcaklığa kadar ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 20 dakika fırında bekletilmişlerdir. Bu bekleme esnasında yağlayıcı giderme işlemini gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ardından fırın sıcaklığı aynı ısıtma hızında 1250°C'a kadar çıkarılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 90 dakika fırın içerisinde sinterlenmişlerdir

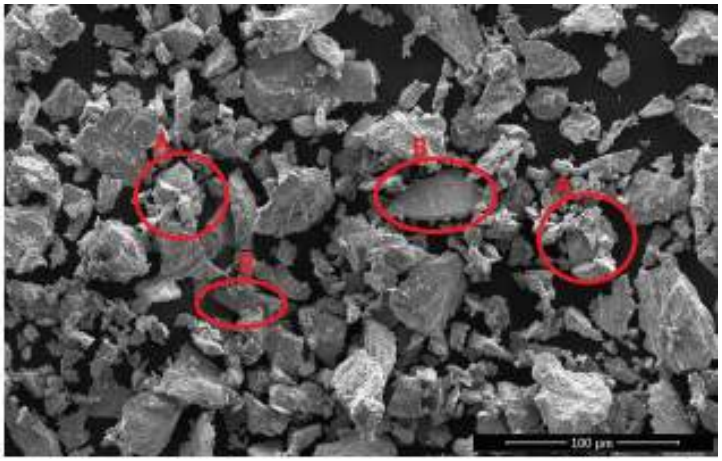
- Sinterlenmiş numunelerin yoğunluk değerleri belirlenmiş ve seçilen numunelere üç nokta eğme deneyleri uygulanmıştır. Üç nokta eğme deneyleri TS EN ISO 7438 (2016) standartlarına uygun olarak bilgisayar kontrollü üniversal çekme cihazı ile yapılmıştır.
- Sinterlenmiş numunelerin kırık yüzeylerinin incelemeleri QUANTA FEG 250 model SEM cihazı ile yapılmış ve deneysel çalışmalar sonlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan Grade 2 ve Grade 5 Titanyum alaşımı metal tozlarının, SEM mikrografisi incelendiğinde iki toz grubununda düzensiz ve heterojen şekilli bir toz partikül yapısına sahip oldukları Şekil 1 ve Şekil 2' de görülebilmektedir. Ayrıca partikül boyutlarında birbirlerinden farklı olduğuda aynı görüntülerde görülebilmektedir. Toz partikül şeklinin homojen olmaması ve boyutlarında farklılıklar gözlemlenmesi, toz üretiminde kullanılan yöntem olan HDH+öğütme metodundan kaynaklanmaktadır [6]. Düzensizliği etkileyen diğer bir sebep ise yığılmadır. Yığılma, öğütme işlemi sırasında Van Der Walls kuvveti veya atom bağları tarafından oluşan mekanik kenetlenme ile tanelerin birleşmesidir [7]. Bu durum Şekil 1 ve Şekil 2'de A bölgesi olarak belirtilen daire içinde görülmektedir. Ayrıca öğütme işlemi sırasında partiküllerin birbirleriyle çarpışmaları nedeniyle mikro dövme gerçekleşerek partikül yüzeyleri yassılaşmaktadır. Bu durum Şekil 2.'de B bölgesi olarak belirtilen daire içinde görülmektedir.



Şekil 1. Grade 2 (CpTi) metal tozunun SEM mikrografisi



Şekil 2. Grade 5 (Ti-6Al-4V) metal tozunun SEM mikrografisi

Şekil 3'de Grade 2 ve Grade 5 tozlarından üretilen numunlerin; ham yoğunluk (Tablo 1), ham dayanım (Tablo 2) ve sinterlenmiş yoğunluk değerleri (Tablo 3) verilmektedir. Şekil 3'teki tablolardan görülebileceği üzere Grade 2 ve Grade 5 toz grupları farklı sıkıştırma basınçlarında sıkıştırılmışlardır. Bunun temel nedeni Grade 2 tozun Ti' nin sahip olduğu tek fazlı (α), Grade 5'in ise cift fazlı (α+β) bir yapıda olması ve sertliğinin saf titanyuma göre daha yüksek olmasıdır [8]. Ayrıca Şekil 4'de Şekil 3' deki değerler kullanılarak ham yoğunluk, ham dayanım ve sinterlenmiş yoğunluk değişim grafikleri verilmektedir.

Şekil 4' teki grafikler inclendiğinde iki toz grubu içinde, sıkıştırma basıncı artışının daha yüksek ham yoğunluklar ile sonuçlandığı görülebilmektedir. Sıkıştırma basıncı arttıkça toz taneleri arasında soğuk plastik deformasyonla temas alanları artmakta ve mekanik olarak kilitlenme meydana gelmektedir[9]. Böylece sıkıştırma sonucunda elde edilen ürün içerisindeki gözenekler azalmakta ve görünür yoğunluk değerinden ham yoğunluk değerine doğru bir artış söz konusu olmaktadır. Grade 5 toz grubu için yağlayıcı miktarının kütlece oranın düşük tutulmasının karışımın yoğunluğunu yükselttiği ve buna bağlı olarak da numunelerin tüm basınçlardaki en yüksek ham yoğunlarının 0,5% Zn-St karışımında olduğu görülebilmektedir. Grade 2 toz grubu için aynı durum söz konusu değildir.

Grade 2 (CpTi)

	Ham Yoğunluk (g/cm³)			
TABLO 1	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	450	550	650
	0.50 % Zn-St	3,48	3,60	3,70
	0.75 % Zn-St	3,57	3,67	3,74
	1.00 % Zn-St	3,55	3,66	3,73
	1.10 % Zn-St	3,52	3,65	3,71

	Ham Dayanım (N/mm²)			
TABLO 2	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	450	550	650
	0.50 % Zn-St	7,27	10,35	15,06
	0.75 % Zn-St	9,49	12,43	20,73
	1.00 % Zn-St	7,48	12,10	18,50
	1.10 % Zn-St	7,35	11,80	17,49

	Sinterlenmiş Yoğunluk (g/cm³)			
TABLO 3	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	450	550	650
	0.50 % Zn-St	4,20	4,35	4,45
	0.75 % Zn-St	4,15	4,21	4,38
	1.00 % Zn-St	4,10	4,18	4,29
	1.10 % Zn-St	3,95	4,02	4,15

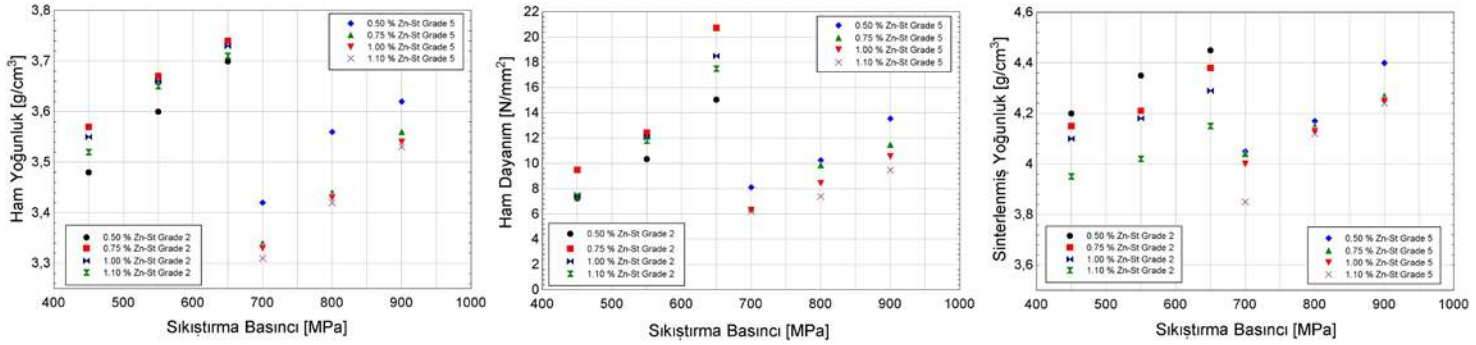
Grade 5 (Ti-6Al-4V)

	Ham Yoğunluk (g/cm³)			
TABLO 1	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	700	800	900
	0.50 % Zn-St	3,42	3,56	3,62
	0.75 % Zn-St	3,34	3,44	3,56
	1.00 % Zn-St	3,33	3,43	3,54
	1.10 % Zn-St	3,31	3,42	3,53

	Ham Dayanım (N/mm²)			
TABLO 2	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	700	800	900
	0.50 % Zn-St	8,12	10,25	13,55
	0.75 % Zn-St	6,43	9,85	11,48
	1.00 % Zn-St	6,32	8,43	10,56
	1.10 % Zn-St	6,20	7,40	9,48

	Sinterlenmiş Yoğunluk (g/cm³)			
TABLO 3	Sıkıştırma Basıncı (Mpa)	700	800	900
	0.50 % Zn-St	4,05	4,17	4,40
	0.75 % Zn-St	4,04	4,15	4,27
	1.00 % Zn-St	4,00	4,13	4,25
	1.10 % Zn-St	3,85	4,12	4,24

Şekil 3. Grade 2 ve Grade 5 tozlar kullanılarak üretilen numunelerin ham yoğunluk, ham dayanım ve sinterlenmiş yoğunluk değerleri.



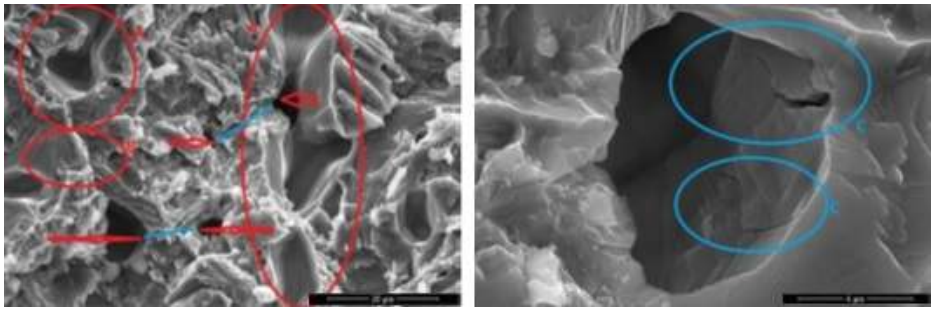
Şekil 4. Grade 2 ve Grade 5 tozlar kullanılarak üretilen numunelerin; ham yoğunluk, ham dayanım ve sinterlenmiş yoğunluk değişim grafikleri.

Aynı basınç değerinde farklı oranlarda yağlayıcılar kullanılarak yapılan sıkıştırmalarda 0,75% oranında kullanılan Zn-St'nin en yüksek ham yoğunluk değerleri ile sonuçlanması; bu oranda kullanılan yağlayıcının toz partikülleri arasında minimuma inerek, partiküllerin çok daha az gözenekli bir şekilde sıkıştığı anlamına gelmektedir [10]. Numunelerin ham dayanımlarındaki değişimler, numunelerin bağıl yoğunluk oranlarındaki değişimlerle paralellik göstermektedir. Ayrıca numunelerdeki sıkıştırma basıncı artışı genel olarak numunelerin ham dayanımlarda da yükselişe sebep olmuştur. Sinterlenmiş yoğunluk değerleri incelendiğinde ise yüksek ham yoğunluğa sahip numunelerin sinterleme işlemi sonrasında da daha yüksek yoğunluklara sahip oldukları görülebilmektedir.

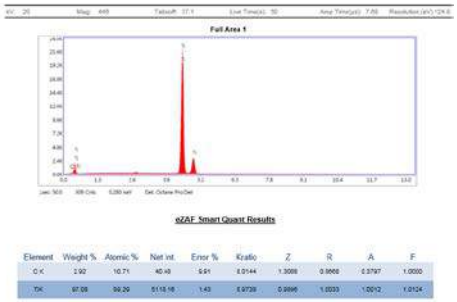
Yapılan sinterleme işlemi sonucunda numunelerin boyutlarında ve şeklinde değişimler meydana gelmiştir. Hatta bazı numuneler deforme olmuştur. Bu değişimlerin sebebinin, toz partiküllerinin boyutlarının dağılımının geniş bir aralıkta olması nedeniyle numunelerde meydana gelen yüksek kendini çekme değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, sinterleme atmosferinin saflık değerinin yetersiz kalması, yüksek sıcaklıktaki sinterleme fırın atmosferinde O_2 bulunması nedeniyle numunelerde oksitlenme sonucu boyut ve şekil değişimi ortaya çıkmıştır. Numunelerde genel olarak meydana gelen deformasyon sebebiyle numunelerin sinterlenmiş dayanım değerlerine bu çalışmada yer verilmemiştir. Şekil 5'de şekilsel / boyutsal olarak deforme olmuş ve oksitlenmiş bir numune örneği gösterilmektedir.

Şekil 5. Deforme olmuş ve oksitlenmiş bir numune örneği.

Her ne kadar numulerin büyük bölümü deforme olmuş olsa da, deformasyona uğramamış bazı sinterlenmiş numunelere üç nokta eğme deneyi uygulanarak, numunelerin kırık yüzeylerinin SEM görüntüleri alınmış (Şekil 6) ve bu yüzeylere EDS analizleri uygulanmıştır (Şekil 7) . Şekil 6'da işaretlenen A bölgesinde tane sınırlarının ayrılması nedeniyle oluşan taneler arası kırılma tipi ve B bölgesinde gevrek kırılma çeşidi görülmektedir. Ayrıca Şekil 6'de işaretlenen C bölgesinde partiküllerde oluşan çatlaklar görülmektedir. Bu nedenle kırılma tipinin gevrek olduğunu göstermektedir. Ayrıca verilen kırık yüzeyi görüntülerinde partiküller arasındaki boyunlar ve çapları mavi çizgi ile gösterilmiştir. Resimler incelendiğinde kırık yüzeyinde genel olarak gevrek kırılma görüntüsü mevcut iken burada gösterilen partiküllerdeki çatlakların varlığı gevrek kırılmanın yaygın olduğunu destekler niteliktedir. Şekil 7.'de Grade 2 numunelere uygulanan EDS analizi incelendiğinde numunelerde C kalıntıları görülmektedir. Bu kalıntılar sinterleme atmosferi kaynaklı ve/veya TM imalat aşamaları sırasında oluştuğu düşünülmektedir



Şekil 6. Sinterlenmiş Grade 2 numune SEM görüntüsü.



Şekil 7. Sinterlenmiş Grade 2 numune EDS Analizi

4. Sonuç

Grade 2 ve Grade 5 Titanyum alaşımı metal tozları kullanılarak yapılan deneyler değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Bu çalışmada, kullanılan tozun boyutunun ortalama 45 µm (325 mesh), düzensiz şekle sahip olduğu ve toz boyut dağılımının geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir.
- Kalıpta soğuk sıkıştırma basıncının artması ile ham yoğunluk değerleri artmaktadır.
- Yağlayıcı miktarı arttıkça kalıptan numuneyi çıkartma kuvveti azalmaktadır.
- Sinterlenmiş yoğunluk ve dayanım doğrudan ham yoğunluk ile ilişkilidir; ham yoğunluk arttıkça, sinterlenmiş yoğunluk ve dayanım artmaktadır.
- Yapılan SEM analizleri iki titanyum için kırık yüzeylerinde yapraksı kırılma ve taneler arası kırılma çeşitleri görülmüştür. Kırık yüzeylerinde yer yer kirlilikler belirlenmiştir.
- Sinterleme ortamının kirli olması ve oksijenin sinterleme ortamından vakumlanamamış olması, numunelerde yer yer oksitlenmelere ve çarpılmalara neden olmuştur. Ayrıca çalışma ortamı, kalıp-zımba kirliği numunelerde karbon gibi yabancı malzemelerin varlığının olduğu belirlenmiştir.

5. Referanslar

[1] Williams, J. C. (2007). Titanium. Engineering Materials and Processes. Springer.
[2] Upadhyaya, G. S. (2002). Powder Metallurgy Technology, Cambridge Int Science Publishing.
[3] Handbook, A. S. M. (1998). Volume 7. Powder Metal Technologies and Applications, 435.
[4] German RM. Powder Metallurgy Science. Princeton (NJ): Metal Powder Industries Federation; 1989.
[5] W. Brian James, Hoeganaes Corporation (2015). Powder Metallurgy Methods and Applications. ASM Handbook, Volume 7, Powder Metallurgy.
[6] Froes, F. H. (2012). Titanium Powder Metallurgy: A Review-Part 1. Advanced Materıals & Processes, 170(9), 16-22.
[7] Bosman, H. L., Ve Blaine, D. C. (2014). Influence Of Powder Particle Size Distribution On The Properties Of Press-And-Sintered Titanium And Ti-6al-4v Preforms. Advanced Materials Research, (1019).
[8] Wang, H., Fang, Z. Z., ve Sun, P. (2010). A critical Review of Mechanical Properties of Powder Metallurgy Titanium. International Journal of Powder Metallurgy, 46(5), 45-57.
[9] Kateřina Skotnicová, Miroslav Kursa Ve Ivo Szurman. (2014). Powder Metallurgy. University Text Book, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Vsb- Technical Universıty of Ostrava.
[10] Bolzoni, L., Ruiz-Navas, E. M., ve Gordo, E. (2013). Processing of elemental titanium by powder metallurgy techniques. In Materials Science Forum (Vol. 765, pp. 383-387). Trans Tech Publications.
[11] Al-Dulaimi, M.N.M., (2017). Ön Alaşımlandırılmış Ti6al4v Tozu İle Ti(Cp) Tozunun Sıkıştırılabilme Şartlarının Araştırılması, SDÜ FBE, Y. Lisans Tezi.
[12] Delavari, M., Salarvand, A., Rahi, A., Ve Shahri, F. (2011). The Effect Of Powder Metallurgy Process Parameters On Mechanical Properties Of Micro And Nano-İron Powder. International Journal Of Engineering, Science And Technology, 3(9), 86-94.
[13] Fang, Z. Z., Ve Sun, P. (2012). Pathways To Optimize Performance/Cost Ratio Of Powder Metallurgy Titanium–A Perspective. In Key Engineering Materials (Vol. 520, Pp. 15-23). Trans Tech Publications.
[14] Gronostajski, Z., Bandoła, P., Ve Skubiszewski, T. (2009). Influence Of Cold And Hot Pressing On Densification Behaviour Of Titanium Alloy Powder Ti6al4v. Archives Of Civil And Mechanical Engineering, 9(2), 47-57.
[15] Welsch, G., Lee, Y. T., Eloff, P. C., Eylon, D., & Froes, F. H. (1983). Deformation Behavior of Blended Elemental Ti-6Al-4V Compacts. Metallurgical Transactions A, 14(3), 761-769.
[16] Yu, C. (2014). Ti Powder Sintering: Impurity, Sintering Atmosphere and Alloy Design (Doctoral dissertation, ResearchSpace@ Auckland).

[17] Zak Fang, Z. (Ed.) (2010). Sintering of Advanced Materials: Fundamental and Processes. Woodhead Publ. in Materials. Oxford,UK.
[18] Bolzoni, L., Ruiz-Navas, E. M., ve Gordo, E. (2015). Feasibility study of the production of biomedical Ti–6Al–4V alloy by
[19] Hryha, E., Dudrova, E., Ve Bengtsson, S. (2008). Influence of Powder Properties On Compressibility of Prealloyed Atomised Powders, Powder Metallurgy, 51(4), 340-342.
[20] Yan, Y., Nash, G. L., ve Nash, P. (2013). Effect of Density and Pore Morphology on Fatigue Properties of Sintered Ti–6Al–4V.
[21]Ustundag, M. (2018)). Öğütme ve HDH Yöntemleriyle Üretilen Ti-6Al-4V Tozlarının Sinter-HİP Yöntemiyle Sinterlenmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi, SDÜ FBE, Doktora Tezi.

Et İşleme Endüstrisi Atıksuyunun Yeniden Kullanım Potansiyelinin Araştırılması

Investigation of the Reuse Potential of Meat Processing Industry Wastewater

Pelin YAPICIOĞLU[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Su kullanımında nüfus artışına bağlı olarak gözlenen artış, atık suların yeniden kullanılması ihtiyacını arttırmaktadır. En bilinen metotlardan birisi endüstriyel atıksuların yeniden kullanımıdır. Geri kazanılan atıksular farklı amaçlarla; proses suyu, kazan besleme suyu, soğutma suyu vb. olarak yeniden kullanılabilir. Bu çalışmada, bir et işleme endüstrisi atıksuyundan soğutma suyu eldesi için geri kazanım potansiyeli araştırılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki; soğutma suyu düzenleme ve standartlarına göre KOI, BOI, TKN, TÇKM, Ca+2 ve Mg+2 parametreleri uygun değildir. Dolayısıyla bu parametrelerin değerlerini düşürmek için ileri bir arıtma metodu uygulanmalıdır. Ters osmoz, bu kirleticilerin giderimi için ortak arıtma metodudur. Bu nedenle, ters osmozla arıtım sonrası et işleme atıksuyunu soğutma suyu olarak yeniden kullanmak mümkündür.

Anahtar kelimeler:

Et işleme atıksuyu; yeniden kullanım; soğutma suyu, sürdürülebilirlik

Abstract

The increasing demand for freshwater due to the growth of population has raised the requirement for wastewater reuse. One of the well-known methods is industrial wastewater reuse. Reclaimed wastewater can be reused for the different purposes such as process water, boiler feed water, cooling water etc. In this study, the reuse potential of meat processing industry wastewater for the cooling water ensure has been investigated. The results revealed that COD, BOD, TKN, TDS, Ca^{+2} and Mg^{+2} parameters were not available according to the cooling water regulation and standards. So, an advanced treatment method should be implemented to decrease the values of these parameters. Reverse osmosis is the common treatment method for all these contaminants removal. So, it is possible to reuse meat processing industry wastewater as the cooling water after the treatment with reverse osmosis.

Keywords:

Meat processing wastewater; reuse; cooling water; sustainability

1. Introduction

Population growth and water demand rise to the point where available freshwater supplies cannot meet the requirement of water, in recent years. Due to the lack of available water leads to the water scarcity that can be caused by various factors such as overgrowth of pollution, and increasing demand of freshwater [1]. The increasing requirement for the freshwater due to the growth of population, industrialization and urbanization has raised the tendency to the wastewater reuse and reclamation [2]. So, treated wastewater is being seen as a water resource [1]. For this reason, reclaimed wastewater can be used for urban, agricultural and industrial purposes [3]. Industrial wastewater reuse is very popular among them. Sustainable wastewater management is a tool to decrease the excessive natural resources consumption. Industrial reuse is one of the major applications as a sustainability method in Turkey. Reclaimed wastewater can be reused for the different purposes such as process water, boiler feed water, cooling water etc. It has been known that the most widespread type of use for reused water is cooling [2].

Especially, the work hygiene has the most critical importance for the food industries such as a meat processing industry for the public health [4]. In a meat processing industry, for sterilization process, cooling water is very significant after the boiling process. So, the huge amount of freshwater is needed for the cooling process. So, excessive water consumption has been occurred in the meat processing industries. If the effluent wastewater in the wastewater treatment plant is reused after the proper treatment as the cooling water, excess freshwater consumption prevents for the need of sustainability.

In this study, for a meat processing ındustry which locates in Turkey, the reuse potential of treated wastewater as the cooling water has been investigated. The main aim of this study is to demonstrate the reuse possibility of the meat processing wastewater after the proper treatment method.

2. Method

This paper is a type of a case study. In this study, for a meat processing industry, the wastewater reuse potential for the cooling water has been investigated applying wastewater analyses. Then, according to the analyses results, a comparison has been implemented with the cooling water standards. Finally, the common wastewater reuse method has been recommended for the contaminants removal to ensure the cooling water.

2.1. Description of the Meat Industry

The meat industry has been located in an organized industrial zone in Turkey. The main products being processed are raw meat, sujuk, sausage, salami, meatball, jambon and döner. The main wastewater generating points of the industry are the slaughterhouse, rendering unit and intestinal washing process. The other wastewater resources are residential activities, cleaning and irrigation of the lawns. Figure 1 demonstrates the available wastewater treatment process flow diagram in the plant. Influent wastewater characterization is given in Table 1.

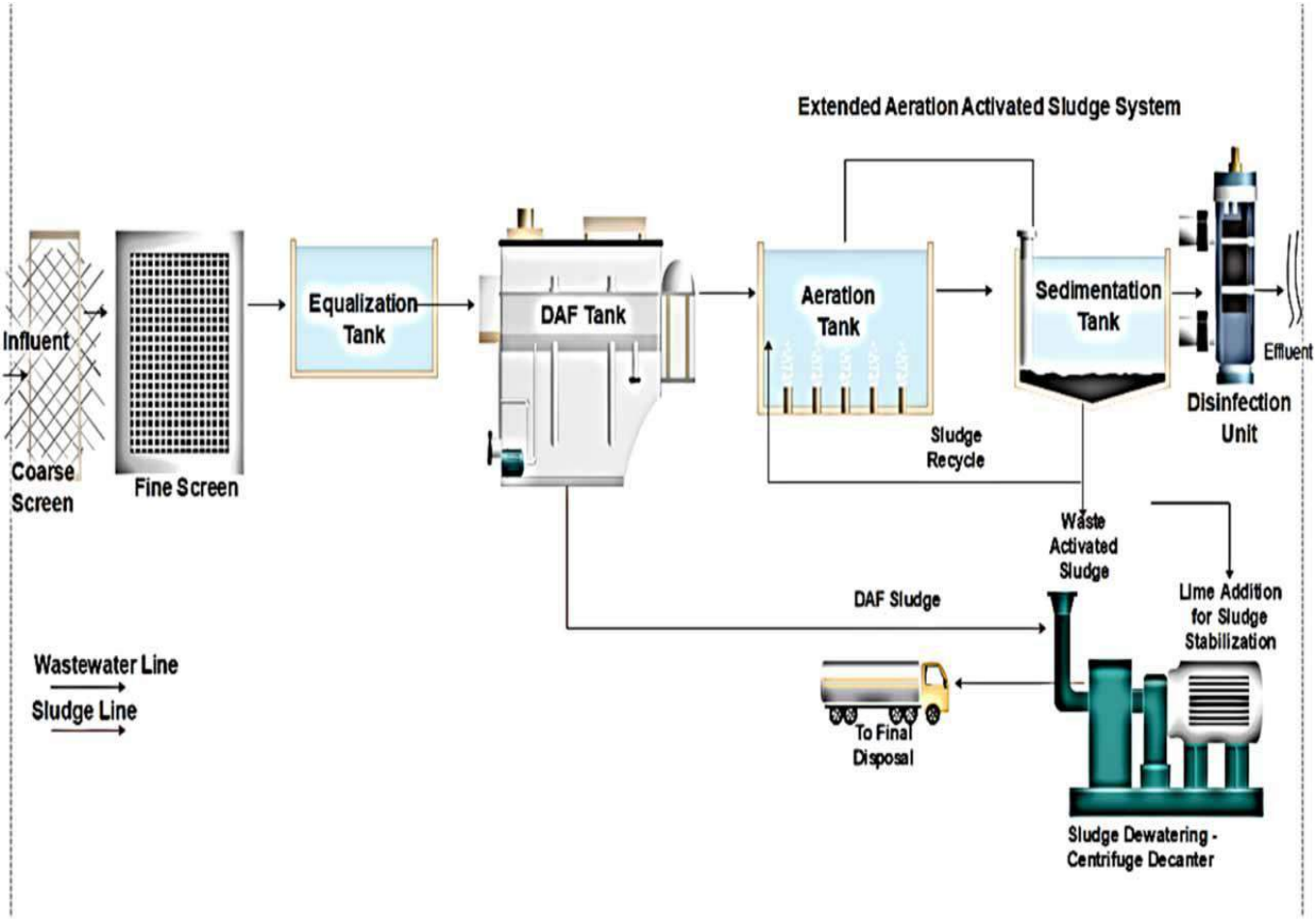


Figure.1. Wastewater treatment flow scheme

TABLE I. INFLUENT WASTEWATER CHARACTERIZATION OF THE MEAT PROCESSING INDUSTRY

Parametre	Değer
COD	5,293 mg/L
BOD	2,554 mg/L
TSS	2,122 mg/L
FOG	329 mg/L
pH	7.29

2.2. Experimental Assays Planning

In this study, influent and effluent COD, BOD, TSS, FOG and pH analyses have been fulfilled using Standard Methods [5], in the factory wastewater analysis laboratory. Also, hardness and alkalinity tests have been realized in the laboratory using Standard Methods [5]. For effluent TP, TKN, Cl^- , TDS, SiO_2, Al^{+3}, Fe, Mn^{+2}, $Ca+^2$, Mg^{+2}, HCO_3^-, and SO_4-^2 analyses have been fulfilled as the outsourcing service procurement by a certificated and accredited analyses laboratory firm.

2.3. Wastewater Reuse Methods

The treatment required to reuse wastewater will exactly depend on the characteristics of the wastewater and on what purpose it is to be reused after treatment [6]. There are several advanced treatment methods for the meat processing wastewater reuse such as the membrane processes (reverse osmosis, microfiltration, ultrafiltration, Membrane Bioreactor (MBR) process), advanced oxidation processes (ozonation, UV oxidation, Fenton etc.) electrocoagulation processes, filtration, advanced biological processes (Bardenpho, Anaerobic-Anoxic- Oxic (A^2O) process etc.) and adsorption [6,7,8, 9, 10, 11,12,13,14].

3. Results and Discussion

The assessment and experimental results have been given in Table II. The results revealed that COD, BOD, TKN, TDS, Ca^{+2} and Mg^{+2}parameters were not available according to the cooling water regulation and standards.

TABLE II. EFFLUENT WASTEWATER CHARACTERIZATION ASSESSMENT AND COOLING WATER STANDARD

Parameter	Effluent Value	*Recommended Limit Value	Assessment Result
COD (mg/L)	176	75	Not appropriate
BOD (mg/L)	97	25	Not appropriate
TSS (mg/L)	42	100	appropriate
TP (mg/L)	3.5	4	Not appropriate
TKN (mg/L)	5	1	Not appropriate
Cl^- (mg/L)	45	500	appropriate
pH	8.4	6.9-9.0	appropriate
TDS (mg/L)	1121	500	Not appropriate
Hardness (mg $CaCO_3$/L)	331	650	appropriate
Alkalinity (mg $CaCO_3$/L)	305	350	appropriate
SiO_2 (mg/L)	46	50	Not appropriate
Al^{+3} (mg/L)	0.0095	0.1	appropriate
Fe (mg/L)	0.47	0.5	appropriate
Mn^{+2} (mg/L)	0.12	0.5	appropriate
Ca^{+2} (mg/L)	83	50	Not appropriate
Mg^{+2} (mg/L)	273	0.5	Not appropriate
SO_4^{-2} (mg/L)	75	200	appropriate
HCO_3^-	20	24	appropriate

*Recommended Limit Value is adapted from [6].

Thus, an advanced treatment method should be implemented to remove these pollutants from effluent wastewater. Table III demonstrates the possible treatment methods for each pollutant parameters. Büyükkamacı and Onbaşı [6] implemented a similar study. In similar, in their study, TDS, COD, BOD, TKN, Ca^{+2} and Mg^{+2} were higher than recommended limit values. On the other hand, they also observed that SiO_2 and TP were higher than the limit values. It reveals that the characteristics of wastewaters can show differences from an industrial plant to another.

TABLE III. POSSIBLE TREATMENT METHODS FOR COOLING WATER ACHIEVEMENT

Parameters exceeding the limit value	**Possible Treatment Method**
COD	Advanced Treatment (Reverse Osmosis (R.O.), Membrane Bioreactor (MBR), Advanced Oxidation Processes (AOPs), electrochemical treatment etc.)
BOD	Advanced Treatment (Reverse Osmosis (R.O.), Membrane Bioreactor (MBR) etc.)
TKN	Membrane Bioreactor (MBR), Reverse Osmosis (R.O.)
Ca^{+2}	Ion exchange, Reverse Osmosis (R.O.), Membrane Filtration Methods
Mg^{+2}	Ion exchange, Reverse Osmosis (R.O.), Membrane Filtration Methods

As seen from Table III, the common wastewater reuse method is reverse osmosis due to the treatment capacity and high treatment efficiency. Reverse osmosis (RO) can be implemented for several different pollutant parameters. Figure 2 presents the recommended effluent treatment flow diagram to obtain the cooling water.

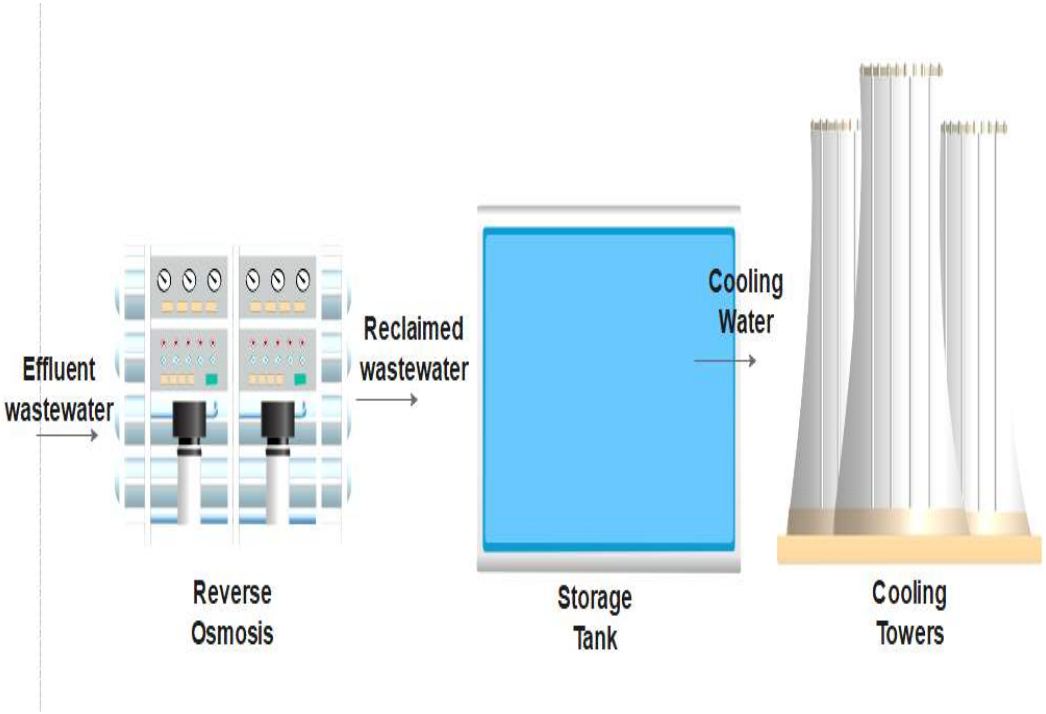


Figure.2. Recommended effluent treatment flow scheme

4. Conclusions

It is possible to obtain the cooling water from meat processing industry wastewater by applying an advanced treatment as the reclamation method.

The results revealed that the values of COD, BOD, TKN, TDS, Ca^{+2} and Mg^{+} were higher than the recommended limit values of cooling water. Other parameters were appropriate to the cooling water standards.

To reuse the meat processing wastewater as the cooling water, reverse osmosis (RO) should be applied as the treatment method.

5. References

[1] Büyükkamacı, N. and G. Karaca. 2017. Life Cycle Assessment Study on Water Reuse Applications. IWA 2nd Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment, 22-24 March, 2017 in Çesme-Izmir, Turkey, p. 317-325.

[2] Kaftan, A. 2010. Entegre Et Tesislerinde Atık Suyun Yeniden Kullanımı. Journal of Ankara University Environmental Science, 2: 81-88.

[3] Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed, McGraw-Hill, Boston, USA.

[4] Yapicioglu, P. and A. Filibeli. 2017. Possibility of Wastewater Reuse in a Dairy Factory. 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING ICOCEE – CAPPADOCIA 2017 Nevsehir, TURKEY, May 8 - 10, p. 1878.

[5] American Public Health Association, American Water Works Association, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA.

[6] Büyükkamacı N. and A.N. Onbaşı 2007. Endüstriyel Atık Suların Yeniden Kullanımının Değerlendirilmesi: Entegre Et Tesisi Atık suları, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir, s.502-510.

[7] Metcalf & Eddy. 2014. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5th ed, McGraw-Hill, Boston, USA.

[8] Şengül, F.1989. Endüstriyel Atık suların Özellikleri ve Arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi MühMim.Fakültesi MMF/ÇEV-89 EY 172, 476s.

[9] Özyonar, F. ve B. Karagözoğlu, 2008. Entegre Et ve Et Ürünleri Endüstrisi Atık Sularının Elektrokoagülasyon Yöntemiyle Arıtılabilirliğinin Araştırılması, 11.Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul, s.125-132

[10] Avula, R.Y., H.M. Nelson and R.K. Singh, 2009. Recycling of Poultry Process Wastewater by Ultrafiltration. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 1-8.

[11] Büyükkamacı, N. 2009. Su Yönetiminin Etkin Bileşeni:Yeniden Kullanım. İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, İzmir, 363–77, 8-10 Ocak.

[12] Bixio, D., C. Thoeye, J. De, Koning, D. Joksimovic, D.Savic, T. Wintgens, A. Ravazzini, V. Miska, M. Muston, H. Chikurel, A. Aharoni, D. Joksimovic, T. Melin. 2008. Water reclamation and reuse: implementation and management issues, Desalination, 218: 13–23.

[13] Jolanta, B., E. Sroka, E. Lobos, 2002. Application of the system which combines coagulation, activated sludge and reverse osmosis to the treatment of the wastewater produced by the meat industry. Desalination, 144(1-3):393-398.

[14] Suárez, A., T. Fidalgo, F.A. Riera, 2014. Recovery of dairy industry wastewaters by reverse osmosis. Production of boiler water. Separation and Purification Technology, 133: 204-211.

Mikrodalga Enerjisi Tabanlı Bir Yaklaşımla Tek Adımda Nano-yapıda Hibrit Elektrot Malzemesi Sentezi ve Enerji Depolama Uygulamasında Kullanımı

One-step Synthesis of a Hybrid Electrode Nano-material via Microwave Energy-based Approach and Its Use in Energy Storage Applications

Selçuk POYRAZ[1]

[1]Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye

Özet

Enerji depolama uygulamaları için; karbonize polipirol nano-lifleri, nano-yapıda çinko oksit (nano-ZnO) ve karbon nano-tüplerden (KNT) oluşan hibrit bir elektrot malzemesi (HEM) hazırlanmıştır. HEM'ler; tek adımlı, zahmetsiz, hızlı ve yüksek verimli olan mikrodalga enerjisi tabanlı bir yaklaşımla üretilmiştir. Taramalı ve geçirimli elektron mikroskopisi (SEM, TEM), enerji dispersif X-ışını spektroskopisi (EDX), döngülü voltametre (CV) ve galvanostatik şarj/deşarj (CD) testleri gibi malzeme karakterizasyon metotları kullanılarak, hazırlanan HEM'lerin morfolojik özellikleri, elementer bileşimleri ve elektrokimyasal performansları incelenmiştir. Sonuçlar ortaya koymuştur ki; KNT'lerce sağlanan yüksek elektriksel iletkenliğin, karbonize olmuş nano-liflerce sağlanan çok yüksek yüzey alanının ve nano-ZnO'dan sağlanan bol miktarda südo-kapasitif özelliğin, yapılarında sinerjik olarak harmanlanmasıyla HEM'ler umut verici kapasitif performans (2 mV/s'de ~ 190 F/g), uzun süreli CD stabilitesi (2000 döngü boyunca ~ %90), yüksek spesifik yüzey alanı (~ 35 m^2/g) değerlerinin yanı sıra enerji depolama uygulamaları için yüksek enerji ve güç yoğunluğu (500 W/kg'da ~ 35 Wh/kg) da sağlayabilmektedir.

Anahtar kelimeler:

İletken polimer; karbon nano-tüp; çinko oksit; enerji depolama.

Abstract

A hybrid electrode nano-material (HEM), composed of carbonized polypyrrole nanofibers, nanostructured zinc oxide (nano-ZnO) and carbon nanotubes (CNTs), was prepared for energy storage applications. HEMs were obtained through a one-step, hassle-free, rapid and highly efficient microwave (MW) energy-based approach. The morphological features, elemental composition and also the electrochemical performance of the as-prepared HEMs were investigated by using material characterization methods such as scanning and transmission electron microscopy (SEM, TEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), cycling voltammetry (CV) and galvanostatic charge/discharge (CD) tests. Results have revealed that by synergistically blending the high conductivity from CNTs, the ultra-high porous surface area from carbonized NFs and the abundant pseudo-capacitive features from nano-ZnO in its structure, HEMs could afford to exhibit promising capacitive performance, excellent long-term CD stability, high energy and power densities along with high a specific surface area value for energy storage applications.

Keywords:

Conducting polymer; carbon nanotube; zinc oxide; energy storage.

1. Introduction

The growing global demand for clean and renewable energy [1], the gradual exhaustion of natural fossil fuel sources [2] and common concerns about the air pollution and global warming issues have stimulated the academic and industrial societies to spend intense research efforts on both the development/improvement of efficient energy storage devices and on sophisticated energy conversion systems from alternative sources [3]. In this context, supercapacitors (SCs) have attracted a great deal of attention [2-8] and in recent years, they have gained great technological significance [9] by emerging as an ideal frontline technology [10] to meet the above mentioned needs in energy field.

An ideal hybrid SCs is mainly composed of two kinds of electrode materials [3, 5, 9-10, 12]. The first group is the electric double-layer carbon-based ones (EDLCs) with high surface area, conductivity and chemical stability [2-3, 5-8, 12], such as activated carbon [9, 13], carbon aerogel [5], CNTs [6-7, 11], graphene [8, 14-17] and porous carbon NFs [3]. Their charge storage mechanism depends on "forming a double layer at the interface of the electrode material and the electrolyte medium" [3, 12]. The second group is the pseudo-capacitor ones (PCs) with much higher specific capacitance [9-11], but much lower stability and conductivity [7, 11-12], i.e. metal oxides (RuO_2, NiO, MnO_2, ZnO etc.) [5-8, 11, 15] or conducting polymers (PPy, polyaniline (PANI)) [4-5, 9-12]. These materials store charges on both "their interface with the electrolyte" like EDLCs, and "within their structures" via electrosorption, redox reaction and intercalation [2, 10-14] steps of a faradic reaction.

As an attempt to tackle these potential drawbacks in synthetic approaches and to lower the electrode material fabrication costs [12], in recent years, people have come up with the idea of using MWs [9, 15], which emerged as an affordable, facile, versatile and promising one-step technique, based on heating the energy absorbing polar reactants up to elevated temperatures within very short time frames. During such short-time heating processes, the self-generated pressure inside the capped reaction vessel concurrently increases and is effectively used for the formation of nanostructured materials, i.e. CNTs and metal oxides [16, 24-27], which can be utilized for different purposes. In order to fully benefit from all three components, i.e. CNTs, nano-ZnO and conducting PPy NFs in one hyrid nano-architecture [25], in this study, a HEM with accrued [10] advantages of having EDLC property of CNTs and PC properties of nano-ZnO and PPy NFs was prepared via one-step MW energy-assisted

approach.

Last but not the least, other significant advantages of the one-step MW energy-assisted approach can be summarized as being; (i) sustainable [13, 17], (ii) commercially viable [10], (iii) wet-chemistry free [11], (iv) affordable, (v) easily tunable/scalable for industry level [2, 11] and (vi) able to fabricate intimately connected hybrid electrode materials for the next-generation SCs. Thus, the nanostructured HEM obtained from this approach is aimed to be the material of preference for advanced SC applications.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

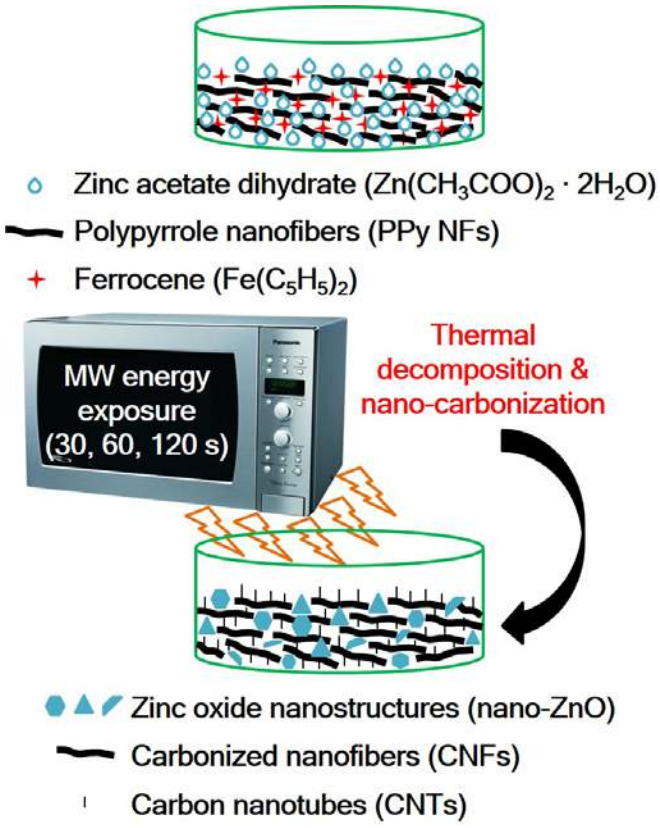
The materials used in this study include; pyrrole (98%, Alfa Aesar), ammonium peroxydisulfate (APS, 98%, $(NH_4)_2S_2O_8$, Alfa Aesar), ferrocene (99%, $Fe(C_5H_5)_2$, Alfa Aesar), zinc acetate dihydrate (ZAD, $Zn(CH_3COO)_2 . 2H_2O$, EMD Chem. Inc.), HCl (J.T. Baker), acetone (J.T. Baker), colloidal graphite paste (isopropanol base, Electron Microscopy Sciences) and potassium hydroxide (KOH, J.T. Baker). V_2O_5 sol-gel NF seeds were prepared based on a previously reported method by using ammonium metavanadate (NH_4VO_3, 99.5%, Acros Organics) and Dowex Marathon (H) ion exchange resin (Sigma Aldrich) in DI water [28].

2.2 One-step synthesis of the acid-doped PPy NFs

Based on a well-established and previously reported method [29], 1 mL of pyrrole monomer was gently added into 60 mL of 1M aq. HCl under magnetic stirring. In order to obtain the homogenous dispersion of monomers, the medium was kept stirred for 10 min at ambient conditions. Next, 1 mL of V_2O_5 sol-gel NF seeds was gently introduced. This triggered the formation of well-dispersed nanofibrous oligomers upon the preliminary oxidative interactions between monomers and V_2O_5 seeds at their interface. Within 30 s of V_2O_5 seeds addition, 1.15 g of APS was finally added into the mixture and instantly darkened its color as a clear triggering indication of the oxidative polymerization reaction. After 4 h of polymerization reaction time under magnetic stirring at ambient conditions, the resulting dark precipitate of PPy NFs was suction filtered through a Buchner funnel while getting washed with copious amounts of HCl (3 × 100 mL) and acetone (3 × 100 mL), respectively. The damp, PPy NF mesh was collected on a filter paper, placed in an oven at 80 °C and left there overnight for drying purposes. A typical yield of PPy NF powder from this experiment was ~ 300 mg.

2.3 One-step MW energy-assisted fabrication of carbonized NF/CNT/ZnO HEM

In a standard process, firstly, 70 mg of the as-synthesized HCl-doped PPy NF powder and 70 mg ferrocene were placed in a capped 10 mL plastic cup and blended with a speed mixer at ~ 3500 rpm for 2 min. Next, this mixture was flatly laid at the bottom of a glass vial and then its surface was homogenously powdered with a 100 mg of fine ZAD in the form of a secondary white layer. After that, the glass vial was loosely capped and placed into the MW chamber for a heat treatment which lasted for 30, 60 or 120 s (Scheme 1). Within 10 s of the heating process the mixture was started smoking and arcing, respectively, and then continuously glowed red hot for the rest of the process time inside the glass vial [24-26, 30]. Eventually, the darkened glass vial was taken out of the MW and left to cool down to room temperature. Finally, the dark residue with a grayish tint was gently collected from the glass vial bottom and then mixed for 5 min by using speed mixer to achieve homogeneity in the final product. The as-obtained mixture was then stored for further structural and electrochemical characterization steps.



Scheme 1. Illustration of the one-step HEM synthesis via MW energy-based approach

2.4 Structural characterization of the CNF/CNT/ZnO HEM

The overall morphological features and the elemental composition of the as-synthesized HEM were analyzed on a JEOL JSM-7000F SEM equipped with an EDX detector.

3. Results and Discussion

The as-prepared nanostructured HEM's morphological SEM characterization results are shown in Figure 1. The acid-doped conducting PPy nanostructures can be clearly observed from Figure 1A. Here, the dominant morphology is composed of densely packed, microns long NF web decorated with nano-granule clusters. Both NFs and nano-granules are seemed to be ~ 200 nm, in diameter. This result is in good agreement with the ones obtained from previous relevant studies. This sample was firstly mixed with an equivalent amount of fine ferrocene powder and then used as the base for HEM's preparation. After short-term (30, 60, 120 s) MW energy exposure of this mixture with ZAD powder, an entangled CNT forest along with nano-ZnO granules' growth was observed on the surface of CNFs which are indicated in rectangular areas in Figure 1B. Based on this image, the as-grown CNTs are seemed to span over several microns in length, and 200-250 nm in diameter. Moreover, as previously observed in similar studies, morphological features of these CNTs also conform the tip-growth mechanism for their formation, during which; the precursor ferrocene firstly gets decomposed into its iron and cyclopentadienyl components upon the rapid temperature increase caused by the intense PPy NF/MW interactions, and then, these components serve respectively as the catalyst and carbon source for the CNT growth, and finally, CNTs grow with reactive iron nanoparticle (Fe NP) clusters at their stem tips (Figure 1C inset). As the MW process time was elongated from 30 s to 60 s, the as-grown CNTs' morphological appearance had distinctively changed from randomly entangled bulk groups to matchstick-like separated individuals (Figure 1C and inset). Here, not only their growth pattern but also their sizes were also changed. Based on the measurements taken, it can be observed that such CNTs had become twice as large (450-500 nm avg. diameter) than the previous ones. This phenomenon can be explained with the "supporting growth template role" of the initially grown carbon nanostructures at the early stages (up to 30 s) of the MW process. Thanks to the increased process time, the iron catalyst core could remain its activity longer to direct more

thin layers' growth from the carbon shell surrounding it. In good agreement with this situation; thicker (up to ~ 2 µm) and longer (> 10 µm) earthworm-like CNTs were grown on the same material, which was exposed to MW energy for 120 s as can be seen in Figure 1D.

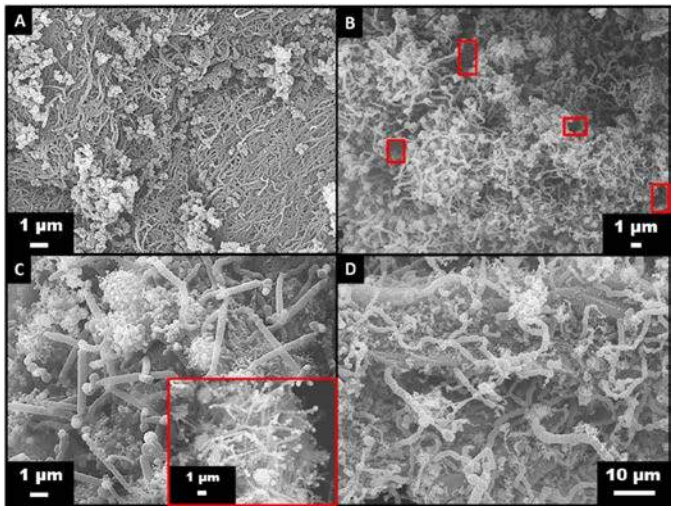


Figure 1. SEM images of; (A) acid doped PPy NFs, and (B) 30 s MW, (C) 60 s MW (inset: the as-grown CNTs with Fe catalyst NPs trapped at their tips), (D) 120 s MW CNF/CNT/ZnO HEM samples

4. Conclusion

In conclusion, nano-sized HEM samples that are composed of CNF/CNT/ZnO were successfully manufactured via one-step, facile and efficient MW energy-based approach for SC applications. It is aimed that by synergistically blending the high conductivity from CNTs, the ultra-high porous surface area from carbonized NFs and the abundant pseudo-capacitive features from nano-ZnO in its structure, the as-synthesized HEM would afford to exhibit promising capacitive performance along with the excellent long-term charge/discharge cycle stability and high energy/power densities for such applications.

5. References

[1] Li, S. Z., Wen, J., Mo, X. M., Long, H., Wang, H. N., Wang, J. B., Fang, G. J. 2014. Three-dimensional MnO2 nanowire/ZnO nanorod arrays hybrid nanostructure for high-performance and flexible supercapacitor electrode. Journal of Power Sources. 256: 206-211.

[2] Zhao, Y. and Jiang, P. 2014. MnO2 nanosheets grown on the ZnO-nanorod-modified carbon fibers for supercapacitor electrode materials. Colloids and Surfaces a-Physicochemical and Engineering Aspects. 444: 232-239.

[3] Kim, C. H. and Kim, B. H. 2014. Electrochemical behavior of zinc oxide-based porous carbon composite nanofibers as an electrode for electrochemical capacitors. Journal of Electroanalytical Chemistry. 730: 1-9.

[4] Wang, Z. L., Guo, R., Ding, L. X., Tong, Y. X., Li, G. R. 2013. Controllable Template-Assisted Electrodeposition of Single- and Multi-Walled Nanotube Arrays for Electrochemical Energy Storage. Scientific Reports. 3: 1204-1211.

[5] Kalpana, D., Omkumar, K. S., Kumar, S. S., Renganathan, N. G. 2006. A novel high power symmetric ZnO/carbon aerogel composite electrode for electrochemical supercapacitor. Electrochimica Acta. 52 (3): 1309-1315.

[6] Zhang, Y. P., Sun, X. W., Pan, L. K., Li, H. B., Sun, Z., Sun, C. P., Tay, B. K. 2009. Carbon nanotube-ZnO nanocomposite electrodes for supercapacitors. Solid State Ionics. 180 (32-35): 1525-1528.

[7] Zhang, Y. P., Sun, X. W., Pan, L. K., Li, H. B., Sun, Z., Sun, C. Q., Tay, B. K. 2009. Carbon nanotube-zinc oxide electrode and gel polymer electrolyte for electrochemical supercapacitors. Journal of Alloys and Compounds. 480 (2): L17-L19.

[8] Zhang, Y. P., Li, H. B., Pan, L. K., Lu, T., Sun, Z. 2009. Capacitive behavior of graphene-ZnO composite film for supercapacitors. Journal of Electroanalytical Chemistry. 634 (1): 68-71.

[9] Selvakumar, M., Bhat, D. K., Aggarwal, A. M., Iyer, S. P., Sravani, G. 2010. Nano ZnO-activated carbon composite electrodes for supercapacitors. Physica B-Condensed Matter. 405 (9): 2286-2289.

[10] Sidhu, N. K. and Rastogi, A. C. 2014. Vertically aligned ZnO nanorod core-polypyrrole conducting polymer sheath and nanotube arrays for electrochemical supercapacitor energy storage. Nanoscale Research Letters 9: 453-468.
[11] Aravinda, L. S., Nagaraja, K. K., Nagaraja, H. S., Bhat, K. U., Bhat, B. R. 2013. ZnO/carbon nanotube nanocomposite for high energy density supercapacitors. Electrochimica Acta. 95: 119-124.
[12] Pandiselvi, K. and Thambidurai, S. 2014. Chitosan-ZnO/polyaniline ternary nanocomposite for high-performance supercapacitor. Ionics. 20 (4): 551-561.
[13] Li, Y. M. and Liu, X. 2014. Activated carbon/ZnO composites prepared using hydrochars as intermediate and their electrochemical performance in supercapacitor. Materials Chemistry and Physics. 148 (1-2): 380-386.
[14] Lu, T., Zhang, Y. P., Li, H. B., Pan, L. K., Li, Y. L., Sun, Z. 2010. Electrochemical behaviors of graphene-ZnO and graphene-SnO2 composite films for supercapacitors. Electrochimica Acta. 55 (13): 4170-4173.
[15] Ramadoss, A. and Kim, S. J. 2013. Facile preparation and electrochemical characterization of graphene/ZnO nanocomposite for supercapacitor applications. Materials Chemistry and Physics. 140 (1): 405-411.
[16] Lu, T., Pan, L. K., Li, H. B., Zhu, G. A., Lv, T. A., Liu, X. J., Sun, Z., Chen, T., Chua, D. H. C. 2011. Microwave-assisted synthesis of graphene-ZnO nanocomposite for electrochemical supercapacitors. Journal of Alloys and Compounds. 509 (18): 5488-5492.
[17] Haldorai, Y., Voit, W., Shim, J. J. 2014. Nano ZnO@reduced graphene oxide composite for high performance supercapacitor: Green synthesis in supercritical fluid. Electrochimica Acta. 120: 65-72.
[18] Akgun, M. C., Kalay, Y. E., Unalan, H. E. 2012. Hydrothermal zinc oxide nanowire growth using zinc acetate dihydrate salt. Journal of Materials Research. 27 (11): 1445-1451.
[19] Kolodziejczak-Radzimska, A. and Jesionowski, T. 2014. Zinc Oxide-From Synthesis to Application: A Review. Materials. 7 (4): 2833-2881.
[20] Qie, L., Chen, W. M., Wang, Z. H., Shao, Q. G., Li, X., Yuan, L. X., Hu, X. L., Zhang, W. X., Huang, Y. H. 2012. Nitrogen-Doped Porous Carbon Nanofiber Webs as Anodes for Lithium Ion Batteries with a Superhigh Capacity and Rate Capability. Advanced Materials. 24 (15): 2047-2050.
[21] Poyraz, S., Flogel, M., Liu, Z., Zhang, X. Y. 2017. Microwave energy assisted carbonization of nanostructured conducting polymers for their potential use in energy storage applications. Pure and Applied Chemistry. 89 (1): 173-182.
[22] Alabadi, A., Yang, X. J., Dong, Z. H., Li, Z., Tan, B. E. 2014. Nitrogen-doped activated carbons derived from a co-polymer for high supercapacitor performance. Journal of Materials Chemistry A. 2 (30): 11697-11705.
[23] Zhou, X. Y., Tang, J. J., Yang, J., Xie, J., Huang, B. 2013. Seaweed-like porous carbon from the decomposition of polypyrrole nanowires for application in lithium ion batteries. Journal of Materials Chemistry A. 1 (16): 5037-5044.
[24] Liu, Z., Wang, J. L., Kushvaha, V., Poyraz, S., Tippur, H., Park, S., Kim, M., Liu, Y., Bar, J., Chen, H., Zhang, X. Y. 2011. Poptube approach for ultrafast carbon nanotube growth. Chemical Communications. 47 (35): 9912-9914.
[25] Liu, Z., Zhang, L., Poyraz, S., Smith, J., Kushvaha, V., Tippur, H., Zhang, X. Y. 2014. An ultrafast microwave approach towards multicomponent and multi-dimensional nanomaterials. Rsc Advances. 4 (18): 9308-9313.
[26] Liu, Z., Chen, L., Zhang, L., Poyraz, S., Guo, Z. H., Zhang, X. Y., Zhu, J. H. 2014. Ultrafast Cr(VI) removal from polluted water by microwave synthesized iron oxide submicron wires. Chemical Communications 50 (59): 8036-8039.
[27] Xie, H., Poyraz, S., Thu, M., Liu, Y., Snyder, E. Y., Smith, J. W., Zhang, X. Y. 2014. Microwave-assisted fabrication of carbon nanotubes decorated polymeric nano-medical platforms for simultaneous drug delivery and magnetic resonance imaging. Rsc Advances. 4 (11): 5649-5652.
[28] Bailey, J. K., Pozarnsky, G. A., Mecartney, M. L. 1992. The Direct Observation of Structural Development during Vanadium Pentoxide Gelation. Journal of Materials Research. 7 (9): 2530-2537.
[29] Zhang, X. Y. and Manohar, S. K. 2004. Bulk synthesis of polypyrrole nanofibers by a seeding approach. Journal of the American Chemical Society. 126 (40): 12714-12715.
[30] Zhang, X. Y. and Manohar, S. K. 2006. Microwave synthesis of nanocarbons from conducting polymers. Chemical Communications. (23): 2477-2479.

Farklı Beton Türü Ve Lif Oranları Kullanılarak Oluşturulmuş Numuneler İçin Dinamik Ve Statik Elastisite Modülünün Karşılaştırılması

Comparison of Dynamic and Static Elastic Modulus For Sample Created By Using Different Concrete Types and Fiber Ratio

Recep Kadir PEKGÖKGÖZ[1]
Rıdvan ŞAMAN[2]
Ziyafeddin BABAYEV[2]
Fatih AVCİL[1]
M. Arif GÜREL[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye,

Özet

Günümüz yapı teknolojisinde, en çok kullanılan yapı malzemelerinden birisi betondur. Betonun homojen olmayan yapısı nedeniyle dayanımının ve kalitesinin yerinde kontrol edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, betonun mekanik özelliklerinin kontrol altında tutulabilmesi için tahribatsız yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemler de kullanılabilirliğinin yanında yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Bu yanıltıcı sonuçları azaltabilmek için tahribatlı ve gerçeğe yakın sonuçlar veren yöntemlerle desteklenmesi ve böylece tahribatsız yöntemlerin doğruluğunun artırılması gerekmektedir. Bu çalışmada farklı lif oranlarındaki Normal Beton (NB) ve Kendinden Yerleşen Betonların (KYB) basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleriyle ilgili araştırma sonuçları verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, Statik Elastisite modülünün, karot numune ile belirlenemediği durumlarda, Ultrases cihazı kullanılarak belirlenebileceğini ve Ultrases cihazıyla belirlenen Dinamik Elastisite Modülünün yapı analizi hesaplarında kabul edilebilir bir doğrulukla Statik Elastisite Modülü yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Elastisite modülü, Kendinden yerleşen beton, Ultrasonik test cihazı

Abstract

One of the most used building materials is concrete in today's construction technology. Due to the non-homogeneous form of concrete, it is very difficult to control its strength and quality in place. For this reason, non-destructive methods have been developed in order to control the mechanical properties of concrete. However, these methods are misleading as well as usable. In order to reduce these misleading results, it is necessary to support them with destructive and near-realistic methods, thus enhancing the authenticity of non-destructive methods.
In this study, the results of the researches about the compressive strength and elastic modulus of Normal Compacting Concrete (NB) and Self - Compacting Concretes (SCC) with different fiber ratios are given.
The obtained results show that the static modulus of elasticity can be determined using Ultrasonic Pulse Velocity Tester in situations where it cannot be determined by the core sample and the dynamic modulus of elasticity determined by the Ultrasonic Pulse Velocity Tester can be used as a static modulus of elasticity with an acceptable accuracy in the structural analysis calculations.

Keywords:

Modulus of elasticity, Self - Compacting Concretes, Ultrasonic Pulse Velocity Tester

1. Giriş

Beton, çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerini harmanlayarak elde edilmiş ve oranları dikkat le ayarlanmış bir karışımı, istenilen sekil ve boyutta kalıplar içine boşluksuz olarak yerleştirmek ve uygun bakım koşulları altında sertleştirmek yolu ile elde edilen kompozit bir malzemedir [1]. Betonun diğer taşıyıcı malzemelere oranla elde edilmesi, yapısı, kullanışı, kontrolü vb. özelliklerine kolay ulaşılabilmesi bu malzemeyi daha çok tercih sebebi yapmaktadır. Günümüz teknolojisinde üret ilen betonlar, özellikle dayanımı, rijitliği, tokluğu, sünekliği ile uzun açıklıklı köprülerin, yüksek binaların, yer alt ı yapılarının ve diğer alt ve üst yapıların inşa edilebilmesine olanak sağlamaktadır [2]. Betonun zayıf özelliklerinin belirgin olarak iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi için beton içerisine değişik malzemeler katılarak teknik özellikleri geliştirilebilmektedir [3]. Bu nedenle her gün yeni bir malzemenin keşfedildiği bir dünyada sayısız yeni çalışmaların ve tezlerin varlığı betonu güçlendirerek daha etkin ve işlevselleştirebilir. Mevcut literatür incelendiğinde "Çelik Fiber Takviyeli Beton'', "Kendiliğinden Yerleşen Beton" (KYB) ve "Normal Beton" (NB) karışımların davranışını anlamaya yönelik yeni bulgular araştırılmaktadır. Bu çalışmada laboratuvar ortamında hazırlanmış farklı oranlarda çelik lif takviyeli NB ve KYB'nin statik ve dinamik elastisite modüllerinin karşılaştırılması ve yeni bulguların elde edilmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Çelik lif takviyeli KYB ile oluşturulmuş bir yapının güçlendirilmesinde yapıya zarar vermeden elastisite modülü belirlenebilir ve güçlendirme projelerinin hesaplanmasında kullanılabilir.

Beton kalitesinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde tahribatlı ve tahribatsız farklı yöntemler kullanılmaktadır. Tahribatlı test yönteminde tek eksenli basınç deneyi yapılıp statik elastisite modülü bulunabilir[4]. Tahribatsız yöntemlerden biri ultrases test cihazı ile değerlendirme yöntemidir. Ultrases hızı, çok uzun zamandır kullanılan, malzemeye zarar vermeden ses dalgalarının hızını ölçen bir metottur. Bu testte ses dalgalarının belirli bir uzunluğu kat etme süresi ölçülür [5]. Uzunlamasına dalga hızı belirlemesine dayanan metotlar betonun ultrases metodu için en doğrusudur. Çünkü bu testler basit ve maliyet açısından ekonomiktir. Birçok ülkenin bu testin performansı için standartları vardır [6].

2. Yöntem

Deneysel çalışmalar kapsamında farklı beton tipinin ve çelik lif oranının Statik elastisite (E_s) ve Dinamik elastisite (E_d) modülüne etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla Normal Beton (NB) ve Kendinden Yerleşen Beton (KYB) üretilmiştir.

Bütün beton bileşimlerinde çimento dozajı 400 kg/m^3 olarak sabit tutulmuştur. Her iki betonun karışım özellikleri birbirinden farklı olduğundan çalışmada ayrı ayrı bahsedilecektir.

NB numunelerine hacimsel olarak % 0.5 ve %1 oranında çelik lif karıştırılmıştır. İşlenebilmeyi kolaylaştırmak amacıyla çimento miktarının ağırlıkça % 2'si oranında süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak etkin su/çimento oranı 0.48 olarak belirlenmiştir. Karışıma katılacak lif miktarları 0 (kontrol), 39.25 ve 78.5 kg/m^3 olarak seçilmiştir.

KYB numunelerine de hacimsel olarak % 0.5 ve %1 oranında çelik lif karıştırılmıştır. İşlenebilmeyi kolaylaştırmak amacıyla çimento miktarının ağırlıkça % 2.5~3.0'ü oranında hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak etkin uçucu kül/çimento oranı 0.45 ve su/çimento oranı 0.55 olarak belirlenmiştir. Karışıma katılacak lif miktarları 0 (kontrol), 39.25 ve 78.5 kg/m^3 olarak seçilmiştir. Bu çalışmada (NB-A-B ve KYB-A-B) kontrol karışımı olarak seçilmiştir. Betonda bulunan malzeme miktarları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Betonda bulunan gerçek malzeme miktarları (kg/m^3)

Beton Türü	Çimento (kg)	Su (kg)	Katkı (kg)	Lif Miktarı (kg)	Uçucu Kül (kg)	Kum (kg)	Çakıl (kg)
NB	400	192	8	0	0	892	966
NBL%0,5	400	192	8	39.25	0	885	959
NBL%1	400	192	8	78.5	0	878	951
KYB	400	197	10.44	0	180	771	836
KYB%0,5	400	215	14.5	39.3	180	736	798
KYB%1	400	220	14.5	78.5	180	722	782

Şekil 1' de gösterildiği gibi beton basınç dayanımını belirlemek için beton küp numuneler, elastisite modülü belirlemek için ise 150x300 mm boyutlarında toplam 32 adet silindirik numune hazırlanmıştır.

Şekil 1. Deney İçin Hazırlanmış Silindir ve Küp Numuneler

Dinamik (E_d) ve Statik (E_c) Elastisite modülleri 150x300 mm silindir numuneler üzerinde yapılan deneysel çalışma ile elde edilmiştir. Optimum sonuçlar elde etmek için uygun şartlardaki 32 numune üzerinde deneysel çalışma yapılmıştır. Deneye tabi tutulan numunelerden elde edilen sonuçların ortalama değer alınarak hesaplar tamamlanmıştır.

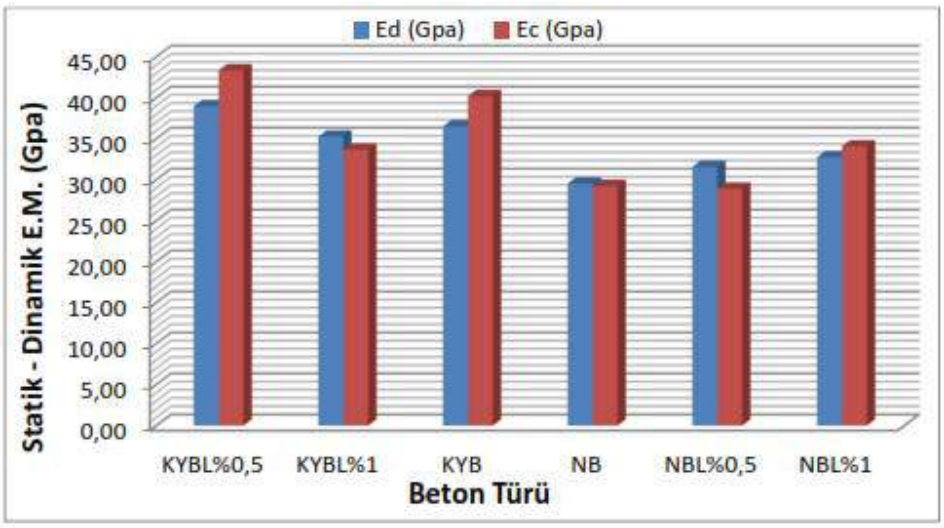
3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen her 50x50x50 mm küp karışım numunesinin 28 günlük basınç dayanımları 3000 kN kapasiteli test cihazında ASTM C39 standardında uygun olarak ölçülmüştür[7]. Statik elastisite modülünün tayini için yükleme hızı sabit tutulacak şekilde tek eksenli basınç presi kullanılmıştır. Dinamik elastisite modüllerinin tayini için ise 150x300 mm silindir beton numunesi alınarak bunun bir ucuna ultrases üreten bir verici prob diğer ucuna da ses dalgalarını toplayan bir alıcı yerleştirilmiştir. Alıcı prob tarafından toplanan ses dalgaları ile sesin malzeme içinde bir uçtan bir diğer uca ulaşması için geçen zaman bulunur ve ilgili formüller ile dinamik elastisite modülü hesaplanmıştır.

Tablo 2. Beton Türü ve Lif Oranına Bağlı Numunelerin Ortalama Dinamik-Statik Elastisite Modülleri

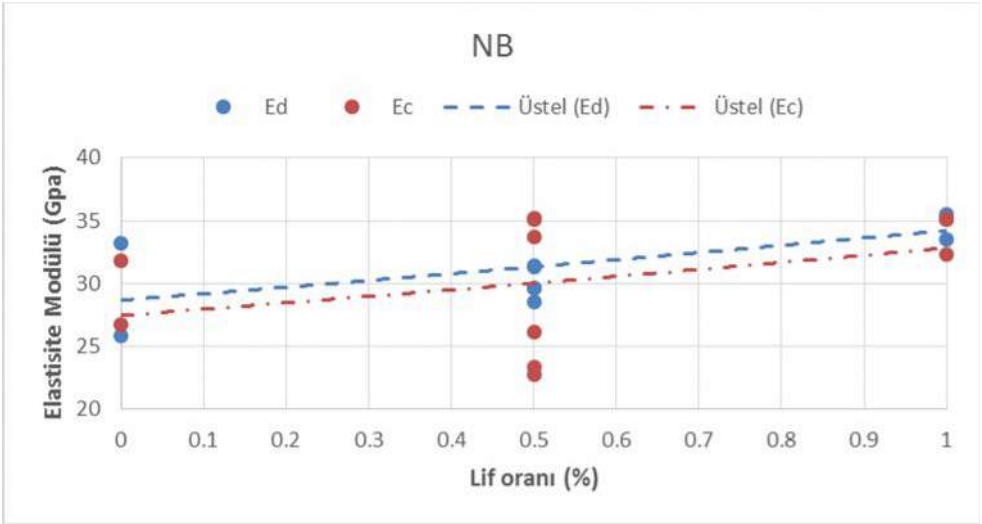
Beton Türü	Lif Oranı	Dinamik Elastisite Modülü (Ed)(Gpa)	Statik Elastisite Modülü (Ec)(Gpa)
KYB%0,5	%0,5	38,98	43,33
KYB%1	%1	35,27	33,67
KYB	Lifsiz	36,53	40,21
NB	Lifsiz	29,54	29,24
NBL%0,5	%0,5	31,57	28,91
NBL%1	%1	32,77	34,07

Beton türü ve lif oranın bağlı olarak statik-dinamik elastisite modülünün değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Grafiğin incelenmesinden NB'da lif oranına bağlı olarak elde edilen sonuçların %1 ile %5,74 oranlarında farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde KYB'de lif oranına bağlı olarak Statik-Dinamik elastisite modüllerinin arasındaki fark değişiminin %4,75 ile %10 arasında değiştiği görülmüştür. Bu sonuçlardan Statik Elastisite modülünün belirlenemediği durumlarda Statik Elastisite Modülü yerine Dinamik Elastisite Modülünün kabul edilebilecek bir doğrulukla kullanılabileceği anlaşılmıştır.

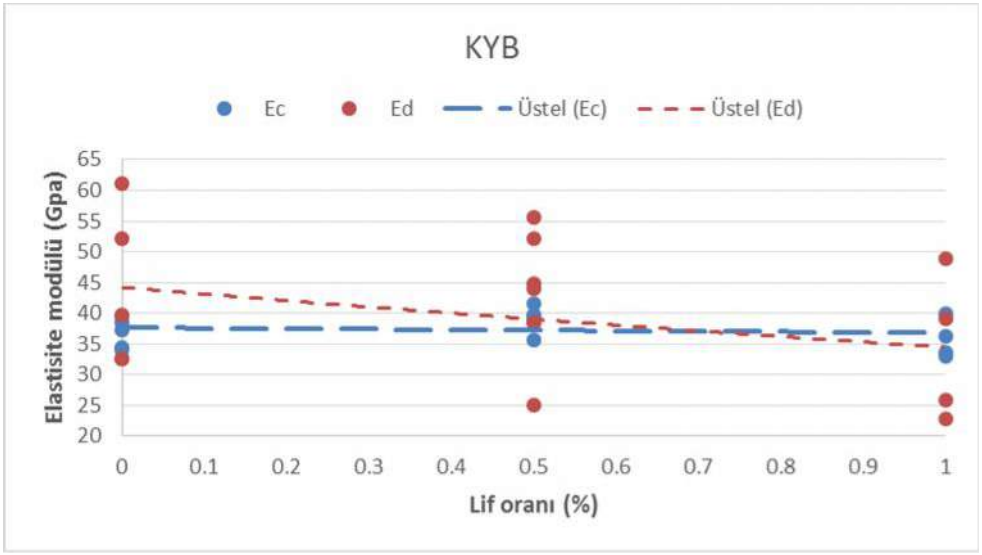


Şekil 2. Beton Türü ve Lif Oranına Bağlı Olarak Statik-Dinamik Elastisite Modülü Sonuçları

NB ve KYB'da lif oranının değişiminin statik ve dinamik elastisite modüllerine etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Literatürde daha önce yapılan çalışmalarda lif oranının beton karışımı içerisindeki oranının artmasını elastisite modülünü çok değiştirmediği bazen olumlu yönde artırırken, bazen de azalttığı vurgulanmıştır[8, 9]. Bu çalışmada da lif oranının artması KYB'da çok küçük de olsa elastisite modülünde bir azalmaya sebep olurken, NB'da bir artmaya neden olmuştur.



(a)



(b)

Şekil 3. (a) NB'da Lif Oranının Değişmesiyle Elastisite Modülünün Değişmesi
(b) KYB'da Lif Oranının Değişmesiyle Elastisite Modülün Değişmesi

4. Sonuç

Bu tez çalışması kapsamında, lifsiz ve farklı lif oranlarına sahip NB ve KYB numuneler üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde statik elastisite modülü (E_c) ve dinamik elastiste modülleri (E_d) belirlenmiştir. Beton karışımında lif oranın değişmesinin elastisite modülünde önemli bir değişiklik oluşturmadığı bazen küçük miktarda artma veya azalmaya sebep olduğu anlaşılmıştır. Bu sonucun ilgili literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Ultrason test cihazıyla elde edilen dinamik elastisite modülünün NB'de yaklaşık olarak %1–%6 arasında KYB'de ise %5–%10 arasında bir farkla statik elastisite modülüne yakın değerler verdiği belirlenmiştir. Bu sonuç karot alınarak deneyle static elastisite modülünün belirlenemediği durumlarda ultrases cihazıyla belirlenen dinamik elastisite modülünün hesaplarda kabul edilebilir bir doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.

5. Referanslar

[1] Kocataşkın, F. 1991. Betonun Dünü Bugünü Yarını, 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Beton, Kardeşler Matbaası, (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası) Sf. 23-42.

[2] Köksal, F. 2004. Çelik Tel Donatılı Betonların Mekanik Davranışı ve Optimum Tasarımı, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

[3] Topçu, İ. B., Boğa, A. R., 2005, "Uçucu Kül ve Çelik Liflerin Beton ve Beton Borularda Kullanımı", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak.Dergisi, Cilt XVIII, Sayı 2, 1-14.

[4] Shih, T.S., Lee, G.C., Chang, K.C., 1989. On Static Modulus of Elasticit y of Normal-Weight Concrete, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.9.

[5] Neville, A. M., 1996. Properties of Concrete, J. Wiley, New York.

[6] Komlos, K., Popovics, S., Nürnbergerova, T., Babal, B., Popovics, J.S., 1996. Ultrasonic Pulse Velocity Test of Concrete Properties as Specified in Various Standards, Cement and Concrete Composites, 18, 357-364

[7] ASTM C 469-02 Standard Test Method for static modulus of elasticit y and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

[8] Shah, P., Stroeven, P., Dalhuisen, D., Stekelenburg P. V., Complete Stress-Strain Curves for Steel Fiber Reinforced Concrete in Uniaxial Tension and Compression, Testing And Test Methods of Fibre Cement Composites, pp.399-408, The Construction Press, Lancaster, England, 1978.

[9] Fanella, D.A., Naaman, A.E., Stress-Strain Properties of Fiber Reinforced Concrete in Compression, ACI Materials Journal, 82(4), 475-483, 1985.

Mikrodalga Enerjisi Tabanlı Bir Yaklaşımla Karbon Nano-tüple Kaplanmış Hiyerarşik Yapıdaki Kompozitlerin Hazırlanması

Carbon Nanotube Covered Hierarchically Structured Composites' Preparation via Microwave Energy-based Approach

Selçuk POYRAZ[1]

[1]Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye

Özet

Zahmetsiz, sade ve basit buna rağmen oldukça verimli, hesaplı ve kısa süreli (30 s) mikrodalga enerjisi tabanlı bir ısıtma işlemi kullanılarak; yüzeyini çok duvarlı karbon nano-tüplerin ormanımsı bir tabaka halinde kapladığı karbon liflerinden oluşan hiyerarşik yapıdaki kompozitler ortam koşullarında tek adımda üretilmiştir. Üretilen bu kompozit yapıların morfolojik özellikleri, taramalı ve geçirimli elektron mikroskopları kullanılarak ve elementer analiz yardımıyla detaylıca test edilmiştir. Hem elde edilen kompozit malzeme özelliklerinin test sonuçları hem de bahsedilen bu işlemin çok yönlü ve kolaylıkla kontrol edilebilir sistematiği, yöntemin, yeni nesil ileri mühendislik uygulamalarında etkin olarak kullanılabilecek bu tip hiyerarşik yapıdaki kompozitlerin üretilmesindeki umut vaat eden başarısını kuvvetli bir biçimde desteklemektedir.

Anahtar kelimeler:

Mikrodalga enerjisi; karbon nano-tüp, karbon lifi, hiyerarşik yapılı kompozit.

Abstract

Through a facile, simple, yet efficient, affordable and ultrafast (30 s) microwave (MW) energy heating process, hierarchical composites made up of carbon fibers (CFs) decorated with multi-walled carbon nanotube (MWCNT) forest were produced at ambient conditions in one-step. Morphological features of the as-produced composites were characterized in details by using scanning and transmission electron microscopy (SEM, TEM) and the elemental analysis (EDX) techniques. Both the composite material characterization results and the versatile and easily controllable nature of the above mentioned process strongly support its promising success for the fabrication of such hierarchical composites that could be effectively used for the next generation advanced engineering applications.

Keywords:

Microwave energy; carbon nanotube; carbon fiber; hierarchically structured composite.

1. Introduction

Not only because of its excellent mechanical strength but also its thermal and electrical conductivity, light weight and high processability, CF and its products have been extensively utilized as a building material in various advanced engineering systems such as aerospace ships, communication satellites, planes, hybrid vehicles, wind turbine blades, sports equipment, prosthetic limbs and so on [1]. As an expected result of its unique fibrous structure, CF usually serves as a reinforcing component to enhance the multi-scale properties of the above mentioned bulk composite materials made up of both thermoset and thermoplastic polymers, metals and concrete, as well [2]. A great deal of research effort has been devoted to enhance the reinforcing performance of CFs, in order to; (i) reduce or even eliminate the problems that are often caused by phase separation and also shearing upon excessive and repeating stress, and (ii) to achieve strong, light-weight, durable and high performance composite materials that can be used for a wide variety of real-life engineering applications [3-5].

In recent years, CNT growth on CF surface has been proposed as a promising solution in order to address the needs and tackle the challenges in the above mentioned matters, since a nanostructured, 3D CNT forest surrounding the CF surface can both provide sufficient number of anchoring points and can significantly increase the effective specific surface area to reach a better adhesion performance between CFs and the bulk material matrix [6-8]. Moreover, with the addition of distinct mechanical, thermal, and electrical features of the CNTs into the structure, enhanced transverse and shear resistance can also be expected from the as-produced CNT/CF hierarchical composites, as a result of the intense interfacial interactions that exist between the as-grown CNT forest and CFs. In general, the CNT forest is grown on the CFs' surface by following either a bottom-up method such as chemical vapor deposition (CVD) or a top-down method such as lithography [9, 10]. Although these methods can provide highly precise and uniform products, they usually suffer from their complex production process and from their need of harsh process conditions, i.e. high vacuum, high temperature, high pressure and hazardous chemicals' use. Additionally, these methods' overall fabrication processes are not easily scalable and are very time consuming, as well. Thus, the as-obtained sample amounts are usually limited and this restricts the common uses of such methods for the applications at industrial level.

In order to eliminate these obstacles and to realize a practical application for the CNT/CF composites preparation, in this study, a well-established MW energy-assisted fabrication technique,

which can rapidly grow a homogenous MWCNT forest decoration on CFs surface, is proposed [11]. The as-prepared CNT/CF composites from this method offer promising and wide range application potential for various advanced engineering and scientific fields including fiber reinforced composites' preparation for wind energy harvesting, super-capacitance, microelectronics, telecommunication, transportation, sports equipment and medical applications.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

Plain weave CF fabric, acetone (JT Baker), toluene (JT Baker) and ferrocene (AlfaAesar) were all used as purchased without further purification, unless otherwise specified.

2.2 Pre-treatment and Preparation of CF Mesh Samples

Prior to the MW energy-assisted rapid CNT forest growth process, several 1" × 1" CF fabric samples were continuously heated in a conventional kitchen MW oven (Panasonic Inverter) at full power (1250 W) for 60 s, in order to; (i) remove the protective thin sizing layer, and (ii) to reveal as much reactive sites as possible on CFs' surface for the following process steps (Figure 1). Next, 0.2 M ferrocene solution was prepared by dissolving 0.11 moles of ferrocene in 550 mL of toluene, for the homogenous deposition of the carbon and catalyst source precursor chemical on the as-treated CF samples. After that, CF fabrics were individually soaked into this solution for 10 min under continuous gentle shaking. Eventually, all the samples were drip dried on a nylon string before the ultrafast MW heating process (Figure 2).

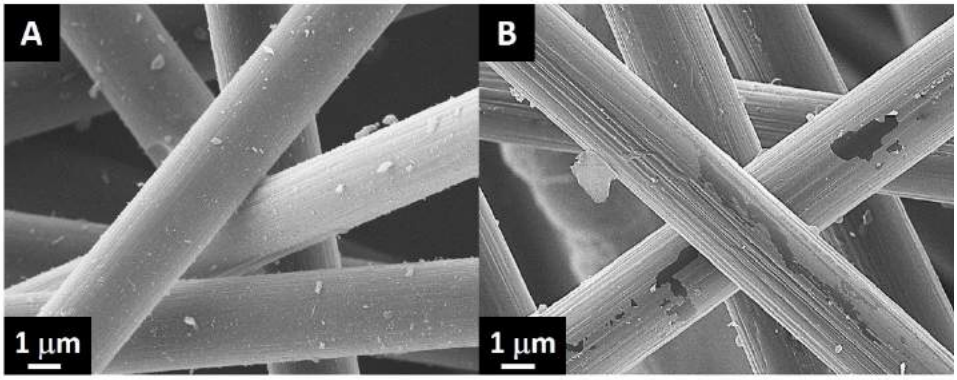


Figure 1. Scanning electron microscopy (SEM) images of CFs; A) before and B) after MW pre-treatment

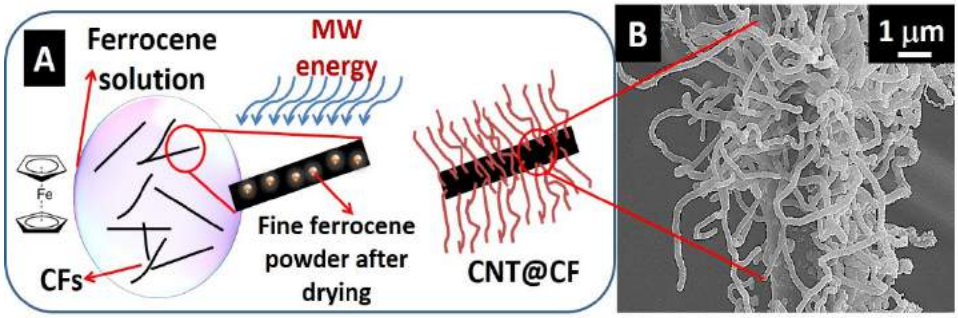


Figure 2. A) Schematic representation of the MW energy-assisted ultrafast CNT forest growth process on CFs, B) SEM image of a single CF covered by CNT forest on its surface

2.3 MW Energy-based CNT Forest Growth Process on CFs

The as-prepared CF fabric sample was tightened vertically between a pair of glass rods on a handmade PVC stand, and then it was placed on the glass MW tray. Here, the evenly deposited thin ferrocene layer was clearly observed on the CF fabric with an orange tint. The glass tray was then placed into the MW oven chamber. The CF fabric on the PVC stand was irradiated at the maximum power level,

while intensive reactions were observed inside, as indicated by the sparking flames and dense chemical vapor emission. After getting heated by MWs for 30 s, the CF fabric sample with the as-grown CNT forest decoration on its surface was taken out and then gently rinsed with acetone to remove any impurities and unreacted chemicals (Figure 3).

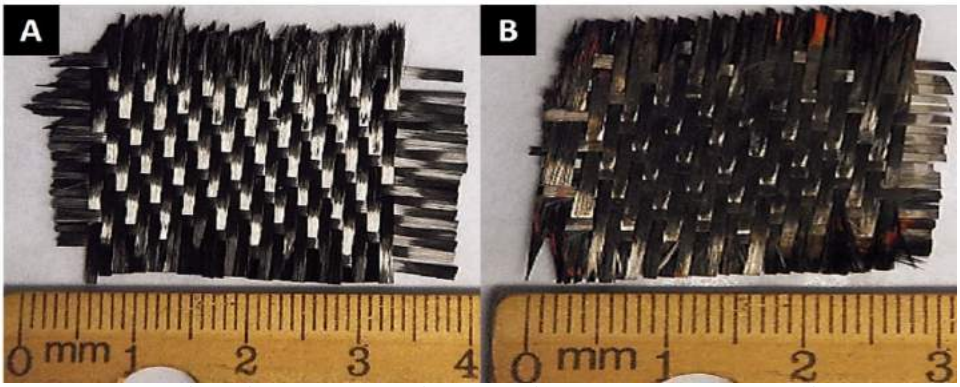


Figure 3. Digital images of a CF fabric sample; A) before and B) after the MW energy-based CNT forest growth process

2.4 Characterization of the as-prepared Composite Material

Morphological and elemental analyses of the as-obtained composite materials were done by using a JEOL JSM-7000F scanning electron microscope (SEM) equipped with an energy dispersive X-ray (EDX) detector. An EMS 550X auto sputter coating device was also utilized for surface Au sputter coating of composite samples, which were readily prepared on carbon tape mounted sample holders, prior to their analysis. The in-depth morphological property analysis of the as-prepared composites was performed on a JEOL 2100F transmission electron microscope (TEM), operated at 200 kV. Here, CF strands from the as-treated fabric sample were carefully removed and dispersed in ethyl alcohol by ultrasonication for 10 min. in order to separate the as-grown CNTs from the CFs. Next, droplets (~5µL) from the supernatant surface were collected with a pipette and then transferred onto a carbon coated copper Formvar grid and left to get dried at ambient conditions before TEM testing.

3. Results and Discussion

After the MW heating process, a dense CNT forest layer was intensively grown on the CF fabric surface and covered almost the entire fiber surface with a radially aligned and entangled assembly look, which is clearly exhibited in the SEM images shown in Figures 4A and 4B. At higher magnifications, the nano/micro interface between CNTs and CF can be clearly observed, as the dense CNT forest was grown perpendicularly from the CF surface (Figure 4C). The CNT forest's coverage on the CF fabric surface was high, since the growth was observed to span along the full fiber axis length. Both long-winding and short-rigid CNT types were grown in this forest, indicating the heterogeneous nature of the catalytic growth process induced by MWs [11]. Morphological property details of the as-obtained CNTs were also investigated, and their average diameter was calculated to be ~50 nm while their length could extend up to couple of microns (Figure 4D). The high aspect ratio of these CNTs thus provide an ultra-high surface area, which enables enhanced interfacial interactions and enable multi-scale functions for the composite, through the formation of new interfaces. In good agreement with the relevant previous literature results [12-14], the tip-growth mechanism was also effective on the current CNT forest's growth on CF fabric samples. The characteristic matchstick-like morphology, which is composed of hollow and multi-walled stem with oxidized iron nanoparticle (NP) tip, of the as-grown CNTs in this forest (Figure 4D) clearly indicates the effective tip-growth mechanism, as well.

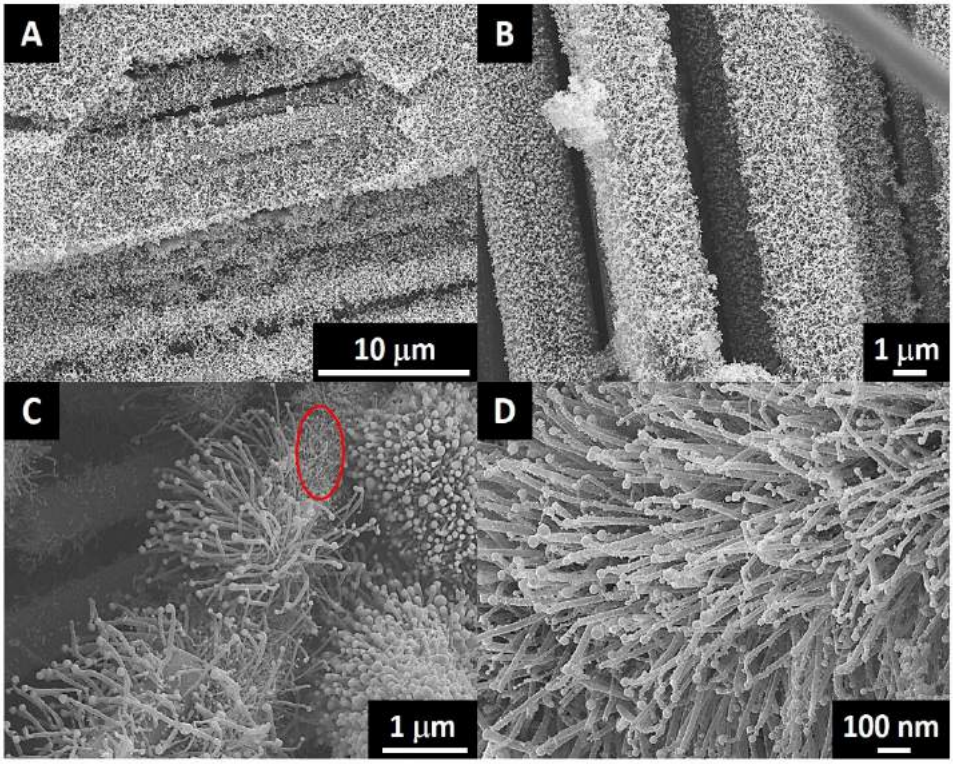


Figure 4. SEM images of; A B) hierarchically structured CNT/CF composites, C) CFs covered by the as grown CNT forest on their surfaces, D) zoomed in view of the marked area in Figure 4C

After proving the as-proposed MW-energy based ultrafast CNT growth technique's success on generating CNT/CF hierarchical composites via SEM characterization, the in-depth morphological and elemental features of these structures were further characterized by both TEM microscopy and EDX analysis. Collected results from these analyses are shown in Figure 5. The TEM image in Figure 5A provides more detailed information about the as-grown CNTs by showing their hollow stems that encapsulate catalyst iron NPs. This morphological structure was obtained during the tip-growth process, whose working mechanism would be explained along the following paragraphs. As it also can be seen from the TEM image in Figure 5C, a single ~25 nm × 5 nm iron catalyst NP was encapsulated within the as-grown MWCNTs' wall, which was made up of ultrathin graphene layers. The EDX analysis results of both the as-grown MWCNTs and the encapsulated catalyst iron NPs are shown in Figures 5B and 5D. These diffractograms provide more evidence for the presence of the as-grown MWCNTs and iron NPs that are made up of C and Fe elements, respectively. Also, there are two sharp peaks with Cu indicators in these diffractograms, both of which were caused by the copper grid used for the TEM imaging process as the sample holder.

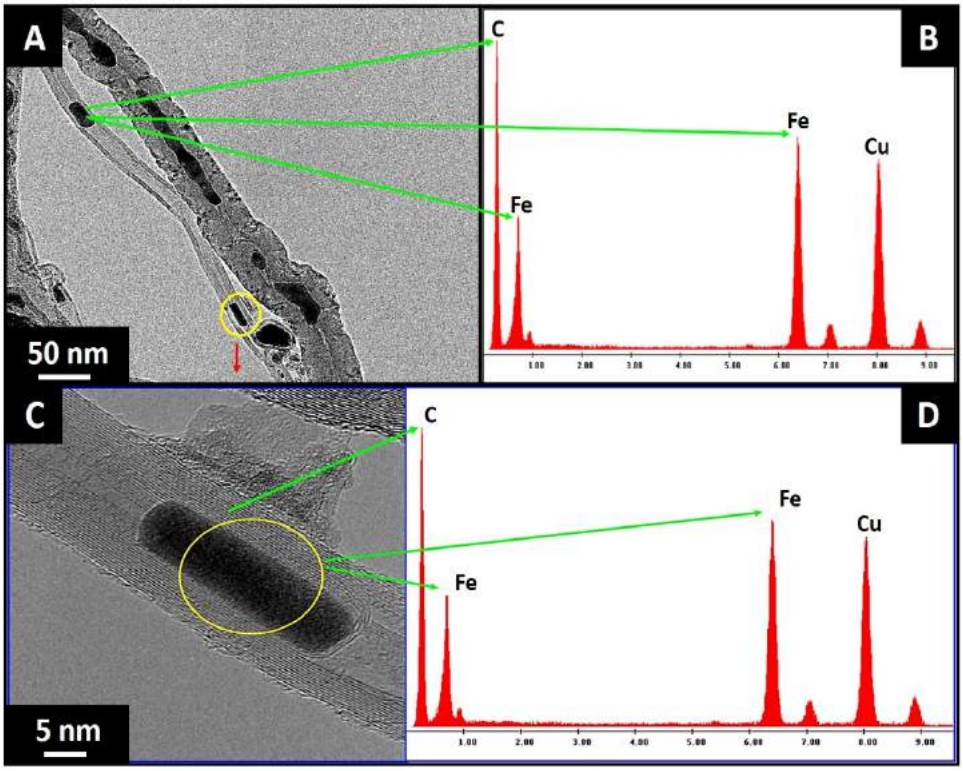


Figure 4. A) TEM image of the catalyst iron NPs encapsulated within the as-grown MWCNTs, B) the EDX diffractogram of the catalyst iron NP and the as-grown MWCNT, C) HR-TEM image of the marked area in Figure 5A, and D) the EDX diffractogram of the marked area in Figure 5C

It is thus revealed that the MW-energy assisted ultrafast heating technique was successful on generating CNT/CF nano-micro hierarchical composite structures with high yield and density and within a short period of time. It is strongly believed that the ultrafast CNT growth mechanism on the CF fabric sample surface majorly depends on the high reaction temperature between ferrocene particles and CFs upon MW irradiation. That is to say, as soon as absorbing the MW energy; (i) highly conducting CF fabric sample started sparking and arcing, (ii) then it's surface temperature was rapidly increased above 1000 °C, and (iii) this caused a large amount of heat release within a few seconds. As a result, the fine ferrocene particles on the sample fabric surface got decomposed into its iron and cyclopentadienyl ligands through an instant chain reaction, in gas form. At this point, the iron NPs served as catalysts while the cyclopentadienyl groups were realigned and served as the carbon source for the formation of MWCNTs, respectively [11-14]. After all, the dense CNT forest was grown on the CF fabric surface through this liquid-solid-vapor transition mechanism.

4. Conclusion

Hierarchical CNT/CF composites with aligned nano-micro interfacial structure were fabricated within seconds by applying MW irradiation. Homogenously grown CNT forest was obtained on the CF fabric surface with high yield, high aspect ratio, and high coverage density. The as-produced hierarchically structured CNT/CF composites offer promising potential for widespread advanced applications including medical applications, supercapacitors, transportation, and microelectronics and so on. The as-proposed highly efficient and cost-effective MW energy-assisted fabrication technique also secures the industrial scale production of relevant next generation composites, as well.

5. References

[1] Chand, S. 2000. Carbon fibers for composites. Journal of Materials Science. 35(6): 1303-1313.

[2] Chen, H., Roy, A., Baek, J. B., Zhu, L., Qu, J., Dai, L. 2010. Controlled growth and modification of vertically-aligned carbon nanotubes for multifunctional applications. Materials Science & Engineering R-Reports. 70: 63-91.

[3] Delamar, M., Desarmot, G., Fagebaume, O., Hitmi, R., Pinsonc, J., Saveant, J. M. 1997. Modification of carbon fiber surfaces by electrochemical reduction of aryl diazonium salts: Application to carbon epoxy composites. Carbon. 35(6): 801-807.

[4] Liu, Z., Wang, J., Kushvaha, V., Poyraz, S., Tippur, H., Park, S., Kim, M., Liu, Y., Bar, J., Chen, H., Zhang, X. Y. 2011. Poptube approach for ultrafast nanotube growth. Chemical Communications. 47: 9912-9914.

[5] Poyraz, S., Liu, Z., Liu, Y., Zhang, X. Y. 2013. Devulcanization of scrap ground tire rubber and successive carbon nanotube growth by microwave irradiation. Current Organic Chemistry. 17: 2243-2248.

[6] Poyraz, S., Zhang, L., Schroder, A., Zhang, X. Y. 2015. Ultrafast microwave welding/reinforcing approach at the interface of thermoplastic materials. ACS Applied Materials & Interfaces. 7: 22469-22477.

[7] Samsur, R., Rangari, V. K., Jeelani, S., Zhang, L., Cheng, Z. Y. 2013. Fabrication of carbon nanotubes grown woven carbon fiber/epoxy composites and their electrical and mechanical properties. Journal of Applied Physics. 113(21): 214903-214908.

[8] Thostenson, E., Ren, Z., Chou, T. 2001. Advances in the science and technology of carbon nanotubes and their composites: a review. Composites Science and Technology. 61(13): 1899-1912.

[9] Thostenson, E. T., Li, W. Z., Wang, D. Z., Ren, Z. F., Chou, T. W. 2002. Carbon nanotube/carbon fiber hybrid multiscale composites. Journal of Applied Physics. 91(9): 6034-6037.

[10] Xie, H., Poyraz, S., Thu, M., Liu, Y., Snyder, E. Y., Smith, J. W., Zhang, X. Y. 2014. Microwave-assisted fabrication of carbon nanotubes decorated polymeric nano-medical platforms for simultaneous drug delivery and magnetic resonance imaging. Rsc Advances. 4: 5649-5662.

[11] Xu, B., Wang, X., Lu, Y. 2006. Surface modification of polyacrylonitrile-based carbon fiber and its interaction with imide. Applied Surface Science. 253(5): 2695-2701.

[12] Yu, B., Jiang, Z., Tang, X. Z., Yue, C. Y., Yang, J. 2014. Enhanced interphase between epoxy matrix and carbon fiber with carbon nanotube-modified silane coating. Composites Science and Technology. 99: 131-140.

[13] Yuan, H., Wang, C., Zhang, S., Lin, X. 2012. Effect of surface modification on carbon fiber and its reinforced phenolic matrix composite. Applied Surface Science. 259: 288-293.

[14] Zhao, Z. G., Ci, L. J., Cheng, H. M., Bai, J. B. 2005. The growth of multi-walled carbon nanotubes with different morphologies on carbon fibers. Carbon. 43: 651-673.

Isparta ili için Güneş Radyasyonu Tahmin Modeli Geliştirilmesi

Solar Radiation Forecasting Model Development for Isparta

Ragıp YILDIRIM[1]
Tuğba KOVACI[2]
Arzu ŞENCAN ŞAHİN[2]
Erkan DİKMEN[2]

[1]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Özet

Her bölgeye özgü güneş ışınım verileri, güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin dizaynında önemli bir parametredir. Bu çalışmada Isparta ili için 2000-2016 yılları arası 17 yıllık meteorolojik veriler ile güneş radyasyonu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla gen expresyon programlama (GEP), farklı aylardaki rüzgar hızı, güneşlenme saati, sıcaklık, relatif nem gibi değişkenlerin uzun dönemdeki farklılıklarını girdi verisi olarak kullanarak aylık güneş radyasyonu tahmini için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, GEP modelin Isparta ilinde aylık ortalama güneş radyasyonu değerlerinin doğru olarak tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler:

Güneş radyasyonu; GEP; Isparta

Abstract

Each zone specific solar radiation data is an important parameter in the design of solar energy-driven systems. In this study, solar radiation was estimated with the 17-year meteorological data inter 2000-2016 for Isparta province. For this purpose, gene expression programming (GEP) was used to estimate the monthly solar radiation by using the long term differences of variables such as wind speed (V), sunshine hour (t), temperature (T), and relative humidity (RH) for the different months as input data. The results show that the GEP model can be used for accurate estimation of monthly solar radiation in Isparta province.

Keywords:

Solar radiation; GEP; Isparta

1. Giriş

Orta Anadolu'nun karasal iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş bölgesinde yer alan Isparta ilinde her iki iklim özellikleri de görülür. Toros Dağları'nın batısında bulunan Türkiye'nin önemli illerinden biri olan Isparta'nın büyük bir bölümü genel olarak III. zamanda ortaya çıkmış ve beyaz tebeşir taşlarından oluşmuş dik ve eğimli arazilerden oluşmaktadır. 8933 km²'lik bir alana ve yaklaşık 433.830'luk bir nüfusa sahiptir [1] .

Son teknolojik gelişmeler, küresel enerji kullanımını önemli ölçüde arttırmıştır. Fosil yakıtların azalan rezervleri ve küresel ısınma korkusu birçok ülkeyi temiz ve yeşil enerji kaynaklarını keşfetmeye yönlendirmiştir. Günümüzde güneş enerjisi, rahatlığı, kullanım kolaylığı ve güvenilirliği sayesinde en hızlı büyüyen yeşil enerji alternatifi olmuştur [2, 3] .

Özellikle bağımsız fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılması, ısıtma için solar kollektörlerin dizaynı, pasif solar cihazlar gibi belirli bir alandaki yenilebilir enerji uygulamaları, günlük toplam güneş radyasyonu hakkında eksiksiz ve ayrıntılı bilgi gerektirir [4, 5] . Bu bilgi düzenli olarak çalışan bir radyometrik ölçüm istasyonu ile sağlanabilmektedir. Güneş radyasyonu verilerini piranometreler, hücre referansları veya uydu ölçümleriyle ölçmek gibi farklı yöntemlerle toplanabilir. Bununla birlikte, dünyanın birçok bölgesinde bu ölçümler finansal, teknik veya kurumsal sınırlamalar nedeniyle kolayca elde edilemez [6] . Güneş enerjisi uygulamaları, güneş kaynaklarının makul ölçüde doğru tahminlerini gerektirir. Bununla birlikte, teknolojik uygulamanın türüne, büyüklüğüne ve genel maliyetine bağlı olarak, bu doğruluk gereksinimi oldukça fazla olabilir [7] . Güneş ışıması ölçümleri, büyük uzaysal dağılım ile veri sağlar. Daha kesin veriler (mekansal veya geçici) istediğimizde, onu modellememiz gerekir. Güneş ışınımını hesaplamak için, sadece yüzey verilerini ve Güneşin zirvesini gerektiren basit modüller, bazı programlar mevcuttur [8] .

Güneş radyasyonu için yapılan ilk çalışmalarda atmosferin üstündeki radyasyona dayalı varyasyon tahminlerini ve regresyon analizi ile güneş saatlerinin ölçümleri kullanılmıştır [9] . Swartman ve Ogunlade [10] güneş ışınım yoğunluğu tahmini için parlak güneşli saatlerin 12 saate oranı ve çevrenin nispi nemi arasında ampirik ilişkiler geliştirmişlerdir. Chuah ve Lee [11] aylık ortalama günlük küresel güneş radyasyonu seviyelerini tahmin etmek için Malezya'da farklı şehirler için 1961-1975 yılları arası güneş ışınım verilerinden yararlanarak güneş radyasyonu ve günışığı arasında basit doğrusal bir ilişki kullanmıştır. Günümüze kadar güneş radyasyonunun tahmini için yapılan çalışmalar farklı bölgeler için farklı analiz yöntemleriyle geliştirilerek devam etmiştir. Bailek, Bouchouicha [12] 2010-2015 arasında

Adrar bölgesi için güneş radyasyonunu tahminlerini doğrulamak için literatürdeki 10 modeli karşılaştırmıştır. Guermoui, Melgani [13] çalışmasında ağırlıklı Gauss süreci regresyonunu, Cezayir'de yarı kurak bir bölgede üç yıl boyunca (2013-2015) kaydedilen küresel ve doğrudan güneş radyasyonu verilerinin tahmininde kullanmıştır. Huang, Korolkiewicz [14] çalışmasında bir otoregresif (AR) modelini dinamik bir sistem modeli ile birleştirerek güneş radyasyonu tahmini modellemiştir, ayrıca güneş radyasyonu değerlerinin farkı ve zaman aşamasının gecikmesi için kullandığı düzeltme ile düzeltmesiz modellere kıyasla tahmin doğruluğunu % 30 oranında arttırmıştır.

Güneş ışınımının eğilimlerinin tahmin etmek kolay değildir ve özellikle güneşi engelleyen bulutların olduğu gibi hava koşullarının sürekli olarak değişimi bu tahmini daha da zorlaştırmaktadır. Günümüzde güneş ışınımını tahmin etmek için yapay sinir ağları, zaman serileri ve stokastik modeller gibi birçok değişik yaklaşım kullanılmaktadır. Bu çalışmada güneş ışınımının tahminini yapmak için gen expresyon modeli kullanılmıştır. Isparta için güneş ışınımı değerlerini (I) tahmin için, farklı aylardaki rüzgar hızı (V), güneşlenme saati (t), sıcaklık (T), relatif nem (RH) gibi değişkenlerin uzun dönemdeki farklılıkları girdi verisi olarak kullanılmıştır.

2. Veriler ve Modelleme

Bu çalışmada kullanılan meteorolojik veriler, 2000 ile 2016 yılları arasında Isparta meteoroloji istasyonundan (tam coğrafi konum 30°20've 31°33' doğu boylamları ve 37°18' ve 38°30' kuzey enlemleri) kaydedilen güneş radyasyon değerleridir. Bu çalışmada GEP algoritması için toplamda 910 örnek tanımlanmıştır. Model için kullanılan girdi ve çıktı verileri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. GEP modeli girdi ve çıktı değerleri

Girdi
Aylık ortalama sıcaklık (T), °C
Aylık ortalama rüzgar hızı (V), m/s
Aylık ortalama relatif nem (RH), %
Güneşlenme süresi (t), saat
Ay* (1-12 arası değer alacaktır)
Çıktı
Ortalama toplam güneş radyasyonu (I), cal/cm^2

*Ocak ayı için 1 ve Aralık ayı için 12 değeri olacak şekilde sırayla aylar numaralandırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan gen expresyon programlama (GEP), ağaç yapılı algoritmalar ve expresyonlar üreterek otomatik olarak uç ve düğümlerden oluşan, geleneksel genetik programlamanın ağaç-tabanlı bir versiyonudur [15] . GEP, kromozomların dilini expression ağaçlarının (ETs) diline çeviren bir sistem içerir. Kromozomlar, fonksiyonların rastgele kombinasyonundan oluşur. Genler,. +, -, *, / gibi bağlanma fonksiyonu ile birbirine bağlanacak bir alt ET'yi belirtir [16-19] .

Bu çalışmada GEP modeli kullanılarak elde edilen matematiksel model, güneş radyasyonunu tahmin etmek için doğrusal olmayan denklem olarak sunulmuştur. Deneme ve hata yaklaşımına göre farklı modeller geliştirilmiş ve aralarından basit ve en uygun GEP modeli seçilmiştir.

GEP korelasyonlarının tahmin performansını ölçmek için bazı değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Farklı GEP modellerinin uygulanmasıyla elde edilen değerler, korelasyon katsayısı (R^2) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri ile analiz edilmiştir.

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}\right]^2$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{x_i-y_i}{x_i}\right| * 100\right)$$

x_i ve y_i, sırasıyla ölçülen ve tahmin edilen değerleri göstermektedir. $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ sırasıyla ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarını göstermektedir. n değeri ise toplam veri sayısını ifade etmektedir.

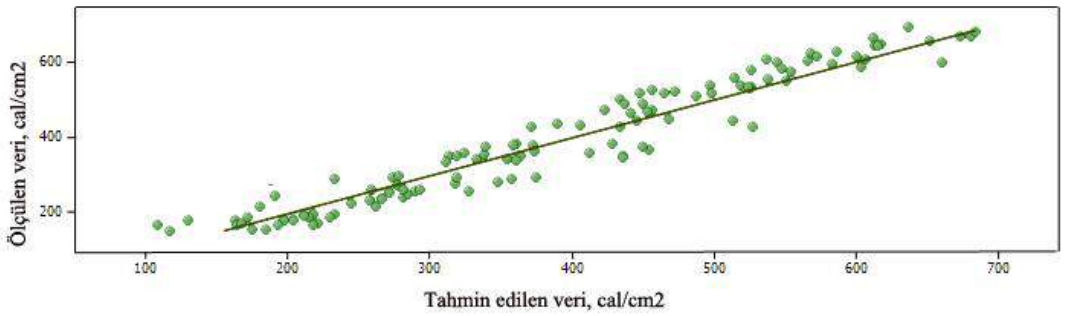
3. Sonuç

Bu çalışmada Isparta ili güneş ışınımı değerlerini tahmin etmek için geliştirilmiş bir GEP modeli önerilmiştir. GEP modelinin hassasiyeti ve etkinliği için, deneme ve hata yaklaşımına dayanan farklı modeller geliştirilmiştir. Modeller içinde doğruluğa en yakın ve basitliği en yüksek olan seçilmiştir. Aylık ortalama toplam güneş radyasyonu (I), cal/cm^2 olarak Eşitlik 3 ile tahmin edilebilir.

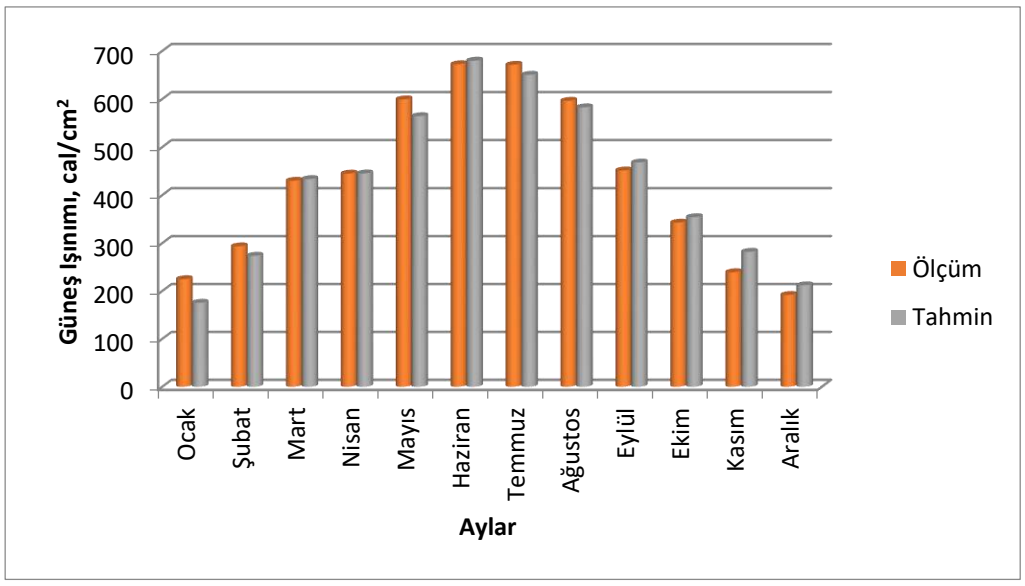
$$I = \frac{13.5\ \mathrm{RH}}{2\,V(3.34+M)} + \left(\frac{1}{M-0.77} - 10.19\right)(-3.21\,t - V - T) + \left[\frac{1}{t^2} - (7.02M - 6.91V)\right]T$$

Burada T, aylık ortalama sıcaklığı (°C); V, aylık ortalama rüzgar hızını (m/s); RH, aylık ortalama relatif nemi (%), t, toplam güneşlenme süresini (saat); M, ayı (0 ile 12 arası değer alacaktır) göstermektedir.

Modellerin doğruluğunu belirlemek amacıyla, model R^2 ve MAPE olmak üzere iki istatistiksel ölçümle analiz edilmiştir. Aşırı fazla sapmanın tespit edilmediği ve hata değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gözlemlenmiştir. Güneş radyasyonu modeli için korelasyon katsayısı (R^2) 0.98 ve ortalama mutlak yüzde hata değeri (MAPE) 10.84 olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de, tahmin edilen ve ölçülen güneş radyasyonu değerlerinin karşılaştırması görülmektedir.



Şekil 1. Tahmin edilen ve ölçülen güneş radyasyonunun karşılaştırılması



Şekil 2. Isparta ili için aylara göre ölçülen ve tahmin edilen güneş ışınımı verileri

Bu makalede elde edilen sonuçlar, GEP modelinin uzun vadeli tahmin hedefinde kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Şekil 2'de 2008 yılı için Isparta ilindeki meteorolojiden elde edilen toplam güneş radyasyonu ile GEP ile belirlenen modelden elde edilen verilerin aylara göre değişimi karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Isparta genel olarak en fazla güneşi Temmuz aylarında ve en az güneşi ise Aralık ayında almaktadır. Meteorolojik verilere göre 2000-2016 yılları arası Temmuz ve Aralık aylarındaki güneş radyasyonu ortalamaları sırasıyla, 612 ve 177 cal/cm^2 olarak ölçülmüştür.

Tablo 2.Örnek 12 aylık meteorolojik girdi verileri ile güneş radyasyonu ölçüm ve tahmin değerleri

Yıl	Ay	Aylık Ortalama Sıcaklık	Aylık Ortalama Rüzgar Hızı	Aylık Ortalama Relatif Nem	Güneşlenme Süresi	Ölçülen Toplam Güneş Radyasyonu	GEP model ile Tahmin Edilen Toplam Güneş Radyasyonu
		°C	m/s	%	saat	cal/cm^2	cal/cm^2
2008	Ocak	-0.1	1.8	64.6	6.04	224.7	175.3694
2008	Şubat	1.3	1.8	65.3	6.29	293.2	273.5351
2008	Mart	8.9	3.2	64.1	5.56	349.2	433.4357
2008	Nisan	12.5	2.3	57.9	6.06	444.7	445.0214
2008	Mayıs	15.9	2.1	49.2	8.86	599.3	564.3131
2008	Haziran	22.3	2.4	39.9	9.98	672.4	679.8544
2008	Temmuz	25.1	2	35.3	10.85	671.3	650.4033
2008	Ağustos	25.7	1.8	38.3	10.36	596.2	582.6734
2008	Eylül	19.7	1.8	53.4	8.69	451.4	467.7939
2008	Ekim	12.6	1.6	67.8	7.53	342.7	354.1231
2008	Kasım	8.8	1.6	72.7	6.23	239.2	281.7969
2008	Aralık	3.7	1.9	69.2	4.81	191.7	211.8568

Tablo 2'de 2008 yılının Ocak ve Aralık aylarındaki ölçülen toplam güneş radyasyonu ve GEP modeli ile tahmin edilen toplam güneş radyasyonu verileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, GEP modeli ile elde edilen matematiksel formülasyonun, Isparta ilinde güneş radyasyonu değerlerini doğru olarak tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Gelecekte, farklı zaman ölçekleri ve farklı yerler için güneş radyasyonu değerleri, önerilen model kullanılarak tespit edilebilir.

4. Referanslar

[1] Isparta İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. 2018; Available from: http://www.ispartakulturturizm.gov.tr.
[2] Kuo, P.H. and C.J. Huang. 2018. A green energy application in energy management systems by an artificial ıntelligence-based solar radiation forecasting model. Energies. 11(4): 819.
[3] Rao K, D.V.S.K., M. Premalatha, and C. Naveen. 2018. Analysis of different combinations of meteorological parameters in predicting the horizontal global solar radiation with ANN approach: A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 91: 248-258.
[4] Mellit, A., M. Benghanem, and S.A. Kalogirou. 2006. An adaptive wavelet-network model for forecasting daily total solar-radiation. Applied Energy. 83(7): 705-722.
[5] Sfetsos, A. and A.H. Coonıck. 2000. Unıvariate and multivariate forecasting of hourly solar radiation with artificial intelligence techniques. Solar Energy. 68(2): 169–178.
[6] Benmouiza, K. and A. Cheknane. 2018. Clustered ANFIS network using fuzzy c-means, subtractive clustering, and grid partitioning for hourly solar radiation forecasting. Theoretical and Applied Climatology.
[7] Ruiz-Arias, J.A. and C.A. Gueymard. 2018. Worldwide inter-comparison of clear-sky solar radiation models: Consensus-based review

of direct and global irradiance components simulated at the earth surface. Solar Energy. 168: 10-29.
[8] Zakšek, K., T. Podobnikar, and K. Oštir. 2005. Solar radiation modelling. Computers & Geosciences. 31(2): 233-240.
[9] Engel-Cox, J.A., N.L. Nair, and J.L. Ford. 2012. Evaluation of solar and meteorological data relevant to solar energy technology performance in Malaysia. Journal of Sustainable Energy & Environment 3:115-124.
[10] Swartman, R.K. and O. Ogunlade. 1967. Solar radiation estimates from common parameters. Solar Energy. 11(3-4): 170-172.
[11] Chuah, D.G.S. and S.L. Lee. 1981. Solar radiation estimates in Malaysia. Solar Energy. 26: 33-40.
[12] Bailek, N., et al. 2018. A new empirical model for forecasting the diffuse solar radiation over sahara in the algerian Big South. Renewable Energy. 117: 530-537.
[13] Guermoui, M., F. Melgani, and C. Danilo. 2018. Multi-step ahead forecasting of daily global and direct solar radiation: A review and case study of Ghardaia Region. Journal of Cleaner Production. 201: 716-734.
[14] Huang, J., et al. 2013. Forecasting solar radiation on an hourly time scale using a coupled autoregressive and dynamical system (CARDS) model. Solar Energy. 87: 136-149.
[15] Şarlak, N. and A. Güven. 2016. Global güneş radyasyon tahmini: Gaziantep uygulaması. İMO Teknik Dergi. 7561-7568.
[16] Ferreira, C. 2001. Gene Expression Programming: A New Adaptive Algorithm for Solving Problems. Complex Systems. 13(2): 87-129.
[17] Harasami, F., et al. 2017. Investigating the effect of previous time on modeling stage–discharge curve at hydrometric stations using GEP and NN models. ISH Journal of Hydraulic Engineering. 1-8.
[18] Kaboli, S.H.A., et al. 2017. Long-term electrical energy consumption formulating and forecasting via optimized gene expression programming. Energy. 126: 144-164.
[19] Hoseinian, F.S., et al. 2017. Semi-autogenous mill power model development using gene expression programming. Powder Technology. 308: 61-69.

R134a ve Alternatifi R513a Akışkanıyla Çalışan Buhar Sıkıştırmalı Bir Soğutma Sisteminin Karşılaştırmalı Termodinamik Analizi

Comparative Thermodynamic Analysis of Vapor Compression Cooling System by Using R134a and Alternative R513a Refrigerants

Ragıp YILDIRIM[1]
Abdullah YILDIZ[2]
Arzu ŞENCAN ŞAHİN[3]
Erkan DİKMEN[3]

[1]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye
[3]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, GWP oranı düşük yeni nesil soğutucu akışkan olan R513a'nın kullanıldığı tek kademeli bir buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin termodinamik analizi yapılmıştır. R513a soğutucu akışkanı, R134a soğutucu akışkanına alternatif bir akışkandır. Bu çalışmada, R513a ve R134a soğutucu akışkanların COP verimleri aynı çalışma şartlarında karşılaştırılmıştır. Termodinamik analizlerde R134a ve R513a ile çalışan soğutma sistemin COP değerleri benzer olduğu görülmüştür. Bu nedenle, R513a soğutucu akışkanı düşük GWP oranı nedeniyle R134a soğutucu akışkan yerine kullanılabilir.

Anahtar kelimeler:

Soğutma, R134a, R513a, COP

Abstract

In this study, a thermodynamic analysis of a single stage vapor compression refrigeration system using R513a, a new generation refrigerant with a low GWP ratio, was performed. The R513a refrigerant is an alternative choice to the R134a refrigerant. Within this study, the COP efficiencies of refrigerants R513a and R134a were as compared under the similar operating conditions. In the thermodynamic analyzes, the COP values of the cooling system utilizing R134a and R513a were found to be similar. For this reason, R513a refrigerant can be employed instead of R134a refrigerant owing to it is low GWP ratio.

Keywords:

Refrigeration, R134a, R513a, COP

1. Giriş

İnsanlar günlük yaşamlarında ihtiyaç ve konforlarını sağlamak için ısıtma ve soğutma işlemlerine ihtiyaç duyarlar. Isıtma ve soğutma esnasında Dünya çapında harcanan enerji azımsanmayacak kadar çoktur. Enerji günlük hayatımızı kolaylaştırdığı yadsınamaz bir gerçektir. Ancak enerji kaynaklarını üretimi ve tüketiminden Dünyamız geri dönüşümü olmayan hasarlara uğramaktadır. Isıtma ve soğutma uygulamalarında kompresörlü buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi sıklıkla kullanılmaktadır. Isı pompası ve soğutma makinesi buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimine göre çalışır. Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde belirli bir miktar soğutucu akışkan kullanılır. Bu soğutucu akışkanlar çevre kirliliğinin yanı sıra ozon tabakasını delmekte ve küresel ısınmaya neden olmaktadır.

Hidroflorokarbonların (HFC) aşamalı olarak kullanımın azaltılması Dünya yüzey sıcaklığının tahmin edilen artışının azaltılmasında önemli bir önceliktir. Birçok iklimlendirme ve soğutma uygulamalarında kullanılan HFC'ler yüksek küresel ısınma potansiyelleri (GWP) yüzünden yasaklanmaktadır. 1300 GWP oranına sahip R134a gazı, Avrupa ülkelerinde ev tipi buzdolapları ve dondurucular, süpermarket çoklu paketleme sistemleri ve mobil klimalar gibi uygulamalarda kullanımı sonlandırılmaktadır[1].

Montreal protokolü ve Kyoto protokolü gibi çevreyi koruma faaliyetleri sayesinde çevre kirliliğine neden, ozon tabakasına zarar veren ve küresel ısınmaya sebep olan soğutucu akışkanların kullanımı azaltılmaktadır [2-3]. Türkiye'de 2010 yılından itibaren CFC ve HCFC soğutucu akışkanların kullanımı yasaklanmıştır. HCF'lerin ise 2030 yılına kadar kullanımına müsaade edilmektedir [3]. R11, R12, R22 vb. gibi freon gazlar ozon tabasına olumsuz etkileri ve küresel ısınmaya neden oldukları için zaman içerisinde yerlerini GWP oranı düşük alternatif soğutucu akışkanlara bırakmaktadırlar.

Küresel ısınmanın olumsuz sonuçları karşısında çözüm önerileri yapmak için doğal soğutucu akışkanların (karbon dioksit ve hidrokarbonlar gibi) ve diğer sentetik soğutucu akışkanların HCFC ve HFC'lerin yerine kullanılması için araştırılmalar yapılmaktadır [4-5].

R1234yf ve R1234ze(E) soğutucu akışkanlar R134a'nın yerine geliştirilen ilk GWP oranı düşük sentetik soğutucu akışkanlardır. HFO soğutucular gurubunda yer alan R1234yf ve R1234ze(E) soğutucu akışkanlar GWP oranları 1'den az olup düşüp yanıcılık özelliğine sahiptirler [6-7]. Yapılan çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarda bu akışkanların avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. R1234yf soğutucu akışkanın soğutma iklimlendirme sistemlerinin enerji performansını iyileştirmemekte [8] ve R1234ze(E) soğutucu akışkanın soğutma sisteminde kullanımın sistemde büyük değişiklikler hatta yeni ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır [9].

Saf HFO akışkanların dezavantajlarını ortadan kaldırmak için HFO ve HFC karışımından oluşan daha düşük GWP oranına sahip R450a ve R513a gibi yeni nesil soğutucu akışkanlar geliştirilmiştir. R450a ve R513a, R134a'nın sırasıyla R1234ze (E) ve R1234yf ile karıştırılmasıyla elde edilir. Bu akışkanlar düşük toksit ve yanıcı olmayan özelliklere sahiptir. Bu yüzden iklimlendirme ve soğutma uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilir. Bu akışkanların yakın zamanda geliştirilmesinden dolayı literatürde bu akışkanlarla ilgili çalışma sınırlı sayıdadır. Ayrıca literatürde bulunan çalışmalarda soğutma sisteminin ve bileşenlerinin termodinamik analizi ile ilgili detaylı çalışma saf HFO akışkanlarına göre çok azdır [10-14] .

R513a soğutucu akışkanı R134a/R1234yf'nin kütlesel olarak yüzde 44/56 oranında karıştırılmasından oluşur. R513a soğutucu akışkan azeotropik bir karışımdır. Ozon delme potansiyeli sıfırdır ve küresel ısınma potansiyeli R134a'nın yarısı kadardır(GWP= 573). Bu özellikleri sayesinde Montreal Protokolü'ndeki limitleri karşılamaktadır. R513a soğutucu akışkan R134a'ya benzer şekilde ASHRAE tarafından toksik olmayan ve yanmayan akışkan (A1) gurubunda sınıflandırılmıştır. R134a ve R513a'nın genel özellikleri Tablo 1'de görülmektedir [9].

Tablo 1. R134a ve R513a'nın genel özellikleri

Soğutucu akışkan	**R134a**	**R513a**
Bileşim	Saf	R134a/R1234yf 44/56
ODP	0	0
GWP	1300	573
Kritik sıcaklık [°C]	101.1	97.7
Kritik basınç [kPa]	4059.3	3855.3
Kaynama Noktası[°C]	-24.6	-29.9
Sıvı yoğunluğu*[kg/m3]	1295.3	1222.4
Buhar yoğunluğu*[kg/m3]	14.35	17.14
Sıvı Cp* [kJ/kg °C]	1.341	1.313
Buhar Cp* [kJ/kg °C]	0.897	0.920
Sıvı ısı iletim katsayısı*[W/m °C]	92.08	79.26
Sıvı ısı iletim katsayısı*[W/m °C]	11.50	11.72
Sıvı viskozite*[Pa s]	267	227.5
Buhar viskozite*[Pa s]	10.7	10.5
*0 °C'de		

Düşük GWP oranına sahip soğutucu akışkanlar soğutma sistemlerinin iklim değişikliği üzerindeki etkisini azaltmak için gereklidir. HFO/HFC karışımlarının soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde HFC'lerin yerini aldığı düşünülmektedir. Buna rağmen, bu akışkanların davranışları hakkında çok az veri literatürde mevcuttur.

Mota-Babiloni (2017) vd., yaptıkları deneysel çalışmada R134a (GWP=1300) ve R513a (GWP=5173) soğutucu akışkanını orta evaporatör sıcaklığına sahip soğutma sistemleri için incelemişlerdir. Soğutucu akışkanlar arasında deneysel karşılaştırmayı yapabilmek için her iki soğutucu akışkan aynı evaporatör sıcaklığı (-15 ile 12.5oC) ve aynı kondenser sıcaklıklarında (25 oC ile 35 oC) test etmişlerdir. R513a'nın R134'dan daha iyi performans ve daha yüksek soğutma kapasitesine sahip olduğunu açıklamışlardır [11].

Llopis (2017) vd., yaptıkları deneysel çalışmada R134a soğutucu yerine yeni nesil soğutucu akışkan olan R513a ve R450a'nın soğutma sisteminde kullanılmasını incelemişlerdir. Deneylerinde soğutma sisteminde ürün sıcaklığı 2oC olup kondensere giren soğutma suyunun sıcaklığı 23.3°C, 32.8°C ve 43.6 °C'dir. Deneysel sonuçların değerlendirilmesi 24 saatlik enerji tüketimine göre yapmışlardır. Deneysel sonuçlar R513a ve R450a'nın R134a soğutucu akışkan sistem ekipmanları ile çalışabileceğini göstermiştir. R513a ve R450a soğutucu akışkanların kullanılması durumunda çok düşük bir miktarda enerji tüketiminde bir atış olsa da emisyonların doğrudan düşmesinde önemli ölçüde rol oynadıklarını belirtmişlerdir [13].

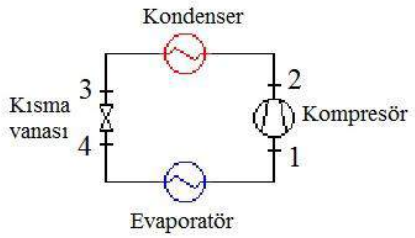
Mota-Babiloni (2018) vd., küçük kapasiteli soğutma sisteminde R134a soğutucu akışkan yerine yeni nesil soğutucu akışkan olan R513a'nın kullanımının deneysel ekserji analizini yapmışlardır. Deneyler evaporatörsıcaklığı -15 °C ile 5 °C arasında kondenser sıcaklığı 30 °C ile 35 °C arasında yapılmıştır. Yaptıkları analizler sonucunda en yüksek ekserji kaybı kompresörde daha sonra evaporatörde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca

R513a'nın ekserji verimi R134a'ya göre %0.4 daha yüksek olduğunu, sadece kondenser veriminde çok az bir azalma olduğunu açıklamışlardır. Sonuç olarak R513a'nın termodinamiğin ikinci yasasına göre R134a'nın yerine kullanılabilir olduğunu belirtmişler [15].

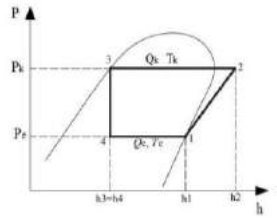
Bu çalışmada, GWP oranı düşük yeni nesil soğutucu akışkan olan R513a'nın kullanıldığı bir soğutma sistemi teorik olarak incelenmiştir. Yeni nesil soğutucu akışkanın enerji performansı, R134a soğutucu akışkanın enerji performansı ile karşılaştırılmıştır.

2. Tek Kademeli Buhar Sıkıştırmalı Soğutma Sistemi

Isı transferi sıcaklığı yüksek bir ortamdan sıcaklığı düşük bir ortama kendiliğinden gerçekleşir. Ancak sıcaklığı düşük bir ortamdan sıcaklığı yüksek bir ortama ısı transferi kendiliğinden gerçeklemez. Bunun için ısı pompasına veya soğutma makinesine ihtiyaç vardır. Isı pompası ve soğutma makinesi buhar sıkıştırmalı soğutma çevrine göre çalışır. Ancak kullanım amaçları farklıdır. Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar olarak girer. Kompresörde basıncı ve sıcaklığı arttırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde kondenser bölgesine geçer. Kondenserde ısısını atan soğutucu akışkan yoğuşur ve doymuş sıvı haline gelir. Doymuş sıvı haline gelen basıncı ve sıcaklığı yüksek soğutucu akışkan genleşme vanası sayesinde basıncı ve sıcaklığı düşürülür ıslak buhar halinde evaporatöre geçer. Evaporatörde ortamdan ısı çekerek buhar haline gelir ve tekrar kompresöre gönderilir. Bu çevrim sürekli tekrar eder. Buhar sıkıştırmalı sisteme ait Şematik görünüm ve P-h diaygaramısırasıyla Şekil 1 ve şekil 2'de görülmektedir [16].



Şekil 1. Tek kademeli soğutma sistemi şematik gösterimi



Şekil 2. Buhar sıkıştırmalı sistemin P-h diyagramı

Bu çalışmada, 1kW soğutma gücüne sahip tek kademeli soğutma sistemi kullanılmıştır. Soğutma sistemi için yapılan kabuller aşağıdaki gibidir:

- Kompresör izantropik verimi : %85
- Kondenser sıcaklık aralığı(T_k): 298 K- 323 K
- Evaporatör sıcaklık aralığı(T_e):243 K- 283 K
- Borularda basınç kayıpları yoktur.
- Sistemin Bütün elemanları sürekli açık akışlı olarak incelenmiştir.

2.1. Enerji analizi

Tek kademeli buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimin enerji analizi termodinamiğin 1. Yasasına göre yapılmıştır.Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde bulunan tüm elemanlar sürekli akışlı olduklarından, bu elemanlardan oluşan çevrim de sürekli akış olarak ele alınabilir. Soğutucu akışkanın kinetik ve potansiyel enerjisi yapılan iş ve ısıya göre çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Böylece birim kütle için sürekli akışlı enerji denklemi eşitlik 1'deki gibi yazılabilir [16-17].

$$q - w = \Delta h \quad (1)$$

Kompresör adyabatik olarak (q=0) dışardan iş almaktadır. Böylece kompresörün harcadığı enerji eşitlik 2'den hesaplanır [16-17].

$$\dot{W}_k = \dot{m}\,(h_2 - h_1) \quad (2)$$

Burada, $\dot{m}$ soğutucu akışkan debisi, h1 ve h2 sırasıyla soğutucu akışkanın kompresör giriş ve çıkış entalpi değerleridir. Evaporatörde ve kondenserde iş etkileşimi (w=0) yoktur. Böylece Evaporatörde çekilen enerji ($\dot{Q}_e$) ve kondenserde atılan enerji ($\dot{Q}_k$) sırasıyla eşitlik 3 ve eşitlik 4'ten hesaplanır [16-17].

$$\dot{Q}_e = \dot{m}\,(h_1 - h_4) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_k = \dot{m}\,(h_2 - h_3) \quad (4)$$

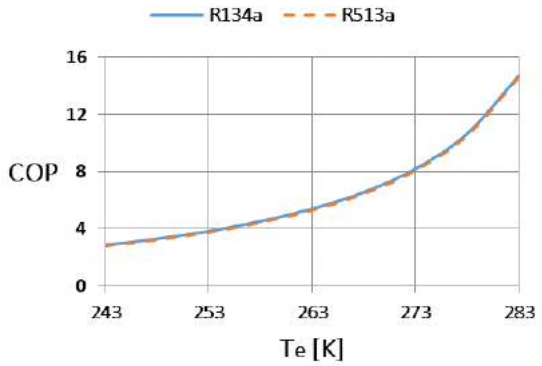
Burada h_4 evaporatör giriş entralpisi, h3kondenser çıkışı entalpi değerini göstermektedir.Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimine göre çalışan soğutma makinesinin (COPSM) etkinlik kat sayısı Eşitlik 5'te verilmiştir [16].

$$COP_{SM} = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_{komp}} \quad (5)$$

3. Araştırma Bulguları ve Sonuç

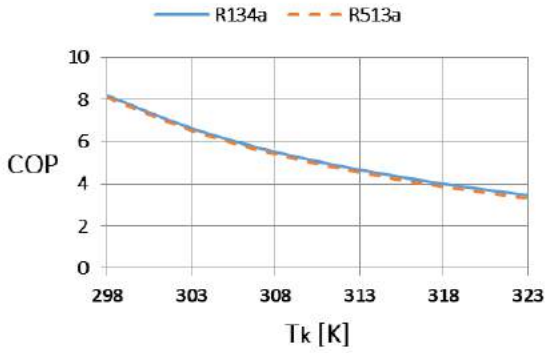
Bu çalışmada R134a soğutkanına alternatif olarak kullanılan R513a soğutkanıyla çalışan tek kademeli buhar sıkıştırmalı bir soğutma sisteminin COP değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. R513a ve R134a soğutucu akışkanları için farklı evaporatör ve kondenser sıcaklıklarında COP değerleri incelenmiştir.

Şekil 3'te evaporatör sıcaklığına bağlı sistemin COP değerleri görülmektedir. R134a ve onun alternatifi olan R513a soğutucu akışkanıyla çalışan sistemde evaporatör sıcaklığı arttıkça COP değerleri de artmaktadır. Kondenser sıcaklığı 298 K ve evaporatör sıcaklığı 273 K iken R134a ve R513a'nın COP değerleri sırasıyla 8.21 ve 8.08'dir. R134a ve R513a ile çalışan sistemlerin COP değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.



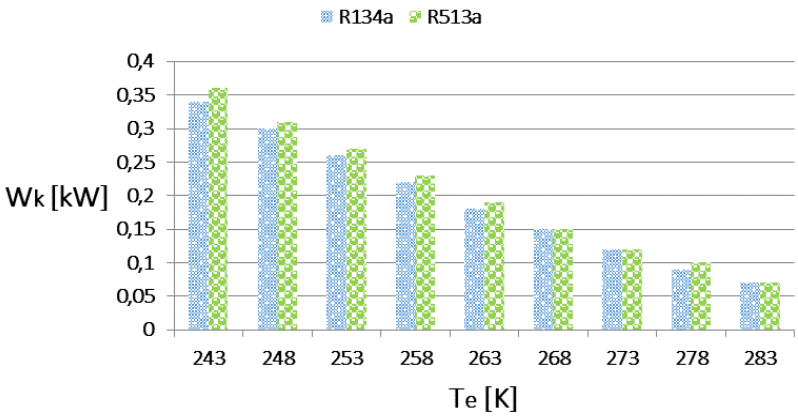
Şekil 3. Evaporatör sıcaklığıyla sistemin COP değerlerinin değişimi (Tk =298 K)

Şekil 4'te her iki soğutucu akışkanla çalışan sistemde kondenser sıcaklığına bağlı olarak sistemin COP değerlerinin değişimi görülmektedir. Kondenser sıcaklığının artmasıyla her iki soğutkanla çalışılan sistemde COP değerleri azalmaktadır. Bunun nedeni kondenser sıcaklığının artmasıyla kompresörün enerji tüketiminin artmasıdır. Örneğin R134a soğutucu akışkan kullanılması durumunda, evaporatör sıcaklığı 273 K ve 298 K kondenser sıcaklığında kompresörün enerji tüketimi 0.12 kW iken kondenser sıcaklığı 323 K olması durumunda 0.29 kW olmaktadır. Aynı şartlar altında R513a soğutucu akışkan kullanılması durumunda kompresörün enerji tüketimi 0.12 kW'dan 0.3 kW'a çıkmaktadır. Dolayısıyla, kondenser sıcaklığı arttıkça sistemin soğutma kapasitesi sabit (1kW) olduğundan COP değeri her iki akışkan için de azalacaktır.



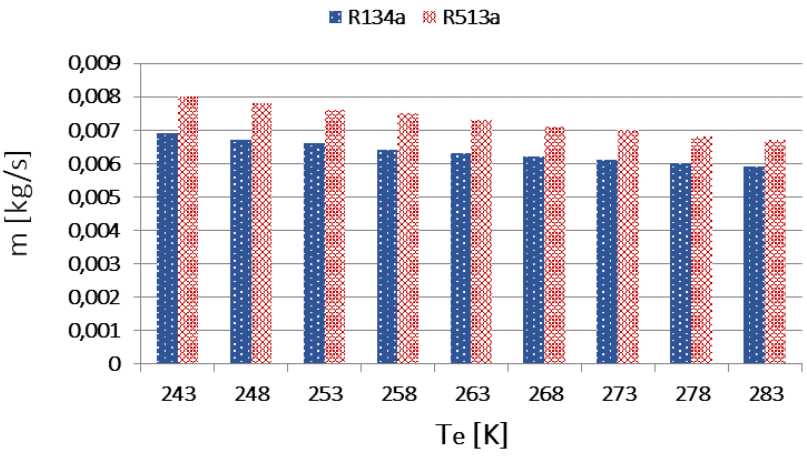
Şekil 4. Kondenser sıcaklığıyla sistemin COP değerlerinin değişimi (T_e = 273 K)

Evaporatör sıcaklığının kompresörün enerji tüketimine etkisi Şekil 5'te görülmektedir. Her iki akışkanla çalışan sistemde de evaporatör sıcaklığının artması kompresördeki enerji tüketimini azaltmaktadır. Bununla beraber, R513a soğutucu akışkanıyla çalışan sistemde kompresörde enerji tüketiminin biraz fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Evaporatör sıcaklığının kompresör gücü üzerindeki etkisi (T_k = 298 K)

Evaporatör sıcaklığının soğutucu akışkan debileri üzerinde etkisi Şekil 6'da görülmektedir. Her iki akışkanla çalışan sistemler için evaporatör sıcaklığının artmasıyla soğutucu akışkan debisi azalmaktadır. Fakat R513a soğutucu akışkanıyla çalışan sistemde soğutucu akışkan debisinin biraz daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Evaporatör sıcaklığıyla soğutucu akışkan debisinin değişimi (T_k = 298 K)

Bu çalışmada, R134a soğutucu akışkan yerine kullanılabilen GWP oranı düşük yeni nesil soğutucu akışkan olan R513a'nın COP değerleri incelenmiş ve R134a akışkanı ile çalışan sistemle karşılaştırılmıştır. Genel olarak bakıldığında her iki akışkanla çalışan sistemin COP değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. GWP oranı açısından bakıldığında R134a'nın GWP değeri 1300, R513a'nın GWP değeri ise 573'tür. Dolayısıyla soğutma sistemlerinde, ODP değeri sıfır olan ve GWP oranı düşük olan R513a akışkanı kullanımının artmasıyla soğutucu akışkanların iklim değişikliği üzerindeki etkisi azaltılmış olacaktır.

4. Referanslar

[1.] Mota-Babiloni, A., Makhnatch, P., Khodabandeh, R., 2017, "Recent investigations in HFCs substitution with lower GWP synthetic alternatives: focus on energetic performance and environmental impact", *International Journal of Refrigeration*, 82:288-301.

[2.] Eryiğit, M., 2010, "YeniNesilSoğutucuAkışkanlardaBoruÇapıHesabı", YüksekLisansTezi, *SüleymanDemirelÜniversitesi Fen BilimleriEnstitüsü,*Isparta.

[3.] Özcan, H., 2011, "AlternatifSoğutucuAkışkanlarınPerformanslarınınEkserjiYöntemi İle Belirlenmesi", YüksekLisans, *KarabükÜniversitesi Fen BilimleriEnstitüsü*, Karabük.

[4.] Yang, Z., Wu, X., 2013, "Retrofits and options for the alternatives to HCFC-22", *Energy,* 59:1-21.

[5.] Li, G., Eisele, M., Lee, H., Hwang, Y., Radermacher, R., 2014, "Experimental investigation of energy and exergy performance of secondary loop automotive airconditioning systems using low-GWP (global warming potential) refrigerants", *Energy,* 68:819-831.

[6.] Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Barragan, A., Moles, F., Peris, B., 2014, "Drop-in energy performance evaluation of R1234yf and R1234ze(E) in a vapor compression system as R134a replacements", *Applied Thermal Engineering,* 71(1):259-265.

[7.] Feng, B., Yang, Z., Zhai, R., 2018, "Experimental study on the influence of the flame retardants on the flammability of R1234yf", *Energy*,143:212-2018.

[8.] Zilio, C., Brown, J. S., Schiochet, G., Cavallini, A., 2011, "The refrigerant R1234yf in air conditioning systems", *Energy*, 36:6110-6120.

[9.] Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Mendoza-Miranda, J. M., Peris, B., 2017, "Experimental evaluation of system modifications to increase R1234ze(E) cooling capacity", *Applied Thermal Engineering*,111:786-792.

[10.] Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Barragan-Cervera, A., Moles, F., Peris, B., 2015, "Dropin analysis of an internal heat exchanger in a vapour compression system using R1234ze(E) and R450A as alternatives for R134a", *Energy*, 90:1636-1644.

[11.] Mota-Babiloni, A., Makhnatch, P., Khodabandeh, R., Navarro-Esbrí, J., 2017, "Experimental assessment of R134a and its lower GWP alternative R513A", *International Journal of Refrigeration*, 74:682-688.

[12.] Mendoza-Miranda, J. M., Mota-Babiloni, A., Ramírez-Minguela, J. J., Munoz-Carpio, V. D., Carrera-Rodríguez, M., Navarro-Esbrí, J., Hernández, C. S., 2016, "Comparativeevaluation of R1234yf, R1234ze(E) and R450A as alternatives to R134a in a variable speed reciprocating compressor", *Energy*, 114:753-766.

[13.] Llopis, R., Sánchez, D., Cabello, R., Catalán-Gil, J., Nebot-Andrés, L., 2017, "Experimental analysis of R-450A and R-513A as replacements of R-134a and R-507A in a medium temperature commercial refrigeration system", *International Journal of Refrigeration,* 84:52 – 66.

[14.] Makhnatch, P., Mota-Babiloni, A., Khodabandeh, R.,2017, "Experimental study of R450A drop-in performance in an R134a small capacity refrigeration unit", *International Journal of Refrigeration,*84: 26-35.

[15.] Mota-Babiloni, A., Belman-Flores, J. M., Makhnatch, P., Navarro-Esbrí., J., Barroso-Maldonado, J. M., 2018, "Experimental exergy analysis of R513A to replace R134a in a small capacity refrigeration system", Energy, 162:99-110.

[16.] Çengel, Y. Ç., Boles, M. A., 2013, Termodinamik, ÇeviriEditörü, Ali Pınarbaşı, Palme, Ankara.

[17.] Özdemir, M. B., Özkaya, M. G., 2015, "Ankara İli ŞartlarındaDüşey Tip ToprakKaynaklı Isı PompasıSisteminin EnerjiveEkserjiAnalizi", *PoliteknikDergisi*, 18(4):269-280.

AHP-TOPSIS ve AHP-VIKOR Yöntemleri ile Ambulans Tedarik Firması Seçimi

Selection of Ambulance Supply Company with AHP-TOPSIS and AHP-VIKOR Methods

Dr. Öğr. Üy. Hacı Mehmet ALAĞAŞ[1]
Mustafa BUCAK[1]
Şafak KIZILTAŞ[1]

[1]Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

Özet

Günlük hayatta insanların karşılaştığı önemli kazalar ve hastalıklar için hastanelerin iyi ve doğru tedavi etmesi kadar, bu kişilerin ivedilikle hastanelere yetiştirilmesi de çok önemlidir. En iyi sağlık hizmetinin verilmesi ve acil vakaların bir an önce hastanelere yetiştirilebilmesi adına bu problem stratejik bir seçim problemidir.

Bu çalışmada, dört ambulans tedarikçisi arasından Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile ambulans tedarikçisi seçimi problemi ele almışlardır. Bu doğrultuda öncelikle tedarikçi firmaların seçiminde kullanılacak kriterler, beş uzmana yapılan anketler vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerin ardından AHP yöntemi kullanılarak problemde göz önüne alınan kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Sonrasında AHP yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde kullanılmış ve bu yöntemlerle kriterlere göre ambulanslar tedarikçileri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tedarikçi seçim problemi, ambulans tedariği, çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, VIKOR

Abstract

In addition to good and correct treatment of hospitals for important accidents and diseases encountered by people in daily life, it is very important to raise these people to hospitals as soon as possible. This problem is a strategic selection problem in order to provide the best health service and to bring emergency cases to hospitals as soon as possible.

In this study, the problem of selection of ambulance supplier with Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods among four ambulance suppliers was discussed. In this direction, the criteria to be used in the selection of the supplier companies with the questionnaires made by five experts were evaluated. After the evaluations, AHP method was used to determine the weight of the criteria. Then, the criteria weights obtained in AHP method were used in TOPSIS and VIKOR methods and ambulances suppliers were evaluated according to these methods.

Keywords: Supplier selection problem, ambulance supply, multi-criteria decision making, AHP, TOPSIS, VIKOR

1. Giriş

Bilgi ve teknolojinin bu denli gelişmiş olduğu günümüzde gerek insanlar için gerek kurum, kuruluş ve şirketler için tercih edilebilecek seçenek sayısı eskiye oranla oldukça fazladır. Aynı zamanda tek bir faktör üzerinden değil, birçok faktör üzerinden seçim yapıldığından, seçenekler arasında yapılacak karar verme işlemi işlemin kritikliğine göre oldukça önem kazanmaktadır. Sezgisel olarak, geçmiş tecrübelere dayalı yapılan seçim işlemleri, yapılan değerlendirmelerde tutarsızlık oluşabilmesinden dolayı yeterli gelemeyebilir. Bu gibi sorunlara karşı günümüzde kullanılabilen çeşitli karar verme yöntemleri, çeşitli matematiksel modellemeler kullanılabilmektedir.

ÇKKV yöntemleri, genel olarak, değerlendirilmeye çalışılan alternatiflerin çeşitli kriterlere göre karşılaştırılarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Birden çok uzman görüşüne dayanarak tutarlı bir seçim yapılabilmesine olanak sağlayan bilimsel yöntemlerdendir.

Literatürde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli seçim problemleri mevcuttur. Güngör ve İşler [1] çalışmalarında, tüketiciler için AHP yöntemiyle otomobil seçimi problemini ele almışlardır. Ballı vd. [2] çalışmalarında, çeşitli kriterlere göre Bulanık PROMETHEE yöntemi ile en uygun otomobil seçimi problemini ele almışlardır. Bozdemir ve Yılmaz [3] çalışmalarında, AHP yöntemiyle oluşturulan kural tabanlı sistematik bir karar verme yapısı içerisinde araç seçimi problemini ele almışlardır. Ecer ve Dündar [4] çalışmalarında, ANP yöntemi ile cep telefonu seçim problemini ele almışlardır. Keçek ve Yıldırım [5] çalışmalarında, otomobil sektöründe AHP yöntemiyle kurumsal kaynak planlama sistemi seçimini ele almışlardır. İki ayrı işletme için AHP yöntemiyle değerlendirmeler yapmışlardır. Alptekin [6] çalışmasında, Türkiye'deki beyaz eşya sektöründe yer alan üç büyük firmanın ANP yöntemiyle Pazar paylarının tahmini problemini ele almıştır. Elde edilen tahmin değerleri gerçek pazar payı değerleri ile karşılaştırmıştır. Şahin ve Akyer [7] çalışmalarında, AHP ve TOPSIS yöntemleri ile arama kurtarma aracı seçimi problemini ele almışlardır. Özden vd. [8] çalışmalarında, İMKB'de işlem gören çimento firmalarının finansal performanslarının VIKOR yöntemiyle sıralanmasını ele almışlardır. Elde edilen sıralamalar ile bu firmaların hisse senedi getirileri arasında korelasyon katsayısına dayanarak bir ilişki olup olmadığını incelemişlerdir. Şengül vd. [9] çalışmalarında, Bulanık AHP yöntemi ile belediyeler için toplu taşıma araç seçimi problemini ele almışlardır. Kareli ortalama ve Kwong-Bai yöntemleriyle bulanık sayıları sıralayarak alternatifleri sıralamışlardır. Uyar [10] çalışmasında, AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile ulaştırma sektöründe faaliyet gösteren lojistik firmalar için araç seçimi problemini ele almıştır. Çalışma sonunda farklı ÇKKV yöntemlerinin uygulanması ile ortaya

çıkan sonuçların ayrıntılı analizini yapmıştır. Özbek [11] çalışmasında, ANP yöntemi ile ticari araç seçimi problemini ele almıştır. Küçük ölçekli bir işletme için kolayca uygulanabilecek bir karar modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Organ [12] çalışmasında, Bulanık DEMATEL yöntemiyle bir tekstil firması için makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi problemini ele almıştır. Oluşturduğu model ile kriterlerin birbirleri arasındaki ilişkileri sebep sonuç diyagramı ile ortaya koymuştur. Eren ve Özbek [13] çalışmalarında, ANP yöntemiyle üçüncü parti lojistik (3PL) firma seçimi ele almışlardır. Ömürbek vd. [14] çalışmalarında, beyaz eşya servisleri için uygun hafif ticari araç seçimi problemini ele almışlardır. Bu problem doğrultusunda kolay uygulanabilecek bir karar modeli geliştirilmesi amaçlamışlardır. Türkmen ve Bildik [15] çalışmalarında, üniversite öğrencilerinin şehirlerarası otobüs firmaları için tercih sıralamasını belirleme problemini ele almışlardır. Bu doğrultuda 229 kişiye anket uygulanmış ve Bulanık VIKOR yöntemiyle amaçlanan sıralamaya ulaşmışlardır. Urfalıoğlu ve Tüter [16] çalışmalarında, AHP yöntemiyle müşteri memnuniyetini göz önüne alan en uygun granit seçimi problemini ele almışlardır. Demircanlı ve Kundakçı [17] çalışmalarında, futbolcu transferi için AHP-VIKOR temelli bir seçim problemini ele almışlardır. Eren ve Özder [18] çalışmalarında, bir içecek firması için tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Dört farklı ÇKKV yöntemiyle tedarikçiler değerlendirilmiş, en uygun tedarikçi seçilmiştir. Sarıçalı ve Kundakçı [19] çalışmalarında, AHP ve COPRAS yöntemleri ile en uygun otel seçimi problemini ele almışlardır. Soba vd. [20] çalışmalarında, üniversiteler için doktora öğrenci seçimi problemini ele almışlardır. Cihan vd. [21] çalışmalarında bir devlet hastanesi için kardiyoloji bölümüne alınacak olan ekokardiyografi cihazının ÇKKV yöntemleriyle seçimi problemini ele almışlardır. AHP ve TOPSIS yöntemleriyle en uygun ekokardiyografi cihazı seçilmiştir. Gür vd. [22] çalışmalarında gıda sektöründe işletmelerinin pazarda avantajlı duruma gelmeleri ve müşteri kazanmaları için pazarlama strateji seçimi problemi ele almışlardır. Taş vd. [23] çalışmalarında Ankara ili kalp ve damar cerrahisi polikliniklerinin AHP ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirilmesi problemini ele almışlardır. Belirlenen kriterlere göre değerlendirmeler yapılmış, en uygun hastane seçimi yapılmıştır.

Bu çalışmada sağlık bakanlığı veya özel hastaneler için ambulans tedarikçisi seçimi problemi ele alınmaktadır. Dört farklı ambulans tedarikçisi arasından çeşitli kriterlere göre değerlendirmeler yapılarak en uygun ambulans tedarikçisi seçimi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda problemi etkileyen kriterler belirlenmiş, uzman görüşleri alınarak karşılaştırılmış ve AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. AHP yöntemi ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile en uygun ambulans tedarikçisi seçimi yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ambulans tedarikçi seçiminde kullanılacak değerlendirme kriterleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde konu ile ilgili literatür taraması, dördüncü bölümde kullanılan yöntemler, beşinci bölümde problemin uygulaması, altıncı ve son bölümde ise çalışmanın sonucu ve öneriler verilmiştir.

2. Yöntem

Çalışmada, belirlenen seçim kriterleri AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile firmalar karşılaştırılmış ve çözüme ulaşılmıştır.

2.1. AHP

Saaty [24] tarafından geliştirilen AHP yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinin pratik çözümü için kullanılan yöntemlerden biridir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar verme sürecine dâhil edebilmesidir. Çok geniş bir uygulama alanına sahip olan bu yöntem, pek çok karar verme probleminde kullanılmaktadır. Öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen kriterler tespit edilir.

Kriterlerin belirlenmesinden sonra, kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından geliştirilen 1-9 önem skalası kullanılır. Bu skala anket veya uzman kişilerin görüşlerine dayanarak kriterler arasındaki önem derecesinin belirlenmesinde yardımcı olur.

AHP yönteminin adımları şu şekildedir:

Adım 1: Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi Oluşturma

Adım 2: Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi

Adım 3: Öz vektörün (W) hesaplanması

Adım 4: Sütun Vektörü (D) Elde Edilmesi

Adım 5: Temel Değer (E) Elde Edilmesi

Adım 6: λ'nın Elde Edilmesi

Adım 7: Tutarlılık İndeksi ve Tutarlılık Oranının Bulunması

2.2. TOPSIS

Hwang ve Yoon [25] tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preferences by Similarity to an Ideal Solution) yöntemi, alternatiflerin belirlenen kriterlere göre sıralanması işlemini gerçekleştiren çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. Alternatiflerin pozitif ideale yakınlığı ve negatif ideale uzaklığına göre sıralama yapılarak optimal alternatif seçilir.

Temel olarak TOPSIS'in hesaplama adımları şu şekildedir:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

Adım 4: İdeal ve negatif ideal çözümlerin hesaplanması

Adım 5: Ayırım ölçülerinin hesaplanması

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

2.3. VIKOR

ÇKKV yöntemlerinden VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu durumlarda, kriterler için belirtilen ağırlıkların kullanımıyla nihai çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Opricovic ve Tzeng [26] tarafından çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonu için önerilmiştir.

VIKOR yönteminin adımları şu şekildedir:

Adım 1: Her bir kriter için en iyi (fi*) ve en kötü (fi-) değerlerin belirlenmesi

Adım 2: Sj ve Rj değerlerinin hesaplanması

Adım 3: Qj değerlerinin belirlenmesi

Adım 4: S, R ve Q değerlerinin sıralanması

Adım 5: C_1 ve C_2 koşullarına göre nihai çözüm belirlenir.

C_1: Kabul edilebilir avantaj koşulu

C_2: Kabul edilebilir istikrar koşulu

3. Ambulans Tedarikçisi Değerlendirme Kriterleri

-ARAÇ: Sunulan sağlık hizmeti araçlarla sağlandığı için ilk ana kriter araç olarak belirlenmiştir. Araç kriterini etkileyen alt kriterler olarak performans, ekonomiklik, imaj ve prestij kriterleri belirlenmiştir.

-Performans: Bir aracın hasta nakil ve taşıması esnasında her türlü yol şartlarında mücadele edebilecek güçte olması istenir. Silindir hacmi (A1), Motor gücü (A2), Yol tutuşu (A3), Tork (A4) gibi alt kriterler performans kriterinin altında bulunmaktadır.

-Ekonomiklik: Ambulans seçiminde diğer etkili alt kriter aracın ekonomik olmasıdır. Aynı sınıf ve donanımdaki ambulanslara göre uygun mali değerde olmalıdır. Satış (B1), vergi (B2), yakıt tüketimi (B3), bakım maliyeti(B4) kriterleri ekonomiklik kriterinin alt kriterleridir.

-İmaj ve Prestij: Tedarikçinin sattığı araçların sahip olduğu düzgün imaj ve prestijli olma kriteridir. Konfor (C1), dizayn ve estetik (C2), güvenlik (C3) gibi araçların imaj ve prestijini etkileyen kriterler imaj ve prestij kriterinin alt kriterleridir.

-SATIŞ SONRASI: Araç satıldıktan sonra sağlık bakanlığına veya müşteriye araçla ilgili sağlanan avantajlardır.

-Satış Sonrası Hizmet Tutarı (D1): Araç alındıktan sonra satış hariç ödenen tüm hizmet tutarlarının minimum fiyatlarda olması gerekmektedir.

-2. El Prim Oranı (D2): Ambulans vasfını yitiren aracın tekrar satılmak istendiğinde ortaya çıkan piyasa fiyatıdır. Bu fiyatın maksimum olması gerekmektedir.

-Likidite (D3): Ambulans aracının paraya çevrilmek istendiğinde ortaya çıkan fiyattır. Bu durum maksimum olması gerekmektedir.

-Teknik Servis Ağı (D4): Alımı yapılan ambulansların Türkiye genelinde hizmet vereceği için yaygın servis ağı olması istenmektedir.

-TIBBİ CİHAZ: Alımı yapılacak ambulansların tıbbi cihazlar ile ilgili sahip olduğu alt yapıyı temsil eden alt kriterdir.

-Tıbbi Cihaz Çeşitliliği (E1): Bir ambulansta tıbbi cihaz çeşitliliği çok önemlidir. Her an nasıl bir vaka ile karşılaşılacağı bilinmediği için müdahalelerde kullanılacak her türlü tıbbi cihazın varlığı çok önemlidir.

-Tıbbi Cihaz Edinme Maliyeti (E2): Ambulansta kullanılacak olan tıbbi cihazların maliyetidir.

-Teknik Alt Yapı (E3): Ambulansta kullanılacak tıbbi cihazların arızalanması durumunda sunulacak teknik servis hizmetinin kalitesi ve yeterliliğidir.

-Tıbbi Ekipman Çeşitliliği (E4): Ambulanslarda tıbbi cihazlar dışında, bulunması gereken ekipmanların çeşitliliği kriteridir.

-Tıbbi Cihaz Kalibrasyon (E5): Ambulansta kullanılacak tıbbi cihazların doğruluklarının sağlanması için kalibratörlerle test, ölçme, kontrol sürecinden geçirilmesi gerekmektedir. Bu alt kriter firmanın tıbbi cihazlarına bu hizmeti sağlayabilme kabiliyetidir.

-FİRMA ÖZELLİKLERİ: Firmaları birbirinden farklı kılan karakteristik yapıları ve genel durumları ile ilgili kriterdir.

-Piyasada Bilinmişlik (F1): İlgili firmaların ambulans satış işinde piyasada bilinmiş ve etkili olmalarının değerlendirildiği alt kriterdir.

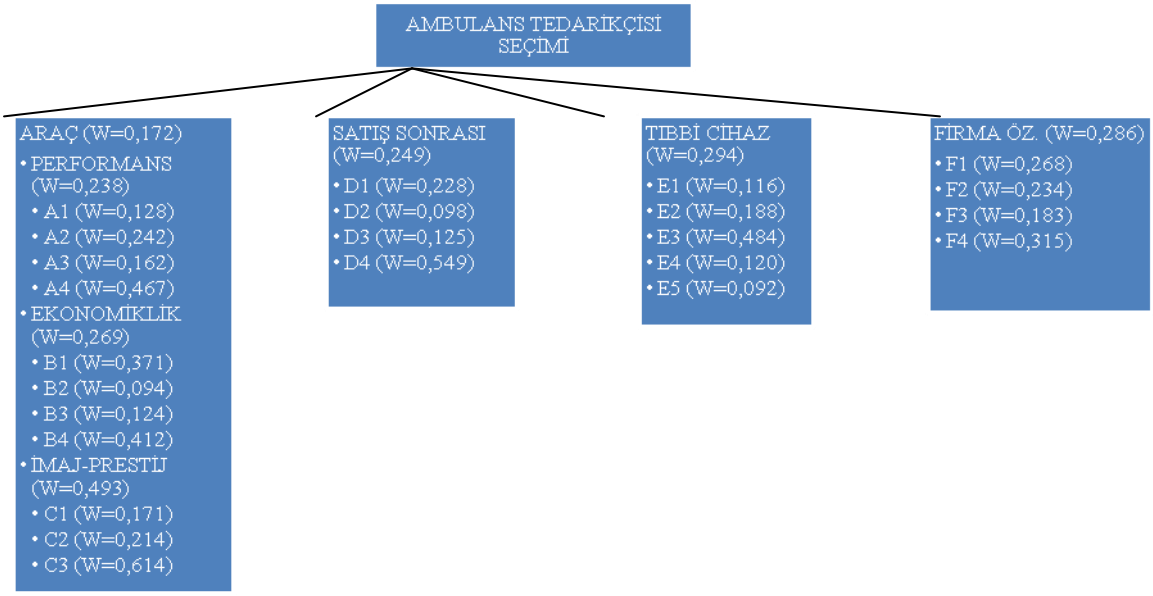
-Tecrübe Durumu (F2): Firmaların ambulans yapımı ve satışında sahip oldukları tecrübe durumudur.

-Yurt İçi ve Yurt Dışı Bağlantı Durumu (F3): Firmaların üretilecek ambulanslar için ülke içinde üretilemeyen ya da temin edilemeyen malzeme ve teçhizatları sahip olduğu bağlantılar vasıtasıyla direkt getirebilme durumudur.

-Ekonomik Durumu (F4): Firmaların talep edilecek ambulansları üretme ve zamanında teslim etme konusunda sıkıntı yaşamayacak oranda ekonomik gücünün bulunması durumudur.

4. Bulgular ve Tartışma

Bölüm 3'de açıklanan kriterlerden oluşan, ele alınan problemin hiyerarşik yapısı ve AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Ele alınan problemin hiyerarşik yapısı ve kriter ağırlıkları

AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, Tablo 1'de verilen karar matrisi ile birlikte kullanılmış; TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin uygulanması ile Tablo 2'deki çözüm sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre EMS ve DORSER firmaları tercihte öne çıkmaktadırlar.

Tablo 1. TOPSIS ve VIKOR yöntemleri karar matrisi

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
EMS	4	2200	7	405	0,008	0,0006	0,125	0,001
DORSER	4	2200	6	400	0,0074	0,0006	0,118	0,0008
AMB AŞ	4	2200	6	380	0,0071	0,0006	0,115	0,0007
ANADOLU AMB	4	2200	5	350	0,0067	0,0006	0,114	0,0005

	C1	C2	C3	E1	E2	E3	E4	E5
EMS	7	8	9	8	0,0067	9	7	10
DORSER	4	6	9	4	0,0061	5	5	2
AMB AŞ	5	6	9	4	0,0058	2	3	1
ANADOLU AMB	3	4	9	4	0,0056	1	3	1

	D1	D2	D3	D4	F1	F2	F3	F4
EMS	0,125	6	110	8	10	9	9	8
DORSER	0,20	7	100	5	5	5	4	10
AMB AŞ	0,167	6	100	2	2	2	2	3
ANADOLU AMB	0,50	5	90	1	1	2	2	2

Tablo 2. TOPSIS ve VIKOR Çözümleri

TOPSIS ÇÖZÜMÜ	
	Değer
EMS	0,818
DORSER	0,522
AMB AŞ	0,123
ANADOLU AMB	0,170

VIKOR ÇÖZÜM KÜMESİ			
	Qj	Rj	Sj
EMS	0,00	0,06	0,09
DORSER	0,17	0,07	0,46

5. Sonuç

Makine, araç, personel seçimi göz önüne alınan kriterlerin fazlalığından dolayı işletmeler için ciddi bir problemdir. Ambulans tedarikçi seçimi de gerek sağlık bakanlığı gerek ambulans alımı yapan özel hastaneler için ciddi bir seçim problemidir. Aynı zamanda ÇKKV problemlerine çok uygun bir problem tipidir.

Bu çalışmada sağlık sektöründeki ambulans alımı yapan kurum ve kuruluşlar için ambulans tedarikçi seçimi için bir çözüm önerisi sunulmuştur. Çalışmada dört farklı ambulans tedarikçisi dört ana kriter ve alt kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuş, ardından TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile tedarikçilerin değerlendirme sıralamaları bulunmuştur. Çalışma neticesinde EMS ve DORSER firmalarının diğer iki firmaya göre baskın olduğu, TOPSIS yöntemine göre EMS; VIKOR yöntemine göre EMS veya DORSER firmalarından birinin seçilmesinin doğru olacağı görülmektedir.

Ambulans tedarikçi seçiminde yapılabilecek gelecek çalışmalarda diğer ÇKKV yöntemlerinin kullanımı denenebilir. Ya da uygun bilgisayar programlarıyla ÇKKV temelli uygun değerlendirme yazılımları oluşturularak istenen seçim problemine yönelik çözüm uygulanabilir. Sağlık sisteminde gerek tedarikçi seçim probleminde gerek daha başka seçim problemlerinde kullanılabilecek olan ÇKKV yöntemleri ile seçim sürecindeki belirsizlikler azaltılabilecek, daha tutarlı sonuçların elde edilmesi sağlanacaktır

6. Referanslar

[1] Güngör, İ. ve D.B. İşler. 2005. Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. 1(2): 21-33.

[2] Ballı, S. ve B. Karasulu. 2007. En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 22(1): 139-147.

[3] Bozdemir, Y. ve İ.T. Yılmaz. 2009. Kural Tabanlı Karar Verme Mekanizmasına Sahip Sistematik Araç Seçim Modeli Geliştirilmesi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi. 6(2): 19-27.

[4] Ecer, F. ve S. Dündar. 2009. Analitik Ağ Süreci Yöntemiyle Cep Telefonu Seçimi. İşletme Fakültesi Dergisi. 10(2): 153-170.

[5] Keçek, G. ve E. Yıldırım. 2010. Kurumsal Kaynak Planlama (Erp) Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 15(1): 193-211.

[6] Alptekin, N. 2010. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı İle Türkiye'de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini. Doğuş Üniversitesi Dergisi. 11(1): 18-27.

[7] Şahin, Y. ve H. Akyer. Ülke Kaynaklarının Verimli Kullanımı: 4x4 Arama ve Kurtarma Aracı Seçiminde AHS ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi. 3(5): 72-87.

[8] Özden, U. H., Ö.D. Başar ve S.B. Kalkan. 2012. IMKB'de İşlem Gören Çimento Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Sıralanması. Istanbul University Econometrics And Statistics E-Journal, 17(1): 23-44.

[9] Şengül, Ü., M. Eren ve S.E. Shiraz. 2012. Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 40: 143-165.

[10] Uyar, Ö.O. 2012. Ulaştırma Sektöründe Faaliyet Gösteren Lojistik Firmalar İçin Araç Seçimi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.

[11] Özbek, A. 2012. Küçük Ölçekli İşletme İçin Analitik Ağ Süreci ile Ticari Araç Seçimi. Mesleki Bilimler Dergisi. 1(4): 32-52.

[12] Organ, A. 2013. Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 22(1): 157-172.

[13] Eren, T. ve A. Özbek. 2013. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firma Seçimi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 27(1): 95-113.

[14] Ömürbek, N., M. Karaatlı, H. Eren ve B. Şanlı. 2014. AHP Temelli PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Hafif Ticari Araç Seçimi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 19(4): 47-64.

[15] Türkmen, M.A. ve T. Bildik. 2015. Şehirlerarası Yolcu Taşımacılığında Bulanık VIKOR Uygulaması. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi. 4(2): 1-15.

[16] Urfalıoğlu, F. ve K. Tüter. 2015. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Müşteri Memnuniyeti Açısından Uygun Granitin Seçimi Üzerine Bir Uygulama. Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 37(1): 233-260.

[17] Demircanlı, B. ve N. Kundakçı. 2015. Futbolcu Transferinin AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 30(2): 105-129.

[18] Eren, T. ve E. H. Özder. 2016. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Bir Içecek Firması Için Tedarikçi Seçimi. In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016). 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya-Turkey.

[19] Sarıçalı, G. ve N. Kundakçı. 2016. AHP ve COPRAS Yöntemleri ile Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. International Review of Economics And Management. 4(1): 45-66.

[20] Soba, M., A. Şimşek, E. Erdin, ve A. Can. 2016. AHP Temelli VIKOR Yöntemi ile Doktora Öğrenci Seçimi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 50: 109-132.

[21] Cihan, Ş., E. Ayan, T. Eren, T. Topal ve E.K. Yıldırım. 2017. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi. 4(1): 41-49.

[22] Gür, Ş., N. Bedir ve T. Eren. 2017. Analitik Ağ Süreci ve PROMETHEE Yöntemleri ile Gıda Sektöründeki Orta Ölçekli Işletmeler Için Pazarlama Stratejilerinin Seçimi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi. 6(1): 79-92.

[23] Taş, C., N. Bedir, T. Eren, H.M. Alağaş ve S. Çetin. 2018. AHP-TOPSIS Yöntemleri Entegrasyonu ile Poliklinik Değerlendirilmesi: Ankara'da Bir Uygulama. Sağlık Yönetimi Dergisi. 2(1): 1-16.

[24] Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, USA.

[25] Hwang, C.L. ve K. Yoon. 1981. Multiple Attribute Decision Making Method Applications. Springer-Verlag, New York.

[26] Opricovic, S. ve G.H. Tzeng. 2004. Compromise Solution by MCDM Methods: a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research. 156: 445-455.

Özet

Bu çalışma, endüstriyel iş sahalarında farklı risk kategorisine sahip çalışma bölgelerinde istihdam edilen bakım personelinin güvenliklerini sağlamak amacıyla, ilgili çalışan ve çevre şartları hakkında bilgi toplayan bir giyilebilir cihazın geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu cihaz, iş kazalarını önlemek için bakım personelinden toplanan sağlık parametrelerine göre kişinin stres seviyesini ölçerek ilgili risk seviyesine ait bakım için uygun olup olmadığı anlık olarak değerlendirebilir ve gerektiği durumlarda üzerinde çalıştığı makineyi acil pozisyonuna getirebilir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem dört bölümden oluşmaktadır. Giyilebilir ünite, akıllı telefon, server bilgisayar ve makine üzerine monte edilen kontrol ünitesi. Giyilebilir cihaz, takılı olduğu bakım personelinin nabız, oksijen saturasyonu, vücut sıcaklığı ve deri direncini ölçebilmekte ayrıca ilgili personelin çalıştığı ortama ait; ısı, ışık, nem, CO değerlerinin ölçümü yapılabilmektedir. Bu verilerin bir karar destek sistemi algoritmasına girişi yapılarak elde edilen sonuç ile makinenin acil durumuna geçirilmesi ya da ilgili operatörün bu bakım için uygunluğunun öngörülmesi sağlanacaktır. Bu uygulama önemli bir kişisel güvenlik sistemidir ve bakım ve/ya onarım işlemleri sırasında meydana gelebilecek iş kazalarını önleyebilir.

Anahtar kelimeler: Giyilebilir Elektronik, Güvenlik, İş Sağlığı ve Güvenliği, Güvenlik Cihazı, Nesnelerin İnterneti

Abstract

This study aims to develop a wearable device that collect health data from maintenance personnel and environmental conditions' data in order to ensure the safety of the staff in industrial work areas where have different levels of risk categories. This device can stop machine immediately according to the health parameters that collected from the maintenance personnel to prevent work accidents and also with measuring stress level of this personnel, system make prediction of suitability of personnel for maintenance operation according to degree of risk level of machine. System consists from four parts. Wearable unit, smartphone, server computer and machine mounted unit. The wearable device can measure personnel; heart rate, oxygen saturation, body temperature, skin resistance; and also collect data from environment; heat, light, humidity, CO2.. The results which obtained by decision support system algorithm can stop machine immediately or predict the suitability of corresponding operator for this maintenance operation. This application is an important personal safety system and can prevent work accidents that may occur during maintenance or repair operations.

Keywords: Wearable, Security, Occupational health and safety, Security Device, Internet of Objects.

İş kazalarını önleyebilmek için bakım/onarım personelinin kullanabileceği bir giyilebilir emniyet sisteminin tasarlanması

Design of a Wearable Safety System for Maintenance Staff to Prevent Work Accidents

Ersin BERBEROĞLU[1]
Mahmut TOKMAKÇI[2]
Ahmet Turan ÖZDEMİR[3]

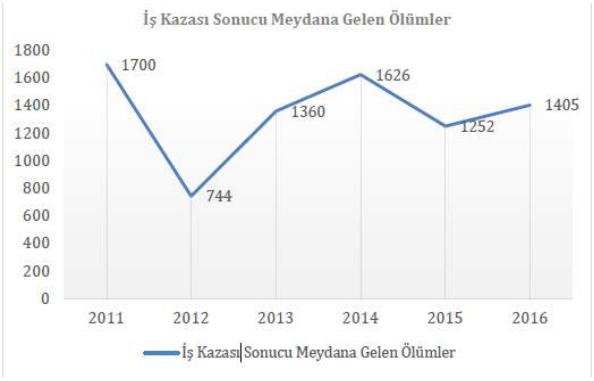
[1]Arge Merkezi, Merkez Çelik A.Ş, Kayseri, Türkiye,
[2]Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

1. Giriş

Günümüzde endüstriyel tesisler, makineleşmenin artması ve çalışma alanlarını büyümesiyle gittikçe daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu duruma paralel olarak, çalışan üzerinde oluşan üretim baskısı ve yeni teknolojilere adaptasyon sürecinde, istenmeyen iş kazaları meydana gelebilmektedir. TUİK'in (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre Türkiye'deki iş kazalarının %51'den fazlası üretim sektöründe yaşanmıştır. 2011 senesinde 692227 adet iş kazasında 1700 kişi olan ölüm sayısı 2016 senesinde 286068 adet iş kazasında 1405 kişi olarak kayıtlara geçmiştir [1].

Tablo 1. Türkiye'de Meydana Gelen İş Kazaları ve Ölümleri

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Toplam iş kazası	69.227	74.871	191.389	221.366	241.547	286.068
Meydana gelen ölüm	1700	744	1360	1626	1252	1405



Şekil 1. Türkiye'de İş Kazası Sonucu Meydana Gelen Ölümlerin Seyri

Ölümcül kazaların yaşandığı günümüzde, iş sağlığı ve güvenliği çalışanlar ve işverenler için oldukça önem kazanmıştır. İş kazalarını önlemek için sebeplerini anlamak oldukça önemlidir. İş kazalarının başlıca sebepleri;

• Kişisel güvenlik ekipmanlarının kullanılmaması veya olmaması,

•Çalışma esnasında uykulu, gergin, hasta veya dalgın olma

•Çalışma ortamının tertipsiz ve düzensiz olması,

•Çalışma ortamında iş haricinde gereksiz hareketler yapmak.

Şekil 2'de TS EN 13849 harmonize standardında verilen endüstriyel ortamlarda meydana gelebilecek iş kazalarının risk grafiği verilmiştir [2]. Buna göre en yüksek risk S2, F2 ve P2 şartlarında oluşmaktadır. Grafikte Y harfi ile gösterilmiştir. En düşük risk ise S1,F1,P1 durumlarında oluşmaktadır.

S Kazanın sonucu

S1 Hafif yaralanma

S2 Ciddi yaralanma, kalıcı sakatlık veya ölüm

F Tehlike bölgesinde bulunma

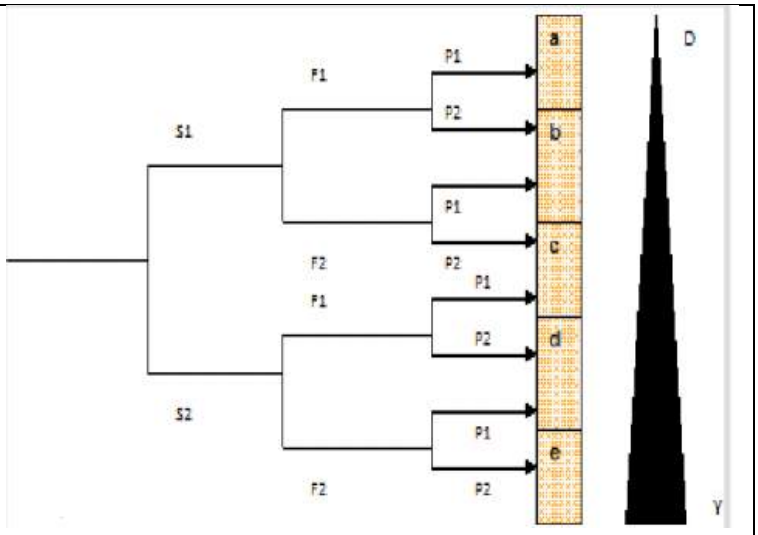
F1 Nadiren veya kısa sürelerle sık sık

F2 Sık sık sürekli veya uzun süreli

P Tehlikenin önlenme olasılığı

P1 Belli durumlarda mümkün

P2 Fiilen mümkün değil



Şekil 2. İş kazaları risk grafiği

Bu kapsamda personelin kullanabileceği bir giyilebilir emniyet kiti tasarlayarak, tehlikeli iş kazalarının sayısının düşürülmesi amaçlanmıştır. Giyilebilir ürünlerin günümüzde akıllı bileklik, akıllı saat, akıllı gözlük, akıllı giysiler gibi pek çok ürün şeklinde yaygınlaştığı görülmektedir. Akıllı giyilebilir sistemlerin (SWS, Smart Wearable System) çeşitleri Chan ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada detaylı olarak sınıflandırılmıştır [3]. Kişilerin sağlık parametrelerine ulaşabilmek için hem giyilebilir hem de implant edilebilir teknolojiler kullanılabilmektedir. Bu cihazlar içerdikleri farklı yapılardaki sensörler, akıllı tekstiller, güç kaynakları, kablosuz haberleşme donanımları, işlemciler, multimedya cihazları, kullanıcı arayüzleri, yazılımlar ve karar destek sistemleri kullanarak vücut ve deri sıcaklığı, kalp atışı, kalp atış değişkenliği, kan basıncı, kandaki oksijen seviyesi, EKG, EEG ve solunum hızı gibi hayati sinyallerin izlenebilmesi ve yorumlanmasına olanak sağlamaktadır.

Giyilebilir akıllı sistemler kişisel sağlık parametrelerini elde etmede en etkin araç olarak gösterilmektedir. Bireylerden biyomedikal veri toplamak amacı ile akıllı, düşük enerji tüketimli, hafif ve ucuz sensör ve ağ yapıları üzerine çalışmalar günümüzde yoğun bir şekilde yürütülmektedir [4-7].

Giyilebilir akıllı sistemlerin kişisel güvenlik amacı ile kullanımı ağırlıklı olarak merkez dışında çalışan servis personelinin ve maden işçilerinin kullanımına yönelik geliştirildiği görülmektedir. Bu cihazların çalışan personelin hareket kabiliyeti ve el kullanma yeteneğini kısıtlamayacak şekilde bilek ve kafa bölgesine takılabilecek yapılarda ya da giyilebilir bir kıyafet şeklinde tasarlandıkları görülmektedir. Aleksy ve arkadaşları ABB firması öncülüğünde bir Giyilebilir Emniyet Kıyafeti geliştirmişlerdir [8]. Geliştirdikleri kıyafet üzerinde ortam sıcaklığını ölçen bir sensör, vücut sıcaklığını ölçen bir sensör, ortamdaki karbonmonoksiti ölçen sensör, nem sensörü, nabız tespit sensörü ve acil yardım butonu bulunmaktadır. Servis personelinde acil bir durum oluştuğunda giyilebilir kıyafet üzerindeki kontrolcü Bluetooth

haberleşme arayüzü üzerinden mobil bir cihaza ihbar göndermekte ve bu bildirim GPS konum bilgisi ile birleştirilerek izleme merkezine iletmektedir. Kıyafet içerisinde sensörlerlere erişim için vücut alan-ağı (BAN Body Area Network) protokolü kullanılmıştır. Bu çalışmada kontrolcü olarak Ardunio Lily Pad kullanılmış ve C yazılım dili kullanılarak programlanmıştır. Acil durum anında merkez istasyona mobil telefon üzerinden şebeke ağı aracılığı ile kısa mesaj bildirimi ya da doğrudan arama yapılmaktadır.

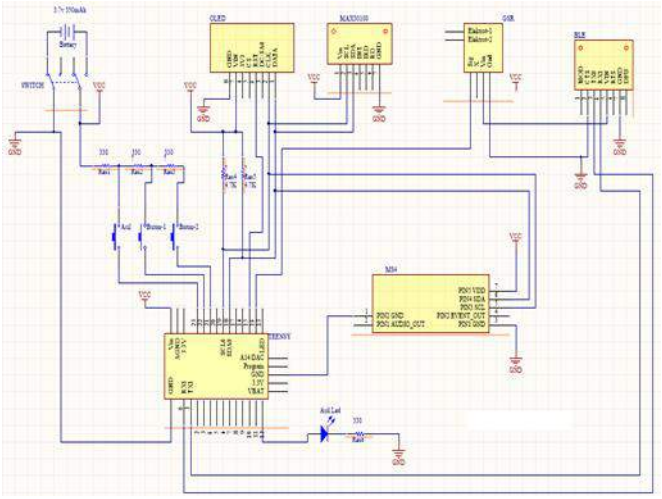
Giyilebilir Akıllı Sistemlerin kullanılabilmesi için yoğun araştırma yapılan sektörlerden biri de inşaat sektörüdür. Endüstriyel sektörler içinde inşaat ölümcül iş kazası, sakat kalma ve hastalık kapma riskinin en yüksek olduğu meslek grubudur. İnşaat sektörü için kurgulanacak güvenlik sistemlerinde sadece fiziksel sinyallerin alınması yeterli değildir. Aynı zamanda "hands-free" eller serbest sistemler ile çalışma alanından sürekli veriler alınarak çevresel koşulların analiz edilmesi ve çalışanın tehlikeli bölgelere yaklaştığında alarm vermesinin sağlanması da gerekmektedir. Avolusi ve arkadaşlarının yapmış oldukları tabloda inşaat alanında olabilecek kazaları gruplamışlar ve bu kazalara karşı hangi parametrelerin takip edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır [9]. Yüksekten düşme, kayma ve takılma gibi oluşabilecek iş kazalarının tespitinde fizyolojik sinyallerin izlenmesinin gerektiği, belirtilmiştir. Bu sinyaller kalp atışı, nefes hızı, vücut pozisyonu, vücut hızı, vücut yönü ve vücut sıcaklığı, yürüme adım sayısı olarak verilmiştir. Çevresel şartların etmen olabileceği iş kazalarında (patlama ve yangın gibi) ortam sıcaklığı, nemi, basıncı, sesi ve hava kalitesinin izlenmesi gerektiği, hareketli objeler arasında sıkışma gibi kazaların önüne geçmede ise çalışanın anlık pozisyonunu izleme, materyalleri ve hareketli araçları takip etme gibi özelliklerin olması gerektiğini vurgulamışlarıdır [10].

Lee ve Chung çalışmalarında araç sürücülerinin dikkatlerinin dağıldığında ve uykusu geldiğinde uykunun şiddetine göre beş kademeli olarak uyarı veren bir sistem üzerine çalışmışlardır. Arduino Lily pad ile Fotopletismografik ve Galvanik Deri Direnç sensörü kullanarak kişinin stres seviyesini ölçme temelli çalışan bir yapı kurgulamışlardır. Sisteme Bluetooth düşük enerji (BLE Bluetooth Low Energy) birimi entegre ederek mevcut akıllı telefonlar ile haberleşmesini mümkün kılmış ve kişinin nabız hızı, nabız hızı değişkenliği, stres seviyesi ve nefes hızı bilgileri transfer etmişleridir. Çalışmadaki karar destek yazılımı mobil aplikasyon üzerinden koşturulmuş, uyarılar akıllı telefon üzerinden verilmiştir [11]. Zilberg ve arkadaşları sürücü koltuklarına yerleştirdikleri sistemler ile kişinin uyanıklık durumunu tespit etmeye çalışmışlarıdır [12]. Araç uyarıcı sistemler arasında direksiyon üzerine montaj edilen yapılar da literatürde yer almaktadır [13]. Sano ve Pikard bu çalışmalara ek olarak sürüş işleminden önce kişiye anket girişi yaptırarak uyku ve kahve alımı gibi parametreleri de girdi olarak irdelemişlerdir [14].

2. Yöntem ve Metotlar

Giyilebilir Güvenlik Kiti Sistemi Projesi başlangıçta iki birimden tasarlanmış ancak ilerleyen süreçlerde artan ihtiyaçlar ve eklenmek istenen özellikler sebebiyle sistem bileşenleri artmıştır. Başlangıçta noktadan-noktaya (M2M) haberleşmesi temelli düşünülen sistemde bileşenler bir alıcı ve vericiden meydana gelmekteydi. Bu haliyle alıcı devre, makine kontrolcü birimi ile eşzamanlı çalışacak olan kısımdan müteşekkil iken verici kısım, nabız, oksijen saturasyonu ve jiroskop verilerini sağlayan giyilebilir cihazdan oluşmaktaydı [15].

Projenin gelinen aşamasında sistem dört birimden oluşmaktadır. Giyilebilir cihaz birimi görevi itibariyle başlangıçta düşünülen şekli ile aynı kapsamdadır ancak kullandığı sensörler farklılaştırılmıştır. Operatörün stres, heyecan gibi duygusal durumlarının tespiti amacı ile deri direnç sensörü ve ortamın sıcaklık, nem, ışık ve CO_2 değerlerini ölçebilecek bir multi sensör sisteme dahil edilmiştir. Sensörlerden toplanan bu veriler hem giyilebilir cihazda kullanılan OLED ekrana aktarılmakta hem de Bluetooth haberleşmesi ile Android tabanlı mobil cihaza gönderilmektedir. Android cihazda bulunan dâhili jiroskop ve ivmeölçer diğer sensör verileriyle birleştirilerek kablosuz internet ağı üzerinden MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolü kullanılarak tüm sistemin kontrolünün ve takibinin yapılacağı bir ana bilgisayara iletilmektedir.



Şekil 3. Giyilebilir Cihaz Örnek Şematik

Operatöre ve ortama ait ilgili verilerin toplanmasında kullanılan sensörler sırasıyla, MAX30100 Galvanik Deri Tepki sensörü ve MS4 Multi-Sensör modülüdür. Sistemin bileşenleri ise OLED ekran, işlemci ve kablosuz haberleşme birimleridir.

A. İşlemci Birimi

Giyilebilir cihaz tarafında sensörlerden verilerin toplanması, OLED ekranında gösterilmesi ve verilerin mobil cihaza aktarım işlemlerinin yürütülebilmesi için Teensy 3.2 kiti kullanılmıştır. Kart ARM mimarisine sahip, düşük güç tüketimli ve çok sayıda giriş/çıkış yönetebilme yeteneklerine sahip 32 Bit, 72 Mhz, Cortex-M4 tipi işlemci barındırmaktadır. Kartın avantajından biri de küçük boyutlara sahip olmasıdır.

B. Kablosuz Haberleşme Birimi

Kablosuz haberleşmede ilk aşamada, ZigBEE protokolünün kullanan Xbee cihazları kullanılmıştır. Bu protokol yeni nesil RF (Radyo Frekansı) haberleşmesi olarak adlandırılmaktadır. Düşük güç tüketiminin yanı sıra üç farklı haberleşme ağı kurulabilme özellikleri vardır. Projede başlangıçta Xbee Pro, 2.4 GHz, 60 mW versiyonu kullanılmıştır.

Projenin ikinci aşamasında, Bluetooth haberleşme protokolüne geçilmiş ve BLE 4.0 özelliğindeki, NRF51 modülü kullanılmıştır. Düşük güç tüketimi ile kısa mesafelerde sağlıklı iletim sağlanmıştır. Giyilebilir cihazda toplanan veriler mobil telefona NRF51 üzerinden aktarılmaktadır.

C. Kablolu Haberleşme

Sistemde I2C haberleşmesi, Teensy 3.2, Max30100, MS4 sensör ve OLED ekran bileşenlerini kontrol etmekte kullanılmaktadır. Bu haberleşme devre üzerinde kısa mesafeli kablo yollarında sıkça tercih edilmektedir. 100 Kbps temel iletim hızını desteklemekte ve iletimin tek bir kablo hattından sağlanmaktadır. Sistemde kullanılan Clock (saat) sinyali sayesinde eşzamanlı bir haberleşme sağlamaktadır.

Bluetooth modül ise seri port (UART Universal Asynchronous Receiver Transmitter) protokolü ile sürülmüştür. UART iletişimde bir kablo hattından veri iletimi (Transmitter-TX) diğer kablo hattından da veri eldesi (Receiver-RX) sağlanmaktadır.

D. Sensörler-MAX30100 Nabız Ölçer

Bakım personelinin nabız ve oksijen saturasyonu (SpO2) verilerinin elde edilmesinde MAX30100 sensoru kullanılmaktadır. Max30100 sensörü, analogtan sayısala dönüştürücü (DAC), sayısal filtre, işlemci ve çevre elemanlarını içermektedir. Diğer modüllerde olduğu gibi küçük boyutları ve düşük güç tüketimiyle birlikte, kısa mesafelerde tercih edilen I2C kablolu haberleşme protokolünü desteklemektedir. Aynı veri hattı üzerinden hem nabız hem de SpO2 bilgisine ulaşılmıştır. Bu modülün kullanımında ham veriler elde edilerek yazılımsal olarak hata giderimi ve çeşitli düzenlemelerle anlamlı nabız bilgisi elde edilmiştir.

E. Deri Direnci (GSR Galvanic Skin Response) Sensörü

Giyilebilir cihazı kullanacak olan personelin heyecan, stres ve sinir durumlarında yaşayacağı konsantrasyon kaybı ve buna bağlı bir iş kazası oluşması riski dikkate alınarak deri direnci ölçümü yapılmıştır. İnsan vücudunu kaplayan deri üzerindeki gözeneklerde, ter bezleri sebebiyle sürekli olarak ancak farklı miktarlarda su bulunmaktadır. Ter, bu gözenekler yardımıyla cildi nemlendirir ve hararetin atılmasına katkı sağlar. Ter, iletkenliği arttırarak cilde verilen küçük voltajlardaki elektrik aktivitesinin daha kolay yayılımını sağlar. Deri iletkenliği teknolojisi bu elektriksel yayılımının miktarını algılayarak, duygusal uyarıcının kişide yarattığı şiddeti ölçmeyi amaçlar [15]. Bu hassas ölçüm yöntemlerinden biri Galvanik deri cevabıdır (GSR Galvanic Skin Response).

F. MS4 Multi-Sensör Modülü

Ortama ait ısı, ışık, nem, CO2, uçucu organik bileşikler (VOC Volatile Organic Compound), ses ve hareket verilerinin toplanmasında kullanılmıştır. Sensörün küçük boyutları ve I2C protokol desteği en büyük avantajlarıdır. Ortama ait parametreler anlık olarak toplanarak, herhangi bir değerde meydana gelecek anormal değişiklikler izlenecektir. Bu sayede çalışma ortamının uygun şartlarda olup olmadığı takip edilerek kullanıcıya bildirilecektir. Ortam parametrelerinden her bir değere ait ham veriler elde edilmiş ve yazılımsal düzenlemeler ve filtreleme sayesinde gürültüden arındırılan veriden anlamlı bilgiler elde edilmiştir.

G. Operatör Paneli Birimi-OLED Ekran

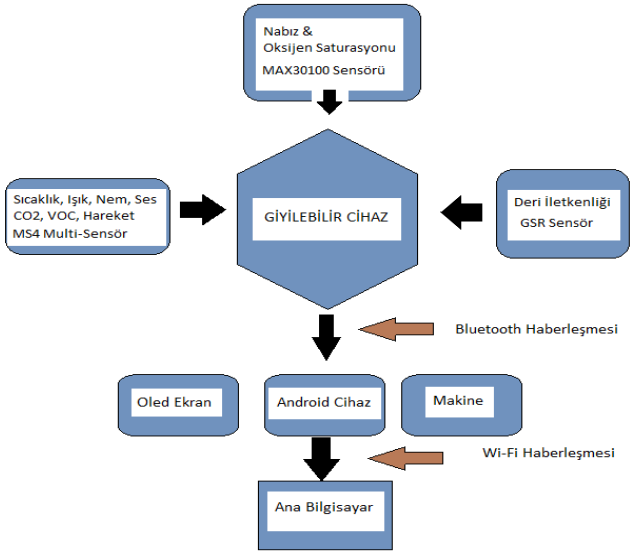
Cihazı kullanan personelin gerek kendisine ait sağlık parametrelerini gerekse ortama ait bilgileri takip edebilmesi için 0.96 inch büyüklüğünde, düşük güç tüketimli, I2C haberleşme desteği olan bir renkli bilgilendirme ekranı kullanılmıştır.

H. Çevre Elemanları

Uyaran ve bilgilendiricilere ek olarak sistemde kırmızı bir LED ve cihazın açılıp kapatılması için butonlar kullanılmıştır. Sağlık parametreleri anormal bir seyir sergilediğinde LED aktif hale getirilmektedir.

I. Şarj Edilebilir Güç Ünitesi

Şarj edilebilir güç ünitesi, giyilebilir cihazı enerjilendirerek çalışmasını sağlamaktadır. Sistemde kullanılan batarya, Lityum Polimer (Li-Po) pil olarak seçilmiştir. Giyilebilir güvenlik sisteminin kontrol ünitesi, yani makinelere entegre edilen ünite ise doğrudan bir elektrik şebekesine bağlıdır, harici batarya bloğu içermez.



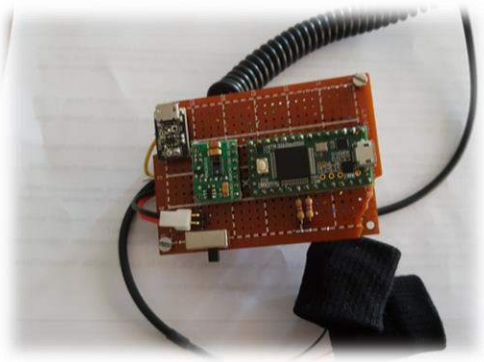
ŞEKİL 4- Genel Akış

3. Uygulamanın Gerçekleştirilmesi

Operatörün kullandığı cihaz üzerinden sensörler vasıtasıyla alınan sağlık ve ortam verileri öncelikle OLED ekrana aktarılmakta, devamında kablosuz haberleşme kanalları üzerinden Android mobil cihaza gönderilmektedir. Mobil cihazda bulunan dâhili jiroskopun sensör verileri de toplanarak oluşturulan veri, kablosuz ağ üzerinden bir bilgisayara aktarılmaktadır. Sağlık veya ortam koşullarında anormal bir durum oluşması halinde hem ana bilgisayardan hem de giyilebilir cihaz üzerinde bulunan buton ile makine manuel olarak uzaktan durdurulacaktır. Sistemin bileşenleri ve işlem akışı Şekil 3'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.

Uygulama, Teensy 3.2 işlemci kartı, NRF51 Bluetooth kartı, MAX30100, GSR ve MS4 sensör kartları ve OLED ekranın birleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Test uygulamalarında anlamlı sensör değerlerinin toplanması, bu verilerin OLED ekrana ve Bluetooth modül ile bir Android mobil cihaza ve server bilgisayara aktarılması işlemleri ayrı ayrı ve birlikte gerçekleştirilmiştir. Uygulamada I2C haberleşme hattında anlamlı verilerin iletimi ve sağlıklı bir bilgi transferi için donanımsal eklentiler yapılmıştır. I2C haberleşme yolunun hem veri (SDA- Serial Data Line) hem de saat (SCL- Serial Clock Line) hattına Pull-Up yapıda 4.7 KOhm değerinde dirençler bağlanmıştır. Pull-Up direnç yapısının amacı, fabrika ortamlarında yüksek akım tüketen yüklerin neden olduğu yayılım ve iletim gürültülerini bastırarak, giriş voltajının bu her iki hatta da net olarak lojik-1 veya lojik-0 olarak algılanmasının sağlanmasıdır.

ŞEKİL 5-Sistemin Ön Görünüşü



ŞEKİL 6-Sistemin Arka Görünüşü

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu uygulamada I2C haberleşmesi ile 100 Kbps veri iletim hızında kullanıcının üzerinde taşıdığı sensörlerden nabız, oksijen saturasyonu, vücut sıcaklığı ve deri iletkenlik değerleri ile ortamın sıcaklığı, ışık, nem ve karbondioksit (CO2) verileri anlamlı şekilde elde edilmiştir. Toplanan veri OLED ekrana, Android mobil telefona ve bilgisayar üzerinde çalışan Windows uygulamasına aktarılarak takip edilmiştir.

Bundan sonraki çalışmada 10 personel üzerinde yapılacak çalışmada sahadan gerçek veriler alınacak, ramak kalalar ve geçmiş iş kazaları incelenerek elde edilen tecrübeler neticesinde personel bilgileri yorumlanacaktır. Şekil 2'de verilen faklı risk kategorilerine ait makine bölgeleri üzerinde bakım yapan personelin sağlık parametreleri ve ortam koşullarına ait bilgiler toplanarak makine öğrenmesi esaslı bir otomatik karar destek sistemi yazılımı geliştirilecektir. Bu karar destek sistemi ile bakım yapan personelin risk haritası çıkartılarak kişinin ciddi bir risk altında olup olmadığı sonucuna varılabilecek ve gerektiği durumlarda çalışma yapılan makine otomatik olarak acil pozisyona geçirilebilecektir.

5. Kaynaklar

[1] Öçal M ve Çiçek Ö, 2017, Türkiye ve Avrupa Birliği'nde İş Kazası Verilerinin Karşılaştırmalı Analizi, Hak-İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, Cilt 6, Sayı 16, 2017/3, ISSN:2147-3668

[2] Chan M, Estève D, Fourniol JY, Escriba C and Campo E, 2012, Smart Wearable Systems: Current Status and Future Challenges, Artificial Intelligence in Medicine, Vol 56 (3), pp. 137–156

[3] Giroux S, Pigot H, 2005, From Smart Homes to Smart Care, Assistive Technology and Research Series, ISBN Print, 978-1-58603-531-0

[4] Alesky M, Lehtola M and Puckalaya A,2013, Design and Implementation of a Wearable Safety Kit, IT Convergence Practice (INPRA), Vol 1 (1), pp. 28-36.

[5] Özdemir AT, 2016, An Analysis on Sensor Locations of the Human Body for Wearable Fall Detection Devices: Principles and Practice, Sensors, Vol 16 (8), pp. 1161.

[6] Özdemir AT, Tunc C, Hariri S, Autonomic Fall Detection, Proceedings IEEE International Conference on Cloud and Autonomic Computing, Tucson, A.B.D., 18-22 Eylül 2017, pp.166-170.

[7] Ntanasis P, Pippa E, Özdemir AT, Barshan B, Megalooikonomou V, 2016, Investigation of sensor placement for accurate fall detection, 6th EAI International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare, Milan, İtalya, pp.1-6

[8] Marks E and Teizer J,2012, Proximity Sensing and Warning Technology for Heavy Construction Equipment Operation, Proceedings of Construction Research Congress, West Lafeyette, USA, pp. 981–990.

[9] Awolusi I, Marks E and Hallowell M, 2018, Wearable Technology for Personalized Construction Safety Monitoring and Trending: Review of Applicable Devices, Automation in Construction, Vol 85, pp. 96–106

[10] Lee BG and Chung WY, 2012, Driver Alertness Monitoring Using Fusion of Facial Features and Bio-Signals, IEEE Sensors Journal, Vol 12 (7), pp. 2416-2422.

[11] Zilberg E, Burton D, Xu ZM and Karrar M, 2007, Methodology and Initial Analysis Results for Development of Noninvasive and Hybrid Driver Drowsiness Detection Systems, 2nd International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications, Sidney, Avustralya, pp. 27-30.

[12] Ramesh MV, Nair AK, and Kunnath AT, 2011, Real-Time Automated Multiplexed Sensor System for Driver Drowsiness Detection, Wireless Communications, 7th International Conference on Networking and Mobile Computing (WiCOM), Zürih, pp. 23-25.

[13] Sano A and Picard RW,2013, Stress Recognition using Wearable Sensors and Mobile Phones, Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, San Antonio, Texas, USA, pp. 1-4.

[14] Samurlu İ, Gülgör E, Berberoğlu E, Dirik K, Tokmak Ş, Çakmak AS ve Özdemir AT, 2017, Wearable Safety Kit, ICENTE International Conference on Engineering Technologies, Konya, Türkiye, pp. 440-443.

[15] Erdemir O ve Yavuz Ö, Nöro Pazarlamaya Giriş, (Neuro Discover), İstanbul, pp. 111-113, 2016

Özet

Teknolojik gelişmeler ile birlikte tüm sektörlerde fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler açısından ucuz ve güvenilir malzemeye olan talep artmaktadır. Bu talep yeni malzemeye ve mevcut malzemenin geliştirilmesine duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Bu ihtiyaçlara cevap vermek amacıyla var olan malzemelere termal kaplama işlemleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada var olan ve kolay bulunan ekonomik alt malzemeler HVOF kaplama yöntemi ile kaplanmış ve yapılan kaplamaların aşınma ömürleri ile kaplama kaliteleri Taguchi analizi ile belirlenmiştir. Bu amaçla AA7075, AA2024, AA6082 alüminyum alt malzeme üzerine WC/Co ve WC/CoCr malzemeleri kaplanmıştır. Böylelikle alt malzemenin yanında kaplama malzemesinin de etkisi belirlenmiştir. Aşınma davranışı aşınma deneyi ile belirlenmiştir. En küçük-en iyi kalite kontrol karakteristiği ile optimum kaplama/alt malzeme parametreleri varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile belirlenmiştir. Sonuçlar hem grafik hem de sayısal veriler ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda en uygun alt malzemenin Al2024, kaplama malzemesinin kobalt ve uygulanan yükün ise 30N olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

HVOF; termal kaplama; Taguchi,

Abstract

With the technological developments, the demand for cheap and reliable materials in terms of physical, chemical and mechanical properties is increasing in all sectors. This demand increased the need for new material and the development of existing materials. In order to meet these needs, thermal coating processes are applied to existing materials. In this study, the existing and easily found economic sub-materials were coated with HVOF coating method and the wear life and coating qualities of the coatings were determined by Taguchi analysis. For this purpose, WC / Co and WC / CoCr materials were coated on AA7075, AA2024, AA6082 aluminum substrate. Thus, the effect of the coating material as well as the lower material was determined. Wear behavior was determined by wear test. The smaller is better quallity controlcharacteristics and optimum coating / sub-material parameters were determined by variance analysis (ANOVA) method. The results were evaluated with both graphical and numerical data. As a result of the study, it was determined that the most suitable sub-material was Al2024, coating material was cobalt and applied load was 30N.

Keywords:

HVOF; thermal coating; Taguchi.

HVOF Kaplanmış Alüminyum Alaşımlarının Aşınma Özelliklerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu

Optimization of Wear Properties of HVOF Coated Aluminium Alloys By Taguchi Method

Hatice VAROL ÖZKAVAK[1]
Şerife ŞAHİN[2]
[1]Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye,

1. Giriş

Alüminyum gibi hafif alaşımlar birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Hafif alaşımla yüksek gerilme-yoğunluk ve elastik modül-yoğunluk oranına sahip olup otomotiv ve havacılık parçalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [1-2]. Ayrıca hafif alaşımlar düşük yoğunluk (kalıbın ağırlığının düşük olması) nedeniyle plastik enjeksiyon kalıplarında da kullanılmaktadır. Al alaşımlarının en kötü özelliği zayıf tribolojik özellikleridir. Bu nedenle Al alaşımlarına kaplama ve yüzey işlemleri uygulanmak zorundadır. Bu durum Al alaşımlarının kaplama ile korunması teknolojinin konusu halini almıştır [2-3].

Al alaşımlarına anotlama işlemi uygulanmaktadır. Ancak anotlama işlemi uygulanmış malzemelerinde çalışma şartlarında çatlak ve yüzeyde bozulma gibi hasarlarla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle diğer malzemelere uygulanan kaplama teknikleri ve bu tekniklerden de özellikle termal kaplama yöntemi Al ve alaşımları için de kullanılmaktadır [4]. Termal kaplama yöntemi alt malzeme için hassas çevre, karmaşık olmayan ön hazırlık prosesi, oldukça ince tabaka eldesi ve kaplama malzemesinin çok çeşitli olmasından dolayı tercih edilmektedirler. Termal sprey kaplama yöntemi ile kaplanmış WC/Co ve WC/CoCr gibi WC esaslı metalik seramikler oldukça yeterli tokluğa sahip oldukça yüksek sertlik eldesini sağlamakla birlikte mükemmel tribolojik özelliklere sahiptirler [5-6]. Yapılan son çalışmalar hafif alaşımlar (Al ve Mg gibi) üzerine HVOF yöntemi ile WC esaslı kaplamalar üzerinde yoğunlaşılmıştır.

Taguchi yöntemi Dr. Genichi Taguchi tarafından tasarlanmıştır. Taguchi kaliteyi geliştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla kullanılan istatiksel bir yöntemdir. Taguchi yönteminde deneylerin gerçekleşmesi ve değerlendirilmesindeki verimliliği artıracak çözümü oluşturur [7]. Çözüm kontrol edilemeyen faktörlere karşı edilebilen faktör düzeylerinin en uygun kombinasyonu seçilerek elde edilir [8]. Böylelikle deney öncesi yapılan ayrıntılı analizler ve değerlendirmeler sayesinde deney sayısı önemli ölçüde düşürülmüştür. Deney sayısının düşürülmesi nedeniyle Taguchi yöntemi makine, elektronik ve kimya gibi birçok mühendislik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kaplama malzemeleri sabit tutularak kaplama malzemesi ve alt malzemenin aşınma davranışına etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla alt malzeme ve kaplama malzeme parametreleri Taguchi yaklaşımı kullanarak deney tasarımı oluşturulmuştur. En küçük en iyi deney yaklaşımı kullanarak alt malzeme ve kaplama malzemesinin aşınma davranışlarına etkisi belirlenmiştir.

2. Yöntem

2.1. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada alt malzeme üzerine HVOF yöntemi kullanılarak WC/Co ve WC/CoCr kaplanarak yapılan kaplamaların aşınma davranışı incelenmiş ekonomik ve kolay bulunan Alüminyumun alaşımlarının özelliğini arttırmak amaçlanmıştır. Çalışmada alt malzeme olarak dayanım özelliklerinin daha iyi olması amacıyla T6 ısıl işlem görmüş Al 2024, Al 7075 ve Al 6082 kullanılmıştır. Kaplama malzemesi olarak aşınma özelliği açısından iyi olan WC/Co ve WC/CoCr malzemeler tercih edilmiştir. Kaplama işlemi öncesi kaplama verimliliğini arttırmak amacıyla alt malzemelere yüzey temizleme ve kumlama işlemleri uygulanmıştır. Kaplama işlemi HVOF kaplama yöntemi kullanarak yapılmıştır. HVOF kaplama yönteminde Metco Diamond Jet 2700 tip cihaz kullanılmıştır. Kaplama için agglomera sinterleme yöntemi ile üretilmiş Oerliken marka 38,15 µm boyutlarında %10 Kobalt %4 Krom ile %12 Kobalt Tungsten Karbit tozları kullanılmıştır. Çalışmada alt malzeme ve kaplama malzemesinin etkisinin belirlenmesi amaçlandığı için kaplama parametreleri sabit seçilmiştir. Ancak alt malzemenin kaplanabilmesi için propan basınç değerleri kaplama malzemesine göre değişiklik gösterdiği için farklı değerler seçilmiştir. HVOF kaplama işlemi için kullanılan kaplama parametreleri Tablo 1'de verilmektedir.

TABLO I. KAPLAMA PARAMETRELERİ (**COATING PARAMETERS*)

İşlem Parametreleri	WC/Co	WC/CoCr
Propan	7 bar	7,58 bar
Hava	6 bar	6 bar
Oksijen	150 psi	150 psi
Mesafe	20 cm	20 cm
Parça Sıcaklığı	80-90°C	80-90°C

Kaplama işlemi sonrasında numunelerin yüzey pürüzlülükleri ile kaplama kalınlıkları ölçülmüştür. Daha sonra yapılan kaplamaların aşınma davranışlarını belirlemek amacıyla aşınma deneyleri uygulanmıştır. Aşınma deneyleri UTS-Tribometer cihazda 10N, 20N ve 30N yükte ve 1000m mesafede yapılmıştır. Aşınma öncesi ve sonrasında numunelerin SEM incelemeleri yapılmıştır. Böylelikle aşınma deney sonuçları SEM görüntüleri ile desteklenmiştir.

2.2. Deney Tasarımının Uygulanması

Çalışmada Al alt malzemesinin türü, kaplama malzemesinin cinsi ve uygulanan yükün aşınma üzerine etkisi Minitab18 programı kullanılarak Taguchi yöntemi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Aşınmanın sonuç değişken olarak ele alındığı analizlerde Taguchi L_9 ortogonal dizisi ve "en küçük-en iyi" karakteristiği temel alınmıştır. Oluşturulan dizi Tablo II'de verilmektedir.

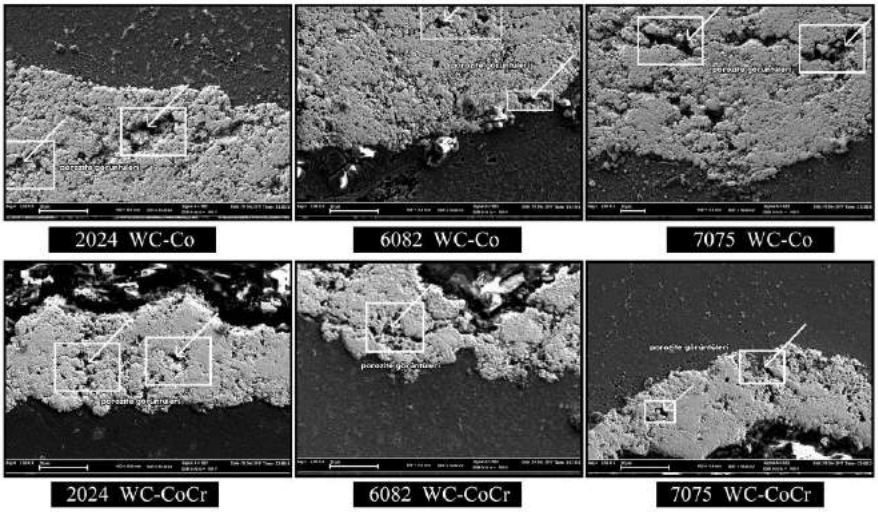
TABLO II. TAGUCHİ İŞLEM PARAMETRELERİ VE SEVİYELERİ (**TAGUCHI OPERATION PARAMETERS AND LEVELS*)

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Alt Malzeme Türü	AA2024	AA6082	AA7075
Kaplama Malzemesi Türü	Kaplamasız	WC/Co	WC/CoCr
Uygulanan Yük	10N	20N	30N

3. Bulgular ve Tartışma

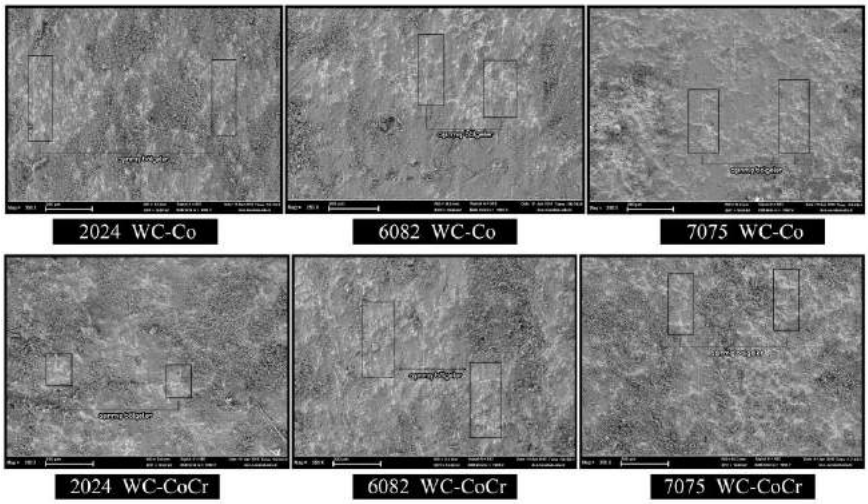
3.1. Aşınma deney öncesi ve deney sonrası SEM incelemeleri

Çalışmada aşınma deneyi öncesinde kaplama kalınlıkları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucu WC-Co kaplamaların kaplama kalınlıkları WC-CoCr kaplamalara nazaran daha kalın elde edilmiştir. Ayrıca aşınma öncesinde yapılan kaplamaların yapısı da incelenmiştir. Böylelikle kaplama malzemesinin alt malzemeye tutunabilirliği belirlenebilmiştir. Yapılan incelemelerde kaplama malzemesi kobalt seçilen kaplamalarda boşluk gibi istenmeyen durumların oluşmadığı belirlenmiştir. CoCr ile kaplanan numunelerin iç yapı incelemelerinde kaplama içerisinde yer yer boşluklara rastlanmıştır.



Şekil. 1.Aşınma öncesi porozite görüntüleri. *(*Pre-wear porosity images)*

Çalışmada ayrıca aşınma sonrası aşınma izlerinin görüntüleri incelenmiştir (Şekil 2). Yapılan incelemeler sonrasında kaplanan numunelerde WC-CoCr ile kaplanan numunelerin aşınma iz genişlikleri WC-Co ile kaplanan numunelere göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum WC-CoCr kaplamaların Co kaplamalara göre aşınma dayanımının iyi olduğu şeklinde açıklanabilir.



Şekil. 2.Aşınma sonrası iz görüntüleri. *(*Post-wear trace images)*

3.2. Taguchi yöntemi kullanarak kaplamaların aşınma davranışlarının incelenmesi

Deneysel çalışmaların en büyük dezavantajı maliyetin deney sayısı ile orantılı olarak artmasıdır. Sistemi etkileyen faktör sayısının artması ile deney sayısı da artmaktadır [9-10]. Bu durum maliyetin yanında zaman kaybı ve emek açısından da kayıp olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla Taguchi yöntemi kullanılmaktadır. Taguchi yönteminde maliyeti yüksek olan çalışmalarda en az sayıda deney yaparak başarılı analiz sonucu hedeflenmektedir.

Çalışmada 3 farklı alt malzeme, kaplama malzemesi ve uygulanan yük parametresi mevcuttur. Bu nedenle aşınma davranışlarının belirlenebilmesi için 27 adet deney yapılması gerekmektedir. Taguchi yöntemi ile L_9 (3^3) ortogonal dizisi oluşturularak deney sayısı 9'a düşürülmüştür. Ayrıca yapılan deneyler kontrol edilen faktör düzeylerini en uygun kombinasyon seçilip süreçteki değişkenlik en aza indirildiği için daha sağlıklı sonuçlar alınabilmiştir. Çalışmada Taguchi yöntemi ile oluşturulan L_9 ortogonal dizisi deneysel tasarım planı Tablo III'te verilmektedir.

TABLO III. L_9 KARMA ORTOGONAL DİZİSİ DENEYSEL TASARIM PLANI *(*L_9 MİXED ORTHOGONAL EXPERİMENTAL DESİGN PLAN)*

	Proses Parametre Düzeyleri		
Deney No	**Alt Malzeme Türü(A)**	**Kaplama Cinsi(B)**	**Uygulanan Yük(C)**
1	2024	Kaplamasız	10
2	2024	WC-Co	20
3	2024	WC-CoCr	30
4	6082	Kaplamasız	10
5	6082	WC-Co	20
6	6082	WC-CoCr	30
7	7075	Kaplamasız	10
8	7075	WC-Co	20
9	7075	WC-CoCr	30

Deneysel verilerin Taguchi yöntemi kullanılarak analizlerinde başlıca kriter sinyal/gürültü (S/N) oranıdır. Bu nedenle çalışmada alt malzemenin ve kaplama malzemesinin aşınma davranışına etkisini belirlemek amacıyla Taguchi yönteminden elde edilen S/N oranı en büyük olan değer göz önünde bulundurulmuştur. Bun göre L_9 ortogonal diziliminde optimum aşınma değeri için A1B2C3 deney parametreleri elde edilmiştir (Tablo IV).

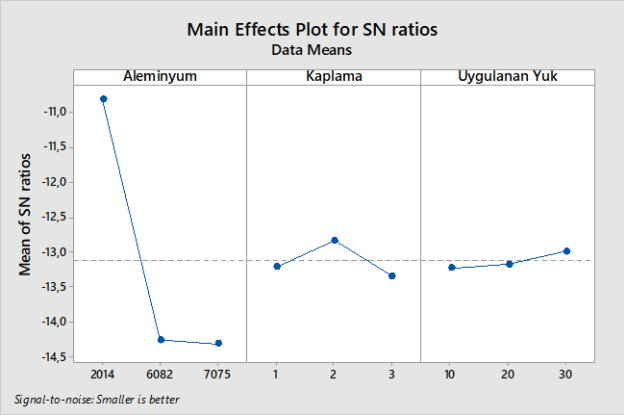
TABLO IV. AŞINMAYA İLİŞKİN ANALİZ SONUÇLARI *(*WEAR ANALYSİS RESULTS)*

	Proses Parametre Düzeyleri			Aşınma Değerleri	S/N Oranı
Deney No	**Alüminyum Malzeme Türü**	**Kaplama Cinsi**	**Uygulanan Yük**		
1	2024	Kaplamasız	10	3,53	-10,95
2	**2024**	**WC-Co**	**30**	**3,37**	**-10,55**
3	2024	WC-CoCr	30	3,53	-10,96
4	6082	Kaplamasız	10	5,29	-14,46
5	6082	WC-Co	20	4,88	-13,76
6	6082	WC-CoCr	30	5,34	-14,54
7	7075	Kaplamasız	10	5,15	-14,23
8	7075	WC-Co	20	5,12	-14,18
9	7075	WC-CoCr	30	5,32	-14,51

Taguchi yöntemindeki ortogonal dizi deney tasarımına göre aşınma için Minitab18 programı kullanarak elde edilmiş faktör seviyeleri Tablo V'te verilmiştir. Ayrıca Tablo V'te verilen değerlere ait sonuçlar Şekil 3'te grafik halinde verilmektedir. Şekil 3 ve Tablo V incelenerek ABC faktörlerinin seviyeleri göz önüne alınarak değerlendirme yapılır. Şekil 3 ve Tablo V incelendiğinde A faktörünün birinci seviyesi, B faktörünün ikinci seviyesi ve C faktörünün üçüncü seviyesi en yüksek değerler olduğu belirlenmiştir.

TABLO V. FAKTÖR SEVİYELERİ İÇİN ORTALAMA SİNYAL/GÜRÜLTÜ (S/N) ORANLARI *(AVERAGE SİGNAL/NOİSE (S/N) RATİOS FOR FACTOR LEVELS)*

	Kontrol Faktörleri		
Düzey	**Alüminyum Malzeme Türü (A)**	**Kaplama Cinsi (B)**	**Uygulanan Yük (C)**
1	**-10,82**	-13,22	-13,23
2	-14,26	**-12,83**	-13,18
3	-14,31	-13,34	**-12,99**
Delta	3,49	0,51	0,24
Rank	1	2	3



Şekil. 3.*S/N oranı için sonuç tablosu. (*Result table for S/N ratio)*

Çalışmada ayrıca işlem parametrelerinin birbiri ile ilişkisini incelemek amacıyla Minitab18 programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Yapılan analizlerde proses parametrelerinin önem dereceleri %99 güven aralığında ANOVA analizi ile elde edilen p istatiksel anlamlı değerler ile F değerleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuç Tablo VI'da verilmektedir.

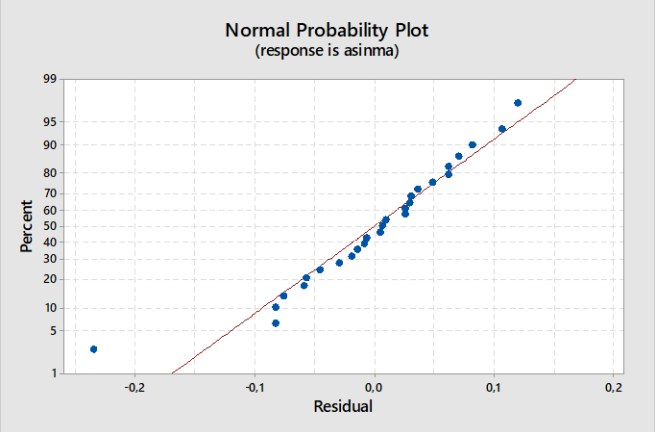
TABLO VI. AŞINMAYA İLİŞKİN S/N ORANINA GÖRE VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI *(*RESULTS OF VARIANCE ANALYSIS ACCORDING TO S/N RATIO)*

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler Toplamı	F	p
Alüminyum Malzeme Türü	2	17,1557	8,57786	1251,95	0,000
Kaplama Cinsi	2	0,3195	0,15973	23,31	0,000
Uygulanan Yük	2	0,1382	0,6908	10,08	0,001
Hata	20	0,1370	0,00685		
Toplam	26	17,1557			

S=0,0827744 R-Sq=99,23 R-Sq(adj)=99,00

Tablo VI incelendiğinde alt malzeme türü (p=0,000); kaplama malzeme cinsi (p=0,000) ve uygulanan yük (p=0,001) parametrelerine ilişkin p değerleri istatiksel açıdan anlamlıdır (p<0,05). Elde edilen veriler alt malzeme türü, kaplama malzemesi cinsi ve uygulanan yük parametrelerinin aşınma direnci üzerindeki etkisi anlamlı olup; elde edilen sonuçlarda F değerleri incelendiğinde en etkili parametrenin alt malzeme türü olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada ayrıca varyans analizinden elde edilen değerlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla artıkların normal olasılık diyagramı incelenmiş olup elde edilen grafik Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil. 4.Aşınmanın sonuç değişken olduğu durum için artıklara ait normal olasılık diyagramı. *(*Normal probability diagram of residues for which the result is variable)*

Şekil 4 incelendiğinde aşınmaya ilişkin deneysel sonuçların dağılımı normal dağılıma uygun olarak belirlenmiştir.

4. Sonuç

Çalışmada HVOF yöntemiyle kaplanmış malzemelerin optimizasyonu (kaplama malzemesi ve alt malzeme açısından) Taguchi yöntemi kullanılarak aşınma davranış analizleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

Çalışmada Minitab18 programında Taguchi yöntemiyle L_9 ortogonal dizilimi oluşturulmuş ve oluşturulan bu dizilime göre deneyler yapılarak S/N oranları elde edilmiştir. En küçük-en iyi S/N denklemi kullanılmış ve S/N oranında en büyük değer aranmıştır. Aranan en büyük değer aşınma davranışı en iyi özellikte olan kaplama parametrelerini vermiştir. Bu çalışmada en iyi aşınma davranışı -10,55 S/N oranında, Al 2024 alt malzeme, WC-Co kaplama malzemesi ve 30 N yük parametrelerine sahip numuneler elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Tablo VII'de, rastgele seçilen iki deney için Taguchi tahmin sonucu, deney sonucu ve bu sonuçlar arasındaki hata yüzde olarak verilmiştir. Aşınma için tüm deneylerin % hataları ortalaması dikkate alındığında; Taguchi metodu elde edilen tahmini sonuçların % hatası 1 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda Taguchi tahmininin yaklaşık %99 doğrulukta olduğu söylenebilir.

TABLO VII. DENEY SONUCU VE TAGUCHİ TAHMİNİ ARASINDAKİ HATA (% OLARAK) *(*ERROR BETWEEN ESTIMATION OF TAGUCHI AND TEST RESULT)*

A	B	C	Deney Sonucu	Taguchi Tahmini	Mutlak Fark	% Mutlak Hata
2024	Kaplamasız	10	3,53	3,56	0,03	1,06
7075	WC-CoCr	20	5,32	5,35	0,03	0,70

5. Referanslar

[1] Ashby, M.F., Bréchet, Y.J.M., Cebon, D., Salvo, L. 2004. Selection strategies for materials and processes. Material&Design 25: 51.

[2] Picas, J.A., Forn, T.A., Rilla, R., Martín, E. 2005. HVOF thermal sprayed coatings on aluminium alloys and aluminium matrix composites. Surf. Coat. Technol. 200: 1178–1181.

[3] Gibbons, G.J., Hansell, R.G. 2006. Down-selection and optimization of thermal-sprayed coatings for aluminum mould tool protection and upgrade. J. Thermal Spray Technol. 15: 340-347.

[4] Bolelli, G., Lusvarghi, L., Barletta, M. 2009. HVOF-Sprayed WC-CoCr coatings on Al alloy: Effect of the coating thickness on the tribological properties. 17th International Conference on Wear of Materials. 267: 944-953.

[5] Wank, A., Wielage, B., Pokhmurska, H., Friesen, E., Reisel, G. 2006. Comparison of hardmetal and hard chromiumcoatings under different tribological conditions. Surf.Coat. Technol. 201: 1975-1980.

[6] Bolelli, G., Cannillo, V., Lusvarghi, L., Riccò, S. 2006. Mechanical and tribological properties of electrolytic hard chrome and HVOF-sprayed coatings. Surf. Coat. Technol.200: 2995-3009.

[7] Ross, P. J., (1989). Taguchi techniques for quality engineering, loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design, McGraw-Hill International Book Company, ISBN 0-07-053866-2: 1-66, 167-202.

[8] Düzyol, S., 2016. Taguchi Deneysel Tasarım Metodu Kullanılarak Karadon (Zonguldak) Kömürünün Yağ Aglomerasyonu Davranışının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 31(2):77-84.

[9] Yaka, H., Akkuş, H., Uğur, L. 2016. AISI 1040 Çeliğininin Tornalamasında Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu. CBÜ Fen Bil. Dergi., Cilt 12: 283-288.

[10] Bilici, M. K., Bakır, B., Bozkurt, Y., Çalış, İ. 2016. Sürtünme karıştırma nokta kaynak tekniği ile birleştirilen farklı alüminyum levhaların Taguchi analizi. Pamukkale Üniversite Müh. Bil. Dergisi. 22(1):17-23.

TM Titanyum Alaşımlarına Sinter-HIP Yönteminin Uygulanması

Application of Sinter-HIP Method to PM Titanium Alloys

Mustafa ÜSTÜNDAĞ[1]
Remzi VAROL[1]

[1]-Makine Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta , Türkiye.

Özet

Günümüzde Titanyum (Ti) alaşımları, biyomedikal implant üretiminin de dahil olduğu birçok endüstriyel alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Yüksek miktarlardaki, Titanyum alaşımlı ürün talebi karşılamak için tercih edilen üretim yöntemlerinden biri Toz Metalürjisidir (TM). TM yöntemiyle üretilen ürünlerin en büyük dezavantajı sahip oldukları gözeneklilik ve buna bağlı olarak da ürünlerin dayanım değerlerinin düşük olmasıdır. Bu dezavantajın ortadan kaldırılması için geliştirilen yöntemlerden biri, Sinter-HIP yöntemiyle yapılan sinterleme işlemidir. Bu amaç doğrultusunda yapılan bu çalışmada, -40 µm partikül boyutlarındaki Ti-6Al-4V metal tozları, 600MPa'da 1500MPa'ya kadar farklı sıkıştırma basınçlarında sıkıştırılmış ve sonrasında Sinter-HIP yöntemiyle sinterlenmiştir. Bu yöntem kapsamında numuneler öncelikli olarak; 1200 oC sıcaklıkta ve 10-6 mbar vakum ortamında sinterlenmiş ve takiben sinterleme sıcaklığında uygulanan 50 bar' lık Argon gazı basıncı ile HIP işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan Sinter-HIP işlemi öncesi ve sonrasında, numunelerin yoğunluk değerleri ve mikroyapıları incelenmiştir. Çalışma sonucunda Ti-6Al-4V tozların farklı sıkıştırma basınçları ile sıkıştırılması ile üretilen numunelerin Sinter-HIP işlemi sonrasında %99' a varan bağıl yoğunluk değerlerine ulaştığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ti-6Al-4V, TM, Sinter-HIP, Bağıl Yoğunluk.

Abstract

Today, Titanium (Ti) alloys are frequently used in many industrial areas, including biomedical implant production. Powder metallurgy (PM) is one of the preferred production method to meet the demand of large quantities of titanium alloy products. The biggest disadvantage of the products produced by the PM method is the porosity they have and the low strength values of the products. One of the methods developed to eliminate this disadvantage is the sintering process performed by Sinter-HIP method.In this study, Ti-6Al-4V metal powders with particle sizes of -40 µm were compacted at different pressures up to 1500MPa at 600MPa and then sintered by Sinter-HIP method. Within the scope of this method, samples are primarily, sintered at 1200 ^{0}C and 10^{-6} mbar vacuum and then subjected to HIP treatment with 50 bar Argon gas pressure applied at sintering temperature. Relative density values and microstructures of samples were examined before and after Sinter-HIP process.As a result, it was seen that the samples produced by compacting Ti-6Al-4V powders with particle sizes of -40 µm with different compression pressures reached up to 99% relative density values after Sinter-HIP.

Keywords: Ti-6Al-4V, PM, Sinter-HIP, Relative Density.

1. Giriş

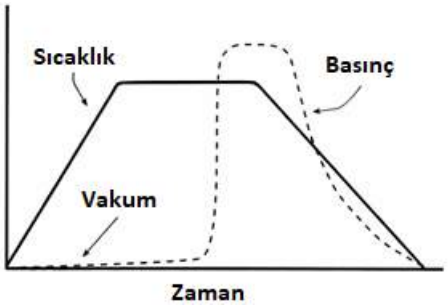
Titanyum yer kabuğunda en çok bulunan dokuzuncu element olup, yer kabuğunun kütlece %0.63' ünü oluşturmaktadır. Titanyum; Alüminyum, Demir ve Magnezyumdan sonra en çok bulunan dördüncü metal olmasına rağmen, endüstriyel kullanımı ilk olarak 1950' li yıllarda havacılık alanında başlamıştır. Titanyumun o dönemden itibaren birçok endüstriyel alanda sıklıkla kullanılmasının temel nedenleri kısaca; düşük yoğunluğu, yüksek gerilme dayanımı, yüksek ısıl dayanımı, yüksek korozyon direnci ve yüksek biyouyumluluğudur. Günümüzde ise Titanyum alaşımları; havacılık, kimya ve biyomedikal endüstrileri için vazgeçilmez malzeme grubu haline gelmiştir. Aynı zamanda Titanyum alaşımları; otomotiv, savunma ve spor endüstrilerinde de geniş kullanım alanlarına sahip malzemelerdir. Bu kullanım alanları nedeniyle Titanyum alaşımları ülkeler için stratejik malzemeler haline gelmiştir [1,2,3]. Tüm bu iyi özellikleri yanında Titanyum pahalı malzemeler grubunda yer almaktadır, bu da endüstriyel kullanım alanlarını daraltmaktadır. Titanyumun yer kabuğunda en çok bulunan dördüncü metal olmasına rağmen pahalı olmasının en büyük nedeni ise saflaştırma işleminin maliyetli olmasıdır. Titanyum reaktif bir metaldir ve bu nedenle saflaştırma işlemi zordur. Saf Titanyum, Dr.Wilhelm Kroll tarafından bulunan ve "Kroll Process" adı verilen bir yöntemle elde edilmektedir [4].

Titanyumun, pahalı olmasına rağmen, kullanım alanları endüstride oldukça fazladır. Titanyumun kullanım alanları; teknolojinin ve araştırmaların ilerlemesiyle her geçen gün artmaktadır ve bunun en önemli nedeni ise; birçok element ile alaşımlandırılabiliyor olmasıdır. Alaşımlandırma işlemleri genellikle, Titanyum' un dayanımının arttırılması veya biyouyumluluğunun yükseltilmesi gibi nedenlerle yapılmaktadır. Bu alaşımlardan en çok bilineni ve üzerinde çalışılanı ise bu tez kapsamında da üzerinde çalışılmış olan; Ti-6Al-4V'dir [5]. Ti-6Al-4V; Titanyum' un mekanik özelliklerini arttırmak üzere üretilmiş bir alaşımdır ve biyomedikal endüstrisinde implant malzemesi olarak en çok kullanılan Titanyum alaşımıdır. Ti-6Al-4V 'un biyomedikal alanında en çok kullanılan titanyum alaşımı olmasının bir diğer nedeni ise yüksek biyouyumluluğudur.

Dünyada Titanyum implantlara olan talebin hızla artması ve Titanyum implantların birim maliyetinin yüksek olması nedeniyle, hızlı ve düşük maliyetli bir üretim yöntemi olan TM Titanyum implant üretiminde sıklıkla tercih edilir hale gelmiştir. Günümüzde metal tozlarıyla implant üretimi, Toz Metalurjisi yöntemiyle olabileceği gibi hızlı sinterleme yöntemleriyle de yapılabilmektedir. Metal tozuyla implant üretiminin en önemli nedeni ise pahalı olan hammadde kaybının minimuma indirilmesidir. Ayrıca metal tozundan üretilmiş implantların; üretim yönteminden dolayı sahip oldukları gözenekli yapı, organik dokunun implant içinde nüfuz etmesini sağlayarak biyouyumluluğu arttırmaktadır.

Gözenekli yapı nedeniyle implant dayanımı düşmüş olsa dahi, elde edilen dayanımlar çoğu zaman kullanım yerine göre yeterli olmaktadır. Yüksek dayanımın gerektiği yerlerde ise daha yüksek yoğunluklu ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sinter-HIP yöntemi, son dönemlerde TM ile üretilen birçok birçok metal alaşımına sıklıkla uygulanmakta ve TM ürünlerin yoğunluklarının arttırılmasında etkili olmaktadır.

Sinter – HIP yöntemi; diğer HIP yöntemlerinden farklı olarak geliştirilmiş bir sinterleme yöntemi olup basınç destekli sinterleme olarak da adlandırılabilir. Klasik HIP işleminde; sinterleme sonrasında parçalar fırından çıkarıldıktan sonra HIP işlemi için özel olarak tasarlanmış farklı bir fırına alınır ve işlem uygulanır. Sinter – HIP işleminde ise parçalar; sinterleme işlemini takiben sıcaklık düşürülmeden, fırının yüksek basınçlı gaz ile doldurulması ile HIP işlemine maruz kalırlar. Şekil 1.' de Sinter – HIP işlemi için örnek zaman, sıcaklık ve basınç değişim grafiği verilmiştir. Başlangıç olarak sinterleme işlemi kapalı gözenek şartını sağlamak için vakum ortamında yapılır. Yaklaşık %95 bağıl yoğunluğa ulaşıldıktan sonra, kalan gözeneklerin giderilmesi için sıcak fırına doldurulan ısıtılmış yüksek basınçlı gaz yardımıyla HIP işlemi gerçekleştirilir. Tipik olarak uygulanan gaz basınçları 50/100/150 bar' dır (5/10/15 MPa). Bu işlemin uygulanabilmesi için kullanılacak fırının yüksek basınç ve vakumlarda çalışmaya uygun bir biçimde tasarlanmış ve üretilmiş olması gerekmektedir [6,7].



Şekil 1. Örnek Sinter-HIP işlemi [8]

Sinter – HIP işleminin yaklaşık maliyeti; sinterleme ve arkasından yapılan HIP işleminin toplam maliyetinin yarısıdır. Ayrıca işlem sinterleme arkasından yapılan HIP işlemine göre daha yüksek sıcaklıklarda ve daha düşük basınçlarda yapıldığı için Sinter - HIP işlemi sonrası parçaların mikroyapısı; sinterleme sonrası yapılan HIP işlemine göre daha üniform bir yapıya sahiptir.

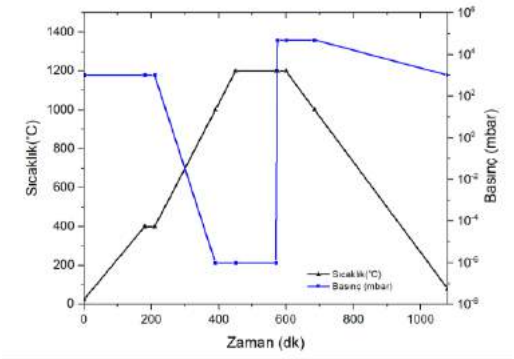
Bu çalışma kapsamında -40 µm partikül boyutlarındaki Ti-6Al-4V metal tozları, 600MPa'dan başlayarak 1500MPa'ya kadar farklı sıkıştırma basınçlarında sıkıştırılmış ve sonrasında Sinter-HIP yöntemiyle sinterlenmiştir. Numuneler, Metal Powder Industries Federation (MPIF) standartlarına uygun üç nokta eğme numunesi boyutlarında üretilmiştir. Ayrıca numunelerin sahip oldukları gözenek miktarı ve tane büyüklüğünün iyi analiz edilebilmesi için metalografik çalışmalar yapılmıştır. Genel kapsamda bu çalışmada farklı bağıl yoğunluklardaki ham numunelerin Sinter-HIP işlemi sonrası sahip olacakları bağıl yoğunluk değerleri ve bu değerler üzerinde Sinter-HIP yöntemi etkilerinin incelenmeye çalışılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada ön alaşımlandırılmış Ti-6Al-4V metal tozu kullanılmıştır. Metal tozu -40 µm boyutunda olup HDH + öğütme yöntemiyle üretilmiştir. Çalışmada kullanılan deneysel yöntemler sıralamasına göre aşağıda verilmektedir.

- Toz partiküllerinin karakterizasyon çalışmaları; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile yapılmış ve toz partikül şekli ve morfolojisinin belirlenmiştir. Bu aşamada ayrıca tozun içerdiği elementlerin belirlenmesi için EDS analizinin gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler QUANTA FEG 250 model SEM cihazı ile yapılmıştır.
- Çift taraflı karıştırıcı kullanılarak metal tozları ile yağlayıcı (%1 oranında Çinko Stearat), 20 dakika ve yaklaşık olarak 22d/d karıştırma hızında konik karıştırıcı içerisinde karıştırılmıştır.
- Kalıpta tek etkili presde soğuk sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma işlemlerine 600 MPa basınç ile başlanmış ve sıkıştırma basıncı 50 MPa arttırılarak 1500 MPa' a Kadar değişen basınçlarda sıkıştırma işlemi yapılmıştır.

- Sıkıştırılan numunelerin ham yoğunlukları 0,001 g hassasiyetindeki hassas terazi ve 0,01 mm hassasiyetindeki mikrometre ve kumpas yardımıyla yapılmıştır.
- Deneyler kapsamında numunelere; basınç destekli sinterleme işlemi uygulanmıştır. Basınç destekli sinterleme işleminde, klasik sinterleme işleminden farklı olarak sinterleme sıcaklığında belirlenen bekleme süresi geçildikten sonra fırına, ısıtılmış yüksek basınçlı Ar gazı basılmaktadır (50 bar). Basılan bu gaz sayesinde numuneler üzerinde tekrar bir sıkıştırma etkisi oluşturulmuştur. Deneylerde uygulanan bu basınç destekli sinterleme işlemi literatürde " Sinter-HIP " olarak bilinmektedir. Mekanik deneylerde kullanılacak olan numuneler tek seferde aynı fırın içerisinde sinterlenmiştir. Bu kapsamda uygulanmış olan Sinter-HIP işlemi sırasında, fırın iç basıncı ve sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimini gösteren grafik Şekil 2.' de verilmiştir. Ayrıca Sinter-HIP işelminin aşamaları aşağıda maddeler halinde verilmektedir.



Şekil 2. Sinter-HIP aşamaları (sıcaklık - basınç - zaman değişimi)

1- Numuneler; oda sıcaklığından (25 °C), 400 °C' ye kadar yaklaşık 2 °C/dk hızında ısıtılmış ve bu aşama 180 dakika sürmüştür. Bu aşamada fırın sürekli olarak Ar gazı ile beslenmiş ve sadece fırın içerisinde oluşan çinko-stearat buharını temizleyecek seviyede vakum yapılmıştır. Aynı anda fırına Ar gazı gönderilmesi ve fırının vakum pompalarının çalıştırılması nedeniyle; fırının iç basıncı atmosfer basıncı seviyesinde sabit kalmıştır.

2- Numuneler 400 °C de, 30 dakika bekletilmiş ve numunelerde yağlayıcı olarak kullanılan çinko-stearat' ın tamamen buharlaşması sağlanmıştır. Bu aşamada fırına gönderilmeye devam eden Ar gazı sayesinde fırın içerisinde buharlaşan çinko-stearat ve oksijen fırın içerisinden tamamen uzaklaştırılmıştır.

3- Numuneler 400 °C' den 1200 °C' ye kadar yaklaşık 3,3 °C/dk hızında ısıtılmış ve bu aşama 240 dakika sürmüştür. Bu aşama başlangıcında fırına argon gazı beslemesi kesilmiş ve fırın kademeli olarak vakuma alınmıştır. Vakum basıncı; literatürde Ti-6Al-4V için sinterleme başlangıç sıcaklığı olarak gösterilen 1000 °C civarlarında 10^{-6} mbar seviyesine düşmüş ve uygulanan sinterleme sıcaklığı olan 1200 °C' de aynı seviyede sabit tutulmuştur.

4-Numuneler 1200 °C ve 10^{-6} mbar vakum basıncında 120 dakika süreyle bekletilerek sinterlenmiştir.

5-Sinterleme işlemi sonrasında sıcaklık 1200 °C' de sabit tutulurken, fırına 50 bar (5 MPa) basınçta, ısıtılmış Ar gazı basılmış ve numunelerin üzerinde izostatik basınç etkisi yaratılmıştır. Bu aşamada; numunelerin 1200 °C ve 50 bar Ar basıncı altında 30 dakika bekletilmesiyle HIP işlemi gerçekleştirilmiştir.

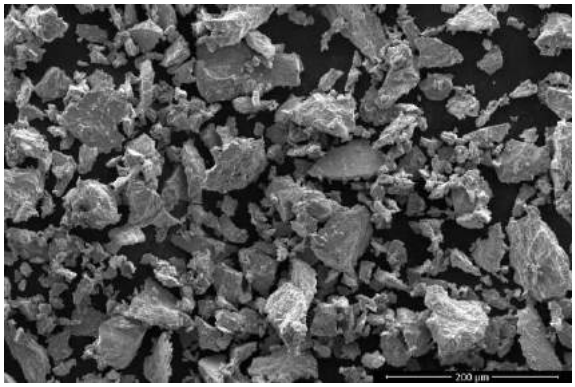
6-Numuneler 1200 °C' den 80 °C' ye kadar yaklaşık 2,3 °C/dk soğutma hızında soğutulmuş ve bu işlem 480 dakika sürmüştür. Bu aşamada basınç, sıcaklık 1000 °C seviyelerine gelene kadar 50 bar seviyelerinde tutulmuş ve takiben kademeli olarak atmosfer basıncına düşürülmüştür.

Numunelerin; Sinter-HIP işlemi sırasında, kendi aralarında reaksiyona girmemesi için numuneler grafit tepsiler üstünde aralıklı şekilde fırına yerleştirilmiş ve tüm numuneler tek seferde sinterlenmiştir. Aynı şekilde, sinterleme işlemi yapılırken fırına; sadece bu çalışma kapsamındaki Ti-6Al-4V numuneler yerleştirilmiş ve istenmeyen malzeme reaksiyonlarının önüne geçilmiştir. Sinter-HIP işlemi toplamda 18 saat sürmüştür.

- Sinterlenmiş numunelerin yoğunluk değerleri Arşimed Prensibine göre belirlenmiş ve seçilen numunelere üç nokta eğme deneyleri uygulanmıştır. Üç nokta eğme deneyleri TS EN ISO 7438 (2016) standartlarına uygun olarak bilgisayar kontrollü üniversal çekme cihazı ile yapılmıştır.
- Sinterlenmiş numunelerin kırık yüzeylerinin incelemeleri QUANTA FEG 250 model SEM cihazı ile yapılmış ve deneysel çalışmalar sonlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan -40µm toz partikül boyutundaki Ti-6Al-4V metal tozunun SEM görüntüsü Şekil 3.'de verilmektedir. Görüntü incelendiğinde; toz partiküllerinin düzensiz, köşeli ve homojen olmayan şekillerde oldukları görülmektedir. Bu durum metal tozlarının; HDH + öğütme yöntemi ile üretilmesinden dolayı oluşmaktadır [9]. Ayrıca şekilde görüldüğü üzere toz partikülleri boyutları arasında oldukça farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum ticari olarak satın alınan tozların Mesh ölçeklendirmesine göre; ortalama toz partikül boyutu dikkate alınarak geniş boyut aralıklarında sınıflandırılmasından kaynaklanmaktadır. Ticari olarak satın alınan metal tozlarında gözlemlenen düzensiz şekil ve boyut dağılımının bir diğer nedeni ise yığılmadır. Yığılma; öğütme işlemi sırasında oluşan Van Der Walls kuvvetleri veya atom bağları tarafından oluşan mekanik kenetlenme ile tane birleşmesi olarak açıklanabilir. Ayrıca öğütme işlemi sırasında taneler birbiriyle çarpışarak dövme etkisi yaratmışlardır. Dövme etkisinin oluştuğu yüzeyler yassılaşmaktadır [10]. Büyük boyutlu toz partiküllerinin üzerine, çok daha küçük boyutlu toz partiküllerinin yapışması, uydulaşma olarak adlandırılmaktadır [11]. Ticari olarak satın alınan Ti-6Al-4V toz grubu içinde uydulaşmaların oluştuğu rahatlıkla görülebilmekte olup bu durum ticari tozların üretimi aşamasında küçük toz partiküllerinin, büyük toz partiküllerine göre daha hızlı şekilde katılaşmasının bir sonucudur.



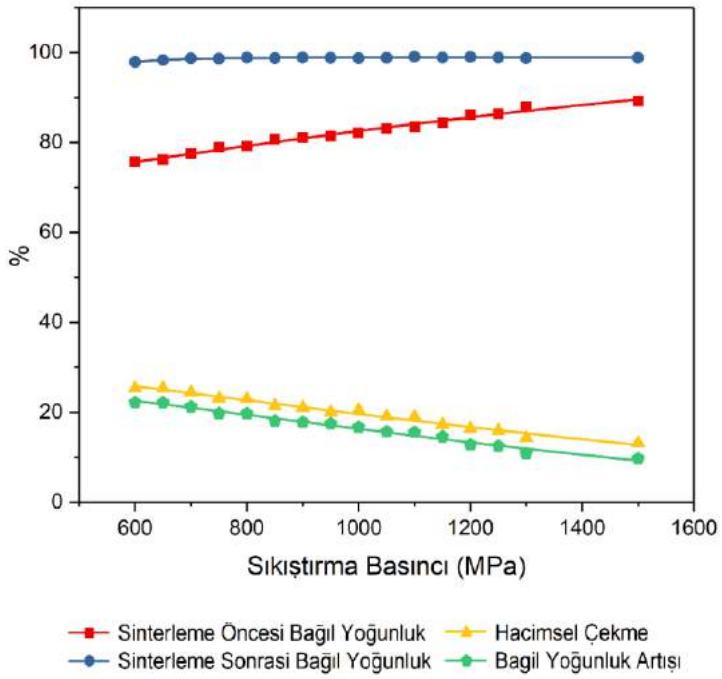
Şekil 3. -40µm toz partikül boyutundaki Ti-6Al-4V metal tozunun SEM görüntüsü.

Sıkıştırma işlemlerine; 600 MPa sıkıştırma basıncı ile başlanmış ve bu değer her sıkıştırma denemesinde 50 MPa arttırılmıştır. Toplamda 16 farklı basınç değeri kullanılmış ve sıkıştırma işlemleri sonunda numunelerin ham yoğunlukları hesaplanmıştır. Yoğunluk hesaplamalarında $\rho_{\text{çinko stearat}}$= 1,1 g/cm^3 ve $\rho_{\text{Ti-6Al-4V}}$ = 4,43 g/cm^3 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 1.' de sıkıştırılan numunelerinin sinterleme öncesi ve sonrasında; hesaplanan veya ölçülen kütle, yoğunluk, % hacimsel çekme ve % bağıl yoğunluk artışı değerleri verilmektedir. Ayrıca Şekil 4' da verilen, sıkıştırma basıncına bağlı; sinterleme öncesi ve sonrası sonrası bağıl yoğunluk, sinterleme sonrası hacimsel çekme, sinterleme sonrası bağıl yoğunluk değerlerinin % değişim grafiği çizilmiştir.

Tablo 1. Sıkıştırılan numuneleri sinterleme öncesi ve sonrası kütle, yoğunluk, % hacimsel çekme ve % bağıl yoğunluk artışı değerleri.

Numune		Basınç (MPa)	Sinterleme Öncesi			Sinterleme Sonrası			Hacimsel Çekme (%)	Bağıl Yoğunluk Artışı (%)
Toz	Kod		Kütle (g)	Ham Yoğunluk (g/cm^3)	Bağıl Yoğunluk (%)	Kütle (g)	Yoğunluk (g/cm^3)	Bağıl Yoğunluk (%)		
-40 µm Ti-6Al-4V Tozu	116	600	8,99	3,26	75,70	8,94	4,34	97,87	25,37	22,16
	115	650	8,99	3,27	76,15	8,92	4,35	98,29	25,41	22,14
	114	700	9,01	3,33	77,45	8,94	4,37	98,66	24,44	21,21
	113	750	8,99	3,39	78,92	8,91	4,37	98,62	23,05	19,70
	112	800	9,07	3,40	79,14	8,98	4,38	98,85	23,02	19,70
	111	850	9,04	3,47	80,71	8,96	4,37	98,75	21,37	18,04
	110	900	9,01	3,49	81,07	8,93	4,38	98,84	21,09	17,77
	109	950	8,80	3,50	81,33	8,81	4,38	98,81	20,01	17,47
	108	1000	9,05	3,53	82,07	8,92	4,37	98,73	20,48	16,66
	107	1050	9,05	3,57	83,11	8,97	4,38	98,80	19,09	15,69
	106	1100	8,96	3,59	83,48	8,87	4,39	99,04	19,02	15,56
	105	1150	8,92	3,63	84,33	8,91	4,38	98,86	17,28	14,53
	104	1200	8,98	3,71	86,17	8,89	4,38	98,97	16,38	12,80
	103	1250	9,03	3,71	86,36	8,95	4,38	98,85	15,92	12,49
	102	1300	9,00	3,78	87,97	8,92	4,38	98,76	14,28	10,79
	101	1500	11,02	3,83	89,16	10,93	4,38	98,83	13,15	9,67

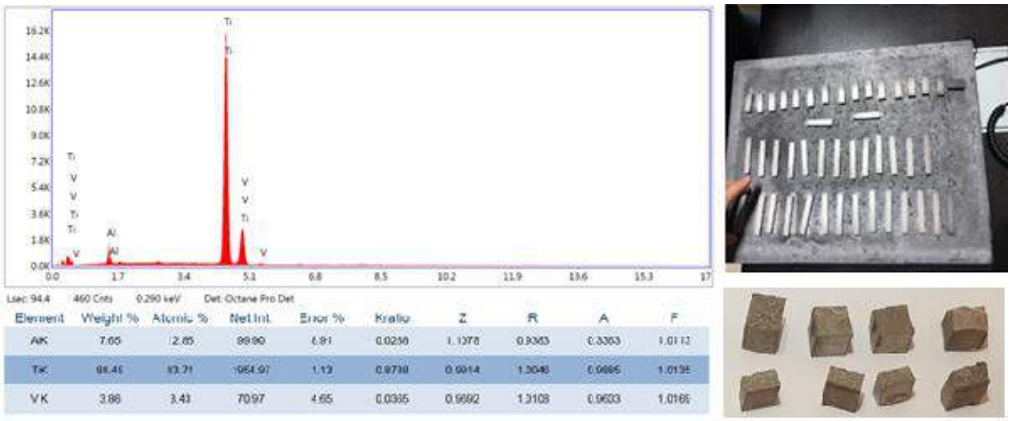


Şekil 4. Sıkıştırma basıncına bağlı sinterleme öncesi ve sonrası hacimsel çekme, bağıl yoğunluk değerlerinin değişimi.

Çizelge 1. ve Şekil 4.incelendiğinde tüm numuneler için ortalama kütle kaybının %1 seviyesinde olduğu görülebilmektedir. Bu durum sıkıştırma işlemlerinde yağlayıcı olarak kullanılan çinko stearat' ın sinterleme aşamasında tamamen buharlaştığının bir kanıtı niteliğindedir. Sinterleme aşamasından öncesi teorik yoğunluk değeri, 4,30 g/cm^3 olarak hesaplanmış ve numunelerin bağıl yoğunlukları bu değer kullanılarak hesaplanmıştır. Sinterleme sonrasında ise bağıl yoğunluk değerleri hesaplamasında ise; çinko stearat' ın tamamen buharlaştığı dikkate alınmış ve teorik yoğunluk değeri Ti-6Al-4V'nin yoğunluğu olan 4,43 g/cm^3 olarak kullanılmıştır.

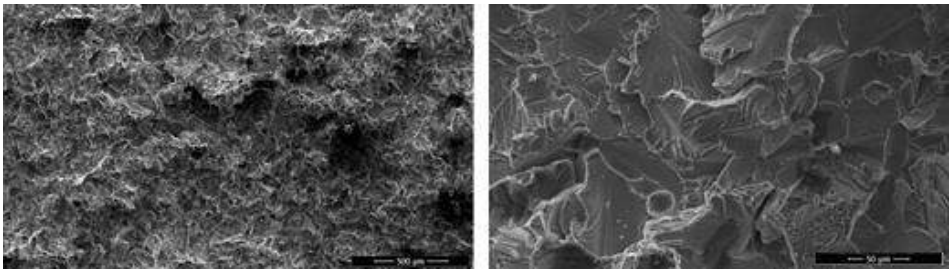
Sinterleme öncesi yapılan ölçümlerde; sıkıştırma basıncı artışıyla doğru orantılı olarak bağıl yoğunluğun da arttığı, sinterleme sonrasında ise bağıl yoğunluk değerinin farklı basınçlarda sıkıştırılan tüm numuneler için %98-99 seviyesine geldiği görülebilmektedir. Bu durum 120 dakikalık sinterleme aşaması sonrasında sinterleme sıcaklığında 30 dakika boyunca 50 bar Ar gaz basıncıyla uygulanan HIP işleminin bir sonucudur. Farklı ham yoğunluk değerlerine sahip numunelerin 120 dakikalık sinterleme aşaması sonrasında yoğunlukları ölçülememiş olmasına rağmen, ham yoğunluklarıyla orantılı olarak %90-95 seviyelerindeki bağıl yoğunluk değerlerine ulaştığı ve %98-99 bağıl yoğunluk değerlere ulaşmaları için gerekli olan son yoğunlaşmanın (mevcut gözeneklerin küçülmesi ya da tamamen kapanması) HIP aşamasında gerçekleştiği düşünülmektedir [12]. Sinter-HIP işlemi tam yoğun ya da tam yoğuna yakın parçalar üretmek için uygulanan bir işlem olup [13], sinterleme sonrası bağıl yoğunluk değerleri incelendiğinde; (%98-99) seçilen Sinter-HIP parametrelerinin; (sıcaklık, basınç, bekleme süresi) -40 µm boyutundaki ticari tozlar için yeterli olduğu görülebilmektedir

Sinter- HIP işlemi sonrasında, farklı ham yoğunluk değerlerine sahip tüm numunelerin benzer bağıl yoğunluk değerlerine ulaşması dikkate alındığında; numunelerdeki bağıl yoğunluk artışının, sıkıştırma basıncı artışıyla ters orantılı olarak %22 seviyesine ulaştığı görülebilmektedir. Numunelerdeki bağıl yoğunluk artışı ile doğru orantılı olarak hacimsel çekme değerleri de artmış ve %25 seviyesine kadar ulaşmıştır. Yüksek hacimsel çekme oranları, düşük sıkıştırma basınçları ve buna bağlı olarak da düşük ham yoğunluk değerlerinin bir sonucudur. Sinterleme işlemi sonrası seçilen numunelerin bir bölümüne üç nokta eğme deneyi uygulanmıştır. Genel olarak bakıldığında numunelerin hiçbirinde herhangi bir çarpılma veya oksitlenme belirtisi yoktur. Bu durumun numunelerin yüksek vakum ortamında sinterlenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu bulgular sinterleme işlemi sonrası yapılan EDS analizleri ile de desteklenmektedir. Şekil 5.'de numunelerin fırından çıkmış ve tepsi üzerindeki görüntüleri ve deneylerde kullanılan bazı numunelerin görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5. Sinterlenmiş numunelerin EDS analizleri, sinterleme işlemi sonrası numunelerin genel görünümleri, deneylerde kullanılan bazı numune örnekleri.

Şekil 6.'da üç nokta eğme deneyi uygulanan bazı numunelerin SEM görüntüleri verilmektedir. Görüntüler incelendiğinde gözeneklerin neredeyse tamamen kapanarak ortadan kalktığı ve buna bağlı olarak da yoğunluğun %99 seviyelerine ulaştığı görülebilmektedir.



Şekil 6. Bazı numunelerin SEM görüntüleri.

4. Sonuç

Yapılan çalışmalar sonrasında elde edilen sonuçlara bakıldığında; 1150 MPa üzerindeki basınçlarda yapılan sıkıştırma denemelerinde, kalıp duvarlarına yaklaşık olarak 700 MPa ve üzeri basınç etki etmektedir. Bu durumlarda; daha yüksek bağıl yoğunluk değerlerine ulaşılsa da bu basınç değerlerinin kalıplara hasar verdiği ve bağıl yoğunluk değerini çok fazla yükseltmediği deneysel çalışmalarla görülmüştür. Uygulanan; Sinter-HIP işlemi sonrası; -40 µm partikül boyutlu tozlarda ulaşılan %99 seviyelerindeki bağıl yoğunluk değerlerinin; Sinter-HIP işlemi için seçilen parametrelerin yeterli olduğunu göstermekte ve SEM görüntüleri de bunu desteklemektedir. Daha büyük partikül boyutlarında bağıl yoğunluk değerlerinin yükseltilmesi ve hatta %99 seviyelerine ulaştırılması için; sinerleme sıcaklığı (1200 ^{o}C), sinterleme sıcaklığında bekleme süresi (120 dakika), HIP basıncı (5 MPa), HIP basıncında bekleme süresi (30 dakika) parametrelerinden bir ya da birden fazlasının yükseltilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bunlara ek olarak ilerleyen dönem çalışmaları için ; Sinter-HIP işlemi sırasında seçilen parametrelerin değiştirilerek (süre, basınç, sıcaklık) bu parametrelerin; partikül boyutuna bağlı olarak numunelerin tam yoğunluğa ulaşılması üzerindeki etkilerinin araştırılması, farklı vakum basınçları altında yapılan sinterleme işlemlerinin numunelerin üzerindeki etkisinin araştırılması, Sinter-HIP işleminin son aşamasında uygulanan HIP basıncının numunelerin yoğunluk artışı üzerindeki etkilerinin daha net bir şekilde belirlenmesi tavsiye edilmektedir.

5. Referanslar

[1] Wang, R.R., Fenton, A., 1996. Titanium For Prosthodontic Applications: A Review Of The Literature. Quintessence international, 27-6, 401-408.
[2] Lautenschlager, E.P., Monaghan, P., 1993. Titanium and Titanium Alloys as Dental Materials. International Dental Journal, 43-3, 245-253.
[3] Mark, J.J., Ahmed, W., 2007 Surface Engineered Surgical Tools And Medical Devices. Springer, 533-576, New York.
[4] ASM, 1998. ASM Handbook Volume 7 - Powder Metal Tecnologies and Applications. ASM International, 2759, USA.
[5] Bomberger, H.B., Froes, F.H., Morton, P.H., 1985. Perspective. Titanium Technology Present Status and Future Trends, Titanium—A Historical, 3-17.
[6] Abkowitz, S., 1980. Isostatic Pressing of Complex Shapes from Titanium Alloys, Power Metallurgy of Titanium Alloys, THe Mettallurgical Societ of AIME,291-302.
[7] German, R.M., 1996. Sintering Theory and Practice. Wiley, 568, USA.
[8] German, R.M., 1994. Powder Metallurgy Science. Metal Powder Industry; Subsequent edition. 472, USA.
[9] ASM, 2004. ASM Handbook Volume 9 - Metallography and Microstructures. ASM International, 2733, USA.
[10] Froes, F.H., Eylon, D., 1984. Titanium Powder Metallurgy—A Review, Titanium Net-Shape Technologies, The Metallurgy Society of AIME, 1-20.
[11] German, R.M., 2005. Powder Metallurgy & Particulate Materials Processing. Metal Powder Industry, 643,New Jersey.
[12] Upadhyaya, A., 2002. Powder metallurgy technology. Cambridge Int Science Publishing, 536, USA.
[13] Fang, Z.Z., Paramore, J.D., Sun P., Xia, Y., 2017. Powder metallurgy of titanium – past, present, and future. International Materials Reviews.
[14] Bolzoni, L., Meléndez, I.M., Ruiz-Navas, E.M., 2012. Microstructural evolution and mechanical properties of the Ti–6Al–4V alloy produced by vacuum hot-pressing. Mater Sci Eng A. 546, 189–197.
[15] Cao F., Chandran, K.S.R., Kumar, P., 2017. New approach to achieve high strength powder metallurgy Ti-6Al-4V alloy through accelerated sintering at β-transus temperature and hydrogenation-dehydrogenation treatment, Scripta Materialia, 130, 22–26.
[16] Carbide Technologies, 2018. Erişim Tarihi; 3.03.2018 http://www.carbidetechnologies.com/faq/what-is-sintering-or-sinter-hiping/
[17] Chen, W., Yamamoto Y., Peter, W.H., Clark, M.B, Nunn, S.D., Kiggans, J.O., Gorti, S.B., Sabau, A.S., 2011. Cold compaction study of Armstrong Process® Ti–6Al–4V Powders. Powder Technology, 214, 194-199.
[18] Froes, F.H., Eylon, D., 1985. Powder Metallurgy of Titanium Alloys—A Rewiew, Titanium Science and Technology. 1, 267-286.
[19] MPIF, 2006. Standard test methods for metal powders and powder metallurgy products. Metal Powder Industries Federation, 118 USA.
[20] Xıaoyan X., Phılıp N., Damıen M., 2017. Characterization and Sintering of Armstrong Process. Titanium Powder. 69-4
[21] Lütjering, G., Williams, C., 2003. Titanium. Springer-Verlag, Heidelberg.
[22] Ustundag,M. (2018). Öğütme ve HDH Yöntemleriyle Üretilen Ti-6Al-4V Tozlarının Sinter-HİP Yöntemiyle Sinterlenmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi, SDÜ FBE, Doktora Tezi.

Arıtma çamurunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi: Seyhan (Adana) örneği

Determination of physical and mechanical properties of sewage sludge: Seyhan (Adana) case

Elif ERDEVE ÖZVAN[1]

[1]Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Science, Adana, Turkey

Özet

Çevre bilincinin arttığın günümüzde atık malzemelerin farklı alanlarda değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bu konuda son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara katkı olması amacıyla Seyhan (Adana) atık su tesisinden çıkan arıtma çamurunun özellikleri araştırılmıştır. Bu malzemenin ham halde kullanılabilirliğinin ortaya çıkarılması için bazı fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Yapılan bu testler sonucunda malzemenin Likit Limit değerlerinin %100'ün üzerinde çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan Proktor deneyinde ham malzemenin optimum su içeriği % 57, maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinin ise 0.71 gr/cm^3 olduğu ve numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyinde, sıkıştırılmış numunelerde boşluk oranlarının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerler Karayolları Teknik Şartnamesi'nde belirtilen alt temel şartlarını karşılayamamış olduğundan, arıtma çamurunun karayollarında ham halde iyileştirici malzeme olarak tek başına kullanılmasının uygun olmayacağını göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Atık, artıma çamuru, Proktor, konsolidasyon

Abstract

In today's environment where environmental awareness is increasing, the necessity to evaluate waste materials in different areas arises. In this regard, many studies have been carried out in recent years. In order to contribute to these studies, the properties of sewage sludge from Seyhan (Adana) wastewater treatment plant were investigated. Some physical and mechanical tests have been performed to determine the availability of this material in crude form. As a result of these tests, it was determined that the Liquid Limit values of the material were over 100%. In addition, the optimum water content of the raw material was 57%, the maximum dry unit weight was 0.71 g / cm3 in the Proctor test and in the consolidation test carried out on the sample, it was determined that the pore rates in the compressed samples were very high. As the obtained values could not meet the sub-basic conditions stated in the Technical Specifications of Highways, it has been shown that it is not appropriate to use the sewage sludge alone in a raw form as a remediation material in highways.

Keywords:

Waste, sewage sludge, Proctor, consolidation

1. Introduction

Nowadays, at the beginning of the works for the protection of the environment is the destruction of wastes. With the use of these wastes in different areas at the stage of waste disposal, economic and environmental benefits are prioritized. Physical, chemical and mechanical properties of these materials are determined in the first step of waste disposal.

There are some studies in the literature on this subject. In recent years there have been studies on the use of these materials, which are particularly included in the soil materials in certain proportions, as remediation materials. In South Korea, the wastewater treatment plant examined the sewage sludge [1] and evaluated the engineering properties by adding slaked lime, leuc and fly ash to the sewage sludge. According to this study, it has been suggested that modified sludge as a building material in the construction area can be an alternative to fly ash and slaked lime. A study has been performed on biosolid obtained from a wastewater treatment plant in Victoria, Austria [2] and it has been determined that 5% cement mixed sewage sludge reached the required CBR value for road filling according to the Highways Specification of the state of Victoria. In another study, in order to improve the strength of the soft infrastructure soil, they mixed the burned sewage sludge ash with cement in certain proportions. With this study, they revealed that the burnt sewage sludge ash and cement mixture could increase the strength of the soft infrastructure soil [3]. Another study examining the burnt sewage sludge ash as a soil remediation material examined atterberg limits, unconfined compressive strength, standart proctor (compaction) test and swell pressure test free pressure test by mixing 3 different clayey soils and the sewage sludge ash burnt at 550 °C. According to the results of the experiment, it was determined that the burnt sludge ash, which was 7.5%, increased the free compressive strength of the clay and the maximum dry unit weight and reduced the potential for swelling [4]. In the study carried out at the Changan solid waste site in China, the geotechnical properties of the sewage sludge has been investigated in order to find a suitable treatment method for the waste sludge disposal site and according to the results of the experiment, an in-situ improvement was proposed for the landfill and two methods were proposed, namely in-situ vacuum preloading method and solidification treatment method [5]. In the Seyhan Waste Water Treatment Plant where the sewage sludge to be used in the study is provided, the domestic wastewater without treatment discharged to the Seyhan River and drainage channels and pre-treated industrial wastewater is treated.In this study, it is aimed to determine the properties of this wastewater sewage sludge before disposal. It is aimed to recover the sewage sludge according to the data obtained as a result of the laboratory work and thus to provide an economical contribution by reducing the storage cost.

2. Method

The sewage sludge, which is disposed of at the plant, is laid to the stations having 10 m3 containers and then to the existing waste area. In order to provide the sewage sludge which is the subject of our study, firstly the sludge was supplied to the container station by moving conveyors and samples were provided from the sewage sludge with high organic matter content.

The sewage sludge from the land was brought to the laboratory and allowed to dry in the natural state for about 1 month and milled in the jaw crusher. The milled materials were then sieved through sieve 40 to be used in consistency limit tests, one of the experimental studies (Figure 1). Organic material content and water content tests were performed on the samples obtained from Wastewater Treatment Plant. The content of organic matter was done in the Geochemistry Laboratory of the Department of Geological Engineering, Çukurova University. In the second phase of the experimental study, samples were also taken from the sewage sludge, which was laid on the landfill and waited in the field for about 1 year and partially lost the organic matter content instead of the sewage sludge which was recently discarded from the plant and had a high content of organic matter (Figure 2). First of all, the specific gravity of the material [6] was determined and a grain size analysis was performed by means of the hydrometer test [7]. These tests were followed by Atterberg limit determination tests [8]. In the final stage of the experimental study, it was aimed to investigate the compressive properties of the sludge and the values after the compression. For this purpose, the samples were compressed in different moisture contents and subjected to compaction experiment [9]. As a result of the experiment, the maximum dry unit weight and optimum moisture content of the sample were determined. In the final stage, the consolidation test [10] was carried out on the sample, which was compressed in the optimum moisture content.

Figure 1. Sewage sludge sieved through the 40-sieve after drying in a natural state.

Figure 2. An overview of the landfill.

3. Result and Discussion

After the sewage sludge from the treatment plant was brought to the laboratory, the organic matter content [11] was determined. The organic matter content of the sludge was determined as 54.20%. Moisture content test was performed in the same sludge sample [12] and the moisture content of the sample was found to be 280.51%. The first experiments have shown that the use of the sample as raw sludge will cause drawbacks and it is concluded that different forms of this material should be considered. Therefore, the test results of the dried and treated sludge samples in the field were examined. Because of the failure of the tests on the raw sludge samples in the experimental phase, the sample was taken from the treatment plant again. In order to determine the index properties of the sewage sludge which was brought to the laboratory and dried in the natural state on the field, specific gravity test was performed on the disturbed samples and the specific gravity of the material was 1.76. In addition, hydrometer test and wet sieve analysis were performed.

Dried samples which were undergone through the jaw crusher and then sieved through sieve 40 were subjected to consistency limit tests according to ASTM standard [8]. In the experimental phase, mold formation occurred in the samples due to the high organic matter content of the sample (Figure 3) and as a result of the consistency limit tests, acceptable results could not be obtained (Table 1). In addition, during the hydrometer test, the foam formed as a result of the reaction due to the nature of the organic matter on the tape measure and and this has prevented healthy results as it delays the sedimentation of the material (Figure 4).

Figure 3. An image of mold in the sample formed during the Consistency Limit test.

TABLO I. CONCLUSION TABLE FOR CONSISTENCY LIMIT TESTS

	I.Test	II.Test	III.Test
Liquid Limit	%138.20	%134.00	%140.08
Plastic Limit	%88.30	%77.47	%80.51
Plasticity Index	%49.90	%56.53	%59.57

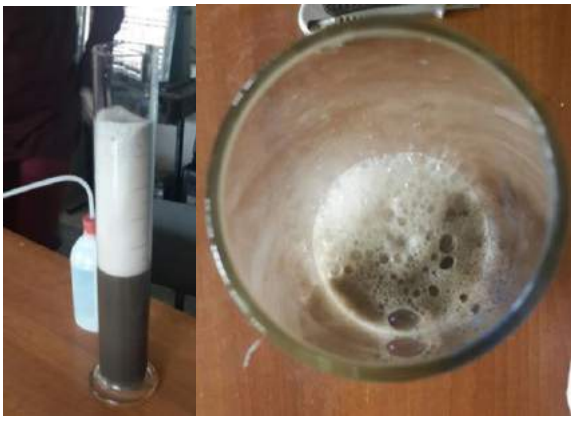


Figure 4. An image of the foaming that occurs during the hydrometer test.

The compaction test was performed in order to check the compressive properties of the sludge and the values after the compaction (Figure 5). As a result of the experiment, the maximum dry unit weight and optimum moisture content of the sample were determined. When the results of the Proctor test of the sample were examined, it was determined that the optimum moisture content value of the raw material of the sample was 57% and the maximum dry unit weight value of the sample was 0.71 gr / cm^3 (Figure 5). The sample taken from the sewage sludge is very low in dry unit weight and the optimum moisture content is very high compared to a sample of compressed natural clay. When these values are taken into consideration, it is determined that the material is weak soil due to the maximum dry unit weight (γ_{max} dry) value is ≤1.4 according to Highways Technical Specification (CTR). When the LL, PI and γ_{max} dry values of this material are considered, it is not possible to use in raw form as a sub-base material.

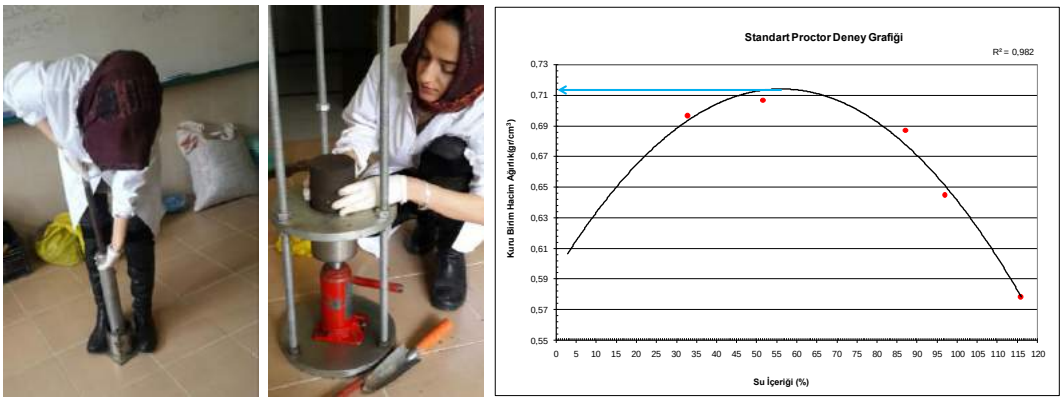


Figure 5. An image of the proccess phase of the compaction test and the result obtained.

In the consolidation test carried out on the sample compacted in the optimum moisture content, it was determined that the void ratios were too high in the compressed samples. These results also indicate that it is not possible to use the sewage sludge in the raw form (Figure 6).

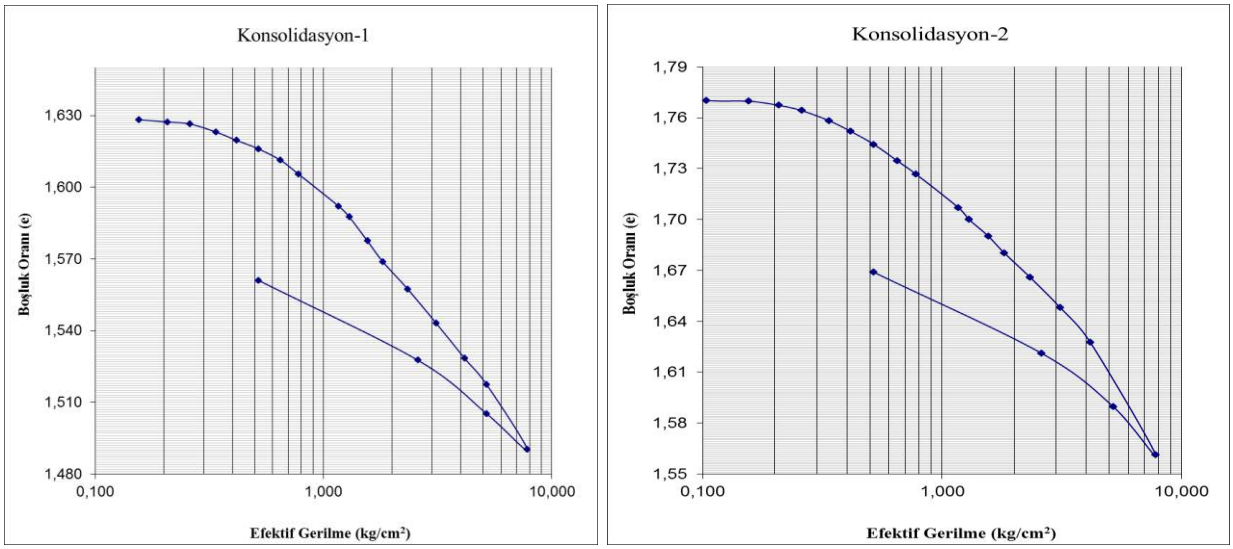


Figure 6. Consolidation test graphs of compressed sewage sludge.

4. Conclusion

As a result of the tests, especially the Liquid Limit values were over 100% in three control samples and the Plasticity index was over 35%. In the Technical Specification of Highways, the soils where the Liquid Limit value is 60% and the Plasticity Index value is greater than 35% are defined as "Poor Soils". When these results and the Highways Technical Specification values were compared, it was determined that the sewage sludge sample had poor soil characteristics. This shows that this example cannot be used directly as a soil remediation or filling material. According to the Technical Specification of Highways, the material was found to be poor soil due to the maximum dry unit weight (γ_{max} dry) value of the soil was ≤1.4. When the LL, PI and γ_{max} dry values of this material are considered, it is not possible to use it in raw form as sub-base material. In addition, in the consolidation test carried out on the sample compressed after the proctor test, it was determined that the void ratios in the compressed samples were very high. These results also show that it is not possible to use the sewage sludge in the raw form.

According to the data obtained from the laboratory study, it was planned to make an economic contribution by reducing the cost of storage and evaluating the improvement methods regarding recovering the sewage sludge and using of it in different areas. However, the experimental results showed that it is not possible to compress the sewage sludge with high organic matter content in raw form and to use it in the soil imrovement. As the obtained values could not meet the sub-basic conditions stated in the Technical Specifications of Highways, it was found that it would not be appropriate to use the sewage sludge alone in raw form as a remediation material in highways. The use as an impermeable layer in the field of solid waste landfill has been evaluated as another area of use but our test results have not achieved the desired values. Due to the negative consequences of the use of sewage sludge alone, it is recommended to examine the physical properties and the changes in the compressive values by mixing the sewage sludge with different properties of clays in different ratios.

5. References

[1] Lim, S., Jeon, W., Lee, J., Lee, K., Kim, N., 2002. Engineering properties of water/wastewater-treatment sludge modified by hydrated lime, fly ash and loess. Water Research 36: 4177–4184

[2] Suthagaran, V., Arulrajah, A., Bo, M. W. & Wilson, J. L. 2008. Biosolids as a construction material for engineered fills. Proceedings of the 10th International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation, 27-31 May, Athens Greece vol. 3: pp. 1885-1890.

[3] Chen, L., Lin, D., 2009. Stabilization treatment of subgrade soil by sewage sludge ash and cement. Journal of Hazardous Materials. 162: 321-327.

[4] Al-Sharif, M. M., Attom, M. F., 2014. A geoenvironmental application of burned wastewater sludge ash in soil stabilization. Environ Earth. 71: 2453-2463

[5] Zhan, L.T., Zhan, X., Lin, W., Luo, X., Chen, Y., 2014. Field and laboratory investigation on geotechnical properties of sewage sludge disposed in a pit at Changan landfill, Chengdu, China. Eng. Geol. 170: 24-32.

[6] ASTM D 854, 2009. Standard Test Method for Specific Gravity of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p 93-99.

[7] ASTM D 422, 2009. Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken,

[8] ASTM D 4318, 2009. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, p 582-595.

[9] ASTM D 698–00., 2003. Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, pp.78-88.

[10] ASTM D 2435, 2009. Standard Test Method for One-Dimentional Consolidation Properties of Soils, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p 238-247.

[11] ASTM D 2974, 2009. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils, Volume 04.08., West Conshohocken, p 214-217.

[12] ASTM D 2216, 2009. Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, p 152-154.

Van Gölü seviye değişimleri ile ön konsolidasyon basıncı arasındaki ilişki için bir ön çalışma

A pre-study for relationship between change of Lake Van level and pre-consolidation pressure

Elif ERDEVE ÖZVAN[1]
Ali ÖZVAN[2]

[1]Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Science, Adana, Turkey
[2]Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Engineering, Department of Geology, Van, Turkey

Özet

Van Gölü Türkiye'nin en büyük gölü olmasının yanında oluşumu, seviye değişimleri ve kimyasıyla aynı zamanda en farklı göllerinden biridir. Geçmişte mevcut kotundan daha yüksek seviyelere çıktığı bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Bu çalışmada, Van Gölü doğusundaki killi zeminlerin ön konsolidasyon basıncı (σ_{pc}) değeri ile göl seviye değişimleri arasındaki olası ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hesaplanan σ_{pc} değeri ile efektif gerilme (σ') değeri ilişkilendirildiğinde, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanındaki killerin σpc değerlerinin gölün sığ dönemine işaret ettiği gözlenmiştir. Bu sonuç, Van Gölü doğusundaki killerin jeolojik yaşının yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler:

Kil, ön konsolidasyon, Van Gölü seviye değişimi

Abstract

Besides being the largest lake of Turkey, Lake Van is also one of the most diverse lake with its formation, level changes and chemistry. In some studies, it has been reported in the past that it has reached higher levels than the current level. In this study, it was aimed to determine the possible relationship between the pre-consolidation pressure (σ_{pc}) value of the clayey soils and the lake level changes in the east of Lake Van. When the calculated σ_{pc} value and the effective stress (σ') value were correlated, it was observed that the σpc values of the clays in the campus area of Van Yüzüncü Yıl University indicate the shallow period of the lake. This result indicates that the geological age of clays in the east of Lake Van should be re-evaluated.

Keywords:

Clay, pre-consolidation, Lake Van level change

1. Introduction

Besides the distinction of being the largest lake in Turkey, Lake Van is also a remarkable lake with its formation, level changes and chemistry. Approximately 790 thousand years ago, the products formed as a result of the eruption of the Nemrut volcano on the west of Lake Van began to fill the valley of Bitlis Stream, the Muş basin and the Van basin became two separate basins [1]. The Van basin, which became a closed basin, has consistently preserved and formed the Lake Van [2] (Figure 1).

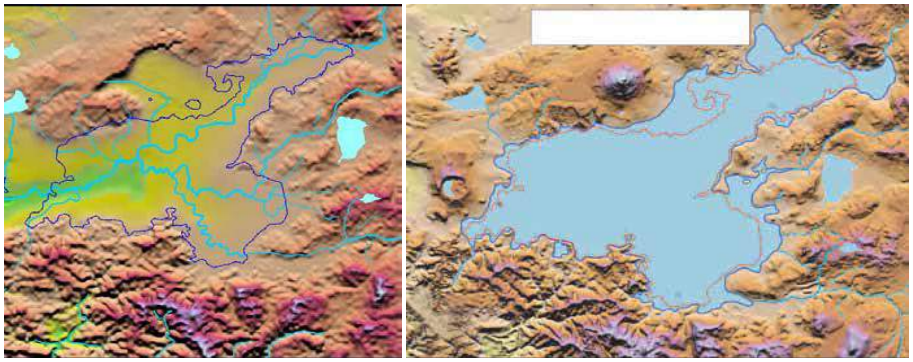


Figure 1. The level of Lake Van about 2.5 my and 16 thousand years ago [3].

Lake Van, which is 1648m above sea level, is subject to 4 - 5m level changes due to climate changes. However, it is known that water level has changed between -250m to +80m up to the present day, apart from these small level changes [4-6]. As a result of these changes, the lake sediments were formed in the areas nearby the lake. These lake sediments are mostly composed of clay grain units. In the eastern part of Lake Van, settlements are generally built on these lake sediments. One of these settlement areas is the campus area of Van Yüzüncü Yıl University. In this study, it was aimed to determine the pre-consolidation pressures of the clay levels forming the campus area and to investigate the relationship between the pre-consolidation value and the old lake levels.

2. Method

The study area was formed in the Late Pliocene and attained its final shape with Quaternary sedimentary deposits. Investigated area are generally located on Pliyo-Quaternary aged old terrestrial sediments (Figure 2). It is known that the Lake Van level was at its highest 16.000 years ago and a dramatic drop to its current level has been seen since 10.000 years [6]. As the result of this movement, old alluvial fan deposits, old lacustrine sediments and fluvial deposits, alluvions, current lacustrine and fluvial sediments, talus deposits dominate the regional geology as being Plio-Quaternary deposits [6].

In the first phase of the study, the data was collected from the boreholes previously performed in the study area. From this data, clay levels have been determined and new investigation has been planned to take samples from these clay levels. In the study area, 5 boreholes were planned in the north part of Lake Van (Figure 2). From boreholes, undisturbed (UD) samples (up to 15m depth) were taken and a total of 33 UD samples were obtained at different levels. In the second stage, these samples were used to obtain grain size distribution, Atterberg Limits and consolidation parameters of clay units. Using consolidation test data, the preconsolidation pressure values were calculated with using the Casagrande method and the consolidation rate of the clay soil was determined.

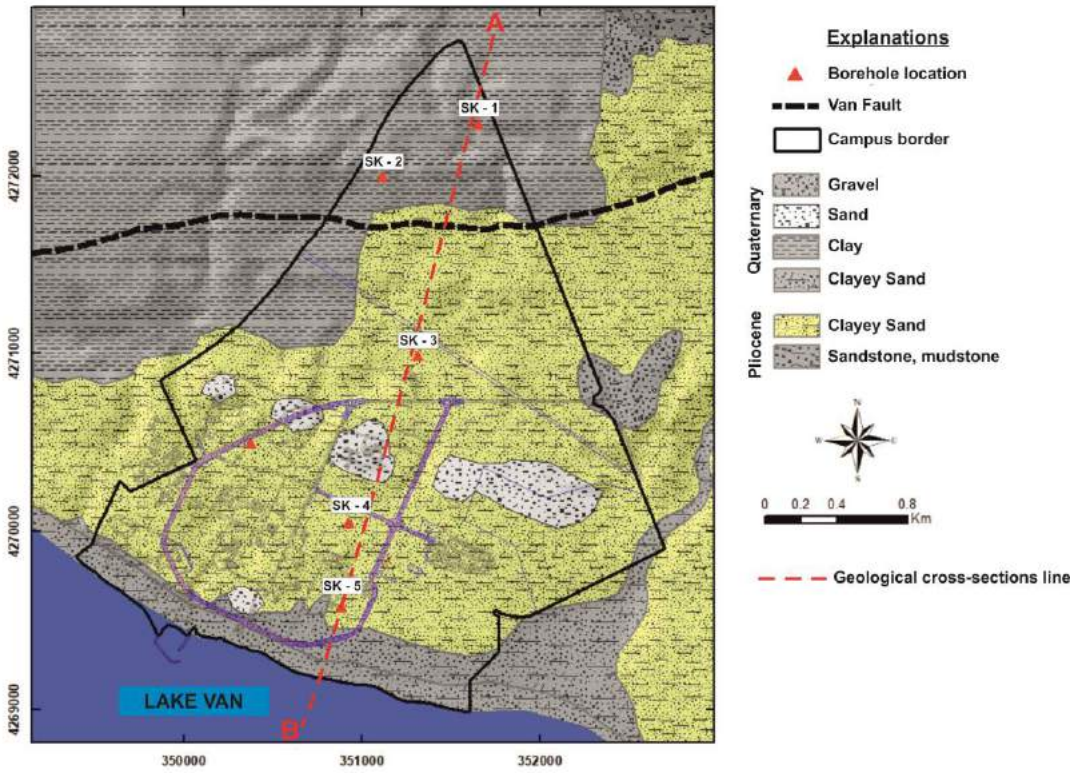


Figure 2. Geological map of the study area and borehole points.

3. Result and Discussion

The Van Yüzüncü Yıl campus area is located on the eastern shore of Lake Van (Figure 2). The campus area is composed of gravel, sand, silt and clay grain size units of the lake and lacustrine deposits which were carried by the old lakes and stream. Previous water level changes and velocities have determined the thickness of these sediments and soil classes. There are different opinions about the highest level of Van Lake level in the literature. It is argued that the lake reached ~1720m elevations 16000 years ago [4-5]. The lake level elevations were effective in compressing the soils that were in the stage of consolidation. This pressure in the soil level affects the soil fabric. Casagrande [7-8] reported that the maximum effective stress that soil has sustained in the past was recorded in the memory of soil. This maximum effective stress is called as preconsolidation pressure.

Atterberg limits of the samples were determined in the first stage of the study and the soil class was revealed. Based on taken UD samples, it was determined that the soil class was mostly of high plasticity clay (CH) and low plasticity silty clay (CL) (Figure 3). Over consolidation ratio (OCR) of the soils were calculated from ratio of pre-consolidation pressure (σ_{pc}) to the effective stress (σ'). The soils in the study area were mostly over-consolidated (Table I). When calculated effective stress values and the obtained pre-consolidation pressures were compared, it can be seen that the soil has been subjected to stresses which are much higher than the current effective stress values (Figure 4). This situation is thought to be due to the overburden pressure of the eroded soils, the Van Fault in the north of the study area or previous lake level.

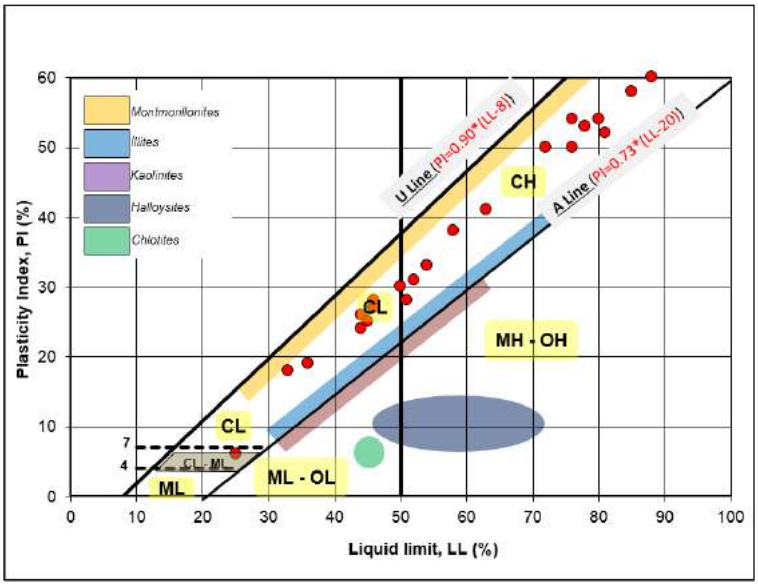


Figure 3. Distribution of clay minerals on Plasticity chart in this study.

Considering that the stress in soil memory is caused by the lake water level, it can be said that the lake is less than 70-80m in late periods as indicated in the literature (Figure 5). If it is thought that clay samples taken from different depths throughout this study were sedimented when the lake level was 70-80 m higher; pre-consolidation pressure (σ_{pc}) value calculated from clayey soils around Lake Van should have been found to be 2-3 times higher. This finding suggests that the sedimentation may have been occurred during Halosen period when the lake level was shallow. Another finding is that, the pre-consolidation pressure values have a decreasing trend in the samples taken from SK-3 through SK-4 and SK-5 (i.e. higher pre-consolidation pressure values near the Van fault) which shows that the fault may have an effect on the pre-consolidation pressure values due to the stresses developed during the movement of this fault.

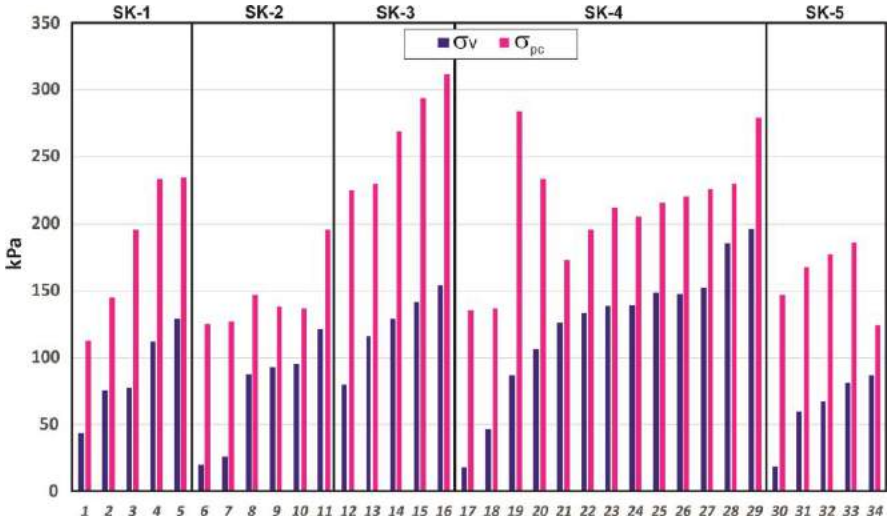


Figure 4. Relation between effective stress and pre-consolidation pressure in bar diagram.

TABLE – 1. THE RESULTS OF PRE-CONSOLIDATION AND EFFECTIVE STRESS

Borehole No	Water Table (m)	Depth (m)	γ_n (kN/m^3)	$\sigma_{vc'}$ (kPa)	σ_{pc} (kPa)	OCR	Description
SK-1	2.1	2.35	19.53	43.44	112.8	2.6	*Over Consolidated*
		5.60	19.75	76.26	145.2	1.9	*Over Consolidated*
		6.10	19.25	78.17	196.2	2.5	*Over Consolidated*
		9.00	20.03	112.54	233.5	2.1	*Over Consolidated*
		10.11	20.58	129.44	235.4	1.8	*Over Consolidated*
SK-2	3.4	1.0	20.7	20.70	125.6	6.1	*Over Consolidated*
		1.4	19.9	26.84	127.5	4.8	*Over Consolidated*
		4.9	20.9	87.52	147.2	1.7	*Over Consolidated*
		5.6	20.6	93.00	138.3	1.5	*Over Consolidated*
		6.5	19.4	95.60	137.3	1.4	*Over Consolidated*
		8.8	19.9	121.71	196.2	1.6	*Over Consolidated*
SK-3	5.5	3.85	20.87	80.34	225.6	2.8	*Over Consolidated*
		5.80	20.61	116.58	230.5	2.0	*Over Consolidated*
		7.05	20.49	129.28	269.8	2.1	*Over Consolidated*
		8.30	20.38	141.66	294.3	2.1	*Over Consolidated*
		9.50	20.39	154.44	312.0	2.0	*Over Consolidated*
SK-4	6.0	1.00	18.15	18.15	135.4	7.5	*Over Consolidated*
		2.50	18.86	47.14	137.3	2.9	*Over Consolidated*
		4.32	20.10	86.83	284.5	3.3	*Over Consolidated*
		5.41	19.75	106.86	233.5	2.2	*Over Consolidated*
		6.80	19.85	127.12	173.6	1.4	*Over Consolidated*
		7.22	20.17	133.68	196.2	1.5	*Over Consolidated*
		8.00	19.86	139.26	212.9	1.5	*Over Consolidated*
		8.27	19.59	139.72	206.0	1.5	*Over Consolidated*
		8.90	19.89	148.61	215.8	1.5	*Over Consolidated*
		9.16	19.54	147.96	220.7	1.5	*Over Consolidated*
		9.87	19.31	152.63	226.6	1.5	*Over Consolidated*
		12.24	20.16	185.54	230.5	1.2	*Over Consolidated*
		13.70	19.85	196.44	279.6	1.4	*Over Consolidated*
SK-5	2.4	1.0	18.9	18.89	147.2	7.8	*Over Consolidated*
		4.1	18.9	60.41	167.8	2.8	*Over Consolidated*
		4.9	18.8	67.46	177.6	2.6	*Over Consolidated*
		6.5	18.9	81.63	186.4	2.3	*Over Consolidated*

4. Conclusion

In this study, pre-consolidation pressure was used to estimate the previous maximum level of Van Lake. For the highest level that Lake Van could have reached, different researchers estimated different levels. Pre-consolidation pressure was determined on undisturbed (UD) clay samples collected from 5 boreholes in the region scanned up to 3 km north from the coast of Van Lake. Much higher pre-consolidation pressure values were obtained than the effective stress in the current situation in study area. Considering that this value in the soil memory consists entirely of the lake water level, it can be said that the lake is lower than the predicted heights.

When the results are interpreted, it can be said that these sediments were formed at the shallow levels of the lake during the regressive period. This shows that the geological ages of these sediments should be re-evaluated. This finding suggests that the sedimentation may have

been occurred during Halosen period when the lake level was shallow. Another finding is that, the pre-consolidation pressure values have a decreasing trend in the samples taken from SK-3 through SK-4 and SK-5 (i.e. higher pre-consolidation pressure values near the Van fault) which shows that the fault may have an effect on the pre-consolidation pressure values due to the stresses developed during the movement of this fault.

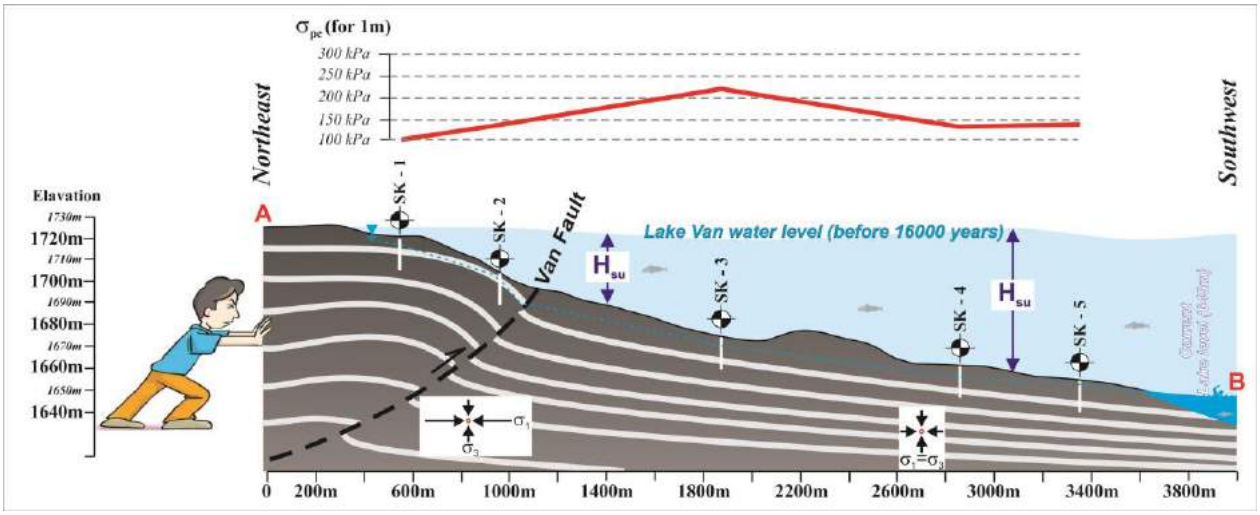


Figure 5. Geological cross-section of the study area.

5. Acknowledgements

This study was financially supported by the Scientific Research Projects Office of Yüzüncü Yıl University (YYU-BAP, Project Number FAP-2017-6421 and FAP-2016-5634). We also thank, Assoc.Prof.Dr. İsmail AKKAYA, Assoc.Prof.Dr. Mücip TAPAN considering their support during different stages of this study.

6. References

[1] Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler; Tektonik, Volkanizma ilişkileri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24: 39-50.

[2] Özkaymak, Ç., 2003. Van Şehri Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s95.

[3] Köse, O., 2001. Van Gölü'nün yüz bin yılı. Atlas Aylık Coğrafya ve Keşif Dergisi, sayı:104 – Kasım 2001.

[4] Gürel, N.A., 1995. Van Gölü Su Seviyesi Değişimi ve Arazi Kullanımına Jeomorfolojik Yaklaşımlar. Van Gölü'nün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 20-22 Haziran 1995, Van. 40-49.

[5] Kadıoğlu, M., 1995. Van Gölü'ndeki Su Seviye Yükselmesinin Meteorolojik Faktörler ile Olan İlgisi. Van Gölü'nün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 20-22 Haziran 1995, Van. 21-38.

[6] Degens, E.T., Wong, H.K., Kurtman, F. And Finckh, P. 1978. Geological development of Lake Van: A Summary. Van Gölü Jeolojisi (Ed. Degens ve Kurtman). MTA Yayınları 169, Ankara.

[7] Casagrande, A., 1932. The structure of clay and Its Impotance in Foundation Engineering. Journal of the Borton Society of Civil Engineers, April; reprinted in Contributions to Soil Mechanics 1925-1940, BSCE, pp.72-113.

[8] Casagrande, A., 1936. The Determination of the Pre-Consolidation Load and its Partical Significance. Discussion D-34, Proceeding of the First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cambridge, Massachusetts, Vol. III, pp. 60 - 64.

Doğal Kürleme Şartlarında Alkali Aktivatör Oranının Jeo-Polimer Betona Etkisinin İncelenmesi

Investigation of Alkaline Activator ratio on Geopolymer Concrete under Ambient Curing Regime

Hayder K. ALIALI [1]
Nildem TAYŞİ [1]
[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye.

Özet

Jeo-polimerizasyon, çeşitli atık malzemeleri sıradan betona kıyasla daha iyi mekanik ve dayanıklılık özelliklerine sahip yapı malzemelerine dönüştürebilmektedir. Bu çalışmada, cüruf (GGBFS) Fly-Ash (FA) le karıştırılarak ve farklı alkalin-aktivatörler (Al) farklı bağlayıcı aktivatör oranları (Al/B) ile harmanlanarak, geopolimer beton (GPC) hazırlanmasında kullanılmıştır. Sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi, 12 M lik sabit NaOH konsantrasyonu ve Na_2SiO_3/NaOH oranı 2.5 ile alkalin aktivatörü olarak kullanılmıştır. GPC karışımları, farklı Al/B oranlarıyla (0.33, 0.37, 0.40 ve 0.42) hazırlanmış ve GPC ye aktivatör oranının etkisinin incelenmesi açısından, sabit bir (GGBS/FA) oranı kullanılmıştır. Sertleşmiş GPC iki farklı yaşta (7, 28 gün) ve yoğunlukta basınç ve çekme mukavemeti deneylerine tabi tutulmuştur. Bütün karışımlar doğal kürleme şartlarında sertleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, çeşitli Al/B oranlarının GPC'nin basınç dayanımı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Al/B oranını düşerken basınç dayanımı artmaktadır. 28 günde 57.76 MPa'ya kadar basınç dayanımı gösteren 0.37 optimum Al/B oranıdır. Ayrıca, GPC nin yoğunluğu 2203 kg/m³ ila 2279 kg/m³ arasında değişmektedir. Sonuç olarak, basınç dayanımı ve çekme dayanımı arasında bir ilişki önerilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Jeo-polimer beton, Alkali-aktivatör oranı, Basınç dayanımı, Doğal kürleme

Abstract

Geopolymerisation can convert a wide range of waste materials into building materials with excellent mechanical and durability properties when compared to ordinary concrete. In this paper, the blending of slag (GGBFS) with Fly-Ash (FA) and a mixture of alkaline-activators (Al) and different activator over binder ratio (Al/B) were used for preparing geopolymer concrete (GPC). Sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) solution were used as alkaline activator with a stable NaOH concentration of 12 M and 2.5 Na_2SiO_3/NaOH ratio has been utilized. The GPC Mixes were prepared with different Al/B ratios of (0.33, 0.37, 0.40 and 0.42) and a constant partial replacement ratio (GGBS/FA) was used, in respect of analyses the effect of the activator ratio on the geopolymer concrete, the investigation, such as the compressive and tensile strength of hardened geopolymer concrete in two different ages 7, 28 days and the density have been carried out. All the mixes were then cured at ambient condition. The experimental results showed that the various Al/B ratio is effective on compressive strength of GPC. When decreasing the Al/B ratio, the compressive strength increases. It has been observed the optimum AL/B ratio of 0.37 which recorded compressive strength up to 57.76 MPa on the 28th day. Additionally, the density of geopolymer concrete it's ranged between 2203 kg/m³ to 2279 kg/m³. Finally, the relationship between compressive strength and tensile stress was proposed.

Keywords: Geopolymer concrete, Alkali-activate ratio, Compressive strength, Ambient curing

1 Introduction

The conventional cement industry consumes a large quantity of energy by using Rotary Kiln which in turn ensures continuous production of cement and in the same time the production process consuming a large amount of fuel which emits quantity of carbon dioxide CO_2 and is considered a cause of global warming. The contribution of Ordinary Portland Cement (OPC) production worldwide to global warming gas emissions is estimated to be approximately 1.35 billion tons annually or approximately 7 % of the total greenhouse gas emissions to the earth's atmosphere [1, 2]. Meanwhile, around one billion tons of Fly Ash (FA) are wasted annually worldwide in coal-fired steam power plants [3]. In the best-case scenario this waste is stockpiled, but more often than not it is merely dumped as landfill. In either case, it constitutes a serious environmental hazard. One of the suggested methods using as an artificial pozzolan mixing with cement depend on the recommended percentage in specifications to produced normal and High-Strength concrete [4, 5], another waste material called a ground granulated blast furnace slag (GGBS) is abundant worldwide. GGBS is a by-product of the metallurgical industry and consists chiefly of lime and calcium–magnesium alum inosilicates. The use of GGBS as pozzolan materials in ordinary concrete but in geopolymer concrete using like a binder, In the end, it also reduces global warming [6, 7]. So attentions have been drawn to how to develop an Eco-friendly construction material with similar or even better mechanical and chemical properties than OPC, and the geopolymer has been celebrated as one of the most promising materials which was developed by the French scientist and engineer Prof. Joseph Davidovits in 1970, wherein, Alkali-activated concrete "Geopolymer concrete" is an environment-friendly alternative to traditional cementitious concrete made from by-product aluminosilicate materials such as FA, GGBS, Bottom ash, Rice-Husk Ash ….etc. with the alkaline activator. Davidovits reported that variations in behaviors of FA-based geopolymer produced with FA from different sources were observed on the physical and chemical behaviour of geopolymer concrete and also studied the effect of different activators. [8-11]. Subsequently, Davidovits publication his research results, follow suit by many researchers put forward in the development of geopolymer, several types of the alkaline activators were used in activating the aluminosilicate binders in order to produce alkaline activators concrete. A mix of sodium and potassium hydroxide (NaOH and KOH) and liquid sodium and calcium silicate (Na_2SiO_3 and Ca_2SiO_3) are commonly used in activating aluminosilicate in the geopolymers [12]. The properties of the alkaline activator are dependent on the types and concentrations of the components used in preparing the alkaline activator. Vora & Dave [13] mixed two different type of alkaline solution, was applied for making geopolymer concrete the mixture of 85% of NaOH 8 M (Molar) solution and 15% of the Na_2SiO_3 solution. All alkaline activators concrete samples were cured at the temperature of 85 °C for 20 hours. They observed that alkaline activators concrete.

They observed that GP concrete with mixed alkali solution gives more strength than that with single alkali. They further observed that the bond strength of GP concrete is better than that of OPC concrete. Also investigated the influence of the various parameters affecting the compressive strength of GP concrete [13]. Lloyd et al., [14] conducted a microstructural analysis on geopolymer concrete activated with silicate-based and sodium hydroxide based solutions, and a more homogeneous microstructure was observed when silicate- based solution was used. They using Class F FA and Mixed of Na_2SiO_3 and NaOH solutions to making geopolymer also they used river sand and crushed aggregate. Specimens were heat cured in a Furnace at 24 different temperatures and for different time intervals. Muñiz-Villarreal et al. [15] conducted a study on the effect of curing temperatures on the geopolymer specimens. They reported that the optimum curing temperature was 60°C which gave the best geopolymerisation process. Al-Rawi & Tayşi [16] Both FA and GGBS as the source material were activated independently by a combination of Na_2SiO_3 and with a constant concentration of NaOH solution to produce Self-Compacting GP concrete, FA was substituted with GGBFS with the replacement levels being 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, and 100 % by weight in each mix. The specimens were covered by a plastic stretch for 24 hours after the casting process, then placed in the furnace for 48 hours at 70°C. They concluded that using GGBFS in the mixes significantly improved the compressive strength. Several previous studies have concentrated on the limited uses of alkali activated concrete and their use only in the construction of precast concrete members. Therefore, the development of alkali activated concrete at ambient curing condition will increase its application in the construction of a vast range of structure facilities. Many positive features can be obtained, including reducing carbon dioxide CO_2 emissions reducing costs and cast in-situ constructions [17]. This paper presents a summary of the experimental data, including material properties, specimen properties and testing procedures, the aim of this study is to investigate the effect of Al/B ratios on the workability, compressive and splitting tensile strength and density of ambient cured GP concrete at different ages 7, 28 days. Finally, the correlation of the splitting tensile strength with compressive strength has been proposed and compared with different codes provisions and previous studies.

2 Experimental Program

2.1 Materials

The raw materials used in GPC mixing were divided into five parts (Activator, Binder, Crushed sand, Crushed rock and Superplasticizer). Activator was uniform solution composing of sodium hydroxide which is prepared by using sodium hydroxide flakes mixed with tap water after waiting 24 hours, the sodium hydroxide solution (NaOH) is mixed with sodium silicate Na_2SiO_3, for all mixes in this study the concentration of NaOH solution was fixed to 12 M. The FA and GGBFS were obtained from ISKENDERUN - ADANA – TURKEY which is used as the base materials and equivalent to ASTM C618 and ASTM C989, the chemical composition of FA and GGBFS obtained from the analysis as tabulated in Table 1. Sodium silicate (Na_2SiO_3) mixed with sodium hydroxide (NaOH) as an alkaline activator have been used in this study. NaOH in flakes form with 98 % purity, and Na_2SiO_3 which consists of (Na_2O; 10.6 %, SiO_2; 26.5 % and H_2O; 66.1 %, and density=1.39 g/ml at 25°C). Commercial local crushed sand and crushed rock were used in the Mixes. Figure. 1. Illustrates the physical properties and gradation curves of aggregates. MasterGlenium® RMC 303 is a polycarboxylic ether based, high range water reducing new generation superplasticizer was also used.

Table. 1. XRF analysis data of FA and GGBFS composition.

Materials	Fly ash FA (%)	GGBFS (%)
SiO_2	62.4	40.4
Al_2O_3	21.14	10.6
Fe_2O_3	7.85	1.28
CaO	25.79	34.19
MgO	1.76	7.63
K_2O	0.7	2.4
Na_2O	2.45	0.17
SO_3	0.1	0.68
LOI	2.07	2.74

LOI: Loss of ignition.

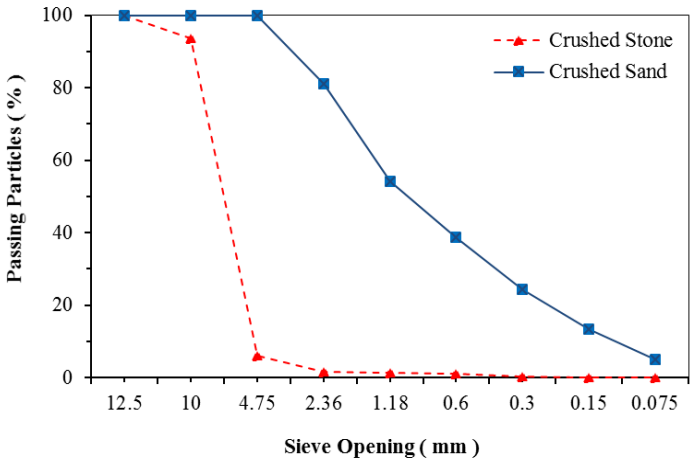


Figure. 1. Gradation curves of sand and aggregate.

2.2 Mix proportions

The concentration of NaOH solution was 12M as this concentration gave the optimum contrition reported from previous studies [18-20]. Therefore, this concentration has been used in this study. In the preparation of NaOH solution, sodium hydroxide flakes mixed with tap water to prepare NaOH solution. The NaOH solution was left for settling down for 24 hours, after that, NaOH and Na_2SiO_3 solution were mixed together and left for settling down about 4 hours. When both were mixed and stirred gradually, an exothermic reaction takes place and extreme amount of heat is evolved. Additionally, depending on the literature studied the GGBS/FA ratio 75/25 has been used to increase the initial setting time and workability of the mixes, the Na_2SiO_3/NaOH ratio was set 2.5 [17]. The details of GP concrete mixtures are tabulated in Table. 2. For GP concrete specimens, the crash sand and aggregates are mixes for 2 minutes then adding FA and GGBS to the mixer and mixed for another 3 minutes by using the high shear concrete mixer. Then, alkaline activators were added to the dry mix and wet mixing was done for about 3 to 4 minutes. Finally, high range water reducing (superplasticizer) was added gradually. Fresh GP concrete was poured into (100×100×100) mm size cubes and (100×200) mm size cylindrical molds. After the casting process, the specimens were covered by using heavy-duty nylon bags to prevent shrinkage, the samples are left for 24 hours in room temperature and then they were demolded. After that, the samples were then left in the laboratory ambient conditions until the day of testing. After 28 days, the weight of the samples was taken to determine density. The geopolymer samples were tested at 7 and 28 days.

Table. 2. Mix proportion of alkali activated slag-FA geopolymer concrete (kg/m^3).

Mix Code	Slag	Fly Ash	Alkali Activator	Crushed Sand	Coarse Aggregate	Water Reducer (%)	Alkaline / Binder (%)
G-1	318.75	106.25	140	760	1187	5	0.3
G-2	318.75	106.25	160	752.19	1174.81	5	0.375
G-3	318.75	106.25	169	748.68	1169.32	5	0.4
G-4	318.75	106.25	178	745.17	1163.83	5	0.42
N	NA	NA	NA	560	1087	1	0.44

NA: Not required, mix N is normal concrete by using cement 32-5, cement quantity: 365 Kg/m^3

3 Results and Discussions

3.1 Workability

Generally, the workability of GPC is lower than that of OPC concrete because the presence of silicate in alkaline activated concrete mix would bring a sticky characteristic. The workability of mixtures was measured according to ASTM C134, The mixtures containing low Al/B ratio were observed to be coarser and stiffer, resulting in the relatively lower slump in comparison with traditional concrete made with cement, the slump value is between 80 mm and 138 mm for the fresh geopolymer concrete. The results are presented in Figure. 2.

3.2 Compressive Strength

Compressive strength is one of the most important mechanical properties of concrete. According to building code, the 28 days compressive strength of concrete need to achieve at least 28 MPa for the basic engineering application. For the corrosion protection of reinforcement in concrete, the minimum compressive strength of concrete is 35 MPa. In this study compressive strength was determined on concrete cubes tested with a 3000 KN BESMAK uniaxial compression machine. The loading rate was set at 0.33 MPa/S, in accordance with BS 1881-116:1983. The test results are demonstrated in Figure. 3.

In general, the compressive strength of the GP concrete increases with the increase in Al/B ratio from 0.3 to 0.375. The 7 days compressive strengths of G1, G2, G3, G4 and ordinary concrete are 31.13, 46.53, 26.83, 25.26 and 28.44 MPa, respectively. It is observed from that the Figure. 3. Compressive strength is a maximum when the ratio of Al/B ratio is 0.375. As the ratio of Al/B increases from 0.40 to 0.42 the compressive strength decreases. The reason for this reduction in compressive strength can be recognized as a higher AL/B ratio for G 3 and G 4. Excess alkali activator cause increased the amount of water in the mixture, which interfered with the process of geopolymerisation [21].

The percentage between compressive strength at 7 and 28 days were calculated, it was ranging from 19 to 25.1 %.The increase in compressive strength from 7 to 28 days are about 25.13 %, 19.44 %, 22.92 % , 25.11 % and 22.32 % for GPC 1, GPC 2, GPC 3, GPC 4 and N respectively.

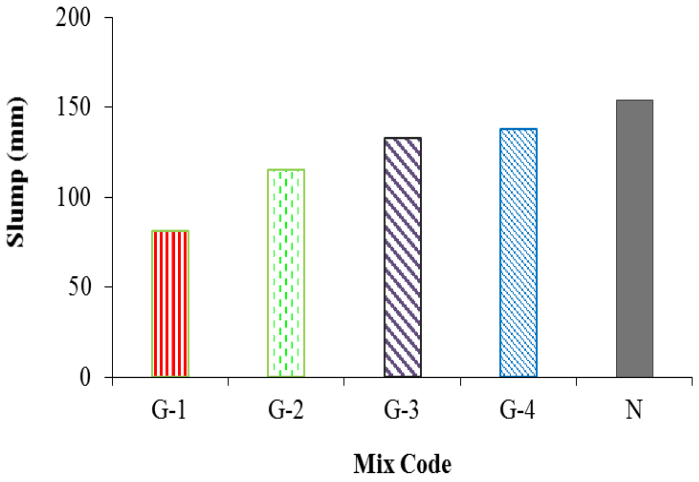


Figure. 2. Effect of Al/B ratio on the slump.

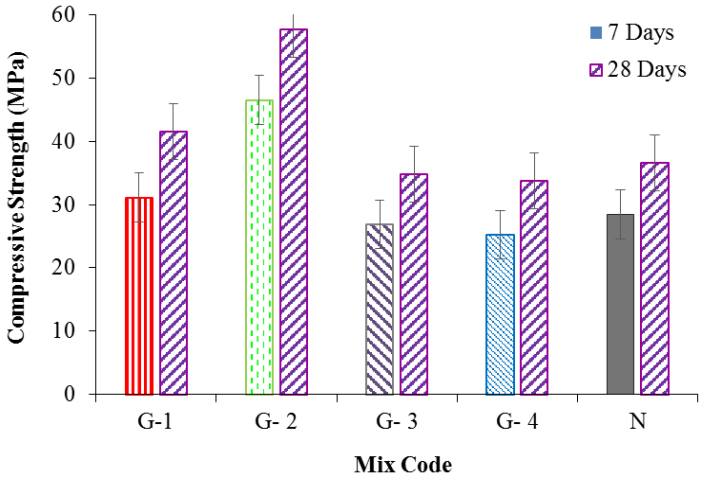


Figure. 3. The compressive strength of GP concrete at 7 and 28 days.

3.3 Splitting tensile strength

Splitting tensile strength of concrete is an important hardening property, which is attached to some aspects of concrete elements such as initiation and stretch of cracks, shear, and anchorage of reinforcing steel in concrete. The splitting tensile strength was determined on the cylinder specimens as per ASTM C496. Which provides for the examination of cylindrical samples with a load rate between 0.7 to 1.4 MPa/Min, in this paper the load rate 1 MPa/Min has been used. Figure. 4. Shows the effect of the Al/B ratio on the splitting tensile strength and effect of specimen ages. It can be observed the tensile strength of mix G-2 which has a 0.375 Al/B ratio was higher than other mixtures. The average splitting tensile strength of the G-2 mix was 4.03 MPa. In tensile strength, the mechanism of failure is different than in compressive strength since the failure happens along the paste and through the aggregates rather than interfacial transition zone due to the strong bonds between the GP paste and the aggregate particles [22]. The transition zone as shown in Figure. 5.

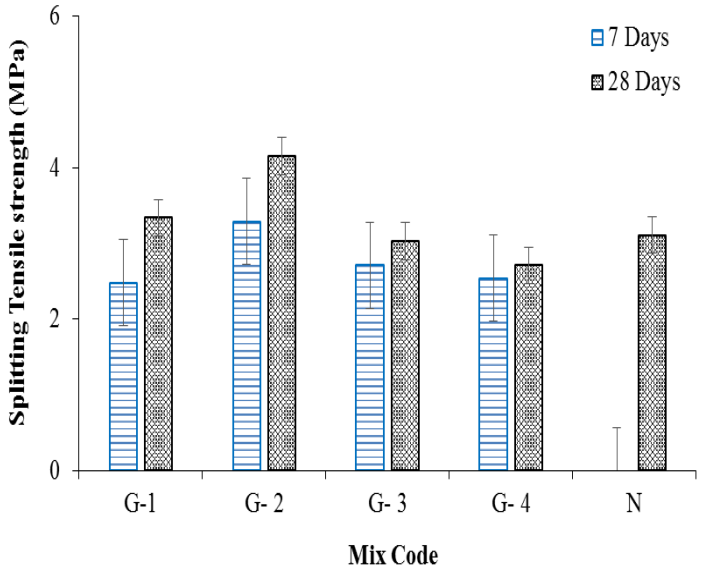


Figure. 4. Tensile strength at 7 and 28 days.

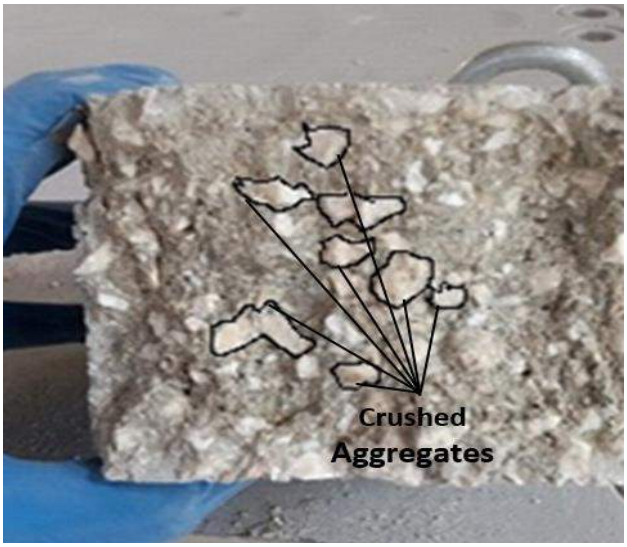


Figure. 5. The transition zone in a G-2 specimen.

3.4 Density

The GP concrete proportions were derived based on a target density of 2300 kg/m^3, varying the binder to the aggregate ratio (0.33, 0.375, 0.40 and 0.42) and fine to the coarse aggregate ratio (0.4 and 0.6). The hardened densities of the normal and GP concrete are reported in Figure. 6. The densities were established from concrete cylinders at 28 days. It is evident from the results given in Figure. 7. That the density of the G-2 increased with an increase in the AL/B ratio, but began to decline when Al/B ratio was increased to 0.42. As a result, the GP concrete have been accepted density when compared with ordinary concrete.

3.5 Relationship between compressive and splitting tensile strength

The splitting tensile strength was proportional with the square root of compressive strength. The empirical equations obtained by previous studies and standard specification are summarized in Table. 3. Based on the basic equation reported by [23-26], several researchers have proposed other constituent equations [27-30], centered on previous studies [25-30], the compression strength values have been converted to fit with the equations included in Table 3. It can be seen that the splitting tensile strength developed by the GP concrete with respect to the compressive strength is lower than that proposed by ACI Building Code 318-14 [23], ACI 363R-92 [24] and EC-2 [25]. Additionally, it is approached to that obtained from the empirical equations of FIB model code [26] and Oluokun et al. [27]. Moreover, it was noted that the equation of Sofi et al. [28], Ryu et al. [29] and Lee & Lee [30] were less than of the results obtained from laboratory tests. As a result, it is found that the constituent equations could be applied in GP concrete with a slight percentage error. Accordingly, an equation proposed to calculate the splitting tensile strength of GP concrete under ambient curing regime. The most striking results are in emerged from experimental data, empirical equations reported in Table. 3. and the proposed formula in Figure. 7. Acceptability of the proposed equation.

Table. 3. Published empirical Equations between splitting tensile and compressive strength.

References	Empirical Equations	Range (MPa)	Comments
ACI 363R 1998	$f_{sp} = 0.590\sqrt{f_c}$	$21 \leq f_c \leq 83$	----
ACI 318 2011	$f_{sp} = 0.560\sqrt{f_c}$	$f_{ck} \leq 50$	----
Eurocode 2	$f_{sp} = {}^{1}/_{3}\, f_{ck}^{\,2/3}$	----	----
Fib Model Code 2010	$f_{sp} = 0.3\, f_{ck}^{\,2/3}$	$f_c < 83$	
Oluokun et al. 1991	$f_{sp} = 0.294^{0.69}$	$3.5 \leq f_c \leq 63$	Normal weight concrete
Sofi et al. 2007	$f_{sp} = 0.48\sqrt{f_c}$	----	Alkali-activated concrete
Ryu et al. 2013	$f_{sp} = 0.17^{3/4}$	----	FA-based geopolymer
Lee and Lee 2013	$f_{sp} = 0.45\sqrt{f_c}$	----	Alkali-activated concrete
Proposed formula	$f_{sp} = 0.2751\, f_c^{0.697}$	----	Geopolymer Concrete*

f_{sp}: Splitting tensile strength (MPa), f_c, f_{ck}: Cylinder Compressive strength (MPa)

* Geopolymer Concrete with GGBFs/FA ratio is 75/25 % with 12 M NaOH and Na_2SiO_3 at a mass ratio of 29:71 with different Al/B ratio and cured at ambient conditions.

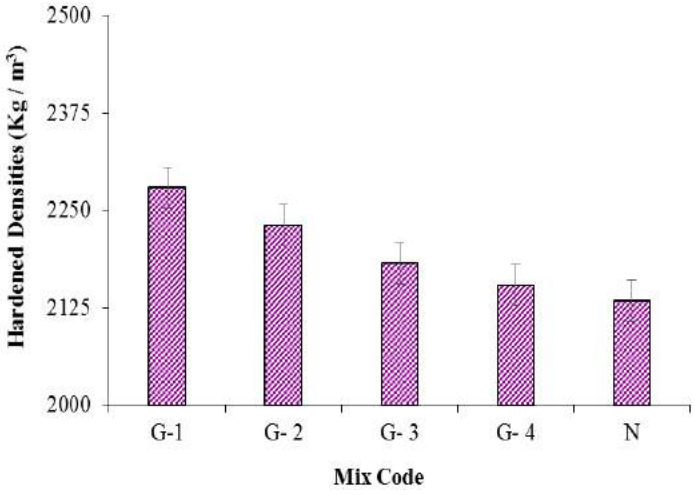


Figure. 6. The hardened densities.

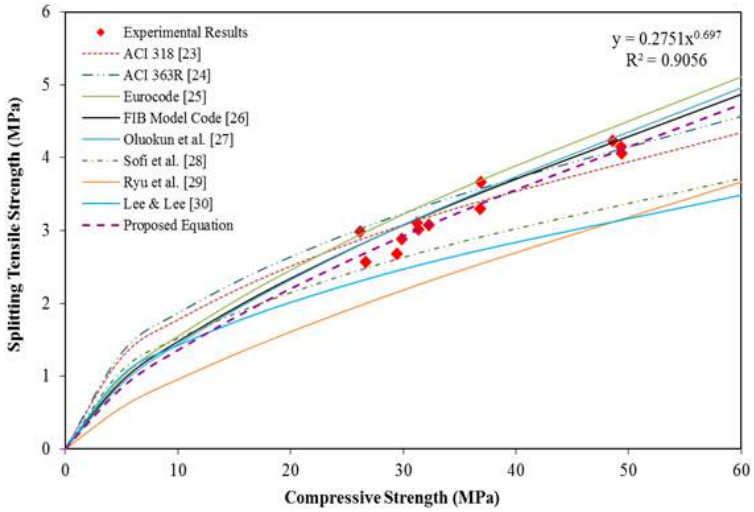


Figure. 7. Relationship between splitting and compressive strength at 28 days.

4 Conclusions

This study aimed to develop ambient temperature cured two-part GP concrete mixes using GGBS and FA (75 and 25 weight % of the total binder) as a binder in combination with Na_2SiO_3 mixed with NaOH as an alkaline activator. Based on the obtained data from experimental work and correlation studies, the following conclusion can be summarized.

• Workability of GP concrete is increase with the increase of Al/B ratio, as well as the decrease of Al/B ratio. But these mixers are in accordance with specifications.

• Compressive strength of GP concrete increased significantly with the increase of Al/B ratio. Additionally, the amount of GGBS 75 % of binder would significantly affect the compressive strength development at early age, but the effect became less significant for the specimens at older age 28 days. The 28 day compressive strength reached up to 57.76 MPa in GPC containing 75 % slag and 25 % FA in the binder and 37.5 % activator liquid with Na_2SiO_3/NaOH ratio of 2.5 when cured at the lab, with the temperature which was ranging from 19° to 24°C.

• Splitting tensile strength of ambient cured GP concrete increased with the increase of compressive strength. The influence of the mixture variables on the development of splitting strength was similar to that on the development of compressive strength.

5 References

[1] V. M. Malhotra, “Introduction: sustainable development and concrete technology,” Concr. Int., vol. 24, no. 7, 2002.

[2] K. L. Scrivener and R. J. Kirkpatrick, “Innovation in use and research on cementitious material,” Cem. Concr. Res., vol. 38, no. 2, pp. 128–136, 2008.

[3] V. M. Malhotra, “Making concrete‘greener’ with fly ash,” Concr. Int., vol. 21, no. 5, pp. 61–66, 1999.

[4] ACI Committee 232, “Use of Raw or Processed Natural Pozzolans in Concrete,” Am. Concr. Inst., pp. 1–24, 2001.

[5] ACI Committee 211, “ACI 211.4R-93 Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash,” Man. Concr. Pract., vol. 93, no. Reapproved, pp. 13, 1998.

[6] ACI Committee 233, “Slag Cement in Concrete and Mortar,” Am. Concr. Inst., no. ACI 233R-03, pp. 1–19, 2003.

[7] A. Nazari and J. G. Sanjayan, Handbook of Low Carbon Concrete. 2017.

[8] J. Davidovits, “The need to create a new technical language for the transfer of basic scientific information,” Transf. Exploit. Sci. Tech. Information, EUR, vol. 7716, pp. 316–320, 1982.

[9] J. Davidovits, “Geopolymers - Inorganic polymeric new materials,” J. Therm. Anal., vol. 37, no. 8, pp. 1633–1656, 1991.

[10] J. Davidovits, Geopolymer chemistry and applications. Geopolymer Institute, 2008.

[11] P. Duxson, A. Fernández-Jiménez, J. L. Provis, G. C. Lukey, A. Palomo, and J. S. J. Van Deventer, "Geopolymer technology: The current state of the art," J. Mater. Sci., vol. 42, no. 9, pp. 2917–2933, 2007.

[12] A. Fernández-Jiménez and A. Palomo, "Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: Effect of the activator," Cem. Concr. Res., vol. 35, no. 10, pp. 1984–1992, 2005.

[13] P. R. Vora and U. V Dave, "Parametric Studies on Compressive Strength of Geopolymer Concrete," Procedia Eng., vol. 51, pp. 210–219, 2013.

[14] R. R. Lloyd, J. L. Provis, and J. S. J. Van Deventer, "Microscopy and microanalysis of inorganic polymer cements. 1: Remnant fly ash particles," J. Mater. Sci., vol. 44, no. 2, pp. 608–619, 2009.

[15] M. S. Muñiz-Villarreal et al., "The effect of temperature on the geopolymerization process of a metakaolin-based geopolymer," Mater. Lett., vol. 65, no. 6, pp. 995–998, 2011.

[16] Al-Rawi Saad and Tayşi Nildem, "Performance of self-compacting geopolymer concrete with and without GGBFS and steel fiber," Adv. Concr. Constr., vol. 4, no. 6, pp. 323–344, 2018.

[17] M. N. S. Hadi, N. A. Farhan, and M. N. Sheikh, "Design of geopolymer concrete with GGBFS at ambient curing condition using Taguchi method," Constr. Build. Mater., vol. 140, pp. 424–431, 2017.

[18] H. S. Shiu, K. L. Lin, S. J. Chao, C. L. Hwang, and T. W. Cheng, "Effects of foam agent on characteristics of thin-film transistor liquid crystal display waste glass-metakaolin-based cellular geopolymer," Environ. Prog. Sustain. Energy, vol. 33, no. 2, pp. 538–550, 2014.

[19] J. G. Jang, N. K. Lee, and H. K. Lee, "Fresh and hardened properties of alkali-activated fly ash/slag pastes with superplasticizers," Constr. Build. Mater., vol. 50, pp. 169–176, 2014.

[20] A. Onefile, "Título: The fresh and engineering properties of alkali activated slag as a function of fly ash replacement and alkali concentration Autor(es): Wei-Chien Wang, Her-Yung Wang and Ming-Hung Lo Fonte:," Constr. Build. Mater., vol. 84, pp. 1–7, 2015.

[21] C. Ruiz-Santaquiteria, J. Skibsted, A. Fernández-Jiménez, and A. Palomo, "Alkaline solution/binder ratio as a determining factor in the alkaline activation of aluminosilicates," Cem. Concr. Res., vol. 42, no. 9, pp. 1242–1251, 2012.

[22] J. J. Zheng, C. Q. Li, and X. Z. Zhou, "Characterization of microstructure of interfacial transition zone in concrete," ACI Mater. J., vol. 102, no. 4, pp. 265–271, 2005.

[23] ACI committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete ACI Committee 318. 2014.

[24] ACI3636R, "Guide to Quality Control and Testing of High-Strength Concrete Reported by ACI Committee 363," 1998.

[25] Eurocode 2: Design of concrete structures, vol. 1992-1–2. 1992.

[26] FIB Model Code, Interface Characteristics. 2013.

[27] F. A. Oluokun, E. G. Burdette, and J. H. Deatherage, "Splitting Tensile Strength and Compressive Strength Relationships at Early Ages," ACI Mater. J., vol. 88, no. 2, pp. 115–121, 1991.

[28] M. Sofi, J. S. J. van Deventer, P. A. Mendis, and G. C. Lukey, "Engineering properties of inorganic polymer concretes (IPCs)," Cem. Concr. Res., vol. 37, no. 2, pp. 251–257, 2007.

[29] G. S. Ryu, Y. B. Lee, K. T. Koh, and Y. S. Chung, "The mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete with alkaline activators," Constr. Build. Mater., vol. 47, no. 2013, pp. 409–418, 2013.

[30] N. K. Lee and H. K. Lee, "Setting and mechanical properties of alkali-activated fly ash/slag concrete manufactured at room temperature," Constr. Build. Mater., vol. 47, pp. 1201–1209, 2013.

[31] N. Zabihi and Ö. Eren, "Compressive strength conversion factors of concrete as affected by specimen shape and size," Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol., vol. 7, no. 20, pp. 4251–4257, 2014.

Abstract

Silica aerogels are sol-gel derived nano-porous materials with three-dimensional solid network. Nowadays, silica aerogels have been widely used in many engineering applications because of extremely low density, low thermal conductivity and a high specific surface area.

In the present work, silica aerogel powders were used as reinforcement agents to enhance the mechanical properties of epoxy composites. Silica aerogels were prepared via sol-gel method by hydolyzing and subsequent condensation of proper silica procursors (TEOS and APTES) under constant stirring for 90 min at 25 °C. Finally, silica aerogel samples were dried in ambient condition. Silica aerogel composites were fabricated by hand-lay up method incorporating the silica aerogel particles in weight fractions of 0.5 and 1 wt. %.. The effect of silica aerogel addition on the mechanical properties of composites was inverstigated. Tensile and three-point bending tests were were performed by following ASTM standart. According to experimental result, mechanical properties of the composite varried with the amount of silica aerogel.

Keywords: Silica Aerogel;Silica aerogel epoxy composites, Sol gel method; tensile strength; flexure properties; ambient pressure drying.

Özet

Silika aerojelleri, üç boyutlu katı ağ ile sol-jel türetilmiş nano-gözenekli malzemelerdir. Günümüzde, silika aerojelleri, aşırı düşük yoğunluklu, düşük ısıl iletkenlik ve yüksek spesifik yüzey alanı gibi özellikleri nedeniyle birçok mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, epoksi kompozit sistemlerin mehanik dayanımlarını iyileşirmek için silika aerojel tozları kullanılmıştır. Silika aerojeller uygun silika başlatıcısının (TEOS ve APTES) hidrolizi takip eden kondensasyon aşamalarını içeren sol-jel yöntemi ile üretilmiştir. SA'nın hazırlanması sırasında, TEOS ve APTES, 25° C'de 90 dakika boyunca sürekli karıştırma altında 0.01 M HC1 kullanılarak hidrolize edildi. Silika aerojel epoksi nano kompozitler ise el yatırma yöntemiyle üretilmiştir. Silika aerojel içeriğinin kompozitin mekanik dayanımına etkisini incelemek için nano tanecik içeriği ağırlıkça% 0.5 ve 1 olarak seçilmiştir. Çekme ve üç nokta eğilme testleri, ASTM standartlarına göre yapımıştır. Deneysel sonuçlara göre, kompozitlerin mekanik özellikleri epoksi içerisine ilave edilen silika aerojel miktarı ile değişmiştir.

Anahtar kelimeler: Silika aerojel; Silika aerojel kompozitler, Sol-gel metod; Çekme dayanımı; Eğilme Özellikleri; ortam koşullarında kurutma.

Enhancing the Mechanical Performance of Epoxy Composites Containing Silica Aerogels

Silika aeorojel içeren epoksi kompositlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi

Hasan Yavuz ÜNAL[1]
Selay Sert ÇOK[2]
Fatoş KOÇ[2]
Nilay GİZLİ[2]
Yeliz PEKBEY[1]
[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,
[2]Kimya Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,

1. Introduction

Silica aerogel composites have a widely used in various fields application because of low-density material with high porosity. However, it is not preferred to use it alone in practical applications due to its low density and low strength. To improve the mechanical and thermal properties, the second phase such as fibers should be added. In addition, the aerogel performance depends on filler, polymer type and freezing conditions [1].

Many researchers have been studied on the improvement of the mechanical, thermal, and electrical properties of epoxy resin [1-5]. Silica aerogels are promising candidate for reinforcing the epoxy based composites due to superior properties such as nanoporous structure and high surface area. Zi et al. [6] were prepared aramid fibers reinforced silica aerogel composites under ambient pressure drying. They reported that prepared aramid fibers reinforced silica aerogel composites had extremely low thermal conductivity with the fiber content ranging from 1.5% to 6.6%. Also, aramid fibers reinforced silica aerogel composites presented nice elasticity and flexibility because of the softness, low density and remarkable mechanical strength. In another study, Yuelei et al. [7] focused on the low thermal-conductivity and high thermal stable silica aerogel based on MTMS/Water-glass co-precursor prepared by freeze-drying. They obtained that the properties of hybrid aerogels were extensively affected by the MTMS/Water-glass molar ratio. The highest contact angle, the lowest thermal conductivity and the lowest density obtained when molar ratio was 5.1. Ting [8] that investigated mechanical performance and thermal stability of glass fiber reinforced silica aerogel composites based on co-precursor method by freeze-drying. They concluded that the silica aerogel composites showed remarkable mechanical strength and flexibility, which could endure large compressive and flexural strain without structural destroyed. It was reported that [9] the fabricated fiber-reinforced aerogel composites with ZrO2-fiber contents ranging from 0 to 15wt% exhibited ultra-low densities, low thermal conductivities, and high compressive strengths. Ünal et al. [10] prepared the silica aerogel with Tetraethylorthosilicate (TEOS) as precursor and 3-aminopropyltriethoxy-silane (APTES) as co-precursor in the presence of ionic liquid by following single step sol-gel method. They also fabricated silica aerogel composites with various silica aerogel contents of 0.5 and 1 wt. % to investigate their mechanical properties. They concluded that the incorporation of silica particle containing ionic iquid showed beneficiary effect on the mechanical

.

properties of silica epoxy nano composites.

In the present work, silica aerogels were distributed in epoxy matrix and then nanocomposites were cured in mold. The silica aerogels were prepared by following single step sol-gel method. The effects of the addition of various silica aerogel contents of 0.5 and 1 wt % on the mechanical properties were also analyzed.

2. Experimental Methodology

2.1 Preparation of Silica Aerogels

Silica aerogels were synthesized by one step sol gel method. Tetraethylorthosilicate (TEOS) as precursor and 3-aminopropyltriethoxy-silane (APTES) as co-precursor were acquired from Sigma Aldrich. 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane (MEMO) as surface modification agent were purchased from Sigma Aldrich. Ethanol (EtOH) and n-hexane were used as solvents and hydrochloric acid (HCl) was used as the acid catalyst. During the preparation, TEOS was firstly hydrolyzed by using 0.01 M HCl for 90 min by stirring at 25 °C. Then APTES was added to the sol to start condensation reaction. The sol component consists of TEOS: APTES: EtOH: HCl with the molar ratios of 1:0.47:0.14:7.4×10-5. After complete gelation, the sample was allowed to age for 24 h in a polypropylene cylindrical mold to further continuation of the condensation reaction. Subsequently, the solvent exchange was carried out by treating the wet gels with fresh n-hexane for 12 h to ensure complete removal of the impurities within the gel. Then, surface modification was conducted by immersing the sample in silylating agent MEMO diluted with n-hexane at a volumetric percent of 50 % at room temperature. Finally, silica aerogel samples were dried in ambient condition. Figure 1 defines the complete silica aerogel synthesis process with its detailed steps.

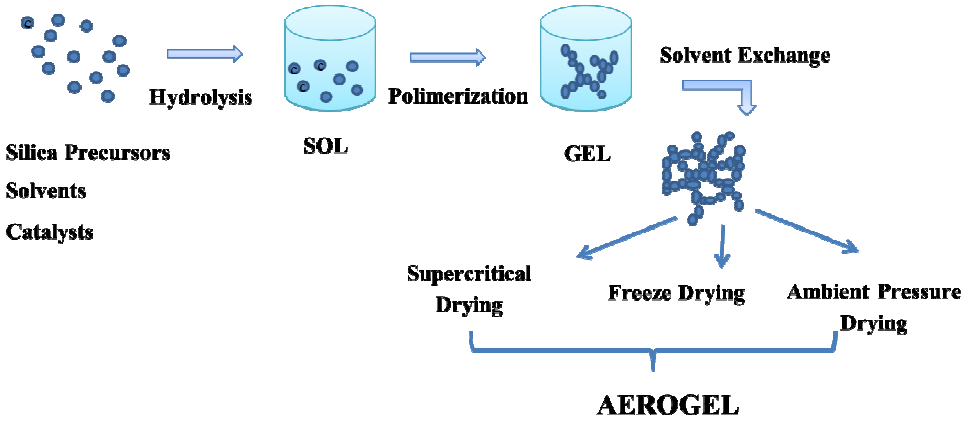


Figure 1. Schematic presentation of typical sol-gel synthesis procedure

2.2 Composite Sample Preparation

In this study, three different nanocomposites were produced with different silica aerogel contents of 0; 0.5 and 1 wt %. Epoxy and hardener were purchased from Fibermak Co., Ltd. (İzmir, Turkey). The epoxy resin and silica aerogel powders were stirred with ultrasonic homogenizers (Hielscher, UP400S) at a controlled stirring rate for 30 min. During sonication, solutions temperature increased so that the mixture was taken into an ice bath (Figure 2). Then, it was degassed with a vacuum pump to get rid of air bubbles covering the surface of the mixture. When no bubbles remained in mixture, liquid was slowly poured into the mold (Figure2). Samples cured at 50 °C during 5h. Before the mechanical tests, all samples were placed at ambient condition for one day for drying completely. The composites with various silica aerogel content were prepared for performance characterizations.

Figure 2. Ultrasonic homogenizer for dispersion silica aerogel and pouring of silica aerogel epoxy mixture

2.3 Mechanical Tests

Uniaxial tensile test and three-point bending test were performed using universal testing machine (Shimadzu) at a crosshead rate of 5 mm/min and 2 mm/min, respectively. The size for uniaxial tensile test is 165 mm × 13 mm×3.2 mm (length×width×thickness) according to ASTM D638-14. The rectangular samples with the dimension of 127 mm × 12.7 mm×3.2 mm were prepared for three-point bending test according to ASTM D790-17. All the tensile and three-point bending experiments were carried out at room temperature (Figure 3). Uniaxial tensile test and three-point bending test were repeated three times to reach reliable results. The elongation of samples in tensile tests was recorded with double camera. Modulus of elasticity was obtained with the tangent of stress-strain diagram.

Figure 3. Photograph of the tensile and three-point bending test.

3. Results and Discussion

3.1 Uniaxial Tensile Test Results

echanical properties which are illustrated as strength, modulus, and break strain of the silica aerogel epoxy composites as a function of silica aerogel content are summarized in Figure 4-6. The results show that the tensile strength of composite with silica aerogels decreased, when compared with the tensile strength of composite without silica aerogel. 17 % and 21 % decrement in tensile strength was obtained with the silica aerogel content of 0.5 and 1 wt., respectively. The results show that the modulus of elasticity of composite is enhanced with the addition of silica aerogel in the epoxy matrix. As shown in Figure 6, increasing silica aerogel content causes break strain to be decreased hence indicating composites without silica aerogel have higher break strain.

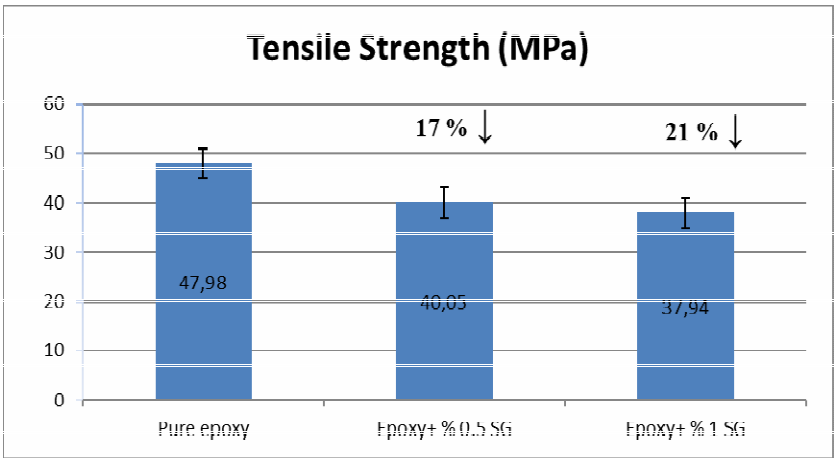


Figure 4. The tensile strength of the silica aerogel composite

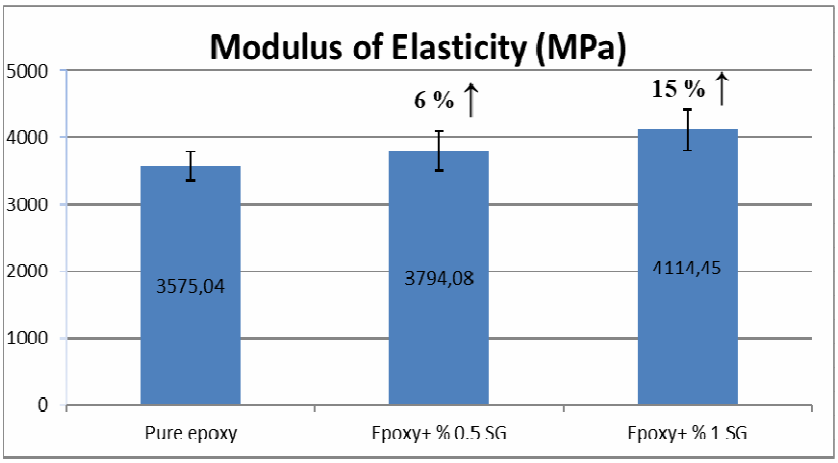


Figure 5. The modulus of elasticity of the silica aerogel composite

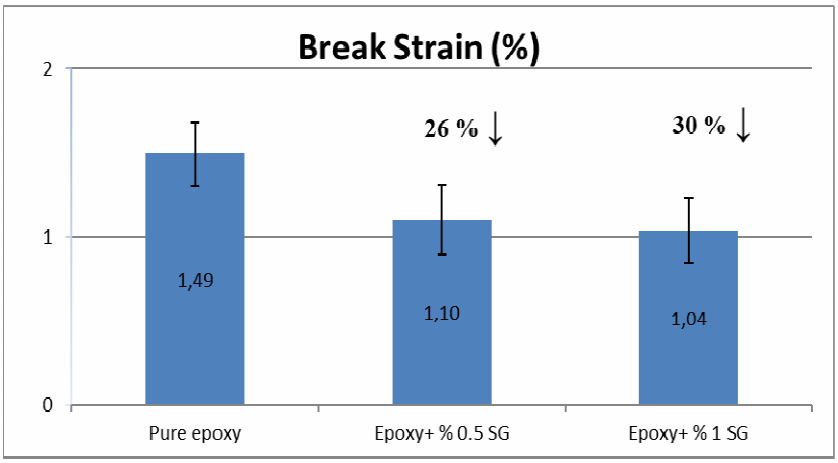


Figure 6. The break strain of the silica aerogel composite

Tensile testing experiments resulted in different m

3.2 Three-point Bending Test Results

The bar chart of the flexural strength, flexural modulus and break strain versus silica aerogel contents is plotted in Figure 7-9 respectively. Increasing the addition of silica aerogel in the epoxy is not make a significant contribution to improve the flexural strength of composites. Even silica aerogels decreased the flexural strength same as tensile strength. However, 1 wt % silica aerogel flexural strength higher than that of 0.5 wt % silica aerogel nanocomposites. Flexural modulus increased slightly with silica aerogel content. Meanwhile, it is observed that 0.5 wt % silica aerogel composite break at the initial time of flexural test hence break strain value is a lot smaller than the others.

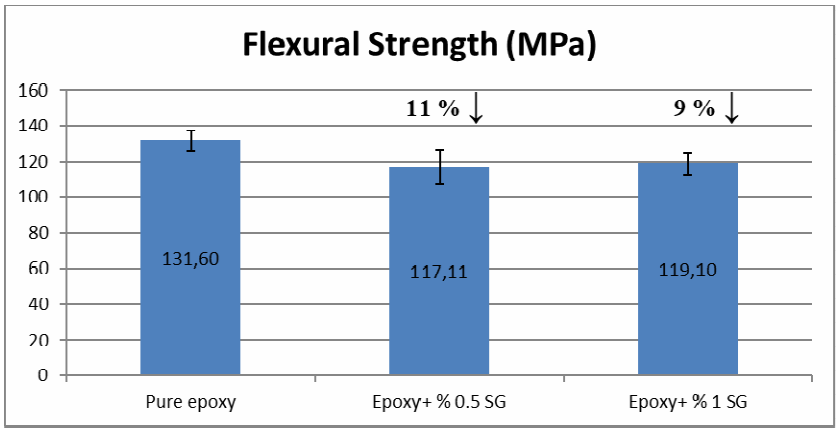


Figure 7. The flexural strength of the silica aerogel composite

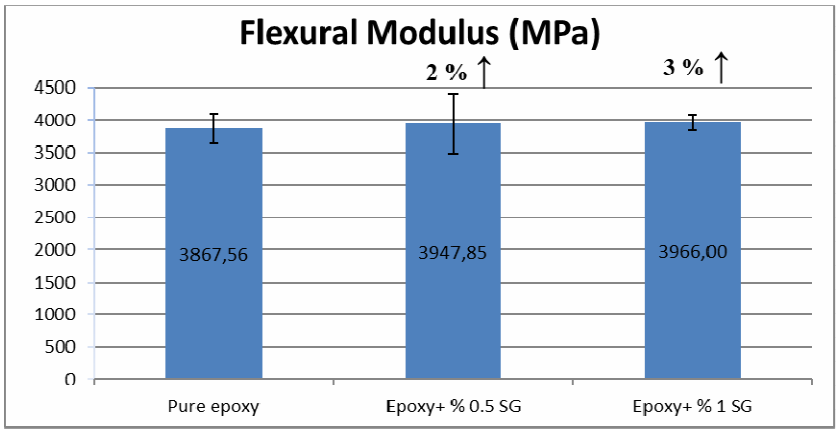


Figure 8. The flexural modulus of the silica aerogel composite

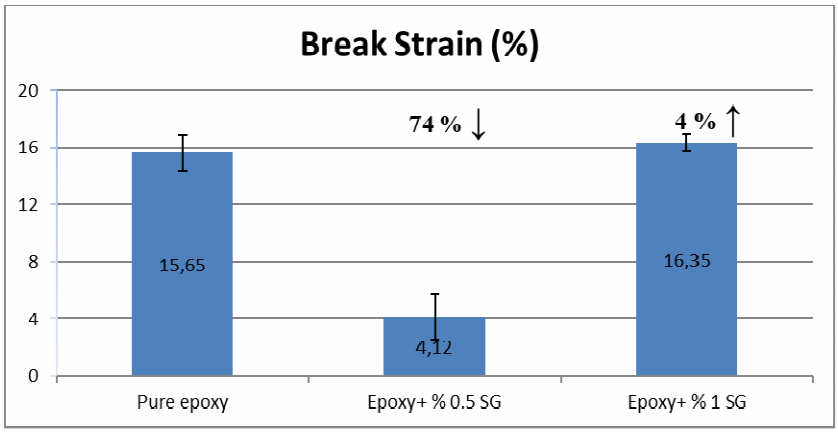


Figure 9. The break strain of the silica aerogel composite

4. Conclusions

Silica aerogel composites were successfully prepared by incorporating the silica particles in an epoxy resin. The tensile and flexure properties of silica aerogel composites with different silica aerogel content were determined. The experimental results showed that the mechanical properties changed with addition silica aerogel into epoxy.

The tensile strength and flexural strength of composites with silica aerogel addition is deteriorated compared to that of neat epoxy composites. However, the tensile and flexural modulus of the composites was improved by the presence of the silica aerogel particles.

As a result, silica aerogel particles are the promising candidates as reinforcement agent for epoxy composites.

Acknowledgements

Authors deeply appreciate to Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) for financial support under Contract No: 116M350. The authors also very thankful to Müjde Garip for kind support during experimental studies.

5. References

[1] Liang, W., Miguel, S., Maria Lluisa, M. 2013. Polymer/clay aerogel composites with flame retardant agents: Mechanical, thermal and fire behavior. Materials and Design. 52: 609–614

[2] Hajar, M., Luisa, D., António, P. 2014. An overview on silica aerogels synthesis and different mechanical reinforcing strategies. Journal of Non-Crystalline Solids. 385: 55–74

[3] Joanna, C.H. W., Hicret, K., Samuel, B., Matthias, M.K. 2014. Mechanical properties of monolithic silica aerogels made from polyethoxydisiloxanes. Microporous and Mesoporous Materials 183: 23–29

[4] Zhi L., Xudong C., Song H., Xiaojing S., Lunlun G. and Heping Z. 2016. Aramid fibers reinforced silica aerogel composites with low thermal conductivity and improved mechanical performance. Composites: Part A. 84: 316–325

[5] Xiaobing, T., Aihua, S., Chengyi, C., Mingli, Y., Si, M., Yuchuan, C., Jianjun, G., Gaojie, X. 2017. A novel silica nanowire-silica composite aerogels dried at ambient pressure. Materials Design.115: 415-421

[6] Zhi L., Lunlun G., Congcong L., Yuelei P., Yajun H., Xudong C. 2016. Silica aerogel/aramid pulp composites with improved mechanical and thermal properties. Journal of Non-Crystalline Solids 454: 1–7

[7] Yuelei, P.S., Song, H., Lunlun, G., Xudong, C., Chenga, C.,Zhi, L., Zhong, L., Heping, Z. 2017. Low thermal-conductivity and high thermal stable silica aerogel based on MTMS/Water-glass co-precursor prepared by freeze drying. Materials Design.113: 246-253

[8] Ting Z., Xudong C., Yuelei P., Congcong L., Lunlun G., Heping Z. 2018. Mechanical performance and thermal stability of glass fiber reinforced silica aerogel composites based on co-precursor method by freeze drying. Applied Surface Science, 437, 321–328.

[9] Xianbo, H., Rubing, Z., Daining, F. 2018. An ultralight silica-modified ZrO2–SiO2 aerogel composite with ultra-low thermal conductivity and enhanced mechanical strength. Scripta Materialia, 143:113-116.

[10] Ünal, H.Y., Çok, S.S., Koç, F., Gizli, N., Pekbey, Y. 2018. Investigation the Effect of Silica Aerogel Content on the mechanical Properties of Epoxy Resin System. 4th International Symposium on Composite Materials (KOMPEGE2018). September 6-8, 2018, Izmir, TURKEY.

Abstract

The main objective of this paper is to perform a study of effect of carbon nanotube on the fatigue life of plain-weave glass/epoxy composite. The carbon nanotube in the epoxy varies from 0.75 % to 1.25 % by weight with an increment of 0.5 %. Ultrasonication method was used to disperse the carbon nanotube. The hand-lay up method is employed to fabricate the composites. The composites so produced are subjected to tension-tension fatigue testing. Fatigue tests were conducted on plain-weave glass/epoxy composite at three different stress levels. Fatigue tests were conducted at constant-load amplitude, frequency of 5 Hz and stress ratio of 0.1. In order to understand the mechanical properties, tensile and three point bending tests according to ASTM standard were also conducted at room temperature. According to experimental result, fatigue life of composite varried with the amount of carbon nanotube.

Keywords: Fatigue Life; *Carbon nanotube*, Plain-weave glass/epoxy composite; S-N curve; ultrasonic homogenizers.

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, ilave edilen karbon nanotüpün, düz dokuma cam kumaş –epoksi kompozitin yorulma ömrü üzerindeki etkisini incelemektir. Epoksi içindeki karbon nanotüp, % 0,5'lik bir artışla, ağırlıkça % 0,75 ila % 1,25 arasında değiştirilmiştir. Epoksi içine ilave edilen karbon nanotüp, ultrasonik karıştırıcı yardımıyla homojen dağılımı gerçekleşmiştir. Kompozitleri imal etmek için el yatırma yöntemi kullanılmıştır. Bu şekilde üretilen kompozitler, çekme-çekme türü yorulma testine tabi tutulmuştur. Yorulma testleri, düz örgü cam / epoksi kompozit üzerinde üç farklı gerilme seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Yorulma testleri, sabit yük genliği, 5 Hz frekansı ve 0,1'lik gerilme oranında gerçekleştirilmiştir. Karbon nanotüp ilave edilmiş düz dokuma cam kumaş –epoksi kompozitin mekanik özellikleri belirlemek için, oda sıcaklığında, ASTM standartlarına uygun olarak çekme ve üç nokta eğme testleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre kompozitin yorulma ömrü karbon nanotüp miktarı ile değişmiştir.

Anahtar kelimeler: Yorulma Ömrü; *Karbon nanotüp*, Dokuma cam kumaş/epoksi kompozitler; S-N eğrisi; Ultrasonik karıştırıcı.

Evaluation of Fatigue Life of Plain-Weave Glass /Epoxy Composites with Carbon Nanotube

Karbon Nanotüplü Düz Dokuma Cam/Epoksi Kompozitlerin Yorulma Davranışının Değerlendirilmesi

Hasan Yavuz ÜNAL[1]
Yeliz PEKBEY[1]
[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,

1. Introduction

Fatigue is one of the most important types of damage in automotive, aerospace and engineering applications. An approximately 90 percent all service failures and 75 percent for ground vehicles is due to the fatigue [1]. Therefore, a fundamental understanding of the fatigue behavior of materials is necessary to be designed for their engineering applications.

The fatigue damage is very dangerous because failure happen without any warning, which is subjected to cyclic or repeated or alternating stresses that are less than the yield strength of the material. In the fatigue-damage process, stress concentrations generate the crack and cause to plastic deformation after sufficient cyclic loads. After the onset of the crack, with each cyclic load, crack growth and propagation continues until it breaks. The number of loading cycles to initiate and propagate a crack to a critical size is generally called the fatigue life [1].

Although, fatigue characteristics have been estimated via experimental techniques and fatigue behavior modeling, fatigue behavior of materials depends on many factors such environment, surface treatment, temperature, moisture vs. Many researchers have been focused on the fatigue behavior of composite materials [1-9].

Recently, nanotechnology is used in many areas such aerospace, automobiles, defense and engineering. Researchers have been carried out to study effect of nano sized particles on the fatigue life. Divagar et al. [10] investigated nano sized particles reinforcement impacts on the fatigue life of AA7075-T651 grade aluminum alloy based Metal Matrix Nanocomposites (MMNCs). It was obtained that the effects of reinforcement on fatigue life increased as the volume fraction of reinforcement increased. Raju et al. [11] studied the tensile properties and fatigue properties of the cast Al2024 and Al2O3 particulate nano composites by varying the amount of Al2O3 reinforcement. The reinforcing particulates in the MMNC were varied from 0 % to 2 % by weight with an increment of 0.5 %. They carried out fatigue tests on composite on rotary bending fatigue testing machine at five different stress levels. They obtained that S-N curves for Al2024 and composite consisting of 1.5 wt. % reinforcement were generated and presented in this investigation can be used to read off the fatigue life at a required stress level. Khashaba et al. [12] investigated the performance of scarf adhesive joints modified with optimum weight percentages of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs), SiC and Al2O3 nanofillers under static and fatigue loading.

They obtained that fatigue tests showed that the gain/loss in the fatigue lives of the modified scarf adhesive joints with MWCNTs, SiC and Al2O3 are respectively 19 %, 52 % and −22 % at fatigue limit. Also, they showed that the load-displacement hysteresis loops of the nano-modified scarf adhesive joints had higher fatigue stiffness compared to neat epoxy- scarf adhesive joints.

In another study, the impact of adding nanoparticles on the fatigue behavior of antisymmetric glass fiber reinforced polymer (GFRP) laminate has been studied [13]. They reported that adding 0.1 wt % of single-walled carbon nanotubes (SWCNT) to antisymmetric glass fiber reinforced polymer (GFRP) laminate led to an increase of fatigue life applied cycling loads.

The main objective of this paper is to perform a study of effect of carbon nanotube (CNT) on the fatigue life of plain-weave glass/epoxy composite. The carbon nanotube in the epoxy varies from 0.75 % to 1.25 % by weight with an increment of 0.5 %. The hand-lay up method is employed to fabricate the composites. Ultrasonication method was used to disperse the carbon nanotube. Fatigue tests were conducted on plain-weave glass/epoxy composite at three different stress levels. Fatigue tests were analyzed based on S-N curves and stiffness degradation.

2. Experimental Details

2.1 Preparation of matrix

In this study, three different plain-weave glass/epoxy composites were produced with different carbon nanotube contents of 0 %; 0.75 % and 1.25 wt %. The carbon nanotube was blended with the epoxy by using ultrasonic mixer and hand lay-up techniques were used for manufacturing nano size reinforced and unreinforced composite plates. The biggest problem in nano particulate reinforced composite is agglomeration. Many methods are being used for dispersing nano particulates homogenously inside epoxy system without agglomeration. Most efficient way to overcome this problem is using ultrasonic mixer. In this method, ultrasonic sound waves distribute the agglomerated nano particle [14]. Hielscher UP-400S brand name ultrasonic mixer was used in study. Double walled carbon nanotubes – DWCNTs was provided from Ege Nanotek Inc., İzmir, Turkey and added 0, 0.75 and 1.25 % in weight with respect to resin. Before using ultrasonic mixer, CNT reinforced epoxy mixture is mixed by hand. After that the mixture was subjected to high frequency sound waves for one hour. To prevent heat rising and start self-curing in the epoxy solution, cooling cup is used. Approximately, 5ºC water is recirculated between cup and unit. Ultrasonic mixer and cooling device is shown in Figure 1.

Figure 1. Ultrasonic homogenizer for dispersion of carbon nanotubes and epoxy mixture

2.2 Composite Sample Preparation

In this study, epoxy and hardener were purchased from Fibermak Co., Ltd. (İzmir, Turkey). Plain weave E-glass fabrics were manufactured by Cam Elyaf Sanayi Corporation and unit weight is 200 g/m^2. Plain-weave glass/epoxy composites were manufactured by using resin impregnated fabric (prepreg) and pressed by hydraulic machine. Desired concentration mixture is distributed on surface of plain weave fabric by using hand lay-up technique. 400x400 mm^2 size 15 ply fabrics were used to obtain 2 mm thickness. Resin impregnated fabrics are left to dry at room temperature for 10 days. After 10 days semi-finished fabrics were cut to 400x400 mm^2 square shape, overlapped and wrapped with noninflammable film after that they were placed inside hydraulic heat press machine. Firstly fabrics were exposed to 6 bar pressure after that temperature was raised from room temperature to 120ºC. Plate was waited for one hour with these circumstances. The temperature of plate should decrease slowly. Rapid decrement is undesired. So plate should stay in press until when it became equal to room temperature. Approximate fiber volume fractions of plates were found 60 %. Thus 2 mm in thickness and 400 mm in length square plates were manufactured [14]. Manufacturing steps were illustrated in Figure 2.

Figure 2. Manufacturing steps for plain-weave glass/epoxy composites with carbon nanotube

Machining operation is critical for composite plates. During cutting of specimens delamination could occur. So water jet cutter is the best way to obtain ASTM standard test specimens.

2.3 Mechanical Tests

Uniaxial tensile test and three-point bending test were performed using universal testing machine (Shimadzu) at a crosshead rate of 2 mm/min and 1 mm/min, respectively. Tensile properties of plain-weave glass/epoxy composites samples are detected by Shimadzu AG-IS universal testing machine (UTM) and the stress strain plots for different samples is depicted. The size for uniaxial tensile test is 250 mm × 25 mm × 2 mm (length × width × thickness) according to ASTM 3039 [15]. The rectangular samples with the dimension of 76.8 mm × 14 mm × 2 mm were prepared for three-point bending test according to ASTM 7264 [16]. All the tensile and three-point bending experiments were carried out at room temperature (Figure 3). Uniaxial tensile test and three-point bending test were repeated five times and three times to reach reliable results, respectively. The elongations of samples in tensile tests were recorded with double camera. Modulus of elasticity was obtained with the tangent of stress-strain diagram. The average results were given as bar graph for both mechanical tests.

Figure 3. Photograph of the tensile and three-point bending test.

2.4 Fatigue Test

The plain-weave glass/epoxy composites were tested in tension–tension fatigue using a Shimadzu servo hydraulic universal testing machine model EHF-EV200k2-040-0A (200kN) at ambient laboratory environment. All the fatigue tests were performed under tension-tension load according to ASTM 3479 [17], frequency of 5 Hz and stress ratio (R) of 0.1. Fatigue test specimens have the same dimensions with the tensile test specimens.

To construct the S-N curve, each type of the plain-weave glass/epoxy composites was tested at three different stress levels. These stresses were 50, 40 and 30 % of the specimens' average ultimate tensile strength. Therefore, the capacity of the testing machine is adequate to achieve accurate fatigue tests on the fabricated plain-weave glass/epoxy composites. The numbers of cycles are recorded to computer corresponding to the specimen failure and regarded as the fatigue life of the specimen. At least two specimens were tested for each stress level. During dynamic loading, computer measure the stress and strain values of specimens intermittently. The change in the secant modules was plotted using these data. The test set up used for tension-tension fatigue test and three set of fatigue test specimens which 0.75% CNT reinforced GFRP were shown in Figure 4.

Figure 4. Typical test set-up for tension-tension fatigue test and three set of specimen [6]

3. Results and Discussion

3.1 Uniaxial Tensile Test Results

Tensile testing experiments resulted in different mechanical properties which are illustrated as strength and modulus of the plain-weave glass/epoxy composites with carbon nanotube as a function of carbon nanotube content are summarized in Figure 5. The results show that the tensile strength of plain-weave glass/epoxy composites increased with carbon nanotube when compared with the tensile strength of composite without carbon nanotube. 36 % and 21 % increment in tensile strength was obtained with 0.75 and 1.25 wt. % carbon nanotube, respectively. The results show that the modulus of elasticity of composites has not enhanced continuously with the addition of carbon nanotube in the epoxy matrix. As shown in Figure 5, the highest modulus of elasticity belongs to 0.75 wt. % CNT containing specimen. 16 % increment was obtained, but when CNT content increased elastic modulus start to decrease. Even 1.25 wt. % CNT containing specimen showed the lowest value.

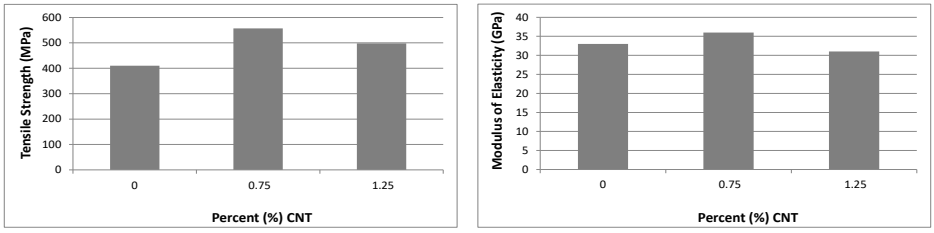


Figure 5. Tensile test results

3.2 Three-point Bending Test Results

Three point bending tests were done to understand specimen behavior under pure bending. Single load was applied on the upper surface of the specimen and highest bending moment was gotten at this point. The distance between each support was arranged 32 times higher than thickness. Average results of bending tests were given in Figure 6. Graphics were compatible with tensile test. The highest bending strength and bending modulus were shown from 0.75 wt. % CNT containing plain-weave glass/epoxy composite as in the tensile test. Compared to pure specimen, 23 % and 33 % increments in bending strength and bending modulus were obtained, respectively. Unlike tensile test, 1.25 wt. % CNT containing composite specimen showed higher mechanical properties compared to pure one in bending test. Although the difference was very low between 1.25 wt. % CNT containing and pure composites, 1.25 wt. % CNT showed 1 % and 14 % higher bending stress and modulus, respectively.

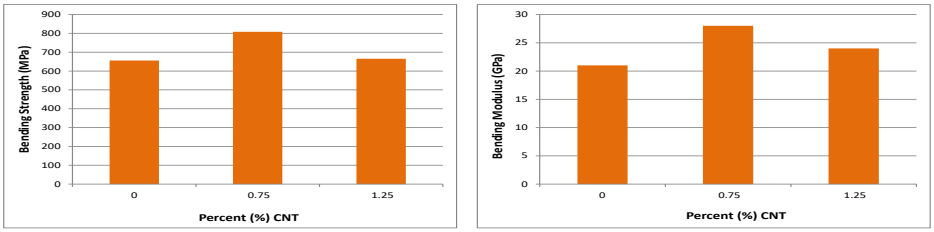


Figure 6. Three point bending test results

3.3 Fatigue Test Results

In order to understand the fatigue life of the plain-weave glass/epoxy composites with carbon nanotube, S–N curves with applied stress vs. number of cycle to failure (N) were scratched as shown in Figure 7. Three different stress levels (50 – 40 - 30 %) with respect to tensile test were realized. To prevent heating of specimen during test, frequency was arranged 5 Hz. GFRP tabs were bonded to each end of the specimen for preventing gripping failure. Two specimens were tested for each stress level. Tensile strength was stated first cycle of the S-N curves in Figure 7. S-N curves were passed through these points.

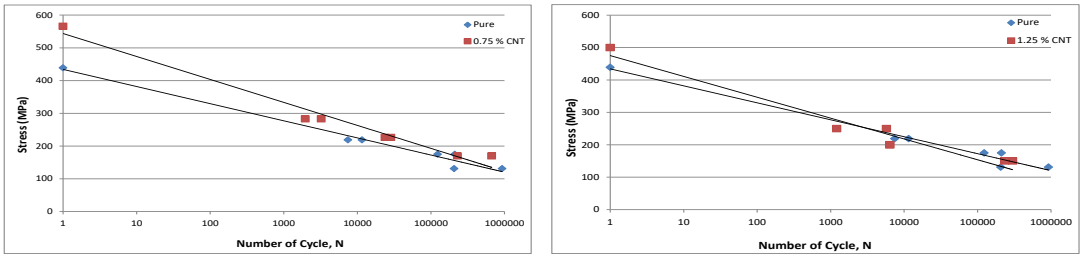


Figure 7. S-N curves of pure and CNT containing specimens

According to S-N curve, the pure plain-weave glass/epoxy composites displayed a higher fatigue life when compared to the plain-weave glass/epoxy composites with 0.75 and 1.25 wt. % carbon nanotube. A higher percentage addition of nano sized carbon particles decreased the fatigue life to a greater extent. The highest fatigue life was obtained with pure specimen in 30 % stress level. The specimen was fractured in 926092 cycles. When aim of the curves were compared, the difference in fatigue life between pure and CNT containing specimens were increased for lower stress level. The fibers in the perpendicular direction with respect to the applied force rotate to direction of force and the breakage was actualized due to the extending of matrix cracking with this movement. Secant modulus vs. number of cycle to failure was plotted in Figure 8. The distance between tabs was taken as gauge length to calculate strain.

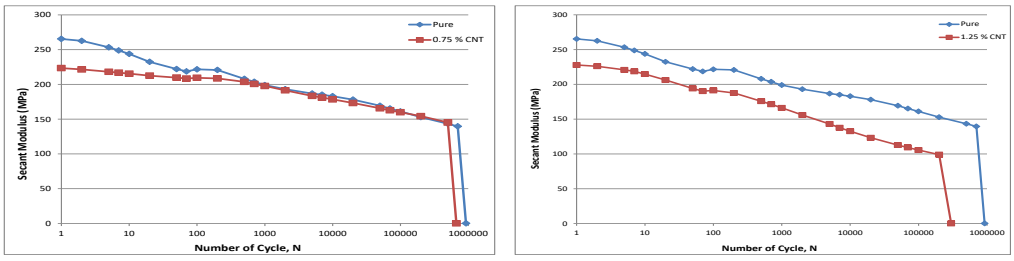


Figure 8. Secant modulus change with number of cycle

In the beginning pure specimen showed a lot higher modulus than both CNT containing specimens, but difference between pure and 0.75 wt. % CNT got smaller with cycles pass. As the number of cycles increased, both materials graphs showed a decreasing trend. Although the applied stress stayed constant strain values increased with cycles and secant modulus decreased. Crack propagation was delayed due to the CNT content in epoxy matrix. Crack should move from skirt of the CNT so secant modulus drop was less prominent for 0.75 wt. % CNT containing specimen. When CNT content increased to 1.25 wt. % free volume decreased and fragility increased so fracture actualized earlier and secant modulus drop more dominant than that of pure specimen.

4. Conclusions

Glass fiber reinforced polymer was produced with the method of hand lay-up. Double walled carbon nanotube was distributed into epoxy matrix by ultrasonic media. Tensile, three point bending and fatigue tests were actualized. The tensile and bending properties and fatigue properties of the plain-weave glass/epoxy composites with carbon nanotube were significantly searched by varying the amount of carbon nanotube. The significant conclusions of this study on plain-weave glass/epoxy composites with carbon nanotube are as follows:

• The tensile strength of the plain-weave glass/epoxy composites increased with carbon nanotube addition, but tensile strength starts to decrease with higher CNT percentage in the composites. The highest tensile strength value is observed for 0.75 wt. % carbon nanotube sample.

• The modulus of elasticity of GFRP increased 16 % with 0.75 wt. % carbon nanotube addition, but modulus of elasticity decrease 6 % with higher CNT percentage in the composites.

• In three-point bending test both bending strength and modulus were increased with carbon nanotube addition. The increments in strength and

modulus for 0.75 wt. % CNT were 23 % and 33 %, respectively.

• Comparison between the S-N curve for the plain-weave glass/epoxy composites shows that the fatigue behaviors of the composites with CNT are slightly worse than that of pure epoxy matrix composites.

• Secant modulus in fatigue test for GFRP is higher than CNT containing specimens, but fall rate of secant modulus was smaller for 0.75 wt. % CNT containing specimen.

Acknowledgements

This work was funded by Ege University of Scientific Research Project of Turkey under grant BAP, 2015 MÜH-074. The authors, therefore, gratefully appreciated to Ege University of Scientific Research Project for providing financial support.

5. References

[1] Jia, H., Wang, G., Chen, S., Gao, Y., Li, W., L,aw, P.K. 2018. Fatigue and fracture behavior of bulk metallic glasses and their composites. Progress in Materials Science. 98:162-248

[2] Senthilkumar, R., Arunkumar, N., Hussian, M.M. 2015. A comparative study on low cycle fatigue behaviour of nano and micro Al2O3 reinforced AA2014 particulate hybrid composites. Results in Physics. 5: 273-280

[3] Fatemia, A., Mortazaviana, S., Khosrovaneh, A. 2015. Fatigue behavior and predictive modeling of short fiber thermoplastic composites. Procedia Engineering. 133: 5-20

[4] Barbera, D., Chen, H.F., Liu, Y.H. 2015. On the Creep Fatigue Behavior of Metal Matrix Composites. Procedia Engineering. 10: 1121-1136

[5] Ünal, H.Y., 2016, "Nano takviyeli kompozit malzemelerde yorulma karakteristiğinin araştırılması", Master Thesis, Ege Graduate School of Natural and Applied Sciences, Supervisor: Prof. Dr. Yeliz Pekbey.

[6] Ünal, H.Y., Pekbey, Y. 2016. Ağırlıkça farklı nanokil katkılı Cam lifi-epoksi kompozit malzemenin yorulma davranışının incelenmesi. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016), October 26-28, Adana/Turkey

[7] Liu, R., Yang, Y., Zhou, X. 2018. Experimental study on fatigue performance of composite beam with steel-plate-concrete composite decks. Construction and Building Materials. 188: 833-849

[8] Rubiella, C., Hessabi, C.A., Fallah, A.S. 2018. State of the art in fatigue modelling of composite wind turbine blades. International Journal of Fatigue. 117: 230-245

[9] Vedrtnam, A. 2019. Novel method for improving fatigue behavior of carbon fiber reinforced epoxy composite. Composites Part B: Engineering. 157: 305-321

[10] Divagar, S., Vigneshwar, M., Selvamani, S.T. 2016. Impacts of Nano Particles on Fatigue Strength of Aluminum Based Metal Matrix Composites for Aerospace. Materials Today: Proceedings. 3: 3734–3739

[11] Raju, P.M.R., Rajesh, S., Raju, K.ST., Raju, V.R. 2017. Evaluation of Fatigue Life of Al2024/Al2O3 Particulate Nano Composite Fabricated Using Stir Casting Technique. Materials Today Part A: Proceedings. 4 (2): 3188-3196

[12] Khashaba, U.A., Alijinaidi, A.A., Hamed, M.A. 2017. Fatigue and reliability analysis of nano-modified scarf adhesive joints in carbon fiber composites. Composites Part B: Engineering. 120:103-117

[13] Bourchak, M., Algarni, A., Khan, A., Khashaba, U. 2018. Effect of SWCNTs and graphene on the fatigue behavior of antisymmetric GFRP laminate. Composites Science and Technology. 167: 164-173

[14] Öner, G., Ünal, H.Y., Pekbey, Y. 2016. Experimental Investigation of Low-Velocity Impact Response of Plain-Weave Glass/Epoxy Composites Reinforced with Carbon Nanotubes. Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture. 31(2) : 87-97

[15] ASTM D3039 / D3039M-17, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org

[16] ASTM D7264 / D7264M-15, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org

[17] ASTM D3479 / D3479M-12, Standard Test Method for Tension-Tension Fatigue of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, www.astm.org

Özet

Tekirdağ'da 19.yy sonu neoklasik mimari döneme ait yığma (taş-tuğla almaşık) iki katlı yapının restorasyon çalışmaları kapsamında yapının lifli polimerler ile güçlendirme alternatiflerinin belirlenmesi çalışmanın esasını oluşturmaktadır. Yığma yapılarda karbon esaslı lifli polimerler çubuk, kumaş ve lamine (şerit) şeklinde uygulanabilmektedir. Çalışma kapsamında yapının öncelikle sonlu eleman modeli mevcut haline uyularak oluşturulmuş; yapı periyotları ve göreli ötelenmeleri belirlendikten sonra yapının farklı lifli polimer uygulamalarıyla dinamik özelliklerdeki değişimleri incelenmiştir. Ayrıca yapıda kat hizalarında çelik rijitlik elemanlarının kullanılmasıyla yapı davranışındaki değişim de belirlenmiştir. Lifli polimerlerin yığma duvar elemanlara uygulanma yöntemleri de çalışma kapsamında araştırılmış ve tipik tarihi yığma yapılarda lifli polimerlerin değişik kombinasyonlarla uygulanabilirliği incelenmiştir. Projede epoksi esaslı polimer, karbon esaslı lifler tercih edilmiştir. Çalışmanın sonucunda 1. derece deprem bölgesinde bulunan tarihi bir yapının deprem etkisine karşı uygun lifli polimer tercihleriyle yığma yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi araştırılarak yapı güvenliğinin temini sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Tarihi yığma yapılar; lifli polimerler; güçlendirme; deprem; dinamik özellikler.

Abstract

In the scope of the restoration works of the two-story building belonging to the 19th century neoclassical architectural period in Tekirdağ, determining the strengthening alternatives of the structure with fiber reinforced polymers constitutes the basis of the study. Carbon based fiber reinforced polymers in masonry structures can be applied as rod, fabric and laminated (strip). Within the scope of the study, firstly the finite element model of the building was constructed according to the existing state; After the construction periods and relative displacements were determined, the changes in the dynamic properties of the structure with different fiber reinforced polymer applications were investigated. In addition, changes in the structure behavior were determined by using steel stiffness elements at the floor level. Methods of applying fibrous polymers to masonry wall elements were also investigated in the study and the applicability of fiber reinforced polymers with different combinations in typical historical masonry structures was investigated. In the project, epoxy based polymer and carbon based fibers are preferred. As a result of the study, the structural properties of a historical building located in the 1st degree earthquake zone were investigated by improving the dynamic properties of the masonry structure with suitable fiber reinforced polymer preferences.

Keywords:

Historical Masonry Building; reinforced polymer; retrofitting; earthquake;

dynamic properties.

Tarihi Yığma Bir Yapının Lifli Polimerler (FRP) İle Güçlendirme Alternatiflerinin Araştırılması Ve Proje Uygulaması

The Investigation Of Retrofitting Alternatives In Historical Masonry Building With Fiber Reinforced Polymers And Project Application

Ahmet BAL[1]
Sait Serdar ŞİMŞEK[1]
[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye,

1. Giriş

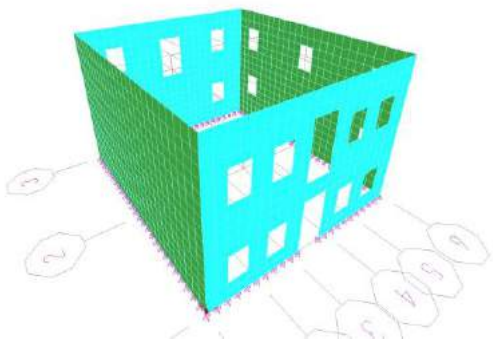
Kent kimliğinin önemli bir yapısını oluşturan tarihi yapılar nesilden nesile aktarım için oldukça önemli bir konudur. Bu nedenle tarihi yapıların korunmasında eski yöntemlerle beraber yeni teknolojik yöntemler de entegre bir biçimde uygulanmalıdır. Önemli kültürel değerleri bulunan bu yapıların belirli yükler altında gün geçtikçe kaybolan performanslarını geri kazandıracak yeni nesil onarım ve güçlendirme yöntemleri kullanılmalıdır. Özellikle taş-tuğla almaşık duvar örgüsü bulunan yığma yapılar 2 veya 3 katlı olacak şekilde ülkemizde yaygın olarak görülmektedir. (Örnek bir yapı Şekil 1'de görülmektedir.) Bu tarihi yapıların güncel güçlendirme yöntemleri arasında "Lifli Polimerlerle Güçlendirme (FRP)" son zamanlarda yaygınlıkla kullanılan yöntemdir. Tarihi yapılar sünekliği düşük olan yapılardır. Çekmeye karşı mukavemetleri çok azdır. Ayrıca ana taşıyıcılar duvarlar olduğu için duvarlar da temel oturmasına karşı dayanıksızdır. Güçlendirme yöntemlerinden ve yenilikçi yaklaşımlardan FRP malzemelerin hem korozyon gibi dış etkilere dayanıklı hem de düşük kesitlerle yüksek çekme gerilmelerini taşıyabilir olması tarihi yapılarda kullanımı artırmaktadır. [4] Bu sayede yapı hem süneklik kazanacak hem de çekme gerilmelerini taşıyacaktır.

Şekil. 1.Tarihi Yığma Bina. *(Historical Masonry Building))*

Bu çalışmada Tekirdağ ilinin Süleymanpaşa ilçesinde bulunan tarihi yığma bir yapının güçlendirme uygulaması ele alınmıştır. Yapı iki katlı ve taştuğla almaşık duvar örgüsüne sahiptir. Duvarlarda ve çerçevelerde ahşap taşıyıcı elemanlar da bulunmaktadır. Benzer yapılarda olduğu gibi kemer pencere ve kapı detayları bulunmaktadır. Yapı 1. Derece deprem bölgesinde bulunduğundan dolayı üzerinde bazı deformasyonlar mevcuttur. Yatay ve düşey kesme çatlaklarına ve oturma çatlaklarına özellikle kapı ve pencere bölgelerinde sık rastlanmaktadır. FRP ile güçlendirme kumaş , lamine ve çubuk halinde olmak üzere 3 şekilde yapılmaktadır. Yapılacak olan güçlendirme yöntemi yapının maruz kalacağı yük etkilerine göre seçilmelidir. Karbon lifli polimerlerin sünme dayanımı ve çevrimsel yük etkisi altında yorulma dayanımları yüksektir. Eğilme dayanımını artırmak için FRP kumaş olarak uygulanabilir. Ayrıca lifli polimerlerin liflerin doğrultusuna dik yönde herhangi bir dayanımı yoktur. Benzer şekilde plakalar halinde lamine olarak da uygulanabilir. Ya da şeritler halinde eğilme dayanımını artırmada kullanılabilir. Yapılan proje uygulamasında hasar gören bölgeler yüksek dayanımlı ve yüksek elastisite modüllü karbon lifli polimer çubuklar kullanılması önerilmiştir. Yapılan arakat restorasyonundan sonra duvarda oluşan emniyet gerilmelerinin sağlanması için duvarların dört köşelerinde kolon formunda alt kottan çatı kotuna kadar ve arakat kotu seviyesinde binayı çevreleyecek şekilde 50 cm genişliğinde "Tek Yönlü Lifli Polimer Kumaş" olarak çift yüzeyli olarak uygulanacaktır. Yığma binanın duvar iç kısımlarında ve pencerelerinde oluşan gerilmelerin emniyeti için "Önüretimli Karbon Lifli Polimer Plakalar" kullanılacaktır.

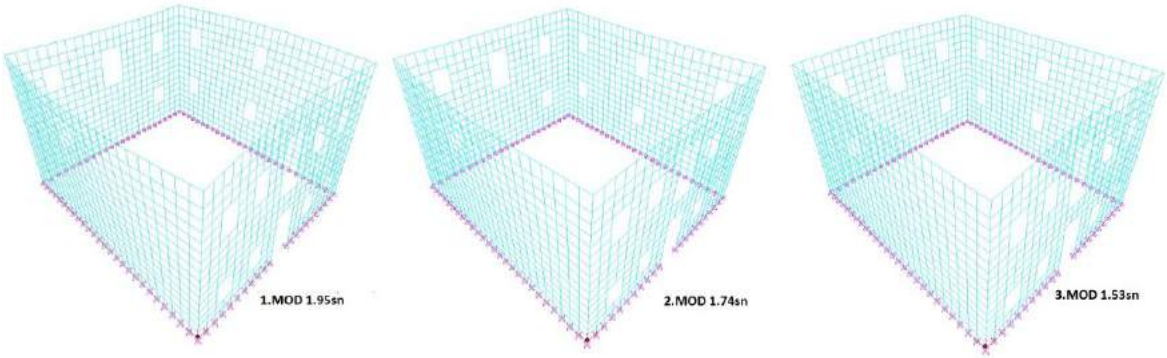
2. Yöntem

Tarihi yığma yapı mevcut durumda sadece çevre duvarlarından oluşmaktadır. Yapının daha öncesinde bulunan ahşap arakatı ve ahşap çatısı bulunmamaktadır. Bu sebeple yapının analizine mevcut duvarların üç boyutlu sonlu eleman modeli gerçekleştirilmiştir. Yapının analizi için üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP2000'de oluşturulmuştur. Bu durumda yapı kendi ağırlığı, rüzgar ve deprem yükleri altında tahkik edilmiştir. Daha sonra planlanan çelik arakat ve çatı katı için diyafram oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir. Yapı kullanıma alındığında arakatı ve çatısı çelik elemanlar ile oluşturularak diyafram haline getirilecektir. Başlangıçta yapı mevcut durumu Şekil 2 'deki gibi Sap2000 programında analiz edilten sonra yapı rijitliği ve doğal titreşim periyodu belirlenmiştir. Yapı emniyetinin belirlenmesinde ayrıca yığma duvarlarda oluşan gerilmeler kontrol edilmiştir.

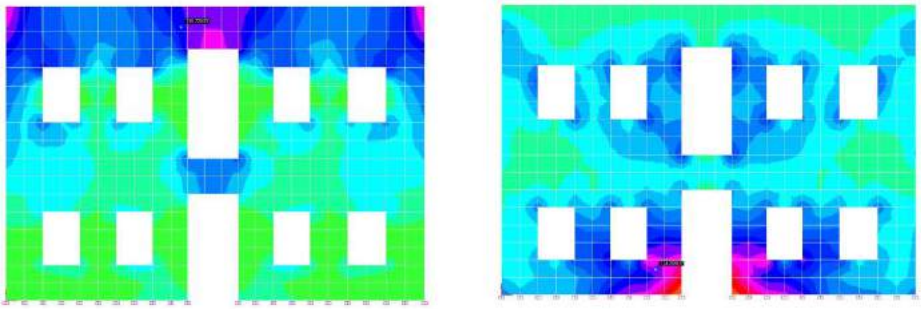


Şekil. 2. Yığma Bina Mevcut Yapı Modeli *(Current Model of Masonry Building)*

Binanın mevcut (sadace dış duvarları ile, arakat ve çatıda diyafram bulunmadan) durumunun analizi sonucu yapının birinci doğal titreşim periyodu T1=1,946 sn olarak elde edilmiştir. Elde edilen doğal titreşim periyodunun yapı yüksekliği, rijitliği, kütlesi gibi temel etmenler ele alındığında yüksek çıkmasının sebebi araştırıldığında öncelikle yapıda kat ve çatı seviyelerinde diyafram bulunmaması olduğu görülmüştür. Yapının davranışına hakim olan diğer modlar da incelendiğinde yapıda duvarların düzlem dışına hareketi açık şekilde görülmektedir. Yığma yapılarda düzlem dışı hareketleri önlemek ve düzleminde titreşimin sağlamak amacıyla öncelikle arakat ve çatı düzeyinde çelik elemanlardan oluşturulacak taş duvarlara ankraj edilecek diyaframların kurgulanması zorunlu olmuştur. Yığma yapının duvarlarında bulunan maksimum gerilme x yönünde S11=189,72 ton/m^2 ve y yönünde S22=124,25 ton/m^2 olarak elde edilmiştir. Elde edilen gerilme değerleri çelik diyafram eklendikten ve CFRP uygulaması yapıldıktan sonra tekrar analiz edilmiştir. Şekil.3'te yığman yapının mevcut durumuna ait ilk 3 doğal titreşim mod şekli gösterilmiştir. Şekil.4'te ise yapının mevcut durumunda oluşan gerilmelerin yapıdaki dağılımları gösterilmiştir. Yapıda gerilmelerin duvarlarda bulunan kapı ve pencere boşluklarında; özellikle de ön cephede yoğunlaştığı yapılan analizlerden anlaşılmıştır.

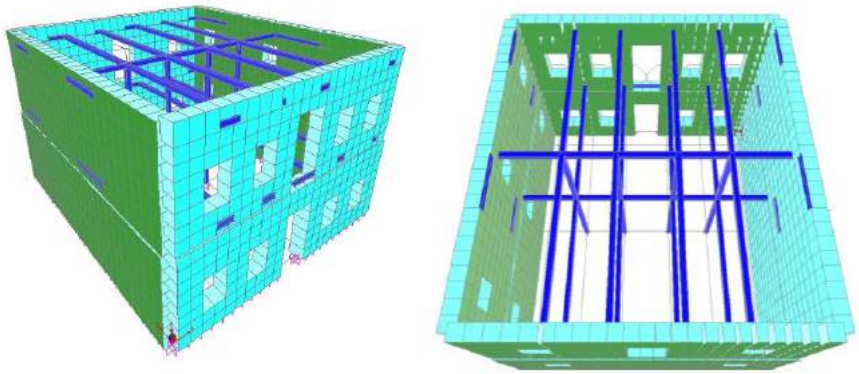


Şekil. 3. Yapının ilk üç doğal titreşim periyotları *(Periods of structure for 3 mod)*



Şekil. 4. Mevcut Durumdaki Gerilmeler S11(sol) ve S22(sağ) *(Current stresses S11(left) and S22(right))*

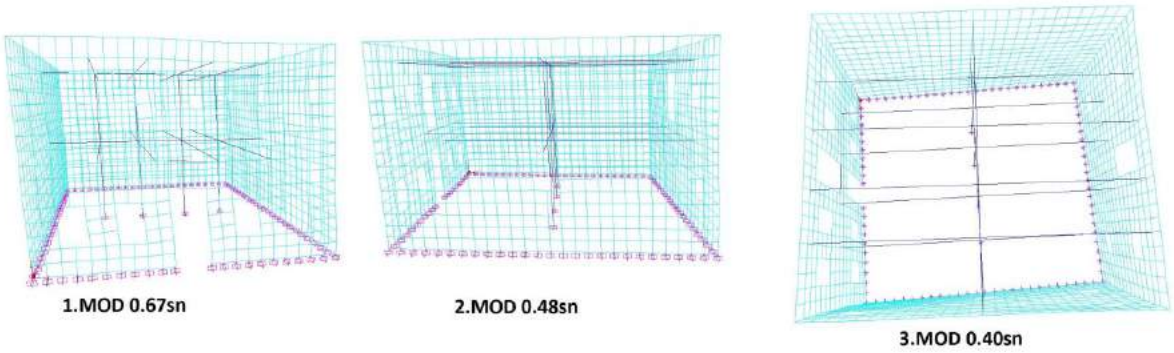
Uygulanması planlanan restorasyon projesi dahilinde sisteme arakat ve çatı düzlemine çelik elemanlardan oluşan diyafram ilave edilecektir. Ayrıca bu yapıda bulunan çevre duvarların düzlemdışı hareketine engel olacak, yapının yüksek olan doğal titreşim periyodunu azaltacaktır. Bunun için taşıyıcı sisteme belirli düzen ve aralıklarda ST37 çeliğinden imal edilecek 2UPN200 profil kolonlar, UPN200 kiriş ve IPN120 ikincil kirişlerden oluşan döşeme ilave edilecektir. Diyafram mevcut yığma duvarlara eposi ile oluşturulan ankrajlama sistemiyle uygulanacaktır. Şekil.5'te ilave edilen kat diyaframlarına ait yapı modelleri gösterilmiştir.



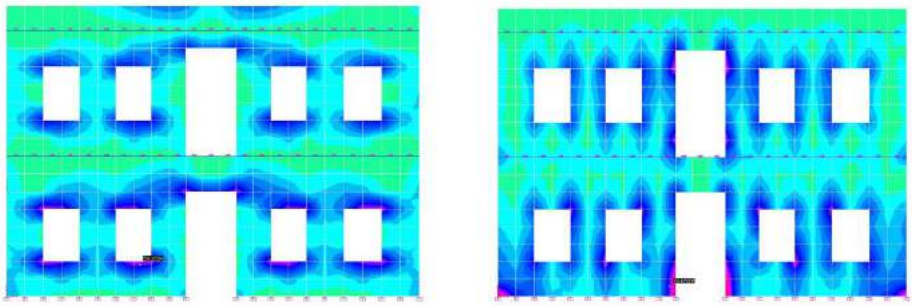
Şekil. 5. Yapı katlarına çelik elemanlardan oluşan diyafram ilavesi *(Storey diaphrams used with Steel members)*

Sonlu eleman modeli hazırlanan çelik arakat ve çatı diyaframları için gerçekleştirilen analizlerde yapının birinci doğal titreşim periyodu T1=0,667 sn olarak elde edilmiştir. Yığma yapının diyafram ilavesinden sonra duvarlarda oluşan gerilme x yönünde S11=58,02 ton/m2 ve y yönünde S22=80,40 ton/m2'dir. Yapıda planda ilave edilen diyaframlar yapının doğal titreşim periyotlarını ve yığma yapı duvarlarında oluşan gerilmeleri önemli miktarda azaltmıştır. Yapının çelik elemanlardan oluşan diyafram ilavesi sonucu yapıda oluşan yapı doğal titreşim periyodu ilk 3

mod için Şekil.6'da gösterilmiştir. Yapıda titreşim modları duvarların düzlemdışına hareketi ile oluşurken kat ve çatı diyaframlarının ilavesi sonucu 1.mod yapı düzleminde X yönünde, 2.mod yapı duvar düzlemi olan Y yönünde, 3.mod ise burulma olarak elde edilmiştir. Bu yapının deprem etkisinde düzenli bir davranışla tepki vereceği anlaşılmaktadır.



Şekil. 6. Çelik diyaframlı yapının ilk 3 modu *(Periods of structure with steel diaphram)*



Şekil. 7. Çelik Arakat Sonrası Gerilmeler S11(sol) ve S22(sağ) *(Stresses after steel story S11(left) and S22(right))*

Şekil.7'de gösterilen çelik arakat ve çatı diyaframı sonrasında elde edilen gerilme değerlerinde de önemli miktarda azalma gözlenmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Gerçekleştirilen gerilme analizleri ve güncel yönetmeliklerde yığma yapılar için verilen emniyet gerilmeleri değerleri karşılaştırıldığında yapının mevcut durumu ve çelik diyafram eklenmiş haldeki durumu sınır gerilme değerlerini karşılayamamaktadır. Bu sebeple gerilme değerlerinin emniyet değerlerinin altına indirilebilmesi amacıyla güçlendirme projesinde CFRP (karbon lifli polimer) kullanılacaktır. CFRP'nin uygulanmasında, oluşan gerilme yönüne uygun doğrultunun seçilmesi önemlidir. Çünkü CFRP lif eksenine paralel yönde çekme kuvvetlerini karşılayabilmektedir. Kumaş tipi olan CFRP'lerde dokuma yönüne göre tek doğrultulu ve çift doğrultulu olanları mevcuttur. Gerilmenin tipine ve kesit tesirinin türüne göre kumaş tipi olanlarda tek doğrultuda ve çift doğrultuda yük taşıma olanağı vardır. Lamine ve çubuk tipinde olanlar ise tek doğrultuda yük aktarımına imkan vermektedir. Genellikle eğilme etkilerine karşı lamine, çubuk ve dokuma yönü tek doğrultuda olan kumaş tipi CFRP'ler tercih edilmektedir. Düğüm noktaları gibi çok eksenli gerilmelerin oluştuğu bölgelerde çift yönlü dokumaya sahip kumaşların tercih edilmesi gerekmektedir. Kesme etkileri kayma gerilmelerinin yönüne uygun CFRP seçimiyle mümkündür. Eksenel kuvvet dayanımının arttırılması için ise CFRP'nin sargı etkisi oluşturması gerekmektedir. Oluşturulan sargı etkisi elemanda çok eksenli gerilme davranışı (Poisson Etkisi) ile basınç dayanımını arttırdığı bilinmektedir. Bu amaca uygun CFRP tipi ise genellikle tek yönlü dokunmuş kumaştır. Yığma yapılarda taşıyıcı olan duvar malzemesinde oluşan gerilmelerin doğrultusuna uygun tipte CFRP seçimi bu çalışmada örnek tarihi yığma bina üzerinde uygulanmaya çalışılmıştır.

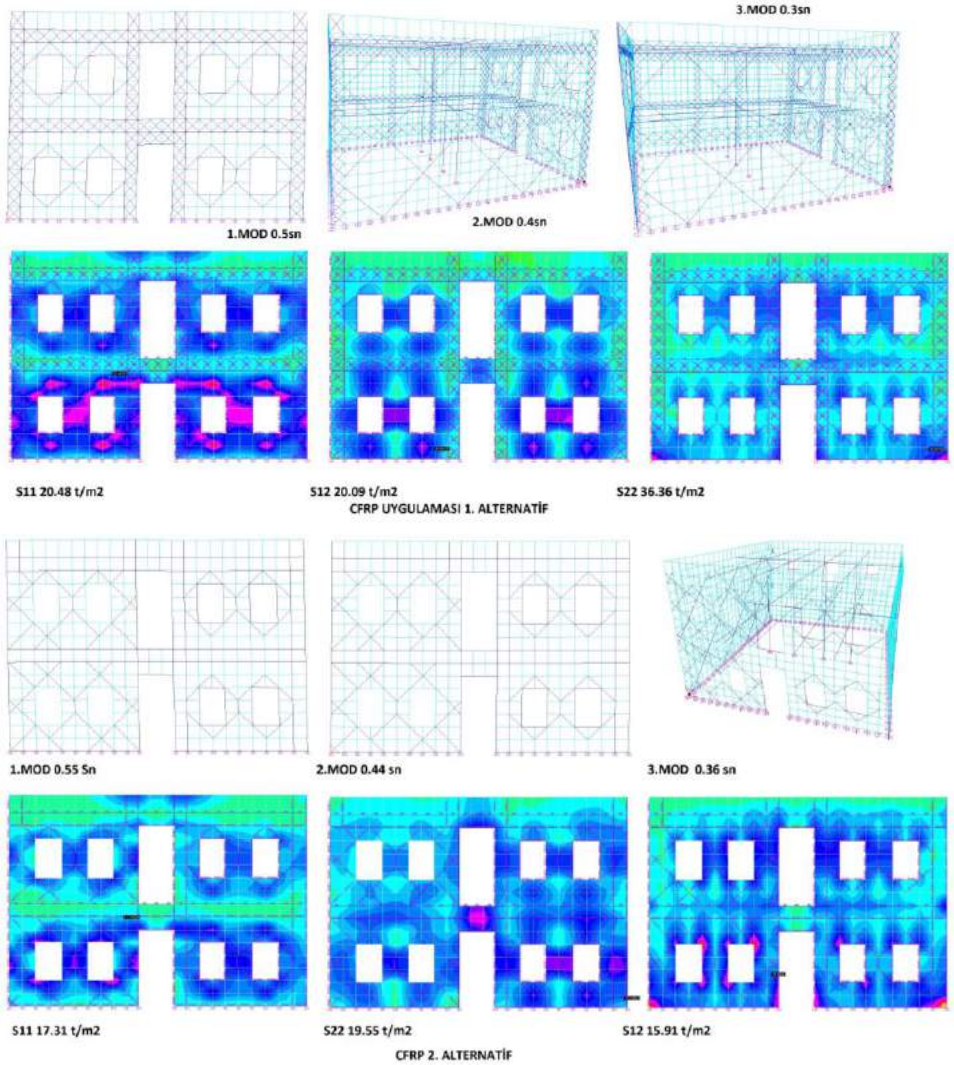
Tarihi yığma yapılarda genellikle kullanılan taş tipi kargir malzemelerin elastisite modülü düşüktür. Malzeme sünekliğinin sağlanamadığı bu tür yapılarda yapısal sünekliğe geçiş ancak yüksek elastisite modülüne sahip sünek malzemeler ile güçlendirme tekniklerinin oluşturulmasıyla mümkündür. Tarihi yığma yapıda bulunan mevcut taş malzeminin ve kullanılması muhtemel CFRP tiplerinin mekanik özellikleri Tablo.1'de göste-

rilmiştir.

TABLO I. MALZEME MEKANİK ÖZELLİKLERİ (*MATERIAL MEKANICAL SPECIFICATION*) [3]

Tarama No	Doğal Taş	CFRP Plaka	CFRP Kumaş	CFRP Çubuk
Elastisite modülü (N/mm^2)	13000 - 50000	165000	230000	165000
Çekme Dayanımı (N/mm^2)	2.0-4.0	3000	4900	3000
Kopma Uzamas ı(%)	-	1.50	2.10	1.50
Kalınlık (mm)	570-700	1.20	0.16	8
Genişlik (mm)	-	100	500	-

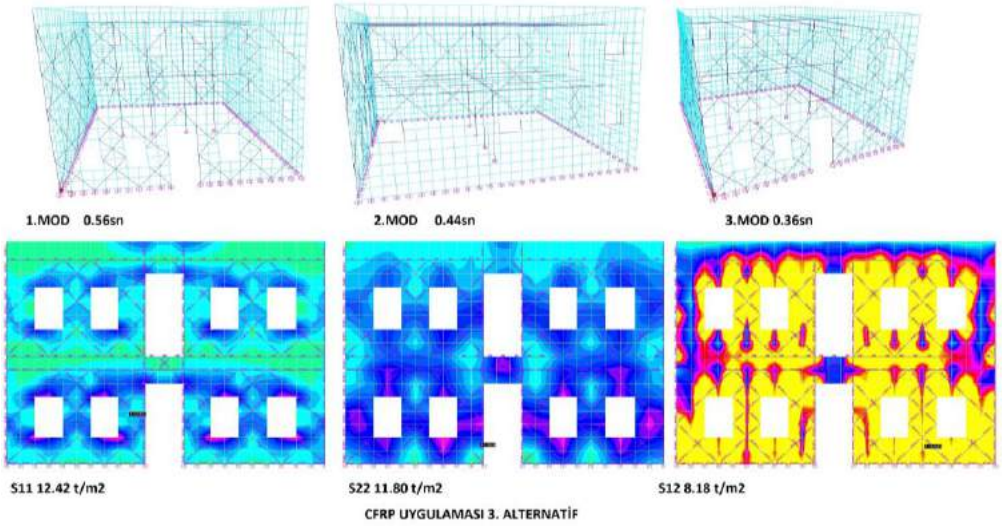
CFRP'nin uygulaması için çubuk, plaka(lamine) ve kumaşın farklı bölgelerde uygulanması ile ilgili 3 alternatif oluşturuldu. Oluşturulan üç farklı modelin doğal titeşim periyotları ve duvarlarda elde edilen gerilme değerleri ayrıntılı olarak Şekil 8'de görüldüğü üzere elde edilmiştir.



Şekil. 8. CFRP Uygulaması 1. Ve 2.Alternatiflere Ait Mod ve Gerilmeler *(Stresses and mode for CFRP Appl.1 and App.2)*

DBYBHY2007 verilerine göre düşey gerilme emniyet değerleri S11 ve S22 30ton/m2, kayma emniyet gerilmelsi S12 40ton/m2 olarak belirlenmiştir. CFRP uygulanmasında bina duvar köşelerinde 4 köşesinde kolon formunda alt kotta çatı kotuna kadar ve arakat düzeyinde binayı çev-

releyecek şekilde 50cm genişliğinde tek yönlü lifli polimer kumaş (MasterBraceFib) uygulanmıştır. Duvar iç kısımlarında ve kapı pencere kenarlarında gerilmelerin düşürülmesi için ön üretimli karbon lifli polimer plakalar kullanılmıştır. [2] (MasterBrace Lam) Yığma binadaki oluşan derin çatlaklar için ise yüksek dayanımlı ve yüksek elastisite modüllü karbon lifli polimer çubuklar kullanımı tercih edilmiştir. (MasterBrace BAR) [3]



Şekil. 9. CFRP Uygulaması 3.Alternatifli Ait Mod ve Gerilmeler *(Stresses and mode for CFRP Appl.3)*

Gerçekleştirilen alternatifler arasından 3.alternatifte en uygun gerilme ve mod değerleri Şekil 9'da elde edilmiştir. Yığma yapının gerilme, deplasman ve doğal titreşim periyotları yapının mevcut durumuna ve güncel yönetmeliklere göre uygun hale getirilmiştir. [2]

4. Sonuç

Gerçekleştirilen projenin 1.derece deprem bölgesinde bulunması, tarihi yığma yapıları temsil edebilecek kare planlı ve düzenli bir mimarisinin bulunması, iki katlı olması gibi birçok özelliği ile benzer tarihi yapıların güçlendirilmesine örnek teşkil edecektir. Yapı sahip olduğu nitelikleri ile önerilen güçlendirme çözümü tarihi yığma yapıların deprem yükleri altında güvenliklerinin sağlanmasında önemlidir. Özellikle CFRP'nin hangi tip elelmanlarının kullanılacağı ve bunların yapı titreşim modları ile duvar gerilmelerine etkisinin gösterilmesi yeni nesil güçlendirme alternatiflerinin kullanımının yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca bu tür yığma yapılarda planda diyaframların kuvvetlendirilmesi ve bulunmuyorsa yeniden oluşturulması yapı duvarlarının düzlem dışı hareketinin önlenmesi ile yapı doğal titreşim modlarının düzenli hale getirilmesindeki katkısı çalışmada açık olarak gösterilmiştir. Çalışma neticesinde CFRP'nin tiplerinin doğru yöntemle uygulanışının yapı deprem güvenliğini sağlamadaki rolü gösterilmiştir. Bu çalışmanın sonrasında FRP nin kubbeli ve kemerli yapılardaki uygulamaları araştırılmalıdır. Ayrıca tuğladan üretilmiş yığma yapılar içinde benzer kare planlı yapı alternatiflerinin CFRP ile güçlendirilmesi için de modellerin gerçekleştirilmesi analizlerin yapılması gerekmektedir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde Mimar Kudret ÇİZEN ve BASF Yapı Kimsayalları'na katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

5. Referanslar

[1] SAP 2000, 1997. Integrated Structural Analysis Design Software, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California.

[2] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 156s. 2007, ANKARA

[3] Çelik, O.C., BASF Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi 52s. 2007.

[4] Değirmenci, İ., Sarıbıyık, (2015). Tarihi Yapıların Güçlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve FRP Malzemelerin Kullanımı. ISITES2015 Valencia –Spain

Sayısal Yükseklik Modelleme için Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağında Farklı Eğitim Algoritmaları Üzerine Bir Çalışma

A Study of Different Training Algorithms on Multi-Layer Feed-Forward Neural Network for Digital Elevation Modelling

Leyla Cakir[1]
Berkant Konakoglu[1]

[1]Department of Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Özet

Arazi tabanlı analiz için önemli bir veri kaynağı olan sayısal yükseklik modeli (SYM), hidroloji, jeoloji ve haritacılık gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, üç farklı eğitim algoritmasının performanslarını SYM'de yükseklik kestirimi için incelemektir. Levenberg-Marquardt Backpropagation (LM), Bayesian Regularization Backpropagation (BR) ve Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (SCG) eğitim algoritmaları çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağını (ÇKİBSA) eğitmek için kullanılmıştır. Uygulama alanı olarak engebeli topografyaya sahip fonksiyonel bir test yüzeyi kullanıldı. SYM'de yükseklik kestirimi için ÇKİBSA ile modellemeyi değerlendirmede, düzenli olmayan dağılımda 70 referans ve 20 test noktası seçildi. Tüm hesaplamalarda en iyi sonucu veren SYM'lerden elde edilen istatistiksel değerler karşılaştırıldığında, Bayesian regularization eğitim algoritmasını kullanan ÇKİBSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler:

Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı; sayısal yükseklik modeli.

Abstract

A digital elevation model (DEM), an important source of data for terrain-based analysis, used in many fields such as hydrology, geology and cartography. The aim of this study is to examine the performance of three different training algorithms for predicting the heights on a DEM. Levenberg-Marquardt Backpropagation (LM), Bayesian Regularization Backpropagation (BR), and Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (SCG) learning algorithms were used to train the multi-layer feed-forward neural network (MLFFNN). A functional test surface that had a rugged topography was used as the application area. In order to predict the heights on DEMs, 70 reference and 20 test points were determined non-uniform distribution to evaluate modelling with the MLFFNNs. When the statistical values obtained from the DEMs which give the best result in all calculations were compared, it was seen that the MLFFNN model with Bayesian regularization training algorithm gave the best results.

Keywords:

Multi-layer feed-forward neural network, digital elevation modelling.

1. Introduction

In the last decade, Artificial neural networks (ANNs) have gained popularity thanks to their ability to give accurate results. The ANNs can be used to model both linear and nonlinear systems without the need to make any assumptions as are implicit in most traditional statistical approaches (Luk et al., 2000). A digital elevation model is a numerical representation of topography, usually made up of equal-sized grid cells, each with a value of elevation (Chaplot et al., 2006). DEM can be produced by means of spatial interpolation methods such as Inverse Distance Weighted (IDW), Ordinary Kriging (OK) and Multiquadric Radial Basis Function (MRBF). In this study, we generated a DEM by using MLFFNN, instead of using spatial interpolation methods. The aim of this study was to compare the performances of three different training algorithms used to predict the heights on a DEM. The performances of training algorithms were compared against each other in terms of the root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R^2).

This paper is organised as follows: section 2 provides brief information about multi-layer feed-forward neural network (MLFFNN), section 3 presents the application and results, and section 4 gives the conclusions drawn from this study.

2. Multi-layer Feed-forward Neural Network (MLFFNN)

Multi-layer feed-forward neural network (MLFFNN) is one of the most popular ANN models used in several applications reported in the literature. The MLFFNN model consists of three basic layers: an input layer, one or more hidden layers and an output layer as shown in Figure 1. The input layer receives the input information, whereas the output layer produces the final results of the calculation. The hidden layer, located between the input and output layers, transfers information from the input layer to the output layer.

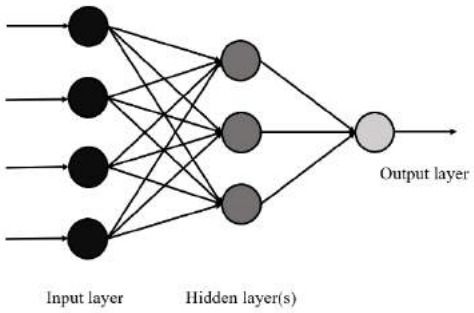


Figure 1. Basic structure of MLFFNN

Selecting appropriate training algorithm, networks types, activation functions, and number of neurons in the hidden layer plays an important role in the MLFFNN and affects the quality of prediction. There are various types of training algorithms in the literature. However, it is difficult to know which training algorithm is more efficient for a given problem (Hornik et al. 1989). Levenberg-Marquardt Backpropagation (LM), Bayesian Regularization Backpropagation (BR) and Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (SCG) algorithms were used to train the MLFFNNs in this study. The BR and LM are network-training algorithms that update the weight and bias values with respect to Levenberg-Marquardt optimization. On the other hand, the SCG is a network-training algorithm that updates the weight and bias values with respect to the scaled conjugate gradient method. Further details about the MLFFNNs and training algorithms can be found in the literature (MacKay, 1992; Haykin, 1994; Krose and van der Smagt, 1993).

3. Application and Results

In this study, a functional test surface (Equation 1) with the size of 100 m × 140 m was defined as the application area. The surface is a rough terrain consisting of mountains and pits.

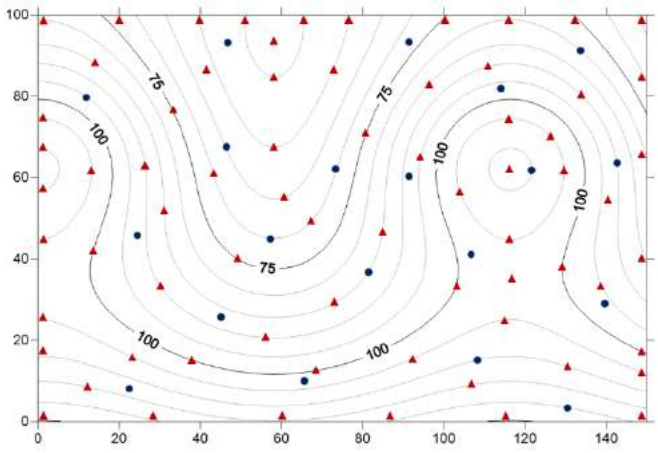


Figure 2. The distribution of the reference and test points in the study area.

Red triangles and blue circles represent the reference and test points, respectively (Figure 2).

$$z(x,y)=((1.25+\cos(5.4*x/100))\times 150/(6*(1+(((3*y/100-2)^2))))+(((9*(y/100)-8)^2)))+50 \quad (1)$$

A neural network, which has multi-layer feed forward structure with one hidden layer, was designed in this research. The hyperbolic tangent transfer function (tansig) was used the activation function in the hidden layer and linear transfer function (purelin) was used in the output layer. The tansig is a neural transfer function which calculates a layer's output from its net input as described by Equation 2. Also, the purelin linear function is presented by Equation 3.

$$a=\text{tansig}(n)=\frac{2}{\left(1+\exp(-2n)\right)^{-1}} \quad (2)$$

$$a=\text{purelin}(n)=n \quad (3)$$

The study area is consisted of a total of 90 points. The x and y coordinates were used as the input parameters, while the z coordinates were used as the output parameter. All computations were conducted in MATLAB environment. Before applying the MLFFNNs on the data, dataset was normalized between -1 and 1 using the MATLAB built-in function Mapminmax. Constant learning rate and constant momentum factor were set to 0.02 and 0.9, respectively. The maximum number of iterations was set to 1000. Trial and error method were conducted to obtain the best solution for determining the optimum number of hidden neurons. The prediction performances of the networks were evaluated using the root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R^2) given as;

Root mean square error:

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(O_i-P_i)^2} \quad (4)$$

Coefficient of determination:

$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}P_i^{\,2}} \quad (5)$$

where, N, O_i and P_i represent the number of data points, actual and predicted values, respectively. The residuals were computed by subtracting the calculated z coordinates from corresponding predicted z coordinates based on the reference and test points for each the MLFFNN. Figs. 3 and 4 show the residuals between MLFFNN with BR, LM and SCG, and calculated data for reference and test points, respectively. For reference points, the residuals vary from -0.112 m to 0.138 m, -0.874 m to 1.337 m, -5.301 m to 4.332 m for MLFFNN with BR, LM and SCG, respectively. For test points, the residuals vary from -0.157 m to 0.156 m, -1.121 m to 1.111 m, -5.150 m to 4.325 m for MLFFNN with BR, LM and SCG, respectively.

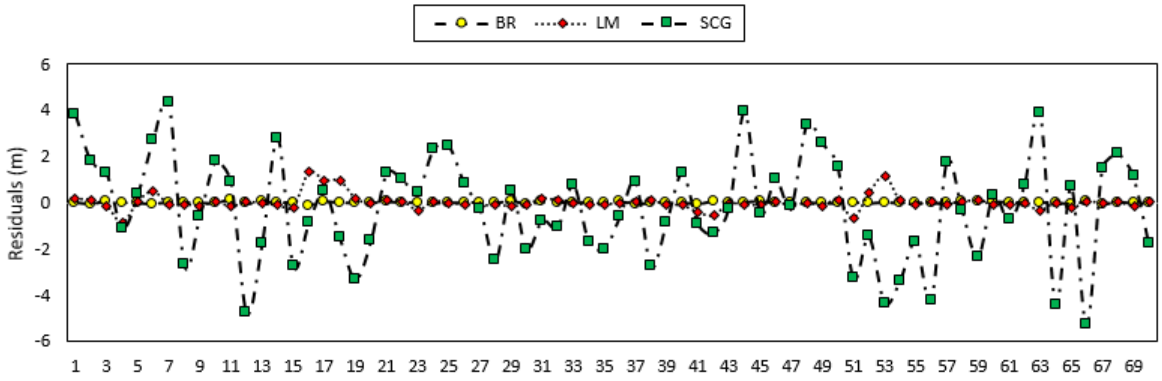


Figure 3. Residuals between MLFFNN with BR, LM and SCG, and calculated data for reference points.

The approximation results of the different training algorithms are shown in Table 1. According the results, the MLFFNN model with the BR algorithm which had 28 neurons had the lowest RMSE and the highest R^2 for reference and test points. The MLFFNN with the LM and SCG which had 12 and 23 neurons, respectively, had the second and third best RMSE and R^2 for reference and test points.

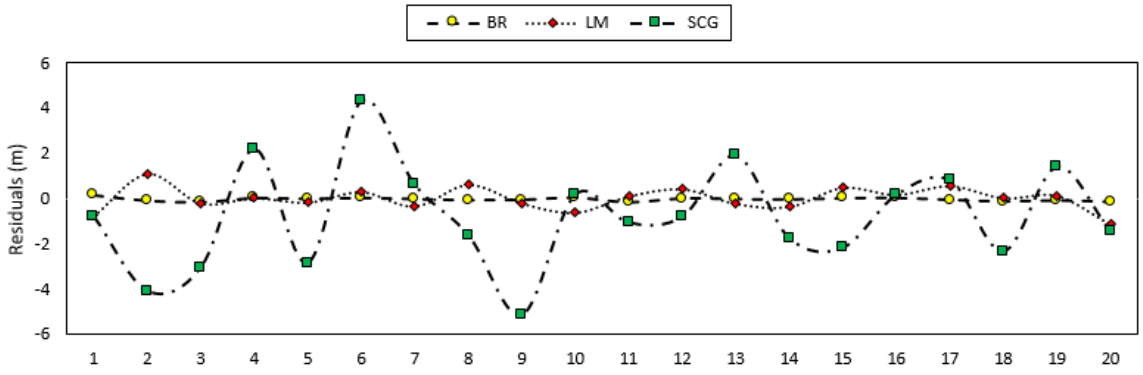


Figure 4. Residuals between MLFFNN with BR, LM and SCG, and calculated data for test points.

TABLE 1. APPROXIMATION RESULTS FOR DIFFERENT TRAINING ALGORITHMS

Data	Training Algorithm	Mean (m)	Max. (m)	RMSE (m)	R^2
Reference	BR	0.000	0.112	0.038	0.99999
	LM	-0.022	0.869	0.332	0.99971
	SCG	0.191	5.211	2.232	0.98701
Test	BR	0.029	0.157	0.082	0.99998
	LM	-0.007	1.121	0.506	0.99916
	SCG	0.771	5.149	2.357	0.98539

4. Conclusion

In this paper, multi-layer feed-forward neural network (MLFFNN) was used with three different training algorithms: Levenberg-Marquardt Backpropagation (LM), Bayesian Regularization (BR) and Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (SCG) for predicting the heights on a digital elevation model (DEM). The results indicated that the MLFFNN can be applied successfully for producing DEM. The comparison of the root mean square error (RMSE) and coefficient of correlations (R^2) revealed that the MLFFNN model with Bayesian Regularization Backpropagation algorithm was much more efficient than either of the other algorithms.

5. Reference

[1] Luk, K.C., Ball, J.E. and Shrma, A. 2000. A Study of Optimal Model Lag and Spatial Inputs to Artifical Neural Network for Rainfall Forecasting. Journal of Hydrology. 227: 56-65.

[2] Chaplot, V., Darboux, F., Bourennane, H., Leguédois, S., Silvera, N. and Phachomphon, K. 2006. Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. Geomorphology. 77: 126-141.

[3] Hornik, K., Stinchcombe, M. and White, H. 1989. Multilayer feed forward networks are universal approximators. Neural Networks 2: 359-366.

[4] MacKay, D.J. 1992. A practical Bayesian framework for backpropagation networks. Neural computation. 4: 448-472.

[5] Krose B. and van der Smagt P. 1993. An introduction to Neural Networks. The University of Amsterdam: Amsterdam.

[6] Hagan M.T. and Menhaj M. 1994. Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. IEEE Transactions on Neural Networks. 5: 989-993.

[7] Haykin, S. 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice-Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA.

Samsun Hava Kalitesi Prametrelerinin İncelenmesi ve Trend Analizi

Examine of Air Quality and Trend Analysis in Samsun

Aziz Uğur TONA[1]
Vahdettin DEMİR[2]
Erdem Emin MARAŞ [1]
Aslı Ülke KESKİN[3]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye,
[3]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye,

Özet

Hava insan yaşamı için önemli bir unsurdur. Hava kirliliği yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de ciddi bir yayılım göstermektedir. Bu çalışmanın amacı Samsun ili geneline dağılmış 4 adet hava kalite izleme istasyonundan elde edilen kirletici parametreleri inceleyip mekansal kirlilik dağılım haritalarını oluşturmaktır. Ayrıca 2016-2018 yılları arasında kaydedilen 5 adet hava kalitesi verisi (PM_{10} (µg/m³), PM_{10} debi NO (µg/m³), NO_2 (µg/m³), NO_x (µg/m³)) değerlerini kullanıp trend analizlerini yapmak ve CBS tabanlı konumsal dağılımını haritalandırmaktır. Çalışmada hava parametrelerinin Samsun'da konumsal olarak nasıl dağıldığını görsel olarak ifade etmek içinde IDW yöntemi kullanılmıştır. Parametrelerin zaman içinde istatistiksel olarak artması, azalması veya herhangi bir eğilim göstermediğini belirlemek için trend analiz yöntemlerinden Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Hava Kalitesi Parametreleri; Mann-Kendall, Samsun; Trend Analizi.

Abstract

Air is an important factor affecting human health. Air pollution has a serious spread on global scale as well as local and regional. The aim of this study is to investigate the pollutant parameters obtained from 4 air quality monitoring stations scattered throughout Samsun, In addition, to create spatial pollution distribution maps, to make trend analysis using 5 air quality data (PM_{10} (µg/m³), PM_{10} debi NO (µg/m³), NO_2 (µg/m³), NO_x (µg/m³)) recorded between 2016-2018 and mapping the CBS-based spatial distribution. In study, IDW method was used to visually express how the air parameters are distributed in Samsun. The Mann-Kendall method, one of the trend analysis methods, was used to determine whether the parameters increased or decreased in time.

Keywords:

Air Quality Parameters; Mann-Kendall; Samsun; Trend Analysis.

1. Giriş

Hayatın sürdürülmesi için olmazsa olmazlardan olan hava insan sağlığını pozitif veya negatif yönde etkileyen önemli bir unsurdur. Günde ortalama olarak bir kişi 10-20 bin litre hava solumaktadır. Bu soluduğumuz havanın içinde bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen parametreler incelenmesi gereken unsurlardandır. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenmekte, yeryüzündeki canlı hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. En önemli hava kirleticileri; Partikül madde (PM), Kükürt dioksit (SO_2), Karbon monoksit (CO), Karbondioksit (CO_2), Ozon (O_3), Azotoksitler (NOx) ve Hidrokarbonlar (HC)'dır [1].

Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler sonucu yaşam kalitesinin artmasıyla çevre kirliliği günümüzün en güncel ve en önemli problemi haline gelmiştir. Başlangıçta hava, su ve toprakta meydana gelen bu sorunlar gün geçtikçe çeşitlenerek daha farklı boyutlara ulaşmıştır [2].Özellikle karayollarında seyir halinde olan motorlu karayolu taşıtlarından kent atmosferine yayılan kirleticilerin bölgenin hakim meteorolojik ve topoğrafik koşulları ile zaman zaman insan sağlığını riske sokan düzeylere geldiği bilinmektedir. Ayrıca karayollarındaki ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği gibi deniz kıyısında bulunan kentlerde denizyolu ulaşımından ve taşımacılığından kaynaklanan hava kirliliğinin de önemli boyutlara ulaşabileceği yine son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar ile ortaya konmuştur [3]. Yapılan çalışmalara bakıldığında; Bozyazı (2002), hava kirliliği seviyeleri ve arazi kullanımı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde CBS tekniğini kullanmıştır. Ayrıca 1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinin kıyaslanması sonucunda, SO_2 ve APM seviyelerinde meydana gelen azalmaya rağmen yüksek kirliliğin Avrupa yakasında oluştuğunu görmüştür. Diğer taraftan Hava kirliliği kaynakları ve alıcı bölge bağlantılarının araştırılmasıyla şehrin gelişmesi ve hava kalitesi yönetim planlarına yön vereceğini düşünmektedir. Haşimoğlu ve ark. (2002), dizel motorlarından kaynaklanan azot oksit (NO) emisyonlarının azaltılması üzerinde durmuşlar, bu amaçla tek silindirli bir dizel motorunun egzoz gazları belirli oranlarda (% 10, 20, 30) motorun emme hattına geri göndererek motor performansı ve egzoz emisyonlarındaki değişimi izlemişlerdir. Yaptıkları deneyler sonucunda EGR uygulaması ile azot oksit emisyonlarında önemli ölçüde düşüş olurken, duman emisyonu ve özgül yakıt tüketiminin kötüleştiğini görmüşlerdir. Tozsin (2003),

günümüzde gelişmiş ülkelerde sınır aşan değerleri bir kirletici parametre olarak tanımlanan Ozon'un oluşturduğu pik değerleri incelemiş ve ozon konsantrasyonunun artmasına neden olabilecek kirletici parametreler ile meteorolojik faktörlerin ilişkisine bakarak ozonun farklı saatlerdeki davranışını incelemiştir. Nicolas ve ark. (2005), Nitrik oksit (NO), Azot dioksit (NO_2), Ozon (O_3) ve Azot Oksitlerin (NOx = NO + NO_2) ortam konsantrasyonları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. NO_x ile oksidan düzeyinin (O_X = O_3 + NO_2) arasındaki değişimini elde etmişlerdir. Belirli bir düzeyde O_X seviyesinin iki değişkenden oluştuğunu belirlemişlerdir. İlkini bölgesel bir katkı olarak düşünmüş, İkincisi ise birincil kirlilik seviyesine bağlı olan yerel bir katkı olarak kabul edilebileceğini öngörmüşlerdir. Pires ve ark. (2007), AQMN'nin 10 izleme bölgesinin, sırasıyla SO_2 ve PM_{10} gruptan en fazla iki grup izleme bölgesine, diğerleri için de 6 izleme bölgesine bağlanabileceğini göstermişlerdir. Aynı zamanda, belirli bir izleme alanının, aynı spesifik hava kirliliği davranışı ile karakterize edilen şehir alanlarını kapsadığını görmüşlerdir. Özdemir (2008), Hava kirliliğini oluşturan başlıca kirleticilerden SO_2 ve PM parametrelerinin, kirliliğe indikatör ve katalizör etki yapan çeşitli çevresel olmayan verilerle birlikte analizini yapmıştır. Mevcut kirlilik değerleri, kirliliğe neden olan tüketim ve tüketime yol açan talebi oluşturan verilerle ilişkilendirmiştir. Sonuç olarak kükürt içeriği yüksek yakıtların tüketimi başta olmak üzere ısınma amaçlı fosil yakıt tüketiminin, hava kirlilik seviyesinin artmasında büyük bir etki yaptığını görmüştür. Şimşir ve ark. (2010), 2007 yılı İzmir kent merkezindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan temel kirleticilerin başında gelen azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), havada asılı partikül madde (PM_{10}), kükürt dioksit (SO_2) ve metan dışı uçucu organik bileşikleri (NMVOC) ile çalışmışlardır. Hesaplanan emisyonlar bir matematiksel hava kalitesi dağılım modeli yardımıyla kent atmosferinde dağıtılmış ve yıl içinde yaşanmış bazı bölümlerde trafikten kaynaklanan hava kirliliği seviyelerini incelemişlerdir. Orhun (2013), Türkiye genelindeki bazı şehirlerdeki hava kalitesinin değişimi ve etkileşimini araştırmıştır. Bu amaçla hava kirliliği bakımından en kritik parametre olarak PM_{10} kirleticisinin her coğrafi bölgeden seçilen örnek şehirlerin havasındaki konsantrasyonunun 2005-2012 yılları arasındaki yedi yıllık periyotta değişimini incelemiştir. Antalya, Hatay, Kahramanmaraş, Bitlis, Hakkari, Van, İzmir, Kütahya, Muğla, Adıyaman, Mardin, Şırnak, Ankara, Kırıkkale, Konya, Sivas, Bolu, Karabük, Samsun, Trabzon, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli ve Tekirdağ olmak üzere toplam 27 ili temsil edici il olarak seçmiştir. İllerin seçiminde bölgelerin hava kirletici kaynak yapısını da içeren karakterini gösterme amacıyla büyük şehirler kadar küçük şehirlere de yer vermiştir. Bu illerin Türkiye toplam nüfusu içindeki payını %58,54 olarak bulmuştur. Akyürek ve ark. (2013), Kocaeli ilinde bulunan 9 adet hava gözleme istasyonundan elde edilen veriler yardımıyla kirletici parametrelerin konumsal analizini yapmışlardır. CBS tekniği ile kirletici parametrelere ilişkin konumsal örüntüleri belirleyerek mekansal kirlilik dağılım haritalarını oluşturmuş ve istasyon bazındaki istatistikleri dinamik haritalama ile değerlendirmiştir. Hava kirleticilerin konumsal değişkenlikleri ile konumsal bağımlılık ilişkilerini incelemişlerdir. Kirletici parametre konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri ve bir eğilim gösterip göstermediği, anizotrop bir yapıya sahip olup olmadığını araştırmışlardır. Mayda ve Yılmaz (2013), Düzce İli 30 Ocak 2007-31 Aralık 2011 tarihleri arasındaki hava kalitesi değerlerini incelediklerinde PM_{10} ortalaması 90,5 ±1,9 (en az 11, en çok 612) bulmuşlardır. PM_{10} için Türkiye uzun vadeli sınır değeri (UVS) olan 78 µg/mm^3 tüm yıllarda aşıldığını gözlemlemiştir. PM_{10} değeri ortalaması kış sezonlarında yaz sezonlarına göre daha yüksek bulmuşlardır. Özkurt (2013), Türkiye'deki mevcut verilerin 1990-2000 yılları arasındaki değişimlerini il bazında incelemiştir. İllerdeki partiküler madde ve kükürt dioksit parametrelerinin eğilimlerini belirlemiştir. Hava kalitesi yöntemi ile ilgili Avrupa Birliği direktifleri esaslarına paralel gereklilikler tespit etmiştir. Avşar ve ark. (2015), 08.03.2012 ile 22.03.2012 tarihleri arasındaki 15 günlük süreyi kapsamakta olup bu süreçte saatlik bazda SO_2, NOx, CO, O_3 ve VOC'ler izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hava kalitesi indeksine göre değerlendirildiğinde, PM_{10} parametresi bakımından 2 (iyi) - 3 (yeterli) - 4 (orta) aralığında, SO_2 parametresi bakımından, 1 (çok iyi) ve 2 (iyi) aralığında, NO_2 parametresi bakımından, 1 (çok iyi), CO parametresi bakımından, 1 (çok iyi), ozon parametresi bakımından, 1 (çok iyi) olduğunu anlamışlardır. Cuci ve Polat (2015), trafik kaynaklı emisyon miktarlarını belirleyerek; Gaziantep İlinin trafik kaynaklı kirlilik haritasını oluşturmuşlardır. Harita doğrultusunda; Gaziantep İlinde kirliliğin yoğun olduğu yerlerin şehir merkezi ve şehrin kuzeyinde yer alan OSB bölgelerinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda, şehrin trafik akışının yoğun olduğu 30 noktasında pasif örnekleme metodu ile NO_x emisyonu belirleme çalışmalarını da yürütmüşlerdir.

Bu çalışmada Samsun ili geneline dağılmış 4 adet hava kalite izleme istasyonundan elde edilen kirletici parametreler incelenerek mekânsal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş daha sonra istasyon bazındaki istatistiksel bilgiler değerlendirilip hava kalitesi parametrelerine ait gidiş grafikleri çizilmiş ve trend analizleri yapılmıştır.

2. Çalışma Alanı ve Veri

Çalışmada, Samsun'un hava kalitesi parametrelerinin değişiminin incelenmesi amacıyla il merkezinde 4 adet hava kalite izleme istasyonu seçilmiş ve bu istasyonlara ait hava kalitesi verileri kullanılmıştır (Şekil 1.). Bu istasyonlar Atakum, Yüzüncüyıl, Bafra, Canik'dir.

Şekil. 1. Çalışma alanı (havaizleme.gov.tr)

Bölgede ayrıca Ondokuzmayıs istasyonu da yer almaktadır fakat yeterli veriye sahip olmadığı için bu istasyon çalışmaya dahil edilmemiştir. Hava kalitesi parametrelerine ait veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait Hava Kalitesi İzleme istasyonları web adresinden alınmıştır. Kullanılan aylık ortalama olup 2016-2018 (2 yıl*12 ay + 8 ay Ağustos'a kadar = 32 ay) yıllarını kapsamaktadır. Temel istatistiksel bilgiler aşağıda Tablo 1.'de yer almaktadır. Ayrıca istasyonlara ait konumsal bilgiler ve veri periyodu Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Verilere Ait Tanımlayıcı İstatistiksel Bilgiler

İstasyon Samsun	Parametre	Veri sayısı	Maksimum değer (mm)	Minimum değer (mm)	Ortalama (mm)	Standard sapma	Çarpıklık katsayısı
Atakum	PM_{10}	32	56.384	28.150	40.125	7.483	0.616
	PM_{10} debi	32	0.830	0.750	0.826	0.015	-4.353
	NO_2	32	158.987	15.607	46.791	27.771	2.162
	NO	32	126.908	1.582	21.811	23.497	3.089
	NO_x	32	114.037	10.460	36.597	21.031	1.543
Bafta	PM_{10}	32	35.983	51.255	10.764	0.756	78.080
	PM_{10} debi	32	0.658	0.820	0.033	4.320	0.830
	NO_2	32	5.177	33.076	22.378	0.791	82.735
	NO	32	1.437	12.113	13.705	2.885	71.494
	NO_x	32	4.136	30.743	27.874	2.203	143.589
Canik	PM_{10}	32	105.020	35.799	57.572	18.048	0.795
	PM_{10} debi	32	0.847	0.823	0.830	0.003	4.242
	NO_2	32	296.243	21.078	62.587	52.555	3.182
	NO	32	230.160	11.076	43.965	46.481	3.024
	NO_x	32	311.060	18.504	62.060	56.757	3.250
Yüzüncüyıl	PM_{10}	32	112.240	35.069	68.247	19.109	0.538
	PM_{10} debi	32	0.893	0.691	0.826	0.029	-3.185
	NO_2	32	288.597	42.660	107.540	65.542	0.971
	NO	32	232.636	25.084	97.736	64.004	0.621
	NO_x	32	237.900	47.204	118.587	66.567	0.694

Tablo 2. Samsun Hava Kalitesi İstasyonlarına Ait Konum Bilgisi Ve Veri Periyodu

İl	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükseklik	Veri Periyodu
Samsun	Atakum	41°18'45.11"	36°06'24.49"	873m	01.2016-08.2018
	Bafra	41°33'43.11"	35°54'20.53"	25m	01.2016-08.2018
	Canik	41°10'57.98"	36°18'10.48"	716m	01.2016-08.2018
	Yüzüncüyıl	41°16'46.84"	36°20'10.37"	60m	01.2016-08.2018

3. Yöntem

a. Mann-Kendall

Bu yöntemde bir parametreye ait eğilimin tespit edilmesinde öncelikle Mann-Kendall test istatistiği değeri "S" hesaplanmalıdır. Veri sütunları ilk tarihten itibaren son tarihe doğru sıralanmalıdır (i=1,…,n-1'e kadar devam eden xi veri sütunu ve j=i+1,…,n'e kadar devam eden $x_j$veri sütunu şeklinde). Sonrasında, x_i veri sütunu başlangıç olarak kullanılır ve x_j ile Denklem 1'deki fonksiyon yardımıyla Denklem 2'deki "S" değeri bulunur.

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & Eğer\ x_j > x_i \\ 0; & Eğer\ x_j = x_i \\ -1; & Eğer\ x_j < x_i \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_i) \quad (2)$$

Veri sayısı "n", serideki bağlı grupların sayıları "P", i uzunluğundaki bir seride bağlı gözlemlerin sayısı "t_i", olmak üzere, Denklem 3 yardımıyla Varyans hesaplanır. Varyans hesaplandıktan sonra, Denklem 4'de "S" değerlerine bağlı "Mann-Kendall "Z" değeri hesaplanır. Hesaplanan Z değeri de, belirlenen olasılık düzeylerine karşılık gelen normal dağılım çizelgesindeki standart Z değerleriyle karşılaştırılır. Hesaplanan Z değerleri standart Z değerlerine ait sınırları aşıyorsa trend vardır denir ve işaretine göre trendin yönü belirlenir. Aksi durum söz konusuysa yani hesaplanan Z değerleri standart Z değerlerden küçükse istatistiksel olarak trend yoktur denir [11].

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{P} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; & Eğer\ S > 0 \\ 0; & Eğer\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; & Eğer\ S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

b. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Çalışmasında hava parametrelere ait haritaların oluşturulmasında ters uzaklık yöntemi (Inverse Distance Weighting IDW) kullanılmıştır. Yöntem literatürde Shepard's yöntemi olarak da adlandırılmaktadır ve temel olarak Denklem 5 ve 6'daki fonksiyonları kullanmaktadır [8].

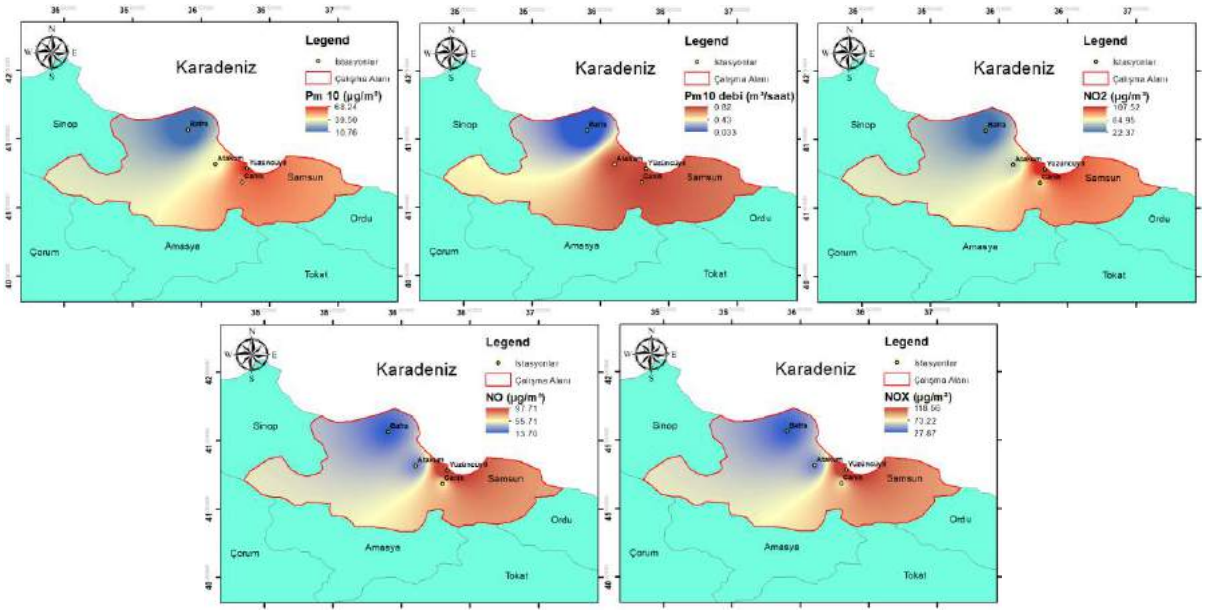
$$F(x,y) = \sum_{i=1}^{n} w_i f_i \quad (5)$$

$$wi = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^{n} h_i^{-p}} \quad (6)$$

Kuvvet parametresi olarak "p", örneklem noktaları ile enterpole noktalar arasında uzaysal mesafe "h_i" ve ağırlıklar "w_i" ile ifade edilmektedir. Bu yöntemde bilinmeyen noktaların değeri bilinen noktalara göre kestirilirken kestirim yapılan noktaya daha yakın olan noktaların daha fazla, daha uzak noktaların daha az ağırlığa sahip olması amacıyla mesafe değerinin tersi kullanılır [10].

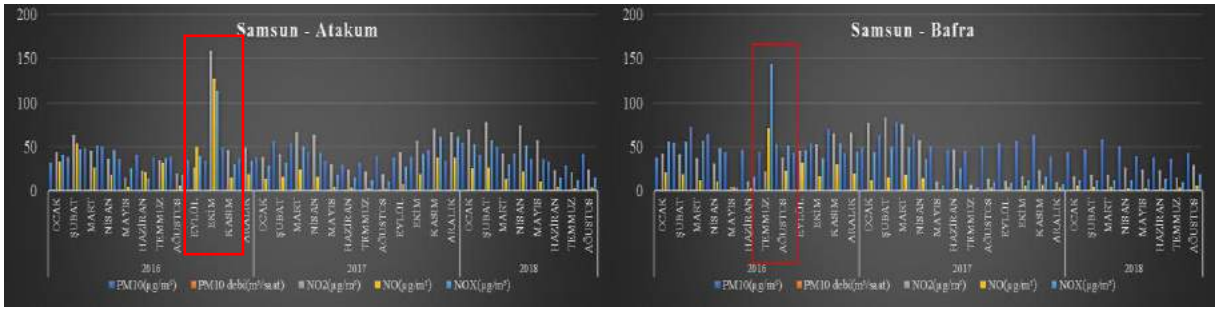
4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada hava parametrelerinin Samsun'da konumsal olarak nasıl dağıldığını görsel olarak ifade etmek için IDW yöntemi kullanılmıştır. Veri periyodundaki istasyonların ortalama değeri ile hava parametresi haritaları ArcGIS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 2.).

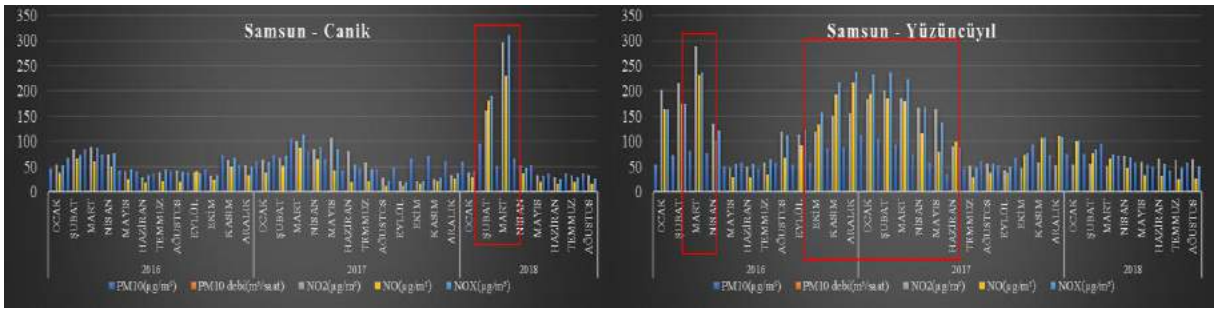


Şekil. 2. Hava parametrelerine ait haritalar

Şekil 2. İncelendiğinde tüm hava parametreleri Yüzüncü yıl istasyonundan Bafta istasyonuna doğru artış göstermektedir. Samsun kent merkezine en yakın istasyon olan Yüzüncüyıl istasyonu değerleri en yüksek ortalamaya sahiptir. Bafta istasyonu ise Samsun merkezden en uzakta yer alan istasyondur ve hava parametrelerde en düşük değerleri göstermektedir. Bu durum havanın şehir merkezlerinde, kırsal bölgelere göre daha yoğun zararlı gazları barındırdığını göstermektedir. Ayrıca istasyonlardan Yüzüncüyıl istasyonu Samsun-Sinop karayoluna en yakın istasyondur. Kent merkezinde olmasının yanı sıra bölgede yoğunlaşan araçlardan çıkan gazlar da bu bölgede zehirli gazların daha fazla yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Samsun'un en gelişmiş bölgesinde yer alan Atakum istasyonu ise genellikle Yüzüncüyıl-Bafra istasyonları arasında hava parametreleri ortalama değerlerdedir. Ortalama değerlerin değişimi incelendikten sonra yerel değişimleri görebilmek için hava gazlarına ait kümelenmiş sütun grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3.-4.).



Şekil. 3. Atakum ve Bafra istasyonlarına ait hava kalitesi parametrelerinin gidiş grafikleri



Şekil. 4. Canik ve Yüzüncüyıl istasyonlarına ait hava kalitesi parametrelerinin gidiş grafikleri

Parametrelerin Ocak-2016'dan Ağustos-2018'e kadarki değişimi incelendiğinde; Atakum istasyonunda Ekim 2016 tarihinde büyük bir artışın olduğu, Bafta istasyonunda Temmuz-2016'da büyük bir artışın olduğu, Canik istasyonunda Şubat ve Mart – 2018'de parametrelerde ani bir artışın olduğu görülmektedir. Yüzüncüyıl istasyonunda ise Mart-2016 ile Ekim-2016-Haziran-2017 tarihleri arasında artışlar dikkat çekse de Ocak-2018'den Ağustosa kadar parametrelerin tümünde azalan bir değişim görülmektedir.

Bu çalışmada ayrıca zaman sersindeki parametrelerin artış veys azalışlarının istatistiksel olarak anlamlandırabilmek için trend analizi yapılmıştır. Analizlerde literatürde sıklıkla kullanılan Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Parametrelere ait Mann-Kendall "Z" değerleri aşağıda Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3. Menn –Kendell "Z" Değerleri

İstasyon	Parametre				
	PM_{10}	PM_{10} debi	NO_2	NO	NO_X
Atakum	-0.21	0.12	0.72	**-2.12** [a]	-0.95
Bafta	-1.44	0.30	-0.89	**-3.34** [b]	**-3.38** [b]
Canik	-0.56	**1.83**	-1.02	**-1.73**	**-1.76**
Yüzüncüyıl	-0.17	-1.26	**-2.15** [a]	**-2.77** [b]	**-3.19** [b]

Kalın yazılmış rakamlar 0.1 anlamlılık düzeylerini aşan Z değerlerini (±1.65) gösterir
[a] 0.05 anlamlılık düzeylerini aşan Z değerlerini (±1.96) gösterir
[b] 0.01 anlamlılık düzeylerini aşan Z değerlerini (±2.58) gösterir

Parametrelere ait trend sonuçları incelendiğinde, Atakum istasyonda sadece NO parametresinde azalan yönde eğilim görülmektedir. Bu eğilim α=0,005 alınırsa güven aralığının %95'lik kısmında istatistiksel olarak da anlamlıdır. Bafra istasyonunda NO ve NO_X parametrelerinde azalan yönde eğilimler görülmektedir. Bu eğilim α=0.001 alınırsa güven aralığının %99'lik kısmında istatistiksel olarak da anlamlıdır. Canik istasyonundaki eğilimler incelendiğinde PM_{10} debi, NO ve NO_X parametrelerinde eğilim görülmektedir. Bu eğilimlerden NO ve NO_X azalan yönde iken PM $_{10}$ debi artan yönde eğilim göstermektedir ve eğilimler güven aralığının %90'lık kısmında anlamlıdır. Son olarak Yüzüncüyıl istasyonunda NO_2, NO ve NO_X parametrelerinde eğilim görülmedir. Eğilimlerin tümü azalan yöndedir. NO ve NO_X parametreleri güven aralığının %99'luk kısmında anlamlı iken, NO_2 parametresi güven aralığının %95'lik kısmında anlamladır.

Parametreler kendi içinde değerlendirildiğinde NO, tüm istasyonlarda istatistiksel olarak azalan yönde eğilim göstermektedir. NO_X Parametresi

Atakum istasyonu dışında gösterdiği azalan eğilimlerin tümü güven aralıklarında anlamlıdır. NO_2 parametresi Atakum istasyonu dışında azalan eğilim gösterirken bu eğilimlerden sadece Yüzüncüyıl istasyonunda istatistiksel olarak anlamlıdır. PM_{10} debi değişimi incelendiğinde Yüzüncüyıl istasyonu dışında tüm istasyonlarda artan eğilim göstermektedir ve sadece Canik istasyonunda bu artış anlamladır. Son olarak PM_{10} parametresi tüm istasyonlarda azalan yönde olsa da istatistiksel olarak herhangi bir güven aralığına girmeyip, H_O hipotezini kabul ettiği için istatistiksel olarak anlamlı değildir.

5. Sonuç

Bu çalışmada Samsun'da yer alan dört adet Hava Kalitesi izleme istasyonlarına ait, beş ayrı parametrenin değişimi incelenmiştir. Parametrelere ait istatistiksel özellikler belirlendikten sonra parametrelerin Samsun haritası üzerinde dağılımları IDW yöntemiyle belirlenmiş ve yorumlanmıştır. Bölgesel değişimin yanında zaman serisindeki parametrelerin anlık değişimleri incelenmiştir. Ayrıca parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı artış veya azalış gösterdiğini tespit etmek için trend analizi yapılmıştır. Analizlerde Mann-Kendall yöndemi güven aralıklarının %99-%95 ve %90'lık kısımlarında incelenmiştir. IDW yöntemiyle elde edilen haritalar incelendiğinde Yüzüncüyıl istasyonunda Bafra istasyonuna doğru parametrelerin azaldığı, Atakum istasyonu ise ortalama değerlere yakınlığıyla bölgede bir geçiş hattında yer aldığı tespit edilmiştir. Trend analiz sonuçları incelendiğinde parametrelerin genellikle azalan yönde eğilim gösterdiği fakat bu eğilimlerin tümünün anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Azalan yönde eğilim gösteren parametrelerden NO tüm istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlıdır. Tüm bu sonuçlar özellikle şehir merkezlerinde ilgili parametrelerin yoğunlaştığını merkezden kırsal bölgelere doğru azaldığını ve genel olarak tüm istasyonlarda son yıllarda azalan yönde eğilim gösterdiğini göstermektedir. Samsundaki hava kirliliği problemini tespit etmek ve bu probleme önlemler almak için daha fazla istasyona ve daha düzenli veri akışına ihtiyaç vardır. İstasyon sayısı artırıldığında, veya istasyonlardan daha düzenli veri akışı sağlandığında hava kirliliğindeki zamansal ve bölgesel değişim daha iyi belirlenebilir.

6. Referanslar

[1] Özdemir, F., (2008). Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit Ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 213261

[2] Bozyazı Dalyan, G. E., (2002). İstanbul' da Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hava Kalitesinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 126653

[3] İlek, F., Elbir, T., 2012. İzmir Körfezi'nde Toplu Taşım Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerin Kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, Sayı: 12-1, 2-9.

[4] Haşimoğlu, C., İçingür, Y. ve Öğüt, H. (2002). Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi, Türkiye, Tübitak. Turkish J. Eng. Env. Sci, pp. 127-135.

[5] Tozsin, G. (2003). Yer Seviyesi Ozon Kirliliğine Neden Olan Parametrelerin İstanbul İli İçin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 184485.

[6] Nicolas, A. M., Laura E. V., Hipolito, C., (2005). Analysis of NO, NO2, O3 Andnox Concentrations Measuredat A Green Area Of Buenos Aires City During Wintertime, Atmospheric Environment, Volume 39, İssue 17, June 2005, Pages 3055-3068. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.01.029

[7] Pires, J.C.M., Sousa, S.I.V., Pereira, M.C., Alvim-Ferraz, M.C.M., Martins, F.G., (2007). Management of Air Quality Monitoring Using Principal Component and Cluster Analysis—Part I: SO2 And PM10, Atmospheric Environment, Volume 42, İssue 6, February 2008, Pages 1261-1274. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.10.041

[8] Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference, 517–524. http://doi.org/10.1145/800186.810616

[9] Şimşir, S., Altıok, H., Kara, M., Bayram, A., Elbir, T., (2010) . İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, 106Y009 TÜBİTAK, https://dspace.deu.edu.tr/xmlui/handle/12345/2476

[10] Demircan, M., Alan, İ. ve Şensoy, S. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması.

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan, 1-7 Ankara, Türkiye.

[11] Yu, Y.-S., Zou, S., & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. Journal of Hydrology, 150(1), 61–80. http://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90156-4

[12] Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., (2013). So2 Ve Pm10 Hava Kirliliği Parametrelerinin Cbs İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği , Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi , 11-13 Kasım 2013, Ankara, Türkiye.

[13] Mayda, S. A., Yılmaz, M., (2013). Düzce Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 2007-2011 Yılları Arası Verilerinin Değerlendirilmesi, TAF Preventive Medicine Bulletin, 11-18

[14] Orhun, Z., (2013). Türkiye Coğrafi Bölgelerinde Örnek Şehirlerde Ölçülen Pm10 Değerlerinin Değişiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 352300.

[15] Avşar, E., Alp, K., Toröz, İ., (2015). Balıkesir İli Burhaniye İlçesi (İskele Mahallesi) Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 4, pp 68-82 .

[16] Cuci, Y., Polat, E.E., (2015). Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18.

[17] Taylan, E. D., ve Damçayırı, D. (2016). Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini. İMO Teknik Dergi, 459, 7551–7560.

Aday ve Görevli İşlemleri için Merkezi Sınav Sistemi

Central Exam System for Candidate and Staff Operations

Dr. Öğr. Üyesi Dursun AKASLAN[1]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Üniversitelerimizde uzaktan öğretim yoluyla verilen dersler genellikle Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi, Türk Dili ve Yabancı Dil gibi ortak derslerdir. Bu derslere ilişkin ölçme ve değerlendirme faaliyetleri yüz yüze veya elektronik ortamda gözetimli veya gözetimsiz olarak yapılabilmektedir. Bu derslere kayıtlı olan öğrenci sayısının binlerce olması sınavların merkezi olarak yapılmasını gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı web tabanlı bir merkezi sınav sistemini tasarlamak ve gerçekleştirmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için önce merkezi sınav sisteminin açık-kaynak kodlu PHP ve MYSQL ile tasarlanması ve sonra Harran Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yüz yüze ve uzaktan öğretim yoluyla verilen derslerin sınavlarında yüz yüze ve gözetimli olarak gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Merkezi sınav sistemi ile aday ve görevli işlemleri güvenli, hızlı, kolay ve elektronik bir şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür. Merkezi sınav sisteminin Harran Üniversitesi kazandırdığı en büyük yenilik ise bünyesinde barındırdığı tercih sistemi ile görevlilerin ve adayların bağlı bulundukları birimler dışında ikamet ettikleri yerlerde görev almaları veya sınava girmelerine imkân tanımasıdır.

Anahtar kelimeler:

Merkezi sınav; aday; görevli; açık-kaynak.

Abstract

The courses delivered through distance education in our universities are generally named as common lessons such as Atatürk's Principles and History of Turkish Revolution, Turkish Language and Foreign Language. Assessment and evaluation activities related to these courses can be conducted face-to-face or electronically in a supervised or unattended manner. Since the number of students enrolled in these courses is thousands, exams should be conducted centrally. The purpose of this study is to design and implement a web-based central exam system. In order to achieve this aim, first, the central exam system using open source PHP and MYSQL was designed and second, courses delivered by Harran University Distance Education Application and Research Center through face-to-face or distance education was implemented in a face-to-face and supervised way. Central exam system ensured that the operation of candidate and officers are implemented in a safe, fast, easy and electronic way. Moreover, the central exam system gains an important innovation to the Harran University with its property of preferences since it allows candidates and officers to take part in exams in the places where they live around.

Keywords:

Central exam; candidate; officers; open-source.

1. Giriş

Örgün eğitim kurumları okul öncesi, ilkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim olarak sayılmakta olup ortaokuldan liseye ve liseden üniversiteye geçiş merkezi sınavlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir [1]. Ülkemizde merkezi sınav sistemi 1985 yılında öğretmen atamalarında kullanılmaya başlanmış olup temel nedeni arz ile talep arasındaki dengesizliğin giderilmesine dayanmaktadır [2]. Günümüzde arz ve talep arasındaki dengesizliğin giderilmesi amacıyla yapılan merkezi sınavlar Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) ve Yükseköğretim Kurumu (YÖK) tarafından yapılmaktadır. Diğer taraftan merkezi sınavlar sadece arz ve talep arasındaki dengesizliği gidermek amacıyla değil Anadolu, Atatürk ve İstanbul Üniversitesi bünyesinde bulunan Açıköğretim Fakültelerine yeni kayıt yapan veya kaydını yenileten öğrencilere de uygulanmaktadır.

Üniversitelerimizde uzaktan öğretim yoluyla verilen dersler genellikle Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi, Türk Dili ve Yabancı Dil (İngilizce) gibi ortak olarak adlandırılmakta ve bu derslere kayıtlı öğrenci sayısının yüzlerce (örn. Artvin Çoruh Üniversitesi) veya binlerce (örn. Harran Üniversitesi) olması sınavların merkezi olarak yapılmasını gerektirmektedir. Bu derslere ilişkin ölçme ve değerlendirme faaliyetleri yüz yüze veya elektronik ortamda gözetimli veya gözetimsiz olarak yapılabilmektedir. Diğer taraftan Yükseköğretim Kurumlarında Uzaktan Öğretime İlişkin Usul ve Esaslar'a göre gözetimsiz olarak yapılan ölçme ve değerlendirme faaliyetlerinin genel başarıya etkisi uzaktan öğretimde %20'den fazla olmaması gerekmektedir [3]. Hem uzaktan hem de yüz yüze öğretim yoluyla verilen dersler elektronik veya yüze yüze olarak işlenmesine rağmen sınavların yüz yüze olarak yapılması oldukça yaygındır. Bunun temel nedenlerinden biri elektronik sınavların gözetimli olarak yapılabilmesi için adayların kimliklerinin doğrulanması, internet hızı ve kararlığı, kopya girişimlerinin engellenmesi, elektrik kesintisi ve benzeri zorluklar sayılabilir.

Diğer tarafından merkezi sınavların yüz yüze uygulanabilmesi için merkezi bir sınav sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü zorunlu ortak dersler için her dönem ara sınav, mazeret sınavı, yarıyıl sonu sınavı ve bütünleme sınavı uygulanmaktadır. Bu sınavların hazırlanması, uygulanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi karmaşık ve koordinasyonu oldukça zor bir süreçtir [4]. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı web tabanlı bir merkezi sınav sistemini tasarlamak ve gerçekleştirmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için önce merkezi sınav sisteminin açık-kaynak kodlu PHP ve MYSQL ile tasarlanması ve sonra Harran Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yüz yüze ve uzaktan öğretim yoluyla verilen derslerin ara, yarıyıl ve bütünleme sınavlarında yüz yüze ve gözetimli olarak gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma ile birlikte merkezi sınav sistemi için gerekli bileşenlerin gün yüzüne çıkması hedeflenmiştir.

.

2. Alanyazı Taraması

Yükseköğretim Kurumu (YÖK) tarafından yayınlanan Yükseköğretim Kurumlarında Uzaktan Öğretime İlişkin Esaslar'a göre uzaktan öğretim programları ile uzaktan öğretim yoluyla verilen derslere ilişkin ölçme ve değerlendirme faaliyetleri yüz yüze veya elektronik ortamda gözetimli veya gözetimsiz olarak gerçekleştirilebilir. Günümüzde Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından uzun yıllardır uygulanmakta olan Yabancı Dil Sınavı hem yüz yüze (yani YDS) hem de birkaç yıldır elektronik (yani e-YDS) olarak gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan yüz yüze yapılmakta olan Yabancı Dil Sınavına katılan aday ve görevli sayıları binlerceyi bulurken elektronik olarak yapılan Elektronik Yabancı Dil Sınavına katılan aday ve görevli sayısı ise sınırlı olup sadece Ankara, İstanbul ve İzmir ilimizde gerçekleştirilmektedir. Merkezi sınav sistemi ister yüz yüze ister elektronik ortamda uygulansın benzer özelliklere sahiptir.

Diğer taraftan e-YDS gibi elektronik ortamda uygulanan merkezi sınav sistemine kayıtlı aday ve görevli sayısı sınırlı olduğu için güvenlikli bir ortamda yapılmakta ve adayların kimliklerinin doğrulanması hızlı ve kolay bir şekilde yapılmaktadır. Diğer taraftan Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezleri tarafından yüz yüze veya uzaktan öğretim yoluyla verilen derslere kayıtlı öğrenci sayısının binlerceyi bulması durumda görevli ve adayların güvenlikli bir ortamda sınava girmelerinin sağlanması mümkün olmamaktadır. Çünkü tüm adaylar ve katılımcılar için güvenlikli bir elektronik ortamın oluşturulması gerekmektedir. Aday ve görevlilerin bu sınavlara kendi evleri veya iş yerlerinden katılması durumunda ise kimliklerinin doğrulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, Asha ve Chellapen (2008) tarafından adayların kimliklerin doğrulanması için üç yöntem kullanılabileceğinden bahsedilmekte olup şifre, mağnetik veya IC kartlar gibi fiziksel aygıtlar veya parmak izi, yüz tanıma veya göz bebeği gibi biyometrik özelliklerin kullanılması olarak sayılmaktadır [5].

3. Merkezi Sınav Sistemi

Aday ve görevli işlemleri bir merkezi sınav sisteminin temelini oluşturmasına rağmen bununla sınırlı değildir. ÖSYM tarafından yayınlanan Sınav Uygulama Yönergesine göre Görevli İşlemleri Sistemi (GİS) ile ÖSYM tarafından yapılan ALES, KPSS ve YDS gibi sınavlarda elektronik ortamda görevlilerin kayıt, tercih, atama, ödeme ve diğer işlemleri yapılmaktadır. Artı, bu sistem üzerinden Sınav Koordinatörü, Bina Sınav Sorumlusu, Bina Yöneticisi, Salon Başkanı gibi görevliler kendi görevleri ile ilgili raporları elektronik ortamda ÖSYM başkanlığına ulaştırır. Benzer şekilde ÖSYM tarafından yapılan sınavlara katılacak olan adayların kayıt, tercih, ödeme ve diğer işlemleri ise Aday İşlemleri Sistemi (AİS) üzerinden yapılmaktadır. Gerek GİS'e kayıtlı görevliler ve gerek ise AİS'a kayıtlı adayların kimlik ve adres bilgileri ise Merkezi Nüfüs İdare Sistemi (MERNİS) tarafından sürekli olarak güncellenmektedir. Buna rağmen GİS'e kayıtlı görevlilerin atanmasında öncelik sağlayan unvan ve hizmet yılları gibi bilgiler ise birim sekreterleri tarafından elektronik ortamda ÖSYM başkanlığına bildirilir. Anadolu, Atatürk ve İstanbul Üniversitesine bağlı açıköğretim fakülteleri tarafından uygulanan merkezi sınav işlemleri içinde benzer işlemler uygulanmaktadır. Dolayısıyla merkezi sınav işlemleri Şekil 1'de görüldüğü gibi beş (5) alt sisteme ayrılabilir.

Şekil 1. Sınav İşlemleri Sistemi

Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından yapılan sınavlarda elektronik ortamlarda adayların tercih, yerleştirme, ödeme ve diğer işlemleri Aday İşlemleri Sistemi üzerinden yapılmakta ve adayların kişisel bilgi ve şifreleri ile giriş yapılabilmektedir. Bu sistem aracılığıyla adaylar başvuru sürecindeki sınavları görüntüleyebilmekte, başvuru ve tercih işlemlerini yapabilmekte, sonuçlarını görüntüleyebilmekte ve ÖSYM'ye göndereceği dilekçeler için evrak referans numarası alabilmektedirler. Anadolu ve Atatürk Üniversitesi tarafından açıköğretim yoluyla okutulan derslere kayıtlı öğrenciler ise sınav merkezi tercihi yapabilmekte, dersleri görüntüleyebilmekte, sınava girecekleri oturum, bina, salon ve sıra numarası bilgilerini görüntüleyebilmekte ve yazdırabilmektedir.

Diğer taraftan sınavlarda elektronik ortamlarda görevlilerin tercih, atama, ödeme ve diğer işlemleri Görevli İşlemleri Sistemi üzerinden yapılmakta ve görevlilerinin kişisel bilgi ve şifreleri ile giriş yapılabilmektedir. Bu sistem aracılığıyla görevliler tercih edebildikleri binaları görüntülemekte, görev almak istediği binaları ekleme ve çıkarmakta, görev tipi tercihi yapmakta, görevlendirmelerini onaylamakta veya iade edebilmekte, görevlendirme belgelerini görüntüleyebilmekte ve yazdırabilmekte, sınav değerlendirme formu aracılığıyla raporlarını elektronik ortamda ÖSYM başkanlığına iletebilmekte, görev ihmal bilgilerini görüntüleyebilmektedir. ÖSYM'den farklı olarak Atatürk ve Anadolu Üniversitesi tarafından yapılan sınavlarda da görevlilerin tercih, atama, ödeme ve diğer işlemleri de Görevli İşlemleri Sistemi üzerinden yapılmakta olup bu sistem aracılığı ile görev başvurusuna açık ve görev başvurusunda bulunan sınavları görüntülemekte, oturum, bina ve görev tercihi yapabilmekte, görevlendirmelerini onaylamakta ve iade edebilmekte, görevlendirme belgelerini görüntüleyebilmekte ve yazdırabilmektedir.

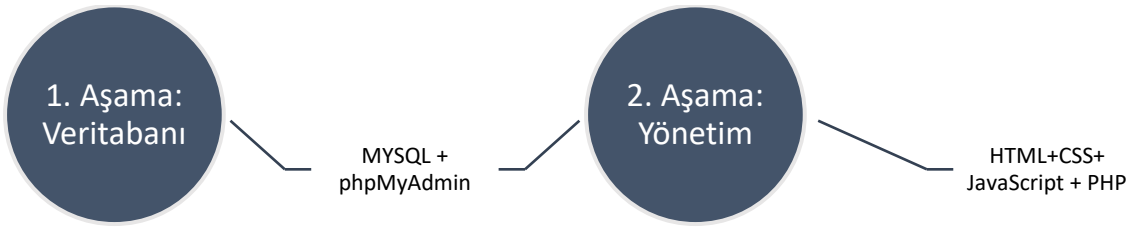
Merkezi sınavlarda görev alacak görevlilerin özlük bilgilerine ait kimlik ve adres bilgileri Merkezi Nüfüs İdare Sistemi (MERNİS) tarafından sağlanmasına rağmen görevlilerin kurum bilgileri ise görevlilerin bağlı oldukları birimlerdeki yöneticiler tarafından verilmekte olup genellikle akademik ve idari personelin özlük bilgilerine vakıf olan fakülte, yüksekokul ve meslek yüksekokulu sekreterleri tarafından verilmektedir. Yetkililer tarafından görevlilerin unvanları ve hizmet başlangıç yılları veya süreleri ÖSYM, Atatürk ve Anadolu Üniversitesi gibi sınav merkezlerine bildirilmekte ve görevlendirmelerde öncelik oluşturmaktadır. Yetkililer aracılığıyla görevlilerin kayıtları yapılmakta, fotoğrafları çekilmekte ve kurum bilgileri bildirilmektedir. İş bu sayede sınavların güvenli bir şekilde yapılması sağlanmaktadır. Artı, kuruma ait sınav salonlarına ait sıra sayısı, kullanılabilirliği gibi benzeri bilgilerde merkeze bildirilmektedir.

4. **Sınav İşlemleri Sistemi**

Harran Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yüz yüze okutulan Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi, Türk Dili ve Yabancı Dil dersleri için yapılan sınavlarda elektronik ortamlarda adayların ve görevlilerin tercih, yerleştirme ve diğer işlemlerinin yapılabilmesi amacıyla Şekil 2'de gösterildiği gibi 5 temel sistem oluşturulmuştur.

Şekil 2. Sınav İşlemleri Sistemi

Sınav İşlemleri Sistemi için şekil 3'de gösterildiği gibi iki aşamada bir veritabanı yönetim sistemi tasarlanmıştır: 1) Veritabanı ve 2) Yönetim. Sınav İşlemleri Sistemi için ihtiyaç duyulan Veritabanı (1. Aşama) için MySQL ve PhpMyAdmin ve Yönetim (2. Aşama) için ise HTML, CSS, JavaScript ve PHP kullanılmıştır.



Şekil 3. Aşamalar ve Araçlar

4.1 **Veritabanı Tasarımı**

Veritabanının günümüzdeki önemi gittikçe artmaktadır. Veritabanı, birbiriyle ilişkisi olan tablolara ait verilerin tutulduğu, bir amaca yönelik yapısal verilerin yer aldığı ve mantıksal ve fiziksel tanımlamaların yapıldığı bilgi kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Merkezi Sınav İşlemleri için ihtiyaç duyulan aday, görevli, koordinatör, yetkili ve yöneticiler ilişkin güncelleme, silme, ekleme ve görüntüleme işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli sorgulamaları içermelidir. Merkezi sınava katılacak olan aday ve görevlilerin sayısı düşünüldüğünde görüntüleme ve güncelleme işlemlerinin çok yoğun olacağı düşünüldüğünde tablo alanları (table fields) içerisinde yer alan verilerin mümkün olduğunca INT veri türüne ait olması sağlanmalıdır. Bu bilgiler ışığında ilişkisel bir veritabanın tasarlanması önem arz etmektedir. İş bu veritabanı oluşturacak olan tablolar arası ilişkileri tanımlayabilmek için merkezi sınav sistemini uygulamakta olan sınav merkezlerinin elektronik ortamları incelenebilir. Söz konusu inceleme yapıldığında Merkezi Sınav Sistemini oluşturan işlemler özlük, tercih ve görev işlemlerinin yer almakta olduğu üç temel tabloya dayanmaktadır.

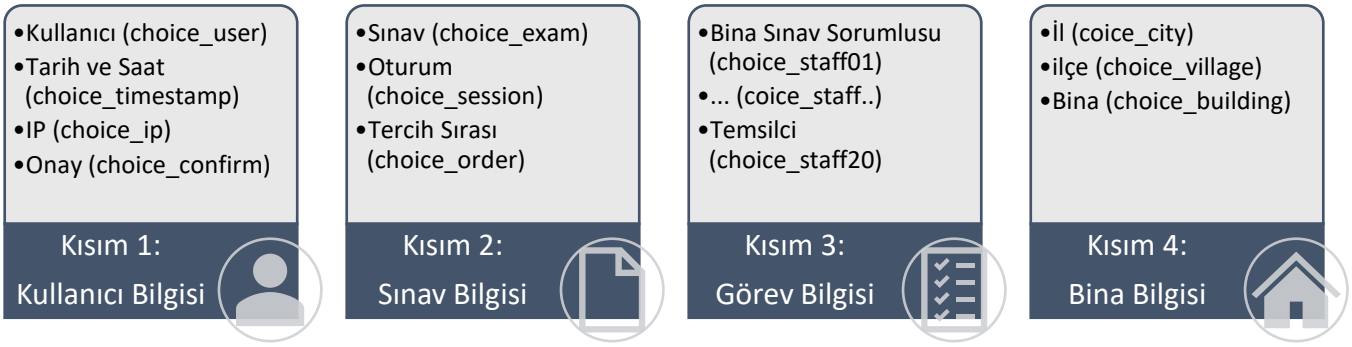
- **Özlük İşlemleri Tablosu**

Harran Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi (HARUZEM) tarafından yapılan sınavlarda elektronik ortamlarda adayların ve görevlilerin tercih, yerleştirme, ödeme ve diğer işlemlerini yapabilmesi için kişisel bilgi ve şifreleri ile giriş yapabilmelerini sağlamak amacıyla kullanıcılar (users) adlandırılan bir tabloya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tablonun taşıyacağı bilgiler ÖSYM, Anadolu Üniversitesi gibi sınav merkezleri tarafından 6 kısım olarak gösterilmekte olup Şekil 4'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bunlar; aday ve görevlilerin giriş işlemlerini yapabilmesi için Hesap Bilgisi (Kısım 1), özlük bilgilerinin görüntülenebilmesi için Kimlik Bilgisi (Kısım 2), unvan, hizmet yılı ve benzeri bilgilerin yer aldığı Kurum Bilgisi (Kısım 3), ödeme işlemleri için Ödeme Bilgisi (Kısım 4), ev ve iş telefonu gibi bilgilerin yer aldığı İletişim Bilgisi (Kısım 5), yetkilendirme ve onay işlemleri için Yetkilendirme Bilgisi (Kısım 6) olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 4. Özlük İşlemleri Alanları (users)

- **Tercih İşlemleri Tablosu**

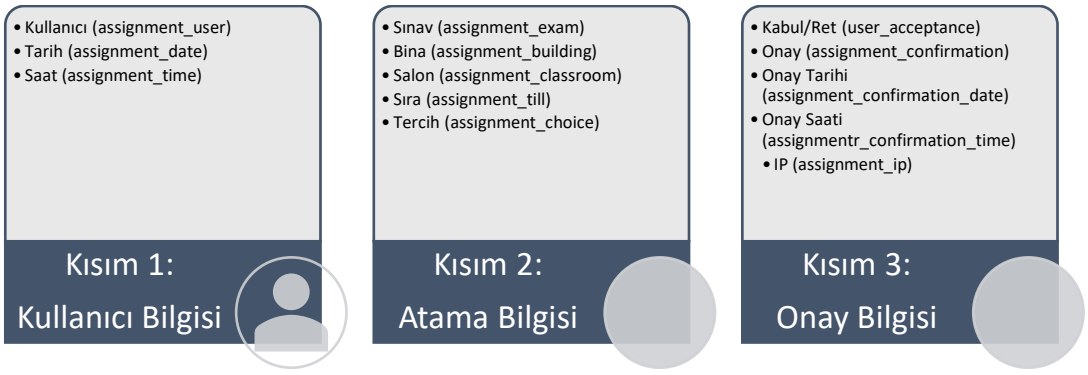
Özlük İşlemleri Alanlarında yer alan bilgilerin Yetkili İşlemleri Sistemi üzerinden giriş yapan Yetkililer tarafından doğrulanması durumunda aday ve görevlilere ait Onay Bilgisi Alanı (user_confirm) 1 olacak ve Tercih İşlemi Alanlarını yönetmelerine izin verilecektir. Bu tablonun taşıyacağı bilgiler 4 kısım olarak Şekil 5'de gösterilmiştir. Bunlar; aday ve görevli bilgisi için Kullanıcı Bilgisi (Kısım 1), aday ve görevlilerin tercih ettikleri sınav ve oturum için Sınav Bilgisi (Kısım 2), görev tercihi için Görev Bilgisi (Kısım 3) ve tercihte bulunabilecek sınav yerinin il, ilçe ve bina adları bilgisi için Bina Bilgisi (Kısım 4) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 5. Tercih İşlemleri Alanları (choices)

- **Atama İşlemleri Tablosu**

Sınav Koordinatörlerinin, Tercih İşlemleri Alanında yer alan adaylara ve görevlilere ait Onay Bilgisi Alanı choice_confirm) 1 olması durumunda Tercih İşlemi Alanlarını yönetmelerine izin verilecektir. Bu tablonun taşıyacağı bilgiler 3 kısım olarak Şekil 6'de gösterilmiştir. Bunlar; aday ve görevlilerin kim olduğunu belirtmek için Kullanıcı Bilgisi (Kısım 1), aday ve görevlilerin tercih ettikleri sınav, bina, salon ve sıralara ilişkin Atam Bilgisi (Kısım 2), ve adayların yerleştiği ve görevlilerin atandığı sınav bilgisi için Onay Bilgisi (Kısım 3) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 6. Atama İşlemleri Alanları

4.2 **Yönetim Tasarımı**

Aday ve görevli işlemlerinin hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilmesi için HTML, CSS ve JavaScript ile Harran Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi Sınav işlemleri Sisteminin ara yüzü dizüstü, masaüstü, tablet ve akıllı telefonlara uyumlu olacak bir biçimde tasarlanmış ve sunucu ve istemci arasındaki bilgi alış ve verişin sağlanabilmesi için PHP kullanılmıştır. Şekil 7'de gösterildiği gibi Sınav İşlemleri Sistemi içerisinde bulunan kullanıcılar (users) tablosunda kayıtlı olan adaylar, görevliler, yetkililer, koordinatörler ve yöneticiler aynı ara yüz üzerinden giriş yapabilmektedirler.

Şekil 7. Sınav İşlemleri Sistemi

Şekil 7'de gösterilen arayüz üzerinden adayların ve görevlilerin tercih ve atama işlemlerini hızlı ve etkin bir şekilde yapabilmesi için yüzlerce satırlık HTML, CSS, ve PHP sözdizimleri kullanılmış örnek bir MYSQL deyimi Şekil 8'de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi tercih yapan görevlilerin tercihlerine göre atamalarında her tercih ettikleri binaya atanmalarında birinci öncelik ünvan (title_id) , ikinci öncelik hizmet yılı (user_service), üçüncü öncelik tercih tarihi ve saati (choice_timestamp) ve dördüncü öncelik tercih sırası (choice_order) olmak üzere dört temel kriter uygulanmaktadır.

```
$tercihler = mysql_query("SELECT * FROM choices  INNER JOIN users ON choices.choice_user = users.user_id INNER JOIN titles ON titles.title_id = users.user_title INNER JOIN buildings ON choices.choice_building = buildings.building_id INNER JOIN faculties ON faculties.faculty_id = users.user_faculty WHERE building_id = $building_id and  $staff_id = 1 and choice_exam = $exam_id and choice_confirm = 1 ORDER BY title_id asc, user_service desc, choice_timestamp asc, choice_order asc") or die (mysql_error());
```

Şekil 8. MYSQL ve PHP Sözdizimleri

5. Tartışma ve Sonuç

2017-2018 Eğitim-Öğretim Yılı Güz Döneminde Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi, Türk Dili ve Yabancı Dil derslerinin ara sınavı için adayların, görevlilerin, yetkililerin, koordinatörlerin ve yöneticilerin özlük bilgileri kullanıcılar (users) tablosuna girilmiş olup Tablo 1'de sayıları verilmektedir. Tablo 1'de Attatürk İlkeleri ve Inkılap Tarihi, Türk Dili ve Yabancı Dil dersine kayıtlı olan öğrencilerin sayıları gösterildiği gibi 7124 öğrencidir.

TABLO I. KULLANICILAR

Başlık	Aday	Görevli	Yetkili	Koordinatör	Yönetici
Kullanıcı Sayısı	7124	659	27	2	1

Sınavlar; Harran Üniversitesine ait 27 bina ve 277sınav salonunu kullanılarak Şanlıurfa'ya bağlı Akçakale, Birecik, Bozova, Eyyübiye, Haliliye, Halfeti, Hilvan, Siverek, Suruç, Viranşehir ve Yenişehir ilçelerinde eşzamanlı olarak uygulanabilmesi için adaylar ve görevlilerden 17 Ekim 2017 – 23 Ekim 2018 tarihleri arasında 10 tercih alınmıştır. Adaylar ve görevlilerden 17 Ekim 2017 – 23 Ekim 2018 tarihleri arasında 10 tercih alınmış olup toplam 12290 adet tercih yapılmasına rağmen bunlardan sadece 10165 tanesi doğru bir şekilde yapılmıştır. Tablo 2'de gösterildiği gibi 7124 adayın sadece 3202 tanesi sınav yerine tercihinde bulunmuş ve bu kişiler arasından 3043 tanesi 1. tercihine yerleşmiştir. Tercih yapmayan öğrenciler ise otomatik olarak bağlı bulundukları birimlerde sınava girmeleri için atamaları yapılmıştır.

TABLO II. KULLANICILAR

Kullanıcı	Kullanıcı Sayısı	Tercih Sayısı	Tercihli Kullanıcı Sayısı	Atama Sayısı
Görevliler	659	778	292	187
Adaylar	7124	9387	3202	7124
Toplam	7783	10165	3494	7311

Merkezi sınav sistemi ile aday ve görevli işlemleri güvenli, hızlı, kolay ve elektronik bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanılmıştır. Merkezi sınav sisteminin Harran Üniversitesi kazandırdığı en büyük yenilik ise bünyesinde barındırdığı tercih sistemi ile görevlilerin ve adayların bağlı bulundukları birimler dışında ikamet ettikleri yerlerde görev almaları veya sınava girmelerine imkân tanımasıdır.

6. Referanslar

[1] İ. N. Baran and T. Altun, "Role and Importance of Dershanes in our Education System," Journal of Research in Education and Teaching , pp. 333-344, 2014.

[2] H. H. Bahar, «An Evaluation of KPSS Scores According to Grade Point Avarege and Gender,» Education and Science, pp. 68-74, 2006.

[3] YÖK, Yükseköğretim Kurumlarında Uzaktan Öğretime İlişkin Usul ve Esaslar, Ankara: Resmi Gazete, 2015.

[4] H. Y. Atar ve A. Sayın, «Establishment of an Assessment Office at a University: The Gazi Faculty of Education Case,» GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, pp. 1075-1093, 2010.

[5] S. Asha ve C. Chellappan, «Authentication of E-Learners Using Multimodal Biometric Technology,» %1 içinde International Symposium on Biometrics and Security Technologies, Islamapad, 2018.

Kısıt Programlama Yaklaşımıyla Güvenlik Personeli Çizelgeleme Probleminin Çözümü

The Security Staff Scheduling Problem with Constraint Programming Approach

Tamer EREN[1]
Emir Hüseyin ÖZDER[2]
Hacı Mehmet ALAKAŞ[3]
Evrencan ÖZCAN[4]

[1,3,4]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye
[2]Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Özetçe

Güvenlik personelinin düzgün çalışması kamu kurumlarındaki en büyük sorunlardan biridir. Güvenlik personelini en uygun görev alanlarına atayarak güvenlik hizmeti en iyi şekilde sunulabilir. Bu bakış açısıyla, en uygun güvenlik personelinin belirlenen yerlere atanması problemi bu çalışmada ele alınmıştır. Bir çalışma yeri olarak, 75 güvenlik personelinin 24 saat hizmet verdiği büyük ölçekli bir üniversite kampüsü seçilmiştir. Belirlenen problem ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon programı ile kısıt programlama modeli kurularak çözülmüş ve bu grup için aylık bir çizelgeleme elde edilmiştir. Bu önerilen modelin çözülmesi sonucunda mevcut programdan daha iyi sonuçların elde edildiği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Kısıt Programlama, Vardiya Çizelgeleme, Personel Çizelgeleme, Güvenlik Personeli Seçimi.

Abstract

The proper operation of security personnel is one of the major problems in public institutions. By assigning the security personnel to the most appropriate duty areas, security service can be provided in the best conceivable way. From this point of view, the problem of assigning the most appropriate security personnel to determined places is handled in this study. As a place of application, a big scale university campus where the 75 security personnel serve 24 hours is considered. A monthly schedule is obtained for this group by solving the identified problem by a constraint programming model which is solved by ILOG CPLEX Studio IDE Optimization tool. As a result of solving this proposed model is shown that the intended goals are achieved, and better results are obtained from the existing schedule.

Keywords:

Constraint Programming, Staff Scheduling, Personnel Scheduling, Security Staff Selection.

1. Giriş

Vardiya Çizelgeleme Problemleri araştırmacılar tarafından son yıllarda en çok incelenen sorunlardan biri haline gelmiştir. Personel çizelgeleme problemlerinin belirli bir türü olan vardiya çizelgeleme problemi, bugüne kadar en çok incelenen ve üzerinde çalışılan çizelgeleme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Organizasyonlar, en üst düzeyde memnuniyet, kârın maksimizasyonu, sistem verimliliği ve maliyet minimizasyonu gibi üst düzey hedeflere ulaşmak için birçok parametreye odaklanmaktadır. Mal ve hizmet üretiminde çalışan personelin kayda değer etkisi göz önüne alındığında, çalışanlar arasında adil bir iş dağılımının sağlanması, işe uygun işlerde emniyette çalışmasını sağlayarak motivasyon ve performansın artırılmasına hizmet eden personel çizelgelemesinin önemi Çalışanların yeterliliği, isteği ve ihtiyaçları göz önüne alınarak yapılmaktadır. Vardiya Çizelgeleme, imalat ve hizmet sektörlerinde önemli bir rol oynayan bir süreçtir.

Bu çalışmada, kısıt programlama yöntemini kullanarak bir üniversitedeki güvenlik görevlileri için aylık bir çizelgeleme önerilmiştir. Çalışma bir vakıf üniversitesinde yapılmıştır ve bu üniversite kampüsünde 10 farklı noktada, 75 güvenlik personeli, 24 saat hizmet vermektedir.

2. Vardiya Çizelgeleme

Zamana göre değişen kaynaklara olan talebi karşılamak için iş planlarının düzenlenmesi ve personel planlaması ve personel çizelgeleme yapılması gerekmektedir. Bu sorunlar çağrı merkezi operatörleri, hastane hemşireleri, polis memurları, ulaşım personeli (uçuş ekipleri, otobüs şoförleri) gibi hizmet sektörlerinde meydana gelir [1]. Personel planlaması için çok önemli bir konudur. Bu ortamlar genellikle uzamış ve dengesizdir ve personel gereksinimleri zamanla dalgalanır. Tarifeler tipik olarak ekipman gereksinimlerini, sendika kurallarını vb. içerir [2]. Bu, dikte edilen çeşitli kısıtlamalara tabidir. Ortaya çıkan sorunlar, birleştirici olarak zor olma eğilimindedir. Personel zamanlama probleminin yapısı birkaç kategoriye ayrılabilir [3]. Genel çözüm yöntemi tamsayı programlama ile. Bu yöntem, personel çizelgeleme problemi çözümlerinin büyük bir sınıfını içerir [4]. Ayrıca, özel bir tamsayı programlama problemi sınıfı, yani çevrimsel personel problemleri vardır. Bu problem sınıf ve kombinatoryal bakış açısından kullanılabilir. Bunların dışında, mürettebat ve operatör çizelgeleme problemleri farklı bir model yapısına sahiptir [5-9]. Çizelgelemeler oluşturulurken firmalar, işçilerin istek ve tercihlerini (belirli vardiyada çalışma, belirli kişi ile çalışma, belirli izin günü vs.) karşılayabilmek adına, yarı zamanlı işe alma ya da esnek çalışma saatleri gibi birtakım yöntemleri önermektedirler. Personel çizelgeleme, üzerinde uzun uğraşlar ve vakit harcanması gereken bir iştir. Çizelgeleme işi

yapılırken, birçok kısıt ile personelin ve hizmet alanların tamamının hoşnut olmasının istenmesi, problemi daha da çözümü zor bir hale getirmektedir. Personel çizelgelemedeki ana hedef; kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak, dengeli iş yükü dağılımı yapmak ve mümkün olduğunca bireysel istekleri karşılamaktır. İyi bir çizelgenin, bünyesinde adaletli görev dağılımı, karşılanmış personel istekleri ve verimli kaynak kullanımını barındırması beklenmektedir [10-13].

3. Kısıt Programlama

Kısıt programlama hesaplama ve mantığa dayalı tekniklerin kombinasyonuna dayanan bir programlama yaklaşımıdır. Kısıtlar, her birisi tanımlanan bir alandaki değerlerden birisini alabilen değişkenler arasındaki ilişkileri ifade etmek amacıyla kullanılan formlardır. Kısıt programlama, tanımlı alanlardan oluşan değişkenlerin kombinasyonu olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımda, ana mantık problemin sahip olduğu kısıtların matematiksel ve mantıksal ifadelerle oluşturulması ve uygun çözüm alanlarının tanımlanmasıdır. Tanımlanan çözüm alanlarından değişkenlerin alabileceği uygun değerler bulunur ve problemin çözümü elde edilir. Verilen bir problemi kısıt programlama ile çözmek için kısıt sağlama problemi olarak formülüze edilmelidir [14]. Bir kısıt programlama yapısı şu şekilde tanımlanmaktadır. X_i bir karar değişkeni olmak üzere, bu değişkenin alabileceği değerler kümesi S_i ile tanımlanmaktadır. Karar değişkenlerinin alabileceği değerleri sınırlayan bir C_k kısıtlar kümesinden oluşan yapının bütünü kısıt programlamayı ifade etmektedir. Bir çözümün olabilmesi, bütün karar değişkenlerinin bütün kısıtları sağlayan ve tanımlı oldukları alanlardan bir değeri almaları ile mümkündür [15]. Kısıt programlama amaç fonksiyonunun olup olmamasına göre iki tipte sınıflandırılır. Birinci tip olan Kısıt Sağlama Problemleri amaç fonksiyonu olmadan modellenir ve uygun bir çözüm veya bütün çözümler bulunana kadar çalıştırılır. Amaç fonksiyonu eklenerek çözülen kısıt programlama problemleri ise Kısıt Optimizasyon Problemleri olarak adlandırılır [15].

4. Uygulama

Bu çalışmada belirlenen vardiyalara güvenlik personelinin atanması sorunu ele alınmıştır. Uygulama yeri olarak, 24 saat hizmet veren 75 güvenlik personeli olan büyük ölçekli bir üniversite kampüsü seçilmiştir. Her gün ve vardiya için atanması gerekli personel sayısı vardır. Bu sayılar kısıtlarda belirtilmiştir. Bu problemin çözümü için, ILOG CPLEX Studio IDE Optimizasyon aracı tarafından çözümlenen bir kısıt programlama modeli ile aylık bir atama çizelgesi elde edilmektedir.

Kısıtlar

Kısıt 1: Her gün ve her vardiya için gereken personel sayısı karşılanmalıdır. (Sabah vardiyası (1) için: 32, Akşam vardiyası (2) için: 20, Gece vardiyası (3) için:10)

Kısıt 2: Gece vardiyasında çalışan bir personelin ertesi gün sabah ve akşam vardiyasında çalışması istenmemektedir.

Kısıt 3: Herhangi bir günün akşam vardiyasında çalışan bir personel, ertesi günün Sabah vardiyasına atanmamalıdır.

Kısıt 4: Bir personel 6 günden fazla art arda çalışmamalıdır.

Kısıt 5: Her personel, izin gününde çalışmaz.

Kısıt 6: Her personele günde bir vardiya atanmalıdır.

Parametreler

i: Personel indeksi, *i = 1,2, …, I* (1)

j: Gün indeksi, *j = 1,2, …, m* (2)

k: Vardiya indeksi *k = 1,2, …, n* (3)

l: Personel sayısı *l = 75* (4)

m: Gün sayısı *m = 30* (5)

n: Vardiya sayısı *n = 4 (4. vardiya tatil günlerini ifade etmektedir.)* (6)

Matematiksel modelin karar değişkenleri

X_{ij} = i. Personelin, j. Gün atandığı vardiya numarası *i = 1,2, …, 75* *j = 1,2, …, m* (7)

d_{1i}^{+} = Gündüz ve akşam vardiyaları için i. personelinin atandığı toplam vardiya sayısının pozitif sapma değeri (8)

d_{1i}^{-} = Gündüz ve akşam vardiyaları için i. personelinin atandığı toplam vardiya sayısının negatif sapma değeri (9)

d_{2i}^{+} = Gece vardiyası için i. personelinin atandığı toplam vardiya sayısının pozitif sapma değeri (10)

d_{2i}^{-} = Gece vardiyası için i. personelinin atandığı toplam vardiya sayısının negatif sapma değeri (11)

Kısıtlar:

Kısıt 1: Her vardiyaya atanan personel sayısını belirten kısıtlar

a. 1. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$Count(all\ i)(X_{ij}, 1) = 32 \qquad \text{j=1,2,...,m} \qquad (12)$$

b. 2. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$Count(all\ i)(X_{ij}, 2) = 20 \qquad \text{j=1,2,...,m} \qquad (13)$$

c. 3. Vardiya için gerekli personel sayısı

$$Count(all\ i)(X_{ij}, 3) = 10 \qquad \text{j=1,2,...,m} \qquad (14)$$

Kısıt 2: Gece vardiyasında çalışan bir personelin ertesi gün sabah ve akşam vardiyasında çalışmaması gerektiğini belirten kısıt

$$(X_{ij} = 3) + (X_{i(j+1)} = 1) + (X_{i(j+1)} = 2) \leq 1 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad \text{j=1,2,...,29} \qquad (15)$$

Kısıt 3: Herhangi bir günün akşam vardiyasında çalışan bir kişinin ertesi gün sabah vardiyasında işe atanmaması gerektiğini gösteren kısıt

$$(X_{i(j+1)} = 1) + (X_{ij} = 2) \leq 1 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad \text{j=1,2,...,29} \qquad (16)$$

Kısıt 4: Her personelin ardı ardına 6 günden fazla çalışmaması gerektiğini gösteren kısıt

$$(X_{ij} = 4) + (X_{i(j+1)} = 4) + (X_{i(j+2)} = 4) + (X_{i(j+3)} = 4) + (X_{i(j+4)} = 4) + (X_{i(j+5)} = 4) + (X_{i(j+5)} = 4) + (X_{i(j+6)} = 4) \geq 1 \qquad \text{i=1,2,...,l} \qquad (17)$$

Kısıt 6: Her personel günde sadece bir vardiya atanmalıdır.

$$X_{ij} \geq 1 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad \text{j=1,2,...,m} \qquad (18)$$

$$X_{ij} \leq 4 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad \text{j=1,2,...,m} \qquad (19)$$

Hedefler:

Hedef 1: Her bir personele atanan gündüz ve akşam vardiyaları toplam sayısı mümkün olduğunca eşit olmalıdır.

$$Count(all\ j)(X_{ij}, 1) + Count(all\ j)(X_{ij}, 2) - d_{1i}^{+} + d_{1i}^{-} = 21 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad (20)$$

Hedef 2: Her bir personele atanan gece vardiyası toplam sayısı mümkün olduğunca eşit olmalıdır.

$$Count(all\ j)(X_{ij}, 3) - d_{2i}^{+} + d_{2i}^{-} = 4 \qquad \text{i=1,2,3,...,l} \qquad (21)$$

Amaç Fonksiyonu

$$min\ Z = \sum_{i=1}^{75}(d_{1i}^{+} + d_{1i}^{-} + d_{2i}^{+} + d_{2i}^{+}) \qquad (22)$$

Modelin çözümünde, işlemcinin "Intel (R) Core (TM) i7-2800 CPU@2.00 GH", 16 GB bellek ve Windows 10 işletim sistemi olan işlemci ile birlikte kullanıldığı görülmektedir. Önerilen model, ILOG CPLEX Studio IDE programda yazılmıştır ve CPLEX çözücü ile makul bir zaman içinde çözülmüştür. Bu çalışmada, bir üniversitenin güvenlik personelinin çalışma takvimi çizelgelenmektedir. Çizelgeleme bir aylık personel çalışmasını içerir. Bu çalışma yapılmadan önce, mevcut iş çizelgesi el ile yapıldığı için, çalışmanın yararı bir kez daha ortaya çıkmıştır. Tablo 1'de, çizelgeleme sonuçları verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, çalışan her personelin eşit günde izin yapabildiği bir çizelgeleme elde edildiği görülebilmektedir. Elde edilen çizelgeleme çalışmasında toplamda atanan gün sayısında personelin dengede olduğu görülebilir. Her personelin vardiya bazlı atandığı günler

tabloda detaylı olarak verilmiştir.

TABLO I. SON ATAMA TABLOSU (**THE LAST ASSIGNMENT TABLE*)

.	Gün																																
Personel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	tatil günü sayısı	1. var	2. var	3. var
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	1	2	4	1	1	3	20	7	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	2	2	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	1	3	17	6	4
3	3	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	3	10	12	1
4	4	2	2	2	2	4	1	4	1	1	4	4	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	2	2	4	2	4	1	1	1	3	13	9	0
5	1	2	2	4	1	1	4	1	2	2	4	4	1	1	4	2	3	4	1	1	4	2	2	2	2	2	4	1	4	4	3	9	10	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	19	1	6
7	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	2	2	4	1	1	1	4	1	4	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	3	16	8	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	4	3	4	2	2	2	4	1	3	18	7	2
9	1	4	2	2	2	2	4	1	2	4	1	2	2	3	4	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	14	10	1
10	1	1	1	1	1	1	1	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	16	8	4
11	2	2	4	1	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	1	4	22
12	2	2	2	4	2	4	4	4	1	2	4	2	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	4	1	1	1	2	2	3	12	8	2
13	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	3	3	3	3	3	4	1	2	2	4	1	2	2	2	2	3	14	8	4
14	2	3	3	3	4	1	2	2	2	2	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	4	1	1	1	2	4	1	2	2	2	3	5	9	9
15	3	4	2	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	5	11
16	1	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	4	4	1	4	2	2	3	8	7	9
17	4	3	4	2	3	4	1	1	1	2	2	3	3	4	2	4	2	2	2	2	2	4	1	1	4	1	1	1	1	3	3	9	9	5
18	1	1	4	1	1	1	1	2	4	1	2	4	3	3	4	3	4	1	1	1	1	1	1	3	3	4	1	1	1	1	3	17	2	5
19	2	2	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	1	2	2	2	2	4	1	1	1	4	1	3	13	12	0
20	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	1	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	7	5	15
21	2	3	4	2	4	3	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	3	6	13	4
22	1	1	1	1	1	2	2	4	2	2	4	2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	14	5	7
23	3	4	4	2	2	4	1	2	2	3	3	3	4	1	1	1	2	4	1	4	2	4	4	4	1	2	2	2	4	2	3	6	10	4
24	1	1	1	1	1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	1	1	2	2	2	2	2	3	7	21	0
25	2	2	2	4	1	2	4	1	1	2	2	2	2	2	3	4	3	3	3	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	18	4
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	2	4	4	4	4	4	1	2	3	19	5	0
27	1	1	1	1	4	4	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	18	2	6
28	2	2	4	1	1	2	3	3	3	4	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	18	6	3
29	1	2	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	4	2	3	3	4	4	2	2	2	4	2	2	3	1	19	3
30	3	4	4	4	1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	3	3	4	1	2	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	9	8
31	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	3	24	3	1
32	2	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	3	22	2	3
33	2	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	4	1	1	2	2	2	3	12	5	10
34	2	2	2	2	2	2	4	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	1	1	1	2	2	2	4	1	1	3	14	11	0
35	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	1	3	3	4	4	1	2	4	1	1	3	13	9	2
36	2	2	3	3	4	2	2	2	4	1	1	4	4	1	2	4	4	1	2	2	2	4	2	4	1	3	4	1	1	1	3	8	10	3
37	2	3	4	2	2	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	21	3	4
38	3	4	3	4	1	2	2	2	4	2	2	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	16	7	3
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	3	26	0	0
40	1	1	1	1	2	4	1	1	2	2	4	1	1	1	2	2	4	4	4	4	3	4	2	4	1	1	1	1	1	1	3	15	6	1
41	4	2	3	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	5	20	1
42	4	2	2	2	2	2	2	4	1	4	2	2	2	2	4	4	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	3	13	11	0
43	4	4	2	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	3	4	1	2	2	2	2	2	2	2	4	1	4	4	1	1	4	3	10	11	1
44	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	2	2	2	4	2	4	1	3	16	6	3
45	1	1	1	1	4	1	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	24	0	4
46	1	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	4	1	1	2	3	4	2	2	4	2	4	4	4	1	2	2	2	3	3	10	7	4
47	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	4	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	1	2	2	4	3	7	16	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	2	2	2	2	3	3	4	3	4	2	2	4	1	1	3	14	7	4
49	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	3	26	2	0
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	4	2	2	2	2	3	21	8	0
51	3	4	1	2	2	2	3	4	1	1	1	2	2	4	1	2	2	2	3	4	2	4	4	4	4	1	4	1	1	1	3	9	9	3
52	3	3	3	4	2	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	2	4	2	2	2	3	4	4	4	3	11	8	4
53	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	4	3	4	2	2	3	4	3	3	3	3	3	6	2	16
54	4	4	4	4	4	2	2	3	4	4	3	4	1	1	1	3	4	2	3	3	3	4	2	4	1	1	1	1	2	4	3	7	5	6
55	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	3	3	11	10	6
56	4	1	2	2	4	1	1	1	1	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	4	2	2	2	3	14	8	3
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	22	7	0
58	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	3	11	11	5
59	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	4	2	2	4	1	2	4	1	1	1	1	1	1	4	1	3	14	9	0
60	2	2	2	2	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	22	7	0
61	2	3	3	3	3	4	1	1	2	2	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4	3	11	4	9
62	2	3	4	1	2	3	4	4	4	1	1	1	2	2	2	2	2	4	1	2	2	2	2	2	2	4	4	1	1	1	3	8	13	2
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	4	14
64	3	4	1	2	4	4	2	2	4	1	1	1	1	2	4	1	2	2	4	1	4	4	1	2	2	4	1	2	4	1	3	10	9	1
65	1	4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	2	4	1	1	2	2	2	2	3	4	1	2	2	2	2	2	3	14	10	1
66	4	2	2	4	4	1	1	2	3	4	4	1	1	1	1	2	2	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	16	5	3
67	2	2	3	4	4	2	2	2	2	4	4	1	1	2	2	2	2	4	4	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	10
68	4	1	2	3	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	20	1	6
69	4	1	1	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	1	4	1	1	2	4	1	1	1	1	1	4	1	3	11	12	0
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	4	1	2	2	2	2	4	4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	13	6	7
71	3	3	3	3	3	3	4	4	1	1	1	1	2	2	2	4	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	16	4	6
72	1	1	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	4	3	15	12	0
73	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	3	20	2	3
74	2	2	2	2	2	2	2	4	1	2	2	2	4	4	4	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	6	12	7
75	2	2	2	2	3	3	3	4	2	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	4	1	2	2	2	2	4	2	2	2	3	1	21	3
Genel Toplam	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154				

Çok sayıda çalışan ve bulunması gereken alanların sayısı göz önünde bulundurulduğunda, sorunun büyüklüğü, çizelgelemeyi el ile gerçekleştirmeyi çok zorlaştırmaktadır. Dahası, bu sürecin elle yürütülmesi, iş dağılımının adaleti için bir risk oluşturmaktadır. Kullanılan bu matematiksel modeller ile hem çizelgelerin hazırlanması için harcanan süreyi kısaltılmış hem de kaliteli çizelgeler elde edilmeye yardımcı olmuştur. Çalışmada geliştirilen matematiksel modelde, çalışanların istekleri mümkün olduğu kadar yerine getirilmiştir. Kısıt programlama teknikleri, gerçekleştirilmesi gereken hedeflere ulaşmak ve personelin en az sapma taleplerini karşılamak için kullanılmıştır.

5. Sonuç

Çalışanların belirlenen işlere atanması, hizmet sektöründe uzun yıllar boyunca bir endişe kaynağı olmuştur. Hizmet sektöründe, artan hizmet hatları, müşteri memnuniyetine verilen önem ve çalışanların dengeli çalışma beklentisi nedeniyle son yıllarda personel çizelgeleme çalışmalarına daha fazla önem verilmiştir. Bu çalışmalarda oluşturulan modeller sadece üniversite ortamında değil, birçok başka sektörde de kullanılabilir. Bu çalışmada, görev noktası sayısı, personel sayısı, personelin istekleri vb. gibi her türlü noktayı artırarak daha geniş programlar yapılabilir. Kullanılacak modellerin büyüklüğüne bağlı olarak meta-sezgisel yöntemler kullanılabilir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda başka güvenlik personellerinin çalışma ve izin istek günlerini dikkate alan özel kısıtlar barındıran farklı matematiksel modeller geliştirilebilir. Matematiksel modellemelerde ele alınan probleme göre farklı yöntemler ve teknikler kullanılabilir. Meta sezgisel algoritmalar kullanılarak daha büyük bir çözüm uzayında sonuçlar elde edilebilir. Bunlara ek olarak bu çalışma prensipleri ile daha farklı sektörlerde çalışan personellerin çalışma çizelgeleri elde edilebilir.

6. Referanslar

[1] Aickelin, U., Burke, E., & Li, J. (2007). An estimation of distribution algorithm with intelligent local search for rule-based nurse rostering. Journal of the Operational Research Society, 58(12), 1574–1585.

[2] Aickelin, U., & Dowsland, K. A. (2004). An indirect genetic algorithm for a nurse-scheduling problem. Computers & Operations Research, 31(5), 761–778.

[3] Al-Yakoob, S. M., & Sherali, H. D. (2007). Mixed-integer programming models for an employee scheduling problem with multiple shifts and work locations. Annals of Operations Research, 155(1), 119–142.

[4] Axellson, J., Åkerstedt, T., Kecklund, G., & Lowden, A. (2004). Tolerance to shift work—how does it relate to sleep and wakefulness International Archives of Occupational and Environmental Health, 77(2), 121–129.

[5] Şahiner, M., Aktürk, M.S., Ünlüsoy, S., Bedir, N., Varlı, E., Eren, T., "Hemşire Çizelgeleme İçin Model Önerisi: Örnek Uygulama", Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6 (2): 61-76. 2017.

[6] Bedir, N., Eren, T., Dizdar, E.N., "Ergonomik Personel Çizelgeleme Ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama", Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3), 657-674, 2017.

[7] Özder, E.H., Varlı, E., Eren, T., "Hedef Programlama Yaklaşımı İle Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi", Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 7 (2):114-127, 2017.

[8] Varlı, E., Alağaş, H.M., Eren, T., Özder, E.H., "Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü", Bilge Uluslararası Fen ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi, 1 (2): 105-118.

[9] Özcan, E.C Varlı, E., Eren, T., "Hedef Programlama Yaklaşımı ile Hidroelektrik Santrallarda Vardiya Personeli Çizelgeleme", Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10 (4): 363-370, 2017.

[10] Aktürk, M.S., Varlı, E., Eren, T., "Tam Gün Vardiyalı ve Özel İzin İstekli Hemşire Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama İle Çözümü", Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7:2, 1-16, 2017.

[11] Ciritcioğlu, C., Akgün, S., Varlı, E., Eren, T., "Kırıkkale Üniversitesi Güvenlik Görevlileri İçin Vardiya Çizelgeleme Problemine Bir Çözüm Önerisi", Kırıkkale Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 9:2, 1-23, 2017.

[12] Varlı, E., Eren T., "Vardiya Çizelgeleme Problemi Ve Bir Örnek Uygulama", Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10 (2), 185-197, 2017.

[13] Varlı E., Ergişi, B., Eren, T., "Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 49, 189-206, 2017.

[14] Apt, K. R., Principles of Constraint Programming, Cambridge University Press, Amsterdam, The Netherlands, 2003.

[15] Alağaş H. M., Pınarbaşı M., Yüzükırmızı M., Toklu B. "A constraint programming model for mixed model type 2 assembly line balancing problem." Pamukkale Üniv. Müh. Bilim. Dergisi 22(4): 340-348, 2016.

Evaluation of the strength of fly ash based geopolymer mortar with various alkali activator concentrations and accelerated curing

Hızlandırılmış kürleme ve çeşitli alkali aktivatör konsantrasyonlarıyla üretilmiş uçucu kül esaslı geopolimer harçların dayanımlarının değerlendirilmesi

Kasım MERMERDAŞ[1]
Gailan PIRAZHN[2]
Safie Mahdi OLEIWI[3,4]
Esameddin MULAPEER[3]

[1]Department of Civil Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Turkey
[2]Civil Engineer, Comune di Velletri via orti Ginnetti, Rome, Italy
[3]Department of Civil Engineering, Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey
[4]Department of Civil Engineering, Diyala University, Baqubah, Iraq

Abstract

Geopolymers have received considerable attention due to their properties and applications as environmentally friendly alternatives to ordinary Portland cement. Geopolymer mortar (GM) is an emerging alternative to ordinary Portland cement mortar (OPCM), and is produced via a polycondensation reaction between aluminosilicate source materials and an alkaline solution. As a relatively new material, many engineering properties of geopolymer mortar are still undetermined. In this study, the compressive strength, have been studied experimentally. A total of 12 geopolymer mix mortar were tested for the above mentioned characteristics. The experimental data was analysed by an analysis of variance (ANOVA) utilizing MINITAB16 statistical software. This method establishes the magnitude of the total variation in the results and distinguishes the random variation from the contribution of each variable. A conventional level of significance p < 0.05 was used for the statistical analysis.

Keywords:

Geopolymer mortar; Fly ash; Alkaline solution, Compressive strength, ANOVA.

Özet

Geopolimerler sahip oldukları özellikler ve uygulama alanları nedeniyle normal Portland çimentosunun yerini alabilecek çevre dostu bağlayıcı malzeme olrak ele alınabilmektedir. Normal Portland çimentosu harcına yeni bir alternatif olan geopolimer harcı, alüminosilikat kaynağı malzemeler ve bir alkali çözeltisi arasındaki polikondensasyon reaksiyonu yoluyla üretilir. Nispeten yeni bir malzeme olan geopolimer karışımların birçok mühendislik özelliği hala belirlenmemiştir. Bu çalışmada, geopolimer harçların basınç dayanımı deneysel olarak incelenmiştir. Bunun için için toplam 12 adet geopolimer karışım harcı test edilmiştir. Deneysel veriler, MINITAB16 istatistik yazılımı kullanılarak bir varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Bu yöntem, sonuçlarda toplam varyasyonun büyüklüğünü belirler ve her değişkenin katkısından rastgele değişimi ayırt eder. İstatistiksel analiz için geleneksel bir anlamlılık düzeyi p <0.05 kullanıldı.

Anahtar Kelimeler:

Geopolimer harç; Uçucu Kül; Alkali çözelti, Basınç dayanımı, ANOVA.

1. Introduction

Around the world, the most widely used material in construction sector is concrete. In the production of concrete, cement plays the main role. In order to occupy the amount of cement needed for concrete production, huge amount of raw material and energy needed [1-2]. During the processes of cement production, some of harmful gases are released to the atmosphere causing pollution and greenhouse effect. Due to the increased demand for concrete, manufacture of cement has also been increased. According to the studies, it was estimated that the 2 billion tons of cement is manufactured annually. There is an approximate annual increase by 3% in production of cement. Since each tone of cement production release about 1 tone of CO_2 to atmosphere, due to combustion of fossil fuels and calcination of calcerous material in the kiln [3], it is one of the major causes of the greenhouse gas emission. The amount of CO_2 released to atmosphere due to cement production is about 7% of total emissions and CO_2 contributes about 65% of global warming.

It is known that many concrete structures being vulnerable to corrosive environment, deteriorate after exposure time of about 20-30 years. Based on similar facts, researchers have considered developing more durable materials for structures which have green properties and better service life. Therefore, construction materials with geopolymer binders that use waste materials such as fly ash have been developed to become an alternative to cement based ones [4-5].

Large amount of fly ash generated worldwide from thermal power plant and lead to the problem of waste management. Alkali activated alumino-silicate based binder system alternative to conventional concrete is called “Geopolymer concrete”. Geopolymer concrete includes geopolymer binder and aggregate. This material is ideal for building and repairing infrastructure and for manufacture of pre-casting units. The new product that called geopolymer has properties of using waste materials on its production and saves up to 80% of CO_2 emission, gaining high final strength in a short time, better resistance to freezing and thawing, high resistance to sulphates, corrosion etc. [6].

Davidovits in 1978 was the first researcher that introduces the term "Geopolymer" and described as a member family of mineral binders with an amorphous microstructure and has chemical composition similar to zeolites [7]. Davidovits [8] used waste materials or by product materials such as slag, husk ash and fly ash that has an aluminum (Al) and silicon (Si) with an alkaline activator to produce a binder.

Furthermore, it can be considered that the geopolymer is an environmentally friendly product, has better properties compared to conventional ordinary Portland cement. Through a research, Rattanasak and Chindaprasirt [9] used fly ash as a base material to produce geopolymer concrete, with 3 different concentration of alkaline activator made by NaOH (5, 10 and 15M) with Na_2SiO_3, used heat curing at constant temperature at 65 ^oC for 48 hours. By using different methods of analyses SEM, FT-IR and DSC thermogram, they indicated that the fly ash has a good reactivity and give good degree of geopolymerization. For that study, it was determined that concentration of 10M is the best for alkaline activation in geopolymer production.

The aim of this study is to determine the interaction between molarity of NaOH, Na_2SiO_3/NaOH ratio and the applied accelerated curing regime. In order to monitor the effect of parameters, the strength development of geopolymer mortar has been evaluated. Moreover, statistical evaluation of the test results were conducted by means of analysis of varience using a software called Minitab 17.

2. Experimental study

In this study, fly ash (FA) ASTM low calcium, Class F was used as the base materials, obtained from local power plant. Table 1. shows the chemical and physical properties of FA used in the experimental study.

TABLE I CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF FA

Physical and chemical analysis (%)	FA
CaO	2.2
SiO_2	57.2
Al_2O_3	24.4
Fe_2O_3	7.1
MgO	2.4
SO_3	0.3
K_2O	3.4
Na_2O	0.4
Loss on ignition	1.5
Specific gravity	2.25
Specific surface area (m^2/kg)	379

For preparing the binder phase, a mix of sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) solution was chosen as alkaline activator. They were selected based on the activation of sodium, because it is cheaper than potassium. Sodium hydroxide used has technical grade in the form of flakes (3 mm), with a specific gravity of 2.130, 98% purity, and PH 14. The molar mass is 40 g/mol and the materials.

To obtain the solution of (NaOH), the flakes were dissolved in water by proper amount depending on the chemical proportions to get the desired molarity of the solution. One of the main purposes of the research is the evaluate the effect of NaOH on the strength of geopolymer mortar. Therefore, different concentrations of NaOH were used. The molarities utilized are 6, 8, 10, 12, 14, and 16. Solid mass of sodium hydroxide in solution varied depending on the concentration of the solution in terms of the molarity (M). For example, sodium hydroxide solution concentration 8M consists 262 grams of solid sodium hydroxide (in flake or pellet form) per liter of the solution. Similarly, the mass of solid sodium hydroxide measuring per kilogram of solution are 10M: 313 grams, 12M: 361 grams, 14M: 404 grams, 16 M: 444 grams. Note that the mass of solids as sodium hydroxide is only part of the mass of the sodium hydroxide solution, and water is the main ingredient.

The chemical composition of a solution of sodium silicate Na_2O = 14.7%, SiO_2 = 29.4%, and 55.9% of the water mass. The other characteristics of a solution of sodium silicate are specific gravity 1.48 and viscosity at 20 ^oC is 400 CP.

Aggregate were used in research was provided from local river quarry (0-4 mm). Aggregate was stored in laboratory specific gravity of aggregate obtained according to ASTM. The specific gravity was measured as 2.64.

To provide the workability of the mortar, polycarboxylate ether type chemical admixture was used by amount of 6 % of FA weight in all mixtures.

The primary difference between geopolymer mortar and Portland cement concrete is the binder. Table 2 presents the composition of the mixes.

12 mixtures were prepared by varying Na_2SiO_3/NaOH ratio and molarities. The binder and the sand were first mixed together in a rotary mixer for about 2 min. The alkaline liquid was then added to the dry materials and the mixing was continued for further 5

min to produce the fresh mortar as shown in Figure 1.

The fresh mortar was compacted to achieve mortar with less air voids. The molds were covered by plastic film to avoid evaporation of alkaline solution. For each mortar mixture, set of 12 specimen by dimension of (50x50x50) mm cube were cast to determine the compressive strength.

Immediately after casting, the test specimens were covered with plastic film to prevent the alkaline activator evaporation during curing at an elevated temperature. Accelerated curing regimes in an oven at 90°C for 2, 6, 8, 24, 48 and 72 h were applied. After each curing period, the specimens were taken out of the oven and demoulded to cool to room temperature. Once the temperature of the specimens reduces to the ambient temperature, they were tested for compression.

Figure 1. Photographic view of fresh geopolymer mortar

The compressive strength test of geopolymer mortar was obtained by means of 3000 KN capacity hydraulic testing machine by 50x50x50 mm cubes and tested according to ASTM C39 (2012), the test was performed on the test specimens at the age of 2, 6, 8, 24, 48 and 72 hrs. With loading rate 0.5 MPa/sec. The compressive strength was calculated from average of three specimens at each testing age.

TABLE II GEOPOLYMER MORTAR MIX DESIGNS

NaOH : Na_2SiO_3 ratio	Molarity	Na_2SiO_3 solution (kg/m^3)	F A (kg/m^3)	River sand aggregate (kg/m^3)	NaOH solution (kg/m^3)	Superplasticizer (kg/m^3)
2	6	225	600	1295.747	75	36
2	8	225	600	1291.544	75	36
2	10	225	600	1286.95	75	36
2	12	225	600	1281.953	75	36
2	14	225	600	1276.511	75	36
2	16	225	600	1271.271	75	36
3	6	225	600	1295.747	75	36
3	8	225	600	1291.544	75	36
3	10	225	600	1286.95	75	36
3	12	225	600	1281.953	75	36
3	14	225	600	1276.511	75	36
3	16	225	600	1271.271	75	36

3. Test Results and Discussion

Compressive strength of GM specimens exposed to different curing regimes were shown in Figure 2a through Figure 2f. Moreover, strength development of the GMs with increasing the time was comparatively illustrated in Figure 3. The effect of molarity on compressive strength of geopolymer mortar have revealed that the increase in molarity, resulted in enhancement of compressive strength for Na_2SiO_3/NaOH =2 except for high molarity levels (14M and 16M). For Na_2SiO_3/NaOH =3, there was a steady increase in compressive strength for all molarities.

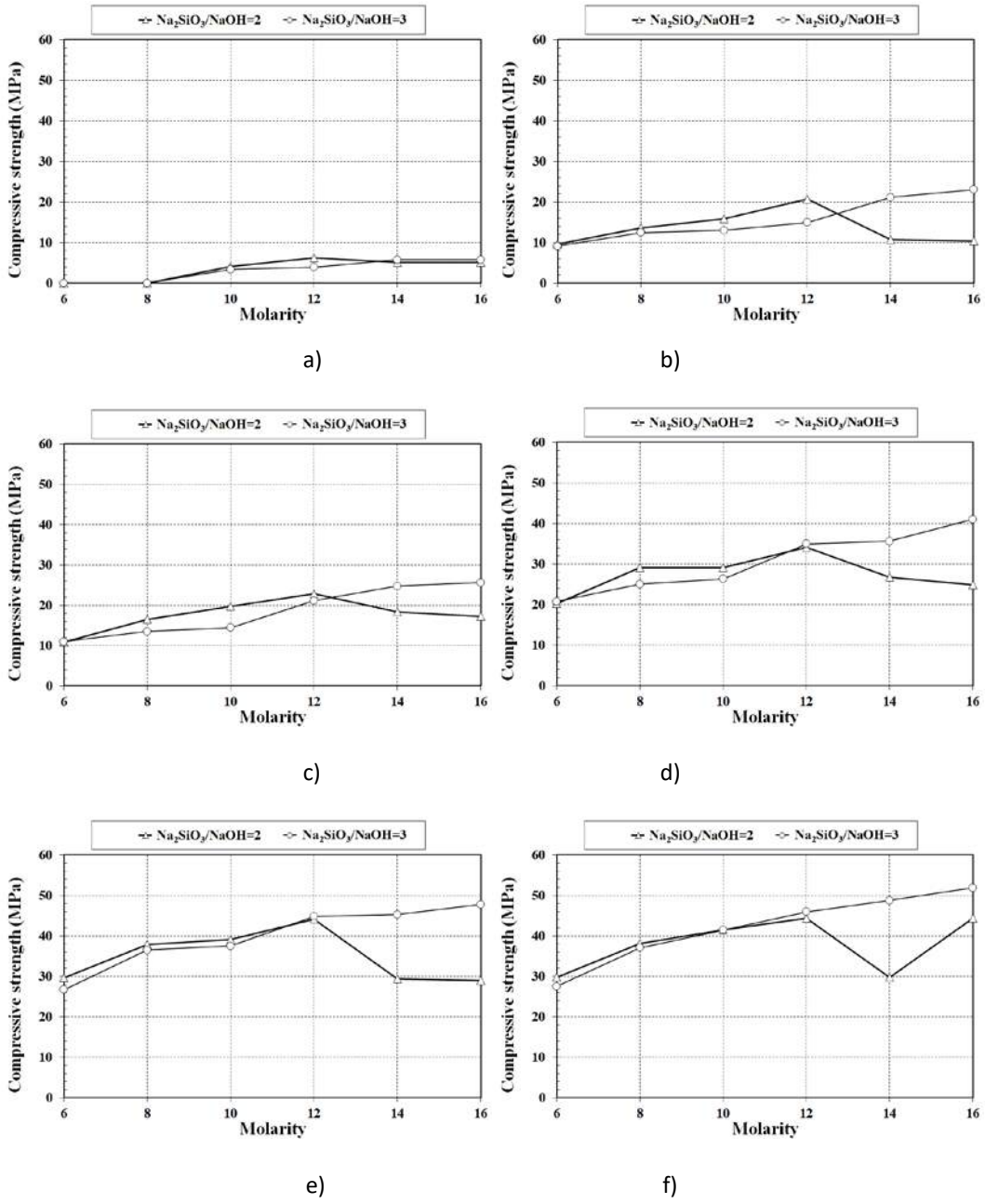


Figure 2. Compressive strength of GMs exposed to accelerated cruring regimes of a) 2h, b) 6h, c) 8h, d) 24h, e) 48h and f)72 h

It can be observed that the mix with molarity 12M demonstrated higher strength than the other mixtures for Na_2SiO_3/NaOH=2, while for the other group 16m mix had the highest strength development. The highest strength in 12M mix at the end of curing period of of 72 hrs for Na_2SiO_3/NaOH=2, however 52 MPa was obtained for the other group. The lowest strength in 16M mix at the age 72 hrs is found to be lower than mix with molarity 12M for Na_2SiO_3/NaOH =2. However, for 2h of curing no significant change was observed for both groups.

The lowest Na_2SiO_3 content is detected from the samples with Na_2SiO_3/NaOH ratio of 2.0 in the (M14 and M16). This ratio composed the poorest strength development among the other ratios at all tested ages and thus presents the lowest geopolymerization reaction. Although, at the highest Na2SiO3 solution from the samples with a Na_2SiO_3/NaOH mass ratio of 3, the geopolymer exhibits relatively poor strength development at the tested ages in the M6, M8, M10 and M12. The strength development in the specimens with Na_2SiO_3/NaOH mass ratios of 3.0 and 2.0 mention the complexity of the geopolymerization regression and the significance of the concentration of the alkaline activator

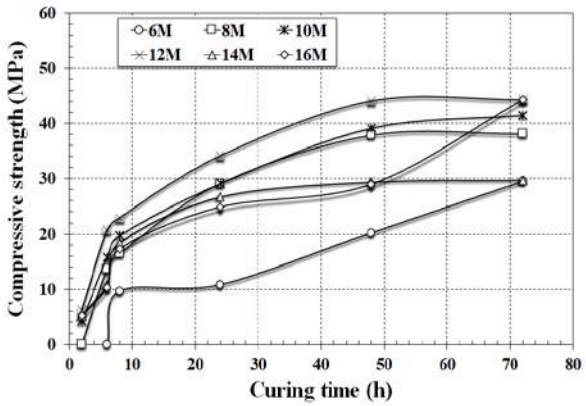
constituents.

The general linear model analysis of variance (GLM-ANOVA) is used to evaluate the mean discrepancy among data groups which have been classified on independent factors. The interaction term in a GLM-ANOVA gives an information that the effect of one of the independent variables on the dependent variable is the same for all values of other independent variable. The main aim of this statistical method is to find out if an interaction is available among independent factors on the dependent variable. In this study GLM-ANOVA is used to understand whether there is an interaction among Na_2SiO_3/NaOH ratio, Molarity of NaOH solution, and curing periods of GMs, where compressive strength development of GM is the dependent variables.

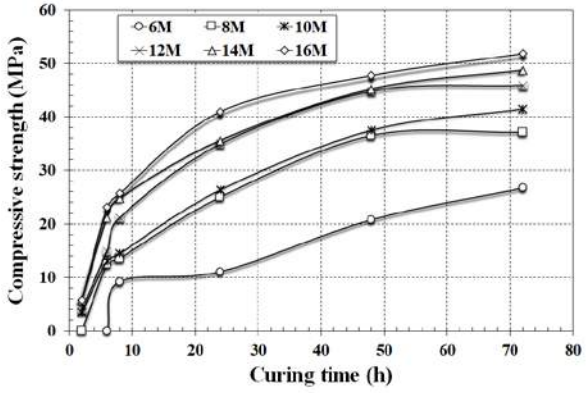
Table 3 indicates that the critical parameters Na_2SiO_3/NaOH ratio, Molarity of NaOH solution, and curing time are statistically effective on the compressive strength development of GM mortars with 5% level of significance ($p<5\%$). The contribution of each factor on the variation can be found by proportioning the sequential sum of squares values. This shows that the curing time and molarity are more dominant factors than Na_2SiO_3/NaOH ratio.

TABLE III GENERAL LINEAR MODEL ANALYSIS OF VARIENCE (GLM-ANOVA RESULTS)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value	Significance
Na_2SiO_3/NaOH ratio	1	112	112.03	6.36	0.014	**YES**
Molarity	5	1124.2	224.84	12.76	0.000	**YES**
Curing time	5	12141.9	2428.37	137.81	0.000	**YES**
Error	60	1057.2	17.62			
Total	71	14435.3				



a)



b)

Figure 3. Effect of Molarity on compressive strength of GMs with Na_2SiO_3/NaOH ratios of a) 2 and b) 3

4. Conclusions

The results of the study carried out on FA-based geopolymer concrete are reported in the paper. The following conclusions are drawn from the study:

- The results illustrate that the investigated combination of the constituents of GMs provided the strength values as high as 50 MPa at 90°C curing temperature.
- The molarity increase resulted in increase of compressive strength with ratio of Na_2SiO_3/NaOH=2 excepting 14M and 16M.
- While with ratio of Na_2SiO_3/NaOH solution 3 the molarity increases, compressive strength demonstrated enhancement for all molarities.
- The statistical analysis have indicated that three critical parameters, namely, Na_2SiO_3/NaOH ratio, Molarity of NaOH solution, and curing time, dealt with this study are statistically significant for compressive strength development.
- Variation of the data for different cases highlighted the fact that by increasing the test parameters, such as type of base material and levels of elevated curing temperatures, further studies can be performed on the subject. This can provide an opportunity to develop optimum mixes and prediction models.

5. References

[1] Vijai, K., Kumutha, R., & Vishnuram, B. G. 2010. Effect of types of curing on strength of geopolymer concrete. International Journal of the Physical Sciences, **5,** 1419-1423.

[2] Silverstrim, T., Martin, J., Rostami, H. 1999. Geopolymeric FA cement. Geopolymer International Conference (pp. 107-108). Saint-Quentin, France: Institut Geopolymere.

[3] Hardjito, D., Rangan, B. V. 2005. Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete, Perth, Australia, Curtin University of Technology.

[4] Worrell, E., & Galitsky, C. 2008. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for cement making. Washington, D.C., Environmental Protection Agency.

[5] Manjunath, G. S., Radhakrishna, Giridhar, C., Jadhav, M. 2011. Compressive strength development in ambient cured geopolymer mortar, International Journal of Earth Sciences and Engineering, **4**, 830-834.

[6] Mermerdaş, K., Algın, Z., Oleiwi, S.M., Nassani D.E. 2017. Optimization of lightweight GGBFS and FA geopolymer mortars by response surface method. Construction and Building Materials, 139 (2017) 159–171

[7] Davidovits, J. 1976. Solid phase synthesis of a mineral block polymer by low temperature polycondensation of aluminosilicate polymers, International Symposium on Macromolecules. Stockholm, Sweden: International Union of Pure and Applied Chemistry.

[8] Davidovits, J. 1989. Plenary lecture and round table discussion: The greenhouse effect - A challenge for science, Symposium on Chemical Thermodynamics, Calorimetry and Thermal Analysis. Basel, Switzerland.

[9] Rattanasak U, Chindaprasirt P. 2009 Influence of NaOH solution on the synthesis of F A geopolymer. Mineral Engineering, 22,1073–1078.

Abstract

The increase in the amount of pollutants in the ecosystem led to the search of low-cost adsorbents. Despite the effective capacity of conventional adsorbents, such as activated carbon, attention has been directed to adsorbents that are naturally accessible due to their low cost of removing contaminants. This study is a survey of research on the ability of geological materials and modifications to adsorb ionic metals, heavy metals, organic compounds and pharmacological contaminants. Geological materials such as bentonite, kaolinite, montmorillonite, zeolite and calcite; zeolite and bentonite are effective in removing pesticides from antibiotics and wastes.

Keywords:

Adsorption, geological materals, pollutants

Özet

Ekosistemde kirletici miktarındaki artış, düşük maliyetli adsorbanların araştırılmasına yol açmıştır. Aktif karbon gibi klasik adsorbanların etkili kapasitesine rağmen, kirleticilerin giderilmesinde düşük maliyetlerinden dolayı dikkatler,doğal olarak ulaşılabilen adsorbanlara yönelmiştir. Bu çalışma, jeolojik materyallerin ve modifikasyonlarının iyonik metaller, ağır metaller, organik bileşikler ve farmakolojik kirleticileri adsorblama yeteneği ile ilgili yapılan araştırmalar hakkında bir incelemedir. Bentonit, kaolinit, montmorillonit, zeolit ve kalsitgibi jeolojik materyaller; ağır metaller ve boyalar için çeşitli oranlarda adsorbsiyon kapasitesine sahipken, zeolit ve bentonit antibiyotik ve atıklardan pestisitleri uzaklaştırmada etkilidir.

Anahtar kelimeler:

Adsorpsiyon, jeolojik materyaller, kirleticiler

Kirleticilerin farklı jeolojik materyaller kullanılarak adsorpsiyonu: bir inceleme

Adsorption of pollutants using different types of geological materials: a review

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[1]
Nirmeen VAZER[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Introduction

In our days the industrial development and human activities leads to increased pollution of environment, which subsequently influence the human health. The industrial activities cause huge amount of wastes and were discharged into soils, air and water systems (1).
Our surrounding environment usually contains many pollutants such as heavy metals (2), cationic and anionic ions, oil (1), dyes (3), gases and organics (4), which have poisonous and toxic effects on ecosystems. Removal of these contaminants requires cost effective technologies. Adsorption has long been considered as a highly efficient and low cost approach for pollution control (5).
Adsorption is the separation process in which certain components of a gaseous or liquid phase are selectively transferred to the surface of a solid adsorbent (6). In most cases, the adsorption behavior towards a broad variety of adsorbate is well known, and recommendations for application can be derived from scientific studies.
According the type of attractions between adsorbate and adsorbent, it could be defined 4 types of adsorption (7): Exchange (ion exchange), Physical, Chemical and Specific adsorption.
Physical adsorption is the main principle of applications, because its incremental applications and employment for controlling pollution in air are water. However, it is characterized by low enthalpy values (20– 40 kJ mol-1), due to weak VanderWaals forces of attraction. The activation energy for physical adsorption is also very low and hence it is practically a reversible process (8) which could be affected by many factors such as, temperature: Pressure, Specificity, nature of adsorbate and the surface area of adsorbent, where the extent of adsorption increases with the increase of surface area of the adsorbent. Hence finely powdered metals and porous substances having large surface areas perform well as adsorbents.
Various adsorbents have been developed for the removal of contaminants from wastewater, polluted air and soil. One may say that most of the contaminants can find proper adsorbents for their environmental remediation.

Historically many adsorbents were studied for the removal of contaminants from affected environments, such as apple pomace and wheat straw (9), activated carbon , clay and zeolite. Activated carbon has been successfully used for pollutant treatment and is the most widely used adsorbent due to its high capacity of adsorption of organic materials

(10) and its effectiveness and versatility (11). However, due to it being a limited natural resource, slow adsorption kinetics and low adsorption capacity of bulky adsorbate because of its microporous nature, disposal problems and also the high cost and difficulty of regeneration, a search for cheap, effective adsorbents derivatives has becomes important (12).

Attention has been focused on the various natural adsorbents such as zeolites, clay, which are locally available and have the effective removal capacity of contaminants at low cost (13).

Zeolite used for de-fluoridation in countries like India, Kenya, Senegal and Tanzania was Nalgonda technique. The removal of fluoride by raw red soil, raw Bauxite, raw bentonite, kaolinitic clay and raw marine sediment were also applied. Additionally, the removal of zinc by different mineral adsorbents including, raw bentonite, clinoptilolite, chabazite, vermiculite, montmorillonite, zeolite and clays were evaluated. Several adsorbents like clay and hydrotalcite, zeolites have been used to remove nitrates from water and wastewater (14).

The present work aims to summarize some examples of geological materials used as adsorbents for pollutants.

2. Pollutant Types

2.1 Heavy metals

The presence of heavy metals in air, soil and water is known to be harmful to living species. Mercury (Hg) has been identified to cause damage to the nervous system, kidneys, and vision. Lead (Pb) causes anemia, damage to the kidneys, nervous system deterioration, damage the ability to synthesize protein, etc. The expose of Cadmium to human cause provoke cancer, mucous membrane destruction, kidney damage, bone damage, and also affects the production of progesterone and testosterone. Arsenic (As) Causes damage to skin, eyes, and liver, may also cause cancer (15). The WHO recommended the maximum acceptable concentration of zinc in drinking water as 5.0 mg/L (16). Beyond the permissible limits, Zn^{2+} is toxic (17).

2.2 Dyes

Dyes are colored compounds suitable for coloring textiles, wool, leather, paper and fibers. Today, there are more than 10,000 dyes with different chemical structures available commercially (18). The high solubility of dyes in water results in their wide dissemination into the environment, thus making them detrimental to crops, aquatic life and human health (19).

2.3 Antibiotics

Antibiotics have been proven to be powerful drugs to treat various bacterial infections, from minor to life-threatening ones (20). The excessive use of antibiotics creates serious problems to the environment; about 30–90 % of the given dose would remain undegradable in human or animal body, largely excreted as active compound (21).

2.4 Biocides

Thousands of biocides are available in the market, and many of them possess a broad spectrum of antimicrobial activity (15). The disposal of waste and direct discharge of wastewater containing biocides cause serious and potentially long-lasting damage to the environment.

2.5 Inorganic Contaminant

Fluorosis is endemic in at least 25 countries across the globe and has affected millions of people (22,.23, 24). Fluoride is beneficial when present within the permissible limit of 1.0–1.5mg L^{-1} for calcification of dental enamels (25). Similarly, excess of nitrates in drinking water causes methemoglobinemia or blue baby disease.

2.6 Gases

The global atmospheric concentration of carbon dioxide (CO2) has increased from 280 ppm in the pre-industrial age to more than 370 ppm now and is expected to increase above 500 ppm by the end of this century (26).

2.7 Ammonium

Higher concentration of ammonium will cause a sharp decrease of dissolved oxygen and obvious toxicity on aquatic organisms (1).

2.8 Nitrates

Nitrate contamination in groundwater has become an ever increasing and serious environmental threat since 1970s (27).The excessive application of fertilizers in agriculture causes the infiltration of large quantities of this ion into underground and surface water (28). After ingestion of plants or water high in NO^{3-} , acute poisoning may occur within 30 mins to 4 hrs. in cattle.

3. Contaminants Removal by Adsorption

Adsorption is one of the effective treatment methods for the removal of both organic and inorganic water pollutants. In general, natural environment-friendly geological materials such as clays, clay minerals and sandstone are considered as low cost adsorbents for removal of cationic dyes and surfactants due to their permanent negative charges and negatively ionized surfaces (29; 30).

Due to the problems mentioned previously, research interest into the production of alternative adsorbents to replace the costly activated carbon has intensified in recent years.

Zeolites and clay minerals are important inorganic components in soil. Their sorption capabilities come from their high surface area and exchange capacities. The USA, Greece, UK, Italy, Mexico, Iran, Russia and Jordan are well known for their large deposits of natural clay minerals (*31*).

3.1. Some Types of Clay Materials and Their Uses

Clays are distinguished from other fine-grained soils by differences in size and mineralogy. Geologists and soil scientists usually consider the separation to occur at a particle size of 2 µm (clays being finer than silts); sedimentologists often use 4–5 µm and colloid chemists use 1 µm (32).

Depending on the academic source, there are three or four main groups of clays: kaolinite, montmorillonite– smectite, illite and chlorite. There are approximately 30 different types of ‘‘pure’’ clays in these categories, but most ‘‘natural’’ clays are mixtures of these different types, along with other weathered minerals. In addition, this choice of minerals provided various arrangements of aluminol and silanol surface hydroxyl sites (33).

3.2. Bentonite

Bentonite is an absorbent aluminium phyllosilicate, which is essentially impure clay consisting mostly of montmorillonite. There are different types of bentonite, each named after the respective dominant element, such as potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) and aluminium (Al). Bentonite is usually formed from weathering of volcanic ash, most often in the presence of water. Bentonites have excellent rheological and absorbent properties (34). For industrial purposes, two main classes of bentonite exist: sodium and calcium bentonite. Sodium bentonite expands when wet, absorbing as much as several times its dry mass in water. Because of its excellent colloidal properties (35), it is often used in drilling mud for oil and gas wells and for geotechnical and environmental investigations. Calcium bentonite is a useful adsorbent of ions in solution (36), as well as fats and oils, and is a main active ingredient of fuller’s earth, probably one of the earliest industrial cleaning agents (37). Bentonites are environmentally safe providing dust abatement procedures which are used in processing and handling (34). As far as adsorptive properties are concerned, bentonite clay has an overall neutral charge; it has an excess negative charge on its lattice and is characterized by a three-layer structure with two silicate layers enveloping an aluminate layer.

The adsorption of Zinc ions by raw bentonite was studied by Hajjaji and El Arfaoui 2009 (38), it has been detected that the adsorption capacity of Zn ions by Bentonite is about 1.1 mmol/g of bentonite and the best-fit isotherm model was Langmuir. Acid-activation of the bentonite reduced the maximum uptake of Zn ions by 95% and the best-fit model of the isotherms was Dubinin–Radushkevich.

Polyacrylic acid–organobentonite nanocomposite (PAA–Bentonite) was synthesized, characterized and its performance was tested for the sorption of Pb(II) ions from aqueous solutions. The maximum sorption capacity of the nanocomposite was 93 mg g^{-1} which was approximately twice as much as that of untreated Bentonite (52 mg g^{-1}). The results also showed that PAA–Bent sorbed Pb very rapidly and a pseudo-equilibrium condition reached within 30 min. H. R. Rafiei and co-authors (39) concluded that PAA–Bent nanocomposite represents a new sorbent for efficient and fast removal of Pb ions from aqueous solutions, which may contribute to the improvement of waste water treatment and storm water filtration at the urban/watershed interface .

The adsorption capacity of copper and nickel ions waste effluent at different temperatures by bentonite from Saudi Arabia was studied. It was found that, the adsorption capacity of bentonite clay increase with temperature. In addition, the maximum capacity was 13.22 mg/g at 20°C for copper as a single. For nickel ions, the maximum capacity was 9.29 mg/g at 20°C (40).

According to the results obtained in the adsorption process study of Cd (II) and Cr (VI) on natural bentonite provided by Mahfoud Barkat et all 2014 (41), it was concluded that the natural Algerian bentonite could be an effective and low-cost adsorbent for the

adsorption of Cd and Cr ions from aqueous solutions. According to the study results, the adsorption is rapid and maximum efficiencies adsorption achieved in 120 min and the pH of solution has a positive effect, however, the temperature has an inverse effect on adsorption. The optimum conditions were found at pH 6 and 5 for Cd (II) and Cr (VI), a concentration of 50 mg L^{-1} and temperature 293.15 K. According the authors, Langmuir and Freundlich, equilibrium isotherms were used to describe the adsorption of Cd (II) and Cr (VI). Langmuir model has better correlation coefficient than Freundlich model. Thermodynamic analysis showed that the adsorption process was exothermic and spontaneous in nature. The sorption capacity of bentonite was comparable to the other available absorbents, and it was much cheaper.

The effect of the contact time on the removal of Methylene blue from aqueous solutions using acid-activated Algerian bentonite revealed that the Methylene blue adsorption was fast at the initial stage of the contact period, but became slower near equilibrium (120th–200th min). The removal efficiency of Methylene blue was minimum at pH = 3 (55.48 %) and reached maximum (91.65 %) for a pH value of 10 in the first 5 min of the adsorption process. The dye uptake was found to be relatively small at low pH values; however, increase in the pH values by 4–5 units increased the rate of adsorption considerably (42). The adsorption capacities of the clay increased with increasing contact time and initial concentration, although it remained constant after 30 min for 10, 20 and 30 mg L^{-1}.

Raymond Koswojo and co-workers (43) investigated Acid Green 25 removal from wastewater by organo-bentonite. The so-called "organo-bentonite" was obtained by modifying the raw bentonite by mixing 10 g of bentonite with 100 ml of cetyl trimethylammonium bromide (CTAB) solution, which later employed as adsorbent for Acid Green 25 removal. The capability of surfactant modified-bentonite for adsorption of dyestuff from aqueous solution was investigated. Isotherm and kinetic experiments were carried out. It was reported the Maximum adsorption capacity of Acid Green 25 by organo-bentonite 3.723 mmol/g.

In Turkey, the removal of Reactive Red 120 (RR 120) from aqueous solutions using cetylpyridinium modified Reşadiye bentonite (CP-bentonite) was investigated with particular reference to the effects of temperature, pH and ionic strength on adsorption (44). It was reported that the structural arrangement of cetylpyridinium ions in the CP-bentonite sample as well as the pH, temperature and ionic strength of the bulk solution influenced the adsorption of RR 120 dye from aqueous solutions by CP-bentonite. The maximum Adsorption capacity of cetylpyridinium-bentonite was 81.97 mg/g.

In Taiwan and Indonesia, the Adsorption of Acid Blue 129 from Aqueous Solutions onto Raw and Surfactant-modified Bentonite was investigated per different temperature conditions. It was approved that the Adsorption capacity of bentonite 0.76 mmol/g, and for CTA bentonite 2.76 mmol/g (45).

In Turkey study provided by Nevim Gença & Esra Can Dogan (46) reported that the adsorption activity of ciprofloxacin on bentonite was much higher compared with that on activated carbon, pumice, and zeolite. The highest removal efficiencies were calculated as 91, 87 for bentonite at 20 mg/L initial concentrations. Thermodynamic of ciprofloxacin adsorption shows that adsorption is the endothermic adsorption. The negative value of Gibbs free energy change or adsorption energy ΔG° for bentonite indicate the spontaneous nature of the adsorption.

Bentonite clay was used by Fernanda Maichin 2013 (47) and friends to adsorb and remove amoxicillin compound from contaminated water. The adsorbent mixture was efficient, chemically inert, and abundant, with low cost and has a removal rate of 50% of amoxicillin in water. The adsorption processes were physical and activated depending of the temperature. The thermodynamic indicates a spontaneous, endothermic adsorption reaction with concentration results of the empirical model very close with the experimental. The adsorption modelling equations were confirmed to reduce the amoxicillin concentration from contaminated water and suggested as a possibly from common effluents from pharmaceutical industries.

Sponza, D and Oztekin, R. investigated the nano- bentonite ZnO removal efficiency of ciproxin (CP) antibiotic. Adsorption isotherms showed that the CP antibiotic was adsorbed onto nano bentonite-ZnO via Langmuir and Dubinin–Radushkevich isotherms.

Study was carried out by Mohamed El Miz 2014 and co-workers (48) on the adsorption of Thymol on Pillared Bentonite. Thymol (2-isopropyl-5-methylphenol, IPMP) is known for its bactericidal effect (has a lethal activity of micro-organisms). It has been shown to be an efficient acaricide molecule against the Varroa destructor, an external parasitic mite that attacks honey bee. It was reported that the Moroccan bentonite pillared possessed an important capacity for adsorbing thymol. The quantity of thymol adsorbed was 319.5 mg/g at pH 7.54 and showed high irreversibility desorption in water. The Freundlich isotherms were found to be applicable for the adsorption equilibrium data of thymol on pillared bentonite.

On the other hand Yan 2011 (49) reported the removal of Pirimiphos-methyl which is a phosphorothioate used as an insecticide by using different types of bentonite from wastewater. The authors have discussed the effects of bentonite types, dosing quantity, operation time, temperature, and pH value on the adsorption. The results clearly depict that the Na-bentonite exhibited the best

adsorption under the conditions; Na-bentonite dosage of 5%, pH 3, reaction temperature of 20°C, and stirring time of 60 min. It was found that the Na-bentonite reduced the concentration of 4-hydroxy-2-diethylamino-6-methylpyrimidin from 5, 761 mg/L to 130 mg/L, and COD (chemical oxygen demand) from 12, 500 mg/L to 4, 233 mg/L.

3.3. Kaolinite

The kaolinite group includes the dioctahedral minerals kaolinite, dickite, nacrite, and halloysite and the trioctahedral minerals antigorite, chamosite, chrysotile and cronstedite, with a formula of $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ (50). The different minerals are polymorphs, i.e. they have the same chemistry but different structures. Kaolinite is a non-swelling clay (50; 33). Kaolin deposits are classified as either primary or secondary. Primary kaolins result from residual weathering or hydrothermal alteration and secondary kaolins are sedimentary in origin. Kaolin is an environmentally safe material with no adverse health problems as long as the fine particle dust is controlled (34).

In Nigeria Adebowale and co-workers (51) provided a modification of kaolinite with 200 µg mL^{-1} of phosphate and sulphate anions. The adsorption of four metal ions ($Pb^{2+,}$ Cd^{2+}, Zn^{2+}, and Cu^{2+}) was studied as a function of metal ions concentration. The metal ions showed stronger affinity for the phosphate-modified adsorbent with Pb^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, and Cd^{2+} giving an average of 93.28%, 80.94%, 68.99%, and 61.44% uptake capacity. From the desorption studies, Pb^{2+} ions exhibited very strong affinity for the phosphate-modified clay, followed by Cu^{2+} and Zn^{2+} ions while Cd^{2+} ions showed the least affinity. The increase in the effective cation exchange capacity from 7.8 meq/100 g for the unmodified clay to 13.5 meq/100 g for the phosphate-modified clay supported this fact. The order of desorption was: Unmodified>sulfate - modified>phosphate - modified clay.

Adsorption of Lead Pb(II), Copper, Cu(II), Iron Fe(III), Manganese Mn(II) and Zinc Zn(II) by sorption on kaolinite clay was investigated in Egypt. According the study results, Kaolinite clay is considered as a good ion exchanger since it is easily available at low cost and high capacity. Data show that kaolinite clay favourably adsorbs the current heavy metal ions and their adsorption are belonging to Freundlich isotherm model (52).

P-Aminoazobenzene (PAAB) is a sort of the carcinogenic aromatic amine which is commonly used as the intermediates of azo dyes. Qingfeng Wu, Hanlie Hong and Xiaoling Zhang 2012 (53), investigated the adsorption of PAAB on kaolinite in aqueous solution under different pHs, temperature and ionic strength. The adsorption of PAAB was found to increase with decreasing pH and ionic strength. The change in free energy ΔG after PAAB adsorption at pH 1.4 and 4.0 is -4.33 and -2.89 kJ/mol, respectively. The negative ΔG value indicated that the adsorption of PAAB on kaolinite is a spontaneous and favorable process. The enthalpy change (ΔH) at pH 1.4 is -6.93 kJ/mol, compared to -8.73 kJ/mol at pH 4.0, suggesting that the interaction between the adsorbent and the adsorbate molecules was physical rather than chemical.

Natural Raw Kaolinite clay was used by Kayode O. and co-workers 2014 (54), as an adsorbent for the investigation of the adsorption kinetics, isotherms and thermodynamic parameters of a cationic dye Basic Red 2 (BR2) from aqueous solution. The authors reported that, more than 90 percent of dye removal was achieved by using 150 mg of the adsorbent for an initial dye concentration of 100 mgL^{-1}. Due to strong electrostatic interaction between BR2 and Natural Raw Kaolinite, the pseudo-second-order very well predicted the behaviour of adsorption at different dye concentrations and the intraparticle diffusion models (up to 10 min) played a significant role, but it was not the main rate-determining step during the adsorption. The experimental data best fit with the Langmuir isotherm showing that the surface of the kaolinite particle in the removal of BR2 has homogeneous distribution of active sites within the clay, equal energy of adsorption and equivalent in nature. The enthalpy change (ΔH^0) for the adsorption process was −35.34 $kJ{\cdot}mol^{-1}$, an exothermic reaction, which did not indicate a strong chemical interaction between the adsorbed dye molecules and natural raw kaolinite. The ΔG^0 values were negative therefore the adsorption was spontaneous and the negative value of ΔS^0 suggested a decreased randomness at the solid/solution interface.

Algerian kaolins, activated by acid treatment was used by Soumia Zena, (55), for removal of anionic dyes from tannery wastewater. The adsorption of Derma Blue R67, Coriacide Brown 3J, and Coriacide Bordeaux 3B was highly dependent on the initial dye concentration, acid activation, and clay nature. A comparative study of adsorption evidences the high adsorption capacity of the three tanning dyes on the activated Kaolinite than activated Bentonite. Compared with standard Bentonite clay, activated kaolins have a good and high potential for adsorption removal of anionic dyes from aqueous solution.

In similar study Sadiq.J. Baqir and Ahmed F. Halbus 2014 (56) investigated the removal activity reactive blue by Kaolin clay. The optimum conditions of adsorption were found to be: a adsorbent dose of 0.3 g in 100 mL of solution. The optimum contact time and pH were 60 min and 5 respectively. The best fit was achieved with the Langmuir isotherms. The efficiency of colour removed increase with

increasing adsorbent dosage, and with increasing contact time. The removal efficiency of reactive blue was found equal to 71 % for kaolin clay.

Experimental study was carried out by Muhammad Salman et all 2012 (57) using adsorption isotherms to explain the adsorption of formaldehyde on kaolin and bentonite clays. Bentonite shows a greater tendency to adsorb formaldehyde as compared to kaolin. Maximum adsorption capacity of kaolin and bentonite indicates that 1 g of kaolin can adsorb 3.41 mg of formaldehyde while in the case of bentonite, it is 5.03 mg of formaldehyde per gram. The authors concluded that instead of chemicals and other expensive treatments, non-hazardous clays like bentonite and kaolin can be used as formaldehyde removers from wastewaters and industrial effluents to overcome water pollution.

In the same aspects in Iran, Morteza Mohsenipour, Shamsuddin Shahid, and Kumars Ebrahimi (58) concluded in their study that existing kaolin particles in soil can retain and attenuate nitrate pollution to prevent groundwater contamination which in turn can help to achieve sustainability in groundwater use. They remarked that easy availability of various types of clay kaolin and their ability to adsorb and retain nitrate will create more interest to develop new natural adsorption method of pollutant removal from solution.

3.4. Montmorillonite/Smectites

Montmorillonite is a very soft phyllosilicate mineral that typically forms in microscopic crystals, forming clay (59). Montmorillonite, a member of the smectite family, has 2:1 expanding crystal lattice. Chemically, it is hydrated sodium calcium aluminium magnesium silicatehydroxide $(Na,Ca)_x(Al,Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2nH_2O$. Potassium, iron and other cations are common substitutes and the exact ratio of cations varies with source (59). The basic structural unit is a layer consisting of two inward-pointing tetrahedral sheets with a central alumina octahedral sheet. However, some montmorillonites expand considerably more than other clays due to water penetrating the interlayer molecular spaces and concomitant adsorption. The amount of expansion is largely due to the type of exchangeable cation contained in the sample.

Researchers in Ondokuz Mayis university investigated the removal efficiency of Cu(II) from industrial leachate by biosorption of montmorillonite. The initial conditions were at pH 6, adsorbent dosage 10 mg/L, and contact time for 10 min using raw montmorillonite with the Cu(II) removal results of 80.7%. At the same conditions, removal efficiency was increased to 88.91% when modified montmorillonite was used. It was concluded, that montmorillonite can be regarded a low-cost alternative for removal of toxic metal ions from aqueous solutions(60).

Comprehensive study was carried out by He Hongping and co-workers 2000 (61) to investigate the interaction between minerals and heavy metals. Through the selective adsorption experiment of Ca-montmorillonite, illite and kaolinite to $Cu^{2+,}$ Pb^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+} and Cr^{3+} ions at certain conditions. It was reported that Cr^{3+} is most effectively sorbed by all the three minerals. Also, it can be found that Pb^{2+} shows a strong affinity for illite and kaolinite while Cu^{2+} for montmorillonite. Based on the adsorption experiment at varying pH of solution, it can be found that the amount of heavy metals sorbed by minerals increases with increasing pH of the solution.

Mercury is one of most important environmental containments. Many methods were used for assessing the influence of mercury on montmorillonite and vermiculite layers. M.F. Brigatti et all reported the adsorbed Hg amount by montmorillonite (Hg=37.7 meq/100 g) (62).

Acid activation of montmorillonite enhances the adsorption capacity of Pb and Cd, which is explained because the increasing of surface area and pore volume (63).

The batch adsorption technique for the removal of Malachite green and Fast green dyes using montmorillonite clay as adsorbent showed maximum adsorption at concentrations $3x10^{-4}$ and $6.3x10^{-4}$ M of Malachite green and Fast green dyes, respectively. 1 g adsorbent system showed optimum adsorption over varied amounts of adsorbent of 0.1–1.2 g using dye concentration of $3x10^{-5}$ M. Adsorptions of the dyes increased with increasing time and reached maximum removal at the adsorption equilibrium. Maximum adsorption capacities were obtained at 10 and 30 min for Fast green -montmorillonite and Malachite green -montmorillonite clay systems respectively (64).

The effects of adsorbent dose, initial pH, dye concentrations and temperature on Basic Blue 16 (BB16) adsorption by montmorillonitic clay was investigated by Ahmet Gunay and co-workers (65). According to the study results, the adsorption rates of the dye were very fast at the initial stages for all the four parameters tested, while it slowed gradually as the equilibrium was approached due to the reduction of available active sites on montmorillonitic clay. The adsorption capacity of the adsorbent was maximum at pH 3.6 and further increase in pH resulted in a negative effect on BB16 adsorption due to the changes in swelling properties and surface chemistry of clay with pH.

It was reported that about 40 min of contact time are sufficient for the adsorption of methyl orange (MO) on Algerian montmorillonite to reach equilibrium. In a study for the investigation of the adsorption activity of methyl orange by the Algerian montmorillonite, the influences of several parameters such as contact time, adsorbent dose, pH and temperature on the adsorption of methyl orange have been tested. Adsorption kinetics was best described by the pseudo-second order model (66).

For the removal of oxytetracycline from water by adsorption on Iraqi montmorillonite and optimisation of operation conditions, the most favourable operating conditions for oxytetracycline was found in montmorillonite content, 6.85 g/L^{-1}; oxytetracycline concentration, 1.0 mmol L^{-1}; and pH 5.5. However, it was reported that that introduction of iron in montmorillonite structure improves its performance as an adsorbent of oxytetracycline (67).

In the same direction, montmorillonite exhibits an increase in the fluoride adsorption rate at higher temperatures and this confirms the endothermic nature of the process. The adsorption process follows both Langmuir and Freundlich models. The adsorption mechanism also follows the intraparticle diffusion pattern and surface adsorption. XRD studies show changes in the crystalline nature of montmorillonite due to adsorption of fluoride on its surface (68).

3.5. Zeolite

Natural zeolites are hydrated aluminosilicate minerals of a porous structure with valuable physicochemical properties, such as cation exchange, molecular sieving, catalysis and sorption.

The general chemical formula of zeolites is $Mx/n[AlxSiyO_2(x+y)]\cdot pH_2O$ where M is (Na, K, Li) and/or (Ca,Mg, Ba, Sr), n is cation charge; y/x = 1–6, p/x = 1–4. The primary building block of zeolite framework is the tetrahedron, the center of which is occupied by a silicon or aluminum atom, with four atoms of oxygen at the vertices. Substitution of Si^{4+} by Al^{3+} defines the negative charge of the framework, which is compensated by monovalent or divalent cations located together with water.

The ion-exchange behaviour of natural zeolite depends on several factors, including the framework structure, ion size and shape, charge density of the anionic framework, ionic charge and concentration of the external electrolyte solution (69, 70).

In the past decades, utilization of natural zeolites has been focused on ammonium and heavy metal removal due to the nature of ion exchange and some review papers have been appeared (71, 72, 73).

The optimum conditions for removal of heavy metals using zeolites A and X prepared from local Egyptian kaolin zeolite (table 1) were studied. Metal removal was investigated using synthetic solutions at initial concentrations of 20 mg/L of individual metals (Cd, Cu, Pb, Zn and Ni) and mixture of the pre-mentioned metals with concentration of 20 mg/L for each at constant temperature and pH (25±0.1 °C and 7.5±0.2) respectively. The removal efficiency was determined at different contact time and different zeolite doses. It was reported that, the prepared two zeolite types were highly efficient in heavy metal removal due to the presence of 8 faces including nanometer pores. Optimum contact time for Cd, Cu, Pb and Zn was 30 min with both zeolite types. On the other hand, optimum contact time for Ni was 60 min for both zeolite types. Optimum dose was 0.8 g with all metals in case of zeolite X. The same trend was obtained in case of zeolite A except for Pb which has an optimum dose of 0.4 g. Tarek S. Jamil 2010 concluded, Zeolites can transfer a heavy metal contamination problem of many thousands of liters to a few kilos of easily handled solid which can be effective exchanger regeneration or can be cement stabilized or vitrified (74).

Table 1. The preparation percent for zeolite A and zeolite X.

Zeolite	Reaction composition (moles/Al_2O_3)		
	Na_2O	SiO_2	H_2O
Zeolite A	3.5	2.2	140
Zeolite X	7.8	8	200

S. Malamis and E. Katsou in 2013 (75) carried a comparative study of zinc and nickel from water and wastewater adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite. The analysis has shown that the adsorbate type, solution pH, metal concentration and ionic strength as well as the adsorbent type and concentration are usually the most influential parameters. Solution temperature, mineral grain size and agitation speed also seem to affect the process. The presence of other ions in the solution and/or certain wastewater compounds adversely impact on the process. The chemical and/or thermal modification of natural minerals can increase its adsorption capacity. However, mineral modification is not always associated with increased metal uptake since some cases have been reported where modified minerals exhibited an inferior performance compared to natural ones. The influence of a wide pool of parameters on adsorption is also reflected by the variability in the mineral adsorption capacities for zinc and nickel uptake in the

summarized scientific works.

Nurul Widiastuti reported that the natural zeolite has good performance for ammonium removal with up to 97% removal efficiency depending on the contact time, the amount of zeolite loading, initial ammonium concentration, and pH. Ammonium removal by the zeolite was fast in the initial 15 min and at least 100 min is necessary for attaining exchange equilibrium. The percent of ammonium removal increased with increase of amount of zeolite loading. Ammonium removal capacity of zeolite increases with increase of initial ammonium concentration. The ammonium removal efficiency of natural zeolite was found to be high at pH 4 to 6 when the ammonium ion was a predominant species. The adsorption kinetics is best approximated by the pseudo second order model. The adsorption isotherm results indicated that Freundlich model provided the best fit for the equilibrium data. The negative value of (ΔG°) indicates the spontaneous nature of the adsorption process. The adsorption process was found to be endothermic as confirmed by the positive sign of the enthalpy (ΔH°). The entropy change (ΔS°) is positive indicating increasing randomness at the solid-solution interface during adsorption (76).

The adsorption capacity of tetracycline onto zeolite was reported to be increased when pH was increased from 2.0 to 5.0, and then decreased significantly. Therefor; it can be said, the effect of pH was associated with the pH-dependent speciation of tetracycline and surface charge property of zeolite. Also; it was reported that 90% of adsorption of tetracycline onto the zeolite occurred rapidly in the first 45 minutes and the adsorption equilibrium was reached about 3 hr. Moreover, Freundlich and Langmuir equations were well used to describe the adsorption isotherm, and thermodynamic analyses showed that the adsorption process was spontaneous and endothermic, and increasing temperature facilitated the adsorption. Analysis of fourier transform infrared spectroscopy showed that surface complexation between tetracycline and the aluminum atoms in zeolite was responsible for the adsorption of tetracycline on the zeolite. It seems that tetracycline adsorption kinetics onto the zeolite is the similar to Langmuir (77).

Mária Valičková and co-workers 2013 (78) carried a study on the removal of Five chlorinated pesticides, i.e. hexachlorobenzene (HCHB), hexachlorobutadiene (HCHBD), lindane (LIN), pentachlorobenzene (PCHB) and heptachlor (HCH) by adsorption on granular activated carbon (GAC), zeolite (Zeo) and activated sludge (AS). The effect of contact time on the removal efficiency of studied substances was investigated. In the case of zeolite, maximum removal efficiency of 93.8 % was measured after adsorption time 0.5 h for HCHB. The next highest efficiency, viz. 92.1 % was achieved for HCH, followed by HCHBD with removal efficiency of 83.7 %, PCHB with 72.9 % removal efficiency and LIN with 25.8 % removal efficiency.

3.6. Calcite

Calcite (CaCO3) is one of the most common minerals in the environment. It is predominant in the sedimentary environment and is primarily formed at relatively shallow depth and forms rocks in both shallow and deep water settings. It is an important mineral in the aquatic environment due to its important role in regulating the pH and alkalinity.

Three different polymorphs of $CaCO_3$ are found in sediments and organisms: calcite, aragonite and vaterite. As they are polymorphs, they have different crystal structures and symmetry.

Calcite is used for a wide range of industrial purposes, e.g. paper production, building materials, agriculture, paints, plastics, ceramics, glasses, pharmaceuticals and cosmetics (79, 80).

Calcite is considered a potentially important sink for both anions and cations due to the reactive nature of calcite and its ubiquity in groundwater aquifers. A great deal of information has been gathered about the sorption properties of calcite, especially its propensity to uptake divalent cations (81, 82)

Foremost, Zachara et al in 1991, studied the sorption behaviour of seven different divalent metal cations (Ba, Sr, Cd, Mn, Co and Ni) in calcite-saturated solutions under ambient conditions (~ 25ºC and atmospheric $pCO_{2(g)}=10^{-3.5}$). They present metal adsorption as an ion exchange reaction with Ca ions exposed on a calcite surface ($>Ca^{+}$) or by the metal complexation to carbonate groups ($>CO_3^{-}$) on a hydrated surface layer (83).

In contrast to Román-Ross et al (84), who reported adsorption of arsenite onto calcite, they observed no significant adsorption of arsenite onto calcite in batch experiments. Nevertheless, it is important to note that the efficiency of sorption is contingent upon the physical (e.g. temperature, sorbent particle loading) and chemical properties (e.g. pH, ionic strength) of the system, when altered, can either reduce or promote metal sorption (85). The adsorption of divalent metals on calcite is considered to be strongly pH-dependent (83, 85). For instance, free metal cations compete directly with Ca^{2+} for the adsorption surface sites (83).

In similar aspects, Van der Weijden and Comans (86) demonstrated that the presence of phosphate (PO_4) and sulfate (SO_4) in solution reduced the cadmium (Cd^{2+}) fractional sorption on calcite. Similarly, Rouff and co-workers reported a systematic decrease in Pb

sorption on calcite with increasing chloride concentrations (85).

Multi-component isotherm models have been applied to predict the equilibrium behaviour of Methylene Blue and Safrabine T onto calcite in single and binary component systems (87). The study results show that calcite mineral can be successfully used for removal of Methylene Blue and Safrabine T from single and binary dye solutions. The H shaped isotherms exhibit that both dyes are completely removed from their individual solutions by calcite in the concentration range of 0.02–0.4 mM at 20 g^{-l} adsorbent dosage. The adsorption capacity of calcite for Safrabine T is lower than that of Methylene Blue because of steric effects. The site distribution function calculated assuming competitive adsorption show that the number of adsorption sites having higher affinity for Methylene Blue is slightly greater than for Safrabine T.

Aiming to improve the de-fluoridation of groundwater, Ben Nasr A et al 2013(88) investigated the removal of fluoride from model solutions and a Tunisian groundwater sample using calcite particles in the presence of acetic acid. It was reported, At 5 mg L^{-1} fluoride concentration, removal efficiency increased from 17.4% without acid to 30.4% with 0.1 M acetic acid. The increase in fluoride removal with acetic acid was mainly attributed to the renewal of the area available for adsorption on the calcite particles. At the fluoride concentration of 50 mg L^{-1}, the removal efficiency was equal to 9.5% without acid and 94.3% with the addition of 0.1 M acetic acid. Optimum parameters were selected for the defluoridation of a Tunisian groundwater sample with initial fluoride concentration around 2.7 mg L^{-1}. The final F concentration after treatment with calcite in the presence of 0.1 M acetic acid was found equal to 1.2 mg L^{-1}, which was below the standard of the World Health Organisation.

Phosphorus is often present in low concentrations in wastewater, almost solely in the form of organic and inorganic phosphates (ortho- and poly-phosphates). The removal of phosphates from surface waters is generally necessary to avoid problems, such as eutrophication and its concomitant effects on living organisms and environment. Kostantinos Karageorgiou (89) studied the orthophosphate species uptake from aqueous solutions using calcite. Electrokinetic measurements indicate that phosphate species are specifically adsorbed onto calcite surface. Also, significant amount of orthophosphates can be adsorbed onto relatively low mass of calcite. It was reported that the adsorption process is more effective in the highly basic pH region, resulting to complete removal of the various orthophosphate species. The authors mentioned, besides, the calcite adsorbed-phosphate product is friendly to the environment, as it does not require further treatment for the phosphate species desorption because of its potential application to acid soils fertilization.

4. Conclusion

According to the previous provided information, it is clear that natural geologic materials and its composites are capable of removing contaminants ranging from heavy metals, dyes, antibiotics etc, from contaminated environment and life sources.

Results from the recent advances in using natural geologic materials and its modified composites show their flexible nature, and its ecofriendly nature. They are capable of removing contaminants with very high removal ratios of toxic trace metals, nutrients, and organic matter. In most of the cases, they proved to be better or comparable with the existing commercial materials, adsorbents, and conventional methods used now.

Further research should be focused on the optimization of the surface modification procedures to raise their efficiency and to enhance the capability of regeneration. Furthermore, detailed characterization of natural and modified clay materials, Calcite and zeolites is needed to better understand the structure-property relationship, in order to open up new possibilities for their application.

Being natural and their abundance presence makes them a low-cost green, nontoxic adsorbent which can be used for removal of different contaminants.

5. References

[1] Wang, S., and Peng, Y., “Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment,” Chemical Engineering Journal, 156, 11–24, 2010.

[2] Lin, S.H., and Juang, R.S., “Heavy metal removal from water by sorption using surfactantmodified montmorillonite”, J. Hazard. Mater, B 92, 315–326, 2002.

[3] Abd El-Latif, MM., El-Kady, MF., Ibrahim, AM., and Ossman ME., “Alginate/polyvinyl alcohol-kaolin composite for removal of methylene blue from aqueous solution in a batch stirred tank reactor”, J Am Sci 6:280–292, 2012.

[4] Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., and Ledin A.," Characteristics of grey wastewater", Urban Water, 4, 1, 85–104, 2002.

[5] Du, Q., Liu, S., Cao, Z.,and Wang, Y., "Ammonia removal from aqueous solution using natural Chinese clinoptilolite", Separation and Purification Technology, 44 ,3, 229–234, 2005.

[6] Masel, R. I., Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces Wiley, New York, NY, 1996:

[7] Slejko, E.L., and Dekker, M., 'Adsorption Technology: a step by step approach to process evaluation and application, Ed M.DKKER, New York, 1985.

[8] Do, D.D., "Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, Imperial College Press, Singapore", 1998.

[9] Robinson, T., Chandran, B., and Nigam, P., "Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw," Water Res 36, 2824–2830, 2002.

[10] Chen, Y-M., Tsao T-M., and Wang M-K., "Removal of crystal violet and methylene blue from aqueous solution using soil nano-clays", International conference on environment science and engineering, IPCBEE, vol 8. IACSIT Press, Singapore, pp 252–254,2011.

[11] Purkait, MK., Maiti, A., DasGupta, S., and De, S.,"Removal of Congo red using activated carbon and its regeneration", J Hazard Mater, 145, 287–295, 2007.

[12] Joo, JB., Park, B., and Yi, J., "Preparation of polyelectrolyte-functionalized mesoporous silicas for the selective adsorption of anionic dye in an aqueous solution", J Hazard Mater, 168, 102–107, 2009.

[13] Babel, S., and Kurniawan, T.A, "Journal of Hazardous Materials", B97, 219–243, 2003.

[14] El-Said, GF., "A Future Overview of the Usage of Minerals as an Eco-friendly Adsorbent for the Removal of Pollutants", J Geol Geophys, 6, 3, 2017.

[15] Ong, L.K., Soetaredjo, F.E., Kurniawan, A., Ayucitra, A., Liu, J.C., and Ismadji, S., "Investigation on the montmorillonite adsorption of biocidal compounds incorporating thermodynamicalbased multicomponent adsorption isotherm," Chem, Eng, J, 241, 9–18 ,2014.

[16] Mohan, D., and Singh, K.P., "Single- and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse--an agricultural waste", Water Res, 36, 2304–2318, 2002.

[17] Bhattacharya, A.K., Mandal, S., and Das, S., "Adsorption of Zn(II) from aqueous solution by using different adsorbents", Chem, Eng, J., 123, 43–51, 2006

[18] Arivoli, S., and Thenkuzhali, M., Kinetic, "mechanistic, thermodynamic and equilibrium studies on the adsorption of Rhodamine B by acid activated low cost carbon", Electron J Chem 5, 187–200, 2008.

[19] Zhao, G., Jiang, L., He, Y., Li. J., Dong, H., Wang, X., and Hu, W., "Sulfonated graphene for persistent aromatic pollutant management," Adv Mater 23,3959–3963, 2011.

[20] Anggraini, M., Kurniawan, A., Ong, L.K., Martin, M.A., Liu, J.C., Soetaredjo, F.E., Indraswati, N., and Ismadji, S, "Antibiotics detoxification from synthetic and real effluents using a novel MTAB surfactant—montmorillonite

(organoclay) sorbent", RSC Adv. 4, 16298–16311, 2014.

[21]Putra, E.K., Pranowo, R., Sunarso, J., Indraswati, N., and Ismadji, S., "Performance of activated carbon and bentonite for adsorption of amoxicillin from wastewater: mechanisms, isotherms and kinetics", Water Res, 43, 2419–2430, 2009.

[22]Chaturvedi, A. K., Yadava, K. P., Pathak, K. C, and. Singh, V. N., "Defluoridation of water by adsorption on fly ash," Water, Air, and Soil Pollution, vol. 49, no. 1-2, pp. 41–69, 1990.

[23]Sujana, M. G., Thakur, R. S., and. Rao, S. B., "Removal of fluoride from aqueous solution by using alum sludge," Journal of Colloid and Interface Science, vol. 206, no. 1, pp. 94–101, 1998.

[24]Toyoda, A., and Taira, T., "A new method for treating fluorine wastewater to reduce sludge and running costs," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, vol. 13, no. 3, pp. 305–309, 2000.

[25]WHO (World Health Organization), Fluorine and Fluorides, Environmental Health Criteria, Geneva, Switzerland, World Health Organization, 1984.

[26]Watson, R., "Climate change. Synthesis Report", Cambridge University Press. UK, 2001.

[27]Jeong, J.Y., Kim, H.K., Kim, J.H. and Park, J.Y., "Electrochemical Removal of Nitrate Using ZVI Packed Bed Bipolar Electrolytic Cell", Chemosphere, 89, 172-178,2012.

[28]Zhou, M., Fu, W., Gu, H. and Lei, L., "Nitrate Removal from Groundwater by a Novel Three-Dimensional Electrode Biofilm Reactor," Electrochimica Acta, 52, 6052-6059,2007.

[29]Rytwo, G., Tropp, D., and Serban, C, "Adsorption of diquat, paraquat and methyl green on sepiolite: experimental results and model calculations", Applied Clay Science, 20, 273–282, 2002.

[30]Roulia, M., and Vassiliadis, A.A.,"Sorption characterization of a cationic dye retained by clays and perlite", Microporous and Mesoporous Materials, 116, (1–3), 732–740, 2008.

[31]Sandhya, B., and Tonni, A.K., "Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review", Journal of Hazardous Materials, B97, 219–243, 2003.

[32]Guggenheim, S., and Martin RT., "Definition of clay and clay mineral: joint report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees", Clay, Clay Miner, 43,255–256, 1995.

[33]Chen, C.C., and Hayes, KF., "X-ray absorption spectroscopy investigation of aqueous Co(II) and Sr(II) sorption at clay-water interfaces", Geochim Cosmochim Acta, 63, 3205–3215, 1999.

[34]Murray, H," Industrial clays case study", Int Inst Environ Dev (IIED), 64, 1–9, 2002.

[35]Odom, IE., "Smectite clay minerals: properties and uses," Philos Trans R Soc, A, 311, 391, 1984.

[36]Lagaly, G., "Surface and interlayer reactions: bentonites as adsorbents", In, Churchman GJ, Fitzpatrick RW, Eggleton RA (eds) Clays controlling the environment. Proceedings of the 10th international clay conference, Adelaide, Australia. CSIRO Publishing, Melbourne, pp 137–144, 1995.

[37]Robertson, RHS., Fuller's Earth: A History of calcium montmorillonite, Volturna Press, U.K, 1986.

[38]Hajjaji, M., and El Arfaoui, H., "Adsorption of methylene blue and zinc ions on raw and acid-activated bentonite from Morocco", Applied Clay Science, 46, 418–421, 2009.

[39]Rafiei, H.R., Shirvani, M., Ogunseitan, O.A., "Removal of lead from aqueous solutions by a poly (acrylic acid)/ bentonite nanocomposite", Appl Water Sci 6, 331–338, 2016.

[40]Saad, A. A., and Fares, D. A., "Adsorption of Cu & Ni on Bentonite Clay from Waste Water", Athens Journal of Natural & Formal Sciences, vol.1, No.1, 2014.

[41]Mahfoud, B., Salah, C., Abdelhamid, M., Belgacem, B., Djamel N., and Makhlouf, B., "Application of Algerian Bentonite in the Removal of Cadmium (II) and Chromium (VI) from Aqueous Solutions", Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology, 4, 210-226, 2014.

[42]Bellir, K., Bencheikh-Lehocine, M., and Meniai, A-H., "Removal of methylene blue from aqueous solutions using an acid activated Algerian bentonite: equilibrium and kinetic studies", Int Renew Energy Congr , 360–367, 2010.

[43]Raymond, K., Rhesa, P.U., Yi-Hsu, J., Aning, A., Felycia E.S., Jaka, S., Suryadi, I., "Acid Green 25 removal from wastewater by organo-bentonite from Pacitan", Applied Clay Science, 48, 81–86, 2010.

[44]Tabak, A., Baltas, N., Afsin, B., Emirik, M., Caglar, B., and Eren, E, "Adsorption of reactive red 120 from aqueous solutions by cetylpyridinium-bentonite," J. Chem. Technol. Biotechnol, 85, 1199–1207,2010.

[45]Yesi, Sisnandy, F.P., Ju, Y.H., Soetaredjo, F.E., and Smadji, S.," Adsorption of acid blue 129 from aqueous solutions onto raw and surfactant modified bentonite: application of temperaturedependent forms of adsorption isotherms. Adsorpt. Sci. Technol," 28, 847–868, 2010.

[46]Nevim, G., Esra, C., "Adsorption kinetics of the antibiotic ciprofloxacin on bentonite, activated carbon, zeolite, and pumice", Desalination and Water Treatment, 53, 785–793,2015.

[47]Fernanda, M., Lidiane, C., and Nilce O., "The Use of Converter Slag (Magnetite) and Bentonite Clay for Amoxicillin Adsorption from Polluted Water", Electron. J. Chem, 5, 3, 213-217, 2013.

[48]Mohamed, El Miz., Samira, S., Ikrame, C., Ali, El Bachiri., Marie-Laure, F., and Abdesselam T., "Characterization and Adsorption Study of Thymol on Pillared Bentonite", Open Journal of Physical Chemistry, 4, 98-116, 2014.

[49]Yan, Z., De-yue, Q ., and Yue-jun, Q,. L. M.,. "Research on Absorption Treatment of Waste Water of Pirimiphos Methyl by Bentonite," Fine Chem Intermed,2011(4), 2011.

[50]Moore, D., and Reynolds, R., X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals, Oxford University Press, New York, 1997.

[51]Adebowale, K.O., Unuabonah, I.E,. and Olu-Owolabi B.I., "Adsorption of some heavy metal ions on sulfate- and phosphate-modified kaolin", Applied Clay Science 29, 145– 148, 2005.

[52]Kamel, M.M., Ibrahm, M.A., Ismael, A.M., and.El-Motaleeb, M.A., "Adsorption of some heavy metal ions from aqueous solutions by using kaolinite clay", Ass, Univ, Bull, Environ, Res, Vol, 7, No 1, 2004.

[53] Qingfeng, W., Hanlie, H., and Xiaoling, Z., "Studies on the Adsorption of p-Aminoazobenzene onto Kaolinite", The Open Surface Science Journal, 4, 14-18, 2012.

[54] Kayode, O., Adebowale., Bamidele, I., Olu-Owolabi., Emmanuel, C., and Chigbundu., "Removal of Safranin-O from Aqueous Solution by Adsorption onto Kaolinite Clay", Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences, 4, 89-104, 2014.

[55] Soumia, Z., Fatima Zohra, El B., "Adsorption of tannery anionic dyes by modified kaolin from aqueous solution", Desalination and Water Treatment, ISSN, 1944-3994, 2014.

[56] Sadiq, J.B., Ahmed, F. H., and Zahraa., H.A., "Removal Reactive Blue Dye from Wastewater by Adsorption on White Iraqi Kaolin clay", Journal of Babylon University, Pure and Applied Sciences, No.,7, Vol.,22, 2014.

[57] Muhammad, S., Makshoof, A., Umer ,S., Rabia, R., Sadia, A., Sana, Z., and Muhammad, A., "Removal of formaldehyde from aqueous solution by adsorption on kaolin and bentonite: a comparative study", Turkish J. Eng. Env. Sci,.36 , 263 – 270, 2012.

[58] Morteza, M., Shamsuddin, S., and Kumars E., "Nitrate Adsorption on Clay Kaolin: Batch Tests", Journal of Chemistry Volume, Article ID 397069, 7 pages,2015.

[59] Jaafar S., "Adsorption study—dye removal using clay" A B. Chem. Eng, Thesis, Faculty of Chemical Engineering and Natural Resources, University College of Engineering & Technology, 2006.

[60] Nurdan, G., and Okan O., "Study of Montmorillonite Clay for the Removal of Copper (II) by Adsorption", Full Factorial Design Approach and Cascade Forward Neural Network, Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume, Article ID 342628, 11 pages, 2013.

[61] He, H., Guo, J., Xie, X., and Peng, J., "Experimental study of the selective adsorption of heavy metals onto clay minerals", Chinese Journal of Geochemistry, https://link.springer.com/article/10.1007/BF03166865, 2000.

[62] Brigatti, M.F., Colonna, S., Malferraria, D., Medici, L., and Poppi L., "Mercury adsorption by montmorillonite and vermiculite: a combined XRD, TG-MS, and EXAFS study", Applied Clay Science, 28, 1– 8, 2005.

[63] Susmita, S. G., and Krishna, G. B., "Treatment of water contaminated with Pb(II) and Cd(II) by adsorption on kaolinite, montmorillonite and their acid-activated forms", Indian Journal of chemical technology, Vol. 16, pp,457-470, November 2009.

[64] Tahir, H., Hammed, U., Sultan, M., and Jahanze, Q., "Batch adsorption technique for the removal of malachite green and fast green dyes by using montmorillonite clay as adsorbent," Afr J Biotechnol, 9, 8206–8214, 2010.

[65] Günay, A., Bahri, E., Sedef, D., and Atilla E., "Investigation of equilibrium, kinetic, thermodynamic and mechanism of Basic Blue 16, adsorption by Montmorillonitic Clay, Adsorption", v 19, Issue 2-4, 757-768, DOI 10.1007, s10450-013-9509-4, April 2013.

[66] Djelloul, B., Tabet Ainad, D., and Djillali, B., "Removal of Anionic Dye by Natural Algerian Montmorillonite", J Environ Anal Chem, an open access journal, Volume 2, Issue 2, 2015.

[67] Barbooti, M., M, Su H., Punamiya, P,. and Sarkar, D., "Oxytetracycline sorption onto Iraqi montmorillonite", Int. J.

Environ. Sci. Technol, 11:69–76, 2014.

[68] Karthikeyan, G., Anitha, P., and Alagumuthu, G., "Fluoride adsorption studies of montmorillonite clay", Indian Journal of Chemical Technology, Vol. 12, pp. 263-272, 2005.

[69] Bish, D.L., and Ming, D.W., "Applications of natural zeolites in water and wastewater treatment, Natural Zeolites: Occurrence, Properties", Applications, 45, 2001.

[70] Kallo, D., "Applications of natural zeolites in water and wastewater treatment, in: D.L. Bish, D.W.Ming (Eds.)", Natural Zeolites, Occurrence, Properties, Applications, 519–550, 2001.

[71] Hedstrom, A., "Ion exchange of ammonium in zeolites: a literature review", Journal of Environmental Engineering, ASCE, 127, 673–681, 2001.

[72] Kesraouiouki, S., Cheeseman, C.R., and Perry R., "Natural zeolite utilization in pollution-control—a review of applications to metals effluents", Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 59, 121–126, 1994.

[73] Caputo, D., and Pepe, F., "Experiments and data processing of ion exchange equilibria involving Italian natural zeolites", a review, Microporous and Mesoporous Materials, 105, 222–231, 2007.

[74] Tarek, S., Jamil, H.S., Ibrahim, I.H., Abd El-Maksoud, S.T., and El-Wakeel, "Application of zeolite prepared from Egyptian kaolin for removal of heavy metals: Optimum conditions, " Desalination 258, 34–40, 2010.

[75] Malamis, S., and. Katsou, E., "A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite", Examination of process parameters, kinetics and isotherms, Journal of Hazardous Materials, 252–253, 428– 461,2013.

[76] Nurul, W., Hongwei, W., Ha, M.A., Dongke, Z., "Removal of ammonium from greywater using natural zeolite", Desalination 277, 15–23, 2011.

[77] Mohsen, H., "Adsorption and removal of tetracyclin antibiotic from water by zeolite adsorbent", International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences, ISSN, 2277-2081, Vol. 7, (1), pp. 55-64, January-April, 2017.

[78] Mária, V., Ján, D., Katarína, Š., "Removal of selected pesticides by adsorption", Acta Chimica Slovaca, Vol. 6, No. 1, pp. 25—28, 2013.

[79] Baltrusaitis, J., and Grassian, V. H., "Calcite surface in humid environments", *Surf. Sci,* 603, L99-L104, 2009.

[80] Villegas-Jiménez, A., Mucci, A., and Whitehead, M. A., "Theoretical insights into the hydrated (10.4) calcite surface: structure, energetics, and bonding relationships," Langmuir 25, 6813-24,2009.

[81] Green-Pedersen, H., and Jensen, B. T., "Nickel adsorption on MnO2, Fe(OH)3, montmorillonite, humic acid and calcite: A comparative study", Environmental Technology, 18, 807-815,1997.

[82] Lakshtanov, L. Z., and Stipp, S. L. S., "Experimental study of nickel(II) interaction with calcite" Adsorption and coprecipitation. Geochimica et Cosmochimica Acta , 71, 15, 3686-3697, 2007.

[83] Zachara J.M., Cowan, C. E., and Resch, C.T," Sorption of divalent metals on calcite," Geochim, Cosmochim, Acta 55, 1549-1562,1991.

[84] Román-Ross, G., Cuello, G. J., Turrillas, X., Fernández-Martínez, A., and Charlet, L., "Arsenite sorption and co-precipitation with calcite. Geochim. Cosmochim", Acta 233, 328 – 336, 2006.

[85] Rouff, A.A., and Reeder, R. J., "Electrolyte and pH effects on Pb(II)-calcite sorption processes: the role of the PbCO03(aq) complex", Journal of Colloid and Interface Science 286(1), 61-67, 2005.

[86] Van der Weijden, R. D., and Comans, R. N. J., Sorption and sorption reversibility of cadmium on calcite in the presence of phosphate and sulfate," Mar. Chem,. 57, 119-132, 1997.

[87] Gülten, A., and Elif T., "Competitive Adsorption of Basic Dyes onto Calcite in Single and Binary Component Systems", Separation Science and Technology, 45, 1471–1481, 2010.

[88] Ben Nasr, A., Walha, K,. Puel, F,. Mangin, D,. Ben Amar, R. and Charcosset, C., "Precipitation and adsorption during fluoride removal from water by calcite in presence of acid, Desalin. Water Treat", doi: 10.1080/19443994.2013.799441, 2013

[89] Kostantinos, K., Maximos, P., and Georgios, N., "Removal of phosphate species from solution by adsorption onto calcite used as natural adsorbent", Journal of Hazardous Materials, A, 139, 447 –452, 2007.

Dağıtık Permütasyonlu Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Çözümü İçin Bir Yapay Arı Koloni Algoritması

An Artificial Bee Colony Algorithm for Solving Distributed Permutation Flow Shop Scheduling Problems

İpek ARSEVEN[1]
Ahmet SARUCAN[1]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye,

Özet

Günümüzde üretim planlama faaliyetleri endüstri işletmelerinde önemli hale gelmeye başlamış, iş çizelgelemelerinde farklı arayışlara doğru yöneltmiştir. Ancak çizelgeleme problemlerine birçok kısıtın eklenmesi çözümü oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bu tür problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada dağıtık permütasyonlu akış tipi çizelgeleme problemleri ele alınmıştır. Problemin çözümünde doğada arıların besin arama davranışını temel alan yapay arı koloni algoritması ile dağıtık permütasyonlu akış tipi çizelgeleme problemleri incelenmiştir. Taillard örneklemleri kullanılarak algoritmanın performansı değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Akış tipi çizelgeleme; dağıtık permütasyon akış tipi çizelgeleme; yapay arı koloni algoritması.

Abstract

Nowadays, production planning activities have started to become important in industrial enterprises and have led them towards different quests in business schedules. However, the addition of many constraints to scheduling problems makes the solution very difficult. Therefore, heuristic methods come to the forefront in the solution of such problems. In this study, distributed permutation flow type scheduling problems are discussed. In order to solve the problem, distributed permutation flow type scheduling problems with artificial bee colony algorithm, which is based on the nutrient search behavior of bees in nature, have been investigated. The performance of the algorithm was evaluated using Taillard's sample problems.

Keywords:

Flow shop scheduling; distributed permutation flow shop scheduling; artificial bee colony algorithm.

1. Giriş

Günümüzde rekabetin artması ile müşterilerin istek ve beklentilerinin hızlı bir şekilde karşılanması önem kazanmıştır. Fabrika yönetimi, üretim sürecinde verimliliği ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar. Özellikle, çoklu fabrikalardaki çizelgeleme problemleri, fabrika otomasyonunda öncelikli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Dağılımlı üretim, küresel pazardaki rekabette büyük işletmeler için ortak bir durumdur. Uygulayıcıların ve araştırmacıların çok fabrikalı bir ortamda programlamaya olan ilgisi arttıkça, işlerin farklı fabrikalara/atölyelere ve daha sonradan bu atölyelere atanmalarının eşzamanlı olarak ele alınması ile karakterize olan bu tip karar problemlerin çizelgelenmesine olan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Çizelgeleme problemlerine ilk çözüm Jonhson tarafından geliştirilmiştir. Bu problemlere olan ilgi giderek artmış ve pek çok çözüm yöntemi ortaya konulmuştur. Ancak makine sayısı artıkça problem karmaşık hale gelmekte ve çözüm bulmak giderek zorlaşmaktadır. Bu problemlere literatürde NP-Zor problemler denilmektedir. Problem çözümünün zorluğu, sezgisel ve metasezgisel algoritmaların geliştirilmesinde rol oynamış, bu algoritmalar, kısa sürede yakın optimal çözümler bulmayı sağlamıştır.

Çizelgeleme problemlerinin önemli bir alt dalı akış tipi çizelgeleme problemleridir. Akış tipi çizelgeleme, tüm işlerin aynı sıra ile makineler arasında ilerlediği üretim süreçleri için geliştirilmiş olan bir çizelgeleme dalıdır [1]. Bu özelliği ile akış tipi çizelgeleme; birbirinden farklı, m makine ve n işin bulunduğu; her bir işin m operasyondan oluştuğu, her bir operasyonun farklı makinelerde yapıldığı ve bütün işlerin operasyonlarının aynı sıra ile yapıldığı problemler olarak tanımlanabilir [2].

Dağıtık Permütasyonlu Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri (DPACP) güçlü bir mühendislik geçmişi olan akış tipi çizelgeleme problemine yeni önerilen bir çizelgeleme problemidir. Geçmiş yıllarda çizelgeleme problemleri üzerinde çalışmalar olmasına karşın, DPACP ilgili çalışmalar literatürde yetersizdir ve başlangıç aşamasındadır. Dağıtık çizelgeleme konusunda araştırmalar arttıkça, DPACP olan ilgi son zamanlarda giderek dikkat çekmeye başlamıştır. Bu çalışmada DPACP çözümünde, arıların yiyecek arama davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş, Yapay Arı Koloni Algoritması (YAKA) ilk defa kullanılmıştır.

Araştırmanın ikinci bölümünde, çalışmada kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bulgular ve tartışma ele alınmıştır. Dördüncü bölümde ise elde edilen sonuçlar ve ileride yapılması önerilen çalışmalar sunulmuştur.

2. Yöntem

Akış tipi çizelgeleme, tüm işlerin tüm operasyonlarını gerçekleştirmek için sıkı bir sıraya sahip olduğu özel bir çizelgeleme problemidir. Akış tipi çizelgeleme problemleri, her bir işin bir dizi makine üzerinde veya belirli işlem sürecine uygun diğer kaynaklar üzerinde işlenmesi için uygun bir sıralamayı bulmayı amaçlayan problemlerdir [3].

Akış tipi çizelgeleme problemlerindeki varsayımlar aşağıdaki gibidir [4].

- Tüm işler birbirinden bağımsızdır ve "0" zamanında işlenebilir.
- Her makine aynı anda bir işi işleyebilir ve her iş aynı anda bir makinada işlenebilir.
- Yarıda kesmelere izin verilmez, diğer bir deyişle, her işlem başlatıldıktan sonra kesintisiz tamamlanmalıdır.
- Makinelerin hazırlık süreleri ve işlemler arasındaki taşıma süreleri önemsizdir.
- Tüm işlerin belirli bir işlem sırası vardır (öncelik kısıtı).
- Bu çalışmada kriter olarak maksimum tamamlama zamanı düşünülmektedir.

DPACP, akış tipi çizelgeleme problemlerinin yeni bir türüdür. Bu problem üzerinde yapılan ilk çalışmalar 2010 yılında Naderi ve Ruiz tarafından yapılmıştır. DPACP'nin varsayımları şu şekilde tanımlanabilir [5]:

DPACP'de N kümesindeki n adet iş, M kümesindeki m adet makinede işlem görmektedir. j işinin $(j \in N)$ i makinesindeki $(i \in M)$ işlem süresi $P(i,j)$ kadardır. n adet iş $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ adet fabrikada işlem görmektedir $(k \in F)$. Her k fabrika aynı makine kümesini içermektedir $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$. Belli bir fabrikaya bir iş atandığında, başka bir fabrikaya aktarılamaz ve tüm operasyonlar yalnızca o fabrikada yapılabilir.

$\pi^k = [\pi^k(1), \pi^k(2), \dots, \pi^k(n_k)]$ denklemi, k fabrikasındaki iş kümesini ifade eder ve denklemdeki n_k, k fabrikasına atanan toplam iş sayısını gösterir. Ci,j j işinin i makinesindeki tamamlanma süresini gösterir. Maksimum tamamlanma süresinin hesaplanması aşağıdaki denklemler ile sağlanır.

$$C_{\pi^k(1),1} = P_{\pi^k(1),1},\ k = 1,2,\dots,F \quad (1)$$

$$C_{\pi^k(j),1} = C_{\pi^k(j-1),1} + P_{\pi^k(1),1}, k = 1,2,\dots,F;\ j = 2,3,\dots,n_k \quad (2)$$

$$C_{\pi^k(1),i} = C_{\pi^k(1),i-1} + P_{\pi^k(1),i}, k = 1,2,\dots,F;\ i = 2,3,\dots,m \quad (3)$$

$$C_{\pi^k(j),i} = \max\{C_{\pi^k(j-1),i}, C_{\pi^k(j),i-1}\} + P_{\pi^k(j),i} k = 1,2,\dots,F;\ j = 2,3,\dots,n_k;\ i = 2,3,\dots,m \quad (4)$$

$$C_{max} = max C_{n_k,m},\ k = 1,2,\dots,F \quad (5)$$

DPACP, belirli bir zamanlama amaç fonksiyonunu en aza indirgemek için hem fabrikalara, hem de tüm fabrikalardaki işlerin atamalarını belirlemektedir. Bu problemde klasik akış tipi çizelgeleme problemlerindeki varsayımlar benimsenmiştir.

Doğadaki bal arılarının besin arama davranışları model alınarak yapılan bu algoritma 2007 yılında Karaboga ve Basturk tarafından geliştirilmiştir [6]. Bu algoritmada, besin arayan arılar 3 gruba ayrılırlar. Bunlar: işçi arılar, gözlemci arılar ve kâşif arılardır. Koloninin yarısını işçi arılar diğer yarısını da gözlemci arılar oluşturur. İşçi arılar besin kaynağı bulmaya çalışırlar, buldukları besin kaynağını hafızada tutarlar. Gözlemci arılar işçi arılara göre daha iyi besin kaynağı bulma eğilimindedirler. İşçi arıların birkaçı kaşif arılara dönüşerek yeni besin kaynakları bulmaya çalışırlar. Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar döngü devam eder. Diğer popülasyon tabanlı algoritmalara benzer şekilde, YAKA tekrar eden bir süreçtir [6].

Temel YAKA adımları şöyle özetlenebilir [7].

Adım 1: BS parametresinin (besin kaynakları sayısı) ve popülasyonun başlatılması,

Adım 2: Besin kaynaklarına işçi arıların gönderilmesi,

Adım 3: Besin kaynaklarındaki nektar miktarına göre gözlemci arıların besin kaynaklarına gönderilmesi,

Adım 4: Yeni besin kaynaklarının bulunması için kâşif arıların gönderilmesi,

Adım 5: Bulunan en iyi besin kaynağının hafızada tutulması,

Adım 6: İterasyon kriteri sağlanıncaya kadar algoritmanın devam ettirilmesi.

Yeni besin kaynakları bulunduktan sonra, YAKA tekrarlanır. Bu tekrarlar, iterasyon sayısı tamamlanıncaya kadar yapılır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde YAKA'nın performansı, Taillard'ın küçük boyutlu test problemleri kullanılarak diğer algoritmaların performansları ile kıyaslanacaktır [8]. Problem ve problemin çözümünde kullanılan algoritma, C # ile kodlanmış ve Intel(R) Core (TM) i7 - 2.00 GHz - 6 GB RAM – Windows 10 Pro 64 bit özelliklerine sahip bilgisayarda çalıştırılmıştır.

Küçük boyutlu test problemleri fabrika sayısı $F = \{2\}$ için, iş sayısı $n = \{4,6,8,10,12,14,16\}$ ve makine sayısı $m = \{2,3,4,5\}$ olmak üzere toplamda 140 örnek oluşmaktadır.

Önerilen algoritmanın performansı için eşitlik 6 kullanılmıştır [4].

$$BSY(RPD) = \frac{Alg_{\text{çözüm}} - Opt_{\text{çözüm}}}{Opt_{\text{çözüm}}} * 100 \quad (6)$$

$Alg_{\text{çözüm}}$ Eşitlikte yer alan YAKA ile bulduğumuz optimal çözüm değerlerini ifade eder. $Opt_{\text{çözüm}}$ ise, test problemlerinin en iyi çözüm değerleridir. Bu eşitlik kullanılarak "Bağıl Sapma Yüzdesi (BSY)" hesaplanacaktır.

YAKA'nın performansı, 14 adet sezgisel algoritma ile karşılaştırılmıştır. YAKA'nın BSY değerleri Tablo 1'de verilmiştir. BSY değerleri 2xn olarak gruplandırılmıştır ve her satırda 20 adet veri bulunmaktadır. YAKA diğer sezgisel yöntemlere göre ortalama 1,54 BSY değeri ile oldukça başarılı sonuç vermiştir.

TABLO I. SEZGİSEL ALGORİTMALARIN BSY DEĞERLERİ

Örnek 2xn	SPT1	SPT2	LPT1	LPT2	Johnson1	Johnson2	CDS1	CDS2
2x4	12,95	10,02	19,31	17,80	6,13	3,76	2,69	0,72
2x6	13,30	10,38	29,53	28,37	10,34	8,08	7,56	4,60
2x8	17,31	16,16	35,43	33,09	9,75	7,98	12,33	10,33
2x10	21,03	17,49	36,93	37,12	8,38	7,52	9,72	8,38
2x12	20,40	17,23	39,36	37,42	10,14	8,29	11,81	10,49
2x14	17,73	17,34	40,00	38,36	10,27	9,21	6,59	5,24
2x16	17,11	16,95	42,42	41,63	12,33	10,99	10,53	8,26
Ortalama	**17,12**	**15,08**	**34,71**	**33,40**	**9,62**	**7,98**	**8,75**	**6,86**
Örnek 2xn	**Palmer1**	**Palmer2**	**NEH1**	**NEH2**	**VND(a)**	**VND(b)**	**YAKA**	
2x4	7,75	5,22	2,61	0,15	0,00	0,15	0,83	
2x6	7,57	4,83	4,42	1,44	1,26	1,44	0,26	
2x8	9,97	8,64	4,43	2,53	2,10	2,52	0,48	
2x10	10,18	9,25	4,28	3,27	3,22	2,89	0,96	
2x12	10,77	10,32	6,95	4,13	3,38	3,90	1,97	
2x14	10,57	9,24	6,05	3,16	2,70	2,82	2,60	
2x16	10,97	9,00	6,66	3,84	2,92	3,30	3,67	
Ortalama	**9,68**	**8,07**	**5,06**	**2,65**	**2,23**	**2,43**	**1,54**	

4. Sonuç

DPACP akış tipi çizelgeleme problemlerinin yeni bir çeşididir. Literatürde akış tipi çizelgeleme problemleriyle ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen DPACP ilk olarak 2010 yılında Naderi ve Ruiz tarafından ortaya atılmış ve gitgide popüler bir konu haline gelmiştir [5].

Klasik akış tipi çizelgeleme problemlerinden farklı olarak, işler birden fazla fabrikada her fabrikada aynı makine kümesinde işlem görmektedirler. Diğer varsayımları akış tipi çizelgeleme varsayımları ile aynıdır. Bu durum çizelgelemeyi akış tipine göre oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle problemin çözünde birçok araştırmacı farklı çözüm yöntemlerinden ve algoritmalardan yararlanmışlardır.

Doğadaki bal arılarının nektar arama yeteneğinden ilham alınarak yapılan bu algoritma akış tipi çizelgeleme problemlerinde yaygın olarak kullanılan güçlü bir algoritmadır. Algoritma optimal sonuca yakın sonuçlar bulmada oldukça başarılıdır. Bu nedenle çalışmamızda DPACP çözümü için YAKA seçilmiştir. Amaç fonksiyonumuz tamamlanma süresinin minimizasyonudur. YAKA'nın problem çözümündeki etkinliği Taillard'ın test problemleri ile kıyaslanmıştır. YAKA, diğer algoritmalar ile kıyaslandığında Taillard'ın test problemlerinde başarılı sonuçlar verdiğini kanıtlar niteliktedir. YAKA'nın problem çözümündeki ortalama hesaplama süreleri oldukça kısadır.

Daha sonraki çalışmalarda, bu problemin yapay arı koloni algoritmasının farklı kombinasyonlarıyla (ayrık hibrit arı kolonisi, ayrık arı kolonosi, gelişmiş arı kolonisi algoritmaları vb.) etkinliği kıyaslanabilir veya farklı bir problem ile bu algoritmanın çözüm başarısı incelenebilir.

5. Referanslar

[1] Küpeli, S., Engin, O. ve B. Engin. 2017. Bulanık Öğrenme Etkili Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Kanguru Algoritması İle Çözümü. Kapadokya Akademik Bakış. 1(1): 31-48.

[2] Engin, O. ve A. Fığlalı. 2002. Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma yardımı ile çözümünde uygun çaprazlama operatörünün belirlenmesi. Doğuş Üniversitesi Dergisi. 6: 27-35.

[3] Kumar, S. and P.Jadon. 2014. A novel hybrid algorithm for permutation flow shop scheduling. International Journal of Computer Science and Information Technologies. 5(4): 5057-5061.

[4] Wang, S.Y., Wang, L., Liu, M. and Y. Xu. 2013. An effective estimation of distribution algorithm for solving the distributed permutation flow-shop scheduling problem. International Journal of Production Economics. 145(1): 387-396.

[5] Naderi, B. and R. Ruiz. 2010. The distributed permutation flowshop scheduling problem. Computers & Operations Research. 37: 754-768.

[6] Karaboga, D. and B. Basturk. 2007. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. Journal of Global Optimization. 39(3): 459-471.

[7] Pan, Q-K., Tasgetiren, M.F., Suganthan P.N. and T.J. Chua. 2011. A discrete artificial bee colony algorithm for the lot-streaming flow shop scheduling problem. Information Sciences. 181(12): 2455-2468.

[8] http://soa.iti.es.

Mekanik Etkiye Duyarlı İnorganik Kolloidal Filmlerin Üretimi

Fabrication of Mechano Sensitive Films Based on Inorganic Colloidal Arrays

Gökhan TOPÇU
Ezgi İNCİ
Mustafa M. DEMİR

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye

Özet

Yapısal renklenme, ışığın malzemenin periyodik içyapısından ahenkli bir şekilde saçılması sonucunda oluşur. Yapısal renklenme açıya bağımlı (yanar döner, iridesans) ve açıdan bağımsız (iridesans olmayan) olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Yapısal renklenmede oluşan renk Bragg-Snell Yasası ile anlaşılabilir. Bu özelliğe sahip olan kolloidal nanoyapılar optik ve fotonik uygulamalarında kullanılabilirler. Bu çalışmada silika kolloidleri ile mekanik etkiye duyarlı elastik filmlerin üretilmesi ve optik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Yapısal renklenme, kolloid, mekanosensör

Abstract

Structural coloring occurs as a result of optical scattering of incident light from hierarchical internal structure of materials. The structural coloration is divided into two categories: angle dependent (iridescent) and angle independent (non-iridescent). The structural coloration can be expressed by Bragg-Snell Law. Colloidal nanostructures, which have structural coloration can be used in optical and photonic applications. In this study, we aimed to fabricate mechanical sensitive films based on silica colloids and to investigate the optical properties of the resulting colloidal films.

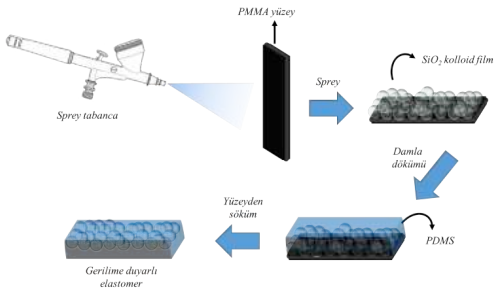
Keywords:

Structural color, colloid, mechanosensor

1. Giriş

Pigmentler, yapısal renklenme ve biyolüminesans rengin doğadaki üç ana kaynağını oluşturur. Malzemenin mikro ve nano yapısına bağlı olarak elde edilmesi nedeniyle yapısal renklenme bunlar içerisinde en dikkat çekici olanıdır. Renklenme mekanizması organik ve inorganick pigmentlerin aksine soğurma üzerine değil, düzenli periyodik yapının optik saçılımı ile gerçekleşmektedir. Yapısal renklenmenin doğada bir çok örneği görülmektedir. Örneğin, Morfo kelebeğinin kanatları sahip olduğu düzenli mikroyapı sayesinde mavi renkte görülmektedir [1]. Yapısal renklenme, açıya bağlı yanardöner (iridesans) ve açı bağımsız tek renk (naniridesans) olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Yanardöner renk Bragg-Snell Yasası aracılığıyla ifade edilebilir: $m\lambda_m = 2d\sqrt{\eta_{eff} - sin^2\phi_1}$ m optik saçılmaının derecesini, λ saçılan dalgaboyunu, n_{eff} kompozit filmin kırılma indisi, ϕ ise gelen ışığın açısı'dır. Homojen olarak dağılmış kolloidal malzemeler görünür ışığın dalga boyu ile aynı uzunluk ölçeğine sahip olmaları sayesinde yapısal renkli malzemeler oluşturmak için kullanılabilir [2]. Farklı kompozisyonlarda ve yapılarda üretilebilen kolloid esaslı malzemeler geniş uygulama alanlarına sahiptirler. Bu çalışmada üretilen yapısal renkli kolloidal silikanın elastomer özelliğe sahip bir matrise gömülüp mekanik etkiye hassas bir sensor olarak kullanılması amaçlanmıştır.

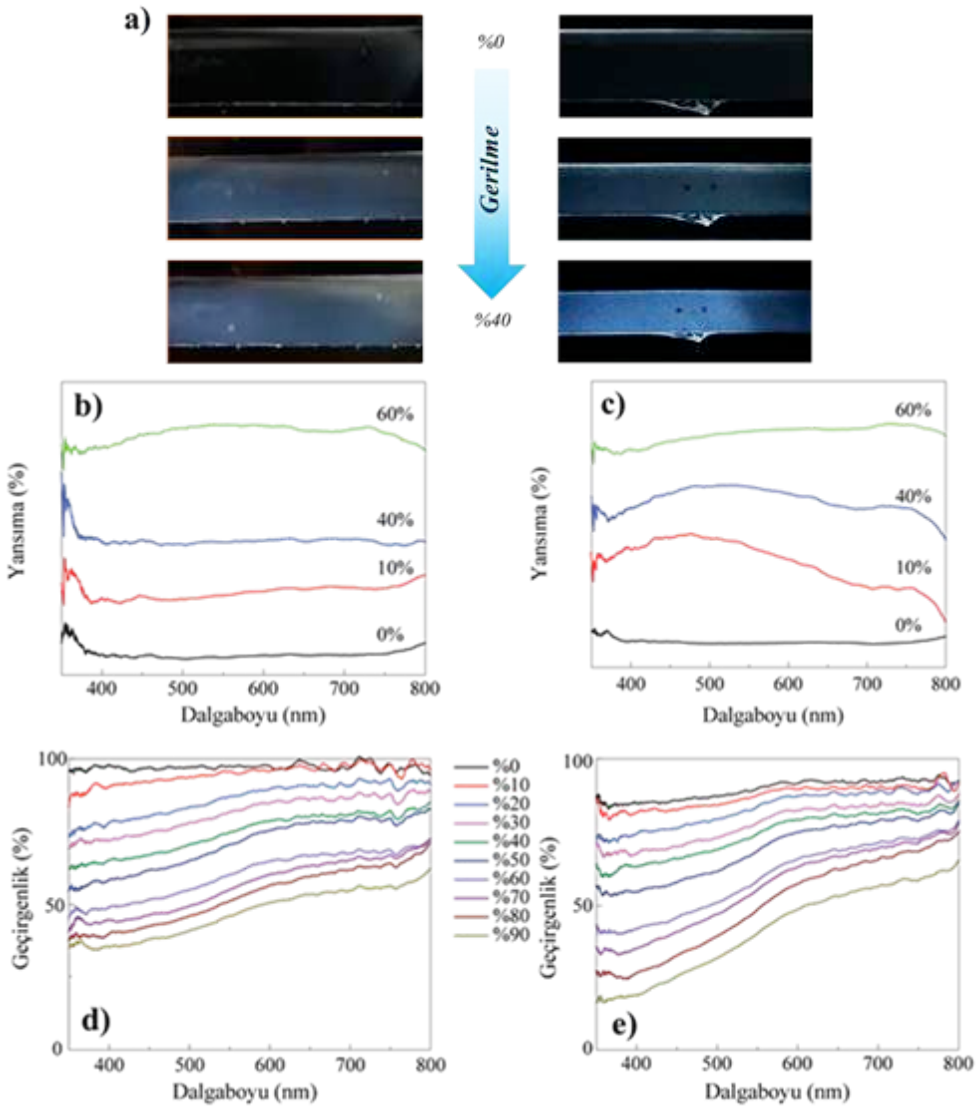
2. Yöntem



Şekil 1. Gerilmeye duyarlı yapısalrenkli elastomerlerin üretim şeması

Gerilmeye duyarlı yapısal renkli elastomerlerin üretim şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Kolloidal karışım halindeki silika tanecikleri sprey kaplama yöntemiyle siyah pleksiglas alttaş üzerine kaplanmıştır. Burada kullanılan SiO_2 taneciklerinin boyutları sırasıyla 160, 200, 220, 260 ve 300 nm'dir. Daha sonraki aşamada filme elastomer özelliği kazandırmak ve tanecikler arasındaki boşlukları doldurması amacıyla PDMS çözeltisi (oligomer/çapraz bağlayıcı 10/1) silika taneciklerinin üzerine homojen bir şekilde ve her birine aynı miktarda dökülmüştür. Daha sonraki aşamada sertleştirme işlemi yapılması amacıyla silika/PDMS kompoziti vakumlu fırında sertleştirmeye (kürlemeye) bırakılmıştır. Sertleştirme işleminden sonra üstteki silika/PDMS tabakası alt bölgedeki pleksiglas üzerinden soyularak alınmıştır. Elde edilen filmlerin çeşitli gerilme değerlerindeki optik ve yapısal özellikleri incelenmiştir.

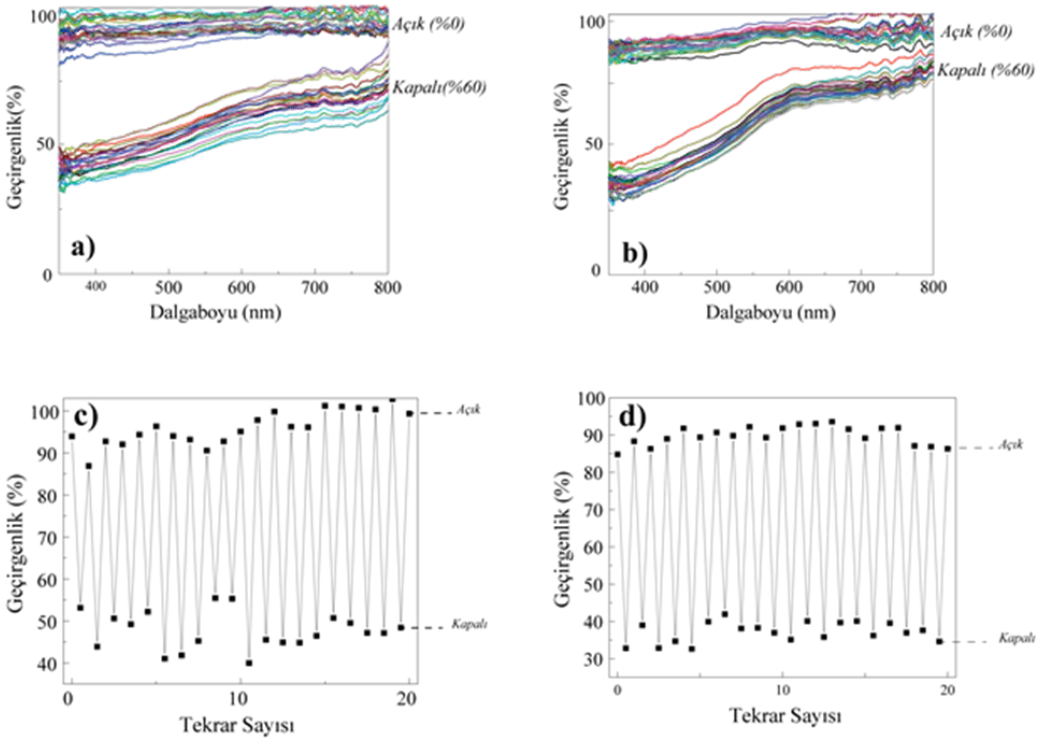
3. Bulgular ve Tartışma



Şekil 2. Farklı gerilme değerlerinde elastomerlerin (a) görünümü, (b, c) yansıma ve (d, e) geçirgenlik spektrumları.

İki farklı boyut (200 nm-250 nm) tanecik için PDMS-silika kompozit filmlerinin farklı gerilim şiddetleri altındaki görüntüleri **Şekil 2a**'da verilmiştir. Bu görüntülere göre başlangıçta şeffaf olan elastomer filmin gerilme oranı arttıkça opaklaştığı gözlemlenmektedir. 250 nm'lik silika içeren kompozit filmin gerilme miktarının %40'a ulaştığında rengin mavi olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç, proje hedeflerine ulaşma anlamında önemli bir eşik oluşturmaktadır. Projenin kalan süresinde silika tane boyu ve kusursuz dizilimi ile farklı renkte mekanosensor özelliği taşıyan elastomerik yapılar elde edilmesi planlanmaktadır.

Bu gözlemlerimizi doğrulamak amacıyla her iki kompozit film için yansıma ve geçirgenlik spektrumları alınmıştır. Spektrumlar alınırken sırasıyla %10, %40 ve %60'lık gerilmeler uygulanmıştır. 200 nm'lik PDMS-silika elastomeri için gerilme miktarı arttıkça yansıma spektrumunda mavi bölgeye kayma, %60 gerilmede ise opaklaşmaya başladığı gözlemlenmiştir. Aynı elastomerin geçirgenlik spekturumuna bakıldığında, gerilme uygulanmadığına yaklaşık %90 civarında bir geçirgenliğinin olduğunu görülmektedir, bu da %0'lık değer görüntüsü (hiç gerilme olmadan) olan PDMS-silika elastomerinin şeffaf oluşunu bize kanıtlamaktadır. Uygulanan gerilme miktarı %10 ve %40 olduğunda saçılıma bağlı olarak geçirgenliğin düştüğü ve düzenli saçınım sayesinde renklenmenin oluştuğunu gözlemlenir. Geçirgenliğin en düşük olduğu gerilme miktarının ise %60'lık gerilmede oluştuğunu ve elastomerin opaklaşmaya başladığını söylenebilir. Aynı şekilde 250 nm'lik silika içeren elastomerin yansıma spektrumuna baktığımızda %10 ve %40'lık gerilmede artan dalga boyuyla orantılı olarak rengin turkuaz olduğu gözlemlenmektedir. Geçirgenlik spektrumuna baktığımızda ise başlangıçta neredeyse yüzde yüz olan geçirgenlik miktarının 200 nm 'lik silika da olduğu gibi uygulanan gerilme miktarına bağlı olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil 3. Strese duyarlı 200 ve 253 nm tanecik boyutuna sahip Silika-PDMS elastomerlerin (a ve b) gerilmemiş ve gerilmiş durumdaki geçirgenlik spektrumları ve (c ve d) 450 nm dalga boyundaki geçirgenlik değerlerinin her bir tekrar sırasındaki değerleri. (Açık ifadesi sensör açık, kapalı ifadesi sensör kapalı anlamına gelmektedir.)

Strese duyarlı Silika-PDMS elastomerlere %60 gerilme 20 defa uygulanmış ve serbest bırakılmıştır. İlk durumda şeffaf olan elastomer filmlere %60'lık gerilme uygulandığında geçirgenliklerinde azalma gözlemlenmiştir. **Şekil 3a, b** 'ye bakıldığında % 60 'lık gerilme esnasında geçirgenlik değerlerinin %50-30 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Geçirgenlik spektrumunun 450 nm dalgaboyundaki değeri her bir germe ve serbest bırakma işlemi için kaydedilmiştir (**Şekil 3c, d**). Bunun sonucunda üretilen PDMS/SiO_2 kompozit filmin tekrarlanabilir özelliğe sahip olduğu ve mekanik sensör uygulamalarında kullanılabileceği anlaşılmıştır.

4. Sonuç

Kalem sprey yöntemi kullanılarak elde edilen silika tanecikleri ile gözlem açısından bağımsız renkte camsı fotonik filmleri elde edilmiştir. Fotonik filmler, esnek bir polimer olan poli(dimetilsiloksan) (PDMS) ile kompozit hale getirilerek gerilmeye duyarlı renk değiştirebilen filmler üretilmiştir. Filmlere uygulanan gerilme miktarlarına bağlı olarak geçirgenlik azalmış ve renk oluşumu gözlemlenmiştir. Gelecek çalışmalarda farklı kolloid yapılı malzemelerin üretilip elastomer film haline getirilmesi ve gerilmeye duyarlı farklı kompozit yapıların elde edilmesi amaçlanmaktadır.

5. Referanslar

[1] Kinoshita, S. and S. Yoshioka, Structural colors in nature: the role of regularity and irregularity in the structure. ChemPhysChem, 2005. 6(8): p. 1442-1459.

[2] Phillips, K.R., et al., A colloidoscope of colloid-based porous materials and their uses. Chemical Society Reviews, 2016. 45(2): p. 281-322.

Tekstil Terbiye İşletmelerinde Üretim Kalitesinin Artırılması: Bir HTEA Uygulaması

Increasing Production Quality In Textile Finishing Plants: A FMEA Application

İzzettin Hakan KARAÇİZMELİ [1]
Serkan KAYA[2]

[1,2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Bu çalışmada, bir tekstil terbiye işletmesinde üretilen pamuklu ürünlerin kalite oranı üzerinde çalışılmıştır. Öncelikle kalitesizliğe neden olan hatalar sıralanmış ve bunlardan en önemlisi olan kırık (kırışık izi) hatası üzerinde durulmuştur. Kırık hatasının nedenleri araştırılırken öncelikle beyin fırtınası yöntemi ile potansiyel nedenler belirlenmiştir. Ardından en önemli olduğu düşünülen nedenlerle ilgili, aslında önleyici bir risk kontrol yöntemi olan hata türü ve etkileri analizi yöntemi kullanılmıştır. Böylece en riskli olduğu düşünülen nedenlerle ilgili eylem planları yapılmıştır. İyileştirme önlemlerinin uygulanmasının ardından kalite verileri takip edilmiştir. Uygulamanın ardından ilk üç ay içerisinde kırık hatası % 38 oranında azalmış ve kalite oranı % 5 oranında artmıştır.

Anahtar kelimeler:

Terbiye, kalite, kırık hatası, HTEA.

Abstract

In this study, the quality ratio of cotton products produced in a textile finishing plant is studied. At first, defects that cause poor quality are listed and the crease mark, which is the most important one of these defects is focused on. While investigating the causes of the crease mark defect, potential causes are determined by brainstorming method. Then, for the causes considered to be the most important, in fact, failure mode and effect analysis method, which is a preventive risk control method, are used. Thus, action plans are made for the causes that are considered to be the most risky. Following the implementation of improvement measures, quality data are monitored. Within first three months after the application, the crease mark defect is decreased by 38% and the quality ratio is increased by 5%.

Keywords:

Finishing, quality, crease mark defect, FMEA.

1. Giriş

Tekstil terbiye işletmelerinde gerçekleştirilen mamul üretim prosesleri sırasında çok çeşitli üretim hataları meydana gelmektedir. Bu hatalar sebebiyle, kumaşlar ya tekrar proseslerden geçirilmekte ya da ikinci kaliteye ayrılmakta veya atıl hale gelmektedirler. Yani ilk seferde birinci kalite üretilemeyen kısım, ne şekilde sonuçlanırsa sonuçlansın üretim maliyetlerini artırmakta ve kaynak israfına neden olmaktadır.

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede polyester-viskon kumaşlarda ortalama üretim kalitesi % 98 civarında iken pamuklu kumaşlarda ortalama üretim kalitesi % 88 düzeyindedir. İşletme yönetimi kaynak verimini artırmak ve üretim maliyetlerini azaltabilmek için, pamuklu kumaş üretim kalitesini artırmayı hedeflemiştir. İşletmede kalite kontrol işlemleri esnasında, kumaşlarda tespit edilen hatalarla ilgili kayıtlar tutulmaktadır. Bu kayıtlara göre, çalışma öncesi dönemde kırık hatası en çok karşılaşılan hata türüdür ve toplam hataların % 27' sini oluşturmaktadır. Buradan hareketle öncelikle kırık hatası ile ilgili çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

2. Yöntem

Kırık (kırışık izi) hatası özellikle terbiye işlemleri esnasında oluşmuş ve işlemlerin bitiminde giderilememiş, katlanma, kırışma ve buruşma izleridir [1]. İlgili işletmede, kırık hatası genellikle uzun metrajlara yayılan bir hata olduğundan kumaşın direkt olarak ikinci kaliteye ayrılmasına neden olmaktadır. İşletmede hatanın nedenleri ile ilgili çeşitli düşünceler olsa da, bunlarla ilgili herhangi bir veri kaydı tutulmamıştır. Öncelikle terbiye ve kalite kontrol birimlerinden beyaz ve mavi yakalı çalışanlardan oluşan bir ekip kurulmuştur. Beyin fırtınası tekniğiyle kırık hatasının potansiyel nedenleri belirlenmiş ve önem düzeyine göre sıralanmıştır. Önem düzeyi belirlenirken, her ekip üyesi ilgili maddeyi 1-10 (1: en önemsiz, 10: çok önemli) arasında puanlamıştır. Verilen puanların ortalaması alınarak, potansiyel nedenler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Ardından önem düzeyi yüksek olan dört potansiyel sebeple ilgili hata türü ve etkileri analizi (HTEA) uygulaması yapılmıştır.

HTEA özellikle kalite konularında risk azaltmaya yönelik olarak kullanılan, önleyici bir tekniktir. Ancak analizler için gerekli verilerin yetersiz olduğu alanlarda mevcut sistemin iyileştirilmesi için de kullanılabilir. Örneğin Karaçizmeli İ.H. (2017), bu teknikle yine bir terbiye işletmesinde dikiş izi hatasını azaltmıştır [2]. Sabır E.C. ve Bebekli M. (2015), tekstil terbiye işletmelerinde HTEA tekniğinin kullanımını genel olarak örneklemişlerdir [3]. Yücel Ö. (2007), konfeksiyonda dikim hatalarını azaltmak için bir HTEA çalışması gerçekleştirmiştir [4].

Özyazgan V. ve Engin F.Z. (2013) ile Özyazgan V. (2014) gerçekleştirdikleri çalışmalarda HTEA tekniğini kullanarak tekstilde kalite konusunda iyileşme sağlamışlardır [5,6]. Kaewsom P. ve Rojanarowan N. (2014) emniyet kemeri üretiminde kullanılan ipliklerdeki, kırık filament hatasını azaltmak için HTEA tekniğini kullanmışlardır [7]. Küçük M. ve arkadaşları (2016) da konfeksiyon hatalarına yönelik olarak HTEA tekniğini kullanmışlardır [8]. HTEA tekniğinin, yine tekstilde ancak kalite dışındaki konularda da kullanımı vardır. Örneğin Dharun Lingam ve arkadaşları (2015), konfeksiyonda imalat çevrim süresini azaltmak için [9], Beyene ve arkadaşları da (2018), makine duruşlarından kaynaklı üretim kayıplarını azaltmak için HTEA tekniğini tercih etmişlerdir [10].

Bu çalışmada da gerçekleştirilen HTEA uygulaması ile en önemli bulunan noktalar belirlenmiştir. Kırık hatası ile makinelerde kullanılan astarın ilişkisi, operatörlerin durumu, dikişlerin durumu ve yıkama makinesi ile ilgili detaylı araştırmalar yapılmış ve gerekli aksiyonlar planlanmıştır. Alınan aksiyonların üç aylık takibinden sonra, analize ait risk öncelik katsayıları tekrar hesaplanarak, aksiyonların faydalı olup olmadığına karar verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Beyin Fırtınası

Kurulan ekip ile yapılan beyin fırtınasında önem düzeyine göre sıralanan potansiyel hata nedenlerinden ilk dördü Tablo I' de görülmektedir. Bu dört nedenin en önemli nedenler olduğu düşünüldüğünden, HTEA çalışmasına bu nedenler üzerinden devam edilmiştir.

TABLO I. BEYİN FIRTINASI-POTANSİYEL NEDENLER

NO	POTANSİYEL NEDENLER	ÖNEM DÜZEYİ
1	Yıkama makinesi aksamları	9,7
2	Dikişler	9,4
3	Astar en farkları	9,1
4	Operatör	8,1

3.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Beyin fırtınası yapılan ekiple HTEA çalışması yapılmıştır. Tablo II' de görüldüğü gibi kumaşın yıkama makinesi valleri arasında sıkışması, kumaşların birbirine dikilmesi esnasında dikiş tekniğinden kaynaklı hatalar, dikiş işlemi esnasında dikiş ipinin bitmesi ve astar en farkı nedenlerinin risk öncelik katsayısı (RÖK) değerleri hesaplanmıştır. Bu potansiyel nedenler daha detaylı incelenmiş ve gerekli aksiyonlar planlanmıştır.

Yıkama Makinesi:

Yapılan görüşmelerde ve araştırmalarda özellikle yıkama makinesinden kumaş geçişi esnasında eğer makine vallerinde senkronizasyon arızası varsa kumaşın katlanarak valler arasından geçmesi sebebiyle kırık hatası oluştuğu belirlenmiştir. Çoğunlukla da daha sonraki proseslerde hatanın geçmediği ve uzun metrajlı hatalar oluştuğu belirlenmiştir. Makine bakım ve terbiye işletmesi yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda makinenin periyodik bakım düzeni ve içeriği gözden geçirilmiştir.

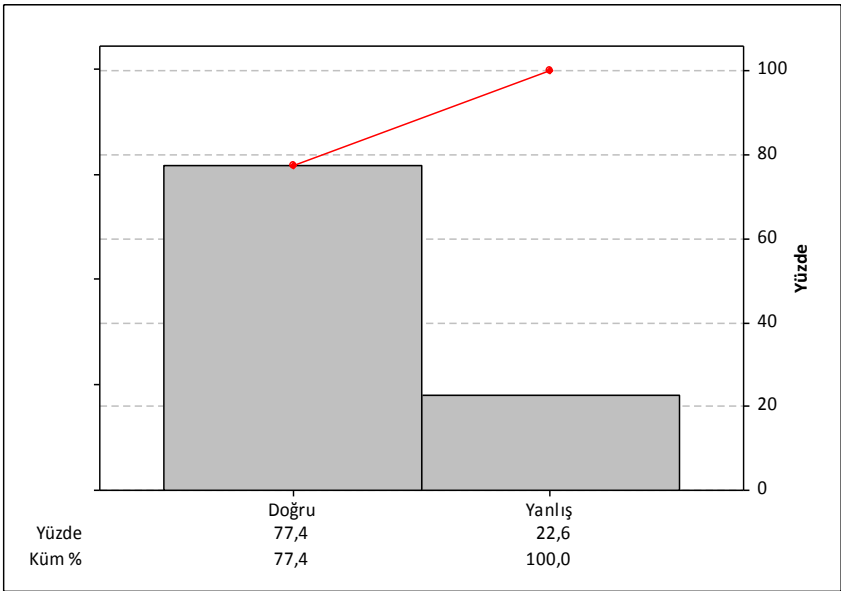
TABLO II. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Süreç	Potansiyel Hata	Potansiyel Etki	Şiddet S	Potansiyel Sebep	Sıklık O	Mevcut Kontroller	Tespit D	RÖK
Yıkama İşlemi	Valler arası sıkışma	Kırık	7	Senkronizasyon sorunu	7	Gözle kontrol	6	294
Dikiş İşlemi	Büzdürerek dikiş	Kırık	7	Dikiş tekniği	6	Gözle kontrol	6	252
	Eksik dikiş	Kırık	7	Dikiş tekniği	6	Gözle kontrol	6	252
		Kırık	7	Dikiş ipinin bitmesi	4	Gözle kontrol	6	168
Astar Çekme	Büzdürerek dikiş	Kırık	6	Astar en farkı	4	Gözle kontrol	6	144

Dikiş İşlemi:

Kumaşların makinelerden geçerken, eğer proses ayarları değişmeyecekse yeni kumaş bir öncekine dikilmekte, eğer proses ayarları değişecekse araya astar dikilip yeni kumaş astara eklenmektedir. Kumaşın eni bir önceki kumaştan farklıysa veya operatörün dikiş tekniğinden kaynaklanan hatalardan ötürü kumaş büzdürülerek dikilebilmektedir. Öte yandan dikiş işleminin sonuna doğru, dikiş ipi biterse, operatör kalan kısmı eksik bırakabilmektedir. Tüm bu nedenlerden ötürü kumaş makineden geçerken katlanabilmekte ve katlı bölgelerde düzeltilemeyen kırıklar oluşabilmektedir.

Kumaşlar arasındaki dikişler kalite kontrol esnasında kesilip alınmaktadır. Bu kesilen dikişlerin rastgele toplanmasına ve doğru olup olmadıklarının kontrol edilmesine karar verilmiştir. Yapılan kontrolde toplanan dikiş örneklerinin yüzde 23' ünün hatalı olduğu görülmüştür (Şekil.1).



Şekil. 1. Dikişlerin durumu

Kullanılan Astar:

Makinelere ya özel astar dokunmakta ya da elde kalan hatalı kumaşlardan uygun olanları astar olarak kullanılmaktadır. Ancak zaman içerisinde astarlar yıpranmakta ve çekmektedirler. Bu sebeplerle, astar kendisine eklenecek kumaştan daha dar ene sahipse kumaş ya büzdürülerek dikilmekte ya da bir kısmı dikilmeden makineden geçmektedir. Proses sırasında büzülen yerlerden ya da kenarda fazla kalan yerden katlanma oluşursa geri döndürülemez kırık hataları oluşabilmektedir.

4. Sonuç

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, yıkama makinesinin periyodik bakımları ve senkronizasyon temelli periyodik bakımları ile ilgili standart iş talimatları oluşturulmuştur. Amacın, arıza çıktıktan sonra bakım yapmak değil, önleyici bakım olmasına karar verilmiştir. Dikiş işleminin doğruluk oranını yüksek tutmak için öncelikle tüm operatörler eğitime tabi tutulmuştur. Ardından düzenli dikiş kontrolleri yapılması adına standart iş talimatları oluşturulmuş ve dikiş hatası iyileşmeyen kısımlarda sürekli eğitim verilmesi uygun bulunmuştur. En ölçüsü mevcut çalışılan kumaşların üzerinde olan bir astar dokutulmuş ve kullanılmaya başlanmıştır.

Alınan bu aksiyonlardan üç ay sonra risk öncelik katsayıları tekrar hesaplanmıştır. Yeni katsayıların daha düşük olduğu Tablo III' te görülmektedir. Ayrıca işletmenin kırık kaynaklı kalitesizlik oranı çalışma öncesinde % 3,2 düzeyindeyken, çalışma sonrasında % 2 düzeyine düşmüştür. Çalışma öncesi kalite oranı % 88 iken çalışma sonrasında % 92,5' a yükselmiştir.

Tablo III. Çalışma sonrası risk öncelik katsayıları

Önerilen Faaliyet	Sonuçlar				
	Yapılan Faaliyet	S	O	D	RÖK
Düzenli, önleyici bakım.	SİT oluşturuldu.	7	3	6	126
Eğitim ve düzenli dikiş kontrolü yapılması.	SİT oluşturuldu.	7	4	6	168
Eğitim ve düzenli dikiş kontrolü yapılması.	SİT oluşturuldu.	7	2	6	84
Eğitim ve düzenli dikiş kontrolü yapılması.	SİT oluşturuldu.	7	2	6	84
Yeni astar dokunması	Yeni astar kullanıma alındı.	6	2	6	72

5. Referanslar

[1] http://iplikonline.com.tr/v1/kultur/dokuma_kumas_hatalari.php (Erişim: 24.09.2018)

[2] Karaçizmeli, İ.H. 2017. Bir terbiye işletmesinde dikiş izi hatasına yönelik HTEA uygulaması, Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi (UÇTEK 2017), pp.248-252.

[3] Sabır, E.C. ve Bebekli, M. 2015. Hata türleri ve etkileri analizinin, HTEA, tekstil boya-terbiye işletmelerinde kullanımı, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi, 27(2): 157-162.

[4] Yücel, Ö. 2007. Konfeksiyon üretiminde hata türü ve etkileri analizi, Tekstil ve Konfeksiyon, 17(2): 126-131.

[5] Özyazgan, V. and Engin, F.Z. 2013. FMEA analysis and applications in knitting industry, Tekstil ve Konfeksiyon, 23(3): 228-232.

[6] Özyazgan, V. 2014. FMEA analysis and implementation in a textile factory producing woven fabric, Tekstil ve Konfeksiyon, 24(3): 303-308.

[7] Kaewsom, P. and Rojanarowan, N. 2014. The application of FMEA to reduce defective rate from broken filament defects in the direct spin drawing process, IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), 4(5): 55-58.
[8] Küçük, M., İşler, M. ve Güner M. 2016. An application of the FMEA method to the cutting department of a clothing company, Tekstil ve Konfeksiyon, 26(2): 205-212.
[9] Dharun Lingam, K., Sakthi Ganesh, K. ve Ganesh Kumar, N. 2015. Cycle time reduction for T-shirt manufacturing in a textile industry using lean tools, International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS 2015), pp.1-6.
[10] Beyene, T.D., GeremewGebeyehu, S. ve Mengistu, A.T. 2018. Application of failure mode effect analysis (FMEA) to reduce downtime in a textile share company, Journal of Engineering, Project & Production Management, 8(1): 40-46.

Geopolimer Bağlayıcılı Yapı Malzemelerinin Zamana Bağlı Şekil Değiştirme Davranışının İncelenmesi

Investigation of Time-Dependent Deformation Behaviour of Building Materials with Geopolymer Binder

Şevin EKMEN[1]
Kasım MERMERDAŞ[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Geopolimer yapı malzemelerinin zamana bağlı deformasyon davranışını araştırmak için bugüne kadar çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda çeşitli parametrelerle üretilen geopolimer harçların veya betonların büzülme ve sünme değerleri bildirilmiştir. Bu çalışmada, önceki araştırmalarda sunulan deney sonuçlarını etkileyen parametreleri değerlendirmek üzere literatür özeti sunulmuştur. Karışıma giren malzemelerin özellikleri, karışım oranları ve kürleme koşulları gibi kritik parametrelerin geopolimer harçların deformasyon özellikleri üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Geopolimer; rötre; sünme.

Abstract

Various studies have been conducted to investigate the time-dependent deformation behavior of geopolymer building materials, so far. In these studies, shrinkage and creep values of geopolymer mortars or concretes produced with various parameters have been reported. In this study, literature review is presented to evaluate the parameters affecting the results of the experiments presented in previous studies. The properties of ingredients, mix proportions and curing conditions on the deformation properties of geopolymer mortars were examined.

Keywords:

Geopolymer; shrinkage; creep.

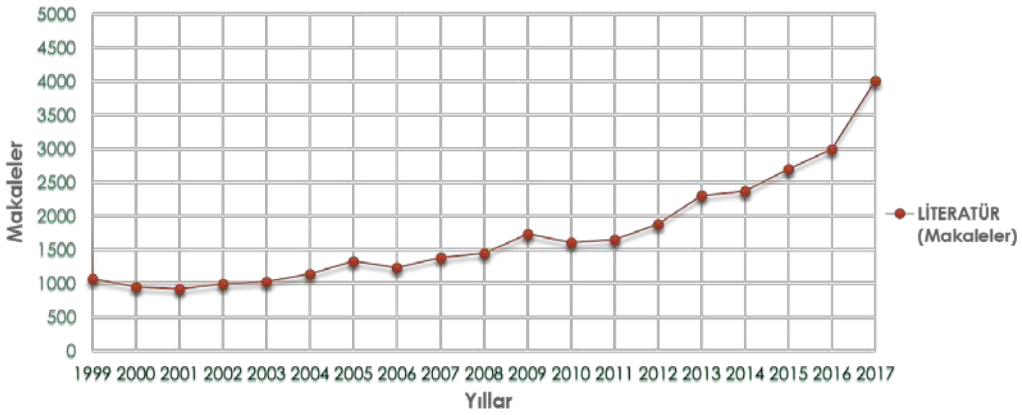
1. Giriş

Uygulama alanlarının oldukça geniş olması sebebiyle, inorganik geopolimerlerin geliştirilmesine yönelik önemli araştırmalar son yıllarda artarak devam etmektedir. Yüksek CO_2 emisyonu, artan çevresel kaygılar ve kısıtlı kaynak rezervi sebebiyle Portland çimentosuna alternatif bağlayıcı malzeme arayışı sonucunda geopolimer bağlayıcılı yapı malzemeleri geliştirilmiştir. Geopolimer yapı malzemelerinin yüksek erken dayanımı, düşük geçirimlilik, yüksek kimyasal ve yangın direnci gibi üstün özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır [1]. Geopolimerlerin bu üstün özellikleri, yapı sektöründe çeşitli sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesi, yangına dayanıklı kaplama ve fiber katkılı kompozit üretimine olanak sağlamakla birlikte kimyasal ve nükleer endüstrisinde atık depolama amacıyla kullanımı hedeflenmiştir. Geopolimerler, katı alüminasilikat tozlarının alkali hidroksit ve alkali silikat ile reaksiyonu sonucunda sentezlenmektedir. Kaolinit ve feldispat gibi çeşitli alüminosilikatlar, uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel katı atıklar ve maden atıkları gibi malzemeler geopolimer endüstrisinin ham maddesini oluştururlar. Yürütülen çalışmaların sonucunda yapı malzemesi performansına kimyasal aktivatör kullanımında en olumlu katkıyı Na_2SiO_3 ve NaOH çözeltilerinin sağladığı belirlenmiştir. Katı hammadde kompozisyonu, kimyasalların karışım oranları, uygulanan kalsinasyon işlemi ısısı ve süresi veya ısıl küre bağlı olarak elde edilecek ürünün fiziksel özellikleri değişmektedir. Literatürde geopolimerlerin sentezi, özellikleri ve uygulamaları ile ilgili birçok çalışma mevcuttur[2].

Malzemenin boy ve hacminde küçülmeye sebep olan rötre ve sürekli yükler altında deformasyon olarak tanımlanan sünme yapı ömrünü olumsuz etkilemesi sebebiyle istenmeyen zamana bağı şekil değiştirmelerdir. Geopolimer teknolojisi kullanılarak üretilen yapı malzemelerinde belirtilen şekil değiştirme değerlerinin minumum seviyede tutulması hedeflenmiştir. Karşılaşılan problemi çözmek amacıyla gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları farklı karışım parametreleri ve oranları, kür koşulları ve boyutlar dikkate alınarak yürütülmektedir [3]. Bu çalışmada, tüm dünyada depolama problemi ile karşılaşılan atık toz mineral maddelerin kullanımına ve beton performansına sağladığı katkılar sebebiyle dayanım ve dayanıklık özelliklerinin iyileşmesine olanak sağlayan, geopolimer yapı malzemelerinin zamana bağlı şekil değiştirme sonuçlarına ve grafiklerine yer veren literatür çalışmaları incelenmiştir.

2. Yöntem

Oldukça yeni ve ilgi gören bir teknolojinin ürünü olan geopolimer bağlayıcılı hamur/harç/beton gibi yapı malzemeleri üzerine yürütülen laboratuvar çalışmaları; kullanılan parametreler, uygulanan işlemler ve ortam koşulları gibi değişkenlerin dikkate alınması ile geniş bir yelpazede sunulmaktadır. Bu çalışmada, tüm dünyada depolama problemi ile karşılaşılan atık toz mineral maddelerin kullanımına ve beton performansına sağladığı katkılar sebebiyle dayanım ve dayanıklık özelliklerinin iyileşmesine olanak sağlayan, geopolimer bağlayıcılı malzemelerinin zamana bağlı şekil değiştirme sonuçlarını sunan ve bunların hangi parametrelerden ne düzeyde etkilendiğini irdeleyen çalışmalar incelenmiştir. Şekil 1'de bu konuya olan ilginin bir göstergesi olarak geopolimer bağlayıcılı yapı malzemeleri ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların yıllara göre dağılımı verilmiştir.



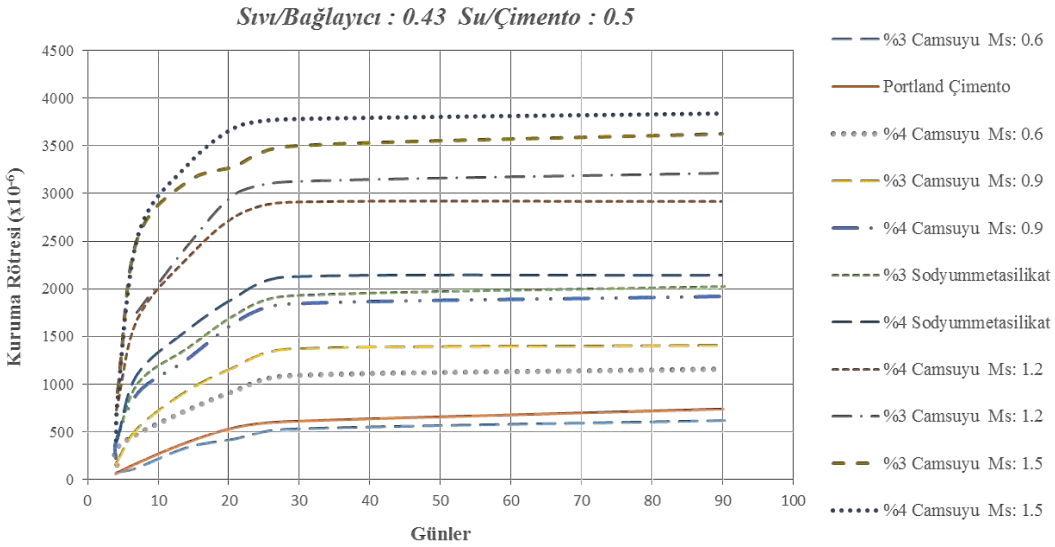
Şekil 1. Yıllara göre yapılan çalışma sayıları(Science Direct)

2.1. Geopolimer Yapı Malzemelerinin Rötre Davranışı

Önceki çalışmalar, alkalilerle aktive edilmiş cüruf içeren (AAC) betonunun, Portland çimento betonunun performansından daha üstün olan, yüksek erken mukavemet ve kimyasal saldırılara, donma-çözülme döngülerine ve yüksek sıcaklığa [4-5] direnç gösterdiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, AAC'ın yüksek kuruma büzülmesi [6-7] uygulamasını kısıtlayan önemli bir faktördür. NaOH ile aktive edilmiş AAC hamurunun kuruma büzülmesi, 60 günde Portland çimentosununkinden yaklaşık 4 kat daha fazladır [8]. AAC harcı genellikle, PC harcı ile karşılaştırıldığında 2-4 kat daha yüksek [7,9,10] ve büzülme değerinin yaklaşık 2200 lere ulaşabileceği bir kuruma büzülmesi gösterir. AAC betonu ile ilgili araştırma [6], AAC betonunun kuruma büzülmesinin Portland çimentolu betonununkinden 3 kat daha yüksek olduğunu bulmuştur. Portland çimentosuna kıyasla, AAC'de yüksek kılcal gerilmeye neden daha fazla gözenek bulunduğu ve bu durumun da kuruma koşullarında büzülmeyi önemli ölçüde artttırdığı belirtilmiştir [8,11,12-13]. Gözenek yapısına ek olarak, AAC'ın hidrasyon ürünü de AAC'ın yüksek kuruma büzülmesine katkıda bulunan temel faktörlerden biridir [7,8,14]. AAC'deki ana hidrasyon ürünü, Portland çimento sistemindeki C-S-H'den daha amorf olan C-A-S-H'dir [14]. [7,8] 'de yapılan araştırmalar, kuruma işleminde hidrasyon ürünlerinin davranışını incelenmiş ve AAC'ın yüksek kuruma büzülmesini açıklanmıştır. Araştırmalarına göre, C-A-S-H'deki alkali katyonların yapısal olarak birleştirilmesi, C-A-S-H tabakalarının istiflenme düzenini azaltır ve C-A-S-H'nin çökmesi ve kuruması üzerine yeniden dağılımını kolaylaştırır. Bazı araştırmacılar AAC'ın küçülmesini azaltmanın olası yollarını araştırmışlardır [10,15–16]. [16], nano-TiO_2 ilavesinin, AAC'nin yüksek büzülmesinden sorumlu olan 1.25 ile 25 nm arasındaki gözeneklerin hacim fraksiyonunu azaltmaya yardımcı olduğunu bulmuştur. [15] farklı katkı maddelerinin etkisini incelemiştir. Alçıtaşı ilavesinin, alçı ile ilgili reaksiyonda oluşan fazlarının dengeleyici etkisinden dolayı AAC'nin büzülmesini azalttığı bulunmuştur. [10], AAC harçları ve hamurlarının büzülmesine karşı büzülme azaltıcı maddelerin (BAM) etkisini araştırmıştır. Sonuçlar, BAM'ın ilave edilmesinin, AAC harçlarında sırasıyla % 99 bağıl nem ve % 50 bağıl nemde kürlendiğinde % 85 ve% 50'ye kadar büzülmede azalmaya neden olduğunu göstermiştir.

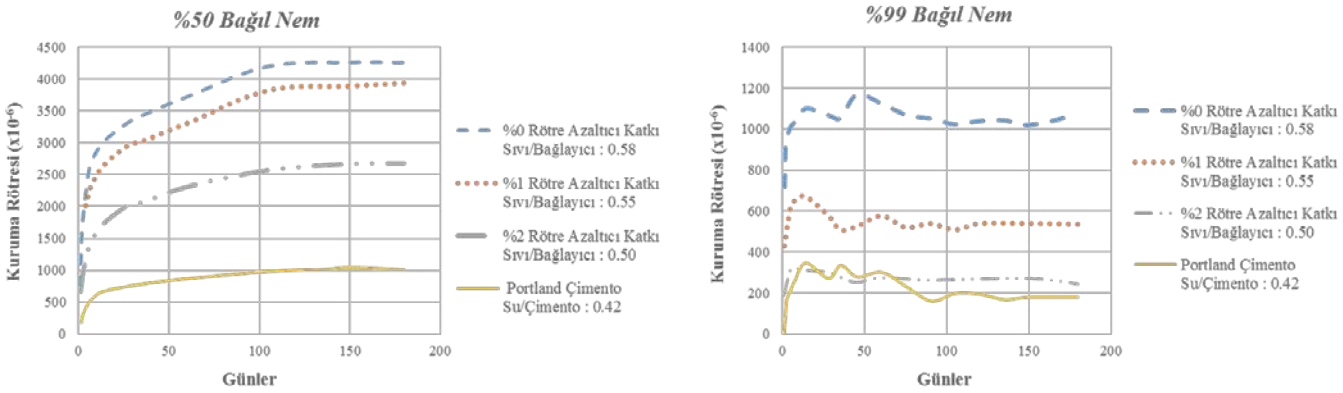
Genellikle büzülme performansı, kısıtlanmamış büzülme testi ile değerlendirilmektedir. Dairesel veya elipsle kısıtlanmış halka testi kullanılarak büzülme değerlendirmesi, özellikle tamir harçları gibi kısıtlanmış koşullarda kullanılacak malzemeler için önemlidir [17,18-19]. Yüksek oranda mezo-gözenek içermesi sebebiyle alkalilerle aktive edilmiş harçların(AAH) Portland çimento bazlı harçlardan çok daha yüksek ötojen büzülme değerlerine sahip olabileceğini bildirmişlerdir [20,21]. Son araştırmalar da, gözenekle ilgili bu açıklamayı doğrulamıştır [22]. Cüruf ve uçucu kül içeren harçların cüruf miktarının artması ile daha yüksek kuruma büzülmesine sahip olduğunu belirtilmiştir [23]. Uçucu kül esaslı alkalilerle aktive edilmiş hamur numunelerinin kısıtlanmış ve kısıtlanmamış büzülme performanslarını karşılaştıran ve hiçbir çatlak tespit edilmediğini belirten sonuçlar yayınlamıştır [24]. Farklı silikat modüllerine sahip camsuyu ile Sodyum metasilikat aktivatör olarak kullanılmış ve cüruflu geopolimer çimento üretilmiştir. Camsuyu ($Na_2O(n)SiO_2$) ve sodyummetasilikat

($Na_2SiO_3.5H_2O$) ile aktifleştirilmiş küllü harçların rötrelerinin PÇ'li harçlarınkinden daha fazla olduğu belirtilmiştir [25]. Şekil 2'de Aktivatör çeşidinin rötreye etkisine yer verilmiştir.



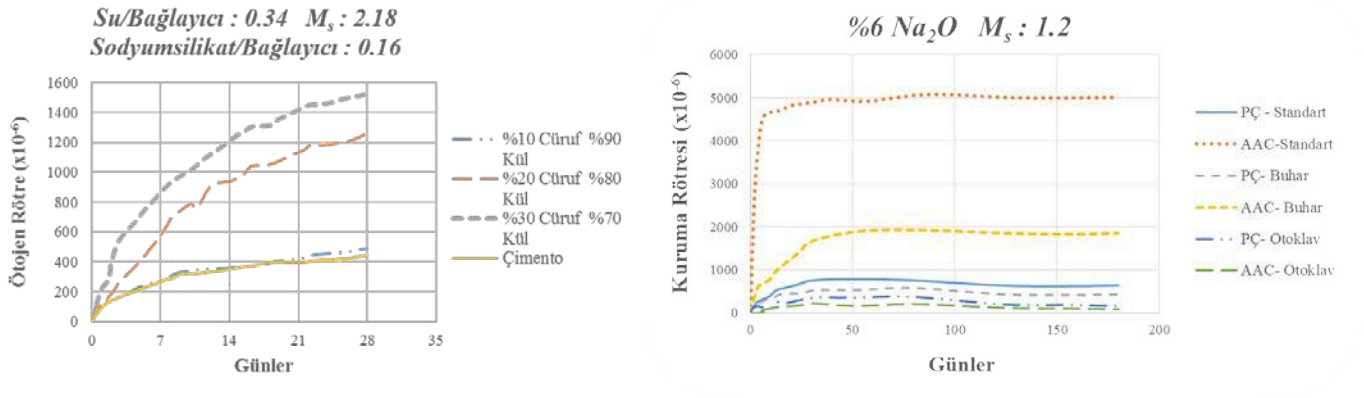
Şekil 2. Aktivatör çeşidinin rötreye etkisi

Palacios ve Puertas [10] rötre azaltıcı katkının (RAK) geopolimer harçların üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Şekil 3 'te RAK ve bağıl nemin rötreye etkisine yer verilmiştir.



Şekil 3. Rötre azaltıcı katkı ve bağıl nemin rötreye etkisi

Krizan ve Zivanovic [26] silika miktarının artışıyla erken hidratasyonun gerçekleştiğini ve dolayısıyla aktivatör miktarının kuruma ve ötojen rötreyi etkilediğini belirtmişlerdir. Neto ve ark. [27] çalışmalarında aktivatör olarak kireç (K) ve kireç+alçıtaşı (KA) kullanılmıştır. Boşluk boyutu dağılımı ve reaksiyon ürünlerinin yapısının ötojen rötreyi açıkladığı belirtilmiş ve bu duruma kimyasal rötredeki kendiliğinden kurumanın önemli etkisi olduğu belirtilmiştir. Buhar ve otoklav kürün geopolimer harçların mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buhar (100 ^{0}C/8 saat) ve Otoklav (210 ^{0}C/2 Mpa/8 saat) kürünün kuruma rötresini azalttığı, cüruf ve alkali içeriği ne kadar az ise kuruma rötresinin de o kadar az olduğu belirtilmiştir [28]. Şekil 4'de bağlayıcı miktarının ve kür koşullarının rötreye etkisine yer verilmiştir.

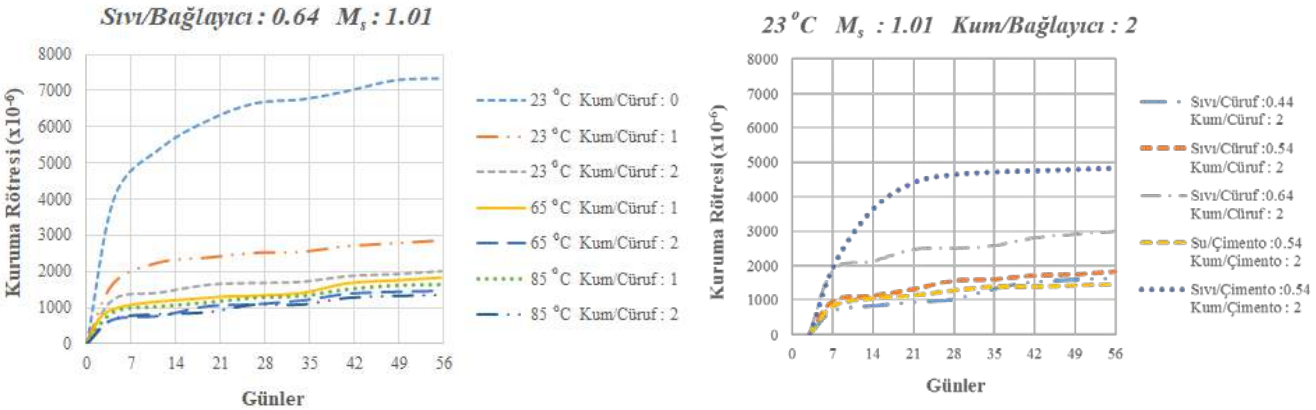


a) Bağlayıcı miktarının etkisi

b) Kür koşullarının etkisi

Şekil 4. a) Bağlayıcı miktarının ve b) Kür koşullarının rötreye etkisi

Aydın ve Baradan [29] uçucu kül ve cüruflu geopolimer harç ve hamurların rötreleri ve rötreyi etkileyen durumlar ele alımışlardır. Yüksek kül ve sodyum silikat kuruma ve ötojen rötresini arttırdığı, rötrenin taze haldeki kimyasal rötreden daha çok sertleşmiş durumdaki kendiliğinden kurumadan (yüksek kapiler gerilme) oluştuğu belirtilmiştir. Chi ve ark. [30] cüruflu geopolimer hamur ve harçların kuruma rötresi ve dayanımı araştırmışlardır. Geopolimer hamurların harçlara göre daha yüksek rötre değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Geopolimer harçların da PÇ'li harçlardan daha yüksek rötre değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Şekil 5' te Agreganın ve çözelti miktarının rötreye etkisine yer verilmiştir.



a) Agrega miktarının etkisi

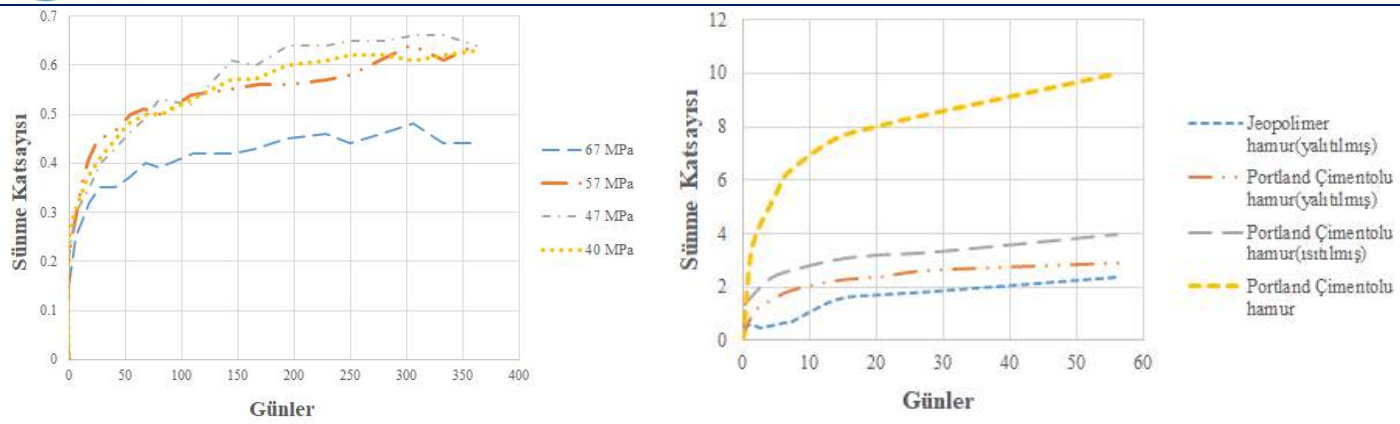
b) Çözelti miktarının etkisi

Şekil 5. a) Agrega miktarının ve b) Çözelti miktarının rötreye etkisi

Chi ve diğ. [30] çalışmalarında çeşitli tip ve dozlarda aktivatör kullanılarak 4 farklı nem durumu ve 2 farklı kuruma şekli ile cüruflu geopolimer harçların kuruma rötreleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Bağıl nem azaldıkça PÇ'li karışımların kuruma rötresi artmış ve AAK'lı karışımlar PÇ'li karışımlara göre farklı kuruma davranışları gösterirmiştir.

2.2. Geopolimer Yapı Malzemelerinin Sünme Davranışı

Portland Çimentolu(PÇ) harçlara göre, geopolimer malzemelerin sünmesiyle ilgili sınırlı araştırmalar vardır. Wallah ve Hardjito [23] uçucu kül (UK) kullanarak geopolimer beton numuneler üretmiş ve sünme davranışlarını incelemiştir. 1 yıllık test süresinden sonra basınç dayanımları 67-40 MPa olan betonların sünme değerlerinin 15-29 mikrodeformasyon olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da basınç dayanımının ve yalıtımın (etrafını kapatma) sünmeye etkisine yer verilmiştir. Crentsil ve ark. [31] uçucu küllü geopolimer beton ile geleneksel betonun (40 MPa) sünme rötresini araştırmışlardır. Numunelerin 28 günlük dayanım değerlerinin %40'ı sabit yük olarak etkitilmiş sünme deformasyonunun elastik deformasyona bölünmesiyle sünme katsayısı bulunmuştur. Buhar kürü uygulanmış geopolimer harçların sünme katsayısı PÇ'li numunelerden %45 daha az bulunmuştur. Geopolimer betonun yüke bağlı sünme deformasyonu ihmal edilebilecek seviyede bulunmuştur.



a) Basınç dayanımının etkisi

b) Yalıtımın etkisi

Şekil 6. a) Basınç dayanımının ve b) Yalıtımın sünmeye etkisi

Un ve ark. [32] hamur ve harç örneklerinin sünme davranışlarının değerlendirilmesi için mini bir kiriş testi tasarlamışlardır. Dış sıcaklık artışı ile hidratasyon derecesinin arttığı ve mikroyapının değiştiği belirtilmiştir. Büzülmenin çoğunun hidratasyon hızlanması sırasında oluşan ötojen rötre sebebiyle gerçekleştiğinden ve boşluklarda daha az serbest su kaldığından daha az sünme ve büzülme görülmüştür. Etrafı kapatılmış örnekler için PÇ'li olanların sünme değerleri 2.8 iken geopolimer örnekleri için 2.24 olarak bulunmuştur. Yüksek sıcaklıklarda farklı kürleme durumları gözönüne alınarak tüm deneysel sonuçlar Eurocode 2 tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Kürleme şeklinin UK 'lı geopolimer betonların sünme değerlerini etkilediği belirlenmiştir. 80 C'da 7 günlük kürlemede sünme değerleri ihmal edilecek seviyede olmuştur [33].

Hardjito ve ark. [34] çalışmalarında ısı ile sertleşen uçucu kül bazlı geopolimer harçların (GH) özellikleri üzerinde bir dizi test gerçekleştirmişlerdir. Sünme değerlerinin PÇ'li harçlarınkinden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Uçucu kül bazlı GH'ın 6 haftalık kalıcı yüklerde sünme katsayısı 0.3 olarak belirlenmiştir. Wallah ve Rangan [35] tarafından iki karışım detayı ve iki ısı kürü metoduyla (fırın kuru kürleme veya buharla kürleme) dört farklı örnek üzerinde daha fazla çalışma gerçekleştirilmiştir. Tüm örnekler, 1 yıllık yükleme periyodu içinde 1'in altında sünme katsayısı göstermiştir. Liu ve ark. [36] PÇ' li harçlara göre buhar ile kürlendikten sonra uçucu kül bazlı GH'larda daha düşük sünme bulunmuştur. Uçucu kül ve metakaolin karışımından elde edilen bir GH, sürekli yükler altında 60 günde 0.609 olacak şekilde düşük sünme katsayısı göstermiştir [37]. Yüksek fırın cüruflu(YFC) ve uçucu küllü harçlar ile kısa süreli bir sünme testi yapılmıştır. Bir aylık test periyodunun test sonuçları, spesifik sünmenin, mukavemet arttıkça arttığını göstermiştir. [38].

3. Sonuç

Geniş bir kullanım alanına sahip olan yapı malzemelerinin çeşitli olumlu özellikleri yanında bazı olumsuz etkileri de mevcuttur. Bu anlamda beton üretiminde kullanılan çimento bağlayıcı malzemesi için alternatif olabilecek geopolimer bağlayıcılı yapı malzemelerinin kullanımı son zamanlarda giderek popülerliğini korumaktadır. Kullanım aşamasına tam bir geçiş için oldukça kompleks olan yapısının daha net anlaşılması gerekmektedir. En önemli istenmeyen özelliği olan şekilsel sabitliğinin olmaması sebebiyle zamana bağlı olarak kullanımı önemli problemlere yol açabilmektedir. Zamana bağlı olarak gelişen büzülme ve sünme mekanizmaları için istenilen değerlerin elde edilmesi amacıyla çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların artması ile birlikte bilinmeyen kısımlar daha açık bir hale gelmektedir.

Sıvı/Bağlayıcı, Sodyum Konsantrasyonu, Silikat Modülü (Ms) ve Camsuyu Yüzdesi artışının rötre değerlerinde artışa sebep olurken, Kum/Bağlayıcı, Buhar/Otoklav Kür, Rötre Azaltıcı Katkı, Bağıl Nem ve Sıcaklık gibi parametrelerin artışının rötreyi azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Karışımdaki su-çimento oranı, Ortamın ısısı, özellikle nemi arttıkça sünme deformasyonunun arttığı bilgisine ulaşılmıştır. Kalıcı yük uygulandığı anda betonda oluşan gerilmelerin beton basınç dayanımına oranının bir ölçü kabul edilebildiği ve bu oranın 0,4 ten az olması durumunda sünmenin gerilmeyle orantılı olduğu belirtilmiştir. Bu oranın daha fazla olması durumunda sünme deformasyonu gerilmeyle orantılı olmaksızın daha hızlı artmaktadır.

Yapılan çalışmada, geopolimer/alkalilerle aktive edilmiş yapı malzemelerinin şekil değiştirme özellikleri üzerine yapılan çalışmalar incelenmiş ve elde edilen grafiklere yer verilmiştir. Geopolimer malzemelerin şekil değiştirme oranları oldukça kısıtlı iken alkaliler ile aktive edilmiş malzemelerin şekil değiştirme sabitliği pek sağlanamamaktadır. Elde edilen rötre ve sünme değerlerini azaltmak amacıyla yapılan çalışmalarda belli oranlarda başarıya ulaşılmıştır. Farklı karşım parametreleri ve ortam koşulları dikkate alınarak yürütülen çalışmalar ile optimum sonuçlar elde edilmiştir. Yapılması hedeflenen bir sonraki çalışma, Literatür çalışma sonuçlarının incelenmesi ile geopolimer/alkalilerle aktive edilmiş yapı malzemeleri üretimi için şekil değiştirme sabitliği sağlanacak şekilde uygun karışım oranlarının ve kürleme şeklinin seçilmesi ile literatür verilerinin arttırılması olacaktır.

Teşekkür
Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordiansyon Birimi (HÜBAK) tarafından desteklenen **17138** nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

4. Referanslar

[1] Abdul Aleem, M. I. and Arumairaj, P. D. 2012. Geopolymer concrete- a review. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies. 1: 118-122.
[2] SinghIshwarya, B., Gupta, G.M., and Bhattacharyya, S.K. 2015. Geopolymer concrete: A review of some recent developments. Construction and Building Materials. 85: 78-90.
[3] Jia, Z., Yang, Y., Yang, L., Zhang, Y., and Sun, Z. 2018. Hydration products, internal relative humidity and drying shrinkage of alkali activated slag mortar with expansion agents. Construction and Building Materials. 158: 198-207.
[4] Shi, C. 2003. Corrosion resistance of alkali-activated slag cement. Adv. Cem. Res. 15: 77–81.
[5] Zhang, J., Shi, C., Zhang, Z. and Ou Z. 2017. Durability of alkali-activated materials in aggressive environments: a review on recent studies. Constr. Build. Mater. 152: 598–613.
[6] Collins, F. and Sanjayan J. 2000. Effect of pore size distribution on drying shrinking of alkali-activated slag concrete. Cem. Concr. Res. 30: 1401–1406.
[7] Ye, H., Cartwright, C., Rajabipour, F. and Radlin´ ska A. 2017. Understanding the drying shrinkage performance of alkali-activated slag mortars. Cem. Concr. Compos. 76: 13–24.
[8] Ye, H. and Radlin´ ska A. 2016. Shrinkage mechanisms of alkali-activated slag. Cem. Concr. Res. 88: 126–135.
[9] Duran Atis, C., Bilim, C., Çelik Ö. ve Karahan O. 2009. Influence of activator on the strength and drying shrinkage of alkali-activated slag mortar. Constr. Build. Mater. 23: 548–555.
[10] Palacios, M. and Puertas F. 2007. Effect of shrinkage-reducing admixtures on the properties of alkali-activated slag mortars and pastes. Cem. Concr. Res. 37: 691–702.
[11] Cartwright, C., Rajabipour, F. and Radlin´ ska A. 2014. Shrinkage characteristics of alkaliactivated slag cements, J. Mater. Civ. Eng. 27: B4014007.
[12] Hansen, T. 1969. Drying shrinkage of concrete due to capillary action. Matériaux et Construction 2: 7–9.
[13] Lee, N., Jang, J. and Lee, H. 2014. Shrinkage characteristics of alkali-activated fly ash/slag paste and mortar at early ages. Cem. Concr. Compos. 53: 239–248.
[14] Lecomte, I. Henrist, C. Liegeois, M. Maseri, F. Rulmont, A. and Cloots R. 2006. (Micro)- structural comparison between geopolymers, alkali-activated slag cement and Portland cement. J. Eur. Ceram. Soc. 26: 3789–3797.
[15] Bakharev, T., Sanjayan, J. and Cheng, Y.-B. 2000. Effect of admixtures on properties of alkali-activated slag concrete. Cem. Concr. Res. 30: 1367–1374.
[16] Yang, L.Y., Jia, Z.J., Zhang, Y.M. and Dai, J.G. 2015. Effects of nano-TiO2 on strength, shrinkage and microstructure of alkali activated slag pastes. Cem. Concr. Compos. 57: 1–7.
[17] Kristiawan, S. 2012. Evaluation of models for estimating shrinkage stress in patch repair system. nternational Journal of Concrete Structures and Materials. 6: 221-230.
[18] Khan, M. 2013. Ring test for the measurement of restrained shrinkage of concrete. Applied Mechanics and Materials. Vol. 377: 86-91.
[19] Beushausen, H. and Chilwesa, M. 2013. Assessment and prediction of drying shrinkage in bonded mortar overlays. Cement and Concrete Research. 53: 256-266.
[20] Collins, F. and Sanjayan, J. G. 1999. Workability and mechanical properties of alkali-activated slag concrete. Cem. Concr. Res. 29: 455-458.
[21] Collins, F. and Sanjayan, J. G. 2000. Effect of pore size distribution on drying shrinkage of alkali-activated slag concrete. Cem. Concr. Res. 30: 1401-1406.
[22] Mobili, A., Belli, A., Giosué, C., Bellezze, T., and Tittarelli, F. 2016. Metakaolin and fly ash alkali-activated mortars compared with cementitious mortars at the same strength class. Cement and Concrete Research. 88: 198-210.
[23] Wallah, S. and Hardjito, D. 2014. Assessing the shrinkage and creep of alkali-activated concrete binders. In Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes.
[24] Gao, X., Yu, Q., and Brouwers, H. 2016. Assessing the porosity and shrinkage of alkali activated slag-fly ash composites designed applying a packing model. Construction and Building Materials. 119: 175-184.
[25] Ma, Y. and Ye, G. 2015. The shrinkage of alkali activated fly ash. Cement and Concrete Research. 68: 75-82.
[26] Krizan, D. and Zivanovic, B., 2002. Effects of dosage and modulus of water glass on early hydration of alkali–slag cements. Cement

and concrete research. 32: 1181-1188.
[27] Neto, A.A.M., Cincotto, M.A. and Repette, W. 2008. Drying and autogenous shrinkage of pastes and mortars with activated slag cement. Cement and Concrete Research. 38: 565-574.
[28] Neto, A.A.M., Cincotto, M.A. and Repette, W., 2010. Mechanical properties, drying and autogenous shrinkage of blast furnace slag activated with hydrated lime and gypsum. Cement and Concrete Composites. 32: 312-318.
[29] Aydın, S. and Baradan, B. 2012. Mechanical and microstructural properties of heat cured alkali-activated slag mortars. Materials and Design. 35: 374-383.
[30] Chi, M.-C., Chang, J.-J. and Huang, R. 2012. Strength and drying shrinkage of alkali-activated slag paste and mortar. Advances in Civil Engineering.
[31] Crentsil, K.S., Brown T. and Taylor, A. 2013. Drying shrinkage and creep performance of geopolymer concrete. Journal of Sustainable Cement-Based Materials. 2: 35-42.
[32] Un, C.H., Sanjayan, J.G., San Nicolas R. and Van Deventer J.S.J. 2014. Predictions of long-term deflection of geopolymer concrete beams. Construction and Building Materials. 94: 10-19.
[33] Castel, A., Foster, S.J., Ng, T. et al. 2016. Creep and drying shrinkage of a blended slag and low calcium fly ash geopolymer Concrete. Mater. Struct. 49: 1619.
[34] Hardjito, D., Wallah, S.E., Sumajouw, D.M.J., and Rangan, B.V. 2004.On the development of fly ash-based geopolymer concrete. ACI Materials Journal. 101: 467-472.
[35] Wallah, S. and Rangan, B.V. 2006. Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: Long-term properties. Res. Report-GC2, Curtin University, Australia, 76-80.
[36] Liu, H., Lu, Z., and Peng, Z. 2014. Test research on prestressed beam of inorganic polymer concrete. Materials and Structures.
[37] Lee, N.P. 2007. Creep and shrinkage of inorganic polymer concrete. In BRANZ Study Report SR 175, BRANZ Ltd., Judgeford, New Zealand.
[38] Ridtirud, C., Chindaprasirt, P., and Pimraksa, K. 2011. Factors affecting the shrinkage of fly ash geopolymeras. International Journal of Minerals Metallurgy and Materials. 18: 100-104.

Tarim Sektöründe İş Sağliği Ve Güvenliği Uygulamalarina İlçelerin Etkisi: Mardin İl Örneği

Effect Of Districts On Occupational Health And Safety Applications In Agriculture Sector: Mardin Provience Example

Güzel YILMAZ[1]
Mehmet MİMAN[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Tarım sektörü insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez öneme sahip gıdaların temininde hayati rol oynamaktadır. Bu sektörde çalışanlar zamanla azalma gösterse de %20'lik istihdam oranıyla halen önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışma tarım sektöründe çalışanlara yönelik iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını Mardin ili çerçevesinde Kızıltepe, Derik ve Artuklu ilçelerinde açıklayıcı ve keşfedici olarak 34 madde den oluşan 5-li Likert sorularla ele almakta ve sektördeki çalışanların bulunduğu ilçenin iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını ve bunlara bakışı nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır. Yapılan istatistiksel analizler iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının Kızıltepe'de en yaygınken Derik'te en az olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular ilçe bazlı iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında geliştirilecek yerleri göstermekte ve daha sonraki çalışmalar için öncül bilgileri oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler:

İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, tarım sektörü, Mardin

Abstract

Agriculture sector plays a vital role in providing unavoidable needs of nutrition to sustain the lives of human beings. Although, it has been decreasing by time, employment in agriculture takes important place with a rate of 20%. This study deals with occupational health and safety applications in agriculture sector in the districts of Mardin; Kızıltepe, Derik and Artuklu through 5 Likert Scale 34 items in an explorative and explanatory manner and points out the effect of district where employee lives on their evaluation of occupational health and safety applications. The statistical analysis implies that occupational health and safety applications are the most common in Kızıltepe while the least common in Derik, hence provides places where occupational health and safety applications can be improved. It also contributes to the base for future studies in the field as a pioneer one.

Keywords:

Occupational health and safety applications, agriculture sector, Mardin

1. Giriş

Tarım dar kapsamda bitkisel ve hayvansal üretim olarak tanımlanacağı gibi daha geniş olarak bitkisel ve hayvansal ürünlerin işlenmesi bu ürünlerin hammaddelerinin temini ve pazarlanması ve bunlarla ilgili ekonomik faaliyetler olarak da tanımlanabilir. Bunun sonucu ortaya çıkan tarımsal ekonomik faaliyetler toprak, işçi, sermaye ve yönetim yetenekleri gibi kısıtlı üretim unsurlarının tarımsal üretime dönüştürülmesi için nasıl kullanılması gerektiği üzerine odaklanmaktadır [1]. Türkiye'de tarımın ekonomik yeri yurtiçi gayrisafi milli hasılasındaki payı göz önüne alındığında cumhuriyetin başlangıcındaki %42,8'den giderek günümüzde %9,0 oranına kadar azalma göstermiştir [2]. Tarımın istihdamdaki mevcut %20'lik payı düşünüldüğünde bu sektördeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının önemi anlaşılmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği güvenli uygulamaları üretim ve iş ortamı sağlayarak çalışanları korumayı amaçlamaktadır [3]. Bu uygulamalar çalışanların fiziksel ve ruhsal yapılarına uygun yerlerde çalışmasını ve çalışma ortamından kaynaklanan tehlike ve zararların önlenmesini kapsamaktadır [4]. İşyeri kazaları ve meslek hastalıkları üretici çalışanların tüketici olarak bakıma ihtiyaç halde bulunmasına yol açmaktadır [5].

Mardin ili dikkate alındığında rapor edilen iş kazalarının sayısı 2016'da 300'ü bulmaktadır [6]. Bu sayı bölgede iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının önemine işaret etmektedir. Tarım sektörü düşünüldüğünde genel olarak bu sektörde çalışanlar kırsal alanlarda bulunmakta olup yeterli sağlık bakım yatırımlarından yoksun bulunmaktadırlar ve böylece sağlık bakım sistemlerinin kullanım seviyeleri düşük olmaktadır. Ayrıca iş kazaları ile ilgili veriler yeterli kadar erişilebilir olmamakta ve ölümle sonuçlanmayan iş kazaları genel olarak rapor edilmemektedir. Bunlardan dolayı rapor edilen yukarıda ifade edilmiş sayılar iş kazalarının gerçek durumunu yansıtmamaktadır [7]. Bir hastalığın meslekten kaynaklandığı şartların ve hastalığın uzun süre izlenmesini gerektirdiğinden benzer durum meslek hastalıkları içinde geçerlidir. Tarım sektöründe bu durum genelde söz konusu olmadığından hastalıklar meslek hastalığından ziyade normal bir hastalık olarak raporlanmaktadır. Genel olarak üretim metodu, iş büyüklüğü, makineleşme düzeyi gibi çeşitli faktörler tarım sektöründeki bir işçinin maruz kaldığı riskleri etkilediğinden bu sektörde çalışan bir işçinin hangi risk unsurlarına ve ne kadar maruz kaldığını belirlemek çok zordur [7].

Bu çalışma Mardin ve Türkiye'deki tarım sektörü düşünüldüğünde. İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları açısından keşfedici ve açıklayıcı nitelikte olup tarım sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına ilçenin etkisini ortaya koymaktadır.

2. Yöntem

Bu çalışma tanımlayıcı ve açıklayıcı [8] nitelikte olup ilişkisel tarama modeline göre tasarlanmış ve yürütülmüştür. Betimleyici modeller mevcut bir olayı veya durumu olduğu gibi belirten araştırma yaklaşımlarıdır. İlişkisel tarama ise değişkenler arasındaki farkları belirlemektedir [9]. Bu çalışma Mardin ilindeki iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarının durumunu farkındalık oluşturmak için ortaya koyarken Mardin ilindeki ilçelerin (Kızıltepe, Derik ve Artuklu) seçilen İSG uygulamalarına olan etkisi araştırılmakta böylece İSG uygulamalarının geliştirilmesinde öncelikle yerlerin belirlenmesi ve politikaların geliştirilebilmesi için öncül bilgi elde edilmektedir.

Tarım sektöründe çalışan işçilerin İSG uygulamaları hakkındaki görüşlerini ortaya koymak için 5'li Likert ölçeğinde (1: Tamamen Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Tamamen Katılıyorum) 34 maddeden oluşan ve her bir maddenin Tablo 1'de gösterildiği bir an anket uzman görüşüne göre hazırlanmış ve uygulanmıştır.

Tablo 1. Tarım Sektöründe İSG Uygulamalarını gösteren Anket Soruları

Soru No	Tanım
S1	Belirlenmiş planlara göre iç denetim yapılıyor.
S2	Çalışanlarımıza iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeye yönelik belirli bir program dahilinde eğitimler veriliyor.
S3	
S4	Devlet ve özel kurumlarca İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili olarak çalışanlar denetlenmektedir.
S5	Düzenli olarak kaza istatistikleri tutuluyor.
S6	Gürültülü alanlarda ses ölçümleri yapılıyor ve oluşan gürültüye karşı önlem alınıyor.
S7	Sertifikalı ilk yardım ekibimiz vardır ve aktif olarak faaliyet göstermektedir.
S8	Çalışanlar işe alımından itibaren ve çalıştıkları sürece mevzuata uygun olarak periyodik sağlık kontrollerinden geçiriliyor.
S9	İş kazalarını önlemek için ilgili yasal mevzuata uyulmaktadır.
S10	İş kazalarını önlemek için iş sağlığı ve güvenliği araştırmaları ve kaza analizleri düzenli olarak yapılıyor.
S11	İş kazalarını önlemek için kişi iş uyumu çalışmalarından faydalanılmaktadır.
S12	İş kazalarını önlemeye yönelik olarak risk değerlendirme çalışmaları yapılıyor.
S13	İş kazalarıyla ilgili kayıt ve veriler yeterli düzeyde tutuluyor.
S14	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitime gerekli kişiler tabi tutuluyor.
S15	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitime işçiler tabi tutuluyor.
S16	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitime tüm personel tabi tutuluyor.
S17	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitime iş verenler tabi tutuluyor.
S18	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kişisel koruyucu malzemeler ve uyarı levhaları kullanılmaktadır.
S19	Çalıştığımız yer yasada belirtilen süre için, sürekli bir iş yeri hekimine sahiptir.
S20	İşe alım aşamasında işin gerektirdiği niteliklere uygun eleman seçmek için psikoteknik test, zeka testi, sağlık muayenesi vb.
S21	İşe yeni giren çalışanlara iş kazalarını önlemeye yönelik oryantasyon eğitimi uyglanıyor.
S22	İşletme içerisinde iş sağlığı ve güvenliği konusunda işbirliği ve koordinasyon sağlanıyor.
S23	İşletmemizde iş sağlığı ve güvenliği kurulu iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemede etkilidir.
S24	İş verenlerin (İşletmenin) organizasyonel yapısı belirlenmiştir (Organizasyon şeması).
S25	Makine ve teçhizatlarımızın kontrolü ve bakımı periyodik olarak yapılıyor.
S26	İş kazalarını önlemeye yönelik olarak tehlikeli işi yapan işçiler ile diğer işçiler arasına mesafe veya paravan koyulmaktadır.
S27	Meslek hastalıklarını önlemeye yönelik olarak çok zararlı bir maddenin yerine daha az zararlı bir madde kullanılıyor.
S28	Meslek hastalıklarını önlemeye yönelik olarak havalandırma sistemi var.
S29	Meslek hastalıklarını önlemeye yönelik olarak tehlikeli madde çalışma çevresinden fiziken ayrılıyor.
S30	Meslek hastalıklarını önlemeye yönelik olarak tozun su yardımı ile havalanmasını önlemeye çalışıyoruz.
S31	Meydana gelen bir iş kazasından sonra ilgili kişilerce kaza ve yaralanma tutanağı dolduruluyor.
S32	Risk değerlendirmesi olarak hasar ve zarar oluştuktan sonra tekrarında önleme mantığı kullanılıyor.
S33	Risk değerlendirmesi olarak hasar ve zarar ortaya çıkmadan önleme mantığı kullanılıyor.
S34	Risk kontrol yöntemlerini uygulamaya yönelik planlar yapılıyor ve kullanılıyor.

Mardin'in Kızıltepe, Derik ve Artuklu ilçelerinde tarım sektöründe çalıştığı tespit edilen 527 kişi çalışmanın evrenini oluştururken bunlar arasından basit rassal örnekleme [10] ile seçilen 222 kişi çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Her bir ilçenin (Kızıltepe, Derik, Artuklu) örneklem boyutu Tablo 2^de gösterilmekte olup, değerler ilişkisel çalışmalar için gerekli en az %30 oranından [11] fazla olduğundan gerek her bir ilçe gerekse toplamda örneklemin çıkarımsal istatistikler için yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Çalışmanın Evren ve Örneklemi.

Mardin İlçesi	Evren	Örneklem	%
Kızıltepe	384	162	42.19%
Derik	99	42	42.42%
Artuklu	44	18	40.91%
TOPLAM	**527**	**222**	**42.13%**

İlk olarak 34 maddeye verilen cevapların betimsel istatistikleri alan verisi hakkında fikir sahibi olabilmek için ortaya konmuş, daha sonra verilen cevaplar arasında en çok sapmaya sahip (standard sapma) 5 madde için ilçenin etkisi Ki-Kare testleri ile araştırılmıştır. Ki Kare teslerinde oluşturulan çarpraz tablolarda herhangi bir hücernin beklenen değeri 5'ten küçükse Fisker Kesin Ki-Kare tesi uygulanmış, bütün hücreler 5'ten büyük beklenen degree sahipse Pearson Ki-Kare testi gerçekleştirilmiştir [12]. Bütün analizler SPSS v22.0 ile gerçekleştirilmiş olup, anlamlılık seviyesi olarak 0,05 alınmıştır.

3. Bulgular

34 maddeye verilen cevapların ortalama puanları ile standard sapmaları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Madde Analizi

Madde No	Ortalama	SS	Madde No	Ortalama	SS
S1	1.41	0.81	S18	2.79	0.40
S2	1.66	0.94	S19	2.77	0.41
S3	1.54	0.89	S20	2.83	0.46
S4	1.61	0.92	S21	2.90	0.29
S5	1.44	0.83	S22	1.93	0.87
S6	1.36	0.77	S23	1.99	0.98
S7	1.52	0.88	S24	2.08	0.87
S8	2.80	**1.26**	S25	1.22	0.63
S9	2.75	**1.30**	S26	1.29	0.80
S10	2.44	**1.12**	S27	1.27	0.68
S11	2.59	1.03	S28	1.09	0.41
S12	2.58	**1.07**	S29	1.20	0.71
S13	2.62	1.03	S30	1.00	0.00
S14	2.50	**1.08**	S31	1.00	0.00
S15	3.00	0.00	S32	1.00	0.00
S16	3.00	0.00	S33	1.61	0.92
S17	3.02	0.23	S34	1.52	0.88

Tablo 3'e göre hemen hemen bütün maddelerin ortalama puanları (5 üzerinden) orta nokta olan 3'ten çok aşağıda bulunmakta olup bu da tarım sektöründeki İSG uygulamaları hakkındaki mevcut durumun Mardin ilinde ve uygulanan ilçeler kapsamında zayıf ve yeterli olmadığını göstermektedir. En kötü üç uygulama S30 $\left(\overline{X}=1.00\right)$, S31 $\left(\overline{X}=1.00\right)$, ve S32 $\left(\overline{X}=1.00\right)$, olup bu maddeler verilen cevaplarda 1,00 sıfır sapma ile üzerinde uzlaşılan bir yanıttır. Bu iş kazalarının profesyonelce ele alınmadığını ve iş organizasyonlarında spesifik risk değerlendirme politikalarının bulunmadığını göstermektedir. Üzerinde en çok katılınan üç madde sırasıyla S17 $\left(\overline{X}=3.02\right)$, S31 $\left(\overline{X}=3.00\right)$, ve S32 $\left(\overline{X}=3.00\right)$, olup katılım seviyesi ise karasızlık seviyesi civarında olup sırasıyla verilen cevaplar üzerinde çok düşük ve sıfır standart sapmaların gösterdiği anlamlı bir uzlaşma ile tam bir uzlaşı ve tam bir uzlaşı olduğu görülmektedir. Bu koruyucu malzemelerin kullanımı ile İSG ile ilgili eğitimlerin sektörde ve MARDİN ili ilçelerinde göreceli olarak yaygın olduğu anlamına gelmektedir. Cevaplardaki sapmanın en çok olduğu ifadelere yukardaki Tablo 3 te kalın ve işaretlenmiş olarak gösterildiği ve en yüksek standart sapmaya sahip olmalarıyla belirlenen S9 $\left(SS=1.30\right)$,

S8$\left(SS=1.26\right)$, S10 $\left(SS=1.12\right)$, S14 $\left(SS=1.08\right)$ ve S7 $\left(SS=1.07\right)$ dir.

Tarımsal işletmenin bulunduğu ilçenin bu en çok sapmanın bulunduğu maddelere verilen cevaplara etkisi ki-kare testleri ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 4 te gösterilmektedir.

Tablo 4. İlçenin en yüksek varyansa sahip ifadelere verilen cevaplara etkisi: Ki-Kare testleri

Karakteristik	S8	S9	S10	S12	S14
İlçe	0.000^{b**}	0.000^{b**}	0.000^{b**}	0.000^{b**}	0.000^{b**}

b: Fisher Kesin Ki-Kare tesi ile elde edilmiştir
* p<0.05, ** p<0.01

Tablo 4'e göre tarımsaL işletmenin bulunduğu ilçe S8 ("Çalışanlar işe alımından itibaren ve çalıştıkları sürece mevzuata uygun olarak periyodik sağlık kontrollerinden geçiriliyor."), S9 ("İş kazalarını önlemek için ilgili yasal mevzuata uyulmaktadır."), S10 ("İş kazalarını önlemek için iş sağlığı ve güvenliği araştırmaları ve kaza analizleri düzenli olarak yapılıyor."), S12 ("İş kazalarını önlemeye yönelik olarak risk değerlendirme çalışmaları yapılıyor.") ve S14 ("İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitime gerekli kişiler tabi tutuluyor.") maddelerine verilen cevapları etkilemektedir. Çarpraz tabloların detaylı incelemesi söz konusu İSG uygulamalarının (yasaların takibi, İSG araştırması ve iş kazaları analizi gerçekleştirmek, iş kazalarını önlemek için kişi-iş entegrasyonundan yaralanmak, iş kazalarını düzenli ve yeterli olarak kaydetmek ve İSG ile ilgili çalışanları eğitmek) en fazla Kızıltepe ilçesinde en az ise Derik ilçesinde yer aldığını göstermektedir. Bu durum ilçelerin soyo-kültürel yapısından kaynaklanıyor olabilir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma Mardini ili ilçelerinde yer alan tarımsal işletmelerde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına işletmenin yer aldığı ilçenin etkisini ortaya koyan 222 katılımcı çalışan ile gerçekleştirilmiş açıklayıcı ve keşfedici bir araştırmadır. Bulgular işletmenin yer aldığı ilçenin sektördeki isg uygulamalarına etki ettiğini göstermekte olup, bulgular isg konusunda farkındalık ve yaygınlık kazandırmak için öncelikle bölgelerin ortaya koyması bakımından önemlidir.

Özellikle iş sağlığı ve güvenliği konusundaki yetersiz uygulamaların yol açtığı istenilmeyen durumlarla karşılaşmamak için tarımsal sektörde bu alanda belirtilen eksikliklere dikkat edilmeli ve bu konuda farkındalık uyandıracak, ve isg uygulamalarının yeterli seviyede gerçekleşmesi için gerekli politikalar geliştirilmelidir.

Referanslar

[1] Gürler, A. Z., Tarım Ekonomisi, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2008..

[2] Tarım Sektörü Ulusal İstihdam Stratejisi, <www.uis.gov.tr/media/1430/tarım.docx> (Son Erişim Tarihi: 04.09.2018).

[3] Baloğlu, C., Avrupa Birliği ve Türkiye'de İş sağlığı ve Güvenliği, 1. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul, 2013.

[4] Güven, R., Ülkemizde ve Dünyada Meslek Hastalıkları, Çalışma ve Sosyal Güvenlike Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2012.

[5] OdmanA., Avrupa'da İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Alanında Yeni Gelişmeler ve Mücadeleler, Eğitim Bilim Toplum Dergisi, Sayı: 41, Cilt: 11, 2013, s. 10.

[6]T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu, SGK İstatistikleri,< http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari > (Son Erişim Tarihi: 06.09.2018)..

[7] Akkuş, Z., Tarım Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Mardin Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 2017.

[8] Cooper. D. R. and Schindler. P. S., Business Research Methods. 12th Edition. New York. NY. ABD: McGraw-Hill Irwin, 2014.

[9] Karasar. N., Bilimsel Araştırma Yöntemi, Nobel Yayıncılık, 28. Basım. Ankara. 2015.

[10] Bhattacherjee. A, Social Science Research: Principles, Methods, and Practices. Textbooks Collection. 3.

http://scholarcommons.usf.edu/oa_textbooks/3 [12], 2012.

[11] Özen. Y. and Gül. A., Sosyal ve Eğitim Bilimleri Araştırmalarında Evren Örneklem Sorunu. Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi. 7: 394-422, 2007.

[12] Boyacıoğlu. H. ve Güneri. P., Sağlık Araştırmalarında Kullanılan Temel İstatistik Yöntemler. Hacettepe Diş Hekimliği Fakülte Dergisi. 30 (3): 76-82, 2006.

Türk ve Suriye Uyruklu Vatandaşların Evsel Geri Dönüşüm Atıklarının Araştırılması

Investigation of Domestic Waste Recycling of Turkish and Syrian Citizens

Hakki GÜLŞEN[1]
Sümeyra AKKUŞ[2]

[1]Çevre Mühendisliği, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[2]Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.

Özet

Katı atıklar enerji potansiyeli açısından oldukça yüksektir. Son zamanlarda yeryüzündeki enerji kaynakları giderek azalmaktadır. Buna karşılık olarak teknolojik ilerlemeler ile artan nüfus enerji ihtiyacını gün geçtikçe arttırmaktadır. Katı atıkların tabi ki tek başına enerji ihtiyacını karşılayabilmesi beklenemez. Fakat atıklar bertaraf edilirken aynı zamanda da enerji potansiyelleri de değerlendirilmelidir. Henüz beklenilen seviyeye gelinmemiş olsa bile dünyada atıktan enerji üreten ve lokal enerji ihtiyacını karşılayan bir çok tesis vardır. Bu çalışmada, Şanlıurfa'da yaşayan Suriyeli vatandaşların evsel çöpleri ile Türk vatandaşlarının evsel çöpleri içindeki geri dönüşüm malzemelerinin miktar ve türlerini araştırmak ve oranlarını bulmak amaçlanmıştır. Bu çalışmayla beraber Türk uyruklu ve Suriye uyruklu vatandaşların evsel atıklarının (mutfak atığı ile geri dönüşümlü atıklar) karşılaştırılması hedeflenmiştir. Türk ve Suriyeli vatandaşlar arasındaki mutfak ve geri dönüşüm atıklarının benzerlik ve farklılıkları nelerdir gibi soruların cevaplarını bulmak hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Evsel Katı Atık, Geri Dönüşüm, Türk ve Suriyeli Vatandaşlar.

Abstract

Solid waste, in terms of energy potential is quite high. Recently, the Earth's energy resources are gradually decreasing. In response to these technological advances, with increasing population, the need for energy is increasing every day. Alone cannot be expected to meet the energy needs of solid waste. But the energy potential of the waste is being disposed of at the same time also should be evaluated. Even though it is not yet reached the expected level in the world producing energy from waste to meet energy needs, and local facility. In this study, in Sanliurfa Syrian citizens of Turkish citizens who lives in the garbage of with household waste household waste recycling rates and investigate the amount and types of intended to find. This study, together with Turkish and Syrian nationals domestic waste (kitchen waste with recyclable waste), aimed to compare. Turkish and Syrian citizens, it is aimed to reveal the similarities and differences between the kitchen and the recycling of waste.

Keywords: Domestic solid waste, recycling, Turkish and Syrian Citizens.

1. Giriş

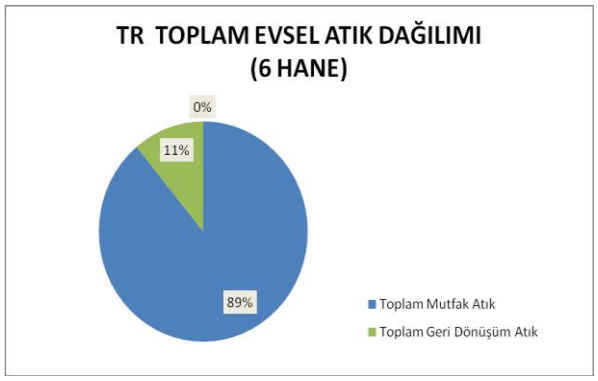
Katı atıkların düzensiz depolamayla değil, başka teknolojilerle bertarafı şüphesiz büyük maliyet oluşturmaktadır. Bu durumda atıklardan ekonomik olarak faydalanabileceğimiz ürünleri geri kazanmamız söz konusu olmaktadır. Enerji ve geri kazanım bu bağlamda üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir. Katı atıklarda enerji potansiyeli ve geri kazanım açısından oldukça yüksek potansiyele sahiptir. Geri dönüşüm: Enerji geri kazanımı ve yakıt olarak kullanımı ya da dolgu yapmak üzere atıkların tekrar işlenmesi hariç olmak üzere, organik maddelerin tekrar işlenmesi dâhil atıkların işlenerek asıl kullanım amacı ya da diğer amaçlar doğrultusunda ürünlere, malzemelere ya da maddelere dönüştürüldüğü herhangi bir geri kazanım işlemidir. Geri kazanım: Piyasada ya da bir tesiste kullanılan maddelerin yerine ikame edilmek üzere atıkların faydalı bir amaç için kullanıma hazır hale getirilmesi ve Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek2/B'de listelenen işlemlerdir. Yeniden Kullanım: Atıkların toplama ve temizleme dışında herhangi bir işleme tabi tutulmadan, üretim şeklidir [1]. Şanlıurfa'da yaklaşık 500 000 Suriyeli vatandaş yaşamakta olup bununla beraber Şanlıurfa şehrinin toplam nüfusu 2.031.425 civarına ulaşmıştır. Artan nüfusla beraber toplam çöp miktarı ve toplama-taşıma maliyeti artmış, düzenli depolama alan ihtiyacı ve kalifiye eleman ve işçi sayısının artmasının yanında makine ve ekipman ihtiyacı da artmıştır. Bu ihtiyaçları karşılamak adına çevre bilinci, çevre sağlığı, insan refahı, sürdürülebilirlik göz önüne alınıp bu çalışma yapılmıştır. Suriyeli vatandaşların evsel çöpleri ile Türk vatandaşlarının evsel çöpleri içindeki geri dönüşüm malzemelerinin miktar ve türlerini araştırmak ve oranlarını bulmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada Türk ve Suriye uyruklu vatandaşların evsel atıklarının (mutfak atığı ile geri dönüşümlü atıklar) karşılaştırılması hedeflenmiştir. Ayrıca bu çalışmada Türk ve Suriyeli vatandaşlar arasındaki geri dönüşüm atıklarının benzerlik ve farklılıklarını araştırmak ve ortaya koymak hedeflenmiştir.

2.Yöntem

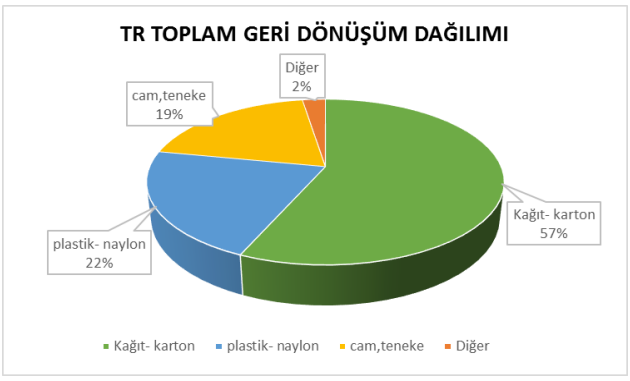
Farklı nüfus, lokasyon ve gelir seviyelerinde, 6 hane T.C. Vatandaşı, 6 hane Suriye Uyruklu aile belirlendi. Bu konuda Üniversitemizde okumakta olan Suriyeli öğrencilerden destek alınmıştır. Her eve siyah ve mavi çöp poşetleri ve bir dijital el kantarı verilerek, geri dönüşüm, geri kazanım, katı atık hakkında bilinçlendirme yapıldı. Siyah poşetlere mutfak atıkları, organik ve inorganik olarak günlük çöpler atılacağı, mavi poşetlere ise geri dönüşümlü atıklar (kağıt, karton, plastik, poşet, cam, metal, pil vs.) atılacağı belirtildi. Her akşam 21.00 da mutfak çöpleri (organik atıklar) verilen el kantarlarıyla tartılarak okunan değerler 45 gün boyunca not edilmiştir. Aynı şekilde haftada bir geri dönüşüm atıkları tartılarak not edilmiştir. Siyah çöp torbalarındaki evsel çöpler belediye tarafından her gün toplanıp bertaraf edilir. Mavi çöp torbalarında toplanan geri dönüşüm atıkları ise miktar ve oranlarının belirlenmesi için Harran Üniversitesi-Çevre Mühendisliği Bölüm laboratuvarına götürülmüştür.

3. Bulgular ve Tartışma

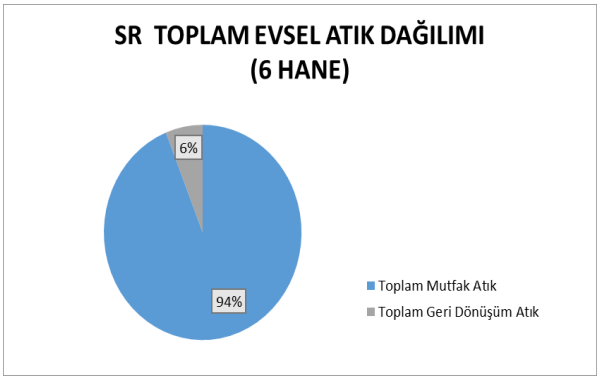
Bu çalışma 45 gün yapılmıştır. 6 TR ve 6 SR haneden oluşan toplam 12 lokasyon bulunmaktadır. TR hanelerinde 34, SR hanelerinde 35 kişi olup çalışma nüfusu toplam 69 kişidir. Bu çalışmada bundan sonra Türk ailelere ait 6 hane; TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6 olarak ve Suriyeli 6 hane ise SR1, SR2, SR3, SR4, SR5, SR6 olarak adlandırılacaktır.



Grafik 1. TR 45 Günlük Toplam Evsel Atık Dağılımı (%)



Grafik 2. TR 45 Günlük Toplam Geri Dönüşüm Atık Dağılımı (%)



Grafik 3. SR 45 Günlük Toplam Evsel Atık Dağılımı (%)

Grafik 4. SR 45 Günlük Toplam Geri Dönüşüm Atık Dağılımı (%)

Grafik 5. TR 45 Günlük Toplam Evsel Atık Grafiği (kg).

3.1 TR Haneleri Toplam Evsel Atıklar

En büyük fark 4. Hane ile 5. Hane arasında gözlemlenmiştir. 45 gün sonunda aralarındaki toplam fark 20 kg civarındadır. Yani, 5. Hane 4. Haneden günlük olarak ortalama 0,45 kg fazladır. Bunun sebebi 4. Hanenin genellikle dışarıdan ve hazır beslenmesidir. Ayrıca çocuk sayısı, okuyan öğrenci sayısı, market alış verişi 5. Haneden fazladır. 5. Hanenin genelde misafir ağırlaması, pazar alışverişi yapmasının da ayrıca etkisi vardır.

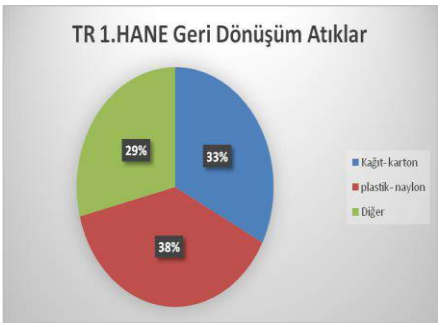
1. Hane ile 4. Hane arasında da 45 gün sonunda toplam fark yaklaşık 15 kg'dır. Yani 1. Hane 4. Haneden günlük olarak ortalama 0,33 kg fazladır. Bunun nedeni, 4. Hanenin 1. Haneye göre beslenme alışkanlıkları, gün içerisinde çocukların okulda olması, hazır gıdalar ve benzeridir.

5. Hane ile 6. Hane arasındaki toplam fark 45 gün sonunda 12,3 kg'dır. Yani, 5. Hane 6. Haneden günlük olarak ortalama 0,27 kg fazladır. Bunun nedeni de 5. Hanenin 6. Haneye göre beslenme alışkanlıkları, çalışan miktarı, okuyan öğrenci sayısıdır.

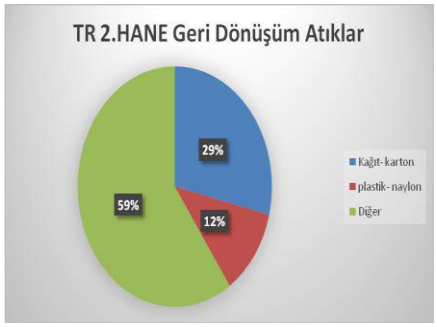
3. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonundaki fark ise 11,4 kg civarındadır. Yani 5. Hane 3. Haneden günlük ortalama 0,25 kg fazladır. Bu farkta yine, 5. Hanenin 3. Haneye göre beslenme alışkanlıkları, okuyan öğrenci sayısı, hazır yiyecekler etkili olmuştur.

2. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonundaki fark 10,4 kg civarındadır. Yani, 5. Hane 2. Haneden günlük olarak ortalama 0,23 kg fazladır. Bunun sebebi ise 5. Hanenin 2. Haneye göre çok az da olsa misafir oranı etkili olmuştur (Grafik 1 ve Grafik 5) (Tablo 1).

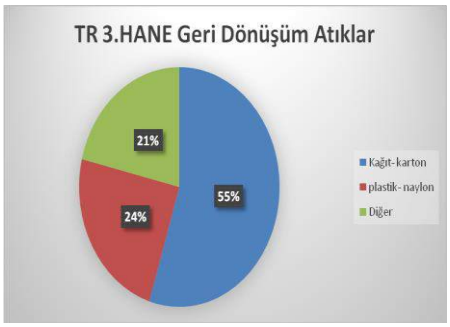
3.2 TR Haneleri Geri Dönüşüm Atıkları



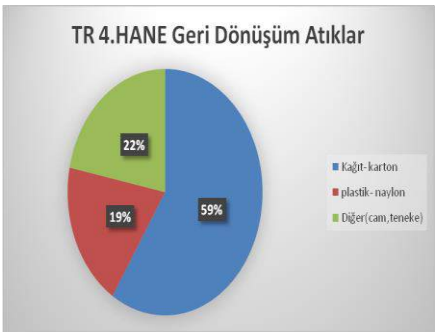
Grafik 6. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



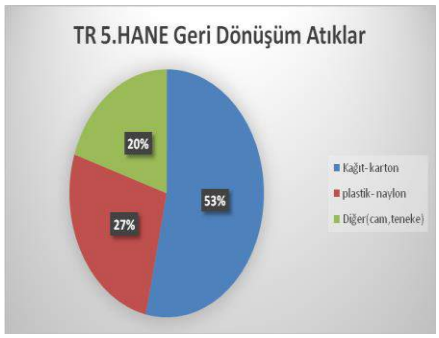
Grafik 7. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



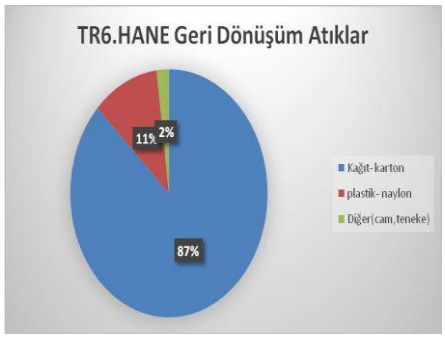
Grafik 8. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 9. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 10. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 11. TR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)

En büyük fark 2. Hane ile 5. Hane arasında gözlemlenmiştir. 45 gün sonunda aralarındaki fark 5,5 kg civarında olup 5. Hane 2. Haneden haftalık olarak ortalama 0,927 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alması geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 5. Hanenin kağıt-karton oranı 2. haneden fazladır. 2. Hanenin pazar alışverişi yapması, hazır gıdayı daha az tüketmesi kağıt-karton geri dönüşüm miktarını etkilemiştir (Grafik 7 ve Grafik 10).

1. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonundaki fark 3,8 kg civarında olup 5. Hane 1. Haneden haftalık olarak ortalama 0,64 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 1.Hanenin pazar alışverişi yapması, sadece bir tane okuyan öğrencisi olması, organik beslenmesinin etkisi vardır. Plastik-naylon kullanımı 1. hanede daha fazladır (Grafik 6 ve Grafik 10).

5. Hane ile 6. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark 3,7 kg'dır. Yani 5. Hane 6. Haneden haftalık olarak ortalama 0,614 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin sınava hazırlanan öğrenciye sahip olması, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi, geri dönüşüm

miktarında artışa sebep olmuştur. 6. Hanenin pazar alışverişi yapması, genel olarak çalışan olması, dışarıdan beslenilmesinin etkisi vardır. 6. Hanede 2 tane lise, 2 tane üniversite öğrencisi olduğu için kağıt oranı %87 civarındadır (Grafik 10 ve Grafik 11).

3. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark 2,3 kg civarında olup 5. Hane 3. Haneden haftalık olarak ortalama 0,39 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 3. Hanenin küçük çocuklarının olması, ilkokul düzeyinde okuyan öğrencisi olması kağıt tüketiminin artmasına etki etmiştir (Grafik 8 ve Grafik 10).

4. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark 1 kg civarındadır. Yani 5. Hane 4. Haneden haftalık olarak ortalama 0,173 kg fazladır. Buradaki fark çok az bir miktar olup 4. Hane ve 5. Hanenin geri dönüşüm atıkları neredeyse aynıdır (Grafik 9 ve Grafik 10).

3.3 SR Haneleri Toplam Evsel Atıklar

Grafik 12. SR 45 Günlük Toplam Evsel Atık Grafiği (kg)

En büyük fark 1. Hane ile 4. Hane arasında gözlenmiştir. 45 gün sonunda aralarındaki fark 67,5 kg civarında olup 1. Hane 4. Haneden günlük olarak ortalama 1,5 kg fazladır. Buradaki fark 4. Hanenin genelde dışarıdan beslenmesidir. Ayrıca çocuk sayısı, okuyan öğrenci sayısı, market alışverişi 1. Haneden azdır.

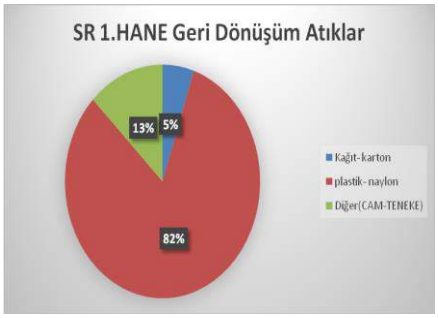
2. Hane ile 1. Hane arasında da 45 gün sonunda fark 54 kg civarındadır. 1. Hane 4. Haneden günlük olarak ortalama 1,2 kg fazladır. Buradaki fark 2. Hanenin 1. Haneye göre beslenme alışkanlıkları farklı olması, gün içerisinde çocukların okulda olması, hazır gıdalar vb. etkili olmuştur.

6. Hane ile 1. Hane arasında 45 gün sonundaki fark 45,85 kg civarındadır. Diğer bir açıdan 1. Hane 6. Haneden günlük olarak ortalama 1 kg fazladır. Buradaki fark ise 1. Hanenin 6. Haneye göre beslenme alışkanlıkları, çalışan miktarı, nüfusu, çocuk sayısı etkili olmuştur.

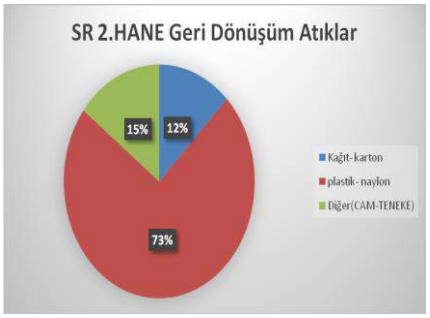
5. Hane ile 1. Hane arasında 45 gün sonundaki fark 35 kg civarında olup 1. Hane 5. Haneden günlük olarak ortalama 0,77 kg fazladır. Buradaki fark yine 5. Hanenin 1. Haneye göre beslenme alışkanlıkları, çalışan miktarı, okuyan öğrenci sayısı, hazır yiyecekler etkili olmuştur.

3. Hane ile 1. Hane arasında 45 gün sonundaki fark 5 kg civarındadır yani 5. Hane 2. Haneden günlük olarak ortalama 0,11 kg fazladır. Burada fark çok az bir miktardır yani 3. Hane ve 1.Hanenin mutfak atıkları neredeyse aynıdır (Grafik 3 ve Grafik 12) (Tablo 1).

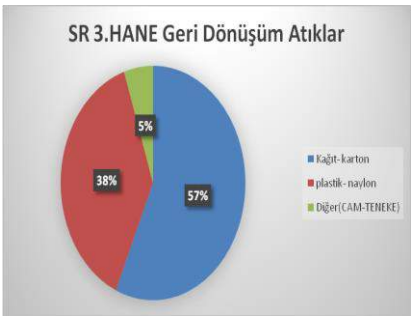
3.4 TR Haneleri Geri Dönüşüm Atıkları



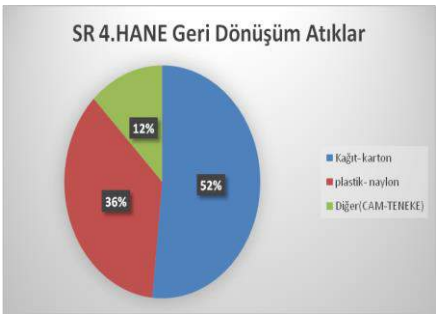
Grafik 13. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



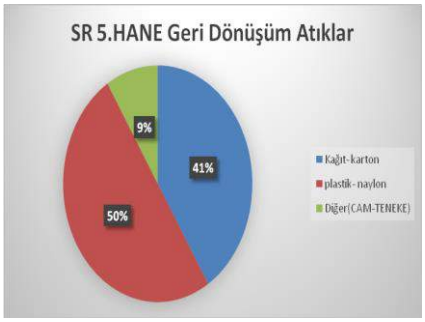
Grafik 14. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



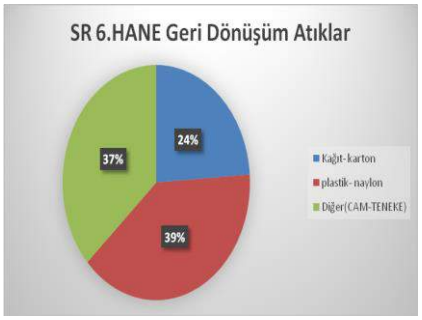
Grafik 15. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 16. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 17. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)



Grafik 18. SR Toplam Geri Dön. Atık Dağılımı (%)

En büyük fark 2. Hane ile 5. Hane arasında gözlemlenmiştir. 45 gün sonunda aralarındaki fark 7,77 kg civarında olup 5. Hane 2. Haneden haftalık olarak ortalama 1,3 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 2. Hanenin pazar alışverişi yapması, hazır geri dönüşüm miktarınında ayrıca etkisi vardır. 2. Hane 5. Haneden daha fazla plastik kullanmaktadır. Bunun en büyük nedeni fast food beslenme, hazır içeceklerdir (Grafik 14 ve Grafik 17).

3. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark 7,2 kg civarında, yani 5. Hane 3. Haneden haftalık olarak ortalama 1,2 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 3. Hanenin Pazar alışverişi yapması, sadece bir tane okuyan öğrencisi olması, organik beslenmesinin etkisi vardır. 3. Hanede okuyan öğrenciye sahip olduğundan kağıt miktarı fazladır (Grafik 15 ve Grafik 17).

5. Hane ile 6. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark yaklaşık 7 kg'dır. 5. Hane 6. Haneden haftalık olarak ortalama 1,16 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi, geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 6. Hanenin Pazar alışverişi yapması, genel olarak çalışan olması, dışarıdan beslenilmesinin etkisi vardır. 6. Hane cam kullanımına özen gösterip kağıt miktarında çok az bir orana sahiptir (Grafik 17 ve Grafik 18).

4. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark yaklaşık 5,7 kg'dır. Yani 5. Hane 4. Haneden haftalık olarak ortalama 0,95 kg fazladır. Buradaki fark 5. Hanenin okuyan, sınava hazırlanan öğrenci sayısı, market alışverişinde ambalajlı ürün alınmasına dikkat edilmesi geri dönüşüm miktarında artışa sebep olmuştur. 4. Hanede yine okuyan kişilerden ötürü kağıt oranında fazladır (Grafik 16 ve Grafik 17).

1. Hane ile 5. Hane arasında 45 gün sonunda aralarındaki fark 3 kg civarındadır. 5. Hane 1. Haneden haftalık olarak ortalama 0,5 kg fazladır. 1. Hane çalışanlardan ve okuyanlardan oluşan bir ev olduğundan ayrıca mülteci durumlarından ötürü sürekli misafir ağırlayan bir evdir. Bunun yanında fast food tüketimi, hazır gıda, hazır içecekler plastik şişe ve kaplardan sağlanmaktadır. Fakat, buradaki fark çok az bir miktardır yani geri dönüşüm atıkları neredeyse aynıdır (Grafik 13 ve Grafik 17).

3.5 TR ve SR Haneleri Evsel ve Geri Dönüşüm Atıkları

Genel olarak kültür benzerliği nedeniyle organik (mutfak) atıklarda büyük bir fark görülmemiş olup bunun sonucunda kişi başına düşen çöp miktarında da pek anlamlı fark görülmemiştir.

Birim geri dönüşüm atık miktarında, organik atığa oranla daha büyük fark görülmüştür. TR ailelerindeki kağıt ve karton oranı fazla iken, SR ailelerinde plastik ve naylon oranı daha fazla olduğu bulunmuştur. Geri dönüşümdeki TR ve SR aileleri arasındaki bu farklılığın nedeni bazı ailelerin beslenme alışkanlıkları, tamamen organik olup ve pazara dayalı olması, hazır gıda ve market tüketimi yapmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir neden ise aileler arasındaki çocuk ve yetişkin sayısındaki fark ve okula giden, sınava hazırlanan öğrenci sayısından kaynaklanmaktadır (Tablo 1 ve Tablo 2).

Tablo 1. TR ve SR Haneleri 45 Günlük Toplam Evsel Atık Miktarları (Mutfak+Geri Dönüşüm) (kg)

HANELER	TR Mutfak Atığı (kg)	SR Mutfak Atığı (kg)	TR Geri Dön. Atık (kg)	SR Geri Dön. Atık (kg)
1. Hane	77,533	119,011	7,22	7,670
2. Hane	72,400	65,012	5.490	2,875
3. Hane	71,415	114,010	8,715	3,445
4. Hane	62,577	51,480	10,012	4,915
5. Hane	82,810	84,008	11,052	10,640
6. Hane	70,570	73,161	7,366	3,670
TOPLAM (kg)	437,305	506,682	49,855	33,215

Tablo 2. TR ve SR İçin Birim Evsel Atık Miktarları

Hane Başı Birim Çöp Miktarı	Kişi Başı Birim Çöp Miktarı
TR İçin : 1.82 kg/hane.gün SR İçin: 2 kg/hane.gün	TR İçin : 320 g/kişi.gün SR İçin: 342 g/kişi.gün

4. Sonuç

Genel olarak kültür benzerliği nedeniyle organik (mutfak) atıklarda büyük bir fark görülmemiş olup bunun sonucunda kişi başına düşen çöp miktarında pek de anlamlı fark görülmemiştir.

Birim olarak geri dönüşüm atık miktarında, organik atığa oranla daha büyük fark görülmüştür. TR ailelerindeki kağıt ve karton oranı fazla iken, SR ailelerinde plastik ve naylon oranı daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu sonuca göre SR aileleri genelde fast food beslenmekte, market alışverişi yapmakta, hazır gıdalar kullanıp plastik, naylon, pet gibi ambalaj atıklarını tercih etmektedir.

45 gün sonunda TR ailelerinin geri dönüşüm miktarı yaklaşık 50 kg iken, SR ailelerinin 33,5 kg'dır. TR ailelerinin geri dönüşüm miktarı fazla iken SR nin daha azdır. Bunun yanında TR aileleri % 57 kağıt-karton oranına sahip iken, SR aileleri % 31 kağıt-karton oranına sahiptir. TR ailelerinde % 22 plastik-naylon, SR ailelerinde % 55 plastik-naylon oranı vardır. Yani ağırlık olarak kağıt-karton oranı daha fazladır. Aynı şekilde TR aileleri % 19 cam-teneke oranına sahipken SR de ise % 11 dir. Sonuç olarak hacim bakımından değerlendirirsek SR ailelerinin geri dönüşüm oranı daha azdır. Ayrıca gerek ekonomik olarak, gerek sosyal olarak mülteci olmaları nedeniyle okumaya olan ilgi daha azdır.

Sonuç olarak; Mutfak atık miktarında yaklaşık olarak aynı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce yapılan anketlerde TR ailelerinin sosyo-ekonomik durumlarında çok büyük bir fark gözlenmemiştir. Evdeki kişi sayısı, okuyan çocuk-genç, çalışan kişi ya da çocuk yaş aralığı (0-6 yaş) göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Gerek aile yaşantısı, gerek kültür olarak TR (Şanlıurfa) aileleri genellikle benzerlik göstermektedir

5. Referanslar

[1] Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Özet

Müslümanların zaman ve mekân algısı açısından Hicret yeni bir dönüm noktası olmuştur. Hicretten sonra Medine bir şehir olarak Muhammedi anlayışa uygun bir şehirleşmeye ev sahipliği yapmıştır. Medine bu anlamta taşıdığı misyon itibariyle diğer şehirlere rol model olmaktadır. Doğru algıyla bakıldığında İslam'da şehir, şehirli ve şehirleşme kavramları çok önem taşımaktadır. Bu anlamda bu bildiride mülkiyete doğru bakış nasıl omalıdır ışığı altında kent kentli ve kentleşme kavramlarına bakış anlatılmıştır. Bunun yanında CBS ve Geotasarım kavramlarının bu anlayış ışığında Türkiye'de nasıl kullanılabileceğine ilişkin uygulamalar anltılmıştır.

Anahtar kelimeler:

CBS, Şehir, Şehirli

Abstract

Hijrah, a turning point in terms of Muslims' time and space identifications, has also begun a new process in which perceptions of life. After Hijrah, Yesrib became a city, and a host to the Mohammedi urbanization process. It is possible that Madinah may be the role model of cities because of the mreason and scope that it contains. In Islam, the concepts of urban, urbanite and urbanization have an important meaning with correct ontology. In this paper the correct ontology on the property is summarized for the understanding of the concepts of urban, urbanite and urbanization. Meanwhile GIS and Geodesign methodologies, which are important tools of approachs to urban texture, are told in urban transformstion applications in Turkey under this ontology

Keywords:

GIS, Urban, Urbanization.

Şehir, şehirli ve şehirleşme kavramlaının sürüdrülebilirliği açısından CBS ve Geotasarım Teknolojilerinin Kullanımı

The Sustainability of Universal Urban, Urbanisation and Urbanite Concepts: The Utilisation Of Geographic Information Systems And Geodesign In Turkey

Saffet ERDOĞAN[1]
Recep ASLAN[2]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Veteriner Hekimliği Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye,

1. Introduction

Different civilisations have established their aesthetic and cultural marks on cities based on their acquired ideologies. Since our main point of view is those cities built by Islamic societies, we can note that many good virtues and intellectual activities are produced in these cities, such as science, lore, and decency. In addition, living in a community is of great importance for fertility, trust, solidarity, consultation, awareness building, positive communication and interaction. Human beings can be free and individual may be members of a congregation or an entity. From the outset, life is largely social and people are encouraged to live together. In the Qur'an, many verses emphasise collective living in cities and include warnings and disapproval for those living around cities (Tevbe, 97).

Civilization development criteria are more evident with cities and city life measures. Even though the founders of new cities and civilisations came from villages, deserts or from other civilised societies, they constructed a new culture and civilisation in the cities. The concept of civilisation refers to a developmental phase in terms of cities and societies, and it constitutes an integrity that is different from the physical unity of the homeland. The construction of this integrity began in the urban settlements, and many scientists agree that in the first years of Islam, being an urbanite meant living in the Medina City (Kılıç, 2017). In his book on Medinetü'l Fazilla, Farabi (2001) describes concepts such as the virtuous city, where inhabitants can find peace, happiness and satisfaction. Farabi's *'happiness/satisfied'* concept
is important and his idea of '*access to happiness*' mentions creating a vision of a world that aims to achieve happiness in all its cities and that works together as one ideal nation (Farabi, 2001). Surat (verse) al-Fajr (27-30) points out in its verses, that as it is the satisfied people who are invited to heaven, our cities should include environments for those who want happiness and satisfaction. It is also important for the international community to contribute towards achieving this goal, and to consider the impact of globalisation and how to '*think globally and act regionally*'. If the international community really cares about the target of family love and peace, the globalising world should make them reconsider, and ensure that this aim takes precedence over the ambition to earn money (Dundar, 2016).

The islamic civilisation movement began with the advent of Resulullah (Prophet Mohammad peace be upon him-SAV) and the understanding of the faith, the deeds and his communion with ashabah (sincere friends). This movement started in the Medina City and subsequently in the cities of Baghdad, Damascus, Cairo, Kurtuba, Kufe, Basra, Isfahan, Shiraz, Diyarbakir, Cisre, Hasankehf, Tillo, Darende, Konya, Kayseri, Bursa, Ankara and Istanbul. Such cities have become centres of Islamic civilisation, knowledge, wisdom and art. Through the interaction of space and humanity, the people of these cities have improved their environment immeasurably. One of the most important issues to be addressed is the perspectives of these people towards their cities and their environment. Today, Muslim countries are experiencing difficulties achieving their historical backgrounds, because of the biased perceptions of society. In this sense, this article refers to the ontology and methodology of the "touching" with regard to the city, as to how it should be for us to understand them. We consider that it important to examine an old letter before we introduce the perception of urbanisation in the Qur'an, Sunnah and Muslim world. In 1855 President Franklin Pierce of the United States made a 'request' to Chief Seattle to 'sell' his land to the government. In his reply, Chief Seattle illustrates his native continental vision. Let's take a look at the letter that Chef Seattle expresses to his feelings, thoughts and the clues it carries. *'The great chief in Washington sends word that he wishes to buy our land. The great chief also sends us words of friendship and goodwill. This is kind of him, since we know that he has little need of our friendship in return. But we will consider your offer, for we know that if we do not do so, the white man may come with guns and take our land. How can you buy or sell the sky, the warmth of the land? The idea is strange to us. If we do not own the freshness of the air and the sparkle of the water, how can you buy them? Every part of this earth is sacred to my people. Every shining pine needle, every sandy shore, every mist in the dark woods, every clearing and humming insect is holy in the memory and experience of my people. The sap which courses through the trees carries the memories of the red man. The dead white men forget the country of their birth when they go to walk among the stars. Our dead never forget this beautiful earth, for it is the mother of the red man. We are part of the earth and it is part of us. The perfumed flowers are our sisters; the deer, the horse, the great eagle, these are our brothers. The rocky crests, the juices in the meadows, the body heat of the pony, and man all belong to the same family. We know that the white man does not understand our ways. One portion of land is the same to him as the next, for he is a stranger who comes in the night and takes from the land whatever he needs. The earth is not his brother, but his enemy, and when he has conquered it, he moves on. He leaves his father's grave behind, and he does not care. He kidnaps the earth from his children, and he does not care. His father's grave, and his children's birth right are forgotten. He treats his mother, the earth, and his brother, the sky, as things to be bought, plundered, sold like sheep or bright beads. His appetite will devour the earth and leave behind only a desert.'* In the first part of the letter, after description of his vision about his society and the environment and habitat of the creatures, he advises the US citizens as follows. *"So, we will consider your offer to buy our land. If we decide to accept, I will make one condition- the white man must treat the beasts of this land as his brothers. I am a savage and do not understand any other way. I have seen a thousand rotting buffaloes on the prairie, left by the white man who shot them from a passing train. I am a savage and do not understand how the smoking iron horse can be made more important than the buffalo that we kill only to stay alive. What is man without the beasts? If all the beasts were gone, man would die from a great loneliness of the spirit. For whatever happens to the beasts, soon happens to man. All things are connected. If we sell you our land, remember that the air is precious to us, that the air shares its spirit with all the life it supports. The wind that gave our grandfather his first breath also receives his last sigh. The wind also gives our children the spirit of life. So, if we sell you our land, you must keep it apart and sacred, as a place where man can go to taste the wind that is sweetened by the meadow flowers. Will you teach your children what we have taught our children? That the earth is our Mother? What befalls the earth befalls all the sons of the earth. This we know: The earth does not belong to man, man belongs to the earth. All things are connected like the blood that unites us all. Man did not weave the web of life; he is merely a strand of it. Whatever he does to the web, he does to himself. Your destiny is a mystery to us. What will happen when the buffalo are all slaughtered? The wild horses tamed? What will happen when the secret corners of the forest are heavy with the scent of many men and the view of the ripe hills is blotted by talking wires? Where will the thicket be? Gone! Where will the eagle be? Gone! And what is it to say goodbye to the swift pony and the hunt? The end of living and the beginning of survival. When the last red man has vanished with his wilderness and his memory is only the shadow of a cloud moving across the prairie, will these shores and forests still be here? Will there be any of the spirit of my people left? We love this earth as a new-born loves its mother's heartbeat. So, if we sell you our land, love it as we have loved it. Care for it as we have cared for it. Hold in your mind the memory of the land as it is when you receive it. Preserve the land for all children and love it, as God loves us all. Because, if we love the heartbeat of a new-born baby, we like the environment. If you guard your whole power, all your mind and your whole heart, you will see that you will love him. After all this we can be brothers with you.'* When we examine the Indian chief's Seattle's manifesto, we see it has traces of Tawhid. The world vision of the chief and Indians is like that of Islam in its approach to existence and concepts of property with divine understanding. It is understood that the Indians, the indigenous people, and the true owners of the land have been aware of the risks to their land and natural environment they live in face of the European immigrants (the new hosts) and their gaze. Indians interiorise the environment, they do not divide their living space with artificial boundaries or think of the world as separate from their sensations and in a metaphysical sense, everything appears to exist alongside other materials. They are all siblings and the molecular world is a mother's place for all molecular structures. They are aware of the risks from others and are afraid that their new neighbours and enemies will make the world unworkable in terms of the earth's natural resources. Similarly, Rousseau, a thinker before Seattle in the last century, writes about ownership/possession as, *"the first man who, having enclosed a piece of ground, bethought himself of saying,*

'this is mine', and found people simple enough to believe him, was the real founder of civil society. From how many crimes, wars, and murders, from how many horrors and misfortunes might not any one has saved mankind, by pulling up the stakes, or filling up the ditch, and crying to his fellows: Beware of listening to this impostor; you are undone if you once forget that the fruits of the earth belong to us all, and the earth itself to nobody" (Rousseau, 2011). He realised that the concept of ownership was misunderstood, but he could not reveal the truth. It is also expressed as a warning that the possession belongs to God, that a man who does not realize this property, including the body, is entrusted to him, will turn the world into a bloodbath as expressed in the Qur'an in the example of Angels. *'And (remember) when your Lord said to the angels: "Verily, I am going to place (of mankind) a khaleefah (caliph) on earth."* They said: *"Will You place therein those who will make mischief therein and shed blood- while we glorify You with praise and thanks (exalted be You above all that they associate with You as partners) and sanctify You.* In brief, a civilised urbanisation, urbanism and urbanity can only be realised through the correct understanding of the concept of 'possession/ownership' and the demonstration of the correct behaviour in accordance with the right understanding.

2. Possession/Ownership Reception and Urbanism

The construction of the correct basis for the concept of the property is clarified in the Qur'an and the Sunnah as explained in Surat (verse) al-Kahf (32-42). The first condition for the correct definition of property and ownership is that the truth about creatures and things is known. For this reason, it is necessary to perceive the fact of Sunnatullah and Tawhid, to feel and acknowledge this fact, and even to experience it at a deeper level. People who cannot explain and understand concepts such as human, earth, property and ownership, may have spent their lives in different forms of philosophy and management, such as capitalism, communism, socialism with a wrong vision in regards to division of land and property. Because of the misunderstanding of these concepts, this has led to injustice, turbulence and world wars, which prove that Angels were right as told in the Qur'an-Bakara (30), as follows. *'And when your lord said to Angels I'll make upon the earth a successive authority they said will you place upon it one who causes corruption therein and sheds blood while we declare your praise and sanctify you.'* This line; *'Indeed I know which you do not know'*, indicates that the wisdom that God's caliph has the potential to achieve satisfaction, and that the caliph will fulfil this social mission despite the bloodshed (A'raf, 128; Kasas, 83). Wisdom means the capacity to judge correctly in matters relating to life and conduct, which is not noticed at first glance. It is a hidden cause and unseen knowledge to most people, with a soundness of judgement in the choice of means and ends. In order to achieve wisdom, knowledge has to be applied in the right way, as for most people hidden causes and unseen knowledge prevent them from acting according to the words. Wisdom is usually mentioned in the Qur'an as both "book and wisdom". Wisdom is the knowledge and status that includes the grace to perceive the system and order of Allah, and has been given as a favor to the Nebi, Resul and those selected by Allah. Wisdom is at such a level that only wise men can understand and declare it (Baqarah, 151, 269; Ali imran 58,164). In this sense, Allah (God) is the absolute possessor of property and savings. Mankind is the caliph of Allah, who accepts Allah's offer, and works in the world on his behalf. Mankind who makes preferences using the title of 'caliph' in the name of Allah, are awarded/penalised according to the choices. In brief, mankind is confronted with this verse (Ar Rum, 41) in the face of the forgotten and corrupted perception of trust, which was loaded as caliph. *"Corruption has appeared throughout the land and sea by [reason of] what the hands of people have earned so he may let them taste part of [the consequence of] what they have done that perhaps they will return [to righteousness]" (Ar Rum, 41).* If we look to our society to examine the place of the perception of property and ownership in the urban settings, we can see the rapid social change. First, the expression used for the city administration was the 'şehremaneti/ city-custody' and 'şehremini/city-trustworthy" was also used for city administrators. It is possible to see world traces of mind, which sees cities as a 'trust' as we have mentioned, not to establish a dominance over cities. In other words, 'şehremaneti' is a name that does not forget our perception that "This life is a test, like everything else, cities are entrusted to us, and we can pass through the examination successfully when we behave properly to this trust". It is important that what this term has brought to us is that the administrators should be both well-assured and trustworthy. The changes in the concepts recently attributed to city administrators and city managers (mayor, special provincial administration, council) reflect the forgotten and changing ontology and accompanying perception (Şahin, 2014). When people imagine a life according to their notions and beliefs, they organise their surroundings accordingly, so Islamic cities emerged as a product of the efforts of the Muslim people to regulate their environment, to realise it to match their knowledge, and to change it in accordance with the evolution in their understanding (Demirci, 2003). In the last 50-60 years, as a result of wrong policies in the world, our mosques and foundation-bedestens have been abandoned in the cities and in different regions of Turkey. They have been transformed into asphalt and concrete masses far from any aesthetic understanding, with increasing exhaust fumes from vehicle traffic, an increase in noise, and high crime rates. These negative transformations are expressed in concepts such as the changed city, the ignored city, the wicked city and the dignified city. (Al Farabi/ Alpharabius). It can be argued that in these new urbanisations, the concept of neighbourhood has not been considered. The prevalence of distorted urbanisations in large cities has turned the people who grew up in such a social environment into 'crude' human forms, as emphasised in the Qur'an. This took place, not just in the big cities, but also in the small cities' settlement areas. For example, Afyonkarahisar, (Turkey) is mentioned by Evliya Çelebi in his Book of Travel (17th Century) when it is said *'There is a spirit in this city and a person will see his heart when he enters this city'.* Today, the Çavuşbaş district of Afyonkarahisar takes 15th place in the country's most dangerous and impenetrable neighbourhoods. In short, in this context, we are faced with the truth of the verse of Rum (41) "*Corruption has appeared throughout the land and sea by [reason of]*

what the hands of people have earned so He may let them taste part of [the consequence of] what they have done that perhaps they will return [to righteousness]." since the forgotten and corrupted sense of trust that is loaded as a caliph. The way of getting rid of this situation is to cognize the correct perception and the revealing of the righteous behaviors, according to that perception, which is recommended and is praiseworthy for believers (Beyyine 7). In Islam, cities are known to be beautiful, because they are established by an advanced vision based on tewhid, not only in terms of the characteristics of cities related to power, strength and physical possibilities. The beauty of Islamic cities also reflects the beauty of the Sunnatullah rules that were expressed and built by the believers (Dündar, 2015). Pouring concrete does not mean to build cities. The intention behind the building is important and has a meaning. The concept of urban transformation emerges as a tool to intervene in cities and to display a *'righteous deed*. Urban transformation applications need to be applied in the light of this ontology. Unfortunately, when we look at the applications of urban transformation, instead of city planning by reducing density or improving the city landscape, we see increase in the number of vertical structures, the use of concrete and high unearned income (rent). When considered from the point of view that urban transformation practices are a legal tool for good deeds based on the ontology mentioned, the definition of a "*righteous deed*" becomes clear. In this context, a good act-"the righteous deed"- is the reflection of the rules and regulations in the Qur'an and sunnetullah in the form of legislation, laws and regulations that will develop the earth and cities as a result of an awareness of the above mentioned ontology.

3. Implementing the Righteous Deeds: Giving Spirit to Cities with GIS and Geodesign Applications for Urbantransformation

Urban transformation is an effective tool for physical and social interventions as a means of improving and regulating all types of property that are contrary to the spirit of the city and which contribute to the deterioration of their physical and social structures (Akkar, 2006). Ülger (2010) remarks that comprehensive and integrated strategies are applied in order to improve the social, physical, environmental and economic conditions of collapsed and deteriorating urban spaces, and states that legal possession is arranged according to the new zoning plan data. There was rapid migration to the cities when they became attractive due to industrialisation and economic, educational and business opportunities. Any homogeneity in the social, cultural and economic life of the city was abolished and its incongruities increased. Uncontrolled and unplanned settlements due to immigration make it necessary to re-observe and improve the physical, social and residential conditions of the buildings inhabited by the population of an increasingly differentiated population. Urban transformation can be regarded as an integral and specific process of land development in the above-mentioned ontology. To develop this process, we need to realise; A new law, Urban design and development plan change, Application methods defined by law, According to this method, an application regulation describes how to implement urban transformation applications (Ülger, 2010). Laws, regulations and plans will be developed in relation to the changes and implementation of new methods and the concept of geodesign will be emphasised as a method of applying zonal plan changes. The implementation of the design (the soul to be sought), in urban transformation, requires planning and a consideration of the physical and social parameters related to the city and human life combined. The parameters include spatial data based on the population structure, distribution, education, health, social, economic and cultural levels. The existing situation must be correctly depicted and modelled, and accurate and coherent zonal plans, immovable values, ownership information, infrastructure, social facilities, etc., must be collected and analysed. Geographic information systems (GIS) are the most effective tools for storing, visualising, analysing and presenting collected spatial data. GIS is a management system and decision support tool in which spatial and attribute data is collected, stored, modelled, analysed and presented to solve space-related problems. The concept of urban/city information systems (CIS) is used for the expression of GIS applications in an urban scale. CIS is used for the storage, analysis and integrated management of the spatial data related to a city to solve spatial problems in an urban dimension (Erdoğan, 2014). In terms of government of Turkey, it has been realised that geographic and urban information systems are a series of tools that facilitate the efficient provision of urban services. Therefore, establishing CIS is also defined in municipal law as a responsibility of city administrators. GIS is a system used throughout the world for managing information related to geographic space. It automates cartographic processes, presents information layers in map format, and provides visualisations of the earth. Geodesign is also an efficient design and planning tool, and a set of processes with advanced functions for determining, analysing and interpreting all kinds of natural and artificial environmental events. To reveal the human-induced changes in the world requires a methodology that includes planning and design processes, and technologies that integrate them. Geodesign has emerged as the tool to do this. The word '*geodesign'* is formed by the combination of the words 'geo' and 'design', where 'geo' is an abbreviation of the word geographic, and describes the geography and areas of interest that covers everything above the earth's surface, while 'design' refers to the process of making appropriate interventions in relation to the geographical situation. GIS is used as a platform in "Geodesign" for viewing and superimposing thematic layers on geographical information to determine correct or incorrect results for land use, using the precept of designing with nature. Pioneering work by McHarg helped to establish a significant basis for environmental planning, and for the use of GIS in Geodesign (Akpinar, 2014; Dangermond, 2010). This methodology brings together science, design and technology, offers alternative scenarios for the future, and allows designers to quickly collaborate, evaluate, make decisions and reach conclusions. Dangermond (2010) was one of the first researchers to use geodesign and described it as follows: "Cities are the places where we spend most of our lives. They have become human-made ecosystems, with living and non-living components at the primary level. New

approaches to recognise, manage and design cities as living spaces for modern citizens is required. GIS technology is used to manage natural ecosystems throughout the process, including mapping and analysing". Carl Steinitz is a pioneer of the geodesign approach using a conceptual framework and developing implementation procedures. Along with his colleagues at Harvard University, he has been working in the field of conceptual frameworks, design strategies and techniques for more than 30 years as part of landscape planning studies and the creation of the concept of geodesign. Steinitz emphasises the influence of geography on design, and says that geographical design means geodesigns. He first developed the model known as 'A Framework for Landscape Planning' as 'The Steinitz Framework for GeoDesign' (Steinitz, 2012). This framework is based on the application of six procedures relating to the entire landscape or environmental planning process. When we examine the framework of Steinitz's Geodesign process, the first three procedures involve the process of the assessment of the current situation based on existing geographical conditions, and the first question is how to define the earth/system. This process is carried out by dividing geography into data inventory layers using GIS. The second question is how the geography system works. Here, GIS is used to combine data with the spatial analysis model, which enables the identification of geographic processes. The third question is how to change the geographical system when all factors are considered, and compliance and capacity modelling using GIS helps answer this. The next three procedures involve the intervention process regarding how the environment should be. In other words, how to change the content determined in these procedures, what the potential consequences of such changes are, and whether or not the contents should be changed (Çabuk et al., 2012). The fourth question in the second stage is what alternative scenarios there are in the design of a city's future, and drafts of possibilities must be prepared. Then, the user is asked how the changes will be effected, how the results can be quickly assessed, and how GIS can be used to assess the effects of alternatives. The final decision is made by considering how the geography should be changed. At this point, such issues as politics and values need to be included in the decision-making process. Geodesign incorporates all six stages and provides a fast and adaptable process for system intervention for a more sustainable future (Steinitz, 1995; 2012).

4. Conclusions and Recommendations

Man has always felt the power to dominate himself, others and his surroundings and has used this power at every opportunity. However, it is a matter of debate whether or not the world can really be understood by mankind. When we look at the images that make up the physical appearance of the world's assets, the source of all of them, including man, is soil, and when we look at the earth, we see minerals. What distinguishes man from other beings on earth, however, is the ability to transform himself and nature by using the technology and tools he has invented as 'caliphs'. For this reason, humans are solely responsible for environmental and urban problems. Today, everywhere pollution is caused by human intervenion; groundwater, rivers, seas, lakes, air, water, light, sounds and cities are all polluted. Almost everywhere in the World, and in every living thing, there are traces of industrial chemicals, most of which are toxic. As in every period of history, today man continues to approach nature from his own selfish viewpoint, to further his own life, and there are only a few people with foresight and advanced thoughts who can escape from this way. The letter from Chief Seattle referred to the natural world, and studies of the North American Indians show that they saw themselves as an integral part of the world they lived in, who defined their environment as '*the mother',* and who saw every being as a live sibling. According to their beliefs, all
beings are as alive and conscious as human beings, and stones, trees, mountains, lakes and all other objects are considered as possessing valuable life. All these facts can call and educate human beings if humans pay attention and listen to nature. The feeling of kinship they felt with the soil, which is common to all existence, led them to approach nature as if it was another person. They considered all members of nature as their sisters, which made them learn about natural life in detail and with interest, sincerity and love. Accordingly, all the phenomena in the world are living organisms and have feelings; the sun, the moon and the earth. This intellection that the fact that all such phenomena have feelings, that the sun, the moon and the earth are living organisms, is the first knowledge of man based on tewhid, and reveals the cultural depth of these people. It is understood that the Indians are surprised by President Franklin Pierce offer to buy their land in 1854. They saw themselves as friends and protectors, not owners of the land they lived on and with, so such an offer was insulting to all existence. When their own lives were under threat, they proposed to save the environment, not themselves, which indicates their high levels of perception and conscience. Chief Seattle's letter is a manifesto that represents their attitude to tyranny and their understanding of the environment and the universe (the insights and advices expressed in it against those who wished them to sell their land and forcibly remove them from it). As expressed in Seattle's letter, they perceived everything on earth as being siblings, and saw themselves as vital to the protection of the environment and wildlife from existing and potential problems. Everyone who recognised this association with the natural world developed relations with it that were not dominating. Many scientists and researchers have expressed similar ideas when making spatial decisions, plans and designs, and in every type of relationship between nature and geography, where people are the chief actors who govern the process. Conscious of this, especially after the 1950's, there has been some research into specimens compatible with nature, and the concept of geodesign that was adhered to since the creation of mankind, but forgotten or ignored due to technological developments, is now, since 2000, is mentioned more frequently in planning and design platforms. Geodesign, supported by GIS, is emerging as an important tool in urban applications in order to resurrect and renew the ontology due to the increasing incidence of disasters and urban and environmental problems. Thanks to the technology we have today, it is possible for design to benefit nature and cause less environmental damage.

The ontology specified is important in terms of sustaining this understanding using the geodesign methodology. This methodology, proposed by Carl Steinis, is a recursive methodology involving six stages, in which '*correctness'* is analysed by discussing the previous
stage at each stage of the process. Geodesign provides a participatory planning and design approach that considers technology, geographical knowledge and expert knowledge in a controlled manner. These features make assessment easier, promote collaboration, and geo-planning produces a result using a pluralistic approach to planning and design. A geodesign framework must allow all the capabilities of Computer Aided Design (CAD) software to be used, and in so doing, geographical position the elements of the city or environment according to the design. The elements to be included in the design using the GIS facilities should also allow the creation and management of the environmental attributes (Çabuk, 2014). In geodesign it is important to be able to relate the entire design environment to other spatial data in the city or geography, to make the necessary analyses and models, to simulate the effects of the designs, and to manage all these activities in a continuous and updatable manner (Çabuk, 2014). Such a framework is useful in establishing and managing design rules in a design library, and for establishing a more efficient geodesign platform by examining experts from different disciplines within the framework of the library rules understanding. Recently, cities have experienced the negative effects of global climate change. Inappropriate constructions for disasters such as earthquakes, floods, fires, as well as the degeneracy of the physical, social and residential conditions of buildings, are all caused by the abandonment of the mentioned ontology in our cities. When transforming the urban environment, it is important that physical design and planning is carried out in a healthier manner using geographical information technologies and geodesign methodology processes for a sustainable future. The use of geographical information technologies and the geodesign methodology allow urban decision makers to make better decisions about issues that are relevant to the city in such a way as to reduce the problems caused by urbanisation, as the traditional design model is stagnant. Geodesign has emerged as a planning and design methodology that identifies the physical and social factors through geographical layers using GIS technology that contributes to the development and sustainability of our country. In summary, the hejira that, as Muslims, we accept as a milestone in terms of identification of time and place, has institutionalised the urbanisation process. For this reason, the Medina City is considered a role model for a city that changed the way people live. 'Şehir'-city is also a name of Resullulah (SAV) should become an eco-system and adhere to good practice in communication, relationships, sustainability, education, culture, health, law, science and technology, enterprise, production and the environment. The city should not only be a place defined by its large population, geography and climate. Belief, education, health and communicationall of which are meaningful to people in terms of justice, accuracy, environment, universality, transparency, updatability and sustainability must be as objective criterias in cities. Cities should be environments in which technology and communication are objects, not subjects, and should be developed by balancing the emotions of 'self' and 'we'. We cannot create a happy and peaceful place for inhabitants if the environment fosters a life style based on a philosophy that prefers one to the other and people who see only 'me' or 'us' and prefer individuality to sociality. All stakeholders in a city, not just human beings, but also the inanimate objects such as stones and soil etc. are part of a happiness orchestra. Foresight is important for those who want to rebuild the earth and for those to smash it. GIS and geodesign methodologies are important tools for preserving cities and humanity in their original pure state and make it possible to appropriately evaluate and measure time and space and to produce data that allows us to make predictions. GIS and the geodesign methodologies should be actively involved as a stakeholder within this process.

Acknowlegement: A version of this paper is published in Harran journal of Engineering in Turkish

5. References

[1] Akkar, Z. M. 2006, Kentsel Dönüşüm Üzerine Batı'daki Kavramlar, Tanımlar, Süreçler ve Türkiye, Planlama, TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını, Sayı:2.

[2] Akpınar, A., 2014, Geodesign: A new Process in Landscape, Turkish Journal of Forestry Türkiye Ormancılık Dergisi, (15): 189-195.

[3] Aslan, Recep. (2017). On Domestic Wildlife and Ecology: A Letter Analysis, Yaban Hayatı ve Ekolojiyi İçselleştirmek Üzerine Bir Mektup Analizi. Dergi Ayrıntı. 4. 19-24.

[4] Çabuk, S. N., Ersoy, M., Çabuk, A., Hocaoğlu, T., 2012, Improve The Planet: Geodesign and GIS. 6. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Afyon.

[5] Çabuk, SN., 2014, Design with GIS: Geodesign, Electronic Journal of Map Technologies 6(1);37-54.

[6] Dangermond, J., 2010, Designing Our Future. In: Esri (Ed.), Changing Geography by Design: Selected Readings in GeoDesign, Esri, Redlands, CA, Redlands, CA: ESRI.

[7] Demirci, M., 2003, İslam'da Şehir Ve Şehrin Sosyal Dinamikleri, İstem, Yıl:1, Sayı:2, 129-146.

[8] Dündar Y., 2015, Happinies Management, ISBN: 978-605-87210-9-8

[9] Dündar Y., 2016, Are You God, ISBN: 978-605-88309-8-1

[10] Erdoğan, S., 2014 Computer Aided Mapping and Geographical Information Systems, , Afyonkarahisar Press.

[11] Fârâbî, 2001, el-Medinetü'l Fâzıla, Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları: 1152 Bilim Ve Kültür Eserleri Dizisi: 280.

[12] Kılıç, ME., 2017, City or Village? 16 Nisan 2017, Yenişafak.

[13] Rousseau, J. J. 2011, A Discourse on the Origin of Inequality', İdea Yayınları.

[14] Steinitz, C., 1995, A Framework for Landscape Planning Practice and Education. Process Architecture, 127.

[15] Steinitz, C., 2012, A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design. Esri Press.

[16] Şahin, Y., 2014 "Belediye Başkanı'ndan"Şehrin Emini"ne Şehir ve Düşünce, (4) 34-38.

[17] Ülger, N. E., 2010, "Türkiye'de Arsa Düzenlemeleri ve Kentsel Dönüşüm", Nobel Yayınları, Ankara.

[18] Anonim, https://en.wikipedia.org/wiki/Chief_Seattle.

GNSS Meteorolojisinden Elde Edilen Su Buharı Dağılımlarının ECMWF ve Radyosonda'dan Elde Sonuçlarla Karşılaştırılması

Comparison of Water Vapour derived from GNSS Meteorology with Radiosonde and ECMWF

Emine TANIR KAYIKÇI[1], Selma ZENGIN KAZANCI[1,2], Mualla YALÇINKAYA[1] , Mesut DEMIRCAN[3], Seldanur ÇELIK[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye
[3]Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

[1]Department of Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Özet

GNSS (Global Navigation Satellite System) uydularından iletilen radyo sinyalleri yeryüzündeki alıcılara ulaşmadan önce atmosfer tarafından troposferik gecikmeye uğrar. GNSS'den elde edilen troposfere bağlı olarak elde edilen Zenit toplam gecikmesi, hava tahmininde büyük rol oynayan su buharı ile ilişkilidir. GNSS meteorolojisini ile GNSS istasyonlarında kestirilen zenit troposferik gecikmeler ve meteorolojik veriler kullanılarak uygun dönüşüm modelleriyle yağışa dönüşebilir su buharı hesaplanabilir. GNSS meteorolojisi, konumsal ve zamansal olarak yüksek çözünürlük sağlar. Bunun yanı sıra, GNSS yöntemi su buharını izlemek için radyosonda yöntemine kıyasla daha ucuz bir yöntemdir.

Son yıllarda Dünyada birçok çalışma grubu GNSS meteorolojisi modellerinin geliştirilmesi üzerine araştırmalar yapmaktadır. 116Y186 başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında GNSS meteorolojinden elde edilen su buharı dağılımları radyosonda ve sayısal hava tahmin modeli (SHT) verileri gibi bağımsız tekniklerden elde edilen su buharı dağılımları ile karşılaştırılmakta ve böylece GNSS meteorolojinden elde edilen su buharı dağılımlarının doğruluk analizinin yapılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, Samsun test alanında GNSS Meteorolojisinden elde edilen su buharı dağılımları, aynı yerdeki radyosonda ölçülerinden ve ECMWF modelinden elde edilen su buharı dağılımları ile kıyaslanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: GNSS Meteorolojisi; Radyosonda; Sayısal Hava Tahmin Modeli; ECMWF; Su Buharı.

Abstract

Radio waves transmitted from Global Navigation Satellite System (GNSS) satellites experience tropospheric errors through the neutral atmosphere before reached to receivers. GNSS derived Zenith Total Delay is higly related to precipitable water vapour which is important component for weather forecast. Precititable water vapor (PWV) can be estimated via GNSS meteorology by using Zenith Tropospheric Delay (ZTD) estimated at GNSS stations and meteorological data. GNSS Meteorology has more temporal and spatial resolution other methods used for water vapour determination. Additionally, GNSS is cheaper compared to radiosonde technique.

In recent years a number of research groups in the World have performed researches on development of GNSS meteorology. Within TUBİTAK 1001 Research Project 116Y186 1Using Regional GNSS Networks to Strengthen Severe Weather Prediction", GNSS meteorology derived water vapour distribution will be compared to ECMWF and radiosonde derived results and results is evaluated.

Keywords: GNSS Meteorology; Radiosonde; Numerical Weather Prediction; ECMWF; Water Vapour.

1. Giriş

Dünya Meteoroloji Organizasyonu Küresel İklim Gözlem Sistemi, GNSS ile elde edilen PWV değerlerini Temel İklim Değişkenleri olarak kabul etmekte ve Pilot balonlar ve yere dayalı profil oluşturucuların yardımcı rüzgar bilgisini sağladığını; net su buharı içeriğini, GNSS sinyallerinin alınmasındaki gecikmeden, yer-temelli alıcılar ve diğer yer-temelli uzaktan algılama biçimleriyle hesaplanmasının, önemli ve büyüyen bir rol oynadığını kabul etmektedir (WMO, GCOS, 2016). Dünya Meteoroloji Organizasyonu Birleştirilmiş Küresel Gözlem Sistemi, G26 eyleminde, meteorolojik bilgileri zenit toplam gecikme ve su buharı gibi meteorolojik parametreleri elde etmek için gerçek zamanlı verilere erişilmesi amacıyla GNSS istasyonlarından daha fazla fayda elde etmeyi öngörmüştür (WMO WIGOS, 2013). Bu nedenle, Sayısal Hava Tahmin modellerinin ürettiği su buharı değerlerinin doğrulanması için diğer gözlem sistemleri yanı sıra GNSS'den elde edilen değerler kullanılabilir. Model verilerinin doğrulamasında genelde, normal atmosferik şartların olduğu dönemler ekstrem meteorolojik şartların olduğu dönemler karşılaştırılır. Bu çalışmada, ***116Y186*** kodlu ***"Bölgesel GNSS Ağı ile Ekstrem Hava Olayları Tahmininin Güçlendirilmesi"*** başlıklı ***TÜBİTAK 1001*** projesi kapsamında GNSS Meteoroloji elde edilen su buharı dağılımlarının radyosonda ve ECMWF 'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması üzerine hazırlanmıştır. Kasım 2017-Şubat 2018 döneminde Samsun ve Trabzon test bölgelerinde gerçekleşen meteorolojik ekstrem hava olayları ve tarihleri belirlendi. Erişim kolaylığı ve Avrupa bölgesi için en tutarlı sonuç vermesi açısından Sayısal Hava Tahmin modeli olarak ECMWF model verisi kullanılmıştır. Belirlenen tarihlerde ECMWF modelinden elde edilen su buharı dağılım haritaları ve yağış haritaları elde edilmiş ve proje uygulama alanı olan Karadeniz Bölgesi için su buharı değişim aralıkları ve yağış miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Samsunda radyosonda ölçüleri ve GNSS Meteorolojisinden elde edilen su buharı kestirimleri ile karşılaştırılmıştır.

2. GNSS Meteorolojisinden Su Buharı Dağılımlarının Elde Edilmesi

Bernese 5.2 yazılımından troposferik modeller ile hesaplanan ZTD (Zenith Total Delay-Toplam Zenit

Gecikmesi) değeri, ZHD (Zenith Hydrostatic Delay-Zenit Hidrostatik Gecikme) ve ZWD (Zenith Wet Delay-Zenit Islak Gecikme)' nin toplamı

$$\mathrm{ZTD} = \mathrm{ZWD} + \mathrm{ZHD} \quad (1)$$

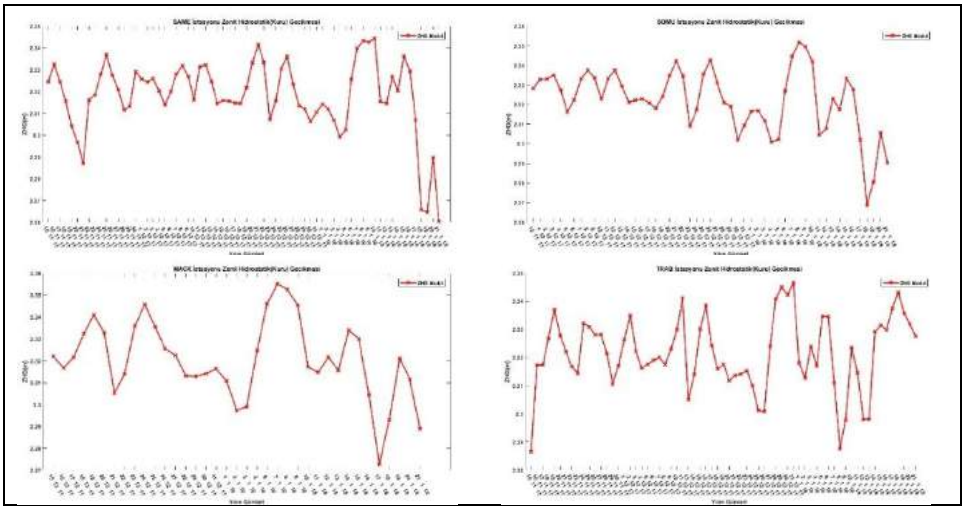
olarak ifade edilir. ZTD'nin ıslak bileşeni olan ZWD troposferdeki su buharından kaynaklanır. Su buharının miktarı olan PWV, ZWD ve yüzey sıcaklık ve basınç ölçüleri ile elde edilir. ZTD kestirimlerinin hidrostatik bileşeni ZHD, Saastamoinen modeli (Saastamoinen, 1972) ile

$$\mathrm{ZHD} = 0.2277\,\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{f}(\varphi, \mathrm{h})} \quad (2)$$

$$\mathrm{f}(\varphi, \mathrm{h}) = 1 - 0.0026\cos(2\varphi) - 0.00028\mathrm{h} \quad (3)$$

olarak elde edilir (Kaymaklı, 2012). Burada φ, radyan biriminde enlemi ve h ise km biriminde elipsiodal yüksekliği ifade eder.

Proje kapsamında, Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü (Atakum/Samsun) tesislerinde bulunan radyosonda istasyonu ve SAM1 CORS-TR istasyonu çevresindeki 10 – 20 km'lik bir alanda 2 sabit GNSS istasyonu tesis edilmesi planlanmıştı. Bu amaç doğrultusunda Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMU) Kampüs (Kurupelit/Samsun) alanında SOMU GNSS istasyonu ve Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü(Samsun/Atakum) tesislerinde SAME GNNS istasyonu tesis edilmiştir. Böylece, Samsun Test Ağı yeni tesis edilmiş SAME ve SOMU sabit GNSS istasyonları ve AMA1, FASA, RDIY, SAM1, SNIP, SSE1 ve VEZ1 TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonundan oluşan 9 istasyonlu bir ağ olarak oluşturulmuştur.Trabzon Test Ağı ise, TRAB sabit GNSS istasyonu ve KTÜ Maçka Meslek Yüksekokulu'na (Maçka/Trabzon) tesis edilmiş bir (1) adet sabit GNSS istasyonu MACK ve ARTV, BAYB, ERZ2, GIRS, GUMU, RHIY, RZE1, TRBN TUSAGA-Aktif istasyonundan oluşan 9 istasyonlu bir ağ olarak oluşturulmuştur (Tanır Kayıkçı v.d., 2018). Proje kapsamında MATLAB ve Perl (https://www.perl.org/get.html) ortamında tarafımızdan yazılan kodlarla ***TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı*** oluşturulmuştur. TRAB, MACK, SAME ve SOMU GNSS istasyonları için ***TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı i***le ZHD değerleri elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. GNSS İstasyonları ZHD Saastamonien Modeli Kestirimleri

Eşitlik (1)'den elde edilen ZWD,

$$PWV = \Pi \, \mathrm{ZWD} \tag{4}$$

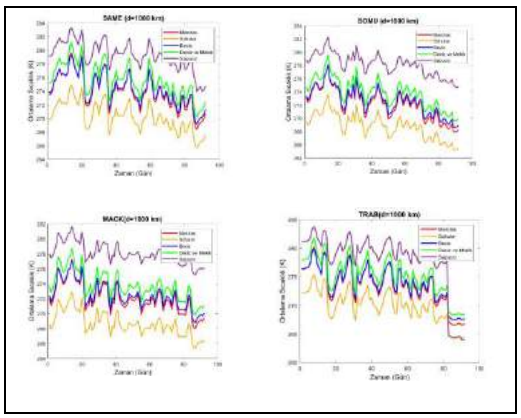
şeklinde PWV'ye dönüştürülmüştür. Burada $\Pi = \frac{10^6}{(k_2' + \frac{k_3}{T_m})R_v}$ dönüştürme sabiti Aksne ve Nordius (1987)'ye göre hesaplanır. R_v milibar biriminde özel su buharı sabitidir $R_v = 461.5181\ kgK^{-1}$. Burada k_2'

$$k_2' = k_2 - mk_1 \tag{5}$$

şeklinde hesaplanır. k_1, k_2, k_3 atmosferik refraktivite hesaplamak için kullanılan iyi bilinen sabitlerdir (Bevis v.d., 1992), m ise su buharı molar kütlesi M_w ve kuru hava molar kütlesi M_d'den

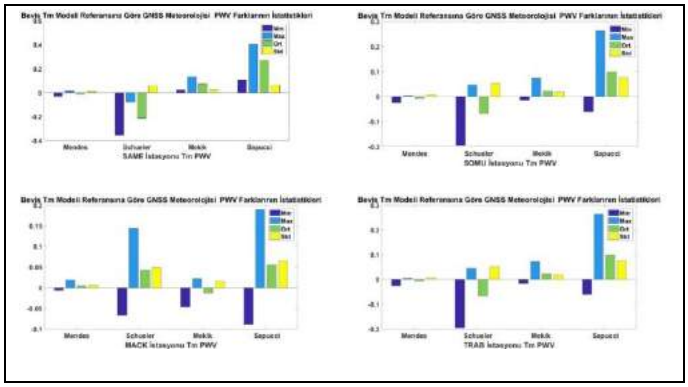
$$m = \frac{M_w}{M_d} \tag{6}$$

şeklinde hesaplanır. Bu çalışmada $m = 22.1\ K/mb$ olarak alınmıştır (Monico and Sapucci, 2003). Bu çalışmada Π dönüştürme sabiti hesabında kullanılan T_m hesabı için; literatürdeki çeşitli global ve bölgesel modeler; Mendes Modeli (Mendes v.d. 2000), Schueler Modeli (Schueler v.d. 2011), Bevis Modeli (Bevis v.d. 1992), Mekik Modeli (Deniz ve Mekik 2014), Sapucci Modeli (Sapucci 2013) kullanılmış ve MACK, TRAB, SAME ve SOMU GNSS istasyonları için beş ayrı model için $\mathrm{T_m}$ değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. GNSS İstasyonları Tm kestirimleri

Mendes Modeli, Bevis Modeli ve Mekik Modelinden hesaplan Tm değerleri genellikle kendi aralarında uyumlu olup Sapucci Modeli ve Shueler Modelinden elde edilen Tm değerlerinin ortalaması şeklindedirler. Farklı Tm modelleri ile ***TRBN_MET GNSS Meteoroloj Yazılımı***'den elde edilen PWV değerleri arasında Bevis Modeli referans alınarak elde edilen farklar 0.1mm civarında değişmektedir. En büyük farklar Schuler Modeli ve Sapucci Modeline göre elde edilmiş olup bu farklar da yine en fazla 0.4mm civarında değişmektedir (Şekil 3).



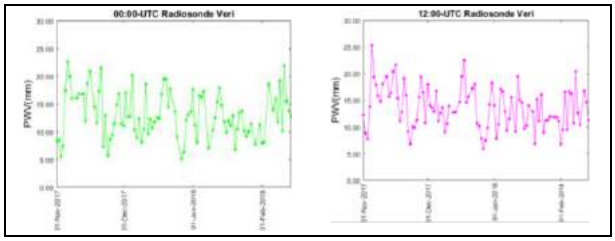
Şekil 5. ***TRBN_MET GNSS Meteoroloj Yazılımı***'dan Farklı Tm Modellerinden Elde Edilen PWV Farkları

3. Radyosonda Rasatlarından Yoğuşabilir Su Buharının Hesaplanması

Yeryüzünden atmosferin üst yüzeyine kadar düşey sütunda biriken toplam su miktarı, yoğuşabilir su buharı olarak adlandırılır. Konum ve zamana göre değişen biçimde atmosferin alt katmanlarına karışmış olarak bulunur ve yaklaşık 10-15 km den sonra azalmaya başlar. Doğrudan ölçülemediği için radyosonda rasatlarından elde edilen meteorolojik verilerle hesaplanması mümkündür. Bunun için radyosonda balonun yükselmesine bağlı olarak her bir zorunlu yüzey katmanındaki basınç profilleri içerisinde gözlemlenen sıcaklık değerlerinden yararlanılır. Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar. p_o ve p basınçlarıyla sınırlandırılan bir tabaka içinde bulunan yağışa dönüşebilir su miktarı, karışım oranına bağlı olarak

$$\mathrm{PVW} = \frac{1}{g}\int_{p}^{p_o} \omega \, dp = \frac{1}{g}\int_{p}^{p_o} 0.622 \, \frac{e}{p} \, dp = \frac{0.622}{g}\int_{p}^{p_o} e \, d(\ln p) \qquad (6)$$

hesaplanabilir (Raudkivi, 1979; Gürbüz 2015). Yerçekimi ivmesi $g = 9.81\, m/sn^2$ değerindedir. Kasım 2017'den itibaren Samsun (41.20 N, 36.15 E) radyosonda istasyonundaki radyosonda rasatlarından PWV kestirimi, MATLAB ortamında tarafımızca hazırlanan ***RADIO_MET Yazılımı*** ile yapılmıştır. Aynı istasyon için Wyoming Üniversitesi tarafından elde edilen PWV kestirimleri de karşılaştırma amacıyla http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html adresinden temin edilmiştir. Samsun radyosonda istasyonu rasatlarından **RADIO_MET Yazılımı** ve ***Wyoming Üniversitesi***nden elde edilen PWV kestirimleri bu istasyonla ortak yerleşkeli SAME GNSS istasyonu için TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı'ndan elde edilen PWV kestirimleri ile karşılaştırılmıştır(Şekil 6).



Şekil 6. Kaba Hataları Giderilmiş ***RADIO_MET Yazılımı*** PWV Değerleri

4. GNNS Meteorolojisinden ve Radyosonda Verilerinden Elde Edilen Su Buharı Dağılımlarının Karşılaştırılması

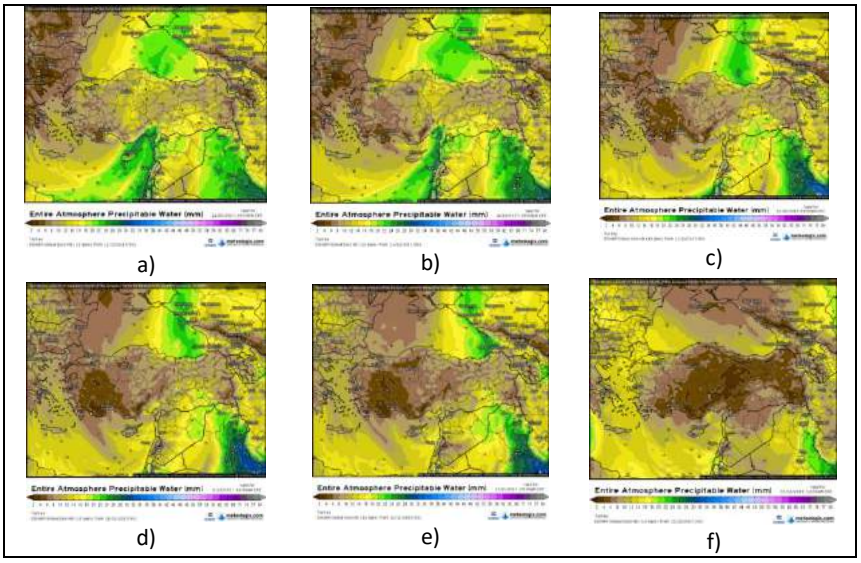
Kasım 2017'den itibaren ***TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı*** ile TRAB, MACK, SAME ve SOMU için ZTD kestirimleri yapılmış ve Saastamoinen modeline göre ZHD bileşeni ve ZWD elde edilmiştir. Samsun radyosonda istasyonu ile ortak yerleşkeli SAME GNSS İstasyonunda ***TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı*** ile farklı Tm modellerinin kullanılması ile elde edilen PWV değerleri ile radyosonda rasatlarından hem ***Wyoming Üniversitesi*** hem de ***RADIO_MET Yazılımı*** ile elde edilen PWV değerlerinden farklarının standart sapmaları yaklaşım $\pm$ 2 mm civarındadır (Tablo 1).

Tablo 1. ***TRBN_MET GNSS Meteoroloji Yazılımı*** ve Radyosonda PWV Değerlerinin Fark İstatistiği

Tm modeli - PWV	Standart Sapma(mm)	
	RADIO_MET	Wyoming Üniversitesi
Mendes	1.9969	1.9298
Schueler	1.9796	1.9131
Bevis	1.9995	1.9320
Deniz ve Mekik	2.0062	1.9386
Sapucci	2.0300	1.9597

5. GNNS Meteorolojisinden ve Radyosonda Verilerinden Elde Edilen Su Buharı Dağılımlarının ECMWF Model Sonuçları İle Karşılaştırılması

Sayısal Hava Tahminleri (SHT) verileri, günlük bazda en aşina olduğumuz hava durumu modeli verilerinin şeklidir (URL 1). SHT, hava durumu ile ilgili güncel gözlemlerin alınması ve bu verilerin gelecekteki hava durumunu tahmin etmek için bilgisayar modelleri ile işlenmesine odaklanmaktadır. Hava durumunun mevcut durumunu bilmek, verileri işleyen sayısal bilgisayar modelleri kadar önemlidir. Bu çalışmada, Kasım 2017-Şubat 2018 döneminde Samsun ve Trabzon test bölgelerinde gerçekleşen meteorolojik ekstrem hava olayları ve tarihleri; 21-23 Kasım aralığında Sinop Samsun ve Ordu da Hortum-Fırtına, 21-25 Aralık aralığında Ordu ve Giresun da şiddetli yağış/sel ve fırtına-hortum, 12-15 Ocak aralığında Giresun'da şiddetli yağış/sel ve Sinop, Ordu fırtına-hortum, 23-24 Şubat aralığında Giresun'da şiddetli yağış/sel olarak belirlenmiştir. Erişim kolaylığı ve Avrupa bölgesi için en tutarlı sonuç vermesi açısından SHT olarak ECMWF model verisi kullanılmıştır. Şekil 7, 20-22 Kasım 2017 tarihlerinde ECMWF modelinden elde edilen PWV dağılım haritalarını göstermektedir.



Şekil 7. 20-22 Kasım 2017 Tarihleri PWV Dağılım Haritaları

Şekil 11'de PWV değerlerinin; 20 Kasım 2017 saat 21:00'de 10 – 22 mm; 20 Kasım 2017 saat 24:00'de 8 – 22 mm; 21 Kasım 2017 saat 06:00'da 10 – 24 mm; 21 Kasım 2017 09:00'da 10 – 22 mm; 21 Kasım 2017 saat 12:00'da 8 – 26 mm; 22 Kasım 2017 saat:03:00'da 6 – 12 mm aralığında değiştiği görülmektedir. Seçilen ekstrem hava olaylarının olduğu tarihlerde Samsun test bölgesi için radyosonda ölçülerinden ve GNSS Meteorolojisinden *Saastamoinen* (saast)ve *Vienna Mapping Function (vmf)* izdüşüm fonksiyonları ve farklı T_m modelleri (Mendes, Schuler, Sapucci, Mekik ve Bevis) ile elde edilen PWV değerleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Samsun Test Bölgesi İçin GNSS Meteorolojisinden ve Radyosonda Ölçülerinden Elde Edilen PWV Değerleri

Tarih	Radyosonda (mm) (max-min)	GNSS Meteoroloji (mm)									
		Mendes		Schuler		Sapucci		Mekik		Bevis	
		saast	vmf	saast	vmf	saast	vmf	saast	vmf	saast	vmf
20.11.2017	17-19	19.70	20.78	19.37	20.44	19.96	21.06	19.80	20.90	19.68	20.77
21.11.2017	15-21	17.84	18.05	17.58	17.78	18.14	18.35	17.94	18.15	17.85	18.06
22.11.2017	7-9	10.81	11.85	10.68	11.71	11.04	12.11	10.88	11.92	10.83	11.87
21.12.2017	14	17.34	18.40	17.12	18.16	17.71	18.79	17.45	18.51	17.37	18.42
22.12.2017	17	20.32	21.69	20.06	21.41	20.75	22.14	20.44	21.81	20.34	21.71
23.12.2017	18-20	19.79	21.07	19.54	20.81	20.21	21.52	19.91	21.20	19.82	21.10
24.12.2017	10-13	12.69	13.54	12.54	13.38	12.98	13.85	12.77	13.62	12.72	13.57
12.01.2018	15-19	20.26	20.74	20.0	20.46	20.67	21.15	20.38	20.86	20.29	20.76
13.01.2018	15-17	17.35	17.94	17.13	17.72	17.73	18.33	17.45	18.05	17.38	17.97
14.01.2018	14	16.01	16.71	15.82	16.51	16.37	17.08	16.11	16.81	16.04	16.74
15.01.2018	9-11	13.41	13.94	13.26	13.79	13.74	14.28	13.50	14.03	13.44	13.97

Tablo 2'deki Kasım 2017 için PWV değerleri Şekil 7'deki ECMWF modelinden hesaplanan değerlerle karşılaştırıldığında; Saastamonien ve Vienna Mapping Fonksiyonuna göre çözümlendiğinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Üstelik GNSS Meteorolojisinden saatlik PWV değerlerini elde edilmesi, GNSS Meteorolojisinin radyosonda ve SHT modeline göre bir diğer üstünlüğüdür.

6. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK-ÇAYDAG 116Y186 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

7. Kaynaklar

Bevis M., Businger S., Herring T.A., Rocken C., Anthes R.A., Ware R.H.(1992). GPS meteorology: remote sensing of atmospheric water vapor using the Global Positioning System. J. Geophys. Res. 97, 15787–15801, 1992.

Deniz İ. ve Mekik Ç. (2014). Preliminary Study of Modeling the Precipitable Water Vapor Based on Radiosonde Data, FIG Congress 2014 Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance Kuala Lumpur, Malaysia 16 – 21 June 2014.

Gürbüz G. (2015). GNSS ve Radyosonda'dan Elde Edilen Yoğuşabilir Su Buharı Miktarlarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak, 2015.

Kaymaklı B. (2012). Atmosferdeki Yağışa Dönüşebilir Su Buharı Miktarının Küresel Konumlandırma Sistemiyle Ölçümünün Değerlendirilmesi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ocak, 2012.

Monico J.F.G., Sapucci L F.(2003). GPS Meteorologia: Fundamentos E Possibilidades De Aplicac o ˜es No Brasil, in: Xxi Congresso Brasileiro De Cartografia, 2003, Belo Horizonte. Anais Do XXI Congresso Brasileiro De Cartografia, vol. 1, 2003.

Raudkivi A.J. (1979). Hydrology: An Advance Introduction to Hydrological Processes and Modelling, Pergamon, 1979.

Saastamoinen J. (1972). Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites, in The Use of Artificial Satellites for Geodesy, Geophys. Monogr. Ser., vol. 15, edited by S. W. Henriksen, A. Mancini, and B.H. Chovitz, pp. 247-251, AGU, Washington, D.C.

Sapucci L.F. (2013). Evaluation of Modeling Water-Vapor-Weighted Mean Tropospheric Temperature for GNSS-Integrated Water Vapor Estimates in Brazil, Journal of Applied Meteorology And Climatology, vol.53 (715-730).

Schueler T., Hein G. W., Biberger R. (2001). A global analysis of the mean atmospheric temperature for GPS water vapor estimation. Preprints, 14th IONGNSS Int. Tech. Meeting, Salt Lake City, UT, Institute of Navigation.

Tanır Kayıkçı E., Zengin Kazancı S., Kaplon J., Rohm W., Çelik S., Beşel C. (2018), Water Vapour Estimation From Regional GNSS Network And Rawinsonde Data, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi 2018, 30 Mayıs-2 Haziran 2018, İzmir.

WMO, GCOS, (2016) The Global Observing System For Climate: Implementation Needs, GCOS-200 (GOOS-214), Sayfa 79.

WMO WIGOS, (2013), Integrated Global Observing System Implementation Plan for the Evolution of Global Observing Systems (EGOS-IP) (WIGOS TR No. 2013–4), sayfa 38.

URL 1: NOAA, NCCD, (2018),Numerical Weather Prediction, https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/numerical-weather-prediction, Erişim tarihi: 18.09.2018.

URL 2: NOAA, (2018), Numerical Weather Prediction (Weather Models), https://www.weather.gov/media/ajk/brochures/NumericalWeatherPrediction.pdf, Erişim tarihi: 18.09.2018.

URL 3: https://meteologix.com/mx/model-charts/euro/2018011300/turkey/precipitable-water/20180113-1800z.html, Erişim tarihi: 18.09.2018.

Mechanical and Absorption Properties of Fiber Reinforced Fly Ash Based Geopolymer Mortar

Elyaf Takviyeli Uçucu Kül esaslı Geopolimer Harçların Mekanik ve Su Emme Özellikleri

Kasım MERMERDAŞ[1],
Esameddin MULAPEER[2]
Safie Mahdi OLEIWI[2,3]

[1]Department of Civil Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Turkey
[2]Department of Civil Engineering, Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey
[3]Department of Civil Engineering, Diyala University, Baqubah, Iraq

Abstract

This paper presents results of an experimental program to determine mechanical properties of glass fibre reinforced geopolymer mortar which is a mixture of fly ash, alkaline liquids, fine aggregates, and glass fibres. The effects of inclusion of glass fibres on density, compressive strength, splitting tensile strength, absorption and sorptivity of hardened geopolymer mortar composite (GPMC) was studied. Alkaline liquid to fly ash ratio was fixed as 0.33. NaOH and Na_2SiO_3 solutions were used as alkaline liquids for activation of fly ash. The alkaline liquid combination ratio of 2.5:1 were used for Na_2SiO_3:NaOH. Glass fibre was added to the mixes in 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0% and 1.2% by volume of mortar. Curing regime of 48 hours with 60 oC temperature was applied. The experimental results indicated that inclusion of the glass fibres resulted in decrease of the workability but improvement in compressive strength, splitting tensile strength, of the fly ash based GPM with increased fibre content. However, inclusion of glass fibre did not indicate a remarkable change in the water absorption and sorptivity of the geopolymer mortars.

Keywords:

Geopolymer; fly ash; glass fibre; strength; absorption.

Abstract

Bu çalışma, uçucu kül, alkali sıvılar, ince agrega ve cam elyaf karışımı olan geopolimer harcının mekanik özelliklerini belirleyen deneysel bir programın sonuçlarını sunmaktadır. Cam elyafların, sertleştirilmiş geopolimer harç kompozitin yoğunluğu, basınç dayanımı, yarma dayanımı, toplam ve kılcal su emmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Alkali sıvının uçucu küle oranı 0.33 olarak belirlenmiştir. Uçucu külün aktivasyonu için alkali sıvılar olarak NaOH ve Na_2SiO_3 çözeltileri kullanılmıştır. Na2SiO3: NaOH için 2.5:1 olan alkali sıvı kombinasyon oranı kullanıldı. Cam elyaf, karışımlara % 0.2,% 0.4,% 0.6,% 0.8,% 1.0 ve% 1.2 oranında ilave edilmiştir. 60 saatlik sıcaklıkta 48 saatlik kür rejimi uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar, cam liflerinin dahil edilmesinin, işlenebilirliğin azalmasına, ancak artan lif içeriğine sahip uçucu kül bazlı geopolimer harcın basınç mukavemetinin ve çekme mukavemetinin artmasına neden olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, cam elyafın dahil edilmesi, geopolimer harçların toplam ve kılcal su emme özelliklerinde dikkate değer bir değişiklik göstermediğini göstermiştir.

Keywords:

Geopolimer; Uçucu Kül; Cam Elyaf; Mukavemet; Su emme.

1. Introduction

Generally, development of the country depends on the infrastructure and in most infrastructure concrete plays a critical role. Hence, we cannot imagine any developments without concrete. Using concrete in infrastructure need more cement production. As reported by Palomo [1] worldwide annual consumption of concrete is estimated to be about 18 billion tons by the year 2050. Portland cement production processes release a large quantity of carbon dioxide (CO_2) which significantly affects the greenhouse emissions. Manufacturing of One ton of cement contributes to producing nearly one ton of CO_2. McCaffrey [2] estimated that the OPC production is rising at the rate of about 3% annually. The role of CO2 is cognizable for around 65% of global warming [2]. Concrete is a widely utilized construction material, and traditionally it is created using ordinary Portland cement as a primary binder material. Hence due to increasing order and usage of concrete, production of ordinary Portland cement also increased. Furthermore, in the manufacturing of cement CO2 is emitted.

Hence, in order to produce environmentally friendly concrete, many materials and methods have been studied to find suitable materials to be utilized as a partial or complete alternative to Portland cement. Davidovits [3] suggested that the waste materials or by product materials such as husk ash, slag or fly ash that contain of aluminum (Al) and silicon (Si) can be used with an alkaline to interact as a source material of geological root to produce binder. He named these binders as geopolymers. Another pozzolan such as blast furnace slag can be used to produce binder when activated using alkaline liquids. Therefore, total replacement of ordinary Portland cement can be considered [1]. Hence, it can be said that geopolymer concrete is a concrete which can be produced without Portland cement.

Further consideration of geopolymer is that it is an environmentally friendly material, and other properties could better compare with ordinary Portland cement concrete. Sumajouw and Rangan [4] through the study of reinforced geopolymer concrete based with low FA columns and beams concluded that the produced geopolymer concrete has excellent durable properties. Also they reported that creep was low, drying shrinkage was very low, with good resistance to acid and very high resistance to sulphate attack. Another benefit of GC is the recycling of industrial waste materials which have a disposal problem. For example, FA is a byproduct material from combustion coal particularly in power plants that are widely available throughout the world.

In order to increase concrete structural integrity, and improve mechanical properties, fibrous materials are added to the concrete. Through the history to improve construction materials, horsehair was added to mortar, and mud to make bricks stronger. Fibers have been used as strengthening since antiquity, and the idea is not new [5].

The idea of fiber reinforced concrete and composite materials came into being in the 1950s and was one of the interesting topics [5]. From 1960 many researchers have studied the influence of using various fibers type (synthetic, glass and steel fibers) as strengthening in OPC concrete to observe effective of fibers on durability properties. Another researcher such as Choi and Yuan [6], Ghugal and Deshmukh [7], has investigated the influence of adding glass fibers to OPC concrete on strength properties of conventional OPC concrete. In a recent research by Nematollahi et al. [8] investigated the influence of glass fiber addition on properties of hardened and fresh FA based GPC. For production of geopolymer concrete (GPC) a solution of 8M Na2SiO3 (71.4%) + NaOH (28.6%) and ratio SiO_2/Na_2O utilized was 2. Moreover, they used glass fibers in varying percentages; 0.50%, 0.75%, 1.00% and 1.25% by volume of concrete, and concluded that with an addition of glass fiber results increase of flexural strengths, compressive strength, and density with decreasing the workability.

Ghugal and Deshmukh [7] studied the modified properties of structural concrete by evaluating the results of experimental studies. They reported the influence of alkali-resistant glass fibers on workability, density, of different strengths grade concretes. Fiber content they used varied from 0.5 to 4.5% by weight of cement. Another study reported by Vijai et al. [9] on the characteristics of geopolymer concrete reinforced with glass fiber.

Since 2000, there has been a tendency to produce new alternatives to ordinary Portland concrete. As a results of environmental impacts sustainable options of utilizing industrial wastes to produce useful construction materials, has attracted a great interest. This study deals with development of a FA based Geopolymer with enhanced properties. In order to improve the properties of Geopolymer mortar, glass fiber reinforcement was utilized.

The investigated properties of FA based glass fiber reinforced geopolymer are compressive and tensile strength together with absorption characteristics.

2. Experimental Study

2.1 Materials and Mixture Properties

In the experimental study, base material is selected as class F fly ash and a mix of sodium silicate (Na_2SiO_3) solution with sodium hydroxide (NaOH) solution was utilized as alkaline activator. The sodium hydroxide (NaOH) used was in technical class in flakes form in approximately 3 mm particle size with specific gravity of 2.13 and pH 14. The molar mass is 40 g/mol. This information was obtained from the supplier Tekkim Kimya San. Ltd, Turkey.

The preparation of sodium hydroxide (NaOH) solution was obtained by dissolving sodium hydroxide flakes in water. The mass of NaOH solids in a solution disperse according to the solution concentration expressed in terms of the molar, M. In this research, NaOH with 12M (381 g/kg). For preparation of 1 kilogram solution we need 381 gram of (NaOH) flakes and 619 gram of water.

Readymade solution of Sodium silicate was obtained from supplier. Sodium silicate solution has the chemical composition of SiO_2=29.4%, Na_2O=14.7%, with water about 55.9% by mass. The specific gravity of sodium hydroxide solution was =1.48 g/cc with viscosity at 20 ^oC was =400 cp.

Aggregate was used in research was provided from local river quarry (river sand), just fine aggregate was used (0-4mm), sieve size 4 mm was used to obtain aggregate grade from (0-4mm). Aggregate was saved in laboratory weather; specified gravity of aggregate obtained according to ASTM by using a sample of aggregate and weight of 250 gram by using clean water and glass can, the specific gravity was 2.64.

In order to improve the flow of the mortar polycarboxylate ether type superplasticizer (SP) in a solution form with a specific gravity of 1.07 was

used by amount of 6% of fly ash weight in all mixtures.

The mixing stage has notable effects in the production of geopolymer mortar, inappropriately combined mixture may cause failure such as not hardening or flash setting both of which are failure and causes inapplicability.

In order to avoid this drawback, the selection of mixtures ingredient was summarized as following based on the previous researches that were summarized in chapter 2 and also based on results of some trial mixtures in a preliminary study:

- FA used as a based material, 2 series of mixtures based on fly ash was obtained by 600 kg/m^3 and 700 kg/m^3.
- A mixture of sodium hydroxide (NaOH) solution and sodium silicate solution (Na_2SiO_3) was used as alkaline liquid by ratio 1 to 2.5. The molarity of sodium hydroxide was 12M.
- Ratio of alkaline solution to FA was (1/2) by mass of FA.
- 50 % of weight of mixture was aggregate by size of 0-4 mm.
- Super plasticizer was used 6% by mass of FA.
- Glass fiber was added from range 0.2 to 1.2 by the total weight of mixture.
- Totally 12 mixtures were obtained.

The following tables below shows the mixtures proportion (Table I and Table II)

Table I MIX PROPORTIONS FOR GPMS WITH 600 KG/M^3 BINDER

#	Mix ID	Fly Ash (FA)	Aggregates	NaOH	Na_2SiO_3	Glass Fiber		Superplasticizer
			Fine	Solution	Solution			
		[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[%]	[kg/m^3]	[%] of FA
1	GPM 0.2%	600	1278.15	85.68	214.2	0.2	5.2	6
2	GPM 0.4%	600	1273	85.68	214.2	0.4	10.4	6
3	GPM 0.6%	600	1267.6	85.68	214.2	0.6	15.6	6
4	GPM 0.8%	600	1262.31	85.68	214.2	0.8	20.8	6
5	GPM 1.0%	600	1257	85.68	214.2	1	26	6
6	GPM 1.2%	600	1251.75	85.68	214.2	1.2	31.2	6

Table II MIX PROPORTIONS FOR GPMS WITH 700 KG/M^3 BINDER

#	Mix ID	Fly Ash (FA)	Aggregates	NaOH	Na_2SiO_3	Glass Fiber		Superplasticizer
			Fine	Solution	Solution			
		[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[%]	[kg/m^3]	[%] of FA
1	GPM 0.2%	700	1052.06	99.96	249.9	0.2	5.2	6
2	GPM 0.4%	700	1046.78	99.96	249.9	0.4	10.4	6
3	GPM 0.6%	700	1041.50	99.96	249.9	0.6	15.6	6
4	GPM 0.8%	700	1036.22	99.96	249.9	0.8	20.8	6
5	GPM 1.0%	700	1030.94	99.96	249.9	1	26	6
6	GPM 1.2%	700	1025.66	99.96	249.9	1.2	31.2	6

2.2 Casting and Curing

Firstly the molds with dimension of 50x50x50 mm was prepared and lubricated to prevent adhesion of geopolymer mortar with the molds. The second step was filling the first half of molds with the ready mortar. Manually compaction was done by 25 blows per layer thin mechanical vibration for 25 seconds on vibration table was done to reduce the air bubbles inside the mortar. Same procedure was done for the next layer. After that the top of molds was leveled to get uniform shape and extra materials were removed. Before curing process the molds were covered by heat resistant film to prevent moisture loss during high temperature curing. Then, curing processes were started.

From the previous researches, it was found that the strength of geopolymer acquired by temperature, and significantly increases with the increasing temperature of curing, heat curing was used by using electrical oven with constant temperature at 60 °C for 48 hrs.

For obtaining fresh unit weight of geopolymer mortar according to ASTM C l38, a digital scale was used by weighing molds when empty and after casting before casting process, calipers was used to check the dimensions of molds.

2.2 Testing Procedure

The compressive strength test of GPM was obtained according to ASTM C109, on 3000 kN capacity hydraulic testing machine by (50x50x50) mm cubes and test was done according to ASTM C39 (2012), the test was executed on the specimens at the age of 48 hrs. With loading rate 0.5 kN/sec. Compressive strength was calculated from the average of three samples at each age test.

Split test for geopolymer mortar was obtained according to ASTM C37 on 3000 kN capacity hydraulic testing machine by (50x50x50) mm cubes, the test was executed on the specimens at the age of 48 hrs. With loading rate 0.1 kN/sec. The splitting tensile strength was calculated from the average of three samples at each age test.

To determine water absorption of geopolymer FA based mortar modified with glass fiber, three cubes was casted by dimensions of 50x50x50 mm with similar method of curing, the test was done on the specimen at age of 7 days, the dimension and density was measured, the specimen were dried by oven at 100 oC of temperature for 24 hrs., dimension and weight was measured as first weight. Then the specimens were immersed for 24 hrs. in water then the second weight as saturated surface dry weight was measured. Followed by calculation of water absorption amount of specimens as the percentage increase in weight, by the equation, Water absorption = ((W2-W1)/W1)x100, Where: W1 is weight of dry specimen in grams and W2 is weight of saturated surface dry specimen in grams.

The sorptivity test was done to obtain rate of water drawn into the pores of geopolymer mortar. For sorptivity test, three cubes were prepared with dimensions of 50x50x50 mm with similar method of curing, the test was done on the specimen at age of 7 days, the specimens were oven dried at 100 oC for 24 hours, then the specimen take out in oven and their side coated with silicone sealing in order to ensure that water can ingress only in bottom of specimen, then the mortar specimens were immersed in water. It should be observed that water level not more than 3-5 mm above the base of specimen. The increase in the mass of the specimen at 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49 and 64 minutes were measured.

Sorptivity index can be determined by:

$$I = S.t^{1/2}$$

Where I is volume of capillary absorbed water per unit area (mm^3/mm^2), S is sorptivity index ($mm^3/mm^2/min^{0.5}$), t is time (minutes)

3. Test Results and Discussions

The most important characteristics for durability are compressive strength, for that compressive strength considered the most important for geopolymer mortar. Figure 1 shows the compressive strength tests results.

The average compressive strength was obtained is 30.48 MPa for series 1, which is 600 kg/m3 FA based, and 33.97 MPa for series 2, which is 700 kg/m3, FA based, and as shown in the Figure 1 the compressive strength increased with increasing of glass content were increased about 30 % for series 1 with glass fiber from 0.2% to 1.2%. and 26% for series 2, this due to the effect of glass fiber members that controls the cracks during the loading processes and improve the strength. Also it was observed that the compressive strength was increased by 11.5% when the base material FA was increased from 600 kg/m3 to 700 kg/m3.

The splitting tensile strength test results are shown in Figure 2. The average splitting tests are 4.16 MPa for series1, and 4.14 MPa for series 2.

According to the results, it was observed that the splitting tensile was increased by increasing glass fiber from 0.1% to 1.2%. The extreme increase was observed to be 31%. The increasing the of the base material from 600 kg/m^3 to 700 kg/m^3, Seemed to be ineffective for this property. Mechanical properties of materials are varied if variation of parameters affects them in a similar way, thereby providing a means to predict mechanical behavior. Figure 3 shows the correlation between the compressive strength and splitting tensile strength. Compressive strength increased gradually in relation with increasing of splitting tensile strength.

Generally glass fiber improves the mechanical characteristics of geopolymer mortar or geopolymer concrete, as well as in ordinary concrete. Kizilkanat et al [10] concluded that the compressive strength and splitting tensile strength increased by increasing of glass fiber content. Nematollahi et al [8] also observed that the compressive strength and flexural strength of geopolymer concrete improved by using glass fiber. Absorption should be considered when investigating durability, because it affects the durability of concrete. Figure 4 shows the results of water absorption.

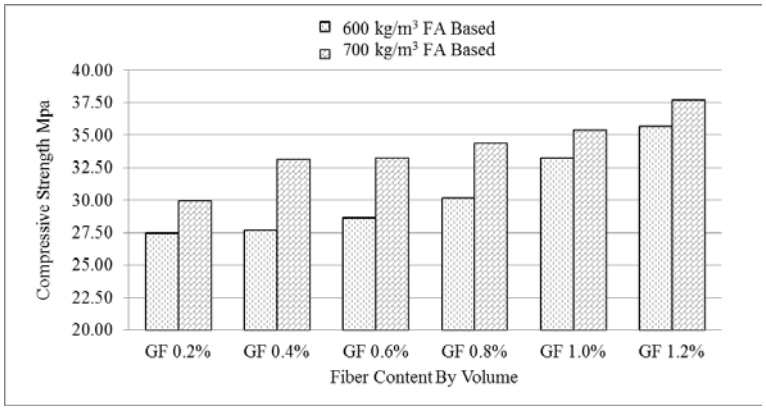


Figure 1 Compressive strength results

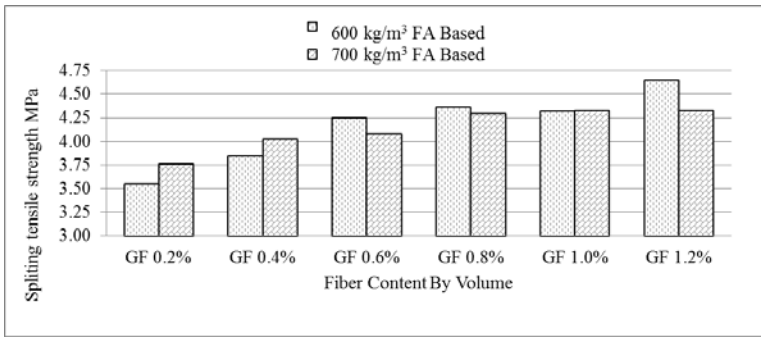


Figure 2 Spliting tensile strength

Absorption of ordinary concrete or geopolymer concrete refers to the number of pores inside the concrete. According to the results, the average water absorption about 8.90% for series 1 and 10.00 for series 2. Due to the results of water absorption, there is insignificant change in the results by changing the amount of glass fiber content. This may be the glass fiber distorts the internal structure of geopolymer mortar, for series 1 started from 9.09 % for 0.2 of glass fiber content and decreased with increasing of glass fiber amount up to 0.6% and then increased with increasing of glass fiber content, but the difference is not so much. It can be concluded that the absorption may not be affected by glass fiber. Similar results were obtained for series 2, but generally in average absorption increased with increasing of binder content as well as FA. This may increase the porosity inside the geopolymer mortar.

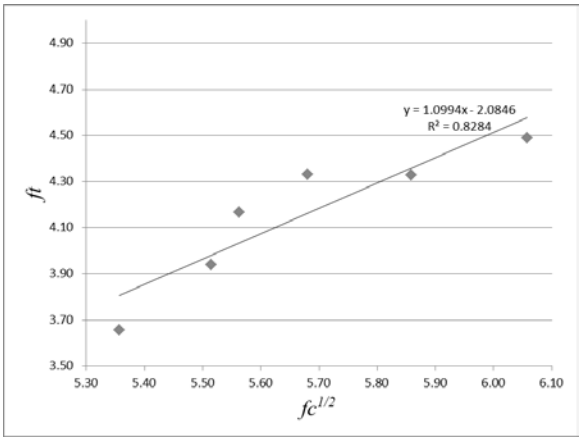


Figure 3 Correlation between compressive strength and splitting tensile strength

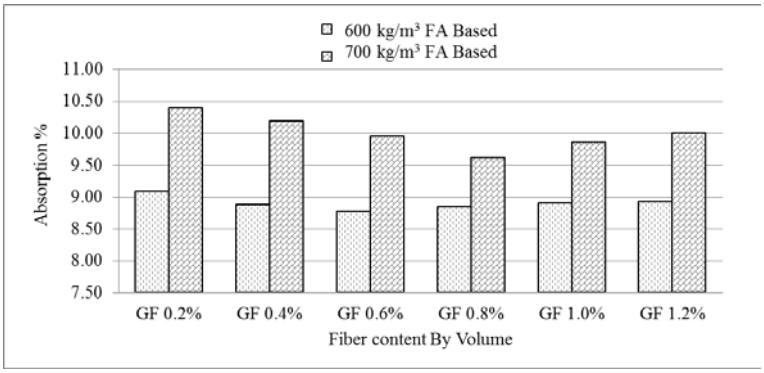


Figure 4 Water absorption

Sorptivity measure the capacity of material to absorb water by capillary action. Figure 5 shows sorptivity results of FA based geopolymer mortars modified with glass fiber.

Generally, sorptivity results are very low compared to ordinary Portland cement mortar. For example, in series 1 the average of sorptivity indices is 0.0223 m/min$^{1/2}$, for series 2 the average is 0.0200 mm/min$^{1/2}$. According to the results it was observed that FA based geopolymer mortar modified with glass fiber has low absorption. Moreover, based on the absorption results, there is insignificant change in the results due to changing the amount of glass fiber content. This may due to the fact that the glass fiber distorts the internal structure of geopolymer mortar.

According to the results, moderate absorption with low sorptivity was observed. Absorption amount is due to the amount of porosity inside mortar, but it does not indicate that the mortars have high capillarity. This may be due to denser structure of geopolymer matrix.

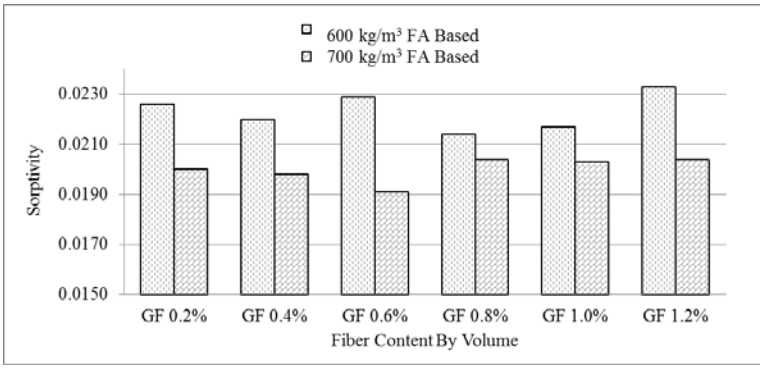


Figure 5 Sorptivity values

4. Conclusions

According to the experimental test results, following conclusions are drawn:

1-FA based geopolymer binder will completely eliminate cement in concrete and helps to prevent global warming and to use waste material (FA) effectively.

2-FA based geopolymer concrete can be used in areas where faster final strength achievement is needed as it gains its final strength in about (24-48 hrs.) curing.

3-Glass fiber reinforced FA based geopolymer productions can be offered to manufacture of precast structural elements in construction industry.

4-The unit weight of glass fiber reinforced FA based geopolymer mortar was found approximately similar to that of conventional ordinary Portland cement.

5-Compressive strength of glass fiber reinforced FA based geopolymer increased about 28% by increasing amount of glass fiber content from 0.2% to 1.20%. Splitting tensile strength increased about 31% by increasing amount of glass content from 0.2% to 1.20%.

6-Workability of FA based geopolymer reinforced with glass fiber mortar decreased with increasing of glass fiber content due to blockage of

the movement of particles by fibers.

Geopolymer mortar can be considered as a resistant construction material against aggressive environments as a result of very low capillary absorption property.

5. References

[1] Palomo A, M.T. Blanco, and M. W. Grutzeck. 1999. Alkali-activated fly ashes, a cement for the future, Cement and Concrete Research, 29, 1323-1329.

[2] McCaffrey, R. 2002. Climate change and the cement industry, Global Cement and Lime Magazine Environmental Special Issue,15-19.

[3] Davidovits, J. 1988. Mineral polymers and methods of making them, united states patent, 4, 349,386.

[4] Sumajouw, M.D.J. and Rangan, B.V. 2006. Low-Calcium Fly-Ash based geopolymer concrete: reinforced beams and columns, Research Report GC3, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth.

[5] Mehta P. K. and Paulo Monteiro, J. M. 2006. Concrete Microstructure, Properties, and Materials, third eddtion.

[6] Choi, Y., and Yuan, R. L. 2005. Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC. Cement and Concrete Research, 35(8), 1587-1591.

[7] Ghugal, Y. M., and Deshmukh, S. B. 2006. Performance of alkali-resistant glass fiber reinforced concrete. Journal of reinforced plastics and composites, 25(6), 617-630.

[8] Nematollahi, B., Sanjayan, J., Chai, J.X.H., Lu, T.M., 2014. Properties of Fresh and Hardened Glass Fiber Reinforced Fly Ash Based Geopolymer Concrete. Key Engineering Materials Vols. 594-595 pp 629-633

[9] Vijai K., Kumutha R., and Vishnuram, B. G. 2012. Properties of glass fibre reinforced geopolymer concrete composites, Asian journal of civil engineering Building and housing, 13, 511-520.

[10] Kizilkanat, A. B., Kabay, N., Akyüncü, V., Chowdhury, S., Akça, A. H. 2015. Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete, an experimental study, Construction and Building Materials, 100, 218-224.

Yeraltı Suyu İyileştirilmesi Bakımından Nitrat Giderim Yöntemlerinin İrdelenmesi: Harran Ovası Örneği

Discussion of Nitrate Removal Methods in terms of Groundwater Remediation: A Case Study from the Harran Plain

Pelin YAPICIOĞLU[1], M.İrfan YEŞİLNACAR[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Yeraltı suları, ulaşılabilir tatlı su kaynaklarının başında yer alır. Nitrat, yeraltı suyunun kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Nitrat seviyesinin düşürülmesi, yer altı sularının iyileştirilmesiyle mümkün olmaktadır. Bunun için birçok metot geliştirilmiştir. Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahip olan Harran Ovasında on bir gözlem kuyusu için Mart ve Ekim aylarında nitrat konsantrasyonu izlenmiştir. Alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre dördüncü Kuyu için her iki ayda da nitrat seviyesi içme suyu standartlarından yüksektir. Yeraltı su kalitesini, içme suyu kalitesine getirmek için ileri arıtma teknikleri uygulanmalıdır. Bu çalışmada nitrat giderim yöntemleri (biyoçar uygulaması, adsorpsiyon, biyo-elektrokimyasal arıtım, elektrokoagülasyon, kimyasal oksidasyon, biyodegredasyon, membran teknolojileri, nanoteknoloji) irdelenmiştir. Yapılan değerlendirmenin sonucunda, avantajları düşünüldüğünde en uygun nitrat giderim metodunun, biyoçar uygulaması olabileceği önerilmektedir.

Anahtar kelimeler:

Yeraltı suyu iyileştirmesi; nitrat giderimi; ileri arıtma, sürdürülebilirlik

Abstract

Groundwater takes place on the top of available freshwater resources. Nitrate is one of the significant parameters that affect the groundwater quality. It is possible to decrease nitrate level with the groundwater remediation. Therefore, several methods have been developed. For eleven observation wells locate in the Harran Plain that has the biggest groundwater reserves of the Middle East, nitrate concentration has been monitored in October and March. According to the analyses results of the samples, nitrate level for fourth well was higher than the potable water standards. Advanced treatment techniques should be applied to promote the quality of groundwater to the quality of potable water. In this study, nitrate removal methods (biochar application, adsorption, bio-electrochemical treatment, electrocoagulation, chemical oxidation, biodegradation, membrane technologies, nanotechnology) have been discussed. In the result of the evaluation, it has been recommended that the best available nitrate removal method could be biochar application considering its advantages.

Keywords:

Groundwater remediation; nitrate removal; advanced treatment; sustainability

1. Introduction

Nitrogen fertilizers that creates nitrate are widely used in agriculture to promote crop production, but excess nitrogen resources can lead to the groundwater, water, soil and air pollution [1]. Nitrate comprises in the result of the nitrification process. Nitrate is derived from one of the urban, industrial, residential and agricultural resources in groundwater. Mainly, nitrate contamination in the groundwater is originated from agricultural fields. It is estimated that nitrate leaches from agricultural fields to the groundwater resources. One of the most common environmental impacts of nitrate is the degradation of groundwater quality and the pollution of potable water resources [2,3]. The EU Directive 91/676/EEC that preserves potable water resources from pollution caused by nitrate occurs in agricultural sources establishes the acceptable threshold of nitrate concentration in the groundwater at 50 mg/L [1]. The main aim of this study is to remediate a polluted groundwater resource with nitrate by a proper treatment method. The pilot area is the Harran Plain, in this study.

The Harran Plain locates in Şanlıurfa has the largest irrigation area of the GAP and the largest groundwater reserves of the Middle East. There are many wells in this area where locates in the nearby agricultural fields. When the water distribution of the earth is examined, the ratio of groundwater in total water amount is 0.76% and the ratio in available fresh water is 30.1% [4,5]. Thus, the biggest ratio of available fresh water corresponds to the groundwater resources and these resources have a crucial importance for the fauna and flora. Nitrate is one of the significant parameters that affect the groundwater quality.

In this study, for eleven sampling points where locate in the Harran Plain, nitrate analyses have been realized in October and In March. Then, for nitrate removal from nitrate polluted groundwater, the treatment methods have been discussed.

2. Method

This paper is a type of a case study. In this study, for eleven sampling points where locate in the Harran Plain, nitrate analyses have been fulfilled in March (before irrigation) and in October (post irrigation). Then, for nitrate removal for groundwater remediation, advanced treatment methods have been proposed considering the advantages of the treatment methods.

2.1. Description of the Study Area

The Harran Plain has the largest irrigation area of the south eastern Turkey and the largest groundwater reserves of the Middle East. The Harran Plain is located in the southeast of Şanlıurfa Province. The drainage area is 3.700 km², the lowland area is 1.500 km² and the irrigation area is 141.500 hectares, in the Harran Plain. Figure 1 presents the geological map and the location of the Harran Plain.

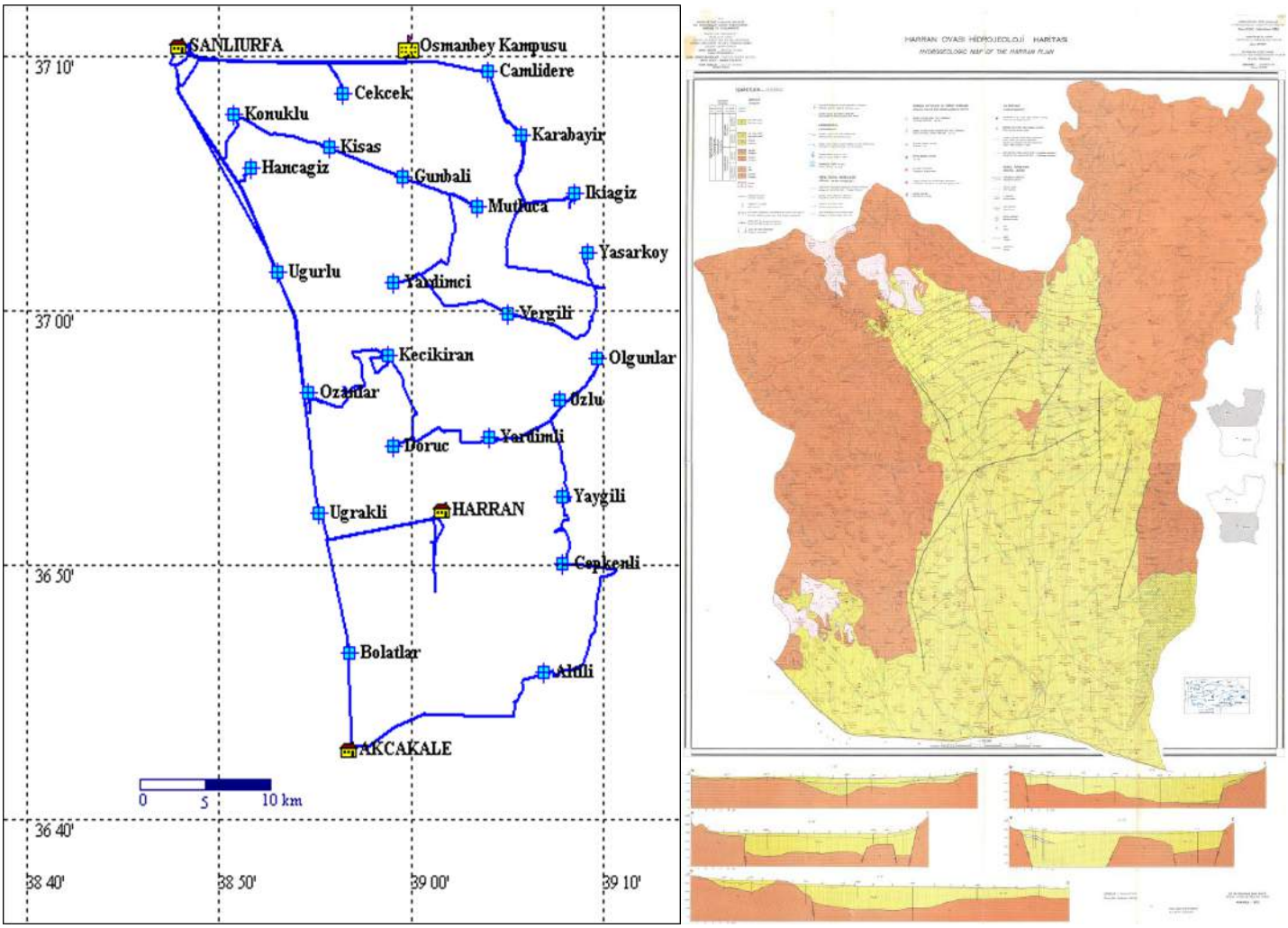


Figure.1. Harran Plain location map and the sampling points of nitrate [6]

2.2. Experimental Assays Planning

In this study, nitrate analyses were performed according to the Standard Methods [7] using UV spectrophotometer by outsourcing for the sampling points that contain Çamlıdere (1), Yardımcı (2), Kısas (3), Uğurlu (4), Ozanlar (5), Kızıldoruç (6), Olgunlar (7), Yaygılı (8), Bolatlar (9), Uğraklı (10) and Viranşehir-Aslanbaba (11) wells in Ocober and in March. The main reasons to elect these wells are that they are vulnerable and locate in the superficial aquifer and nearby agricultural fields. The other reasons are accessibility and many previous studies have been performed in this superficial aquifer.

2.3. Groundwater Remediation Methods

Contamination from agricultural sources and in particular nitrate pollution is one of the main concerns in groundwater management [8]. It is significant to remove nitrate from groundwater resources because these resources has closely related with the public health. Many remediation methods have been developed for nitrate removal from groundwater resources [9]. Biochar Application, adsorption, bio-electrochemical treatment, electrocoagulation, chemical oxidation, biodegradation, membrane technologies and nanotechnology are the major advanced remediation methods of the groundwater resources [9,10,11,12,13].

3. Results and Discussion

The analyses results revealed that only Uğurlu (4) well has the excess nitrate concentration in October and March. The other observation wells have the lower nitrate concentration from the limit value. Channels with nitrate values of less than 5 mg/L are common in the upper part of the Harran Plain, but in the middle and lower part there are channels in the range of 5-30 mg/L nitrate. In Figure 2, nitrate concentration variation on the sampling points is given.

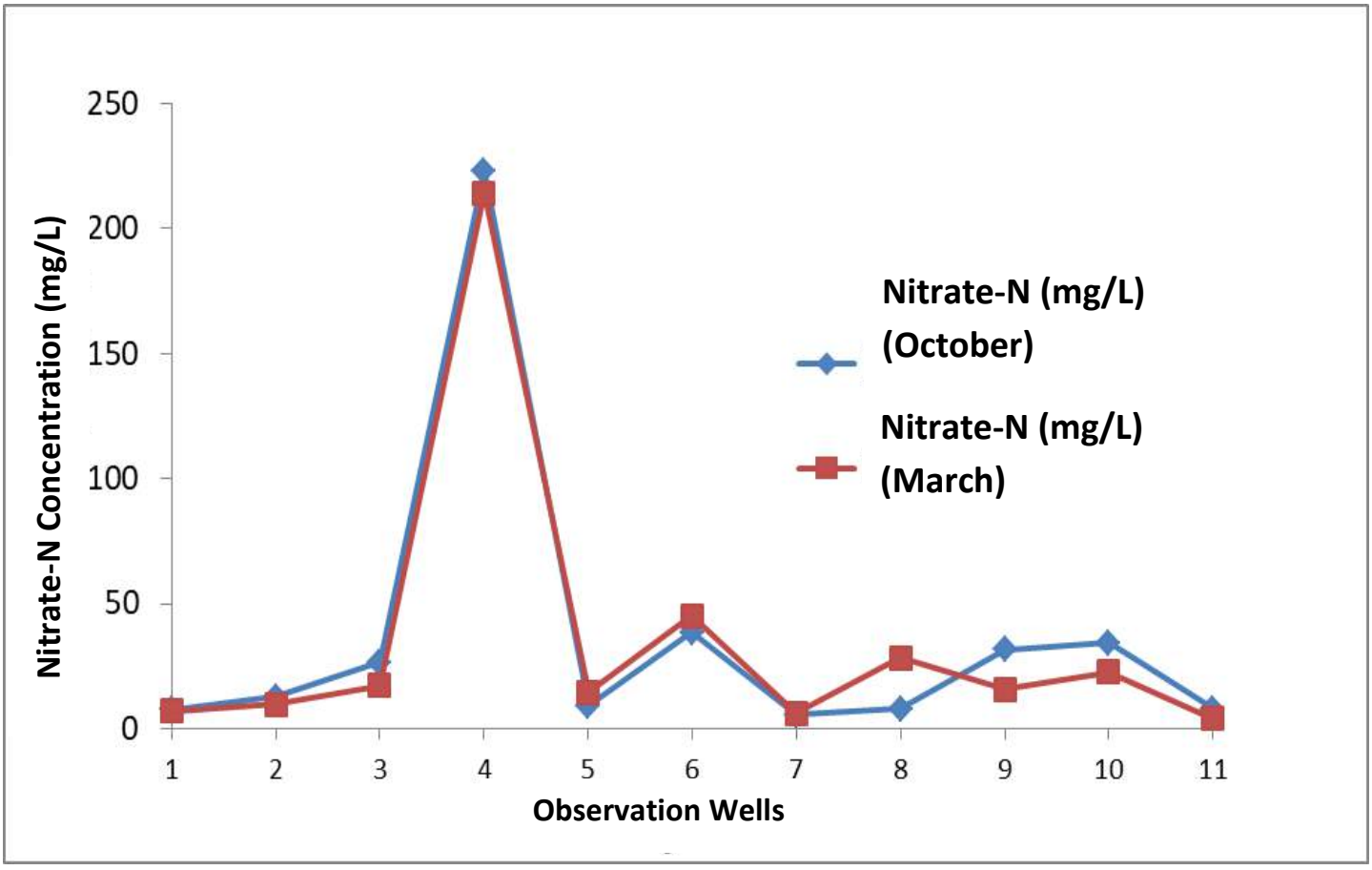


Figure.2. Nitrate concentration variation on the sampling points

As seen from Figure 2, the maximum nitrate concentration has been observed in October (after irrigation) in Uğurlu Well. Nitrate concentration has been exceeding the limit concentration only in Uğurlu Well. Yeşilnacar & Güllüoğlu (2007) [14] studied for this area, similarly. With the data of 2006, especially in the wells, the values of 2016 obtained from this study have been very consistent. There are many studies about detecting the groundwater pollution in Harran Plain. Yeşilnacar & Güllüoğlu investigated hydrochemical

characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in the Harran Plain in 2008 [15]. In the result of their study, while nitrate in particular was found in almost all groundwater samples to be significantly above the maximum admissible concentration of 50 mg/L in the Harran Plain [15]. The other study corresponds to Yeşilnacar et al. (2008) [16]. In their study, neural network prediction of nitrate in groundwater of the Harran Plain has been undertaken [16]. Nitrate was found in almost all groundwater samples to be significantly above the maximum allowable concentration of 50 mg/L, probably due to the excessive use of artificial fertilizers in intensive agricultural activities [16]. Atasoy & Yeşilnacar (2010) researched the effect of high sulphate concentration on the corrosivity in groundwater locate in the Harran Plain [17]. The effect of irrigation on a deep aquifer in the Harran Plain has been determined by Yeşilnacar & Yenigün (2011) [18]. They observed that with the exception of two wells, the measured and analysed parameters in all the groundwater samples were below the internationally accepted maximum concentrations contains nitrate for human consumption and for agricultural purposes [18]. Yeşinacar et al. (2005-2007) has been fulfilled a project of TUBITAK on the determination of the pollution potential and groundwater quality of the Harran Plain [19]. And the other case study corresponds to Bilgili et al. (2018) [20]. They studied about post-Irrigation degradation of land and environmental resources in the Harran Plain [20].

As mentioned in section 2.3., there are several advanced groundwater remediation methods, in recent years. In this study, Uğurlu Well has the highest nitrate concentration. For the remediation of Uğurlu Well, the possible treatment methods have been defined in Table 1.

TABLE I. POSSIBLE TREATMENT METHODS OF NITRATE REMOVAL FOR GROUNDWATER REMEDIATION

Treatment Method	Reference
Biochar Application	[10]
Adsorption	[11]
Bio-electrochemical Treatment	[12]
Electrocoagulation	[13]
Chemical Oxidation	[9]
Biodegradation	[9]
Membrane Technologies	[9]
Nanotechnology	[9]

All remediation methods have been implemented for the groundwater remediation. But, especially biochar application can be very available due to some advantages. Biochar can be used for carbon sequestration, soil amendment, waste management, wastewater treatment, groundwater remediation and greenhouse gas emissions reduction [21]. Biochar can be generated from many types of biomass such as plants, sewage sludge, animal manures and agro-industrial biomass by various production methods that contain slow pyrolysis, fast pyrolysis, gasification or combustion [21]. The production method is a type of renewable energy, because biomass is a type of renewable energy resources. It is cheaper from the other techniques, and biochar can adsorb nitrate immediately [22]. Biochar technology also ensures greenhouse gas emissions reduction. Biochar has gained the significant attention due to its significant role in many environmental management issues and environmental challenges, recently [22].

Among treatment methods, biological treatment methods depend on the microbial activity, so it is difficult to operate them. The other methods are more expensive than biochar application such as membrane technologies, chemical oxidation, electrocoagulation and nanotechnology. Adsorption is inexpensive, too but always an exothermic process and desorption can therefore be effected by raising the temperature of the adsorbent. Also, nitrate removal efficiency is very low with adsorption [11]. For example, membrane technologies require large amounts of fresh water to clean and for backwashing as consuming the natural resources. In chemical oxidation, oxidant materials such as ozone, UV light are very expensive. The recommended remediation method is described in Figure 3. Firstly, aeration should be applied to polish the groundwater. Then biochar application could be implemented to remove the nitrate from the groundwater before the disinfection process. Nitrate removal could be obtained with biochar application. Because, biochar is an efficient adsorber of dissolved ammonium and nitrate in the groundwater. Biochar also has a potential to remove dissolved pollutants in groundwater [23]. The physiochemical properties recommends that biochar could be used as an excellent sorbent to remove pollutants [24]. Sugar beet tailings derived biochar has also been observed to adsorb effectively both nitrate and phosphorus from water bodies, highlighting the remediation potential of contaminated groundwater using biochar [25,26].

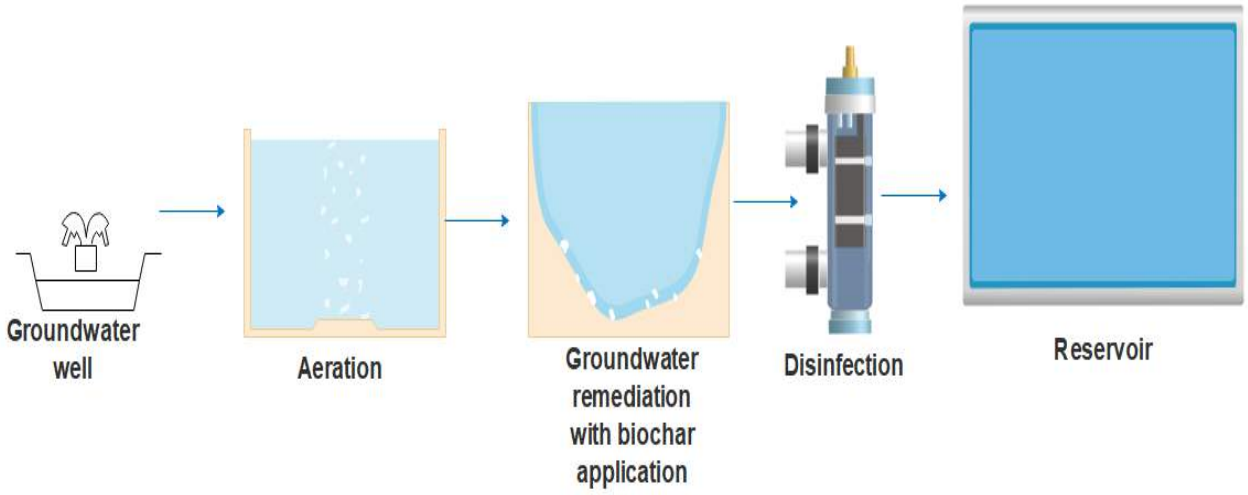


Figure.3. Recommended treatment flow scheme

4. Conclusions

The results revealed that Uğurlu (4) well has the highest nitrate concentration in October and March. The other observation wells have the lower nitrate concentration from the limit value. The maximum nitrate concentration has been observed in October post-irrigation.

It is possible to remediate the nitrate polluted groundwater resources by some treatment methods such as biochar application, adsorption, bio-electrochemical treatment, electrocoagulation, chemical oxidation, biodegradation, membrane technologies and nanotechnology.

Biochar application can be the best available technology for nitrate removal because of some advantages such as its cheapness, its nitrate adsorption capacity, and the possibility of the greenhouse gas emission reduction. Also, experimental analyses should be performed to detect the nitrate removal efficiency from groundwater.

5. References

[1] Wick, K., C. Heumesser and E. Schmid, 2012. Groundwater nitrate contamination: Factors and indicators. Journal of Environmental Management, 111: 178-186.

[2] Lord, I. and, S.G. Anthony, 2002. Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK. Soil Use and Management,18(4): 363-369.

[3] Schroeder, J.J. , D. Scholefield, F. Cabral and G. Hofman, 2004. The effect of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. Environmental Science & Policy, 7: 15-23.

[4] Gleick, P. H., 1996. Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York.

[5] Wagner, R. J., R. W. Boulger, C. J. Oblinger, and B. A. Smith, 2006. Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Station Operation, Record Computation, and Data Reporting. USGS, Report 00-4252.

[6] Devlet Su İşleri, (DSİ), 1972. Harran Ovası hidrojeoloji haritası, Şanlıurfa.

[7] American Public Health Association, American Water Works Association, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA.

[8] Menció, A., J. Mas-Pla et al., 2016. Nitrate pollution of groundwater; all right…, but nothing else?. Science of the Total Environment, 539: 241–251.

[9] Zang, S., G. Mao, J. Crittenden, Xi. Liu and H. Du, 2017. Groundwater remediation from the past to the future: A bibliometric

analysis. Water Research, 119:114-125.
[10] Wei, A., J. Ma, J. Chen, Y. Zhang, J. Song and X. Yu, 2018. Enhanced nitrate removal and high selectivity towards dinitrogen for groundwater remediation using biochar-supported nano zero-valent iron. Chemical Engineering Journal, 353: 595–605.
[11] Meghdadi, A., 2018. Characterizing the capacity of hyporheic sediments to attenuate groundwater nitrate loads by adsorption. Water Research, 140:364-376.
[12] Cecconet, D., S. Zou, A.G. Capodaglio and Z. He, 2018. Evaluation of energy consumption of treating nitrate-contaminated groundwater by bioelectrochemical systems. Science of the Total Environment, 636 : 881–890.
[13] Lacasa, E., P. Canizares, C. Sáez, F. J. Fernández and M. A. Rodrigo, 2011. Removal of nitrates from groundwater by electrocoagulation. Chemical Engineering Journal, 171 :1012– 1017.
[14] Yeşilnacar, M.İ and M.S. Güllüoğlu, 2007. The effects of the largest irrigation of GAP project on groundwater quality, Sanliurfa – Harran Plain. Fresenius Environmental Bulletin, 16(2):206-211.
[15] Yeşilnacar, M.İ. and M.S. Güllüoğlu, 2008. Hydrochemical characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in Harran Plain, GAP Project, Turkey. Environmental Geology, 54(1): 183-196.
[16] Yesilnacar, M.I., E. Şahinkaya, M. Naz and B. Ozkaya, 2008. Neural Network Prediction of Nitrate in Groundwater of Harran Plain, Turkey. Environmental Geology, 56(1): 19-25.
[17] Atasoy, AD. And M.I. Yesilnacar, 2010. Effect of high sulfate concentration on the corrosivity: a case study from groundwater in Harran Plain, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 166(1-4): 595-602.
[18] Yeşilnacar, M.İ. and İ. Yenigün, 2011. Effect of irrigation on a deep aquifer: a case study from semi-arid Harran Plain, GAP Project, Turkey. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70: 213–221.
[19] Yeşilnacar, M.İ., F. Demir, S. Uyanik, G. Yılmaz and T. Demir, 2005-2007. Harran Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG), Proje Kodu: 104Y188.
[20] Bilgili, A.V., M.İ. Yeşilnacar, K. Akihiko, T. Nagano, A. Aydemir, H.S. Hızlı and A. Bilgili, 2018. Post-Irrigation Degradation of Land and Environmental Resources in the Harran Plain, Southeastern Turkey. Environmental Monitoring and Assessment,190(660): 1-14.
[21] Yuan, H., T. Lu, Y. Wang ,Y. Chen and T. Lei, (2016). Sewage sludge biochar: Nutrient composition and its effect on the leaching of soil nutrients. Geoderma, 267: 17–23.
[22] Qambrani, N.A., M.M. Rahman, S. Won et al., 2017. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews,79: 255–273.
[23] Liu, Z. G. and F. S. Zhang, 2009. Removal of lead from water using biocharsprepared from hydrothermal liquefaction of biomass, J. Hazard. Mater., 167:933–939.
[24] Xie, T., K. R. Reddy, C. Wang, E. Yargicoglu and K. Spokas, 2015. Characteristics and Applications of Biochar for Environmental Remediation: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45(9): 939-969.
[25] Yao, Y., B.Gao, M. Inyan, Z A. R.immerman, X. D. Cao, P. Pullammanappallil, and L. Y. Yang, 2011. Biochar derived from anaerobically digested sugar beet tailings: characterization and phosphate removal potential. Bioresour. Technol., 102: 6273–6278.
[26] Zhang, M., B. Gao, Y. Yao, Y. Xue and M. Inyang, 2012 . Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposites for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions. Chem. Eng. J., 210:26–32.

Dolusavak Mansabında Oluşan Hidrolik Sıçramanın Su Yüzü Profilinin Belirlenmesi

Determination of Surface Profile of Hydraulic Jump in the Downstream of Spillway

Oğuz ŞİMŞEK[1]
M. Sami AKÖZ[2]
N. Göksu SOYDAN[2]
Veysel GÜMÜŞ[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

Özet

Dolusavak mansabında oluşan hidrolik sıçramanın su yüzü profilleri altı farklı akım ve üç farklı yapı koşulu için deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Deneylerde akım profili limnimetre ile ölçülmüş ve deney ile aynı koşullardaki akım için temel denklemler, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent paket programı ile iki boyutlu olarak çözülmüştür. Sayısal hesaplamalarda, Reynolds Ortalamalı Navier Stokes (RANS) denklemlerine dayalı Standart k-ε, Renormalization group k-ε, Realizable k-ε, Modified k-ω, Shear Stress Transport k-ω ve Reynolds Stress Model türbülans kapatma modelleri kullanılmış, su yüzü profili Akışkan Hacimleri Yöntemi ile hesaplanmıştır. Sayısal modellerden elde edilen su yüzü profilleri deneysel ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Su yüzü profillerini belirlemede Reynolds Stress Model diğer modellerden daha başarılı olmuştur.

Anahtar kelimeler:

Hidrolik sıçrama, sayısal analiz, su yüzü profili, türbülans modelleri.

Abstract

The surface profiles of hydraulic jump in the downstream of spillway are investigated for six different flow and three sill cases. Limnimeter is used for surface profile in experiments. Basic equations of the problem are solved by ANSYS-Fluent program package based on finite volume method for the flow case having the same experimental conditions. In the numerical simulations, Standart k-ε, Renormalization group k-ε, Realizable k-ε, Modified k-ω, Shear Stress Transport k-ω ve Reynolds Stress Model based on the Reynolds Average Navier Stokes Equations are used for the simulation of turbulence, and the flow profile. Numerical surface profiles are compared with experimental results. Reynolds Stress model is the most successful among the six turbulence models.

Keywords:

Hydraulic jump, numerical model, surface profile, turbulence models.

1. Giriş

Barajlar, sulama ve içme suyu temin etmek, enerji üretmek, taşkınları kontrol etmek gibi çeşitli amaçlar için akarsu yatağını tamamen kapatmak suretiyle inşa edilen mühendislik yapılarıdır. Geçirimsiz gövde, baraj haznesi, dolusavak, dip savak, su alma yapısı, su çevirme yapısı ve balık geçidi barajların başlıca kısımlarıdır. Barajın güvenlik elemanı olan dolusavaklar, baraj haznelerindeki fazla suyu veya taşkın anında aniden gelen suyu güvenli bir şekilde mansaba aktarmak için baraj gövdesi üzerinde veya baraj gövdesinden ayrı olarak inşa edilirler [1].

Barajlarda dolusavaktan veya dip savaktan akarsuya bırakılan su, memba ve mansap kot farkından dolayı büyük bir hidrolik enerjiye sahiptir. Bu hidrolik enerji, membadan mansaba bırakılan akımda yüksek hızlar meydana getirir. Bu yüksek hızlar, büyük basınç ve sürtünme kuvvetleri oluşturarak mansap kısmında oyulma ve aşınma gibi birçok soruna yol açar. Yapısal sorunların oluşmaması için su yapılarından yüksek hızla bırakılan suyun enerjisini kırarak, baraj yapısına ve çevredeki tesislere zarar vermeden mansaba aktarılması için suyun hidrolik sıçrama sürecinden geçmesi gerekmektedir. Hidrolik sıçramanın meydana gelmesi için enerji kırıcı tesis ve enerji kırıcı havuzların inşa edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür yapıların tasarımı için dolusavak tasarım debisi, hız büyüklükleri, mansap akım şartları ve düşüm yüksekliği gibi parametrelerin doğru bir şekilde bilinmesine gereksinim vardır [1].

Dolusavak sonrasında inşa edilecek enerji kırıcı yapının boyutlarının belirlenmesinde hidrolik sıçrama sonrasında meydana gelen akım profilinin doğru belirlenmesi gereklidir. Enerji kırıcı yapı yan duvarlar yüksekliğinin hidrolik sıçrama sonrası oluşan su derinliğinden düşük olması durumunda su yan duvar üzerinden aşarak etrafa taşacak ve enerji kırıcı yapıya hatta ilerleyen zamanlarda dolusavak ve baraj yapısına zarar verebilecektir. Bu gibi olumsuzlukların yaşanmaması ve yapılan yatırımın doğru ve işlevsel olabilmesi için akım profilinin doğru belirlenmesi oldukça önemlidir [1].

Bu çalışmada dolusavak mansabında bulunan enerji kırıcı tesis üzerindeki akım profilleri farklı Froude sayılarında ve yapı koşulunda deneysel olarak elde edilmiş olup, deneyler ile aynı akım koşullarda sayısal modelleme yapılmıştır. Sayısal modellemede en yüksek enerji kaybının yaşandığı akım ve yapı koşuluna ait akım durumunda hız profillerini kullanılan diğer türbülans modellerine kıyasla daha başarılı tahmin eden Reynolds Stress Modeli (RSM) diğer akım ve yapı koşullarında su yüzünün belirlenmesi için kullanılmıştır. Akım profilinin sayısal olarak belirlenmesinde Akışkan Hacimleri Yönteminden (Volume of Fluid-VOF) yararlanılmıştır. Deneysel ve sayısal akım profilleri farklı akım ve yapı koşullarında karşılaştırılmıştır.

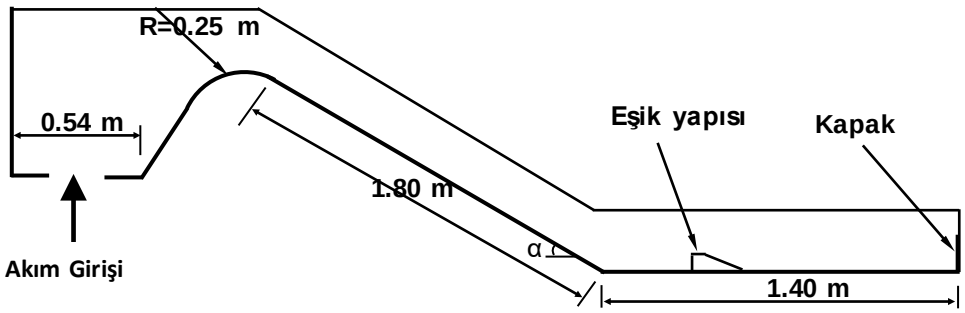
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneyler

Deneyler, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında Şekil 1'de görülen yuvarlak başlıklı bir dolusavak şüt kanalı mansabında yer alan yatay enerji kırıcı havuzda gerçekleştirilmiştir. Dolusavak şüt kanalının ve enerji kırıcı havuzun yan duvarları ve tabanı camdan imal edilmiştir. Dikdörtgen kesitli şüt kanalının boyutları 180x20x20 cm ve enerji kırıcı havuzun boyutları ise 150x20x20 cm'dir. Laboratuvar kanalı, kapalı çevrim olarak çalışan bir sistem olup, suyun sirkülasyonu bir santrifüj pompa ile hazneden, debi ayarı ise pompa mansabındaki vana ile yapılmaktadır. Deney modeli olarak, şekildeki gibi dolusavak mansabında yer alan enerji kırıcı havuza yerleştirilmiş, üç farklı yüksekliğe sahip, tek sıralı ve sürekli eşik kullanılmıştır. Su derinliğini kontrol etmek amacıyla enerji kırıcı havuzun sonuna keskin kenarlı kapak yerleştirilmiş ve bu kapak yardımıyla hidrolik sıçramanın yeri kontrol edilerek hidrolik sıçramanın enerji kırıcı havuzun içerisinde kalması sağlanmıştır [1].

Deneylerde su yüzü değişimleri limnimetre kullanılarak ölçülmüştür. Hidrolik sıçramanın meydana geldiği şüt kanalının sonu ile enerji kırıcı havuz giriş bölgesinde akımın aşırı türbülanslı ve düzensiz olmasından dolayı bu bölgedeki su yüzü profilinin belirlenmesinde çok sayıda su yüzü okuması alınarak bu okumaların ortalaması kullanılmıştır. Deneylerde debi, ultrasonik debi metre yardımıyla ölçülmüş ve debi metre, enerji kırıcı havuzun sonunda bulunan kapaktan sonra suyun serbest olarak döküldüğü depo ile sisteme suyu veren pompa arasında bulunan boru üzerine bağlanmıştır. Ultrasonik debi metrenin debi değerini doğru bir şekilde hesaplayabilmesi için üzerine bağlandığı borunun malzeme tipinin, boru et kalınlığının, boru iç çapı gibi özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Deneylerde kullanılan akım özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda yer alan α şüt kanalı eğimini, Q akım debisini ve Fr_1 hidrolik sıçrama öncesi kesitte Froude sayısını ($Fr_1=V/(gh)^{1/2}$, V ortalama akım hızı, g yer çekim ivmesi, h su derinliği) ifade etmektedir.



Şekil. 1. Deney düzeneği şematik görünümü

TABLO I. DENEYLERDE KULLANILAN AKIM ÖZELLİKLERİ

Şüt Kanalı Açısı	α=30°			α=12°		
Debi (l/s)	2.3	1.3	1.0	2.9	1.9	1.6
Fr_1	12	10	9	8	7.5	7

2.2. Temel Denklemler

Üç-boyutlu, sıkışmayan, türbülanslı açık kanal akımının hareketini idare eden temel denklemler, kütlenin ve momentumun korunumu (Reynolds-ortalamalı Navier-Stokes) denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

$$\rho\left(\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial t} + \overline{u}_j \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j}\right) = \rho g_i - \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 \overline{u}_i}{\partial x_j^2} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \tag{2}$$

(1) ve (2) denklemlerinde u_i, x_i doğrultusundaki hız bileşeni, g yer çekimi ivmesi, p basınç, μ dinamik viskozite, ρ akışkan yoğunluğu ve τ_{ij} türbülans (Reynolds) gerilmeleridir. Bu çalışmaya konu olan üç boyutlu akımı idare eden yukarıdaki 4 adet denklem 10 adet bilinmeyen içermektedir, bunlar: üç hız bileşeni $\overline{u_i}$, basınç $\overline{p}$ ve 6 bağımsız Reynolds gerilmesidir ($-\rho\overline{u_i'u_j'}$). Böylece, denklem sisteminin çözülebilmesi için türbülans gerilmelerinin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorun, yukarıdaki zamansal-ortalama denklemlerin sayısal çözümü sürecinde, denklemlerde yer alan türbülans gerilmelerinin uygun türbülans kapatma modelleriyle tanımlanmasını gerektirmektedir. Türbülans viskozitesinin doğrusal olarak ifade edilmesini esas alan Boussinesq yaklaşımına göre (2) denklemindeki türbülans kayma gerilmeleri bünye denklemi ile, sıkışmayan akımlar için aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\tau_{ij} = -\rho\overline{u_i'u_j'} = \mu_t\left(\frac{\partial\overline{u}_i}{\partial x_j}+\frac{\partial\overline{u}_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\rho k\delta_{ij} \tag{3}$$

burada u_i' ve u_j' yatay ve düşey türbülans hız sapınçları, μ_t türbülans viskozitesi, k ($=\overline{u_i'u_i'}/2$) türbülans kinetik enerjisi ve δ_{ij} Kronecker deltadır.

2.3. Türbülans Modelleri

Denklem (3)'de görülen μ_t türbülans viskozitesinin hesaplanmasında birçok türbülans kapatma modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada, μ_t'nin hesabında Reynolds Ortalamalı Navier Stokes denklemlerinin (RANS) çözümüne dayalı

a) k-ε tabanlı; Standart k-ε (SKE) [2], Renormalization Group k-ε (RNG) [3], Realizable k-ε (RKE) [4],

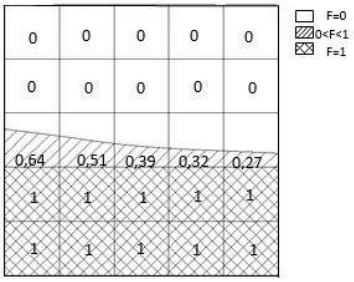
b) k-ω tabanlı; Modified k- ω (MKW) [5], Shear Stress Transport k- ω (SST) [6]

c) Reynold Stress Model (RSM) [7, 8, 9]

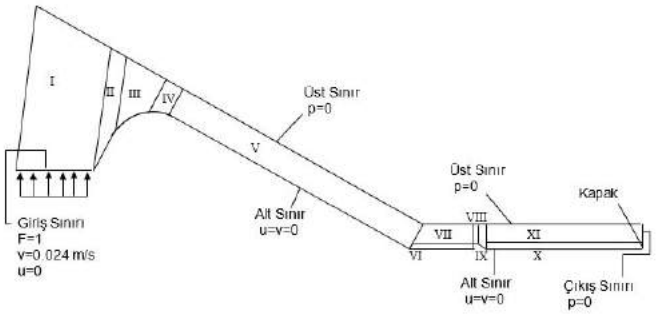
türbülans modelleri kullanılmıştır

2.4. Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF)

Birbiri ile karışmayan iki veya daha fazla akışkan arasındaki fazlar arası ara yüzeyin şekli ve oluşumu incelenmek istendiğinde genellikle sabit bir Eulerian çözüm ağına uygulanabilen VOF modeli kullanılmaktadır [10]. Bu çalışmada su-hava ara kesitinin hesabında akışkan hacimleri yöntemi (Volume of Fluid, VOF) kullanılmıştır. VOF yöntemi hücrelerin boş, kısmen ya da tam suyla dolu olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Hacimsel doluluk oranını temsilen bir akışkan hacmi (F) tanımlanır. F=1 için ağ elemanı tam dolu, F=0 için boş (hava ile dolu) ve 0>F>1 için ağ elemanı kısmen dolu olmaktadır. Akışkan Hacimleri Yöntemi ile serbest su yüzünün hesaplanmasında "Geo-Reconstruct" yaklaşımı kullanılmıştır [11]. Bu yaklaşıma göre, öncelikle, kısmen dolu her bir hücrenin, doluluk oranı ve onun türevleri ile ilgili bilgilere dayanılarak, hava-su doğrusal ara yüzünün hücre ağırlık merkezine göre yeri belirlenir. Bir sonraki adımda, hesaplanmış doğrusal ara yüzün yeri ve eleman yüzeylerinde hesaplanmış normal ve teğetsel hız bilgileri kullanılarak her bir eleman yüzeyinden taşınan akışkan miktarları hesaplanır. Son olarak, bir önceki adımda hesaplanan akışkan miktarları göz önüne alınarak, süreklilik denklemi ile her bir hücrenin hacimsel doluluk oranı belirlenir. Şekil 2 bir bölgedeki su-hava ara kesitinin doluluk oranına örnek teşkil etmektedir. Şekil üzerindeki sayısal değerler, kesitteki F doluluk oranlarının sayısal değerlerini göstermektedir.



Şekil. 2.Ağ elemanlarının doluluk oranı



Şekil. 3. Çözüm bölgesi, sınır şartları ve alt bölgeler

2.5. Çözüm Bölgesinin Sınır Şartları

Şekil 3, dolusavak mansabında içerisinde hidrolik sıçrama oluşan açık kanal akımının sayısal modeli için kullanılan çözüm bölgesini, sınır şartlarını ve alt bölgeleri göstermektedir. Çözüm bölgesi 11 alt bölgeye ayrılarak sayısal modellemede kullanılacak çözüm ağı elemanlarının dikdörtgen elemanlardan oluşması sağlanmıştır. Kullanılan koordinat sisteminin orijini, çözüm bölgesinin sol alt köşesi olarak alınmıştır. Şekil 3'de verilen çözüm bölgesinin üst sınırı ve çıkış bölgesi sınır şartı sıfır basınç (p=0), kanal tabanında ve savak alt tabanında sıfır hızsınır şartı, yani u=0, v=0 olarak tanımlanmıştır. Akım durumunda sayısal modelde giriş sınır şartı olarak yatay hız bileşeni için deneysel hız profilleri kullanılmıştır. Düşey hız bileşeni ise v=0 olarak tanımlanmıştır. Zamana bağlı çözüm sürecinde, başlangıç şartı olarak, çözüm bölgesinin giriş sınırında doluluk oranı F=1, diğer bölgeler ve çözüm bölgesinin çıkış sınırında ise F=0 alınmıştır.

Sayısal modellemede kullanılan tüm türbülans modelleri için zaman adımı Δt=0.001 s olarak seçilmiş ve sayısal çözümün kararlı hale geldiği 50 s kadar çözüm yapılmıştır. (1) ve (2) temel denklemlerinin, Şekil 3'te görülen sınır şartlarına göre $\overline{u}$, $\overline{v}$ ve $\overline{p}$ için sayısal çözümü, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent® v.12.1 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Enerji kırıcı yapı ve sonrasında oluşan su derinliği, yan duvar boyutlarını doğrudan etkilediği için, bu tür yapıların tasarımında ve maliyetinde önemli bir faktördür. Yeterli yan duvar yüksekliğinin olmaması halinde, duvar üzerinden aşan su, yapı güvenliğini tehlikeye atacak şekilde oyulmalara ve hasarlara neden olabilmektedir.

En fazla enerji kaybının oluştuğu akım ve yapı koşullarındaki (Fr_1=12, h_e=3 cm) hidrolik sıçrama, ANSYS-Fluent paket programı ile sayısal olarak modellenmiştir. Niceliksel karşılaştırmada, 6 farklı türbülans modeli için elde edilen sayısal hız profilleri deneysel hız profilleri ile karşılaştırılmış ve kriteri olarak Denklem (4)'de verilen Ortalama Karesel Hata (OKH) değeri kullanılmıştır.

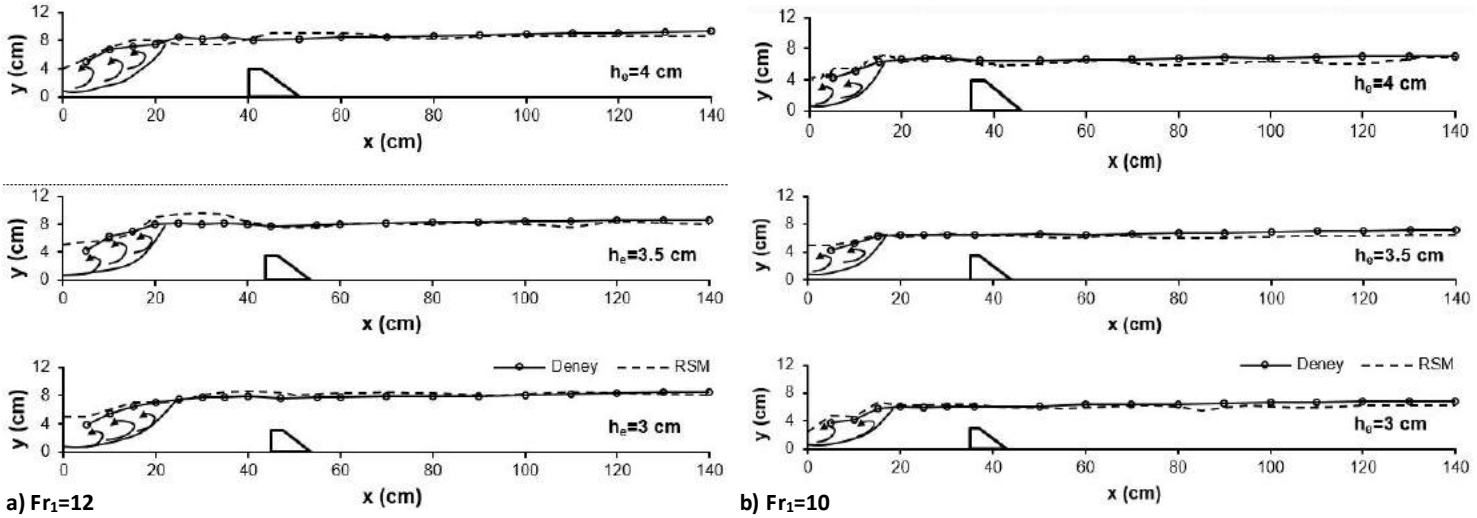
$$OKH = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\left(u_d - u_h\right)^2 \qquad (4)$$

Burada, u_d ve u_h sırasıyla deneysel ve hesaplanan hız değerlerini, N ise hız profilinde derinlik boyunca kullanılan nokta sayısını ifade etmektedir

Tablo 2'de 6 farklı türbülans modeline ait 14 farklı kesitte elde edilen OKH değerlerinin ortalaması verilmiştir.OKH değerleri üzerindeki rakamlar türbülans modelinin başarısı sırasını göstermektedir. OKH değerlerinden, RSM modelinin diğer türbülans modellerine kıyasla daha iyi tahminde bulunduğu açıkça görülmektedir. α=12° ve 30° şüt kanalı eğimleri için, farklı akım (Fr_1=12, 10, 9, 8, 7.5 ve 7) ve yapı koşullarında (h_e=4, 3.5 ve 3 cm) limnimetre kullanılarak elde edilen deneysel su yüzü profilleri ile RSM türbülans modeli kullanılarak elde edilen sayısal su yüzü profillerinin karşılaştırılması Şekil 4, 5 ve 6 'da verilmiştir. Enerji kırıcı havuzun girişinde, yoğun hava karışımı ve hidrolik sıçramanın dinamik özelliği nedeniyle, sıçrama bölgesindeki akım profilleri ortalama olarak belirlenmiştir.

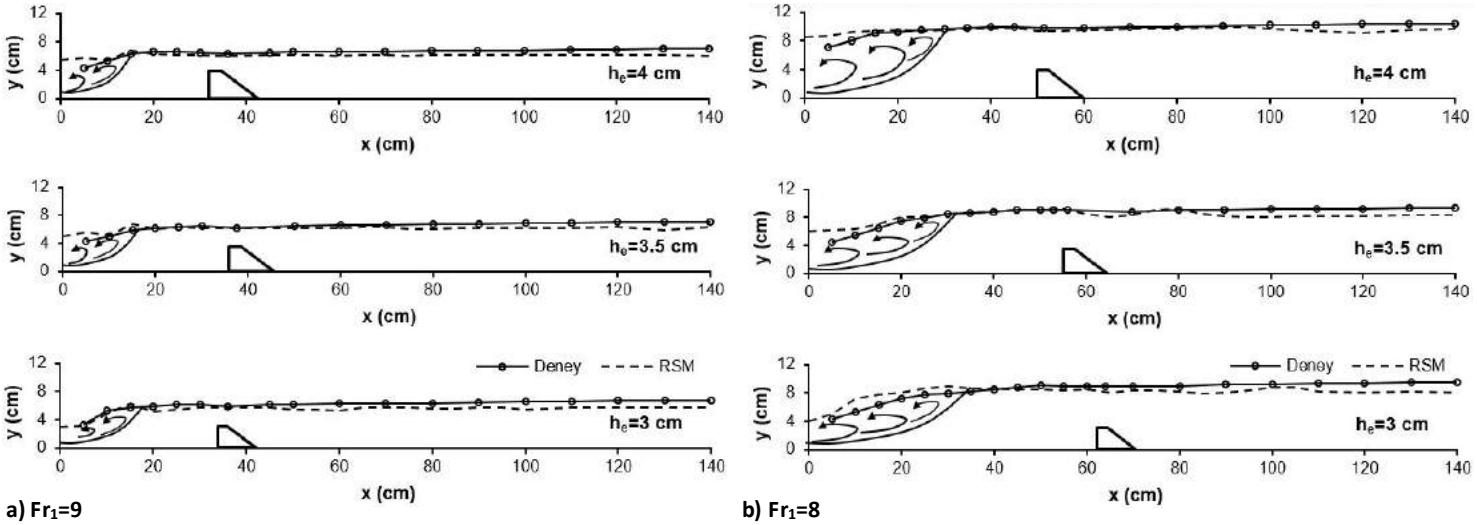
TABLO II. FARKLI TÜRBÜLANS MODELLERİ İÇİN ELDE EDİLEN OKH DEĞERLERİ (M^2/S^2)

Türbülans modeli	SKE	RNG	RKE	MKW	SST	RSM
Ortalama OKH değeri	0.0424(4)	0.0205(2)	0.0253(3)	0.0728(5)	0.0800(6)	**0.0128(1)**



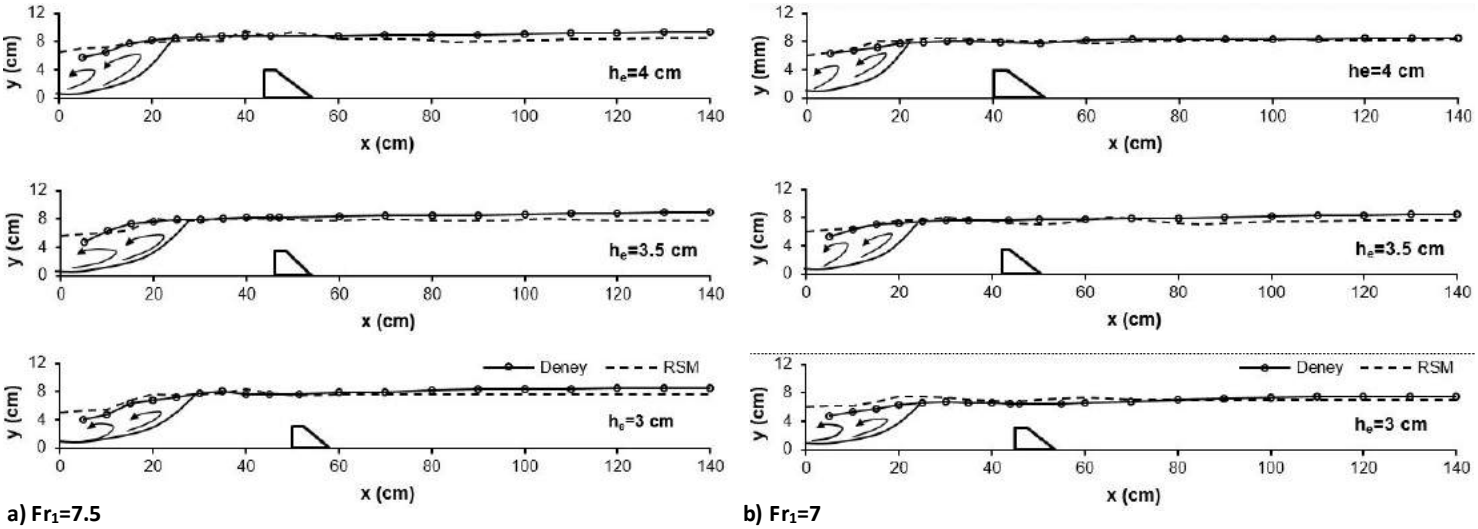
a) Fr_1=12 b) Fr_1=10

Şekil. 4. Deneysel ve sayısal akım profilleri, a) Fr_1=12 ve b) Fr_1=10.



a) Fr_1=9 b) Fr_1=8

Şekil. 5. Deneysel ve sayısal akım profilleri, a) Fr_1=9 ve b) Fr_1=8.



a) Fr_1=7.5 b) Fr_1=7

Şekil. 6. Deneysel ve sayısal akım profilleri, a) Fr_1=7.5 ve b) Fr_1=7.

Şekil 4, 5 ve 6'da verilen şekiller incelendiğinde, bu çalışmada ele alınan deney koşullarında, eşik yüksekliğinin azalması ile birlikte su derinliği ve eşik yapısının hemen membasında meydana gelen kabarma miktarı da azalmaktadır. Eşik mansabında ise hemen hemen üniform bir derinlik söz konusudur. Sabit eşik yapısı yüksekliğinde, Froude sayısının azalmasıyla birlikte hidrolik sıçramanın uzunluğu azalmakta ve sıçrama zayıflamaktadır. Kanal eğimi α=30o için Froude sayısı azalınca, sıçrama uzunluğu azalmakta ve sıçrama şüt kanalı üzerine doğru kaymakta, Kindsvater (1944) tarafından verilen sınıflandırmaya göre A tipi sıçramadan B tipi sıçramaya geçiş yapmaktadır. α=12o için ise bütün Froude sayılarında ise B tipi hidrolik sıçrama gerçekleşmektedir. Deneysel ve sayısal su yüzü profillerinin karşılaştırılmasından deneysel modellere göre daha ekonomik, pratik ve kısa sürede akım hakkında detaylı bilgi edinme imkânı veren sayısal modellenin bu tür akımların modellemesinde kullanılabileceği görülmüştür.

4. Sonuç

Dolusavak şüt kanalı mansabında bulunan enerji kırıcı havuz içerisinde meydana gelen hidrolik sıçramanın deneysel ve sayısal analizi, farklı akım ve yapı koşulları altında gerçekleştirilmiştir. α=12° ve 30° şüt kanal eğimleri için gelen akımın Froude sayısının 12, 10, 9, 8, 7.5 ve 7 olduğu akım koşullarında, h_e=4, 3.5 ve 3 cm eşik yükseklikleri kullanılarak hidrolik sıçramanın akım profili incelenmiştir. Deneylerde kullanılan akım ve yapı koşulları için temel denklemler sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent programı yardımıyla, Standard k-ε (SKE), Renormalization group k-ε (RNG), Realizable k-ε (RKE), Modified k-ω (MKW), Shear Stress Transport (SST) ve Reynolds Stress Model (RSM) türbülans kapatma modelleri kullanılarak iki boyutlu çözülmüştür. Sayısal modellemede kullanılan türbülans kapatma modellerin başarısının belirlenmesi için niceliksel kriter olarak Ortalama Karesel Hata (OKH) değeri, sayısal çözümlerde su yüzü profilinin hesaplanmasında Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF) kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal akım profillerinin karşılaştırılması sonucunda akım alanını kullanılan diğer türbülans modellerine göre daha başarılı tahmin eden RSM modelinin gerçeğe daha yakın tahmin ettiği belirlenmiştir. Froude sayısının azalmasıyla birlikte hidrolik sıçrama sonrası oluşan su derinliğinin de azaldığı, hidrolik sıçramanın düzensiz ve değişken akım yapısına sahip olmasından dolayı deneysel ve sayısal sonuçlar arasında bu bölgede çok azda olsa farklılıklar görülmektedir. Elde edilen sonuçlardan sayısal modellemenin bu tip akım yapı etkileşim problemlerinin çözümünde ve hidrolik sıçrama gibi karmaşık akım yapısına sahip akım türlerinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

5. Referanslar

[1] Şimşek, O. 2017. Enerji kırıcı yapı üzerindeki akimin sayısal ve deneysel analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye. 247 sayfa.

[2] Launder, B. E. and Spalding, D. B., 1972. Lectures in mathematical models of turbulence, New York. Academic Press.

[3] Yakhot, V. and Orszag, S. A., 1986. Renormalization-group analysis of turbulence. Physical Review Letters, 57(14):1722-1724.

[4] Shih, T.H., Liou, W. W., Shabbir, A., Yang, Z., and Zhu, J. 1995. A new k-ϵ eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows. Computers & Fluids. 24(3):227-238.

[5] Wilcox, D. C. 2006. Turbulence Modeling for CFD (Third Edition), California. DCW Industries, Inc.

[6] Menter, F. R. 1994. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA journal, 32(8):1598-1605.

[7] Launder, B., Reece, G. J. and Rodi, W. 1975. Progress in the development of a Reynolds-stress turbulence closure. Journal of fluid mechanics, 68(03):537-566.

[8] Gibson, M. M. and Launder, B. E. 1978. ground effects on pressure fluctuations in the atmospheric boundary layer. Journal Fluid Mechanic., 86:491-511.

[9] Launder, B. E., 1989. 2nd-moment closure and its use in modeling turbulent industrial flows. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 9(8):963-985.

[10] Hirt, C.W. and Nichols, B.D. 1981. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. Journal of Computational Physics. 39(1): 201-225.

[11] ANSYS. 2012. FLUENT Theory Guide. USA: ANSYS Inc.

[12] Kindsvater, C. E. 1944. The hydraulic jump in sloping channels. Trans. ASCE, 109:1107-1154.

Özet

Binaların veya açık hava ortamındaki dinlenme alanlarının gölgede kalması için, yapılacak binaların veya dinlenme alanlarının, plan aşamasında, buna uygun tasarımı yapılabilir. Bir imar adasında yer alan binaların günün muhtelif saatlerinde oluşturduğu gölgenin konumuna, binalar arasındaki uzaklık, günün saati, o saatteki güneş denklinasyon açısı, güneş azimut açısı ve güneş zenit açısı etkilidir. Uygulamada konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda dış gölge elemanı tasarımını kolaylaştıran bir yaklaşım önerilmiş, Adana'da dış gölge elemanlarının, gölge elemanı olarak, 120/140 boyutunda bir P penceresi örneğinin dört ana yön için biçim ve boyutunun araştırmasının yapıldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, Trakya bölgesinde bir imar ada cephesinin muhtelif semt açısı değerlerinde ve güneş azimut açısının muhtelif değerlerinde; bir imar adasındaki binanın komşu, arka ve yan bahçe sahasında ve komşu parseldeki binanın cephesinde oluşturduğu gölgenin konumları incelenmiştir. Diğer çalışmalarda belirtilen konu ile ilgili bir araştırmanın yapılmadığı tespit edildiğinden, bu araştırmanın yapılması gerekli görülmüştür. Elde edilen bulgular ve kanaatler belirtilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Güneş azimut açısı, güneş yükseklik açısı, bir binanın gölge konumları.

Abstract

In order to keep the buildings or the open air environment in the shade, the buildings or rest areas to be constructed can be designed accordingly in the planning phase. The distance between the buildings, the time of day, the solar equalization angle at that time, the solar azimuth angle and the solar zenith angle are effective to the position of the shadow buildings on a reconstruction island at various times of the day. In practice, an approach that facilitates the design of external shadow element is proposed in the studies on the subject. In Adana, it was stated that the shape and size of the outer shade elements as a shadow element and a window of 120/140 P window sample for the four main directions were investigated. In this study, in various district angle values and sun azimuth angle of a development island facade in Trakya region; the location of the shadow building on the neighboring, backyard and side garden area of the building on a reconstruction island and on the facade of the building in the neighboring parcel were investigated. This study was deemed necessary since it was determined that no research was carried out on the subject mentioned in other studies. The findings and convictions are indicated.

Keywords:

Solar azimuth angle, solar elevation angle, shadow positions of a building.

Trakya Bölgesinde Bir İmar Adasındaki Binaların Oluşturduğu Gölgelerin Konum Bakımından İncelenmesi

Investigation of the Shadows Formed by the Buildings in a Reconstruction Area in Trakya Region

Hüseyin İNCE [1]
Nuri ERDEM [2]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye,
[2] Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye,

1. Giriş

Yaz mevsiminde havanın çok sıcak olması nedeniyle insanlar, güneşin bunaltıcı etkisinden kurtulmak için gölgeli mekânları isterler. Binaların veya açık hava ortamındaki dinlenme alanlarının gölgede kalması için, yapılacak binaların veya dinlenme alanlarının, plan aşamasında, buna uygun tasarımı yapılabilir. Bir imar adasında yer alan binaların günün muhtelif saatlerinde oluşturduğu gölgenin zemindeki veya bina yüzeyindeki konumuna, binalar arasındaki uzaklık, günün saati, o saatteki güneş denklinasyon açısı, güneş azimut açısı ve güneş zenit açısı etkilidir. Günümüzde iskân alanlarında yapılacak binalar için ayrık nizam veya blok nizam uygulanmaktadır. Uygulamada konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda [1, 2] dış gölge elemanı tasarımını kolaylaştıran bir yaklaşım önerilmiş, Adana'da dış gölge elemanlarının, gölge elemanı olarak, 120/140 boyutunda bir P penceresi örneğinin dört ana yön için biçim ve boyutunun araştırmasının yapıldığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada ise, Trakya bölgesinde bir imar ada cephesinin muhtelif semt açısı değerlerinde ve güneş azimut açısının muhtelif değerlerinde; bir imar adasındaki binanın komşu bahçe sahasında, arka bahçe sahasında ve yan bahçe sahasında ve komşu parseldeki binanın cephesinde oluşturduğu gölgenin konumları incelenmiştir. Diğer çalışmalarda belirtilen konu ile ilgili bir araştırmanın yapılmadığı tespit edildiğinden, bu araştırmanın yapılması gerekli görülmüştür. Elde edilen bulgular ve kanaatler belirtilmiştir.

2. Güneş Açıları

Yapıların gün ışığından yararlanmasını sağlayacak şekilde konumlandırılmasında, güneş ışınının yeryüzünde belirlenen bir noktaya geliş doğrultusundan (güneş azimut açısından) yararlanılır. Güneş azimut açısının hesabına, çalışma bölgesinin enlemi (φ), yılın belirli bir günü için güneşin denklinasyon açısı (δ) ile lokal öğle vaktine göre güneşin doğuş ve batış saat açıları (h) girmektedir. Bu açılara güneş açıları denir [3, 4].

Enlem (açısı) φ : Yeryüzündeki N noktasını dünya merkezine birleştiren doğrunun ekvator düzlemiyle yaptığı açıdır.

Saat Açısı (h) : Yeryüzünde dikkate alınan noktanın boylamı ile güneşi dünya merkezine bileştiren doğrunun, güneş ışınlarının belirttiği boylam arasındaki açıdır. Saat açısı, güneş boylamının göz önüne alınan yerin boylamı ile aynı olduğu *"güneş öğlesi"*nden itibaren hesaplanır, yerel öğle vaktinden öncesi için aradaki fark (–) işaretli, yerel öğle vaktinden sonrası için aradaki fark (+) işaretli olarak alınır. Hesaplamalarda her bir saat zaman farkı 15^o lik saat açısı olarak dikkate alınır.

Denklinasyon açısı (δ) : Güneş ışınlarının ekvator düzlemiyle yaptığı açıdır (Şekil 1). Bu açı dünyanın dönme ekseninin, yörünge düzleminin normali ile yaptığı 23^o 27' lık açıdan ileri gelir. Gün dönümü noktalarında (21 Haziran yaz gün dönümünde $+23^O$.45, 22 Aralık kış gün dönümünde -23^o,45) mutlak değerce maksimum olur. Denklinasyon açısı, aşağıdaki eşitlikten;

$$\delta = 23^o,45 \sin\left(360\left(\frac{n+284}{365}\right)\right) \quad (1)$$

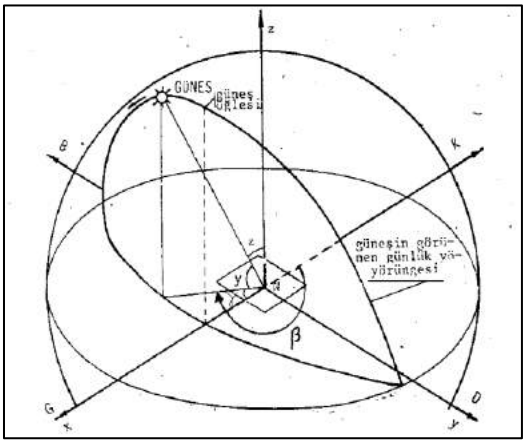
elde edilir. Burada n, yılın gün sayısıdır.

Zenit açısı (z): Doğrudan güneş ışınlarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır (Şekil 1). Güneşin doğuşunda ve batışında $z=90^o$ dir. Zenit açısı aşağıdaki bağıntıdan elde edilir [5].

$$\cos z = \cos\delta \cos\varphi \cos h + \sin\delta \sin\varphi \quad (2)$$

Güneş yükseklik açısı (y): Güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi $z+y = 90^o$ dir. Güneş yükseklik açısı y=90 - z bağıntısından elde edilir.

Güneş azimut açısı (β) : Güneş ışınlarının kuzeye göre saat ibresi dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır (Şekil 1). β aşağıda belirtildiği şekilde;



Şekil. 1. Yeryüzünde Bir N Noktasında, Güneş Zenit, Yükseklik ve Azimut Açılarının Şematik Görünümü.

Yerel öğle vaktinden önce; derece biriminde $\beta=180^o - \gamma^o$, grat biriminde $\beta=200 - \gamma^G$ (3)

Yerel öğle vaktinden sonra; derece biriminde $\beta=180^o + \gamma^o$, grat biriminde $\beta=200+\gamma^G$ (4)

$$\cos\gamma = \frac{\cos\delta\cos\varphi\cosh - \sin\delta\cos\varphi}{\cos y} \quad (5)$$

elde edilir (Aksoy,1975; Deriş,1979; Kılıç,1980).

3. Trakya'da Yaz Mevsimi İçin Güneş Azimut ve Güneş Zenit Açısının Hesaplanması

Trakya Bölgesi $26^o24'33"$ ila $28^o11'20"$ boylamları ile 40^o 08'33" ila 42^o 06' enlemleri arasında yer almaktadır. Enlem olarak 40^o, 41^o ve 42^o değerleri dikkate alınmış ve bölge için ortalama enlem olarak 41^o değeri kabul edilmiştir.

Trakya bölgesi Edirne, Kırklareli, Tekirdağ ve Çanakkale illerinden oluşmaktadır. 21 Haziran'da belirtilen bu dört şehir için, takvimlerden elde edilen bilgilere göre güneşin doğuş ve batışına ait saatler incelendiğinde (Çizelge 1); zamanlar arasında en fazla 5-6 dakikalık fark olduğu görülmüştür. Bu itibarla Edirne için, 1 Mayıs'tan 1 Ekim'e kadar güneş doğuş ve batışıyla ilgili saat açıları kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1-Trakya bölgesini oluşturan şehirlerdeki güneşlenme süreleri

İller	Enlem				Güneş Saat Açıları	
		Doğuş	Öğle	Batış	Doğuş	Batış
Kırklareli	42°	5.28	13.23	21.00	13.23-5.28=7.55	21.00-13.23=7.37
Edirne	41°	5.31	13.26	21.02	13.26-5.31=7.55	21.02-13.26=7.36
Tekirdağ	40°	5.29	13.22	20.56	13.22-5.29=7.53	20.56-13.22=7.34
Çanakkale	40°	5.37	13.26	20.57	13.26-5.37=7.49	20.57-13.26=7.31

Trakya bölgesinde, güneşli bir havada bir binanın gölge konumunu belirleyebilmek için belirlenen bir zaman aralığında, güneşin doğuş ve batış açıları ile güneş denklinasyon açısına, güneş zenit açısına ve güneş azimut açısına ihtiyaç bulunmaktadır. Güneş zenit açısının, güneş yükseklik açısının ve güneş azimut açısının hesabında; güneş denklinasyon açısı için 1 Mayıs'tan 1 Ekim' e kadar her ayın 1'i, 15'i ile 21 Haziran günlerine ait değerler (1) nolu bağıntı ile hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Edirne'de Vakitler, Güneş Doğuş ve Batışına Ait Saat Açıları

YILIN GÜNLERİ	n	GÜNEŞ VAKİTLERİ			GÜNEŞ SAAT AÇISI	
		DOĞUŞ	ÖĞLE	BATIŞ	DOĞUŞ (h)	BATIŞ (h)
1 MAYIS	121	6.03	13.21	20.22	13.21-6.03=7.18	20.22-13.21=7.01
15 MAYIS	135	5.46	13.20	20.34	13.20-5.46=7.34	20.34-13.20=7.14
1 HAZİRAN	152	5.34	13.22	20.50	13.22-5.34=7.48	20.50-13.22=7.28
21 HAZİRAN	172	5.31	13.26	21.02	13.26-5.31=7.55	21.02-13.26=7.36
1 TEMMUZ	182	5.35	13.28	21.02	13.28-5.35=7.53	21.02-13.28=7.34
15 TEMMUZ	196	5.44	13.30	20.57	13.30-5.44=7.46	20.57-13.30=7.27
1 AĞUSTOS	213	6.00	13.30	20.42	13.30-6.00=7.30	20.42-13.30=7.12
15 AĞUSTOS	227	6.14	13.28	20.24	13.28-6.14=7.14	20.24-13.28=6.56
1 EYLUL	244	6.31	13.24	19.57	13.24-6.31=6.53	19.57-13.24=6.33
15 EYLUL	258	6.46	13.19	19.33	13.19-6.46=6.33	19.33-13.19=6.14
1 EKİM	273	7.02	13.13	19.06	13.13-7.02=6.11	19.06-13.13=5.53

Çizelge 2 incelendiğinde; Edirne'de yılın belirlenen günlerinde hesaplanan güneşin doğuş ve batışına ait güneş saat açılarının 5.53 ila 7.55 saatleri arasında değiştiği görüldüğünden araştırmada sınır değer olarak h=±6 değeri dikkate alınmıştır. Trakya bölgesini temsilen Çizelge 1 de belirtilen zamanlar için, yukarıda belirtilen bağıntılarla hesaplanan güneş denklinasyon açıları, h=0 dan h=±6.0 güneş saat açılarına karşılık gelen güneş zenit ve güneş yükseklik açıları Çizelge 3'de gösterilmiştir. Çizelge 3 de belirtilen açılar dikkate alınarak, güneş azimut açısının hesaplamasında gerekli olan γ açıları Çizelge 4'de gösterilmiştir. Çizelge 4'de h=±1 için (5) nolu bağıntı ile γ hesabında, matematiksel bir hata (cosγ>1.0) oluştuğundan, h=±1 için güneş azimut açıları, yaklaşık olarak h=±2 ya ait hesaplanmış γ değerlerinin yarı değerleri olarak alınmıştır.

Çizelge 3- Edirne'ye ait 1 Mayıs'tan 1 Ekim'e kadar güneş zenit açıları (^{g})

Yılın Günü	Denklinas. Açısı δ°	SAAT AÇILARI						
		0	1	2	3	4	5	6
1 MAYIS	14.9009	28.9990	32.4104	40.9323	52.0112	64.1851	76.7280	89.2083
15 MAYIS	18.7919	24.6757	28.4976	37.6572	49.1439	61.4988	74.0617	86.4436
1 HAZİRAN	22.0396	21.0671	25.3262	35.0755	46.8848	59.3540	71.8969	84.1646
21 HAZİRAN	23.4498	19.5002	23.9854	34.0062	45.9471	58.4534	70.9761	83.1846
1 TEMMUZ	23.1205	19.8661	24.2962	34.2528	46.1636	58.6619	71.1900	83.4129
15 TEMMUZ	21.5173	21.6474	25.8290	35.4799	47.2391	59.6925	72.2410	84.5291
1 AĞUSTOS	17.9132	25.6520	29.3719	38.3810	49.7771	62.0949	74.6572	87.0650
15 AĞUSTOS	13.7836	30.2404	35.5511	41.9033	52.8631	64.9777	77.5067	90.0080
1 EYLÜL	7.7246	36.9727	39.8325	47.3567	57.6696	69.4183	81.8175	94.3788

15 EYLÜL	2.2169	43.0923	45.6412	52.5272	62.2648	73.6317	85.8420	98.3842
1 EKİM	4.2155	50.2394	52.5004	58.7462	67.8374	78.7178	90.6347	103.0713

Çizelge 4- Edirne için güneş azimut açılarının elde edilmesine yardımcı olan γ açıları (^{g})

Yılın Günleri	GÜNEŞ AÇILARI						
	h=0	h=1	h=2	h=3	h=4	h=5	h=6
1 MAYIS	0^g.00	21.9218	43.8435	68.4208	85.1166	98.6325	110.9501
15 MAYIS	0.00	23.9222	47.8445	72.3143	88.6488	101.8319	113.8746
1 HAZİRAN	0.00	25.8927	51.7854	75.8757	91.7641	104.5896	116.3494
22 HAZİRAN	0.00	26.8454	53.6909	77.5171	93.1669	105.8133	117.4348
1 TEMMUZ	0.00	26.6174	53.2347	77.1327	92.8366	105.5261	117.1808
15 TEMMUZ	0.00	25.5553	51.1106	75.2827	91.2524	104.1404	115.9491
1 AĞUSTOS	0.00	23.4384	46.8768	71.4008	87.8326	101.0998	113.2106
15 AĞUSTOS	0.00	21.4106	42.8212	67.3723	84.1402	97.7333	110.1173
1 EYLÜL	0.00	19.0476	38.0952	62.1665	79.1144	92.9940	105.6432
15 EYLÜL	0.00	17.3860	34.7720	58.0456	74.8968	88.8599	101.6163
1 EKİM	0.00	15.8845	31.7690	53.8305	70.3247	84.1975	-

4. Azimut Açısı Doğrultusunda Zenit Açılarına Göre Oluşan Gölge Boylarının Hesaplanması

4.1. Güneş Azimut Açısı Doğrultusunda Komşu Binalar Arasındaki Uzaklığın Hesabı

Güneş ışınları yeryüzündeki belirli yere, günün saatlerinde güneş azimut açısı doğrultusunda gitmektedir. Güneşli bir havada, bir imar adasında bir binanın gölgesi, komşu binalar arasındaki sahada yani komşu bahçe mesafeleri toplamındaki (KBMT) veya araka bahçe mesafeleri toplamındaki (ABMT) aralıkta, güneş azimut açısı doğrultusunda oluşur.

Ülkemizde uygulanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği hükümlerine göre; 3, 4 ve 5 katlı yapılar için, bina yükseklikleri, komşu bahçe ve arka bahçe mesafeleri ile komşu parseller arasındaki bahçe mesafeleri toplamı Çizelge 5 ' de verilmiştir.

Çizelge 5- 5 kata kadar yapılar için bahçe mesafeleri ve komşu parsellerdeki binalar arasındaki yatay uzaklıklar.

Kat Adedi	Bina Yüksekliği (m)	Komşu Bahçe Mesafesi (m)	Arka Bahçe Mesafesi (m)	Komşu Bahçe Mesafeleri Toplamı (KBMT)	Arka Bahçe Mesafeleri Toplamı (ABMT)
3	9.50	3.00	4.25	6.00	9.50
4	12.50	3.00	6.25	6.00	12.50
5	15.50	3.50	7.75	7.00	15.50

Güneşli bir havada, bir imar adasında bir binanın AB cephesiyle ε açısı yapacak şekilde gelen güneş ışını, β güneş azimut açısı doğrultusunda, komşu iki bina cepheleriyle (AB, FG) C ve D noktalarında kesişir. Şekillerde; DE=Komşu binalar arasındaki KBMT veya ABMT, DC= β Güneş azimut açısı doğrultusunda komşu binalar arasındaki yatay uzaklıktır.

β güneş azimut açısısı doğrultusu sabit kabul edilerek, muhtelif konumdaki bina cepheleriyle oluşan ε açılarının elde edilirken ε nun 0 ila 100^g arasında değiştiği görülmüştür.

DC değeri;

$$DC=DE/\sin\varepsilon \qquad (6)$$

bağıntısı ile elde edilir.

Muhtelif ε değerleri ve 4 ve 5 katlı yapılar için Çizelge 5 de belirtilen KBMT ve ABMT dikkate alınarak hesaplanan DC değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6- Muhtelif ε değerleri ve 4 ve 5 katlı yapılar için hesaplanan DC değerleri (m).

Kat Adedi	KBMT ABMT	ε (^{g})					
		0	10	25	50	75	100
4	DE=6.00	∞	38.25	15.68	8.48	6.49	6.00
	DE=12.50	∞	79.90	32.66	17.68	13.53	12.50
5	DE=7.00	∞	44.75	18.29	9.90	7.58	7.00
	DE=15.50	∞	99.08	40.50	21.92	16.78	15.50

4.2. Güneş Zenit Açılarına Göre Oluşan Bina Gölge Boylarının Hesaplanması

Yeryüzünde güneşli bir havada, farklı zamanlarda z_1 ve z_2 güneş zenit açısıyla (veya y_1 ve y_2 yükseklik açısıyla) gelen güneş ışınlarının yerden AB yüsekliğindeki bir bina duvarının zemindeki BC ve FB gölge uzunlukları;

$BC=AB/tany_1=AB*tanz_1$ (7)
$FB=AB/tany_2=AB*tanz_2$ (8)

bağıntılarıyla elde edilir. Burada;
FB = FA doğrultusunda (β_2 güneş azimut açısı doğrultusunda) yerdeki gölgenin uzunluğu,
DB= (14) nolu bağıntı ile hesaplanan komşu binalar arasındaki yatay uzunluk
FD=Oluşan gölge doğrultusunda komşu binanın tabanında kalan gölge uzunluğu
ED=FB>DB durumunda AB duvarının komşu bina yüzeyinde oluşan gölgesinin yerden yüksekliğidir. FD ve ED aşağıdaki bağıntılarla elde edilir.

$FD=AB*tanz_2$-((14) nolu bağıntı ile elde edilen uzunluk) (9)
$ED=FD*tany_2=FD/tanz_2$ (10)

Bir imar adasında bir parseldeki bina duvarının komşu parseldeki binanın yüzeyinde gölgesinin oluşması için FB>DB olması gerekir. Eğer FB<DB ise, bu durumda güneşe maruz kalan binanın gölgesi, komşu binalar arasındaki komşu bahçe sahasında veya arka bahçe sahasında oluşur.

h=0 için güneş ışınları yeryüzüne dik doğrultuda geldiğinden cisimlerin gölgesi oluşmaz, bu nedenle hesaplamalarda h=±1 ila h=±6 arasındaki güneş açıları dikkate alınmıştır. Yukarıda açıklanan hususlara ve muhtelif ε açılarına göre; bir imar adasında ayrık yapı nizamında 5 katlı olan bir binanın, komşu bahçeler sahasında, arka bahçeler sahasında oluşan gölge uzunluğu ile komşu bina yüzeyinde oluşan gölgenin yerden yükseklikleri hesaplanmıştır.

5. Gölgelenme İçin ε Açısına Bağlı Olarak Uygun Bina Konumunun İncelenmesi

Yukarıda yapılan açıklamalardan;

- ε açısının değeri arttıkça, günün güneş saatlerinin büyük bir bölümünde ve 1 Mayıs-1 Ekim tarihleri arasında komşu bina yüzeyindeki gölgelenmenin arttığı,
- ε açısının değeri arttıkça, komşu bahçe sahalarında ve komşu bina yüzeylerinde oluşan gölgelenme miktarının arka bahçe sahalarından ve arka bina yüzeylerindeki gölgelenme miktarından fazla olduğu,
- $\varepsilon=100^g$ olduğunda komşu bahçe sahalarında ve komşu bina yüzeylerinde maksimum gölgelenme sağlandığı görülmüştür.

ε açısı, β azimut açısına bağlı olmaksızın, gelen güneş ışını ile bina cephesi arasındaki açı olduğundan, β azimut açısına bağlı olarak bina cephesinin semt açısını belirlemek güçlük yaratacaktır. Bir iskân sahasında yapılaşma için imar adasının cephesinin semt açıları muhtelif değerlerde olabilir. Uygulamada belirtilen bu açı değerleri yuvarlak değer olarak 0^g (veya 200), 50^g (veya 250^g), 100^g (veya 300^g), 150^g (veya 350^g) değerlerinde veya küsuratlı değerlerde olabilir.

Yapılan bir araştırmada [6]; gün boyunca azami güneş ışığından yararlanacak şekilde yapılacak bir binanın yapılacağı imar parseli ve adasının cephesi, güneş azimut açılarının 50^g ila 250^g değerlerine göre konumlandırılırsa; projede verilen bina cephesi bina derinliği ile bahçe mesafelerine göre hesaplanacak parsel alanının minimum değerlerinde olduğu, ayrıca alan tasarrufu bakımından da; oluşturulacak parsel veya ada cephesinin mutlaka, güneş azimut açılarının 50^g - 150^g veya 150^g - 250^g değerlerine göre konumlandırılması gerektiği belirtilmektedir.

6. Bulgular ve Tartışma

Binaların ön ve arka cephelerinin batı doğu doğrultusunda konumlandırılması durumunda;

- h=±6 da sabah ve akşam saatlerinde parsellerdeki binaların kuzeye bakan ön cephelerinin yandan gelen güneş ışınlarının etkisinde olduğu, binaların arka cephelerinin gölgede kaldığı,

- h=±3 ila h=±5 arasında parsellerdeki binaların genellikle kapalı olan yan cephelerinin ve güneye bakan cephelerinin güneş ışığına maruz kaldığı, binaların kuzeye bakan cephelerinin (adanın kuzeyinde yeralan binaların ön cepheleri, adanın güneyinde yeralan binaların arka cepheleri) gölgede kaldığı,
- h=0 ila h=±2 arasında parsellerdeki binaların güneye bakan cephelerinin yani adanın güneyindeki binaları ön cephelernin güneş ışınlarına maruz kaldığı, binaların kuzeye bakan arka cephelerinin gölgede kaldığı görülmüştür.

Binaların ön ve arka cephelerinin kuzey güney doğrultusunda konumlandırılması durumunda;

- h=±6 da sabah ve akşam saatlerinde parsellerdeki binaların kuzeye bakan genellikle kapalı olan yan cephelerinin yandan gelen güneş ışınlarının etkisinde olduğu, binaların arka cephelerinin ve güneye bakan yan cephelerinin gölgede kaldığı,
- h=±3 ila h=±5 arasında parsellerdeki binaların ön cephelerinin ve güneye bakan yan cephelerinin güneş ışığına maruz kaldığı, binaların arka cephelerinin gölgede kaldığı,
- h=0 ila h=±2 arasında parsellerdeki binaların güneye bakan cephelerinin yani adanın güneyindeki binaların yan cephelernin güneş ışınlarına maruz kaldığı, binaların kuzeye bakan yan cephelerinin gölgede kaldığı görülmüştür.

Binaların ön ve arka cephelerinin batı doğu doğrultusunda konumlandırılmasında, binaların kuzey güney doğrultusunda konumlandırımasına göre; ön ve arka cephelerinin daha az güneşe maruz kaldğı ve daha çok gölgede kaldıkları görülmektedir.

7. Sonuç

- Trakya bölgesinde bir imar adasında ayrık yapı nizamında yer alan binaların, 1 Mayıs – 1 Ekim tarihleri arasında güneşli bir havada, güneş açılarının o ila 6 saatleri arasında, β azimut açısına bağlı olmaksızın, gelen güneş ışını ile bina cephesi arasındaki açı değeri arttıkça komşu bahçe sahalarında ve komşu bina yüzeyindeki gölgelenme miktarının arttığı görülmüştür. Güneşli bir havada, belirtilen açı değeri 100^g olduğunda bir imar adasında maksimum gölgelenmenin oluştuğu görülmüştür.
- Gün boyunca azami güneş ışığından yararlanmak için imar parseli ve ada cephesinin, güneş azimut açılarının 50^g ila 250^g değerlerine göre konumlandırılması; ayrıca bir imar adasının parselasyonunda alan tasarrufu bakımından; oluşturulacak parsel veya ada cephesinin mutlaka, güneş azimut açılarının 50^g-150^g veya 150^g-250^g değerlerine göre konumlandırılması gerektiği ilkelerine göre; binanın güneşlenmemesi için imar adası cephesi semt açısının 0^g (veya 200^g) veya 100^g (veya 300^g) olması gerekmektedir.
- Binaların ön ve arka cephelerinin batı doğu doğrultusunda konumlandırılmasında, binaların kuzey güney doğrultusunda konumlandırımasına göre; ön ve arka cephelerinin daha az güneşe maruz kaldğı ve daha çok gölgede kaldıkları görülmektedir.
- Binaların ön ve arka cephelerinin batı doğu doğrultusunda konumlandırılması durumunda;
  - h=±6 da sabah ve akşam saatlerinde parsellerdeki binaların kuzeye bakan ön cephelerinin yandan gelen güneş ışınlarının etkisinde olduğu, binaların arka cephelerinin gölgede kaldığı,
  - h=±3 ila h=±5 arasında parsellerdeki binaların genellikle kapalı olan yan cephelerinin ve güneye bakan cephelerinin güneş ışığına maruz kaldığı, binaların kuzeye bakan cephelerinin (adanın kuzeyinde yeralan binaların ön cepheleri, adanın güneyinde yeralan binaların arka cepheleri) gölgede kaldığı,
  - h=0 ila h=±2 arasında parsellerdeki binaların güneye bakan cephelerinin yani adanın güneyindeki binaları ön cephelernin güneş ışınlarına maruz kaldığı, binaların kuzeye bakan arka cephelerinin gölgede kaldığı görülmüştür.

8. Referanslar

[1] Yüceer, N. S., 2010. "Gölge Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım Ve Adana Örneği", METUJFA 201/2, 27:2 1-3, DOI:10.4305/METU.JFA.2010.2.1, s.1-12.

[2] Yüceer, N. S., 2011. "Gölgelenme Elemanlarının Önemi ve Adana Üzerine Bir Deneme", Ekoloji Mimarlık, Güney Mimarlık, TMMOB Mimarlar Odası Adana Şubesi Yayını, sayı 6, s. 54-56, Adana.

[3] Deriş, N.,1979. Güneş Enerjisi Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul.

[4] Kılıç, A., ve Öztürk, A., 1980. Güneş Enerjisi, İTÜ Mak. Fak., Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.

[5] Aksoy, A.,1975. Jeodezik Astronominin Temel Bilgileri (Küresel Astronomi), M. T. Basımevi, İstanbul.

[6] İnce, H. ve Erdem, N., 2018. "Gün Işığından Azami Yararlanacak Şekilde Yapılacak Binalar İçin Alan Tasarrufu Bakımından Parsel Konumunun Araştırılması", Mühendislik Alanında Akademik Araştırmalar, ISBN.978-605-288-390-7, www.gecekitapligi.com, s.143-161, Ankara.

Güç Spektral Yoğunluğu ve Pencereleme Tekniği ile EEG Sinyal Analizi

EEG Signal Analysis with Power Spectral Density and Windowing Technique

Harun ÇİĞ[1]
M. Fatih TÜYSÜZ[2]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2] Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Farklı frekanslarda uyarılarak kaydedilen beyin sinyalleri, Sabit Durum Görsel Uyaran Potansiyel(SSVEP) tabanlı Beyin Bilgisayar Arayüzü(BBA) uygulamaları için Güç Spektrum Yoğunluğu(PSD) analizi ve Pencereleme tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada SSVEP sınıflandırma işleminde yön ve uyaran frekansı tespiti için veri seti üzerinde aynı yön ve uyaran frekansına yanıt veren EEG verileri ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan EEG verileri üzerinde kümeleme işlemi yapılmış ve aynı frekansta uyarılan EEG verileri aynı lokasyonda kaydedilmiştir. Bu sinyaller 4-50 Hz arası bant geçiren filtreden geçirilmiş ve hamming pencereleme tekniği uygulanmıştır. Daha sonra PSD işlemi uygulanarak sonuçlar KNN ve SVM sınıflandırma algoritmaları ile sınıflandırılmıştır.Sonuçlar bir önceki Kanonik Korelasyon Analizi(CCA) çalışması ile kıyaslanmış ve bir önceki çalışmada Önerilen CCA yönteminin üstünlüğü ve gerçek zamanlı bir SSVEP tabanlı BBA'nın sınıflandırma işleminde daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Fourier Dönüşümü; EEG; SSVEP; KNN; SVM; PSD.

Abstract

Recorded by stimulating at different frequencies brain signals were analyzed using Güç Spektrum Yoğunluğu (PSD) and windowing technique for Steady-State Visually Evoked Potentials(SSVEP)-based Brain Computer Interface (BCI) applications. In this study, in order to determine the direction and stimulus frequency in the SSVEP classification process, the EEG data corresponding to the same direction and stimulus frequency were separated on the data set. Separated EEG data were clustered and the EEG data stimulated at the same frequency were recorded at the same location. These signals were passed through a band pass filter between 4-50 Hz and the hamming windowing technique was applied. Then PSD procedure was applied and the results were classified by using KNN and SVM classification algorithms. The results were compared with the previous Canonical Correlation Analysis (CCA) study, and it was observed that the superiority of the proposed CCA method in the previous study and a real-time SSVEP based BBA were more successful in the classification process.

Keywords:

Fourier Transform; EEG; Steady State Visually Evoked Potentials; KNN-SVM Classification; PSD.

1. Giriş

Beyin-bilgisayar ara yüzü (BCI), insan beyni ile bilgisayar arasında, Amiyotrofik Lateral Skleroz (ALS) ve Tetrapleji gibi nörolojik kas bozukluklarından dolayı ileri düzeyde hareket engeli bulunan bireylere yardımcı olmak amacıyla bir doğrudan iletişim kanalı kurmak için kullanılan gelişmiş bir sistemdir [1]. Bir Beyin-Bilgisayar Arayüzü (BBA) İnsan-Makine Etkileşimi için beyin sinyallerini kullanan bir sistemdir.

Son yıllarda, Sensori-Motor Ritmi (SMR) ,Olayla İlişkili Potansiyel (ERP) ve görsel uyarılmış potansiyel (VEP) gibi EEG sinyallerinden çeşitli potansiyellerin çıkarılmasına dayanan çok sayıda BBA sistemi geliştirilmiştir [2], [3]. Bu sistemler arasında, Sabit Durum Görsel Uyarılmış Potansiyele (SSVEP) dayanan BBA sistemi, daha yüksek bilgi transfer oranı ve kullanıcı-sistem eğitimine daha az ihtiyaç olması nedenleriyle birçok çalışmada kullanılmıştır [4], [5].

SSVEP periyodik görsel uyaranlara beynin Oksipital bölgesinde istem dışı olarak tepki verilen doğal elektriksel beyin yanıtlarıdır [6]. Bilimsel araştırma ve tıbbi teşhis uygulamalarının yanı sıra, Beyin-Bilgisayar Arayüzlerinin makinelerle insan iletişimi arasında alternatif araçları kurmak, periferik kas sinirleri işlevsiz olan veya kısıtlı olan kişilerce hayati önem taşımaktadır. SSVEP tabanlı BBA'nın kullanılması, SSVEP'in yüksek sinyal-gürültü oranına sahip olması, göz kırpma, göz hareketi ve elektrokardiyografik artefaktlar gibi artefaktlardan daha az etkilenmesi [7], [8] gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Güç Spektral Yoğunluk Analizi , EEG sinyalinde baskın olan frekans bileşenini tespit edebilen en basit yöntemdir [9]. Bu yöntem ile hızlı Fourier Dönüşümü kullanılarak PSD tahmin edilir ve daha sonra hedef frekans olarak maksimum PSD değerine karşılık gelen frekansı seçilir [10]. Ayrıca, yeterli frekans çözünürlüğü ile frekans tahmini için uygun uzunlukta bir zaman penceresi gerektirir. Bir çalışmada kısa süreli pencereler için (3 saniyeden az), PSD'nın nispeten düşük bir tanıma oranı olduğu görülmüştür [11].

Güç spektral yoğunluğu analizi ile beyinde gerçekleşen nöral aktiviteyi daha iyi yorumlamak adına EEG sinyallerini inceleyen literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bir çalışmada uykunun evrelerini incelemek için 2 denek kullanılmış ve bu denekler belirli saatler arası uykusuz bırakılarak daha sonra uyumaları sağlanmıştır. Belirli şekillerde deneklerin EEG sinyalleri kaydedilmiş ve daha sonra deneklerin EEG sinyalleri PSD analizi ile incelenmişimdir [12]. Başka bir çalışmada ise yaş ve cinsiyetin uyku üzerine etkisi incelenmek istenilmiştir. Bunun için 20 ila 60 yaş grubu aralığında 100 farklı denekten belirli ortamda EEG sinyalleri kaydedilmiş ve bu EEG sinyalleri PSD analizi ile incelenmiştir [13]. Diğer bir çalışmada ise 3, 10, 27 ve 34 saat uyanık kalan farklı deneklerin Theta ve Alpha frekans bantları PSD ile incelenmiştir [14]. Bu çalışma kapsamında ise MAMEM tarafından sunulan 11 deneğe ait, SSVEP tekniği ile oluşturulmuş, EEG verileri pencereleme tekniği ile bir araya getirilmiş ve bu sinyaller PSD analizi ile frekans bileşenleri incelenmiş ve frekans yoğunluğu tespit edilmiştir. Daha

sonra elde edilen veriler K-En yakın Komşular (KNN) ve Destek Vektör Makinaları (SVM) sınıflandırma algoritmaları ile sınıflandırılmıştır. Analiz sonuçları önceki çalışma sonuçları ile kıyaslanmıştır.

2. Yöntem

Çalışma kapsamında EEG verilerinin analiz edilmesi için MAMEM [15] tarafından sağlanan SSVEP-tabanlı EEG veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti literatürde birçok çalışmada farklı platform düzeneklerinde çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Bu çalışmada ise SSVEP tabanlı EEG verileri pencereleme ve PSD tekniği ile incelenmiş, KNN ve SVM algoritmaları ile analiz sonuçları sınıflandırılmış ve sonuçlar bir önceki çalışma sonuçlarıyla kıyaslanmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan veri setini oluşturan deneklerle ilgili bilgiler bölüm 2.1'de, veri setinin oluşturulması aşamasında kullanılan ortam, cihaz ve görsel uyaranlar bölüm 2.2'de, verinin PSD ile incelenip KNN ve SVM algoritmalarıyla sınıflandırılması ise bölüm 2.3'te aktarılacaktır.

a. Deneklerin Demografik Özellikleri

Veri setinin oluşturulması için çalışmaya yaşları 24 ile 39 arasında değişen Araştırma ve Teknoloji Merkezi (CERTH) mevcut çalışanlarından 11 denek katılmıştır. Bu deneklerin 8'i erkek, 3'ü kadın olup bilinen herhangi bir nöro-kas veya zihinsel rahatsızlığı olmayan deneklerdir.

Deneklerin yaşa, cinsiyete ve üç farklı saç tipine (kısa, normal, kalın) göre kategorize edilmiş ilgili bilgileri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Deneklerle ilgili demografik bilgiler.

Denek	Yaş	Cinsiyet	Saç Tipi
Denek_1	24	Bay	Normal
Denek_2	37	Bay	Normal
Denek_3	39	Bay	Kalın
Denek_4	31	Bay	Kısa
Denek_5	27	Bayan	Kalın
Denek_6	28	Bayan	Kalın
Denek_7	26	Bay	Normal
Denek_8	31	Bayan	Kalın
Denek_9	29	Bay	Kısa
Denek_10	37	Bay	Normal
Denek_11	25	Bay	Normal

b. Veri Kaydı-Çakar Frekansları ve Uyarılma Prosedürü

Denekler 1680x1080 piksel çözünürlüğe sahip 22" LCD monitörde, 60 Hz yenileme oranı ile OpenViBE [16] kullanılarak tasarlanan bir uygulama ile görsel uyaranlara (çakar) maruz bırakılmıştır (Şekil 1). Deneklerin maruz bırakıldıkları çakarlar aynı anda beş farklı (6.66, 7.50, 8.57, 10.00 ve 12.00 Hz) frekansta titreşen beş mor kutudan oluşmaktadır.

Şekil 1 *Görsel Uyarılma Durumu*

Bu kapsamda, EEG verileri şekil-2'de gösterildiği gibi Emotiv Epoc ile 14 kablosuz kanaldan (USB bağlantısı üzerinden) 128 Hz' lik bir örnekleme oranı kullanılarak kaydedilmiştir.

Şekil 2 *Emotiv Epoc EEG Cihazı ve 14 Kanallı Beyin Sinyal Okuma Lokasyonu*

Çalışma kapsamında, her denek 5 farklı frekansta titreşen beş mor kutuya (6.66, 7.50, 8.57, 10.00 ve 12.00 Hz) 5 saniyelik sürelerle 25 kere maruz bırakılmıştır. Her denek için bu işlem 5 kere tekrarlanmış ve sonuçta her deneğe ait 5 saniyelik toplam 125 farklı çakar verisi (EEG datası) elde edilmiştir.

c. Veri Analizi

EEG sinyalleri tablo-2'de gösterildiği gibi farklı frekans bantlarından oluşmaktadır. Düşük frekansa sahip olan Delta dalgaları yetişkinlerde derin uykuda olduğu gibi bebekler ve çocuklar da görülürler. Her yaşta uyku evresinde görülen Teta dalgalarının frekans aktivitesi genelde beynin parietal ve temporal bölgelerde görülür. Tüm yaş gruplarında görülen Alfa dalgaları yetişkinlerde genellikle uyanık, normal ve sakin durumlarda görülür. 12-22 Hz arasında frekans değerlerine sahip Beta dalgaları genellikle simetriktir ve beynin anterior bölgesinde daha belirgin görülürler. Beta-I (BI) ve Beta-II (BII) olarak iki ayrı durumda incelenir. 30 Hz veya daha yüksek frekanslara sahiptir Gamma dalgaları ise aşırı uyarılma ve hipnoz durumlarında görülür [17].

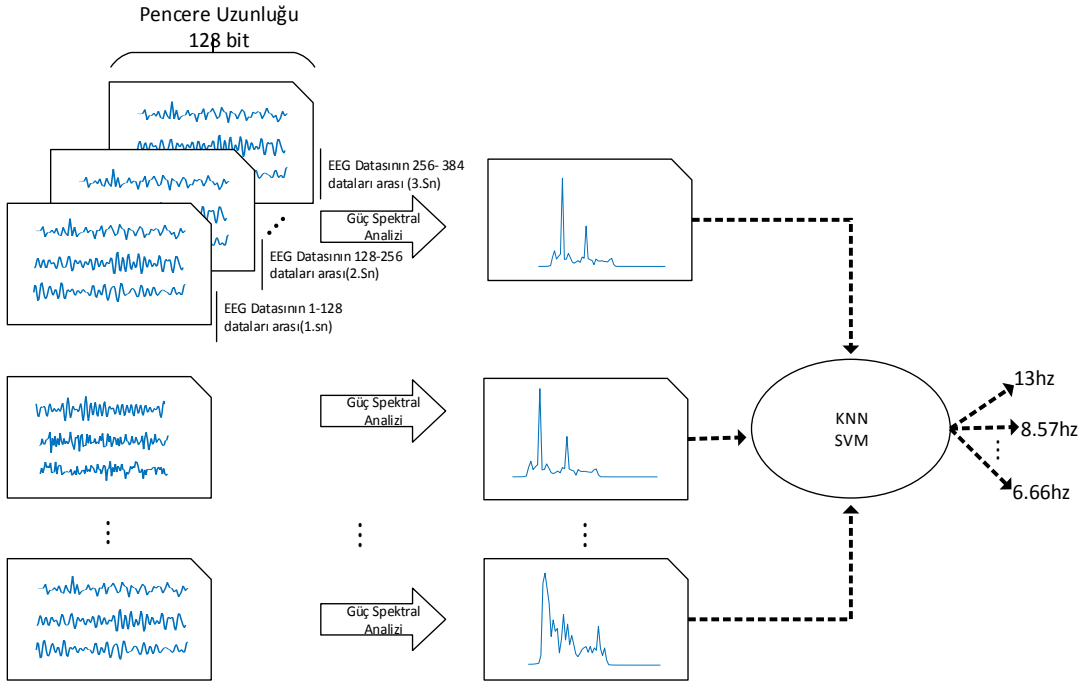
Tablo 2. EEG Frekans Bant Aralıkları

Bant İsmi	Bant Frekans Aralığı (Hz)
Delta (δ)	0.5-3.5
Teta (θ)	4-7
Alfa-I(α-I)	8-9
Alfa-II(α-II)	10-12
Beta-I(β-I)	13-17
Beta-II(β-II)	18-30
Gamma-I (γ-I)	31-40
Gamma-II (γ-II)	41-50

Güç spektral yoğunluğu bir zaman dizisinde sinyal varyansının frekans dağılımını karakterize eder [18]. Klasik bir Fourier analizinde, bir sinyalin gücü, PSD'yi, yani Fourier-dönüşüm katsayılarının mutlak değerinin karesiyle entegre ederek elde edilebilir.

Büyük ölçekli bir veri kümesinden, bir sorgu örneğine en çok benzer bir veri alt kümesi bulmayı amaçlayan En yakın komşu (KNN) algoritmaları; boyut indirgeme, model sınıflama ve görüntü alımı gibi geniş kapsamlı uygulamalarda temel bir bileşen olarak kullanılmaktadır [19]. SVM Vapnik'in istatistiksel öğrenme teorisinden nemalanan lineer ve lineer olmayan çizgiler ile ayrıştırılabilen data üzerinde sınıflandırma yapabilen en iyi makine öğrenmelerinden biridir[20].

Bu çalışma kapsamında MAMEM tarafından edinilen EEG verileri, 5-40 Hz arasında bant geçişi ile ikinci dereceden chebyshev filtre kullanılarak filtrelenmiştir. On dört EEG kanalı içerisinden O1 ve O2 kanalları aktif olarak kullanılmıştır. Şekil-3'te gösterildiği gibi 1'er saniyelik bir pencere uzunluğu kullanılarak 5 saniyelik veriler üzerinde hamming pencereleme işlemi gerçekleştirilmiştir. O1 ve O2 kanallarından alınan ve pencerelenen veriler Güç spektral yoğunluğu Fourier dönüşümü kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra analiz sonuçları KNN ve SVM algoritmaları ile sınıflandırılmıştır.



Şekil 3 *Pencereleme ve PSD ile EEG Sinyal Analizi*

3. Sonuç

Pencereleme tekniği ve Güç Spektral Yoğunluğu teknikleri kullanılarak SVM ve KNN algoritması ile yapılan sınıflandırma sonuçları tablo-3'te verilmiştir. 11 denekten alınan veriler için ayrı ayrı sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Ayrıca bütün veriler üzerinde toplu olarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. SVM ve KNN algoritmaları ile en yüksek doğruluk oranı kişi-1'in verilerinden elde edilmiştir. Bir önceki çalışmamızda CCA tekniği kullanarak aynı veriler üzerinde aynı işlemleri gerçekleştirdik. Görüldüğü üzere bir önceki çalışmamızda kullandığımız CCA yöntemi daha başarılı ve doğru sonuçlar elde edildiği gözlenmektedir.

Tablo 3 *SVM KNN ve CCA Algoritma Doğruluk Oranları*

Denekler ve Sınıflandırma Türü	*SVM Doğruluk Oranı (%)*	*KNN Doğruluk Oranı (%)*
Kişi1	65	60.8
Kişi2	60.8	49.6
Kişi3	33.2	32
Kişi4	29.2	28.4
Kişi5	36.8	45.6
Kişi6	41.2	32.4
Kişi7	30.4	26
Kişi8	34.4	33.6
Kişi9	58.8	44.4
Kişi10	51.2	36.4
Kişi11	62	46.8
Toplam	38.9	30

Denekler ve Sınıflandırma Türü	*CCA Doğruluk Oranı (%)*
Kişi1	89
Kişi2	90
Kişi3	33
Kişi4	49
Kişi5	39
Kişi6	54
Kişi7	45
Kişi8	30
Kişi9	90
Kişi10	75
Kişi11	78
Toplam	61,09

4. Referanslar

[1] J. R. Wolpaw et al., "Brain-computer interface technology: a review of the first international meeting," IEEE Trans. Rehabil. Eng., vol. 8, no. 2, pp. 164–173, 2000.

[2] J. Kevric and A. Subasi, "Comparison of signal decomposition methods in classification of EEG signals for motor-imagery BCI system," Biomed. Signal Process. Control, vol. 31, pp. 398–406, 2017.

[3] J. Jin, I. Daly, Y. Zhang, X. Wang, and A. Cichocki, "An optimized ERP brain–computer interface based on facial expression changes," J. Neural Eng., vol. 11, no. 3, p. 36004, 2014.

[4] B. Allison, T. Luth, D. Valbuena, A. Teymourian, I. Volosyak, and A. Graser, "BCI Demographics: How Many (and What Kinds of) People Can Use an SSVEP BCI?," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 18, no. 2, pp. 107–116, 2010.

[5] X. Chen, Y. Wang, M. Nakanishi, X. Gao, T.-P. Jung, and S. Gao, "High-speed spelling with a noninvasive brain–computer interface," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 112, no. 44, pp. E6058–E6067, 2015.

[6] A. Materka and M. Byczuk, "Using comb filter to enhance SSVEP for BCI applications," IET 3rd International Conference MEDSIP 2006. Advances in Medical, Signal and Information Processing. IEE, 2006.

[7] P. Riyahi and A. Eskandarian, "Analyzing Steady-State Visual Evoked Potentials for Effective User Response Detection for Brain-Computer Interfaces," Volume 3A: Biomedical and Biotechnology Engineering. ASME, 2013.

[8] P. Martinez, H. Bakardjian, and A. Cichocki, "Fully Online Multicommand Brain-Computer Interface with Visual Neurofeedback Using SSVEP Paradigm," Comput. Intell. Neurosci., vol. 2007, pp. 1–9, 2007.

[9] H.-J. Hwang, J.-H. Lim, Y.-J. Jung, H. Choi, S. W. Lee, and C.-H. Im, "Development of an SSVEP-based BCI spelling system adopting a QWERTY-style LED keyboard," J. Neurosci. Methods, vol. 208, no. 1, pp. 59–65, 2012.

[10] M. Cheng, X. Gao, S. Gao, and D. Xu, "Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 49, no. 10, pp. 1181–1186, 2002.

[11] S. M. M. Safi, M. Pooyan, and A. Motie Nasrabadi, "SSVEP recognition by modeling brain activity using system identification based on Box-Jenkins model," Comput. Biol. Med., vol. 101, pp. 82–89, 2018.

[12] A. A. Borbély, F. Baumann, D. Brandeis, I. Strauch, and D. Lehmann, "Sleep deprivation: Effect on sleep stages and EEG power density in man," Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., vol. 51, no. 5, pp. 483–493, 1981.

[13] J. Carrier, S. Land, D. J. Buysse, D. J. Kupfer, and T. H. Monk, "The effects of age and gender on sleep EEG power spectral density in the middle years of life (ages 20-60 years old)," Psychophysiology, vol. 38, no. 2, pp. 232–242, 2001.

[14] C. Cajochen, D. P. Brunner, K. Krauchi, P. Graw, and A. Wirz-Justice, "Power Density in Theta/Alpha Frequencies of the Waking EEG Progressively Increases During Sustained Wakefulness," Sleep, vol. 18, no. 10, pp. 890–894, 1995.

[15] "İnternet 1: http://www.mamem.eu/ 01/03/2017. "

[16] Y. Renard et al., "OpenViBE: An Open-Source Software Platform to Design, Test, and Use Brain–Computer Interfaces in Real and Virtual Environments," Presence Teleoperators Virtual Environ., vol. 19, no. 1, pp. 35–53, 2010.

[17] M. Corsi-Cabrera, M. A. Guevara, Y. Del Río-Portilla, C. Arce, and Y. Villanueva-Hernández, "EEG Bands During Wakefulness, Slow-Wave and Paradoxical Sleep as a Result Of Principal Component Analysis in Man," Sleep, vol. 23, no. 6, pp. 1–7, 2000.

[18] E. P. Duff, L. A. Johnston, J. Xiong, P. T. Fox, I. Mareels, and G. F. Egan, "The power of spectral density analysis for mapping endogenous BOLD signal fluctuations," Hum. Brain Mapp., vol. 29, no. 7, pp. 778–790, 2008.

[19] Y. Zhang, M. Xiang, and B. Yang, "Graph regularized nonnegative sparse coding using incoherent dictionary for approximate nearest neighbor search," Pattern Recognit., vol. 70, pp. 75–88, 2017.

[20] E. Kabir, Siuly, and Y. Zhang, "Epileptic seizure detection from EEG signals using logistic model trees," Brain Informatics, vol. 3, no. 2, pp. 93–100, 2016.

Beyin Bilgisayar Arayüzü için Kullanılan Cihaz ve Yöntemlerin Sınıflandırma Başarısına Etkisi

Impact of Devices and Methods Used for the Brain Computer Interface on the Classification Accuracy

M. Fatih TÜYSÜZ
Harun ÇİĞ

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Beyin Bilgisayar Arayüzü kullanıcı ile bilgisayar arasında nöral aktiviteleri değerlendirilerek doğrudan iletişim sağlayabilen bir platformdur. Kas hareketine dayalı olmayarak alternatif iletişim kanalı üreten bir teknolojidir. BBA ile kaydedilen beyin sinyallerinden belirli ön işlemler sonucu bazı özellikler çıkarılır. Bireylere ait Elektroenfasolografi (EEG) verilerinin işlenmesi bu alternatif iletişim kanalını oluşturma adına literatürde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Çalışma kapsamında beyin bilgisayar arayüzüiçin kullanılan farklı cihaz ve yöntemlerin sınıflandırma başarı oranına etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, beynin yapısı, beyin bilgisayar arayüzü konusunda çalışma yürüten ülke ve şirketlerin faaliyetleri, BBA sınıflandırma teknikleri, sinyal kayıtları, ve elektrot yerleşimleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

EEG; SSVEP; Sınıflandırma; Elektrot; Uyaran.

Abstract

Brain Computer Interface (BCI) is a platform that can provide direct communication between user and computer by evaluating neural activities. Using BCI, some features are extracted from brain signals as a result of specific pre-processing procedures. Processing of individual Electroencephalogram (EEG) data is a frequently used method in the literature to create this alternative communication channel. In this paper, impact of devices and methods used for the Brain Computer Interface on the EEG classification accuracy were investigated. In this context, brain architecture, countries and companies working on BCI, EEG classification techniques, signal recordings and electrode positioning have been analyzed.

Keywords:

EEG; SSVEP; Classification; Elektrod, Stimulus.

1. Giriş

EEG beyin fonksiyonlarını ve nörolojik bozuklukları incelemek için kullanılan en yaygın bilgi kaynaklarından biridir [1]. EEG sinyallerin içerdiği bilgiler kullanılarak kas aktivitesini kullanamayan ve temel ihtiyaçlarını karşılama sıkıntısı çeken bireyler için Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) ile robot, araba, bilgisayar ve makine vb. cihazlar kontrol edilerek hayatlarını kolaylaştıracak EEG tabanlı çalışmalar yapılmaktadır.

BBA kullanıcı ile bilgisayar arasında nöral aktiviteleri değerlendirilerek doğrudan iletişim sağlayabilen bir platformdur. Kas hareketine dayalı olmayarak alternatif iletişim kanalı üreten bir teknolojidir. BBA ile kaydedilen beyin sinyallerinden belirli ön işlemler sonucu bazı özellikler çıkarılır. Beyin bütün aktivitelerinde düşük amperde sürekli elektrik akımı üretir ve bu dalga halinde düzenli bir şekilde beyin üzerinden kafatasına yayılır. EEG ise bu dalgaların bilgisayar ortamında kaydedilmesi işlemidir [2].

BBA sistemlerinde EEG sinyali değerlendirmeleri için sensorimotor aktivite, P300, Görsel Uyarılmış Potansiyeller, Yavaş Kortikal Potansiyeller ve sinir hücresi aktivitesi özellikleri ve bu özelliklerin kombinasyonları ile elde edilen yöntemler kullanılır [3].

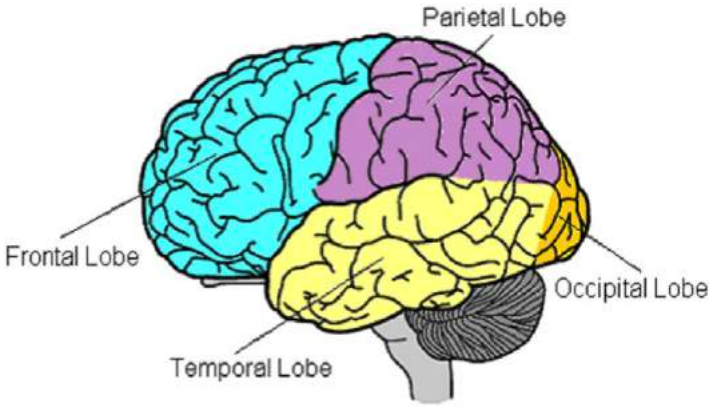
Durağan-durum görsel uyarılma potansiyeli (SSVEP), kullanıcının herhangi bir aktivite veya kas hareketlerinden bağımsız ve eğitime ihtiyacı olmaksızın, BBA ile iletişim yolunun kurulması için kullanılan çok popüler bir yaklaşımdır [4]. Farklı periyotlarda titreşen uyarılarla ilişkili olarak, oksipital bölgeler üzerinde kaydedilen beyin aktivitesi, bakış yönünü önceden tahmin etmek için kullanılır.

BBA ile beyin aktivitesini daha iyi yorumlamak ve yeni yaklaşımlar bulmak adına literatürde önemli çalışmalar mevcuttur. Ekran üzerinde bulunan sanal bir klavyeye bakarak beyin sinyalleri ile dakikada 5-10 arası kelime okuma yapan bir çalışma [5]'te önerilmiştir. Başka bir çalışmada kuru elektrotlar ile BBA sisteminde ortalama yöntemi ve dinamik durdurma yöntemi kullanılarak dakikada ortalama 8.8 hatasız harf yazma hızına eşdeğer ortalama 46 bit/dakika iletişim hızı ile % 76'lık bir sınıflandırma doğruluğu sağlamıştır [4]. Yaşa bağlı olarak SSVEP genliklerinde değişiklikler ve bellek performansıyla ilgili gecikmeler görülebilir. Macpherson ve arkadaşları çalışmalarında 24-25'li yaş grubunda olanların diğer yaş gruplarında göre daha iyi performans gösterdiklerini gözlemlemişlerdir [6]. Çalışma kapsamında ise Beyin Bilgisayar Arayüzü çalışmaları kapsamında kullanılan cihaz ve çeşitli yöntemlerin sınıflandırma başarısına etkisi incelenmektedir. Bu kapsamda, beynin yapısı, beyin bilgisayar arayüzü konusunda çalışma yürüten ülke ve şirketlerin faaliyetleri, BBA sınıflandırma teknikleri, sinyal kayıtları, ve elektrot yerleşimleri incelenmiştir.

2. Beyin Bilgisayar Arayüzü ve Sınıflandırma Başarısına Etki Eden Faktörler

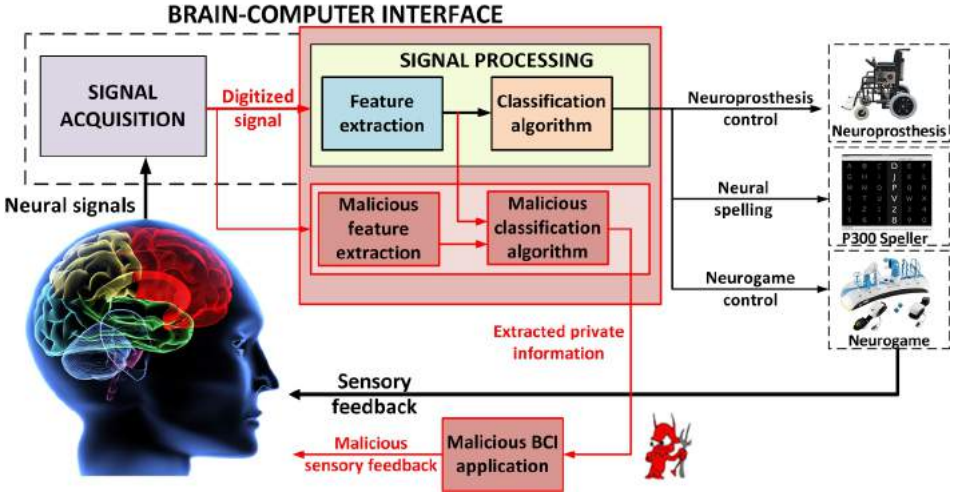
a. Beynin yapısı ve BBA

Şekil 1'de gösterilen serebral korteks iki yarımküreye ayrılır. Her yarımküre ise dört loba ayrılır; bunlar frontal, kısmi, oksipital ve temporal loblardır. Kısmi lob yazım, algı, nesneleri manipüle etme ve mekânsal farkındalık gibi çeşitli işlevlerden sorumludur. Temporal lobun temel işlevleri, dilleri, yüzleri, hafızayı ve duyguları işlemektir. Üçüncü lob, örgütlenme, planlama, sosyal beceriler, esnek düşünme, bilinçli hareket, problem çözme, dikkat ve duygusal ve davranışsal kontrol ile bağlantılı olan Frontal lobdur. Son lob ise görsel uyaranların yorumlanmasıyla ilişkili olan Oksipital lobdur.



Şekil 1 Beynin (serebral kortekx) yapısı.

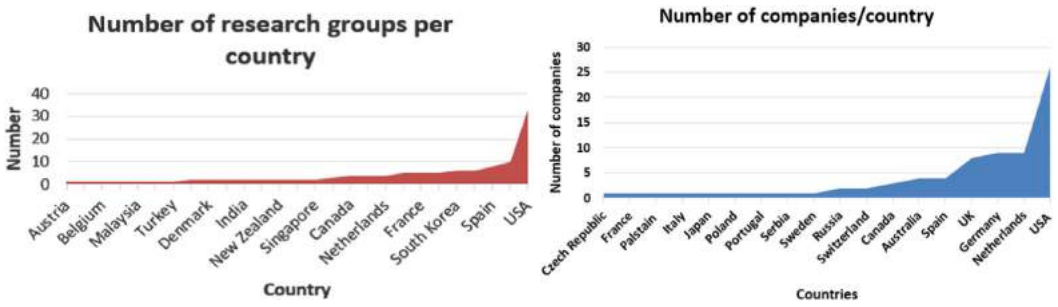
Beyin Bilgisayar Arayüzü (Şekil 2) kullanıcı ile bilgisayar arasında nöral aktiviteleri değerlendirilerek doğrudan iletişim sağlayabilen bir platformdur. Kas hareketine dayalı olmayarak alternatif iletişim kanalı üreten bir teknolojidir. BBA ile kaydedilen beyin sinyallerinden belirli ön işlemler sonucu bazı özellikler çıkarılır. BBA sistemlerinde EEG sinyali değerlendirmeleri için sensorimotor aktivite, P300, Görsel Uyarılmış Potansiyeller, Yavaş Kortikal Potansiyeller ve sinir hücresi aktivitesi özellikleri ve bu özelliklerin kombinasyonları ile elde edilen yöntemler kullanılır.



Şekil 1 *Farklı elektrot lokasyonlarının SSVEP sınıflandırma başarısına etkisi*

b. BBA ile ilgili çalışma yürüten Ülkeler/Şirketler

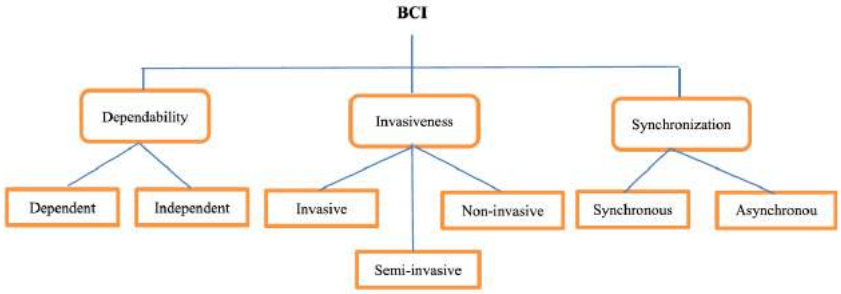
Beyin bilgisayar arayüzü ile ilgili çalışmalar genel anlamda üniversiteler, teknolojik girişimler ve kamu kuruluşları aracılığıyla yürütülmektedir. Küresel düzeyde bu çalışmaların Amerika ve Avrupa bölgelerinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Şekil 3'te ülke bazlı araştırma gruplarının ve şirketlerin tahmini sayıları verilmiştir.



Şekil 3. Ülke bazlı araştırma gruplarının ve şirketlerin tahmini sayıları

c. BBA sınıflandırma teknikleri

Beyin bilgisayar arayüzüne ait bir sınıflandırma Şekil 4'te gösterilmektedir. BBA genel itibariyle bağımlılık düzeyi, invaziflik düzeyi ve senkronizasyon düzeyine göre 3 başlık altında incelenmektedir. Bağımsız BBA, herhangi bir kontrol gerektirmezken bağımlı BBA, denekten belirli düzeyde motor kontrolü gerektirir. BBA, beyin aktivitesinin yoluna göre invazif, invaziv olmayan ve yarı invazif olarak sınıflandırılmıştır. Sistemle kullanıcı etkileşimi belirli bir süre içinde yapıldığında BBA sistemi senkronize olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, sistem, belirli bir süre boyunca deneği etkileşime sokmak zorundadır.



Şekil 4. BBA sınıflandırılması.

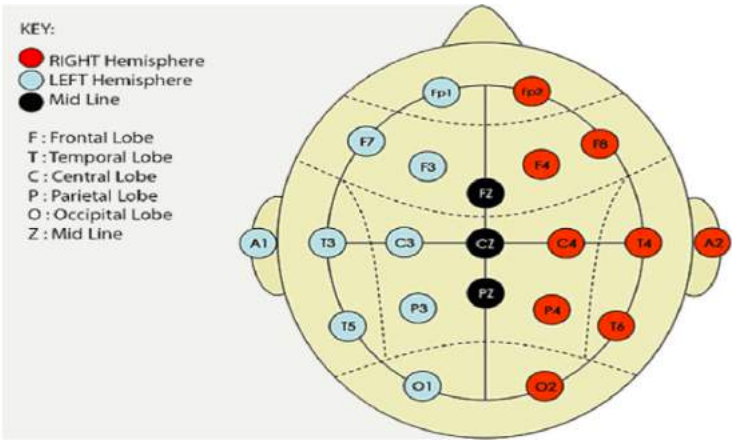
Beyin bilgisayar arayüzüne ait bir diğer sınıflandırma yöntemi ise bu işlem için hangi sinyal kaydının yapılacağı ile alakalıdır. Tablo 1'de bu işlem için kullanılan yaklaşımlar özetlenmiştir. Literatürde BBA için en çok kullanılan yöntem ise invazif olması ve mobilite sağlaması açısından EEG ile sinyal kaydıdır.

Neuroimaging Method	Activity Measured	Risk	Spatial Resolution	Temporal Resolution	Portability
Electroencephalography (EEG)	Electrical	Non-invasive	~10 mm	~0.001 s	Portable
Electrocorticography (ECoG)	Electrical	Semi-invasive	~1 mm	~0.003 s	Portable
Magnetoencephalography (MEG)	Magnetic	Non-invasive	~5 mm	~0.05 s	Non-portable
Positron emission tomography (PET)	Metabolic	Non-invasive	~1 mm	~0.2 s	Non-portable
single photon emission computed tomography (SPECT or SPET)	Metabolic	Non-invasive	~1 cm	~10 s–30 min	Non-portable
Functional magnetic resonance imaging (fMRI),	Metabolic	Non-invasive	~1 mm	~1 s	Non-portable
Optical imaging (functional Near InfraRed (fNIR))	Metabolic	Non-invasive	~2 cm	~1 s	Portable

Tablo 1. Farklı sinyal kaydı ile gerçekleştirilen BBA yöntemleri

d. EEG Elektrot Yerleşimi

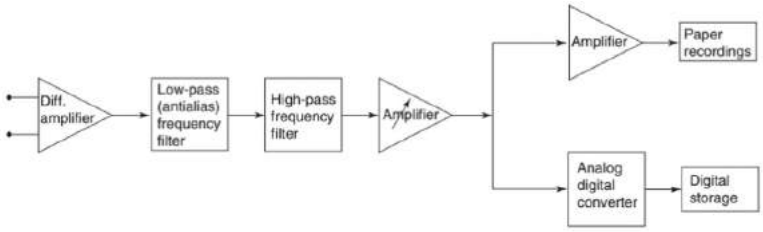
Farklı pozisyonlara yerleştirilen elektrotların farklı gürültü oranları ve tepkime sinyalleri olduğundan beyin bilgisayar arayüzünün etkin kullanımı için elektrot pozisyonları önem arz etmektedir. Şekil 5'te EEG sinyal alımı için 10-20 yapısı ve beynin farklı lobları dikkate alınarak hazırlanan elektrot yerleşim haritası gösterilmektedir. Örnek olarak SSVEP uygulamaları için gözün işleme yapısıyla ilişkili olduğundan oksipital bölgeye yerleştirilen elektrotların daha başarılı sonuçlar vereceği söylenebilir.



Şekil 5. EEG elektrot yerleşim haritası.

e. EEG Sinyal Kaydı

Beyin bilgisayar arayüzü başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri de beyinden alınan sinyallerin düzgün bir şekilde kaydıdır. Şekil 6'da EEG sinyallerinin kaydı ve sonrasında sinyalin gürültüden arındırılması işlemleri gösterilmektedir. Bu kapsamda alınan kaydın düşük ve yüksek bant geçiren filtreden geçirilmesi, sinyalin güçlendirilmesi ve çıktı olarak kağıt üzerinde gösterimi ya da hafızada kaydı gerekmektedir.



Şekil 6. Farklı renklerin sınıflandırma başarısına ve bilgi-transfer-hızına etkisi

f. BBA için kullanılabilecek portative cihazlar

Beyin bilgisayar arayüzü işlemleri için literatürde kullanılan cihazlara ilişkin bilgi ise Şekil 7'de gösterilmektedir. Literatürde en sık kullanılan cihazlar aşağıdaki tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanmıştır. Cihazlara ilişkin iletişim ortamı, elektrot sayıları ve cihazlara ait görseller Şekil 7'de paylaşılmıştır.

Device name	Communication	Number of channels	Sample Photo
Emotiv EPOC (www.emotiv.com)[54,92,54,109]	wireless	14	
Emotiv Insight (www.emotiv.com)	wireless	5	
PLX XWave Sonic (www.plxdevices.com)	wireless	1	
Neurosky Mindwave (www.neurosky.com)	wireless	4	
MyndPlay BrainBandXL EEG Headset - BrainBandXL (www.myndplay.com)	wireless	1	
InteraXon Muse (www.choosemuse.com)	wireless	4	
Melon EEG headband (www.thinkmelon.com)	Wireless	3	
Neuroscan MicoMagLink (www.neuroscan.com) [64,126]	Wired	64, 128, and 256	
BrainControl (http://www.braincontrol.it/?lang=en) [97,98]	Wireless	Not known	

Şekil 7. Beyin bilgisayar arayüzü işlemleri için literatürde kullanılan cihazlar.

3. Sonuç

Çalışma kapsamında beyin bilgisayar arayüzü için kullanılan farklı cihaz ve yöntemlerin sınıflandırma başarı oranına etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, beynin yapısı, beyin bilgisayar arayüzü konusunda çalışma yürüten ülke ve şirketlerin faaliyetleri, BBA sınıflandırma teknikleri, sinyal kayıtları, ve elektrot yerleşimleri incelenmiştir.

4. Referanslar

[1] G. R. Müller-Putz, R. Scherer, G. Pfurtscheller, and R. Rupp, "EEG-based neuroprosthesis control: A step towards clinical practice," *Neurosci. Lett.*, vol. 382, no. 1–2, pp. 169–174, 2005.

[2] N. Hazarika, J. Z. Chen, A. C. Tsoi, and A. Sergejew, "Classification of EEG signals using the wavelet transform," *Signal Processing*, vol. 59, no. 1, pp. 61–72, 1997.

[3] M. Fatourechi, A. Bashashati, R. K. Ward, and G. E. Birch, "EMG and EOG artifacts in brain computer interface systems: A survey," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 118, no. 3, pp. 480–494, 2007.

[4] M. Spüler, "A high-speed brain-computer interface (BCI) using dry EEG electrodes," *PLoS One*, vol. 12, no. 2, p. e0172400, 2017.

[5] X. Chen, Y. Wang, M. Nakanishi, X. Gao, T.-P. Jung, and S. Gao, "High-speed spelling with a noninvasive brain–computer interface," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 112, no. 44, pp. E6058–E6067, 2015.

[6] H. Macpherson, A. Pipingas, and R. Silberstein, "A steady state visually evoked potential investigation of memory and ageing," *Brain Cogn.*, vol. 69, no. 3, pp. 571–579, 2009.

Elektrot pozisyonu, Maruziyet Süresi, Çakar Aralığı ve Rengin SSVEP-temelli EEG Analizine Etkisi

Impact of Electrode Position, Exposure Time, Stimulus Interval and Color on SSVEP-based EEG Analysis

M. Fatih TÜYSÜZ
Harun ÇİĞ

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) dünya üzerinde şuuru yerinde olmasına rağmen ALS, tetrapleji vb. sağlık sorunları nedeniyle çevresiyle iletişim kuramayan, fiziksel ihtiyaçlarını karşılayamayan bireyler için alternatif bir iletişim kanalı oluşturmaktadır. Bireylere ait Elektroenfasolografi (EEG) verilerinin işlenmesi bu alternatif iletişim kanalını oluşturma adına literatürde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Çalışma kapsamında insan gözünün uyarılması sonucu gerçek-zamanlı olarak alınıp işlenen EEG verisinin sınıflandırma başarısının artırılması için elektrotların pozisyonunun, çakar aralıklarının, maruziyet sürelerinin, uyartı renginin ve diğer çevresel faktörlerin başarı oranına etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

EEG; SSVEP; Sınıflandırma; Elektrot; Uyaran.

Abstract

Brain Computer Interface (BCI) creates an alternative communication channel for individuals who cannot speak or provide their own physical needs, despite having regular conscious and brain activity. The processing of individual Electroencephalogram (EEG) data is a frequently used method in the literature to create this alternative communication channel. In this paper, in order to increase the classification accuracy of the processed EEG data as a result of stimulation of the human eye, impact of the position of the EEG electrodes, exposure times, stimulus intervals, color and other environmental factors on the EEG classification accuracy were investigated.

Keywords:

EEG; SSVEP; Classification; Elektrod, Stimulu.

1. Giriş

Son yıllarda Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) çalışmalarında Durağan-durum Görsel Uyarılma Potansiyelleri (SSVEP) tekniğinin kullanılması önemli ölçüde artmıştır. SSVEP tabanlı beyin sinyal verilerinin analizi ile gerçek zamanlı BBA uygulamalarında hızlı ve doğru kontrol işlemi sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu sinyaller ile kullanıcı çeşitliliği ve kullanım kolaylığı da sağlanmaktadır. Ancak sınıflandırma başarısının artırılabilmesi için bu özelliklerin daha da iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) kullanıcı ile bilgisayar arasında nöral aktiviteleri değerlendirilerek doğrudan iletişim sağlayabilen bir platformdur. Kas hareketine dayalı olmayarak alternatif iletişim kanalı üreten bir teknolojidir. BBA ile kaydedilen beyin sinyallerinden belirli ön işlemler sonucu bazı özellikler çıkarılır. Beyin bütün aktivitelerinde düşük amperde sürekli elektrik akımı üretir ve bu dalga halinde düzenli bir şekilde beyin üzerinden kafatasına yayılır. EEG ise bu dalgaların bilgisayar ortamında kaydedilmesi işlemidir [1].

EEG beyin fonksiyonlarını ve nörolojik bozuklukları incelemek için kullanılan en yaygın bilgi kaynaklarından biridir [2]. EEG sinyallerin içerdiği bilgiler kullanılarak kas aktivitesini kullanamayan ve temel ihtiyaçlarını karşılama sıkıntısı çeken bireyler için BBA ile robot, araba, bilgisayar ve makine vb. cihazlar kontrol edilerek hayatlarını kolaylaştıracak EEG tabanlı çalışmalar yapılmaktadır. BBA sistemlerinde EEG sinyali değerlendirmeleri için sensorimotor aktivite, P300, Görsel Uyarılmış Potansiyeller, Yavaş Kortikal Potansiyeller ve sinir hücresi aktivitesi özellikleri ve bu özelliklerin kombinasyonları ile elde edilen yöntemler kullanılır [3].

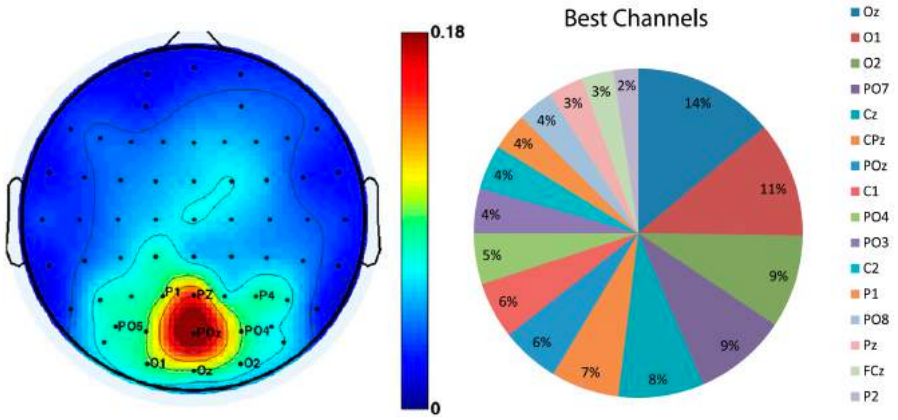
Durağan-durum görsel uyarılma potansiyeli (SSVEP), kullanıcının herhangi bir aktivite veya kas hareketlerinden bağımsız ve eğitime ihtiyacı olmaksızın, BBA ile iletişim yolunun kurulması için kullanılan çok popüler bir yaklaşımdır [4]. Farklı periyotlarda titreşen uyarılarla ilişkili olarak, oksipital bölgeler üzerinde kaydedilen beyin aktivitesi, bakış yönünü önceden tahmin etmek için kullanılır.

BBA ile beyin aktivitesini daha iyi yorumlamak ve yeni yaklaşımlar bulmak adına literatürde önemli çalışmalar mevcuttur. Ekran üzerinde bulunan sanal bir klavyeye bakarak beyin sinyalleri ile dakikada 5-10 arası kelime okuma yapan bir çalışma [5]'te önerilmiştir. Başka bir çalışmada kuru elektrotlar ile BBA sisteminde ortalama yöntemi ve dinamik durdurma yöntemi kullanılarak dakikada ortalama 8.8 hatasız harf yazma hızına eşdeğer ortalama 46 bit/dakika iletişim hızı ile % 76'lık bir sınıflandırma doğruluğu sağlamıştır [4]. Yaşa bağlı olarak SSVEP genliklerinde değişiklikler ve bellek performansıyla ilgili gecikmeler görülebilir. Macpherson ve arkadaşları çalışmalarında 24-25'li yaş grubunda olanların diğer yaş gruplarında göre daha iyi performans gösterdiklerini gözlemlemişlerdir [6]. Çalışma kapsamında ise *insan gözünün uyarılması sonucu gerçek-zamanlı olarak alınıp işlenen EEG verisinin sınıflandırma başarısının artırılması için bazı çevresel faktörlerin başarı oranına etkisi incelenmiştir.*

2. Sınıflandırma Başarısına Etki Eden Faktörler

a. Elektrot Pozisyonu

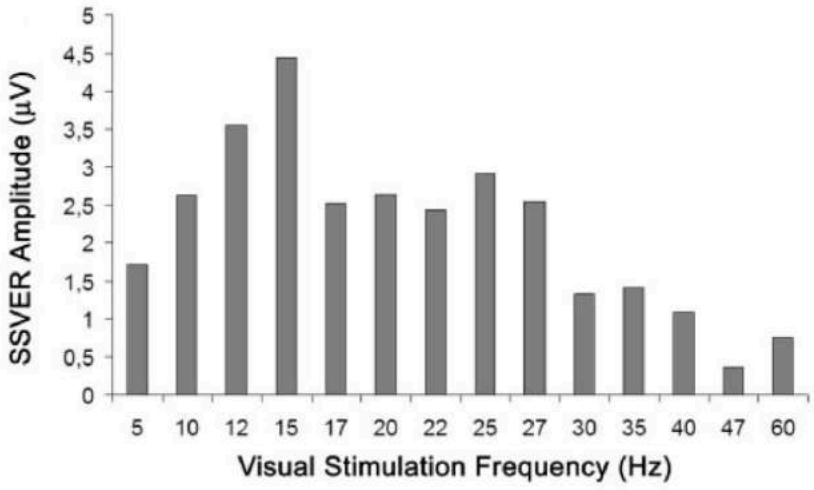
SSVEP tekniği ile göz uyarılarak EEG verileri analiz edildiğinden, sınıflandırma başarısı en iyi olan elektrot pozisyonları oksipital bölgede konumlandırılmış elektrotlar için elde edilmektedir. Oksipital bölge ense tarafında ağırlıklı olarak yer alan bir bölgedir ve 10-20 tekniği ile üzerinde konumlandırılan elektrotların adları "O" ile başlamaktadır. Şekil 1'de de görüleceği üzere, Oz, O1 ve O2 lokasyonlarına yerleştirilen elektrotlardan alınan EEG sinyalleri, görsel uyarılmalara karşı en başarılı sonuçları/sınıflandırmayı vermektedir.



Şekil 1 *Farklı elektrot lokasyonlarının SSVEP sınıflandırma başarısına etkisi*

b. Frekans Değeri

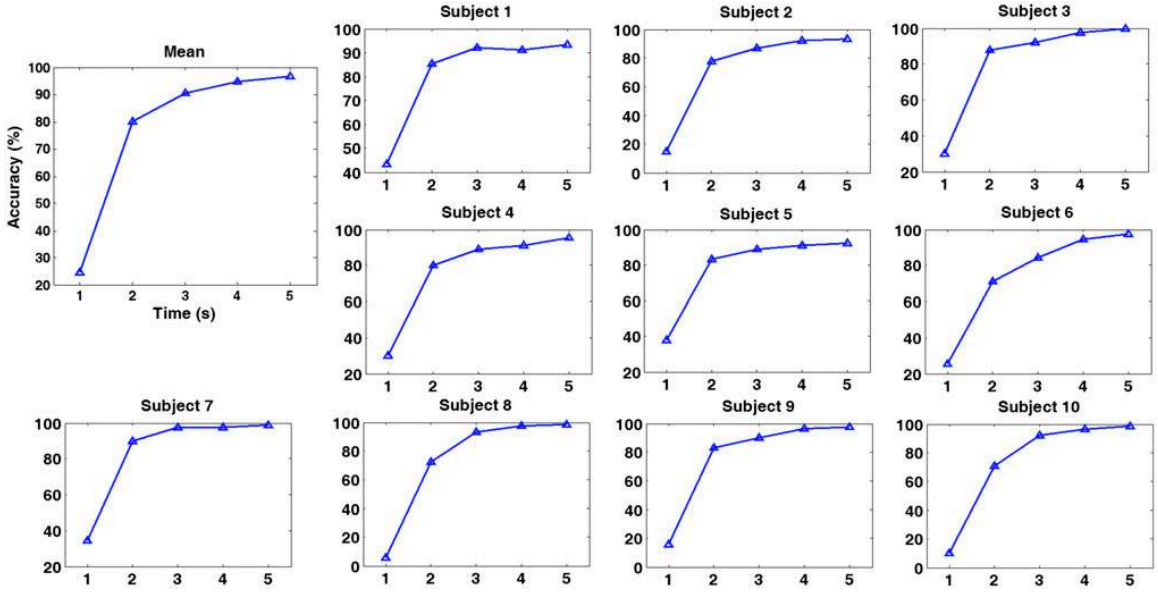
1680x1080 piksel çözünürlüğe sahip 22" LCD monitörde, 60 Hz yenileme oranı ile OpenViBE kullanılarak tasarlanan bir uygulama ile görsel uyaranlara (çakar) maruz bırakılan deneklerin uyarılma frekanslarına verdikleri SSVEP genlikleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere frekans değerinin belirli bir noktadan sonra artışı, sinyal gücünü düşürmektedir. Dolayısı ile 6 – 27 Hz arası frekans değerlerinin uyarılma başarısını artıracağı söylenebilir.



Şekil 2 *Frekans değerinin Sinyal gücüne etkisi*

c. Maruziyet Süresi

1680x1080 piksel çözünürlüğe sahip 22" LCD monitörde, 60 Hz yenileme oranı ile OpenViBE kullanılarak tasarlanan bir uygulama ile görsel uyaranlara (çakar) maruz bırakılan deneklerin uyarılma süreleri ile başarı oranının nasıl değiştiğine ilişkin bir görsel Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere maruziyet süresinin artışı, daha fazla EEG verisinin işlenmesine vesile olduğu için, sınıflandırma başarısını artırmaktadır.



Tablo 3 *Maruziyet Süresinin Sınıflandırma başarısına etkisi*

d. Uyarılma Rengi

SSVEP tekniği ile gözün uyarılması ve gerçek-zamanlı EEG kaydı gerçekleştirildiğinden, gözün uyarılması sırasında kullanılan renk de önemli bir faktör olarak düşünülebilir. Literatürde yapılan çalışmalarda genel kanı beyaz ve kırmızı rengin diğer renklere göre daha başarılı sonuçlar verdiğidir. Bu kapsamda Tablo 1 farklı renklerin sınıflandırma başarı oranlarını gösterirken, Tablo 2 ise literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak hangi rengin kullanıldığı özetlenmektedir.

	White	Gray	Red	Green	Blue
Accuracy (%)	96.25± 4.52	92.92± 7.88	88.75± 10.37	87.50± 11.12	85.00± 13.77
ITR (bpm)	36.61± 3.88	34.20± 6.10	31.26± 7.31	30.44± 7.59	29.03± 8.92

Tablo 1. Farklı renklerin sınıflandırma başarısına ve bilgi-transfer-hızına etkisi

Article	Analyzed colors	Chosen colors
[7]	white, gray, red, green, blue	white, grey
[8]	white, red, blue	white, blue
[9]	yellow, red, green, blue	green, blue
[10]	red, green, blue	green
[11]	red, green, blue	green
[12]	purple, red, green, blue	purple
[13]	white, yellow, red, green, blue	without decision
[14]	white, yellow, red, green, blue	white, yellow
[15]	white, red, blue	white, blue
[16]	yellow, red, blue	blue, red

Tablo 2. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan uyarılma renkleri.

3. Sonuç

Çalışma kapsamında insan gözünün uyarılması sonucu gerçek-zamanlı olarak alınıp işlenen EEG verisinin sınıflandırma başarısının artırılması için elektrotların pozisyonunun, çakar aralıklarının, maruziyet sürelerinin, uyartı renginin ve diğer çevresel faktörlerin başarı oranına etkisi incelenmiştir. Sonuçlar her bir faktörün sınıfandırma başarısı için önemli bir kriter olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, sadece EEG verilerinin analizinin değil, analiz öncesi veri kaydı öncesinde/sırasında seçilmesi gereken parametrelerin (frekans, lokasyon, renk vb.) de sınıflandırma başarısında önemli rol oynayacağı söylenebilir.

4. Referanslar

[1] G. R. Müller-Putz, R. Scherer, G. Pfurtscheller, and R. Rupp, "EEG-based neuroprosthesis control: A step towards clinical practice," *Neurosci. Lett.*, vol. 382, no. 1–2, pp. 169–174, 2005.

[2] N. Hazarika, J. Z. Chen, A. C. Tsoi, and A. Sergejew, "Classification of EEG signals using the wavelet transform," *Signal Processing*, vol. 59, no. 1, pp. 61–72, 1997.

[3] M. Fatourechi, A. Bashashati, R. K. Ward, and G. E. Birch, "EMG and EOG artifacts in brain computer interface systems: A survey," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 118, no. 3, pp. 480–494, 2007.

[4] M. Spüler, "A high-speed brain-computer interface (BCI) using dry EEG electrodes," *PLoS One*, vol. 12, no. 2, p. e0172400, 2017.

[5] X. Chen, Y. Wang, M. Nakanishi, X. Gao, T.-P. Jung, and S. Gao, "High-speed spelling with a noninvasive brain–computer interface," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 112, no. 44, pp. E6058–E6067, 2015.

[6] H. Macpherson, A. Pipingas, and R. Silberstein, "A steady state visually evoked potential investigation of memory and ageing," *Brain Cogn.*, vol. 69, no. 3, pp. 571–579, 2009.

[7] T. Cao, F. Wan, P. U. Mak, P.-I. Mak, M. I. Vai, and Y. Hu, "Flashing color on the performance of ssvep-based brain-computer interfaces," Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE, pp. 1819–1822, 2012.

[8] M. Aljshamee, M. Q. Mohammed, A. M. Riaz-Ul-Ahsan Choudhury, and P. Luksch, "Beyond pure frequency and phases exploiting: Color influence in ssvep based on bci," Computer Technology and Application, vol. 5, no. 2, 2014.

[9] R. J. M. G. Tello, S. M. T. Müller, A. Ferreira, and T. F. Bastos, "Comparison of the influence of stimuli color on steady-state visual evoked potentials," Research on Biomedical Engineering, vol. 31, no. 3, pp. 218–231, 2015.

[10] S. Mouli, R. Palaniappan, I. P. Sillitoe, and J. Q. Gan, "Quantification of ssvep responses using multi-chromatic led stimuli: Analysis on colour, orientation and frequency," Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC), 2015 7th, pp. 93–98, 2015.

[11] S. Mouli, R. Palaniappan, I. P. Sillitoe, and J. Gan, "Performance analysis of multi-frequency ssvep-bci using clear and frosted colour led stimuli," Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2013 IEEE 13th International Conference on, pp. 1–4, 2013.

[12] R. Singla, A. Khosla, and R. Jha, "Influence of stimuli color on steadystate visual evoked potentials based bci wheelchair control," Journal of Biomedical Science and Engineering, vol. 6, no. 11, p. 1050, 2013.

[13] M. Byczuk, P. Poryzała, and A. Materka, "On diversity within operators' eeg responses to led-produced alternate stimulus in ssvep bci," Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, vol. 60, no. 3, pp. 447–453, 2012.

[14] A. Duszyk, M. Bierzy´nska, Z. Radzikowska, P. Milanowski, R. Ku´s, P. Suffczy´nski, M. Michalska, M. Łab¸ecki, P. Zwoli´nski, and P. Durka, "Towards an optimization of stimulus parameters for brain-computer interfaces based on steady state visual evoked potentials," PLoS ONE, no. 9(11), 2014.

[15] M. Aljshamee, S. Nadir, A. Malekpour, and P. Luksch, "Discriminate the brain responses of multiple colors based on regular/irregular ssvep paradigms," Journal of Medical and Bioengineering Vol, vol. 5, no. 2, 2016.

[16] D. Regan, "An effect of stimulus colour on average steady-state potentials evoked in man," Nature, vol. 210, 1966.

An Enhanced Two-Sided Adaptive Jitter Buffer Algorithm to Maximize Overall Voice Quality over Multi-rate WLANs

Kablosuz Ağlarda Ses Kalitesi Maksimizasyonu için İyileştirilmiş İki-yönlü Adaptif Jitter Buffer Algoritması

M. Fatih TÜYSÜZ

Department of Computer Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Turkey,

Özet

Voice over IP (VoIP) applications over wireless local area networks (WLANs) has been popular for a long time. However, due to some of performance related issues such as existence of multi-rate transmission or channel conditions, it has to be placed under control continuously to prevent possible performance losses. In VoIP applications, overall voice quality depends heavily on jitter buffer algorithm. Jitter buffer is a shared data area where voice packets can be collected, stored, and sent to the voice processor in the correct order and evenly spaced intervals. It is located at the receiver side of the voice connection and it is one of the most important performance metrics of VoIP over WLANs. Channel condition, bandwidth and codec type also has to be taken into account to maximize the perceived audio quality for VoIP calls. In this paper, we present an enhanced two-sided adaptive jitter buffer (AJB) algorithm that considers not only one node but all the nodes in the network. Proposed scheme is based on changing codecs or frame sizes when it is needed because of the variable channel conditions. As a result, it reduces packet loss rate and delay intervals and enhances overall voice quality over multi-rate WLANs.

Anahtar kelimeler:

Voice over ip (VoIP); jitter buffer; QoS.

Abstract

Kablosuz yerel alan ağları (WLAN) üzerinden IP ile ses (VoIP) uygulamaları uzun süredir popülerdir. Ancak, çok oranlı iletim veya kanal koşullarının varlığı gibi performansla ilgili bazı konulardan dolayı, olası performans kayıplarını önlemek için sürekli kontrol altına alınmalıdır. VoIP uygulamalarında, genel ses kalitesi yoğun bir şekilde jitter buffer algoritmasına bağlıdır. Jitter buffer, ses paketlerinin toplanabileceği, saklanabileceği ve ses işlemcisine doğru sırayla ve eşit aralıklarla gönderilebildiği ortak bir veri alanıdır. Ses bağlantısının alıcı tarafında bulunur ve VoIP'in en önemli performans ölçümlerinden biridir. VoIP aramaları için algılanan ses kalitesini en üst düzeye çıkarmak için kanal durumu, bant genişliği ve kodek türü de hesaba katılmalıdır. Bu çalışmada, sadece bir düğümü değil, ağdaki tüm düğümleri de dikkate alan geliştirilmiş bir iki taraflı adaptif jitter buffer (AJB) algoritması sunuyoruz. Önerilen çözüm, değişken kanal koşulları nedeniyle gerektiğinde kodeklerin veya çerçeve boyutlarının değiştirilmesine dayanır. Sonuç olarak, paket kayıp oranını ve gecikme aralıklarını azaltır ve çoklu oranlı WLAN'lar üzerinden genel ses kalitesini artırır.

Keywords:

Voice over ip (VoIP); jitter buffer; QoS.

1. Introduction

In VoIP applications, voice quality is impaired by some factors like packet loss, end-to-end delay and jitter. Even 1% packet loss rate can significantly degrade a VoIP call quality. Packet losses can be due to network transmission losses, congestion and jitter buffer losses. Delay is caused when voice packets take more time than expected to reach their destination. It does not cause a reduction in voice quality but it affects the nature of communication. Users are generally not impaired by a propagation delay of less than 100 msec. However, they usually notice roundtrip voice delays of 250 msec. or more. ITU-T G.114 recommends having one way delay less than 150 msec. for acceptable communication quality. Variation in delay which is called jitter is extremely difficult to accommodate in conversation. The VoIP jitter buffer is designed to smooth out jitter. It affects both the total end-to-end delay time and the total packet loss rate [1]. A small buffer size reduces end-to-end delay but it is more likely to result in a larger portion of packets being discarded since they will arrive too late. As a result, it causes degradation on the voice quality. Using higher jitter buffer size reduces the loss rate but increases the overall delay and it affects the nature of communication.

As a result, there is a trade-off between these two factors and an optimal solution can be provided by an algorithm which is capable to communicate with not only the one node but also all other nodes in the network.

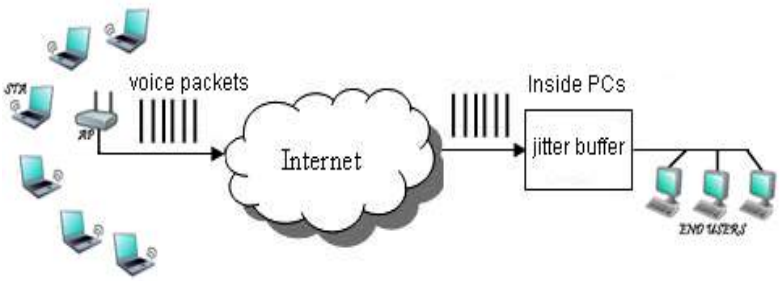


Figure 1. IEEE 802.11 VoIP communication with jitter buffer

2. Related Works

In our previous works [2-4], we mainly focus on link adaptation process (LA), call admission control (CAC), channel conditions for multi-rate networks and propose efficient, adaptive, codec and frame size modification algorithms for the optimization of maximum throughput and voice quality over multi-rate WLANs. Since an adaptive jitter buffer algorithm, which is used at the receiver side also affects the perceived voice quality, a new adaptive jitter buffer algorithm that works coordinately with the previous works lets station maintain a better voice quality.

The proposed adaptive jitter buffer algorithm is a codec-based cross layer algorithm that uses RTCP feedbacks to set the QoS level. There have been some works in the literature that focus on RTCP feedback to set the quality of the transmitted media. In [5, 6], authors propose a codec-based cross layer algorithm that has three phases to set the QoS over multi-rate networks. However, the scheme is not related to adaptive jitter buffering. It is an algorithm to improve the throughput and voice quality in the cases of rate changes. In [7], authors show the impact of the various components affecting the AJB design and propose a new AJB algorithm, which is sensitive to specific codec used in VoIP session. However, the scheme is not designed for multi-rate networks and it does not change the codec or frame size to improve the perceived voice quality under the poor channel conditions. In contrast, there is a work [8] that changes codecs used in VoIP sessions. However, it is lack of QoS adjustments and it reduces overall throughput more than necessary, even under better channel conditions. A similar work is given in in [9]. Authors propose a method for the joint control of delay-aware FEC and playout for interactive audio applications over the Internet. As mentioned, this method is also lack of QoS adjustments.

Current research on AJB is also available in the literature. Authors in [11] propose a game theoretic approach to solve the trade-off between additional buffer delay and buffer scaling. They formulate their model as a zero-sum game between players, i.e., the playout scheduler and buffer manager, to adaptively adjust buffer size according to the buffer delay of the packets. In [12], authors present an Android OS-based mobile application that aims at reducing the end-to-end latency of a VoIP session. In addition, authors in [13] collect historical buffer level variation information, on the basis of which they estimate the buffer level variation range with a probabilistic model. According to this estimated range, they use adaptive media play-out (AMP) scheme to adjust the buffer level on the fly. In [14], authors investigate the impact of frequent and small playout delay adjustments (time-shifting) of 30 ms or less introduced to silence periods by Voice over IP (VoIP) jitter buffer strategies on listening quality perceived by the end user.

Jitter buffer algorithms presented here works at the receiver side for the node they are installed and they do not have the information of other nodes. However, our proposed adaptive jitter buffer algorithm works coordinately with the central algorithm, which is installed in the access point (AP). In case of a rate change or degradation in channel condition, central algorithm calculates threshold values and defines the most appropriate new codec or frame size values for the nodes in the network. Thus, algorithm can maintain higher throughput and voice quality of all nodes on an optimal level. Then, our algorithm informs the adaptive jitter buffer algorithm (AJB) about the new changes. AJB calculates its QoS region and can request central algorithm to use a newer codec again for the node it is installed depending on the new network conditions. These request and response messages enable all nodes to optimize the perceived voice quality by using the most appropriate codec and frame sizes.

3. Two-Sided Adaptive Jitter Buffer Algorithm

Link Adaptation (LA) is a term used in wireless communications to adjust the physical transmission rate of nodes according to the channel conditions it senses. LA has a direct impact on the transmissions of all active calls. A node that has a transmission rate decrease does not only affect its session but also all VoIP sessions and causes a general degradation of all VoIP flows. Therefore, it is important to enhance a new jitter buffer algorithm that works coordinately with the link adaptation algorithm to react faster and improve the perceived voice quality.

In this paper, we propose a new two-sided adaptive jitter buffer algorithm, which is a new idea to maximize the overall voice quality. Whenever a node changes its transmission rate due to poor channel conditions, our central algorithm which is installed in the Access Point (AP) calculates new threshold values, changes codecs or frame sizes of some nodes and then informs the jitter buffer algorithm(s) with a request message. Information message reaches to jitter buffer algorithm before network senses the congestion or quality decrease heavily. Since jitter buffer will

know about the new network condition, it will be easier to determine how long to wait for the delayed frames, how long to expand the buffer, how many frames to skip, which codec to use, etc.

Jitter buffer can also suffer from long delays and high packet loss rate. Under this circumstance, our jitter buffer algorithm calculates its threshold value and can also request a new codec adaptation to minimize the delay time and packet loss ratio and to maximize the overall voice quality. That is why our algorithm has actually two sides. Information flow of proposed algorithm can be seen in Figure 2.

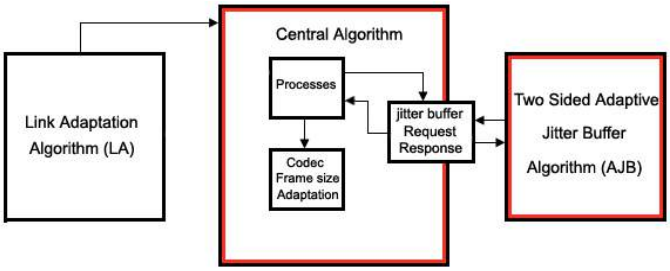


Figure 2. Information flow of the algorithm

There is also one another big difference between our algorithm and other jitter buffer algorithms. Other algorithms consider only one node because they do not have a communication with other nodes in the network. However, our algorithm can communicate with the central algorithm and then a decision is given according to the calculations of central algorithm by considering the conditions of all nodes. Therefore, our algorithm fixes and improves the overall throughput and voice quality. However, other algorithms that use different codec adaptations can ruin a heavily loaded network if they request a higher codec to improve the voice quality of the node they consider for a WLAN scenario.

The central algorithm uses the Session Initiation Protocol (SIP) to decide codec or frame size changes and re-negotiate new codec or frame size without interrupting the call. In this context, it would be proper to mention about some calculations before we explain the algorithm in more detail. We have two trumps (codec and frame size) to keep the network away from congestions after a transmission rate decreases on a heavily loaded network. Reducing the codec rate degrades the mean opinion score (MOS). On the other hand, using bigger frame size affects the network badly if the channel is an error prone channel. Using these trumps efficiently is our first priority.

A successful transmission period for a WLAN scenario can be calculated with the following formula,

$$T_s = \left(T_{difs} + T_{sifs} + T_{voice} + T_{ack}\right) + \left(T_{slot}\left(\frac{CW_{min}}{2}\right)\right) \quad (1)$$

Under the multi-rate network conditions, the transmission rate of all the nodes are not the same. Thus, a definition to calculate the threshold value V_{thr} of a multi-rate network is needed [5].

$$\sum\sum s(x,r)\frac{2(Tdifs+Tsifs+Tvoice+Tack)+\left(Tslot\left(\frac{CWmin}{2}\right)\right)}{Tp} < 1 \quad (2)$$

where s(*x,r*) is the number of calls using codec *x* and rate *r*. T_p is the packetization interval, T_{difs} and T_{sifs} are the lengths of distributed inter frame space (DIFS) and short inter frame space (SIFS), T_{voice} and T_{ack} are the times for sending a voice packet and ACK, T_{slot} is the slot time, and CW_{min} is the minimum contention window size of binary exponential backoff.

We used E-model conversational audio quality analysis [10] to optimize our adaptive jitter buffer algorithm (AJB) performance. E-model conversational audio quality factor R is used to estimate user opinion and defined as follow,

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A \quad (3)$$

where R_0 is the inherent SNR-dependent quality of the audio. I_s is the amplitude of the signal. I_d is the impairment to the audio

quality due to delay. I_e is the impairment to audio quality due to errors and A is the advantage factor that determines how much poorer audio quality a user is willing to endure [7]. In our simulations, we used the value 10 for A. If we set the parameters to default values which is defined in [10], R factor can be recalculated with the following formula,

$$R = 93.2 - I_d - I_e \qquad (4)$$

Users are satisfied if the R factor value is bigger than 80. However, if the R factor value is around 70, it implies that some users are dissatisfied. Figure 3 and 4 show the impact of delay and different codecs on the R value [9]. *Ie* value depends on the codec, channel conditions, and any loss introduced by the AJB algorithm (AJB drops frames which arrive to buffer too late).

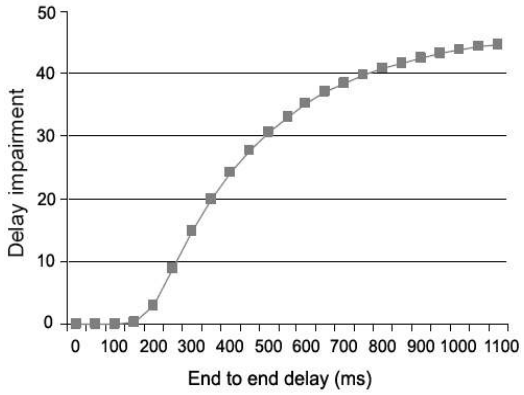


Figure 3. Delay impairment factor I_d

The proposed central algorithm collects MAC layer information and RTCP periodic packets initially to check if there is a rate change. RTCP feedback data can be easily obtained from RTCP sender and receiver reports (our algorithm uses two "one second fast feedbacks"). The algorithm keeps a multidimensional control array containing *caller_ID, T_{delay}, Loss, R_1, R_2, R_{mean}* values to enable sudden calculations and reactions. After a rate change, it makes system active not to process new RTCP feedback value until codec or frame size changes are adapted.

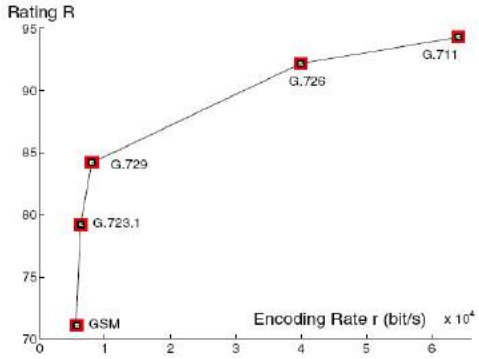


Figure 4. R values for different codecs (no delay & no loss)

The proposed algorithm makes a decision about how many codecs and/or frame size changes are enough to recover network after it calculates the new threshold value. It applies the changes and makes the algorithm passive. As long as the next RTCP feedback is not above the threshold value, we can conclude that codec or frame size changes recovered system well. Otherwise, algorithm calculates a new codec rate or frame size for the mobile node and applies new changes. Then, central algorithm informs the proposed adaptive jitter buffer algorithm about the new changes. AJB calculates its QoS region and can request central algorithm to use a new codec depending on the new network condition. The flowchart of the algorithm can be seen in Figure 5.

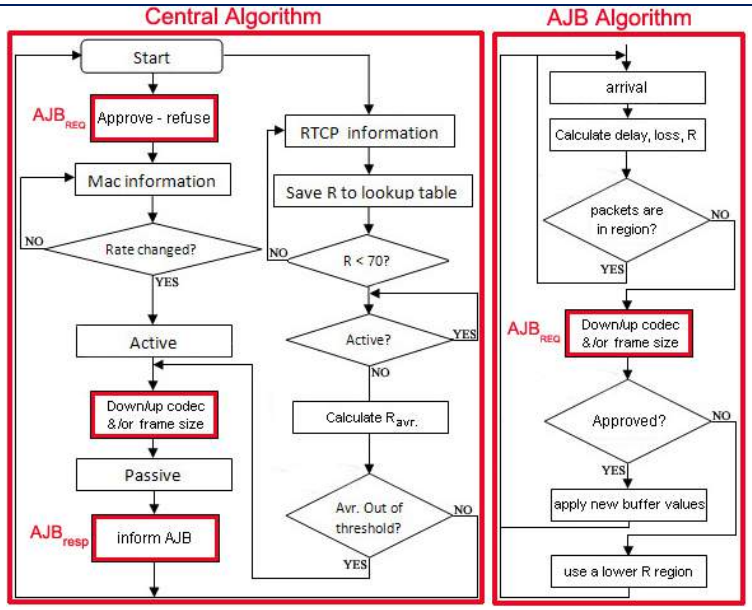


Figure 5. Algorithm flowchart

For further clarification, we can briefly write pseudo codes of central and adaptive jitter buffer algorithms as follow,

Central algorithm:

If there is a new request from AJB
calculate the threshold and approve or refuse the request
If there is a rate change
calculate new threshold from new MAC information
while threshold < $X_{threshold}$
codec up
if new threshold < $X_{threshold}$
another codec up
if L_{value} is on limit
leave the loop
while threshold > 1
codec down
calculate new threshold
if threshold > 1
choose best R from table
if $R_{best} > R_{threshold}$
frame size up
else
codec down
if L_{value} is on limit
leave the loop
if any codec or frame size changed
inform jitter buffer algorithm

Adaptive jitter buffer algorithm:

choose possible highest E-model quality region
calculate max. delay, loss limits and R factor for the node
if arriving packet values are in the region of R value
Keep the same buffer values for the node.
else
while values are not in the region
calculate the threshold and the most appropriate codec
request to use a new codec
if central algorithm approves the change
calculate the new max. delay and loss limits
change the buffer values according to the new conditions
if L_{value} is on limit
leave the loop
if values are still not in the region
define a lower E-model quality region

Proposed AJB algorithm uses two QoS regions for predefined R ranges (one is for the values of R>80 and the other one is for the values of 70<R<80). They are based on maximum delay and loss values and can be seen in Figure 6. The result of our analysis is also a delay-loss plot and it determines the permissible play-out delay value at various loss-rates as the work in [7]. However, since our jitter buffer algorithm allows codec

changes to improve the audio quality, we define the permissible play-out delay values at various loss-rates for each codec separately. Due to possible rate and codec changes, the algorithm checks these values dynamically. Figure 6 indicates the regions of G729 codec and dashed lines (red and blue lines) are the regions of G726 and G723.1 codecs (other codecs are not shown in the figure to make it look simpler). QoS regions indicate a delay-loss area where the desired audio quality objective is met. If the calculated delay-loss combination is out of the predefined QoS regions, it means audio quality objective is not met. The AJB algorithm is configured for the desired audio quality by keeping the delay-loss in the permissible range. Thus, the algorithm works with a specific audio quality objective in mind.

Since a transmission rate can change, we have to keep a dynamic array to inform our jitter buffer about loss and delay tolerance to optimize voice quality. Therefore, our proposed algorithm does not have strict values to adjust jitter buffer length. It can always change due to transmission rate change, channel conditions or a codec change.

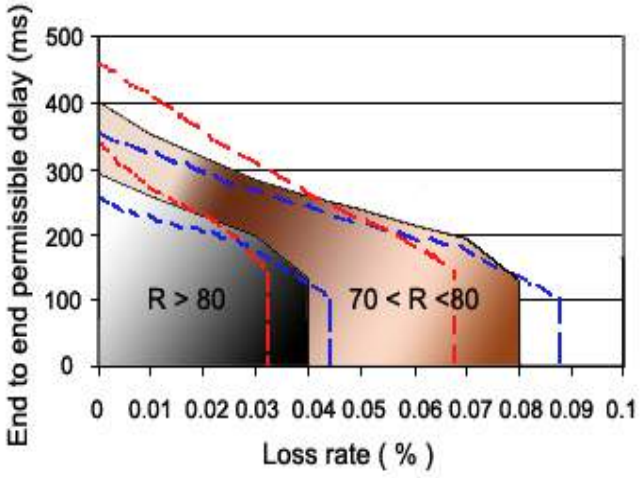


Figure 6. Adaptive Jitter Buffer (AJB) delay - loss limits

Figure 6 indicates our AJB algorithm. The shaded region shows the combination of acceptable delay and acceptable loss rate at the receiver for two QoS regions.

Proposed AJB algorithm has two stages. First, it tries to keep R value over 80. If arrival packets have worse delay and loss values than permissible range, it calculates the threshold value and can request to use a new appropriate codec to stay inside the region (R>80). Central algorithm approves or refuses the request according to network conditions. If the request is approved, algorithm calculates the new maximum delay and loss limits according to the new codec and adjusts its buffer size. Otherwise, algorithm defines a lower region (70<R<80) and adjusts its buffer size again. Using a lower codec can seem like having a lower voice quality. However, a lower codec means smaller packets (jitter buffer can store more small sized packets) and less packet loss rate. Therefore, under a heavily loaded network, using lower codecs can also improve the perceived voice quality.

4. Simulations

The performance of the proposed algorithm was analyzed by simulations using the OMNET simulator and C++ implementations. Some of parameters used to calculate formulas, implement MAC layer and IEEE 802.11e standards are shown in Table 1.

Timing Units and Values

NAME	VALUE	UNIT	
SLOTTIME	20	us	
MSG_SIZE	1000	byte	
BITRATE	11	Mbps	
NAME	**LENGTH (bits)**	**BITRATE (Mbps)**	**TIME (us)**
DIFS	50	1	50
BACKOFF(avg)	310	1	310
PREAMBLE	192	1	192
HEADER	240	11	21,81
DATA	8000	11	727,27
CRC	32	11	2,909
SIFS	10	1	10
PREAMBLE	192	1	192
ACK	112	2	56

We focused on a channel condition that consists of 5 VoIP calls (G711 codec, 20 milliseconds frame size for 802.11b) and 5 data sessions contains 1000 byte messages for each session. At the first case, we analyzed the impact of transmission rate reduction (from 11Mbps to 1Mbps) of a VoIP session at 50th second. Simulation results show that if our algorithm runs, it changes only one codec from G711 to G729 and expands one frame size from 20 milliseconds to 40 milliseconds. AJB keeps the QoS region over 80 without any other codec change. Thus, the total frame number reaches to the access point remains almost same as the old value. Since only one codec rate is being reduced, the negative effect of the reduction will be so slight (only for the node whose transmission rate reduced) compared to the effect of the run without any algorithm. Total throughput values while algorithm is off and on can be seen in Figure 7 and Figure 8, respectively.

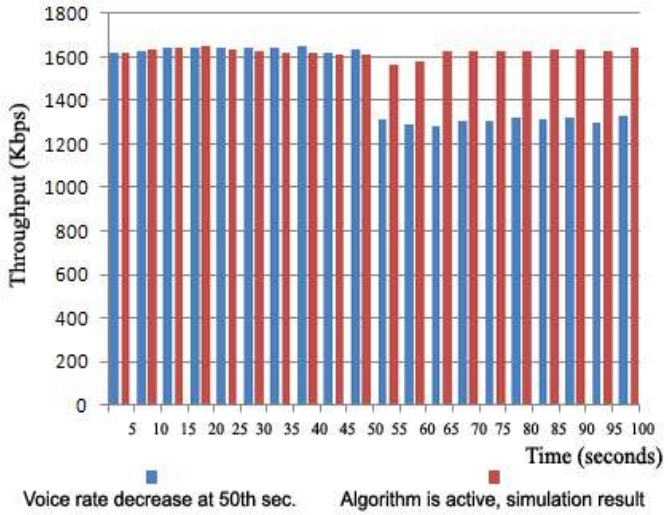


Figure 7. Total throughput of voice and data sessions

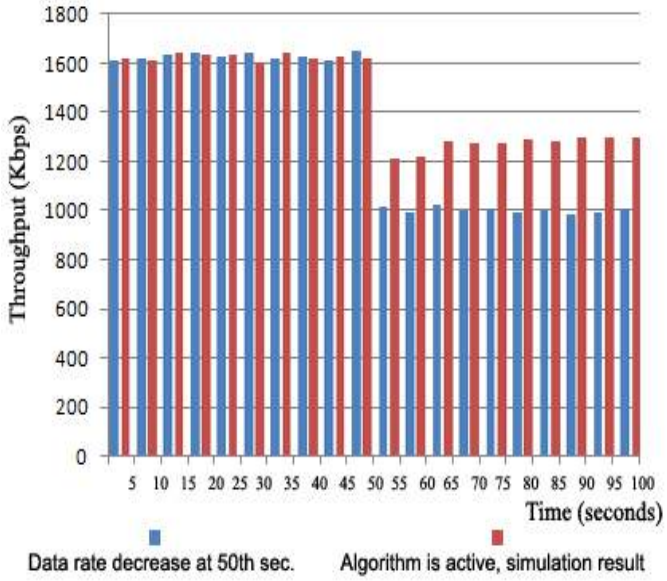


Figure 8. Total throughput of voice and data sessions

At the second case, we analyzed the impact of transmission rate reduction (from 11Mbps to 1Mbps) of a data session at 50th second. If a transmission rate of a VoIP flow reduces, it is easy to recover the negative effect of reduced rate. However, a reduction of a data session would not be easy to recover the network since it has bigger data frame size (8000 bits). As it is shown in Figure 8, algorithm recovers the network up to a point. Then, AJB algorithm also requests to use a more appropriate codec for the node that has a rate decrease to keep the node inside the predefined R range. Central algorithm approves the request and AJB adjusts its buffer size according to new codec and improve overall throughput and voice quality. As a result, central and AJB algorithms reduces the delay times and packet loss ratio in parallel with the improvement of total throughput. Average mean opinion scores (MOS) can be seen in Figure 9.

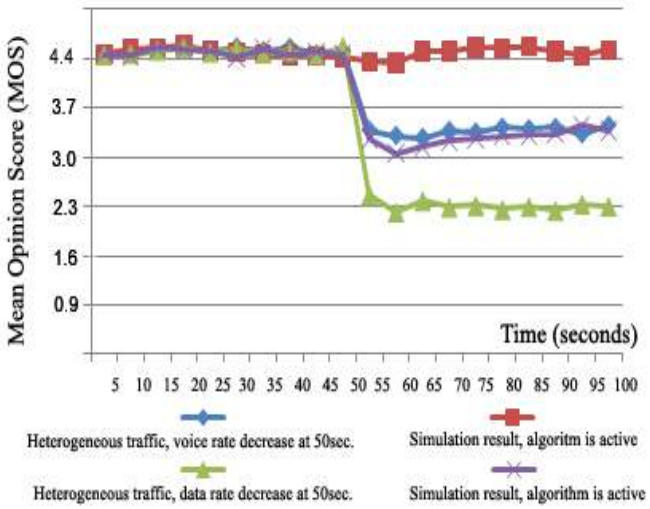


Figure 9. Average mean opinion scores (MOS)

5. Conclusion

In this paper, we proposed a two-sided adaptive jitter buffer algorithm, which is capable to change the voice codecs during an established call session to improve the perceived voice quality. Algorithm changes the codecs dynamically when the jitter buffer delay-loss range is out of QoS region. This process reduces packet loss by 30% average when choosing a lower bit rate codec that has a smaller frame size and could hold many packets in the buffer. Proposed algorithm works coordinately with the central algorithm that is installed in the access point (AP). While other jitter buffer algorithms consider only one node because they do not have a communication with other nodes in the network, proposed algorithm can communicate with the central algorithm and then a decision is given according to the calculations of central algorithm by considering the conditions of all nodes. In conclusion, it reduces the packet loss rate and delay intervals and maximizes the overall voice quality over multi-rate WLANs.

Referanslar

[1] K. M. McNeill, M. Liu, J. J. Rodriguez, "An Adaptive Jitter Buffer Play-out Scheme to Improve VoIP Quality in Wireless Networks ," IEEE Conference on BAE Systems Network Enabled Solutions, Washington, DC, 2006.

[2] M. F. Tuysuz, H. A. Mantar, "An Adaptive Codec and Frame Size Modification Based QoS Algorithm over Multi-rate WLANs," WIMO10, Ankara, June 2010.

[3] M. F. Tuysuz, H. A. Mantar, "A Cross Layer QoS Algorithm to Improve Wireless Link Throughput and Voice Quality over Multi-rate WLANs," IWCMC10, Caen, June 2010.

[4] M. F. Tuysuz, H. A. Mantar, "Minimizing the Effects of Multi-rate WLANs by Adapting Link Adaptation and Call Admission Interfaces," Prague, July 2010.

[5] A. Sfairopoulou, "A cross-layer mechanism for QoS improvements in VoIP over Multi-rate WLAN networks," PhD thesis, Pompeu Fabra University, April 2008.

[6] A. Sfairopoulou, C. Maci´an, B. Bellalta, "QoS adaptation in SIP-based VoIP Calls in Multi-rate IEEE 802.11 Environments," Valencia, ISWCS 2006.

[7] S. Madhani, S. Shah, A. Gutierrez, "Optimized Adaptive Jitter Buffer Design for Wireless Internet Telephony," GLOBECOM07, 5248-5253.

[8] R. M. Hirannaiah, A. Jasti, R. Pendse, "Influence of Codecs on Adaptive Jitter Buffer Algorithm," Vehicular Technology Conference, Fall 2007.

[9] C. Boutremans, J. Y. Le Boudec, "Adaptive Joint Playout Buffer and FEC Adjustment for Internet Telephony," In Proceedings of IEEE INFOCOM, pp. 652--662, April 2003.

[10] ITU-T Recommendation G.107, "The E-model, A Computational Model for Use in Transmission Planning," May 2000.

[11] Chandran, P., & Lingam, C. (2018). Adaptive jitter buffer management: a game theoretic approach. *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, *21*(1), 130-146.

[12] You, S. D., & Chang, J. (2018, May). Reducing latency for an Android-based VoIP phone. In *2018 7th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE)* (pp. 1-4). IEEE.

[13] Wang, J., Lei, W., Xu, P., Sun, J., & Guo, Z. (2017, July). Adaptive media playout buffer management for latency optimization of mobile live streaming. In *Multimedia & Expo Workshops (ICMEW), 2017 IEEE International Conference on*(pp. 369-374). IEEE.

[14] Počta, P., Melvin, H., & Hines, A. (2015). An analysis of the impact of playout delay adjustments introduced by voip jitter buffers on listening speech quality. *Acta Acustica united with Acustica*, *101*(3), 616-631.

Comparison of multi linear regression and genetic programming for estimation of compressive strength of concrete produced with various cement types and mix proportions

Çeşitli çimento tipleri ve karışım oranlarıyla üretilen betonun basınç dayanımının tahmini için çoklu doğrusal regresyon ve genetik programlamanın karşılaştırılması

Kasım MERMERDAŞ[1],
Süleyman İPEK[2]
Mehmet Burak BOZGEYİK[2,3]

[1]Department of Civil Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Turkey
[2]Department of Civil Engineering, Bingöl University, Bingöl, Turkey
[3]Department of Civil Engineering, Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey

Abstract

In this study, three type of cement with 28-day compressive strength of 32.5, 42.5, and 52.5 MPa was used in the production of concretes. The concretes were manufactured at cement contents of 300, 400, and 500 kg/m^3 and water-to-cement ratios of 0.3, 0.4, 0.5, and 0.6. Totally 36 concrete mixtures were produced and their compressive strength were tested at the end of 7 and 28 days of water curing. Furthermore, mathematical models were proposed for predicting the compressive strength of the concretes dealt with the current study. The results revealed the model generated by genetic programming has a better prediction capability than multi linear regression formula.

Keywords:

Compressive strength of concrete; genetic programming; multi linear regression.

Özet

Bu çalışmada, dayanım sınıfları 32.5 MPa, 42.5 MPa ve 52.5 MPa olan üç tip çimento beton üretiminde kullanılmıştır. Betonlar 300, 400 ve 500 kg/m^3'lük çimento dozajları ve 0.3, 0.4, 0.5 ve 0.6'lık su-çimento oranlarında üretilmişlerdir. Toplamda 36 beton karışımı üretilmiş ve 7-28 günlük su kürleri sonunda basınç dayanımları test edilmiştir. Elde edilen beton basınç dayanımı değerleri matematiksel tahmin modelleri geliştirmek için kullanılmışlardır. Değerlendirme sonucunda genetik programlama ile üretilen modelin çoklu doğrusal regresyon formülünden daha iyi bir tahmin yeteneğine sahip olduğu görülmüştür.

Keywords:

Basınç dayanımı; Genetik programlama; Çoklu doğrusal regrasyon.

1. Introduction

The compressive strength of the cement is directly influencing the concrete and mortar characteristics especially the compressive strength characteristic [1,2]. During the recent years, different cement strength classes of 32.5, 42.5, and 52.5 MPa have been used in various construction types. In addition to cement strength class, the water-to-cement ratio and cement content are other important factors those affect the concrete properties. There are many studies evaluating the effects of water-to-cement ratio and cement content on the compressive strength. However, the combined effect of water-to-cement ratio, cement content and compressive strength of cement on compressive strength of concrete is still insufficient. Mermerdaş et al. [3] modeled compressive strength of metakaoline and calcined kaolins modified concrete by means of Gene Expression Programming (GEP). They indicated that GEP is an effective tool for prediction of the compressive strength of concrete.

In this study, the effect of water-to-cement ratio, cement content, and cement type on compressive strength of concrete was experimentally investigated. For this reason, three main concrete mixture groups were determined with respect to cement type of CEM II 32.5, CEM I 42.5 and CEM I 52.5. The cement types were selected regarding to 28-day compressive strength. In each concrete mixture group, four different water-to-cement ratios of 0.3, 0.4, 0.5, and 0.6 and three different cement contents of 300, 400, and 500 kg/m^3 were considered as experimental parameters. Totally 36 different concrete mixtures were designed and their compressive strengths were measured at the age of 7 and 28 days. After the experimental investigation of the mixtures, the results were used in the modeling of the compressive strength of concrete regarding to input parameters of the cement compressive strength, water-to-cement ratio, aggregate-to-cement ratio, and age by using GEP and multi linear regression (MLR). The results indicated that compressive strength of the concrete is directly influenced by water-to-cement ratio, age, and especially the compressive strength cement. Two different models were obtained from GEP and MLR and their results were compared graphically.

2. Experimental Results

The compressive strength results of the mixtures at 7 and 28 days regarding to cement content and water-to-cement ratio with using different cement types are given in Table 1. While the compressive strength values ranging between 19.8 and 80.8 MPa at 7th day was observed it was between 25.5 and 94.6 MPa at 28th day. The results indicated that compressive strength of concrete is directly affected by the cement type. The best compressive strength performance was obtained in the concrete mixtures produced with CEM I 52.5 cement type. Utilization of higher strength cement in the production of concrete improved the cement paste of the hardened concrete that is the reason of achieving higher compressive strength. The water-to-cement ratio had significant influences on the compressive strength, by the way increasing the water-to-cement ratio from 0.3 to 0.6 resulted in systematically reducing in the compressive strength values at both testing ages. The lowest compressive strength values were obtained in the mixtures produced at water-to-cement ratio of 0.6, the almost all values were under 40 MPa.

TABLE I COMPRESSIVE STRENGTH OF THE CONCRETES

Cement content (kg/m³)	w/c	Cement type	fc (MPa)		Cement type	fc (MPa)		Cement type	fc (MPa)	
			7-day	28-day		7-day	28-day		7-day	28-day
300	0.3	CEM I 52.5	59.1	66.6	CEM I 42.5	43.3	53.5	CEM II 32.5	40.2	49.3
	0.4		42.8	49.7		39.2	43.2		37.3	44.6
	0.5		31.4	40.0		33.5	42.5		32.1	39.9
	0.6		26.0	30.9		22.0	28.0		19.8	25.5
400	0.3		70.9	76.5		50.2	66.8		43.5	48.6
	0.4		49.8	58.2		45.5	42.8		36.7	44.6
	0.5		38.0	47.5		33.2	36.7		28.8	35.5
	0.6		23.7	33.6		27.8	32.3		25.8	29.3
500	0.3		80.8	94.6		74.6	88.3		48.9	56.4
	0.4		65.7	76.3		58.6	69.6		35.4	42.9
	0.5		47.8	51.7		36.8	43.6		29.3	34.8
	0.6		28.5	41.4		25.5	36.8		27.0	33.6

3. Modelling of the Experimental Data

By means of commercial statistical software, Minitab, a linear equation of observed data was obtained by using multiple linear regression that modeling the relationship between a response variable and two or more descriptor variables.

$$F_c = 77.03 + 0.7074 \times f_c - 118.81 \times w - 3.202 \times a + 0.3657 \times t \quad (1)$$

where Fc is the compressive strength of the concrete, fc, w, a, and t are the compressive strength of the cement, water-to-cement ratio, aggregate-to-cement ratio, and testing age, respectively.

Gene expression programming, presented by Candida Ferreira [4], is a new technique to create computer programs by expression of the learned models or discovered knowledge [5]. Because gene expression programming is introducing genetic variation by using one or more genetic operators as genetic programming (GP) and genetic algorithms (GAs) and utilizing the populations of individuals by choosing them according to form, it is also a genetic algorithm. GP, proposed by Koza [6], is a generalization of GAs. Solving defined problem by employing a computer program is widely used solution. GP is established on this definition. The definition of the problem is the first step in the logic of GP and GAs, and then the program tries to solve the problem in a problem-independent mode [6,7]. GEP is derived and enhanced form of GAs and GP. These three algorithms use almost same genetic operators in the solutions with minor changes. By Ferreira [8], the differences between the three algortihms denoted as “in GAs the individuals are linear strings of fixed length (chromosomes); in GP the individuals are nonlinear entities of different sizes and shapes (parse trees); and in GEP the individuals are encoded as linear strings of fixed length (the genome or chromosomes) which are afterwards expressed as nonlinear entities of different sizes and shapes (i.e., expression trees (ETs) or simple diagram representations)”.

The compressive strength of the cements, water-to-cement ratios, aggregate-to-cement ratios, and testing ages of concretes with experimental results were regulated to achieve a data set. Table 3 presents the data set which was randomly divided into two groups. “Train set” is one of the sub-data set whereas “Test set” is the other. The mathematical model was derived by using a software named GeneXproTools 4.0. The following expression is the prediction model that was achieved from GEP. The expression tree of the prediction model is also presented in Figure 1.

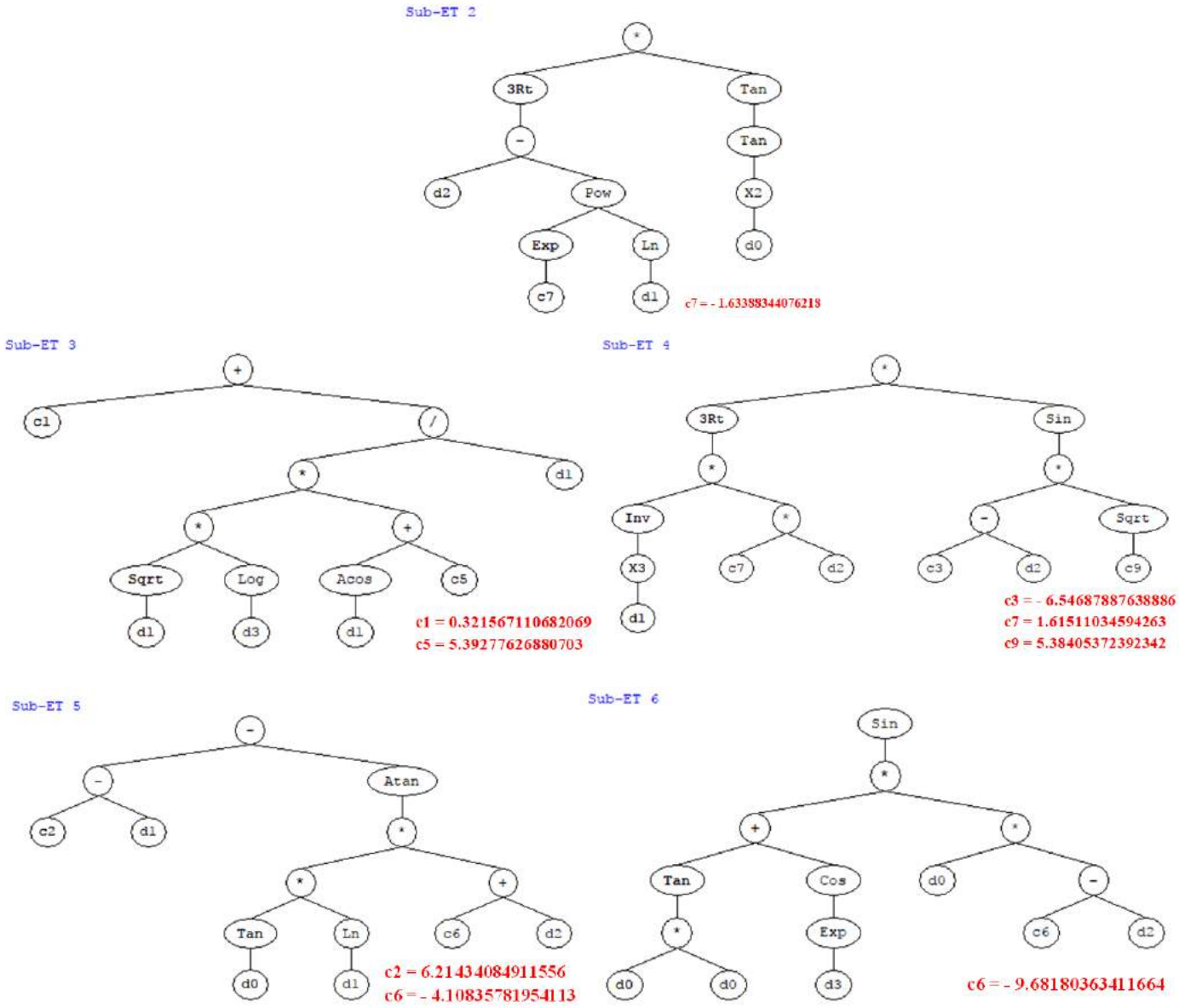


Figure 1. Expression trees for GEP model

The experimental compressive strength values and predicted values are presented in Figure 2. The experimental data were put in an ascending order, then, the prediction values were indicated. The figure illustrates that the results achieved by GEP model are closer to the experimental values than those obtained by MLR model.

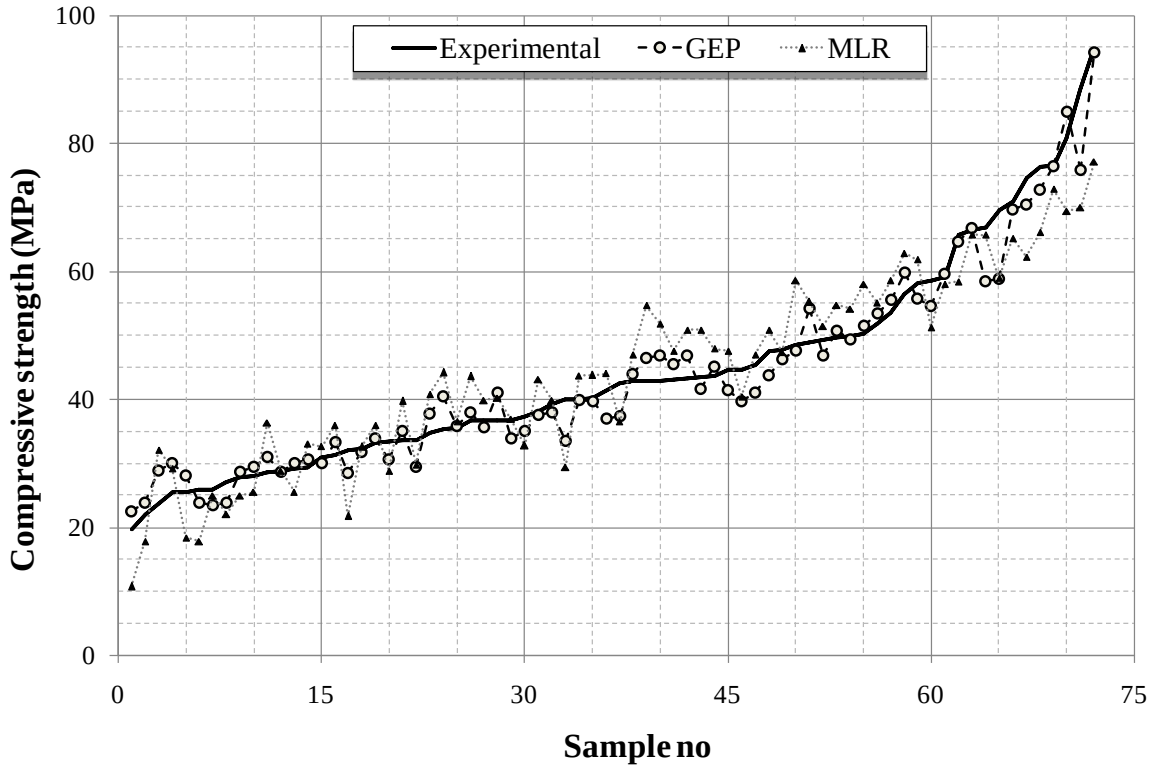


Figure 2. Compressive strengths predicted by MLR and GEP models and experimental compressive strength values versus number of sample

4. Conclusions

According to findings presented above, the following conclusions can be drawn.

- Decreasing the water-to-cement ratio from 0.6 to 0.3 enhanced the compressive strength performance in all concrete groups.
- Utilization higher strength cement resulted in higher compressive strength values.
- Cement content has a slight effect on the compressive strength of the concrete.
- A mathematical model was proposed using all of the input parameters. It was observed that there was a strong correlation between the experimental and predicted compressive strength which was derived by GEP and MLR. However, the model derived by GEP gave better performance than one proposed by MLR. The high correlation also showed that a common mathematical model for estimation of compressive strength could be generated by using GEP if there was plenty of input data available.

5. References

[1] BS EN 197–1 (2000) Cement: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements British Standards Institution, London (2000)

[2] T. Hirschi,et al. Sika Concrete Handbook Sika Services AG, Zurique, Suíça (2005)

[3] Mermerdaş, K., Gesoğlu, M., Güneyisi, E., Özturan, T. (2012). Strength development of concretes incorporated with metakaolin and different types of calcined kaolins. Construction and Building Materials.37: 766-774.

[4] Ferreira C. Gene expression programming; a new adaptive algorithm for solving problems. Complex Syst 2001;12(2)87-129.

[5] Li X, Zhou C, Xiao W, Nelson PC. Prefix gene expression programming

[6] Koza JR. Genetic programming; on the programming of computers by means of natural selection, MIT Press, USA, 1992.

[7] Gen M, Cheng R. Genetic algorithms and engineering design, Wiley, USA, 1997.

Suruç Çadırkent Alanının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi

Determination of Suruç Tent City Area with Analytic Hierarchy Method

Mehmet Aziz SAYAR[1]
Hüseyin Zahit SELVİ[2]
İlkay BUĞDAYCI[2]

[1]Şanlıurfa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Milli Emlak Müdürlüğü, Şanlıurfa
[2]Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

Özet

Veriye ulaşmanın oldukça kolay olduğu günümüzde, bu verilerden faydalı bilgiye en kısa sürede ve en doğru şekilde ulaşmak büyük önem arzetmektedir. Özellikle planlama, risk yönetimi vb. karar verme analizlerinde birçok kriteri dikkate alarak doğru kararın verilmesinde bilgi sistemleri oldukça önemli yer tutmaktadır. Mekânsal verilerle yapılan çalışmalarda da Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla yapılan mekânsal analizler doğru kararlar alınmasında oldukça etkilidir. Özellikle birden çok etkenin kararı etkilediği durumlarda çok kriterli karar verme yöntemleri önemli katkılar sunmaktadır. Bu çalışmada da çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP (Analitik Hierarşi Yöntemi) yöntemiyle Şanlıurfa ili Suruç ilçesinde kurulması planlanan çadırkentin yeri çeşitli risk kriterleri dikkate alınarak parsel bazlı olarak belirlenmiştir. Bu şekilde Suruç ilçesindeki 2000'den fazla hazine taşınmazından çadırkent yapımına uygun olarak 5 adet parsel belirlenmiş ve karar vericinin sadece 5 parselden birisini seçmesi ile doğru karara ulaşması sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Risk(yönetimi,(çok(kriterli(karar(verme,(analitik(hiyerarşi(yöntemi,(mekânsal(analiz

Abstract

Today, it is very easy to reach the data and it is of great importance to obtain true useful information in the shortest time by using these data. Particularly, in decision-making analysis such as planning, risk management, information systems have very important place in making the right decision considering many criteria. In spatial data studies, spatial analysis using Geographical Information Systems (GIS) are very effective in making the right decisions. Multi-criteria decision-making methods provide significant contributions, particularly when multiple factors affect the decision. In this study, the location of tent city, planned to be established in Suruç district, was determined by using AHP (Analytic Hierarchy Process) method which is one of the multi-criteria decision making methods by considering various risk criteria. In this way, 5 parcels which are suitable for tent-city construction were determined in Suruç district and thus, choosing one of the only five parcels was enough to make the right decision.

Keywords:

Risk management, multi-criteria decision making, analytic hierarchy process, spatial analysis

1. Giriş

Bilindiği üzere herhangi bir konuda yer seçim kararı; nitelendirme ve karar verme süreci çok sayıda kriteri kapsadığından ve birbirleriyle çelişen bu kriterler arasında bir uzlaşmanın sağlanması gerektiğinden oldukça karmaşık bir problem haline gelmektedir. Uzmanların ya da karar vericilerin, özellikle mekansal konularda niteliksel ve niceliksel faktörleri beraber değerlendirmek durumunda kaldığı problemlerin çözümünde; Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) öne çıkmaktadır. AHP yöntemi diğer analiz yöntemlerine göre CBS'yi altlık olarak kullanma konusunda daha çok etkilidir. AHP'nin karar vericiler tarafından sıklıkla tercih edilmesinin asıl sebebi ise, çok kriterli kararların verilmesinde karar verilecek konunun özelliklerine göre subjektif kriterlerin dikkate alınabilmesidir [1].

Böylelikle analizi gerekli olan konu üzerinde çoğunluğun kabul ettiği ölçütlere bağlı kalma veya ölçütler üzerinde çizilen sınırlara uyma zorunlulukları ortadan kaldırılarak, arzu edilmesi halinde analize sokulacak kriterler: çalışma alanının coğrafi ve beşeri özelliklerine göre, çalışma amacı doğrultusundaki ihtiyaçlara göre, çalışmada yararlanılacak bir faktörün çalışma alanı içerisinde ayırt edici bir kriter olma özelliği taşıyıp taşımadığına karar verilmesine göre ve uzmanın gözlem ve bilgi birikimine göre karar verici tarafından özgürce belirlenebilmektedir.

Mekansal problemlerin ve ihtiyaçların giderilmesi kapsamında yapılan çalışmalarda en çok dikkat edilmesi gereken konulardan birisi de risk yönetimidir. Genel anlamıyla risk, gelecekte ortaya çıkabilecek vaziyetlerin veya iç/dış etkenlerin, yapılacak olan çalışmanın amaç ve hedeflerini etkileme ihtimalidir. Çalışmaların amaçlarına ulaşabilmesi için çalışma bölgesinde bulunan her seviyedeki riskin tespit edilmesi, değerlendirilmesi, risklerin etkilerinin azaltılması yolunda önlemler alınması işlemlerinin tümüne ise risk yönetimi denilmektedir [2].

Risk haritalarının oluşturulmasında CBS ve AHP'nin birer araç ve metot olarak kullanılması suretiyle, risk yönetimi çerçevesinde çalışılacak bölgeye ait; veriler, geçmişte yaşanmış afetlerin bilgileri ve etki alanları, bölgeye dair nüfus ve yerleşme özellikleri mekânsal boyutta depolanıp, CBS programları aracılığı ile analiz edilmekte ve risk taşıyan/taşımayan alanlar haritalanmaktadır.

CBS'nin AHP ile birlikte kullanıldığı risk yönetimi çalışmalarına literatürde sıklıkla rastlanılmaktadır.

Karaman ve diğ. [3], İstanbul İli için afet sonrası en uygun geçici barınma alanlarını, CBS ve AHP ile tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda Avrupa ve Anadolu yakalarında hangi mevkilerin uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Güler [4], tarafından yapılan tez çalışmasında İstanbul ili için AHP ile alternatif katı atık alanı yer seçimi yapılmıştır. Çalışmada arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanlarına uzaklık, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanına uzaklık, korunan alanlar, eğim, mevcut katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarına uzaklık olmak üzere 11 adet kriter kullanılmıştır. Bu kriterlerle AHP ölçekleri kapsamında çok kriterli veri analizi yapılıp İstanbul ili için farklı ilçe ve semtlerde toplam 5 adet katı atık aktarma istasyon noktası belirlenmiştir.

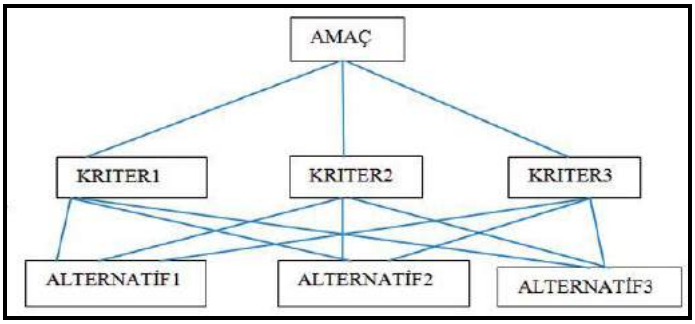
Kavzoğlu ve diğ. [5] tarafından Trabzon İli için CBS tabanlı çok kriterli karar analizi yöntemiyle heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının üretilmesinde çok kriterli karar analizi tekniklerinden AHP kullanılmıştır. Duyarlılık haritası oluşturulurken, çalışmanın mahiyetine göre litoloji, eğim, arazi örtüsü, bakı ve yükseklik faktörlerine kriter ağırlıkları atanmıştır. Trabzon ili için heyelan duyarlık haritası oluşturulmuştur.

Bu çalışma, Milli Emlak Müdürlüğü Kurumunun görevlerinden biri olan "Devlet iş ve işlemlerinde ihtiyaç duyulan çalışmalara altlık sağlaması bakımından en uygun parselin belirlenmesi" işi kapsamında Şanlıurfa ili, Suruç ilçesi sınırları içerisinde; bir geçici barınma merkezi olan çadırkent tesisinin kurulumu için en uygun parselin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Literatür taramasında incelenen AHP ile en uygun yerin belirlenmesi çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada; ihtiyaç duyulan konu ile ilgili yalnızca en uygun yer belirlenmemiş, aynı zamanda elde edilen sonuçların kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla devlet mülkiyetindeki en uygun parsel/parseller de belirlenmiştir. Böylelikle genelde katı atık tesisi, geçici barınma merkezi, okul, hastane vb. kamusal amaca hizmet edecek tesisler için belirlenen en uygun yerlerde devletin yapacağı kamulaştırma maliyeti, açılacak mahkemeler, bazı sosyodinamik dengelerin zedelenmesi vb. unsurların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma sahası olarak seçilen yerde risk oluşturacak unsurlar üzerinde durulmuş ve bu unsurların arasında çalışma sahası içerisindeki belirli mesafelerde farklılık gösterenler AHP analizinde kullanılacak kriterler arasına alınmıştır.

2. Yöntem

2.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)

Karar verme durumuyla karşı karşıya kalındığında, çeşitli alternatifler arasından en uygun olanının seçilmesi söz konusudur. Yalnızca bir adet kriter ölçü alınarak alternatifler değerlendirilirken, karar verme işi göreceli olarak çok daha kolay yapılmaktadır. Ancak kriterlerin artmasıyla beraber karar verme problemi karmaşıklaşmaktadır. Kriter sayısının fazla olduğu bu gibi durumlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş olan çok kriterli karar verme yöntemleri bulunmaktadır [6]. Çalışmada yararlanılan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) de bu yöntemlerden birisidir AHP'de kullanılan temel hiyerarşik yapı Şekil 2'de gösterilmektedir [7]. Hiyerarşiye bakıldığında en tepede nihai amacın, ortada ele alınacak kriterlerin ve en altta da değerlendirilecek alternatiflerin olduğu görülmektedir.



Şekil 2. AHP [7].

3. Bulgular ve Tartışma

Suruç ilçesinin hemen yanıbaşında cereyan eden Suriye iç savaşının en büyük etkilerinden biri olan sığınmacı meselesinin çözüm yollarından biri olarak öngörülen çadırkent tesisi işi kapsamında uzmanlarca ve yöneticilerce belirlenen ihtiyaçlara göre CBS ortamında AHP analizleri yapılarak alternatif çadırkent tesisi için en uygun yerler (parseller) belirlenmiştir. Bu süreçte; Suruç ve çevresi üzerinde risk oluşturabilecek bütün kriterler göz önünde bulundurulduğunda; çevresine göre en uygun ilçe olduğu görülen Suruç çalışma alanı olarak belirlenirken, daha sonrasında da ilçenin kendi içerisinde risk unsurları ve en uygun yerin belirlenmesine etki edecek diğer unsurlar üzerinde yoğunlaşılarak sonuç ürünleri elde edilmiştir.

3.1. Kriterlerin Belirlenmesi ve Uygunluk Haritalarının Oluşturulması

En uygun yerin belirlenmesi sürecinde dikkat edilmesi gereken hususların açıklanması ve irdelenmesi, bir risk yönetimini de içerisinde barındırmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanı seçilirken deprem, heyelan, çığ, erezyon, aşırı ısınma, nemlilik, hakim rüzgar yönü unsuru, yağış miktarları, sel ve taşkınlar, acil durumlarda güvenlik ve sağlık hizmetlerine erişim, savaş bölgesi beklenmedik tehlikelerinden etkilenebilirlik vb. unsurlar göz önünde bulundurulmuş ve her biri detaylıca irdelenmiştir. Bütün bu çalışmalar ışığında veri karmaşasını engellemek ve çalışmanın işlevselliğini sağlamak amacıyla sadece ilçe sınırları içerisindeki farklı alanlarda farklı özellik gösteren kriterler hesaplamaya katılmıştır.

Bu kapsamda en uygun yer seçimi sürecinin, sade ve kullanılabilir bir işleve sahip olması için uygunluk sınıflandırmaları ve AHP analizinde kulanılacak kriterler: Eğim, Karayollarına Uzaklık, İlçe Merkezine Uzaklık, Suriye Sınırına Uzaklık, Dere Yataklarına Uzaklık, Mevcut Çadırkent Tesisine Uzaklık, Yüksek Gerilim İndirgeyici Trafo Tesisine Uzaklık, Koruma Altındaki Alanlara Uzaklık şeklinde belirlenmiştir.

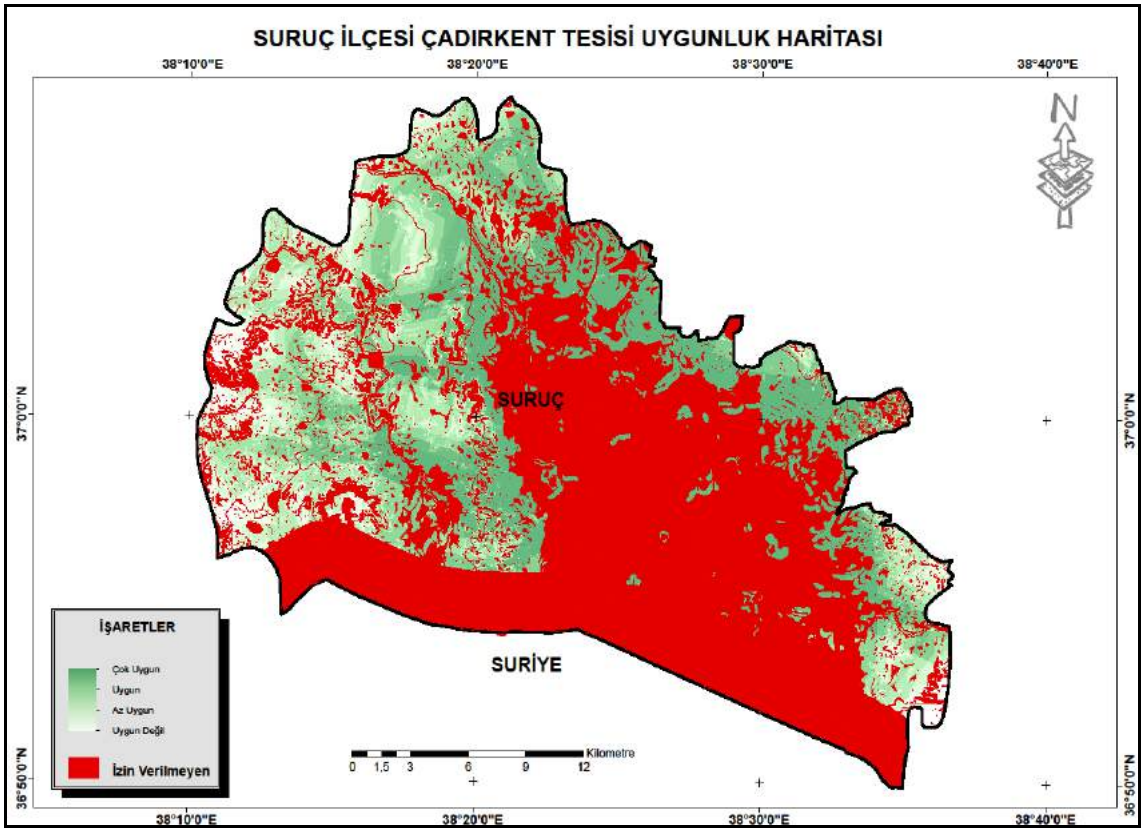
Kriterlere ait uygunluk haritalarının oluşturulması işi kapsamında, gerek tesisin ihtiyaçları ve işleyişine dair yapılan araştırmalar, gerekse uzman ve yönetici görüşleri doğrultusunda karar verilip belirlenmiş uzaklık değerleri sisteme girilip “uygunluk tampon bölgeleri” oluşturulmuştur. Sınıflama analizlerinin yapılabilmesi için, oluşturulan haritalar raster formatına çevrilmiştir. Son aşamada ise haritalar istenilen aralıklarda sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapılan haritalara ilgili modüller yardımıyla uygunluk dereceleri girişi yapılmıştır.

Sonuç olarak: AHP’de kullanılmak üzere belirlenen 8 adet kriterin her birisinin kendi içerisinde uygunluk haritası oluşturulmuştur (örneğin karayolu kriteri için; ilçe içerisindeki hangi nokta ne kadar uygundur). Böylelikle her bir kritere özgü uygunluk haritası oluşturulmuş olup, 8 adet uygunluk haritası elde edilmiştir. En sonda ise bu 8 kriter AHP ölçeklerine göre kendi aralarında önem dercelerine göre kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Buradan her kritere ait ağırlıklar elde edilip, bu ağırlıklar ilgili modül yardımıyla sisteme girilerek tek bir uygunluk haritası elde edilmiştir. Daha sonra AHP Priority Calculator programı yardımıyla ikili karşılaştırma matrisleri kurularak, hangi kriterin ne kadar önemli olduğunu gösteren her bir kritere ait kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Tablo 1’de kriter ağırlıkları görülmektedir.
Bu işlem sırasında kriterlerin isimleri; Karayollarına Uzaklık: K_1, Elektrik Tesisine Uzaklık: K_2, Eğim: K_3, İlçe Merkezine Uzaklık: K_4, Suriye Sınırına Uzaklık: K_5, Mevcut Tesise Uzaklık: K_6, Dere Yataklarına Uzaklık: K_7, Korunan Alanlara Uzaklık: K_8 şeklinde kısaltılmıştır.

Tablo 1. Kriter Ağırlıkları

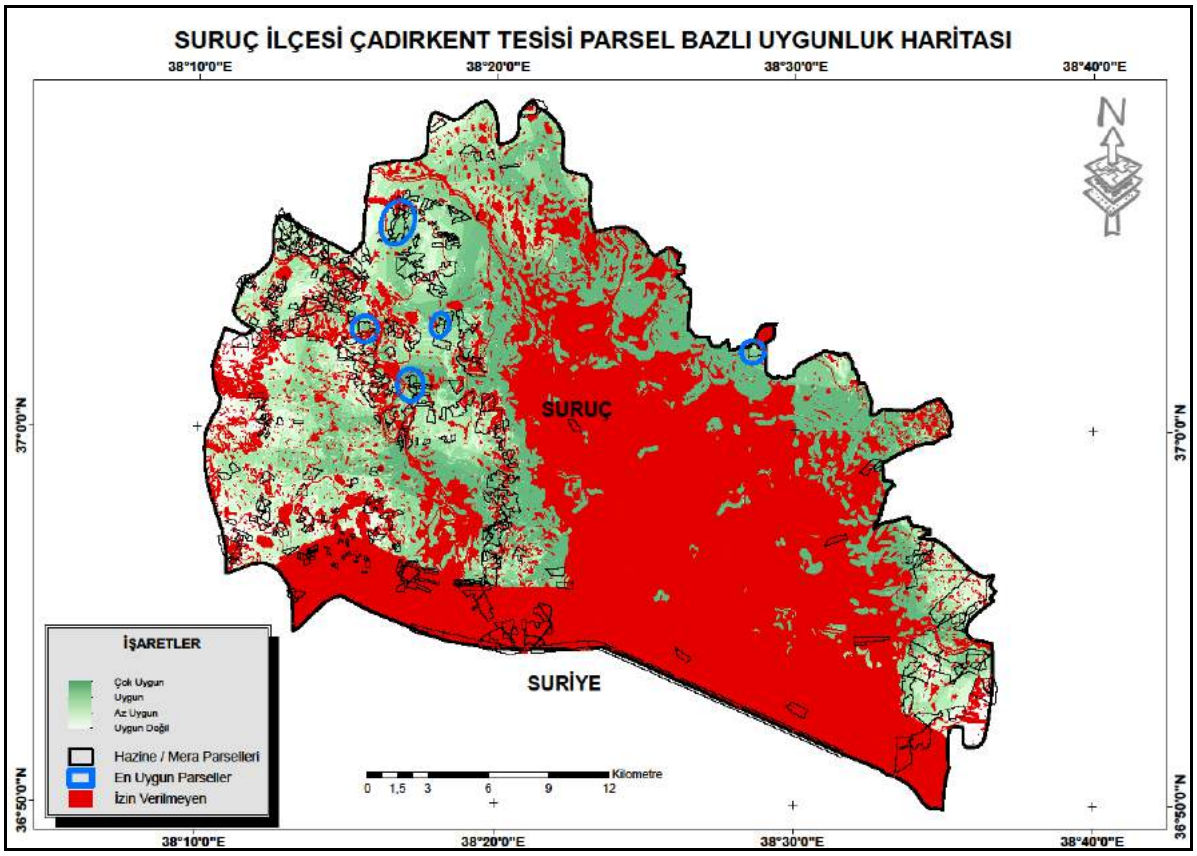
Kriter	Ağırlık
K_1	0.265
K_2	0.173
K_3	0.252
K_4	0.100
K_5	0.082
K_6	0.035
K_7	0.007
K_8	0.023

AHP yöntemiyle hesaplanan kriter ağırlıkları, ait oldukları kriter ile ArcGIS ortamında ilgili modül yardımıyla işleme konulup uygunluk analizi yapılmış ve tek bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. İzin verilmeyen alanların hepsi sonuç haritasındaki lejant kısmında "izin verilmeyen alanlar" ifadesiyle belirtilmiştir. Böylelikle Çadırkent Uygunluk Haritası tamamlanmıştır. Haritada açık renkten koyu renge doğru gidildikçe uygunluk artmaktadır. İzin verilmeyen alanlar ise keskin bir şekilde diğer alanlardan ayrılması amacıyla kırmızı renkle gösterilmektedir. Uygunluk sınıflarının gösterilmesinde colorbrewer programındaki renk tonları kullanılmıştır. "Çok uygun", "uygun", "az uygun" ve "uygun değil" şeklinde sıralanan uygunluk durumlarının her biri için colorbrewer programdan bir RGB değeri atanmış ve oluşturulan bütün haritalarda uygunluk durumuna karşılık gelen RGB değeri kullanılarak belirli bir standart sağlanmıştır. Şekil 3'te uygunluk haritası gösterilmektedir.



Şekil 3. Uygunluk Haritası

Bölgedeki tüm alanların çadırkent kurulumu için uygun olandan uygun olmayana doğru sınıflandırıldığı Çadırkent Uygunluk Haritasının elde edilmesiyle, çalışmanın asıl sonuç ürününü verecek olan "en uygun parselin belirlenmesi" işi için Hazine ve mera parsellerinin haritaya tatbik edilmesi sürecine gelinmiştir. Halkın neredeyse yüzde yüzünün kendi parseli üzerinde tarım yapıyor olması, bölgedeki sosyodinamik dengeler ve belki de ömrü sadece birkaç yıl olacak böylesine geçici bir tesis için astronomik kamulaştırma ücretleri verilmesinin yol açacağı zararlar düşünüldüğünde; devlete ait parsellerin dışında başka herhangi bir parsele kurulumun yapılmasının uygun olmadığı ortaya çıkmaktadır. Şekil 4'te en uygun parsellerin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan harita gösterilmektedir.



Şekil 4. Parsel Bazlı Uygunluk Haritası

Tablo 2. Çalışma Kapsamında Belirlenen Devlet'e Ait En Uygun Parseller

İl	İlçe	Mahalle	Parsel No	Parsel Türü
Şanlıurfa	Suruç	Yağışlı	314	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Küçüksergen	102_2	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Ezgil	576 ve 577'nin tevhidi ile oluşacak parsel	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Yağışlı	332,333,156'nın tevhidi ile oluşacak parsel	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Hacılı	555	Mera

Tablo 2'de çalışma kapsamında belirlenen devlete ait en uygun parseller gösterilmektedir. Tablo 2 bu yönüyle aynı zamanda çalışmanın sonuç ürünüdür.

4.Sonuç

Yer seçimi problemi, adından da anlaşılacağı üzere mekânsal boyutta bir iş olduğundan, bu konuda faydalanılacak araçlar arasından en çok öne çıkanı Coğrafi Bilgi Sistemleri olmaktadır. Çalışmada yapılan bütün mekânsal çalışmalara altlık teşkil etmesi bakımından CBS'ye atfedilen önem bir kez daha gözler önüne serilmiştir. Çalışmanın sonuç ürünü olan Tablo 2 elde edilerek çalışma sonuçlandırılmıştır. Böylelikle ilçede bulunan 1938 adet hazine ve yaklaşık 100 adet mera parselinden oluşan, mülkiyeti Devlete ait sayıca 2 bin adetten fazla taşınmaz üzerinden seçim yapılarak nihayete ulaştırılması gereken iş, sadece 5 adet parsel üzerinden seçim yapılarak sonuçlandırılabilecek boyuta getirilmiştir.

2 binden fazla alternatifin 5'e düşürüldüğü bu çalışma sayesinde, sadece zamandan ve zahmetten tasarruf sağlanmamış, aynı zamanda da güvenilirliği bilimsel temellere dayalı uygunlukta parseller seçilmiştir. CBS'nin ve buna bağlı olarak AHP'nin bu alandaki kullanımının faydası gözler önüne açıkça serilmektedir.

Bu çalışmada, CBS'nin herhangi bir mekânsal objeyi haritalamadaki ve istenilen kriterler doğrultusunda mekânsal analizini yapmadaki marifeti bir kez daha ortaya konulmaktadır. Ayrıca yer seçim problemlerinde çözüm için duyulan ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda uzmanlarca yapılan sübjektif ikili karşılaştırmaları temel alması yönüyle AHP yönteminin ne denli işlevsel bir yöntem olduğu görülmektedir.

5. Referanslar

[1] Ömürbek, N., Üstündağ, S., Helvacıoğlu, Ö.Ç. (2013). Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Yönetim Bilimleri Dergisi Cilt: 11, Sayı: 21, ss. 101-116, 2013.

[2] Bozkurt, C. (2010). Risk, Kurumsal Risk Yönetimi ve İç Denetim, Gümrük Müsteşarlığı.

[3] Karaman, H., Rezaei, S., Kalkan, K., Konukçu, B. ve Erden, T. (2014). Afet Sonrası En Uygun Geçici Barınma Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Tespiti, Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu (UZAL – CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

[4] Güler, D. (2016). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[5] Kavzoğlu, T., Şahin, E. K., Çölkesen, İ. (2010). CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemiyle Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü.

[6] Doğan, H. ve Uludağ, A.S. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2016 Cilt 6, Sayı 2, ss. 17-47.

[7] Subramanian, Ramanathan (2012). "Review of Applications of AnalyticHierarchy Process in Operati-ons Management", International Journal of Production Econo-mics, 1pp. 215–2

Epoksinin Gevşeme ve Sürünme Davranışlarının Normal ve Düşük Sıcaklıkta Deneysel Olarak İncelenmesi

Experimental Investigation of Epoxy's Stress Relaxation and Creep Behaviors at Normal and Low Temperatures

Mustafa ÖZEN[1]
Berna İZGİ[1]
Özge ERDEM[1]
Murat KISA[1]
Gökhan DEMİRCAN[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Birçok sektörde kompozit malzemelerin kullanımı hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Günümüzde kullanılan kompozit malzemelerin % 90 a yakın kısmını polimer esaslı matrisler oluşturmaktadır. Polimer malzemeler viskoelastik malzemeler olup mekanik özelikleri zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Sürünme ve gevşeme testleri kompozitlerin uzun dönem mekanik performanslarının tespiti için en çok kullanılan metotlardır. Bu çalışmada kompozit malzemelerde yaygın olarak kullanılan bir termoset polimer olan Epoksinin gevşeme ve sürünme özellikleri ve bu özeliklerin düşük sıcaklıklarda nasıl değiştiği deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Epoksi; sürünme; gevşeme.

Abstract

In Many sectors the usage of composite materials is increasing rapidly. Nearly 90% of the composite materials used today are composed of polymer-based matrices. Polymer materials are viscoelastic materials and their mechanical properties vary depending on time. Creep and stress relaxation tests are the most widely used methods for determining the long-term mechanical performance of composites. In this study, the stress relaxation and creep properties of epoxy, a thermoset polymer widely used in composite materials, and how this properties change at low temperatures have been investigated experimentally.

Keywords:

Epoxy; creep; stress relaxation.

1. Giriş

Özgül modül (Elastisite Modülü/yoğunluk) ve özgül mukavemet (mukavemet/dayanım) değerlerinin yüksek olması nedeniyle kompozit malzemelerin kullanımı gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmaktadır. Günümüzde kullanılan kompozitlerin yaklaşık %90 nında matris malzemesi olarak polimer malzemeler kullanılmaktadır. Polimer malzemeler uzun moleküler zincirlere sahip olduğundan viskoelastik davranış gösterir ve mekanik özelikleri zamana bağlı olarak değişir. Bu kapsamda bu malzemelerin uzun dönem mekanik özeliklerinin incelenmesi oldukça önemlidir. Literatürde viskoelastik malzemelerin davranışlarının incelenmesi için geliştirilen analitik ve nümerik yöntemlerle ilgili çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen konunun deneysel olarak incelenmesindeki zorluklar nedeniyle sınırlı sayıda kaynak bulunmaktadır. Malzemelerin uzun dönem mekanik performanslarının tespiti için en çok kullanılan testler sürünme ve gevşeme testleridir.

Polimerlerin gerilme gevşeme modülleri üzerinde ilk sistematik araştırmalardan birini Kim ve White [1] gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada, polimerlerin jelleşmesi sonrasında gevşeme davranışlarının malzemenin kürlenme evresine direk bağımlı olduğunu tespit etmişler. Daha önceki çalışmada elde ettikleri sonucu kullanarak Kim ve White [2] yeni çalışmalarında AS4-3501-6 kompozit malzemesinin kürlenme sıcaklığı olan 177 ˚C den oda sıcaklığına 2.5 ˚C/dak hızla soğutulması esnasındaki gevşeme davranışını incelemişler. Yapılan çalışma soğutma işleminin plakanın serbest uçlarındaki gerilme değerlerinde gevşeme nedeniyle ilk duruma göre 30% e kadar düşebildiğini göstermiştir. EPON 862 marka epoksinin kürlenme evresinin tüm aralığı için benzer çalışmalar O'Brien ve ark. [3] tarafından yapılmıştır. Çalışma sonunda ilgili malzeme için kürlenme evresinin tüm aralıları için kayma gevşeme diyagramları elde edilmiştir. Tang ve Felicelli [4], polimer kompozitlerin gevşeme rijitliğinin karakterize etmek için geliştirdikleri mikromekanik bir model ile diğer sonlu eleman çözümlerinde kullanılan birçok yükleme ve sınır şartlarına gerek kalmadan tüm gevşeme rijitlik katsayıları eş zamanlı olarak hesaplamıştır. Abadi [5], çalışmasında lif takviyeli polimerlerin gevşeme davranışını mikromekanik olarak analiz etmiştir. Geliştirdiği analitik yöntem ile grafit/epoksi kompozitlerin gevşeme davranışını hesaplamış ve sonuçları mikromekanik bir sonlu elaman modeli ile karşılaştırmış. Bir diğer mikromekanik çalışma Zhou ve ark. [6] tarafından yapılmıştır. Çalışmalarında grafit/Epoksi kompozitlerin yüksek sıcaklıklardaki deformasyonunu incelemişler ve analitik formüllerle karşılaştırmışlar.

Genellikle, tabakaların viskoelastik doğasında birinci faktörün reçine olduğu kabul edilir. Bununla birlikte, Oskouei ve Taleie [7] çalışmalarında reçineye ek olarak tabakada kullanılan takviye malzemesinin de tabakanın gevşeme davranışı üzerinde etkili olacağını önermiştir. Değişik lif malzemelerinin aynı zamanda farklı lif oryantasyonlarının etkilerini incelemişler. En az miktarda gevşeme karbon liflerinde oluşurken maksimum gevşemenin aramid liflerinde oluştuğunu belirtmişler. Yeni geliştirdikleri kauçuk basınç kalıplama yöntemiyle imal edilen Cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin gevşeme davranışları Kar ve ark. [8] tarafından incelenmiştir. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında geliştirdikleri yöntemle imal edilen kompozitlerde gevşeme oranının daha küçük olduğunu tespit etmişler.

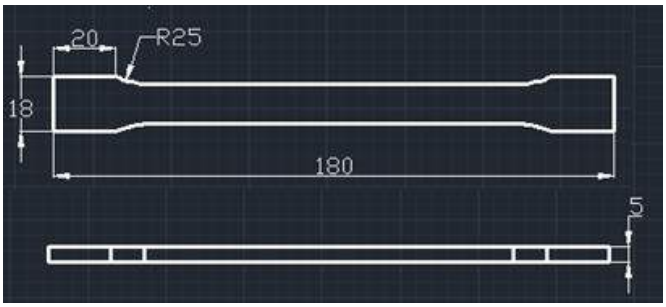
Kompozitlerin matris malzemeleri çoğunlukla viskoelastik davranış gösterir. Bu nedenle kompozit malzemeler sürünme olayına maruz kalır ve genel olarak kompozitlerin sürünme etkisi sıcaklık, gerilme düzeyi ve nem gibi birçok parametreye bağlıdır (Raghavan ve Messhi [9]). Malzemelerde sürünme etkileri yıllar boyunca çalışılmış ve örneğin Findley ve ark. [10] çalışmasında olduğu gibi değişik modeller önerilmiştir.

Geçmişte lif doğrultusundaki sürünme davranışını inceleyen değişik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda malzemenin davranışı lif ve matris malzemesinin her ikisiyle belirlenmektedir. Kompozitde lif doğrultusundaki sürünme testleri Kim ve McMeeking [11] tarafından incelenmiştir. Maksimov ve Plume [12] aramid liflerinin uzun dönem sürünme davranışlarını araştırmışlar. Karbok lifli / Epoksi matrisli kompozitde eğilme ve çekme sürünmeleri Goertzen ve Kessler [13] tarafından çalışılmıştır. Kouadri-Boudjelthia ve ark. [14] doymamış polyester matris ve C Camı liflerle gelişigüzel doğrultuda takviye edilmiş olan kompozitde sıcaklık, yük ve kristalleşme oranlarının etkilerini çalışmıştır. Malzemenin sürünme davranışı Güç Kanunları Formülüzasyonu ile modellenmiştir. Guedes ve ark. [15] çalışmalarında, kompozit malzemelerde life dik doğrultudaki sürünme davranışının esasen matris malzemesi ile domine edildiğini göstermiştir.

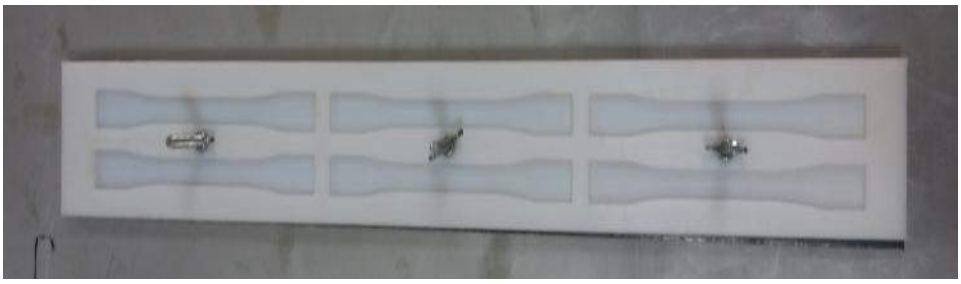
Bu çalışmada kompozit malzemelerde yaygın olarak kullanılan bir termoset polimer olan Epoksinin gevşeme ve sürünme özelikleri ve bu özeliklerin düşük sıcaklarda nasıl değiştiği deneysel olarak incelenmiştir. Bu kapsamda standartlara uygun olarak hazırlanan epoksi numuneler ilk olarak kısa dönem ve uzun dönem tek eksenli çekme deneylerine tabi tutulmuş, bu şekilde malzemeye ait dayanım ve gevşeme ile sürünme özellikleri tespit edilmiştir. Daha sonra düşük sıcaklığın etkisinin görülmesi amacıyla -18 ^{o}C sıcaklıkta farklı sürelerde bekletilen numunelere aynı testler uygulanmıştır. Böylece düşük sıcaklığın ve bu sıcaklığa maruz kalma süresinin epoksinin gevşeme ve sürünme özelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Yöntem

Bu çalışmada termoset polimer malzemesi olarak çift bileşenli Araldite LY 1564 epoksi ile Aradur 3487 BD sertleştirici kullanılmıştır. 100 gram epoksi için 35 gram sertleştirici kullanılarak hazırlanan reçine, boyutları Şekil 1 de gösterilen ASTM D638-14 standardına uygun hazırlanmış Şekil 2' deki termoplastik kalıba dökülerek 100 ^{o}C sıcaklıkta 2 saat bekletilmiş ve kürlenme sağlanmıştır. Bu şekilde 24 adedi gevşeme ve 24 adedi sürünme deneylerinde kullanılmak üzer toplam 48 adet numune hazırlanmıştır.



Şekil 1. ASTM D638- 14 Çekme Numunesi Standardı



Şekil 2. Numune Kalıbı

Gevşeme deneylerinde malzemeler sabit bir yüzde uzama değerinde bekletilirken gerilmedeki değişimler kaydedilir. Sürünme deneylerinde ise malzemeler sabit bir gerilme değerinde bekletilirken yüzde uzamadaki değişimler kaydedilir. Bu çalışmada her iki deney için bekleme süresi 3 saat olarak seçilmiştir. Gevşeme ve sürünme deneylerinde kullanılacak olan sabit yüzde uzama ve sabit gerilme değerlerinin tespiti için ilk olarak numuneler tek eksenli gerilme durumu altında kopana kadar çekme deneyine tabi tutularak maksimum gerilme dayanımı 61,8 MPa ve maksimum yüzde uzama değeri %7,3 olarak tespit edilmiştir. Sürünme davranışının incelenmesi için sabit gerilme değeri 45 MPa olarak seçilmiş ve bu gerilme altında numuneler 3 saat boyunca bekletilerek numunelerin yüzde uzamasındaki değişimler kaydedilmiştir. Gevşeme davranışının incelenmesi için ise sabit yüzde uzama değeri %3 olarak seçilmiş ve bu yüzde uzama altında numuneler 3 saat boyunca bekletilerek numunelerin gerilme değişimleri kaydedilmiştir. Sürünme ve gevşeme deneylerine maruz bırakılan numuneler daha sonra tekrar kopma gerçekleşene kadar çekme deneyine tabi tutulmuş ve tüm sonuçlar analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çekme Deneyi

Oda sıcaklığı ve -18 ^{o}C sıcaklıkta 1 gün, 1 hafta ve 1 ay bekletildikten sonra sürünme ve gevşeme deneylerine tabi tutulan numunelerin bu deneylerden sonra çekilerek koparılması sonucunda elde edilen maksimum gerilme ve maksimum yüzde uzama değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

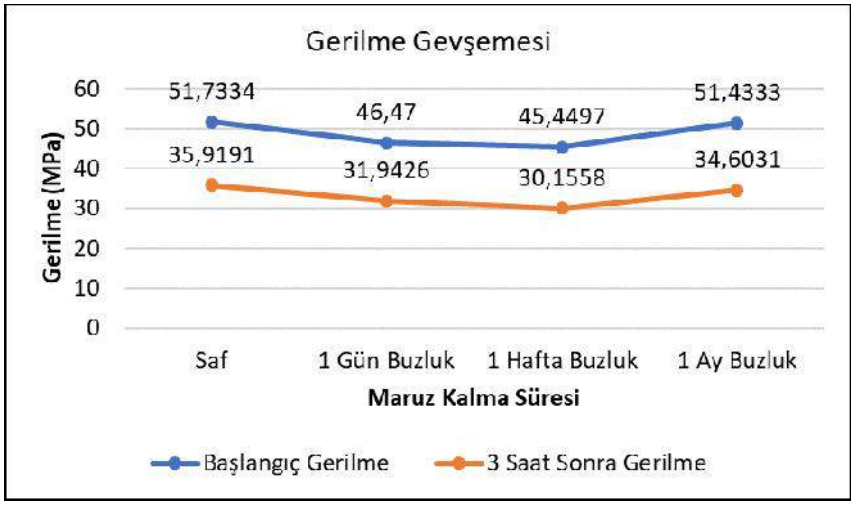
TABLO I. MAKSİMUM GERİLME VE MAKSİMUM YÜZDE UZAMA

	Maksimum Gerilme (MPa)	**Maksimum Yüzde Uzama (%)**
Sürünme Deneylerinden Sonra		
Oda Sıcaklığı	70,12	10,96
1 Gün -18 ^{o}C sıcaklık	55,60	8,17
1 Hafta -18 ^{o}C sıcaklık	69,94	10,69
1 Ay -18 ^{o}C sıcaklık	55,16	7,71
Gevşeme Deneylerinden Sonra		
Oda Sıcaklığı	59,77	10,91
1 Gün -18 ^{o}C sıcaklık	64,21	10,37
1 Hafta -18 ^{o}C sıcaklık	51,93	6,71
1 Ay -18 ^{o}C sıcaklık	61,01	9,35

Tablo 1 deki değerler malzemenin maksimum dayanım ve maksimum yüzde uzama değerleri olan 61,8 MPa ve %7,3 değerleri ile karşılaştırıldığında maksimum gerilme ve yüzde uzama değerinin her ikisi içinde en büyük artışın oda sıcaklığında sürünme deneyi sonrasında gözlemlenmişken en büyük düşüş 1 hafta süresince -18 ^{o}C sıcaklıkta bekletilen gevşeme sonrası numunelerde gözlemlenmiştir. Tablo 1 de verilen tüm değerler incelendiğinde malzemenin mekanik davranışlarının sürünme ve gevşeme testlerinden sonra değiştiği görülmekle beraber bu değişimin düşük sıcaklık ve bu sıcaklığa maruz kalma süresiyle tam bir ilişkisi tespit edilememiştir.

3.2. Gevşeme Deneyi

ASTM standartlarına göre üretilen numuneler herhangi bir şekilde soğuğa maruz bırakılmadan test edilmiş ve referans değerleri alınmıştır. Ardından numuneler sırası ile 1 gün, 1 hafta ve 1 ay süre ile -18 ^{o}C sıcaklıkta bekletilmiş ve gerilme gevşemesi deneyine tabi tutulmuştur. Gerilme gevşemesi için yüzde uzama değeri 3%'de 3 saat boyunca sabit tutulmuş ve gerilme değerindeki değişimler değerlendirilmiştir. Şekil 3 ve Tablo 2 incelendiğinde 3 saat bekleme süresinden sonra gerilme değerlerinin yaklaşık %30 oranında düştüğü görülmektedir. Bunula beraber düşük sıcaklığa maruz kalma süreleri açısından incelendiğinde 1 gün ve 1 hafta maruz kalan numunelerde tüm gerilme değerlerinde düşüş gözlemlenirken 1 aylık maruz kalan numunelerdeki sonuçlar yaklaşık olarak başlangıç değerlerine eşit çıkmıştır.



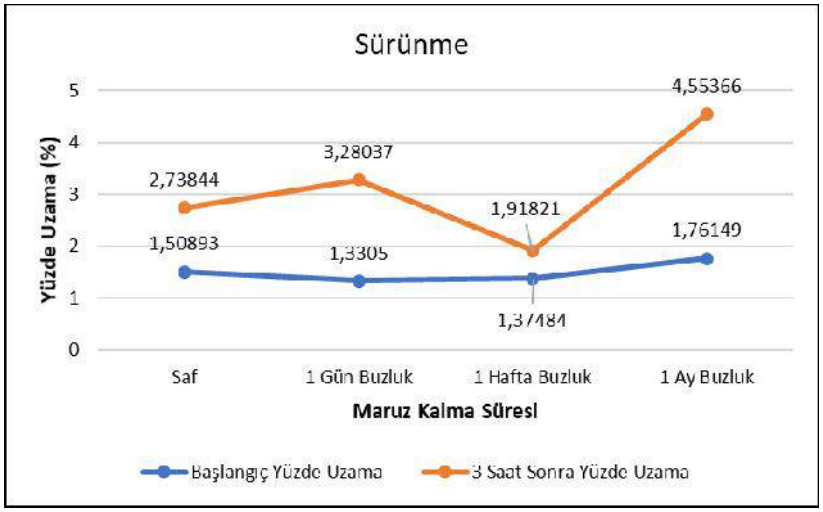
Şekil 3. Epoksinin Gerilme Gevşemesi Davranışı

TABLO II. GERİLME GEVŞEMESİNDEKİ YÜZDE AZALMA ORANLARI

Maruz Kalma Süresi	Yüzde Azalma Oranı (%)
Saf	30,57
1 Gün Buzluk	31,26
1 Hafta Buzluk	33,65
1 Ay Buzluk	32,72

3.3. Sürünme Deneyi

ASTM standartlarına göre üretilen numuneler herhangi bir şekilde soğuğa maruz bırakılmadan test edilmiş ve referans değerleri alınmıştır. Ardından numuneler sırası ile 1 gün, 1 hafta ve 1 ay süre ile -18 ^{o}C sıcaklıkta bekletilmiş ve sürünme deneyine tabi tutulmuştur. Sürünme için gerilme değeri 45 MPa'da 3 saat boyunca sabit tutulmuş ve yüzde uzama değerindeki değişimler değerlendirilmiştir. Şekil 4 ve Tablo 3 incelendiğinde 3 saat bekleme süresinden sonra yüzde uzama değerlerinin tümünde artış gözlemlenmişken, bu artış değerlerinin 1 gün ve 1 ay süreyle düşük sıcaklığa maruz kalan numuneler için daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunula beraber düşük sıcaklığa maruz kalma süresi açısından incelendiğinde bu sürenin malzemenin sürünme özelliği üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir.



Şekil 4. Epoksinin Sürünme Davranışı

TABLO III. SÜRÜNMEDEKİ YÜZDE ARTIŞ ORANLARI

Maruz Kalma Süresi	Yüzde Artma Oranı (%)
Saf	81,4822
1 Gün Buzluk	146,5516
1 Hafta Buzluk	39,5224
1 Ay Buzluk	158,5118

4. Sonuç

Sürünme ve gevşeme testlerine maruz kalan numunelerin daha sonra çekme deneyi ile koparılması sonucu elde edilen değerler incelendiğinde malzemenin mekanik özelikleri olan maksimum dayanım ve maksimum yüzde uzama değerlerinin tüm konfigürasyonlar için değiştiği ancak bu değişimin düşük sıcaklık ve bu sıcaklığa maruz kalma süreleriyle çokta bağımlı olmadığı görülmüştür. Uzun süreli yüklemelere maruz kalma durumu sonrasında epoksi polimerinin genel dayanım değerleri üzerinde düşük sıcaklığın anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Gerilme gevşeme deney sonuçları incelendiğinde 3 saat bekleme süresinden sonra tüm durumlar için gerilme değerlerinin yaklaşık % 30 oranında düştüğü görülmektedir. Bunula beraber düşük sıcaklığa maruz kalan numunelerde gözlemlenen gerilme düşüş değerinin normal oda sıcaklığında bekletilen numunelere göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Sürünme deneyi için 3 saat süreyle aynı gerilme değerinde bekletilen numunelerde bekletme süresinin sonunda tüm durumlar için yüzde uzama değerinde artış görülmüştür. Ancak artış miktarlarıyla düşük sıcaklık ve bu sıcaklığa maruz kalma süreleri arasında anlamlı bir bağıntı tespit edilememiştir.

Viskoelastik malzeme özeliğine sahip olan ve kompozit üretiminde matris malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan epoksiye ait sürünme ve gevşeme davranışlarının deneysel olarak incelenmesi kompozit malzeme kulanım ömrünün tespiti için oldukça önemlidir. Bu çalışmada sürünme ve gevşeme deneyleri için kullanılan 3 saatlik sürenin bile malzemenin statik testlerle tespit edilen mekanik davranışlarından anlamlı bir şekilde farklı çıktığı tespit edilmiştir. Ancak düşük sıcaklık olan -18 ^{o}C sıcaklığın ve bu sıcaklığa maruz kalma süresi olarak seçilen 1 gün, 1 hafta ve 1 aylık periyotların etkileri tam olarak anlaşılamamıştır. İleri çalışmalarda bu sıcaklık değerinin daha da düşürülüp maruz kalma süresinin de uzatılması hedeflenmektedir.

5. Referanslar

[1] Kim, Y.K., White, S.R. 1996. Stress relaxation behavior of 3501-6 epoxy resin during cure. Polymer Engineering & Science. 36: 2852-2862.

[2] Kim, Y.K., White, S.R. 1997. Process-induced stress relaxation analysis of AS4/3501-6 laminate. Journal of Reinforced Plastics and Compoites. 16: 2-16.

[3] O'brien, D.J., Mather, P.T., White, S.R. 2001. Viskoelastic properties of an epoxy resin during cure. Journal of Composite Materials.

35: 883-904.
[4] Tang, T., Felicelli, S.D. 2015. Computational evaluation of effective stress relaxation behavior of polymer composites. İnternational Journal of Engineering Science. 90: 76-85.
[5] Abadi, M.T. 2009. Micromechanical analysis of stress relaxation response of fiber-reinforced polymers. Composites Science and Technology. 69: 1286-1292.
[6] Zhou, C.H., Beyerlein, I.J., Schadler, L.S. 2003. Time dependent micromechanical behavior in graphite/epoxy composites under constant load at elevated temperatures. Jornal of Material Science. 38: 877-884.
[7] Oskouei, A.V., Taleie, S.M. 2010. Experimental investigation of relaxation of fiber reinforced polymer composites. Journal of Reinfroced Plastics and Composites. 29: 2705-2718.
[8] Kar, K.K, Sharma, S.D., Kumar, P., Mohanty, A. 2008. Stress relaxation behavior of glass fiber-reinforced polyester composites prepared by the newly proposed rubber pressure molding. Polymer Composites. 1077-1097.
[9] Raghavan, J., Meshii, M. 1997. Creep of polymer composites. Composite Science and Technology. 57:1673–1688.
[10] Findley, W.N., James, L.S., Onaran, K. 1976. Creep and relaxation of nonlinear viscoelastic materials. New York:Dover Publications.
[11] Kim, K.T., Mcmeeking, R.M. 1995. Power law creep with interface slip and diffusion in acomposite material. Mechanics of Materials. 20:153–164.
[12] Maksimov, R.D., Plume, E. 2001. Long-term creep of hybrid aramid/glass-fiberreinforced plastics. Mechanics of Composite Materials. 37:271–280.
[13] Goertzen, W.K., Kessler, M.R. 2006. Creep behavior of carbon fiber/epoxy matrix composites. Material Science and Engineering. 421:217–225.
[14] Kouadri-Boudjelthia, A., Imad, A., Bouabdallah, A., Elmeguenni, M. 2009. Analysis of the effect of temperature on the creep parameters of composite material. Materials and Design. 30:1569–1974.
[15] Guedes, R.M., Morais, J.J.L., Marques, A.T., Cardon, A.H. 2000. Prediction of long-term behavior of composite materials. Composite Structures. 76:183–894.

Özet

Son zamanlarda, Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) alıcılarından elde edilen Toplam Elektron İçeriği (TEC) verileri, sismo-iyonosferik anomalileri tespit etmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 2005 Kuzey Peru depremi öncesinde iyonosferik anormal davranışları araştırmak için Küresel Konumlandırma Sistemi- Toplam Elektron İçeriği (GPS-TEC) verileri kullanılmıştır (5.674 G, 76.409 B, 26 Eylül 2005, 01:55:37 UT, Mw:7.5). Deprem merkez üssüne yakın üç Uluslararası GNSS Servisi (IGS) istasyonundan elde edilen veriler deprem öncesi iyonosferik anomalileri tespit etmek için kullanılmıştır. Deprem öncesi iyonosferik anomalileri incelemek için, uzay iklim koşullarına bağlı güneş aktivitesi (F10.7), jeomanyetik fırtına (Kp) ve jeomanyetik aktivite (Dst) indis değerleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında, anomalilerin ortaya çıktığı ve depremle ilişkili muhtemel iyonosferik VTEC anomalilerinin, Kuzey Peru depreminden dört ila dokuz gün önce meydana geldiği görülmüştür. Bu çalışma TÜBİTAK, Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Destek Grubu (CAYDAG) tarafından 116Y109 nolu proje ile desteklenmektedir

Anahtar kelimeler:

İyonosfer; Uzay İklim Koşulu; VTEC; Deprem; Kuzey Peru; GNSS.

Abstract

Recently, Total Electron Content (TEC) data, obtained from Global Navigation Satellites Systems (GNSS) receivers, are increasingly being used to detect seismo-ionospheric anomalies. In this study, Global Positioning System – Total Electron Content (GPS-TEC) data were used to investigate ionospheric abnormal behaviours prior to the 2005 Northern Peru earthquake (5.674 S, 76.409 W, September 26, 2005, 01:55:37 UT, Mw:7.5). The data obtained from three International GNSS Service (IGS) stations near the epicentre of the earthquake were used to detect ionospheric anomalies before the earthquake. Solar activity (F10.7), geomagnetic storm (Kp) and geomagnetic activity (Dst) index values which are both related to space weather conditions, were used to analyze these pre-earthquake ionospheric anomalies. Analysis results revealed that anomalies occurred and the possible ionospheric VTEC anomalies associated with the earthquake obtained four to nine days before the Northern Peru earthquake. This study is supported by TUBITAK, Environment, Atmosphere, Earth and Marine Science Research Support Group (CAYDAG) grant no. 116Y109.

Keywords:

Ionosphere; Space Weather Conditions; VTEC; Earthquake; Northern Peru; GNSS.

2005 Kuzey Peru Depreminin Neden Olduğu Anormal GPS-TEC Değişimlerinin İncelenmesi

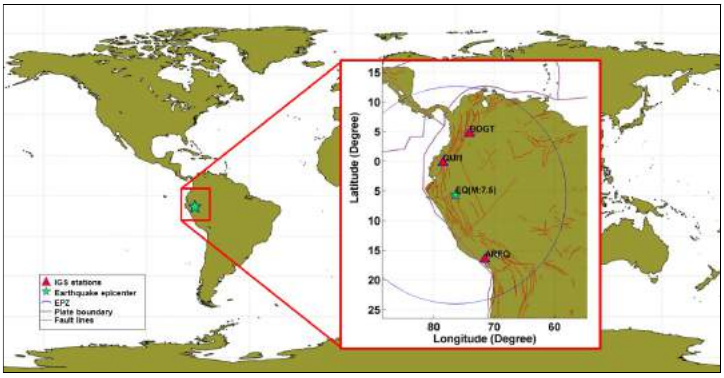
Investigation of Anomalous GPS-TEC Variations Caused by 2005 Northern Peru Earthquake

Mustafa ULUKAVAK[1]
Mualla YALÇINKAYA[2]
M. Arslan TARIQ[3]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye
[3]Centre for Earthquake Studies, National Centre for Physics, Islamabad, Pakistan

1. Giriş

Bu çalışma, Kuzey Peru'da 26 Eylül 2005 tarihinde gerçekleşen deprem (Şekil 1) ile bu deprem öncesi meydana gelen sismik aktivite ile ilişkili iyonosferik değişimler araştırılmıştır. Bu bölge daha önce [1], 2005 Kuzey Peru depreminden önce iyonosferik toplam elektron içeriği (TEC) anomalilerinin analizini yapmışlardır. Bulgular, depremden 5 gün öncesine kadar iyonosferik TEC anomalilerinde değişimlerin ortaya çıktığını göstermiştir. Yapılan bu çalışmada GIM-TEC (iki saatlik çözünürlük) TEC değişimi verileri ve 20 günlük ortanca değerler analiz yöntemi kullanılmıştır. Bizim yaptığımız çalışmada ise, depremin merkez üssü yakınlarındaki GNSS istasyonlarından elde edilen GPS-TEC değişimleri (bir saatlik çözünürlük) hesaplanmış ve 15 günlük hareketli ortanca değerler istatistiksel analiz yöntemine göre deprem öncesi muhtemel anomalilerin ortaya çıktığı günler belirlenmiştir.



Şekil. 1. 2005 Kuzey Peru depremi deprem hazırlık alanı.

2. GPS-TEC Değişimlerinin Elde Edilmesi ve Anazlizi

Deprem öncesi iyonosferik TEC'deki değişiklikler GNSS verileriyle belirlenebilmektedir. Kod (P) veya taşıyıcı faz (Φ) ölçümlerinin geometriden doğrusal kombinasyonu iyonosferik TEC'i hesaplamak için kullanılabilir [3]. Pseudo-range ölçümleri P_4 için geometriden bağımsız

doğrusal kombinasyon, P_2 kod ölçümlerinin P_1 kod ölçümlerinden çıkarılmasıyla hesaplanabilir [2]. Diferansiyel kod farkları (DCB), kalibre edilmiş eğik TEC (STEC) değişimlerini elde etmek için belirlenmelidir. Ancak, bu DCB'lerin TEC hesaplamasına nasıl dahil edileceğine dair standart bir prosedür henüz belirlenmemiştir [4 ve 5]. DCB'ler STEC hesaplamasında şu şekilde ortadan kaldırılmıştır:

$$STEC_u^m(n) = \frac{1}{A}\left(\frac{f_1^2 f_2^2}{f_2^2 - f_1^2}\right)\left[P_{4,u}^m(n) - DCB^m + DCB_u\right] \quad (1)$$

burada f_1 ve f_2, GPS uydularının L1 ve L2 sinyallerinin taşıyıcı frekanslarıdır. A (40.3 m^3 / s^2) ve u alıcısı ve m uydusu arasındaki eğik sinyal yolu üzerindeki TECU (1 TECU = 10^{16} elektron / m^2) biriminde Eğik STEC değişimini gösterir. DCB^m ve DCB_u, pusoydo ölçümler için tanımlanan diferansiyel kod farklılıklarıdır. n indisi, 1'den N'ye kadar olan zaman aralığını boyunca ölçülen uydu alıcı arası mesafelerin sayısını gösterir (bir kayıttaki toplam zaman sayısı) [6, 7 ve 8]. VTEC, STEC ve VTEC arasındaki ilişkinin verildiği tek katmanlı iyonosfer modelinin ince kabuk yaklaşımı [9] kullanılarak elde edilebilir:

$$M(z_m(n)) = \frac{STEC_u^m(n)}{VTEC_u^m(n)} \quad (2)$$

Burada $z_m(n)$ alıcı pozisyonunun, uydunun zenit açısında tanımlandığı konumundaki haritalama fonksiyonudur. M(z) fonksiyonu da:

$$M(z) = \frac{1}{\cos z'} = \frac{1}{\sqrt{1-\sin^2 z'}}, \sin z' = \frac{R}{R+H}\sin(\alpha z) \quad (3)$$

şekilde tanımlanmıştır. Burada z', uydu ve alıcı arasındaki görüş hattının ince kabuğun kesiştiği iyonosferin delinme noktasındaki (IPP) zenit açısıdır. R, Dünya'nın yarıçapıdır (6,378.137 km), α = 0.9886, modifiye edilmiş tek tabaka haritalama fonksiyonundan [2] bir ölçekleme faktörüdür ve H, 350 km'lik iyonosferik kabuk yüksekliğidir [10]. Kalibre edilmiş STEC değişimleri, denklem (1)'de her uydu yayında tahmin edilen DCB'lerin çıkarılmasıyla elde edilir. VTEC değerleri, her bir sürekli yay için denklem (2) kullanılarak belirlenir. Bu çalışmada, saatlik VTEC değerleri, her bir GNSS istasyonu üzerindeki IPP'lerde kalibre edilmiş VTEC değerleri ile, 24 saatlik bir çalışma için IPP noktalarına ikinci dereceden polinom yüzeylerin uydurulması ile tahmin edilmektedir [11].

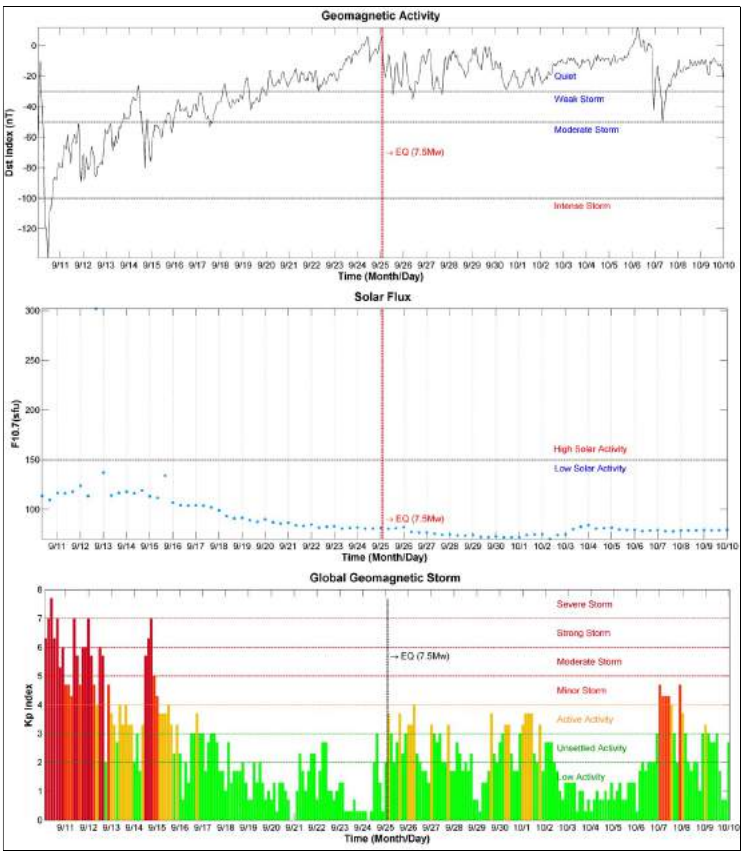
$$VTEC(\varphi_{IPP}, s_{IPP}) = a_0 + a_1\varphi_{IPP} + a_2 s_{IPP} + a_3{\varphi_{IPP}}^2 + a_4\varphi_{IPP}s_{IPP} + a_5{s_{IPP}}^2 \quad (4)$$

Burada, ϕ_{IPP} ve S_{IPP}, güneş sabit referans çerçevesindeki IPP'nin küresel koordinatlarıdır; a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 ve a_5 polinomal yüzey katsayılarıdır. Her istasyondaki saat başı VTEC değerleri, eşitlik (4)'teki tahmini polinom yüzey katsayılarının yanı sıra her istasyonun güneş-sabit küresel koordinatlarının yerini alacak şekilde hesaplanır. Yetersiz veri saatlik VTEC değerini tahmin etmede problemleri ortaya çıkarmaktadır. Ancak, istasyonların üzerindeki eksik VTEC değerleri de IGS IONEX dosyalarından elde edilen grid TEC verilerinin enterpolasyonu ile tamamlanmıştır [12].

Deprem öncesi iyonosferik VTEC anomalileri üzerinde yapılan incelemeler, çeyrek tabanlı istatistiksel analiz yöntemini kullanan 15 günlük hareketli ortanca (MM) değerler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [13]. GPS-TEC'in MM değerleri, çeyrek tabanlı istatistiksel analiz yöntemi kullanılarak önceden hesaplanmıştır. Analiz edilecek verilere ait alt çeyrek (LQ) ve üst çeyrek (UQ) değerleri de bu süreç içerisinde belirlenmiştir. GPS-TEC değerlerinin ortalama (m) ve standart sapma (σ) ile normal dağılıma sahip oldukları varsayıldığından, MM ve LQ veya UQ'nun beklenen değerleri sırasıyla m ortalama değerine ve σ standart sapmasına sahip olduğu varsayılarak kestirilen VTEC değerleri, m ve 1.34σ aralığında güvenilir olarak seçilir [14]. Alt sınır (LB) ve üst sınır (UB) sırasıyla LB = MM-1.5 (MM-LQ) ve UB = MM + 1.5 (UQ-MM) olarak hesaplanır. Anormal varyasyonlar, gözlemlenen GPS-TEC'de, UB'den daha büyük veya LB'den daha az olan anomaliler şeklinde saptanabilir [13]. Örneğin, ilk 15 gün için VTEC değerleri, 16. gün için MM, UB ve LB üretmek için kullanılmıştır. Benzer şekilde, 2. gün ile 16. gün arasında 15 günlük VTEC verileri, 17. gün için üst ve alt sınırları oluşturmak için kullanılmıştır. Verilerin üçte birinden fazlası (örneğin, günde sekiz saatlik anormal değişim) bir günde bu UB'lerden ve LB'lerden daha büyük veya daha küçükse, ilgili gün anormal olarak kabul edilir [13].

3. Bulgular ve Tartışma

İyonosferik parametreler, özellikle Ekvator ve Kutup Bölgelerinde güneşin jeofizik koşulları ve jeomanyetik fırtınalardan etkilenirler. İyonosferik anormallik ve deprem arasındaki ilişki araştırılırken, güneş-yersel veya jeomanyetik faaliyetlerin neden olduğu anomalileri elimine etmek için incelenmesi gereklidir [20 ve 21]. Uzay iklim koşulları (UİK) için jeomanyetik aktivite, jeomanyetik fırtına ve güneş indisleri (Dst, Kp ve F10.7) kullanılmıştır. Jeomanyetizma ve Uzay Manyetizması Veri Analiz Merkezi arşivinden jeomanyetik fırtına indekslerin (Dst) elde edilmiştir (Http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html). Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi arşivinden Kp indeks verileri elde edilmiştir (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/KP_AP/). Ottawa'daki Kanada Uzay Hava Durumu Merkezi arşivinden güneş akısı verileri (http://www.spaceweather.gc.ca/solarflux/sx-en.php) elde edilmiştir. Bu çalışmada uzay iklim koşullarına ilişkin anomalilerden muhtemel sismik aktivitelere ait anomalileri ayırt etmek için 11 Eylül- 10 Ekim 2010 tarihleri arasındaki döneme ilişkin değişimler incelenmiştir (Şekil 2).

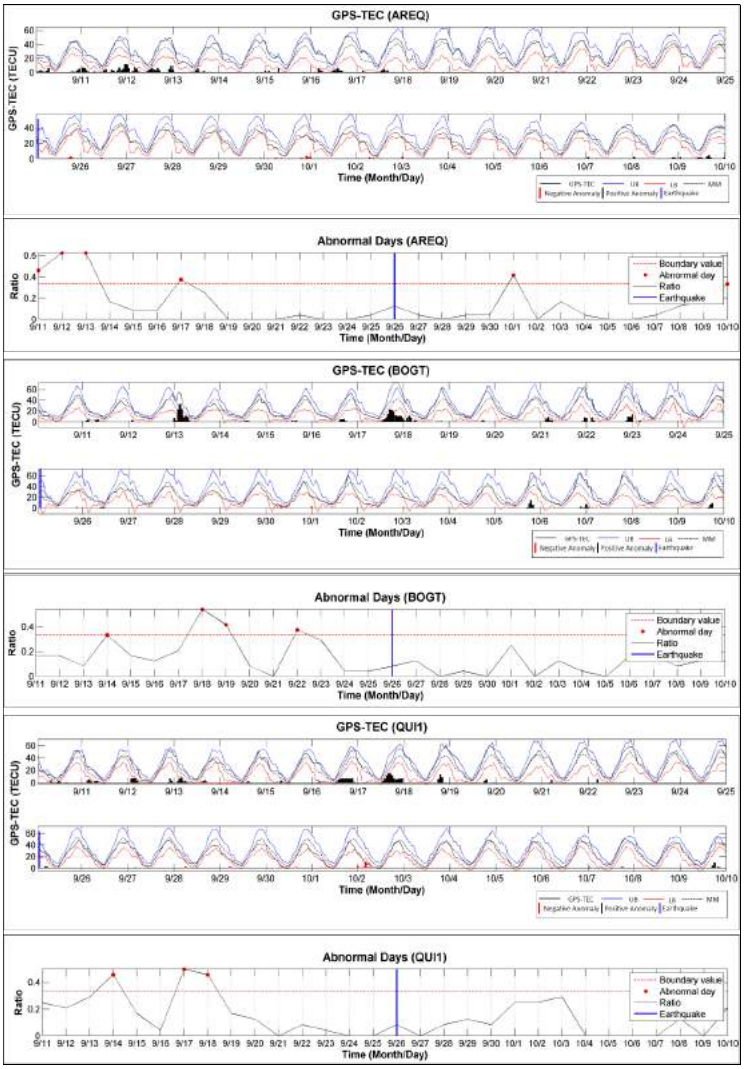


Şekil. 2.Güneş aktivitesi ve jeomanyetik aktivite indisi değişimleri.

[15, 16 ve 17], güneş aktivitesinin F10.7 indisine göre sınıflandırılmasının Güneş aktivitesi değişimlerinin 150 sfu'dan daha az ve daha fazla olduğu durumlarda düşük ve yüksek güneş aktivitesi değişimlerini göstermektedir. Şekil 2'de, güneş aktivitesi değerleri 11 Eylül ve 10 Ekim 2005 arasında 150 sfu'dan daha düşük olmuştur. [18, 19 ve 22], jeomanyetik fırtınaların büyüklüğüne göre üç sınıf jeomanyetik fırtına, zayıf (Dst_{min}> –50 nT), orta (–50 nT> Dst_{min}> –100 nT) ve yoğun (Dst_{min} < –100 nT) jeomanyetik aktivite sınıflarını oluşturmuştur. Şekil 2'de, 11 Eylül 2005'te negatif Dst indeksi değerleri -139 nT'dir. Orta büyüklükteki jeomanyetik fırtına 12-16 Eylül 2005 tarihleri arasında meydana gelmiştir. Sakin jeomanyetik aktivite, 17 Eylül'den 26 Eylül 2005 tarihine kadar gerçekleşmiştir. Kp indeksleri "0" dan (çok sakin) "9" a (aşırı derecede rahatsız) kadar sınıflandırılmıştır. "0" ve "3" değerleri arasındaki Kp endeksleri sırasıyla çok düşük ve kararsız bir fırtına olarak sınıflandırılmıştır. "4" ve "5" arasındaki Kp endeksleri, aktif ve hafif bir fırtına olarak sınıflandırılmıştır ve "5" ile "9" arasındaki Kp endeksleri, sırasıyla, küçük fırtına ve aşırı fırtına olarak sınıflandırılmıştır [23]. Şekil 2'de, Kp indeks değerleri çok yüksektir ve sırasıyla 11, 12 ve 15 Eylül 2005 tarihlerinde 7.7 (şiddetli fırtına), 7

(güçlü fırtına) ve 7 (güçlü fırtına) değerlerine kadar ulaşmaktadır. Şekil 2'ye göre, uzay-iklim koşulları 17-25 Eylül 2005 tarihleri arasında çok düşük olarak belirlenmiş ve deprem sakin uzay iklim koşullarında gerçekleşmiştir.

LB'ler, UB'ler ve MM değerleri, deprem merkez üssüne yakın seçilmiş IGS istasyonlarında hesaplanan GPS-TEC verilerinin bir saatlik çözünürlüğünde günlük değişimler kullanılarak uzay iklim durumu verileriyle aynı dönemde meydana geldiği dönemler için hesaplanmıştır. VTEC anomalilerinin sayısı günlük VTEC anomalilerinin yüzdesinden belirlenmiştir. Anormal VTEC yüzdesi yaklaşık %33 olarak belirlenmiştir (bir günde gerçekleşen sekiz saatlik anormallik). Her istasyon üzerindeki GPS-TEC varyasyonları ve 11 Eylül- 10 Ekim 2005 tarihleri arasındaki üst ve alt anormal günlerin oranları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil. 3.İstasyon üstü GPS-TEC değişimleri ve analiz sonuçları.

Şekil 3'te gösterilen GPS-TEC zaman serisi verileri, 2005 Kuzey Peru depreminden dört-dokuz gün önce belirgin pozitif anomalilerin ortaya çıktığını göstermektedir. Ancak, Şekil 2'deki, uzay iklim koşullarının 17-25 Eylül 2005 tarihleri arasında çok sakin olduğunu ve depremin de sakin uzay iklim koşullarda meydana geldiğini açıkça göstermektedir. Şekil 3, VTEC değerlerinin depremden önceki günlerde (17 ve 18 Eylül 2005) UB'den (pozitif anomali: siyah renkli alanlar) 5-22 TECU daha yüksek olduğunu açıkça göstermektedir. Tüm istasyonların, deprem gününe kadar hesaplanan oranları Tablo 1'de verilmiştir.

TABLO I. SAKİN UZAY İKLİM KOŞULLARINDAKİ MUHTEMEL DEPREM ÖNCÜLÜ ORANLARI

Site	11.09	12.09	13.09	14.09	15.09	16.09	17.09	18.09	19.09	20.09	21.09	22.09	23.09	24.09	25.09	26.09
AREQ	0.49	0.63	0.63	-	-	-	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	DEPREM ANI
BOGT	-	-	-	0.33	-	-	-	0.54	0.42	-	-	0.38	-	-	-	
QUI1	-	-	-	0.46	-	-	0.50	0.46	-	-	-	-	-	-	-	
Uzay İklim Koşulları	A	A	A	A	A	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	

Tablo 1'de görüldüğü gibi, 11 Eylül 2005'ten sonra hesaplanan oranlar, 16 Eylül 2005'te sonlanan jeomanyetik fırtına ve jeomanyetik aktivite ile ilişkili olabilir. Tablonun en alt satırında yer alan uzay iklim koşulları satırında; A, aktif uzay iklim koşullarının gerçekleştiği günleri; S, sakin uzay iklim koşullarının gerçekleştiği günleri vermektedir. Sakin uzay iklim koşullarındaki ilk anormal değişim (17 ve 25 Eylül, 2005) 17 Eylül 2005 tarihinde (depremden 9 gün önce) AREQ ve QUI1 IGS istasyonlarında ve 19 ve 22 Eylül 2005 tarihlerinde (depremden 7 ve 4 gün önce) BOGT IGS istasyonunda meydana geldiği görülmüştür.

4. Sonuç

Bu çalışmada, 2005 Kuzey Peru depremi için iyonosferik VTEC anomalilerini, uzay iklim koşullarına bağlı olarak bu anomalilerin olası nedenleri ile analiz edilerek araştırıldı. Deprem öncesi günlere ait muhtemel uzay iklim koşullarından kaynaklanan jeomanyetik aktivite (Dst), güneş aktivitesi (F10.7) ve jeomanyetik fırtına (Kp) kaynaklı anomalileri belirlemek için bu üç indis değerine ait değişimler incelendi. İndis değerleri, uzay ortamının ve manyetik alanın statüsünün, 17 Eylül ve 26 Eylül 2005 tarihleri arasında çok sakin olduğunu gösterdi. Bu nedenle, 2005 Kuzey Peru depreminin sakin uzay iklim koşulları altında gerçekleştiği kararı verildi. İyonosferik GPS-TEC değerleri deprem etki alanına giren bölgedeki IGS istasyonlarının GNSS verileri kullanılarak belirlendi. 17, 18, 19 ve 22 Eylül 2005'teki VTEC değerleri, UB değerlerinden yaklaşık 5-22 TECU daha yüksek olarak belirlendi. Bu bağlamda, depremden dört ila dokuz gün önce GPS-TEC varyasyonlarındaki anormal değişimler, muhtemel 2005 Kuzey Peru depreminin iyonosferik öncüsü olarak düşünülebileceği kararına varıldı.

Bu makalede sadece 2005 Kuzey Peru depreminden önce meydana gelen iyonosfer değişkenliğini göstermeye odaklanmıştır. Depremlerle ilgili önceki çalışmalar [24, 25] depremden birkaç gün önce meydana gelen iyonosferik anomalileri de doğrulanmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışmaya verdiği desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a; RINEX, SP3 ve IONEX kayıtlarını sağladıkları için, Kabuk Dinamikleri Verisi ve Bilgi Sistemi'ne (CDDIS), Uzay İklim Koşullarına ait değişimleri sağladıkları için NASA Uzay Uçuş Merkezi Uzay Fiziği Veri Tesisi ve Güney Kaliforniya Üniversitesi Uzay Bilimleri Merkezi'ne teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Zakharenkova, I. Shagimuratov, I. Tepenitzina, N. and Krankowski, A. 2008. Anomalous modification of the ionospheric total electron content prior to the 26 September 2005 Peru earthquake. J Atmos Solar Terrest Phys. 70: 1919-1928.

[2] Schaer, S. 1999. Mapping and predicting the Earth's ionosphere using the Global Positioning System, Dissertation, University of Berne, Switzerland.

[3] Schmidt, M. Bilitza, D. Shum, C. K. and Zeilhofer, C. 2008. Regional 4-D modeling of the ionospheric electron density. Adv Space Res. 42: 782-790.

[4] Warnant, R. 1997. Reliability of the TEC computed using GPS measurements - The problem of hardware biases. Acta Geod Geoph Hung. 32(3-4): 451-459.

[5] Makalea, J.J. Kelley, M.C. Sojka, J.J. Pi, X. and Manucci, A.J. 2001. GPS normalization and preliminary modeling results of total electron content during mid-latitude space weather event. Radio Sci. 36: 356-361.

[6] Komjathy, A. 1997. Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using the Global Positioning System. Dissertation, Dept of

Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No 188. Univ of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.

[7] Dach, R. Hugentobler, U. Fridez, P. and Meindl, M. 2007. Manual of Bernese GPS Software Version5.0. Astronomical Institute, University of Bern. Bern.

[8] Jin, R. Jin, S.G. and Feng, G.P. 2012. M_DCB: Matlab code for estimating GNSS satellite and receiver differential code biases. GPS Solut. 16(4):541-548.

[9] Klobuchar, J. 1986. Design and characteristics of the GPS ionospheric time-delay algorithm for single-frequency users. Procedings of the IEEE Position Location and Navigation Symposium, Las Vegas, November 4-7.

[10] Mannucci, A.J. Wilson, B.D. and Ewards, C.D. 1993. A new method for monitoring the Earth's ionosphere total electron content using the GPS global network. Proc of ION GPS-93, Inst of Navigation, 1323-1332.

[11] Durmaz, M. and Karslioglu, M.O. 2014. Regional Vertical Total Electron Content (VTEC) modeling together with satellite and receiver Differential Code Biases (DCBs) using Semi-Parametric Multivariate Adaptive Regression B-splines (SP-BMARS), J Geod. 89(4):347-360.

[12] Schaer, S. Gurtner, W. and Feltens, J. 1998. IONEX: The IONosphere Map EXchange Format Version 1. Proceedings of the 1998 IGS Analysis Center Workshop, Darmstadt, Germany.

[13] Liu, J.Y. Chen, Y.I. Chen, C.H. Liu, C.Y. Chen, C.Y. Nishihashi, M. Li, J.Z. Xia, Y.Q. Oyama, K.I. Hattori, K. and Lin, C.H. 2009. Seismo-ionospheric GPS total electron content anomalies observed before the 12 May 2008 M(w)7.9 Wenchuan earthquake. J Geophys Res., doi:10.1029/2008JA013698.

[14] Klotz, S. and Johnson, N.L. 1983. Encyclopedia of Statistical Sciences. John Wiley and Sons, New Jersey.

[15] Vitinsky, Y.I. Kopecky, M. and Kuklin, G.V. 1986. Statistics of Sunspot Activity (in Russian), Nauka, Moscow.

[16] Bruevich, E.A. Bruevich, V.V. and Yakunina, G.V. 2014. Changed Relation between Solar 10.7cm Radio Flux and some Activity Indices which describe the Radiation at Different Altitudes of Atmosphere during Cycles 21-23. J Astrophys Astr. 35:1-15.

[17] Coley, W.R. Stoneback, R.A. Heelis, R.A. and Hairston, M.R. 2014. Topside equatorial zonal ion velocities measured by C/NOFS during rising solar activity. Ann Geophys. 32:69-75.

[18] Kamide, Y. Yokoyama, N. Gonzalez, W. Tsurutani, B.T. Daglis, I.A. Brekke, A. and Masuda, S. 1998. Two-step development of geomagnetic storms. J Geophys Res. 103:6917-6921.

[19] Rozhnoi, A. Solovieva, M.S. Molchanov, O.A. and Hayakawa, M. 2004. Middle latitude LF (40 kHz) phase variations associated with earthquakes for quiet and disturbed geomagnetic conditions. Phys Chem Earth. 29:589-598.

[20] Pulinets, S.A. Legen'ka, A.D. Gaivoronskaya, T.V. and Depuev, V.K. 2003. Main phenomenological features of ionospheric precursors of strong earthquakes. J Atmos Solar Terrest. Phys. 65:1337-1347.

[21] Pulinets, S.A. 2007. Natural radioactivity earthquakes and the ionosphere. Eos Trans AGU. 88(20):217.

[22] Contadakis, M. Arabelos, D. Pikridas, C. and Spatalas, S. 2012. Total electron content variations over southern Europe before and during the M 6.3 Abruzzo earthquake of April 6, 2009. Ann Geophys. Italy. 55:83-93.

[23] Classification of Kp index values http://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index (Access date: 18 March 2016).

[24] Liu, J. Chuo, Y. Shan, S. Tsai, Y. Chen, Y. Pulinets, S. and Yu, S. 2004. Pre-earthquake ionospheric anomalies registered by continuous GPS TEC measurements, Ann Geophys. 22:1585-1593.

[25] Yao, Y.B. Chen, P. Zhang, S. Chen, J.J. Yan, F. and Peng, W.F. 2012. Analysis of pre-earthquake ionospheric anomalies before the global M = 7.0+ earthquakes in 2010. Nat Hazards Earth Syst Sci. 12:575–585, doi:10.5194/nhess-12-575-2012.

Çevresel Şartların Cam Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozitlerin Burkulma Davranışı Üzerine Etkileri

The effects of Environmental Conditions on Buckling Behavior of Glass Fiber-reinforced Epoxy Composites

Mehmet Ali KURT[1]
Murat KISA[2]
Mustafa ÖZEN[3]
Gökhan DEMİRCAN[4]

[1,2,3,4]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Günümüzde, kompozit malzemeler çevresel şartlara maruz kalmakta ve bu durum kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini değiştirebilmektedir. Çevresel şartların kompozit malzemelerin mekanik özelikleri üzerine etkisi konusunda literatürde birçok çalışma yapılmışken, özel bir durum olan burkulma davranışı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar oldukça az bulunmaktadır. Buna yönelik bu çalışmada tek yönlü cam elyaf takviyeli, farklı oryantasyon açılarına (0°, 45°, 90°) sahip tabakalı kompozit plakalar farklı çevresel şartlara (güneş, toprak, deniz suyu ve şebeke suyu) iki ay süre ile maruz bırakılmış ve kritik burkulma özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Deney numuneleri, cam elyaf on altı kat olacak şekilde Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Tekniği (VDRIT) ile üretilmiştir. Deneylerdeki kritik burkulma özellikleri numunelerin her iki tarafı ankastre olacak şekilde elde edilmiştir. Sonuç olarak 45° oryantasyon açısına sahip plakaların çevresel şartlardan daha çok etkilendiği ve kritik burkulma gerilmesinin daha çok düştüğü gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çevresel şartları kendi aralarında kıyaslayacak olursak numuneleri en çok etkileyen şartın toprak olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Kompozit, Burkulma, Çevresel Şartlar

Abstract

Today, composite materials are exposed to environmental conditions and this may change the mechanical properties of composite materials. While many studies have been conducted in the literature on the effect of environmental conditions on the mechanical properties of composite materials, there are few studies investigating the effect on buckling behaviour, which is a special case. In this study, unidirectional glass fiber reinforced laminated composites with different orientation angles (0°, 45°, 90°) were exposed to different environmental conditions (sun, soil, sea water and mains water) for two months and critical buckling properties were examined experimentally. Glass fiber was used as 16 layers and test samples were produced with Vacuum Assisted Resin Infusion Moulding (VARTM). The critical buckling characteristics of the experiments were obtained with fixed support. In the light of the information obtained from these results, it has been observed that the plates with 45° orientation angle are more affected by the environmental conditions and the critical buckling stress decreased more. In addition, if we compare environmental conditions among themselves, it is understood that the condition that affects the samples most is soil.

Keywords:

Composite, Buckling, Environmental Conditions

1. Giriş

Kompozit malzemelerin önemi günümüz teknolojisi ile paralel olarak hızla artmaktadır. Endüstriyel alanlarda ihtiyaç duyulan üstün özelliklere sahip malzemelerin maliyetlerinin yüksek olması ve elde edilememesinden dolayı kompozit malzemelerin kullanılması ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda hem ekonomik hem yüksek mukavemetli ve aynı zamanda çok daha hafif olan malzemelerin oluşturulması için yapılan araştırmalar yaygınlaştırılmıştır.

Kompozit malzemelerde diğer malzemeler gibi kullanım ömürleri boyunca çevresel etkilere maruz kalarak deformasyonlara uğrayabilirler. Bu etkiler elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kritik burkulma özelliklerinin zayıflamasına sebebiyet verebilmektedir. Bu etkilerden kaynaklı oluşan deformasyonlar, malzemenin daha düşük kuvvette burkulmasına neden olabilir. Bu sebepten kompozit malzemelerin kullanılacağı yerlerdeki stabilitesi için kritik burkulma değerlerini saptamak ve çevresel faktörlerin oluşturduğu etkileri incelemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada cam elyaf takviyeli epoksi kompozitler çeşitli çevresel şartlara maruz bırakılmış ve burkulma özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir.

Kısa ve arkadaşları [1], yaptıkları çalışmada, farklı çevresel etkilere maruz kalan, aramid elyaf takviyeli kompozit plakaların kuru kayma durumlarında meydana gelen aşınma davranışlarını incelemiştir. Çalışmada kulanılan numuneler vakum destekli reçine İnfüzyon yöntemi kullanılarak elde edilmiş olup 100 ve 200 gün sürelerle çevresel etkilere maruz bırakıldıktan sonra 10N, 20N ve 30N'luk yükler altında aşınma deneyine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak malzemelerde yüzde aşınma durumlarında artış görülürken, sürtünme katsayılarında ise azalma meydana gelmiştir.

Akay [2], kiriş destekli kompozit malzemeden oluşan ince cidarlı yapıya sahip hava aracının kesme ve eksenel basma etkisinde kalması durumunda meydana gelen burkulma davranışlarını incelemiştir. Burkulma davranışı sonuçları Sonlu Elemanlar Modelleme Yöntemi ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak eksenel basma yükü ile kesme yükü etkisinde kalan plakalarda, yapıya ait olan tabaka dizim açılarından dolayı, kesme yükünün malzemenin eksenel basma yükünü etkilediği gözlemlenmiştir.

Wang ve arkadaşları [3] eğrisel lifli değişken rijitlik derecesine sahip kompozit plakaların burkulması ve post-burkulması davranışlarını incelenmiş, düz lifli sabit rijitlik derecesine sahip kompozit plakalar ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda değişken rijitlik derecesine sahip kompozit kutusunun kritik burkulma yükünün, sabit rijitlik derecesine sahip kompozit kutusundan yaklaşık 3% daha yüksek olduğu

gözlemlenmiştir. Aynı zamanda bu kutuların özellikleri, saf bir eğilme momenti altında Hashin kriteri ve uyumlu arayüz elemanları kullanılarak simüle edilmiş ve sonuçların, sertlik, kritik burkulma yükü ve arıza modlarında deney sonuçlarıyla uyumlu olduğunu tespit edilmiştir.

Yeter [4], yaptığı çalışmada, takviye malzemesi olarak aramid, karbon ve s-cam elyaflarını kullanarak farklı kombinasyonlardan oluşan tabakalı hibrit kompozit plakaları vakum destekli reçine infüzyon yöntemi kullanarak üretmiştir. Bu farklı kombinasyonlara sahip plakaların burkulma ve yanal burkulma davranışlarını incelemiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Aynı zamanda ANSYS sonlu elemanlar paket programdan yararlanılarak nümerik çalışmalarda yapılmış olup plakanın boy/en oranı, kalınlık, kesit tipi ve konumunun burkulma ve yanal burkulma yüklerine etkisi incelenmiştir.

Jeyaprakash ve arkadaşları [5] çalışmalarında, karbon fiber takviyeli plastiklerin (CFRP) burkulma yükleme koşullarına ilişkin deneysel ve numerik analizler yapmıştır. Burada delikli ve deliksiz olmak üzere burkulma yükünün analizi için farklı geometrik şekiller kullanılmıştır. Sonuç olarak basma gerilmesinin, plakanın boy ve kalınlık oranındaki artışla arttığını görmüşlerdir. Ayrıca elde edilen sonuçlar, malzeme modellemelerinin ve geometrik detayların doğru bir şekilde modellenmesi şartıyla, sayısal modellemenin burkulma kuvvetini doğru olarak değerlendirmek için kullanılabileceğini göstermiştir.

Fayadh [6], yaptığı çalışmada, ağırlıkça %1, %1,5, %2 ve %3 nano-kil içeren cam elyaf takviyeli, matris malzemesi olarak epoksi reçinesi kulanılarak üretilen kompozit kirişlerin kritik eksenel ve yanal burkulma yüklerini deneysel olarak incelemiş ve aynı zamanda nano-kil içermeyen kirişlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan hareketle %1 nano-kil eklentisinin eksenel burkulma yükünü %8,6 oranında arttırdığı, fakat kritik yanal burkulma yüküne pozitif etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Karama ve arkadaşları [7] yaptıkları çalışmada, çok tabakalı kompozit yapıların eğilme, burkulma ve serbest titreşim gibi mekanik davranışını tahmin etmek için yeni çok tabakalı kompozit yapı modelini sunmuşlardır. Bir durum çalışması olarak, lamine kompozit kirişin (90°/0°/0°/90°) mekanik davranışı hem statik hem de dinamik açıdan incelenmiştir. Sonuçlar, bu yeni modelin, sonlu elemanlar yöntemiyle (Abaqus) elde edilen sonuçlara kıyasla, daha önceki modellerden daha hassas olduğunu göstermiştir.

Balcıoğlu [8], yaptığı çalışmada kare ve dairesel olmak üzere iki farklı delaminasyon şekline sahip olan kompozit malzemelerin yanal burkulma yüküne etkisini incelemek için sekiz tabakadan oluşan cam elyaf takviyeli, matris malzemesi olarak epoksi reçinesi kullanılarak kompozit plakalar üretilmiştir. Delaminasyonun yanal burkulmaya etkisinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için delaminasyonlu ve delaminasyonsuz numunelerin deneysel ve nümerik sonuçları birbiriyle kıyaslanmıştır. Nümerik analiz için Ansys 12.1 sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak birbiri ile kıyaslanan veriler arasında uyum gözlemlenmiştir.

Gençoğlu [9], takviye malzemesi olarak karbon, grafit ve karbon/grafit fiber den oluşan polyester matristen üretilmiş tabakalı kompozit plakaların simetrik ve anti simetrik tabaka dizilimine sahip olan farklı delik geometrileri, boyutları ve aynı zamanda farklı kombinasyon açıları gibi durumların burkulma analizlerini yapmıştır. Analizler için ANSYS 11.0 sonlu elamanlar programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda veriler birbirleriyle kıyaslanarak grafikler halinde sunmuştur. Sonuç olarak simetrik tabaka dizilimine sahip levhaların burkulma yükleri anti simetrik tabakalara göre daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Baba [10], yaptığı çalışmada, sekiz tabakalı kompozit plakaların delaminasyon durumlarındaki burkulma davranışlarını incelenmiştir. Farklı iki tane sınır koşulu için kompozit plakaların burkulma yükleri belirlenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile burkulma yükleri üzerine delaminasyonun konumu ve çapı, fiber oryantasyonu ve farklı sınır şartlarının etkisi incelenmiştir. İlk önce hasarsız tabakalı kompozit tabakaların burkulma yükleri belirlenerek daha sonra analiz sonuçlarından gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak deleminasyon çapı artıkça kritik burkulma yükünde azalma görülmüştür.

Topal [11], cam elyaf takviyeli simetrik sekiz katmanlı elle yatırma tekniği ile imal edilen tabakalı kompozit plakalarda delik çapının burkulmaya etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Plakaların kritik burkulma yükleri her iki tarafı ankastre olacak şekilde elde edilmiş ve sayısal analizden elde edilen sonuçlar ile kıyaslamıştır. Sonuçlardan elde edilen veriler ışığında, delik çapı değeri ve farklı fiber oryantasyonlarının kritik yükleri etkilediği, kritik burkulma yüklerinde önemli bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Akbulut [12], dikdörtgen şeklinde deliklere sahip tabakalı kompozit malzemelerin tek ya da iki yönlü yükleme durumundaki burkulma analizini incelemiştir. Çalışmada sonlu elemanlar programından yararlanılarak nümerik analizler yapılmış olup düğüm sayısı dokuz olacak şekilde izoparametrik dörtgenler kullanmıştır. Burkulma yüklerinin hesaplamasında invers-iterasyon yöntemi ve kritik burkulma yükü hesaplamasında ise gerilme analizi baz alınmıştır. Sonuçlar kısmında kare deliklerin plakalar üzerindeki kritik burkulma yükünü nasıl etkilediği incelenmiştir.

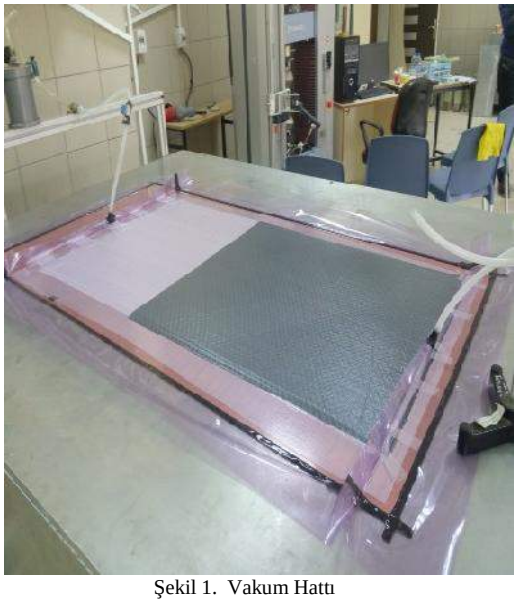
Bu çalışmanın amacı; farklı çevresel şartlar etkisindeki kompozit malzemelerin burkulma davranışını deneysel olarak tespit etmektir. Bu amaçla, çalışmada kulanılan tek yönlü cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler ileri kompozit üretim yöntemlerinden biri olan Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi ile üretilmiştir.

Çalışmada şebeke suyu, toprak, güneş ve deniz suyu olmak üzere dört farklı çevresel şartlara 2 ay süre ile maruz bırakılan 0^o, 45^o, 90^o oryantasyon

açılarına sahip kompozit malzemelerin burkulma deneyleri yapılıp çevresel şartların etkileri incelenmiştir

2. Yöntem

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak yoğunluğu 300 g/m^2 olan tek yönlü cam elyaf kullanılmıştır. Termoset polimer matrisi olarak çift bileşenli Araldite F-1564 epoksi ile F-3487 sertleştirici kullanılmıştır. Matris malzemesi için sertleştirici ve epoksi oranı kütlece 1/3 olarak belirlenmiştir. Kompozit plakalar Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Tekniği ile üretilmiştir. Kompozit plakalarda takviye malzemesi olarak 16 kat cam elyaf hazırlanmış olup hazırlanan takviye kumaşları 1 bar basınçta vakumlanmıştır. Vakum hattı Şekil 1.'deki gibi oluşturulduktan sonra cam elyaf kumaşlara epoksi reçinesi infüze edilmiştir. Reçinenin tüm takviye kumaşlarına infüzyonu sağlandıktan sonra vakum tezgahında 100 ^{o}C sıcaklıkta 2 saat kürlenmeye bırakılmıştır. Plakalar üretildikten sonra burkulma deneylerine geçmeden önce üretilen plakalardan her bir çevresel etki için 5'er adet olacak şekilde deney numuneleri hazırlanmış olup numuneler su ile çalışan kesici testere ile Şekil 2.'deki gibi 20x175 mm ebatlarında ve 0^{o}, 45^{o} ve 90^{o} oryantasyon açılarına sahip olacak şekilde kesilmiştir. Elde edilen numuneler çevresel etkilere tabi tutulmadan kritik burkulma değerleri, her iki tarafı ankastre olacak şekilde Shimadzu AGS-X Plus marka cihazla Şekil 3.'te gösterilen deney düzeneğindeki gibi belirlenmiştir. Daha sonra 2 ay süre ile şebeke suyu, toprak, deniz suyu ve güneş'e maruz bırakılarak kritik burkulma özellikleri yorumlanmıştır.



Şekil 1. Vakum Hattı

Şekil. 2. Burkulma Numuneleri

Şekil. 3. Burkulma Deneyi

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çevresel Şartlara Maruz Kalmayan Kompozit

Çevresel şartlara maruz kalmayan tek yönlü cam elyaftan üretilen kompozit plakaların kritik burkulma değerleri numunelerin her iki tarafı ankastre olacak şekilde, 1 mm/dk basma hızı ile elde edilmiştir. Her bir oryantasyon açısı için 5'er numune üretilmiş ve yapılan deneylerden sonra ortalama değerler dikkate alınmıştır. Ayrıca numunelerin kesit alanları farklı olduğundan kritik burkulma yükleri yerine gerilme değerleri baz alınmıştır. Çevresel şartlara maruz kalmayan numunelerin ortalama kritik burkulma gerilme değerleri Tablo 1.'de verilmiştir.

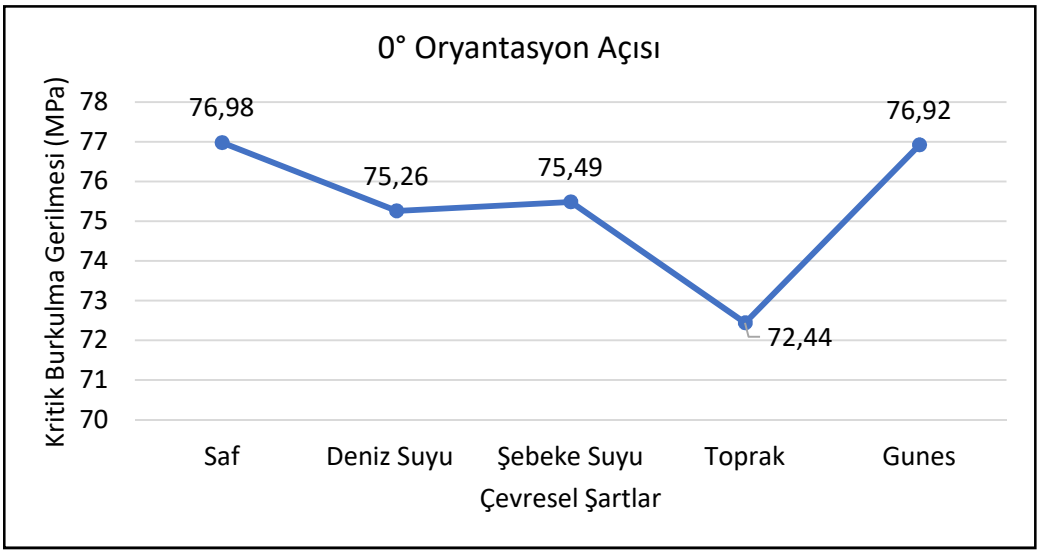
TABLO I. ÇEVRESEL ŞARTLARA MARUZ KALMAYAN KOMPOZİT NUMUNELERİN KRİTİK BURKULMA GERİLME DEĞERLERİ

Oryantasyon açısı	Burkulma Gerilme Değerleri (MPa)
0°	76.98
45°	27.52
90°	29.95

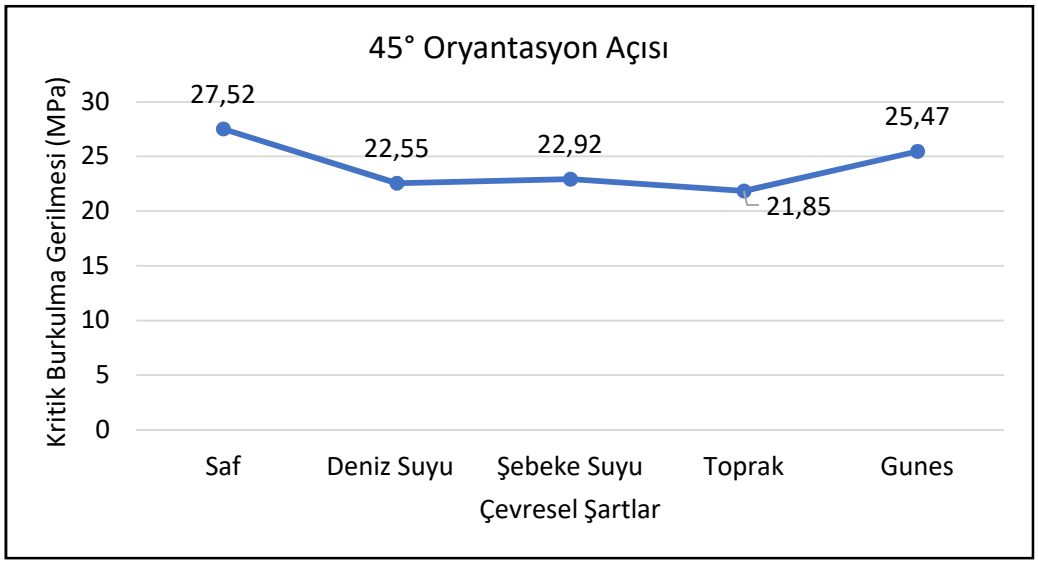
3.1. Çevresel Şartlara Maruz Kalan Kompozit

Vakum destekli reçine infüzyon yöntemi ile üretilen 0°, 45° ve 90° oryantasyona sahip cam elyaf takviyeli epoksi kompozitler sırası ile toprak, şebeke suyu, deniz suyu ve güneş'e 2 ay süre maruz bırakılmıştır. Kullanılan toprak Şanlıurfa şartlarında üniversite arazisine ait olup gömülecek derinlik 50 cm olarak belirlenmiştir. Şebeke suyu seçiminde herhangi bir spesifik özellik olmamakla birlikte bu deney için Şanlıurfa şebeke suyu kullanılmıştır. Şanlıurfa şartlarında deniz suyu elde etme imkânı olmadığından deniz suyu taklit edilmiştir. Şebeke suyuna kütlece 3,5% oranında kaya tuzu ilave edilerek deniz suyu oluşturulmuştur. Suyun buharlaşma oranı gözle takip edilmiş ve azaldığı zamanlarda ekleme yapılmıştır. Güneşe maruz bırakılan numuneler için üniversite laboratuvarlarının çatı katı seçilmiş ve numuneler en çok güneş alabilecek açı ile dikey bir şekilde yerleştirilmiştir. Genel olarak bütün çevresel şartlar için maruz kalma süreleri gece ve gündüz olarak hesap edilmiştir.

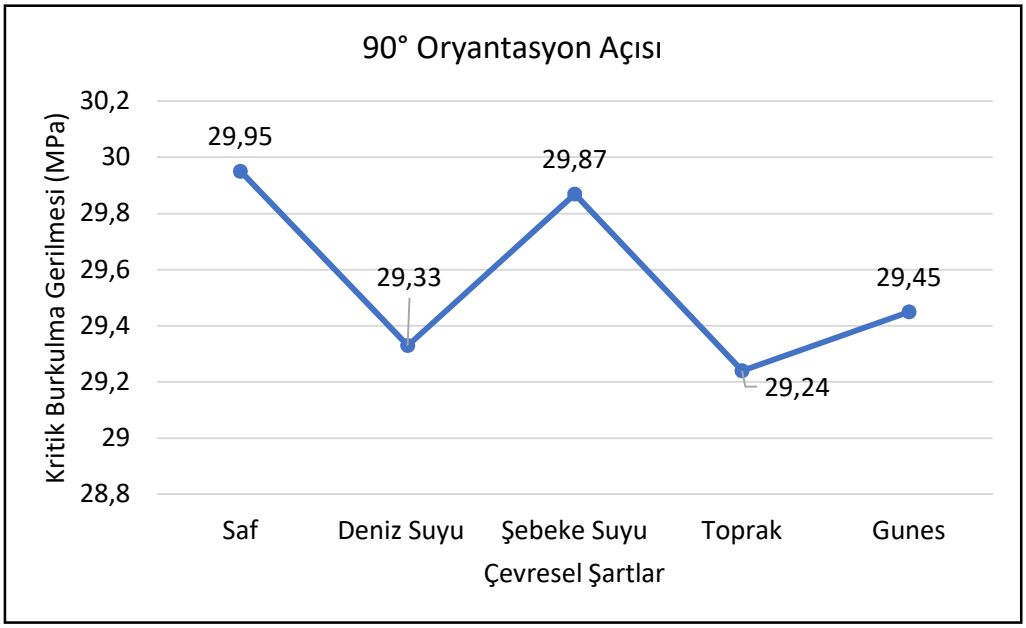
Çevresel şartlara (toprak, şebeke suyu, deniz suyu, güneş) 2 ay süre ile maruz kalan kompozitlerin ortalama kritik burkulma gerilmeleri deneysel olarak hesaplanmış ve bu değerler Şekil 4., Şekil 5. ve Şekil 6'da grafik olarak verilmiştir. Ayrıca bu değerlerdeki yüzde değişimler 'de Tablo 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 0° Oryantasyon açısına sahip kompozit numunelerin çevresel şartlar altında burkulma gerilmelerinin değişimi.



Şekil 5. 45° Oryantasyon açısına sahip kompozit numunelerin çevresel şartlar altında burkulma gerilmelerinin değişimi.



Şekil 6. 90° Oryantasyon açısına sahip kompozit numunelerin çevresel şartlar altında burkulma gerilmelerinin değişimi.

TABLO II. ÇEVRESEL ŞARTLARA MARUZ KALAN KOMPOZİT NUMUNELERİN KRİTİK BURKULMA GERİLME DEĞERLERİNDEKİ YÜZDE DEĞİŞİM ORANI

Oryantasyon Açısı	Yüzde Değişim Oranları (%)			
	Toprak	Şebeke Suyu	Deniz Suyu	Güneş
0°	5,89	1,94	2,23	0,08
45°	20,59	16,68	18,06	7,45
90°	2,37	0,26	2,07	1,67

4. Sonuç

Sonuçlar değerlendirildiğinde bütün çevresel faktörler için bütün oryantasyon açılarında kritik burkulma gerilmelerinde düşüş meydana geldiği görülmüştür. Burkulma özelliğini bütün oryantasyon açıları için en çok etkileyen çevresel faktör toprak olmuştur. Yüzde değişim oranlarına bakıldığında sırası ile bu etkilenme oranı çoktan aza doğru Toprak>Deniz Suyu>Şebek Suyu>Güneş olduğu anlaşılmaktadır. Oryantasyon açıları kendi aralarında değerlendirildiğinde ortalama değişim oranı 15,69% ile en çok etkilenen 45° oryantasyon açısı olmuştur. Ortalama değişim oranı 2,24% en az etkilenen ise 90° oryantasyon açısı olmuştur.

5. Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans tezi baz alınarak hazırlanmıştır ve HÜBAK tarafından 17233 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı HÜBAK birimine teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Kısa, M. Özen, M. Değrimenci, D. Demircan, G. & Dirilmiş, M. Çevresel Etkilere Maruz Kompozit Malzemelerin Aşınma Davranışı. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2(1), 54-59.

[2] Akay, E. 2015. Birleşik yükleme altında kiriş destekli plakaların burkulma ve burkulma sonrası davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye. 151 pp.

[3] Wang, P. Huang, X. Wang, Z. Geng, X. & Wang, Y. 2018. Buckling and Post-Buckling Behaviors of a Variable Stiffness Composite Laminated Wing Box Structure. Applied Composite Materials, 25(2): 449-467.
[4] Yeter, E. 2013. Hibrid kompozit plakaların burkulma etkisinin araştırılması. Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye. 161 pp.
[5] Jeyaprakash, P. Prabhakaran, V. & Devaraju, A. 2018. Experimental and Numerical Analysis of Carbon Epoxy Fibre Composite under Buckling Load. Materials Today: Proceedings, 5(6)
[6] Fayadh, W.A. 2017. Nano-kil katılmış epoksi matriks tabanlı kompozit laminatların bukulma davranışlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye. 78 pp.
[7] Karama, M, Afaq, K. S., & Mistou, S. (2003). Mechanical behaviour of laminated composite beam by the new multi-layered laminated composite structures model with transverse shear stress continuity. International Journal of solids and structures, 40(6): 1525-1546.
[8] Balcıoğlu, H.E. 2012. Delaminasyonlu tabakalı kompozitlerin yanal burkulması. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye. 119 pp.
[9] Gençoğlu, M. 2011. Tabakalı kompozit levhalarda burkulma analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elâzığ, Türkiye. 182 pp.
[10] Baba, A.B. 2013. Delaminasyonlu tabakalı kompozit plakaların burkulma analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye. 55 pp.
[11] Topal, E. 2014. Kompozit delikli kare levhalarda iki yönlü yükleme altında mekanik burkulmalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye. 113 pp.
[12] Akbulut, H. 1996. Dikdörtgen delikli tabakalanmış plakların burkulması. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye. 77 pp.

Akışkan Hacimleri Yöntemiyle Yapılan Sayısal Modellemelerde Yan Duvar Etkisinin İncelenmesi

Investigation of Side Wall Effect in Numerical Modeling by Volume of Fluid Methods

Veysel GÜMÜŞ[1]
Oğuz ŞİMŞEK[1]
N. Göksu SOYDAN[2]
M. Sami AKÖZ[2]
M. Salih KIRKGÖZ[3]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye
[3]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Toros Üniversitesi, Mersin, Türkiye

Özet

Bir dolusavak modelinde yan duvarların akım alanına olan etkisini belirlemek için iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) sayısal modelleme sonuçları en yüksek eğimde en büyük debi durumunda deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Dolusavak akımını idare eden temel denklemler Sonlu Hacimler Yöntemi ile ve Realizable k-ε türbülans modeli ile 2B ve 3B sayısal olarak çözülmüştür. Kanal boyunca deneysel olarak elde edilen 13 farklı hız alanı 2B ve 3D sayısal model sonuçları karşılaştırılmıştır. Şüt kanalı orta ekseninde akım alanına yan duvarların etkisinin Ortalama Karesel Hata parametresi bakımından düşük olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Dolusavak akımı, sayısal modelleme, türbülans modelleri, yan duvar etkisi.

Abstract

Two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) numerical modeling results are compared with experimental results in the case of the highest flow at the highest slope to determine the effect of side walls on the flow area in a chute spillway. The governing equations are solved by Finite Volumes Method and 2D and 3D numerical model with Realizable k-ε turbulence model. 13 different velocity fields 2D and 3D numerical model results are compared experimentally. It is determined that the effect of side walls to the flow area in the central axis of the chute channel is low in terms of the Mean Square Error.

Keywords:

Spillway flow, numerical model, turbulence models, side wall effect.

1. Giriş

Baraj dolusavağı, baraj haznesine gelen taşkın sularını güvenli bir şekilde baraj mansabına aktarmaya yarayan baraj elemanıdır. Dolusavak, genellikle, haznede yükselen fazla suyun bir açık kanal yardımı ile tekrar akarsuya akıtılmasını sağlayacak şekilde tasarlanır. Yeterli kapasiteye sahip bir dolusavak sistemi ve sonunda yer alan enerji kırıcı yapının hidrolik tasarımı, deneysel verilere dayalı geleneksel yöntemlerle başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Tasarım amaçlı çalışmalar, gerektiğinde, fiziksel model deneyleriyle de desteklenmektedir. Ancak, bu tür çalışmalar zaman alıcı olduğu gibi proje maliyetini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, dolusavak tasarımında performans belirleyici nitelikte daha hızlı, ekonomik ve güvenli hesaplama yöntemlerine ihtiyaç duyulduğu söylenebilir [1]. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kapsamında geliştirilen yöntemler, akışkanların değişik koşullar altındaki hareketlerinin analizini yapmayı amaçlamaktadır. Bu yöntemlerde akışkan hareketini idare eden üç temel denklem, süreklilik, momentum ve enerji denklemleri esas alınır ve bu denklemler sayısal olarak çözülerek akıma ait basınç, hız ve sıcaklık dağılımları ve bu parametrelere bağlı olarak birçok değişkene ulaşılır [1].

HAD yöntemleri, günümüzde, araştırma–geliştirme ve yeni ürünlerin tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllardaki Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemlerinin dayandığı teorilerdeki ve bilgisayar yazılımlarındaki gelişmeler, yüksek türbülanslı akımların ve dinamik sistemlerin sayısal olarak incelenmesine ve sanal ortamda çözülebilmesine olanak sağlamıştır. Buna paralel olarak, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemlerine dayalı ticari yazılımların çoğalması, İnşaat Mühendisliği çalışma alanında yer alan su yapılarının tasarımında, önemli kolaylıklar sağlamıştır [1]. Bhajantri ve ark. [2], çalışmalarında sonlu hacimler yöntemi ve Büyük Girdap Benzeşimi (Large Eddy Simulation-LES) tabanlı türbülans modelini kullanarak dolusavak üzerindeki akımı sayısal olarak modellemişlerdir. Gerçek bir kapak kontrollü dolusavak üzerinde uygulanan bu model ile sayısal ve deneysel olarak bulunan hız dağılımları, basınç dağılımları ve debi katsayılarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, sayısal bulguların ölçülmüş değerlerle oldukça uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Dursun ve Öztürk [3], basamaklı ve basamaksız dolusavak mansabında oluşan enerji kırılmasını, farklı yapı ve akım koşulları altında deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. ANSYS-Fluent Paket programı yardımıyla akımı idare eden denklemler Standart k-ε türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Yapılan karşılaştırmalardan, kırılma bölgesindeki sayısal ve deneysel akım karakteristiklerinin birbirleriyle gayet uyumlu olduklarını

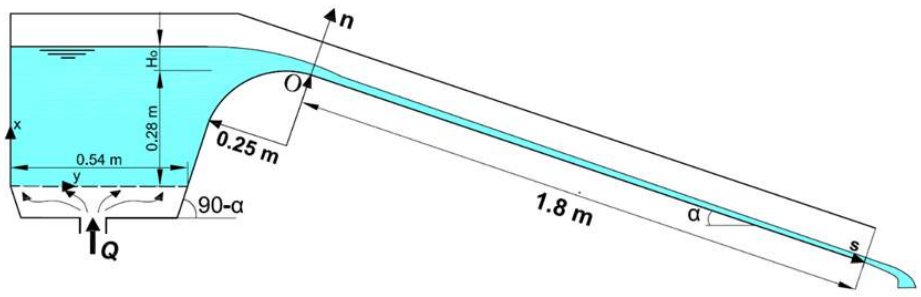
bildirmişlerdir. Kırkgöz ve ark. [4], açık kanal içerisinde katı sınıra yakın dairesel silindir ile etkileşim halindeki iki-boyutlu türbülanslı akımın özelliklerini deneysel ve teorik olarak irdelemişlerdir. Silindir etrafındaki akımın hız alanı, PIV tekniği ile deneysel olarak ölçülmüştür. SKE, SKW ve SST türbülans modellerini kullanarak üç farklı ağ yapısı için sayısal çözümler elde etmişlerdir. Sayısal ve deneysel bulguların karşılaştırılmasından, SKW ve SST türbülans modelleri kullanılarak elde edilen sayısal bulguların, deney bulgularına daha yakın olduğu sonucuna varmışlardır. Aydin ve Emiroglu [5], yan savak kapasitesini belirlemek için deneysel ve sayısal model çalışması yapmışlardır. Sayısal olarak elde ettikleri akım özelliklerini deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Ağ yapısının çözüm üzerine etkisinin araştırılması için GCI yöntemini kullanmışlar ve elde ettikleri GCI_{ince} değerlerinin %0.77 ile %7.88 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda sayısal sonuçların deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Şimşek ve ark. [6] eğrisel geniş başlıklı savak üzerinden geçen akımı deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Savak üzerinden geçen akımın hız alanının belirlenmesinde LDA (lazer doppler anemometre) ve su yüzünün belirlenmesinde limnimetre kullanmışlardır. Sayısal modellemede sonlu hacimler yöntemine dayalı çözüm yapan ANSYS-Fluent paket programından yararlanmışlar ve 6 farklı türbülans modeli ile çözümler gerçekleştirmişlerdir. Su yüzünün belirlenmesinde akışkan hacimler (Volume of Fluid-VOF) yöntemini kullanmışlardır. Deneysel ve sayısal modelleme sonucunda elde edilen sonuçların karşılaştırılmasından, RNG türbülans modelinin eğrisel geniş başlıklı savak üzerinden geçen akımın sayısal modellemesinde başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Gümüş ve ark. [7], kayar bir kapağın hemen mansabında meydana gelen serbest hidrolik sıçramayı iki farklı akım koşulu için sayısal ve deneysel olarak modellemişlerdir. Akımın hareketini idare eden temel denklemler, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent programı yardımıyla Standart k-ε, Renormalization Group k-ε ve Shear Stress Transport türbülans modelleri kullanılarak çözülmüştür. Su yüzü profilinin hesabında VOF yöntemi kullanılmıştır. Sayısal ve deneysel su yüzü profillerinin karşılaştırılmasından, SST türbülans modelinin su yüzü profilini belirlemede diğer türbülans modellerine göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, yan duvar etkisinin hız alanı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için dolusavak şüt kanalı eğiminin en yüksek olduğu ve bu eğimde en büyük debi için üç boyutlu (3B) ve iki boyutlu (2B) olarak sayısal çözümler kullanılmıştır. Dolusavak akımını idare eden temel denklemler Sonlu Hacimler Yöntemi ile sayısal olarak çözülmüş ve su yüzü profilleri Akışkan Hacimleri Yöntemi (VOF) ile hesaplanmıştır. Yan Duvar etkisinin belirlenmesi için *Realizable k-ε* türbülans modeli kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneyler

Deneyler, Güzel [8] tarafından İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında Şekil 1'de görülen yuvarlak başlıklı bir dolusavak modeli üzerinde yapılmıştır. Dolusavak şüt kanalının yan duvarları ve tabanı camdan imal edilmiştir. Kanal eğimi şekilde görüldüğü gibi bir mafsal yardımıyla ayarlanabilmektedir. Dikdörtgen kesitli şüt kanalının boyutları 180x20x20 cm'dir. Suyun sirkülasyonu bir santrifüj pompa ile boyutları 100x60x50 cm olan yer haznesinden, debi ayarı ise pompa mansabındaki vana ile yapılmaktadır. Burada, sayısal hesaplama bölgesinde kullanılan x,y yatay ve düşey eksen takımının yanı sıra, şüt kanalındaki bulgular, şekil üzerinde gösterilen kanal doğrultusu ve normalini esas alan s, n eksen takımına göre değerlendirilmiştir. Kanal üzerinde iki farklı eğimde ve her bir eğime ait üç farklı debide, s=0.04, 0.14, 0.24, 0.34, 0.44, 0.64, 0.74, 0.91, 1.06, 1.21, 1.36 ve 1.51 m kesitlerinde hız ölçümleri alınmıştır. Şüt kanalı eğiminin $\alpha=32^0$, akım debisinin 10.66 l/s, şüt kanalı kretinde ve şüt kanalı sonunda Froude sayısı ve Reynolds sayılarının sırasıyla Fr_1=2.71, Re_1 =210,700, Fr_2=10.04 ve Re_2 = 206,400 olduğu akım durumunda elde edilen deneysel hız profileri ile 2B ve 3B analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil. 1. Deney düzeneği şematik görünümü

2.2. Temel Denklemler

Üç-boyutlu, sıkışmayan, türbülanslı açık kanal akımının hareketini idare eden temel denklemler, kütlenin ve momentumun korunumu (Reynolds-ortalamalı Navier-Stokes) denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

$$\rho\left(\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial t} + \overline{u}_j \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j}\right) = \rho g_i - \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 \overline{u}_i}{\partial x_j^2} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \tag{2}$$

(1) ve (2) denklemlerinde u_i, x_i doğrultusundaki hız bileşeni, g yer çekimi ivmesi, p basınç, μ dinamik viskozite, ρ akışkan yoğunluğu ve τ_{ij} türbülans (Reynolds) gerilmeleridir. Bu çalışmaya konu olan üç boyutlu akımı idare eden yukarıdaki 4 adet denklem 10 adet bilinmeyen içermektedir, bunlar: üç hız bileşeni $\overline{u}_i$, basınç $\overline{p}$ ve 6 bağımsız Reynolds gerilmesidir ($-\rho\overline{u_i'u_j'}$). Böylece, denklem sisteminin çözülebilmesi için türbülans gerilmelerinin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorun, yukarıdaki zamansal-ortalama denklemlerin sayısal çözümü sürecinde, denklemlerde yer alan türbülans gerilmelerinin uygun türbülans kapatma modelleriyle tanımlanmasını gerektirmektedir. Türbülans viskozitesinin doğrusal olarak ifade edilmesini esas alan Boussinesq yaklaşımına göre (2) denklemindeki türbülans kayma gerilmeleri bünye denklemi ile, sıkışmayan akımlar için aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\tau_{ij} = -\rho\overline{u_i'u_j'} = \mu_t\left(\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u}_j}{\partial x_i}\right) - \frac{2}{3}\rho k \delta_{ij} \tag{3}$$

burada u_i' ve u_j' yatay ve düşey türbülans hız sapınçları, μ_t türbülans viskozitesi, k ($=\overline{u_i'u_i'}/2$) türbülans kinetik enerjisi ve δ_{ij} Kronecker deltadır.

Denklem (3)'de görülen μt türbülans viskozitesinin hesaplanmasında birçok türbülans kapatma modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada, μt'nin hesabında Reynolds Ortalamalı Navier Stokes denklemlerinin (RANS) çözümüne dayalı; Realizable k-ε (RKE) türbülans modeli kullanılmıştır.

Realizable k-ε (RKE) Türbülans Modeli

SKE türbülans modelinde bulunan türbülans model sabiti Cμ =0.09'dur. Bu model sabitinin değeri sınır tabakasının düşük hızlı alt bölgesinde deneysel olarak elde edilmiştir. Gerçekte bu sabit farklı akış bölgelerinde değişim göstermektedir. Üstelik türbülans viskozitesinin hesabında kullanılan modelin yüksek şekil değiştirme durumlarında "geçersiz" (non-realizable) olduğu bilinmektedir. Buna göre, Sk/ε>3.7 olduğunda, normal gerilme negatif olabilmekte ve hatta Reynolds gerilmelerinde Scwartz eşitsizliği ihlal edilmektedir [9]. RKE modelinde bu problemlerin önüne geçebilmek için SKE ve RNG modellerinde sabit olan Cμ katsayısı dinamik bir form almaktadır. Buna göre

$$C_\mu = \frac{1}{A_o + A_s \frac{kU^*}{\varepsilon}} \tag{4}$$

şeklinde tanımlanmıştır. Denklem 4'te bulunan terimler,

$$U^* = \sqrt{S_{ij}S_{ij} + \tilde{\Omega}_{ij}\tilde{\Omega}_{ij}} \quad (5)$$

$$\tilde{\Omega}_{ij} = \Omega_{ij} - 2\varepsilon_{ijk}\omega_k \quad (6)$$

$$\Omega_{ij} = \overline{\Omega}_{ij} - \varepsilon_{ijk}\omega_k \quad (7)$$

$$A_0 = 4\,, \quad A_s = \sqrt{6}\cos\phi\,, \quad \phi = \frac{1}{3}\arccos(\sqrt{6}W) \quad (8)$$

$$W = \frac{S_{ij}S_{jk}S_{ki}}{\tilde{S}^3} \quad (9)$$

$$\tilde{S} = \sqrt{S_{ij}S_{ij}} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\tilde{\Omega}_{ij}$, ω_k açısal hızıyla dönmekte olan bir referans sistemine göre ortalama dönme miktarı ve Sij ise şekil değiştirme hızı tansörüdür. RKE modelinde, SKE moddelinden farklı olarak aşağıdaki gibi yeni bir kayıp miktarı denklemi geliştirilmiştir:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right] + \rho C_1 S_\varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{\nu\varepsilon}} \quad (11)$$

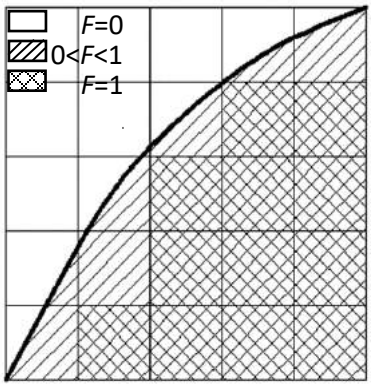
Burada,

$$C_1 = \text{maks}\left(0.43; \frac{S\frac{k}{\varepsilon}}{S\frac{k}{\varepsilon} + 5}\right) \quad (12)$$

olup C2=1.9 olarak verilmektedir. Görüldüğü gibi ε'un oluşumu ve kaybı tamamen farklı bir formda ele alınmış ve oluşumu bir fonksiyona bağlanmıştır. RKE modeli de RNG modeli gibi, ivmelenen, eğrisel, sınır tabakasının ayrıldığı, ikincil akımların var olduğu akımlarda SKE modeline göre daha başarılı olduğu ifade edilmiştir [9].

2.3. Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF)

Birbiri ile karışmayan iki veya daha fazla akışkan arasındaki fazlar arası ara yüzeyin şekli ve oluşumu incelenmek istendiğinde genellikle sabit bir Eulerian çözüm ağına uygulanabilen VOF modeli kullanılmaktadır [10]. Bu çalışmada su-hava ara kesitinin hesabında akışkan hacimleri yöntemi (Volume of Fluid, VOF) kullanılmıştır. VOF yöntemi hücrelerin boş, kısmen ya da tam suyla dolu olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Hacimsel doluluk oranını temsilen bir akışkan hacmi (F) tanımlanır. F=1 için ağ elemanı tam dolu, F=0 için boş (hava ile dolu) ve 0>F>1 için ağ elemanı kısmen dolu olmaktadır. Akışkan Hacimleri Yöntemi ile serbest su yüzünün hesaplanmasında "Geo-Reconstruct" yaklaşımı kullanılmıştır [11]. Bu yaklaşıma göre, öncelikle, kısmen dolu her bir hücrenin, doluluk oranı ve onun türevleri ile ilgili bilgilere dayanılarak, hava-su doğrusal ara yüzünün hücre ağırlık merkezine göre yeri belirlenir. Bir sonraki adımda, hesaplanmış doğrusal ara yüzün yeri ve eleman yüzeylerinde hesaplanmış normal ve teğetsel hız bilgileri kullanılarak her bir eleman yüzeyinden taşınan akışkan miktarları hesaplanır. Son olarak, bir önceki adımda hesaplanan akışkan miktarları göz önüne alınarak, süreklilik denklemi ile her bir hücrenin hacimsel doluluk oranı belirlenir. Şekil 2 bir bölgedeki su-hava arakesitinin doluluk oranına örnek teşkil etmektedir. Şekil üzerindeki sayısal değerler, kesitteki F doluluk oranlarının sayısal değerlerini göstermektedir.

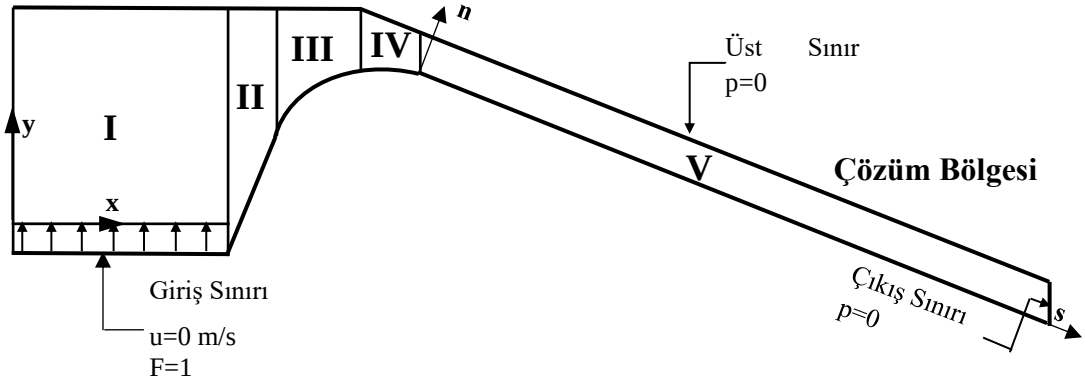


Şekil. 2.Ağ elemanlarının doluluk oranı

2.4. Çözüm Bölgesinin Sınır Şartları

Şekil 3, dolusavak üzerinden geçen açık kanal akımının sayısal modeli için kullanılan çözüm bölgesi ve sınır şartlarını göstermektedir. x,y koordinat sisteminin orijini, çözüm bölgesinin sol alt köşesi olarak alınmıştır. Şekilde verilen çözüm bölgesi beş alt bölgeye ayrılmış ve çözüm bölgesinin üst sınırı ve çıkış bölgesi sınır şartı p=0, kanal tabanında ve savak tabanında sıfır-hız sınır şartı, yani u=0, v=0 olarak tanımlanmıştır. Giriş sınır şartı olarak düşey hız bileşeni yüksek eğime sahip akım durumu için ise sırasıyla v=0.0987 m/s olarak tanımlanırken yatay hız bileşeni u=0 olarak alınmıştır. Zamana bağlı çözüm sürecinde, başlangıç şartı olarak, t=0 anında boş olan çözüm bölgesinin giriş sınırında VOF yöntemi için F=1, diğer bölgeler ve çözüm bölgesinin çıkış sınırında ise F=0 alınmıştır.

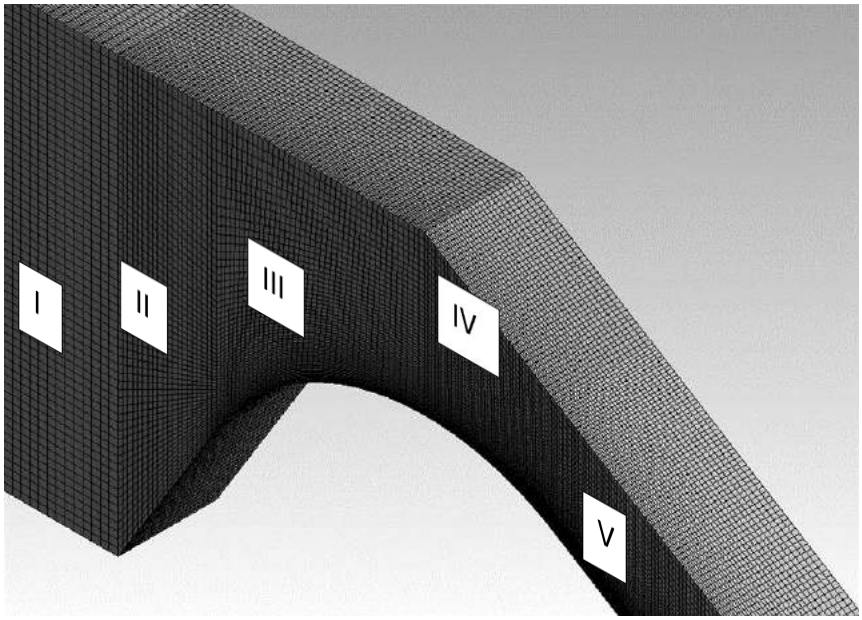
Sayısal modellemede kullanılan tüm türbülans modelleri için zaman adımı Δt=0.001 s olarak seçilmiş ve sayısal çözümün kararlı hale geldiği 50 s kadar çözüm yapılmıştır. (1) ve (2) temel denklemlerinin, Şekil 3'te görülen sınır şartlarına göre $\overline{u}$, $\overline{v}$ ve $\overline{p}$ için sayısal çözümü, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent® v.12.1 paket programı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil. 3. Sayısal çözüm bölgesi ve sınır şartları

3. Bulgular ve Tartışma

Yan duvarların akım üzerinde oluşturacağı etkiler iki boyutlu modeller ile yapılan hesaplamalarda dikkate alınmaz. Bundan dolayı yan duvar etkilerinin hesaplamaya dahil edilmesi için sayısal modellemenin üç boyutlu yapılması gerekmektedir. Bu durumda da üç boyutlu sonlu hacimler hesaplama ağı eleman sayılarının artmasına paralel olarak hesaplama süresi de artmaktadır. Bu çalışmada yan duvarların kanal orta ekseninde hesaplanan akım hızlarını ne kadar etkilediğinin araştırılması için dolusavak modelinde z doğrultusunda yan duvara doğru sıklaştırma yapılarak kanalın yarı genişliği 40 parçaya bölünmüş ve Şekil 4'de görülen üç boyutlu bir yapıya dönüştürülmüştür. Yapılan üç boyutlu sayısal hesaplama bulguları iki boyutlu modelden elde edilenler ile karşılaştırılmıştır.



Şekil. 4.Sayısal modelde kullanılan üç boyutlu hesaplama ağı

Model ve yöntem başarısının belirlenmesi ve buna bağlı olarak doğrulanması bağlamında hesaplanan ve deneysel hız profillerinin niceliksel karşılaştırılmasında Ortalama Karesel Hata (OKH) ölçüt olarak kullanılmıştır:

$$OKH = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(u_d - u_h)^2 \tag{13}$$

Burada, u_d ve u_h sırasıyla deneysel ve hesaplanan hız değerlerini, N ise hız profilinde derinlik boyunca kullanılan nokta sayısını ifade etmektedir

TABLO I. İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) modellere ait OKH değerleri

s (m)	OKH (cm^2/s^2)		Rölatif fark (%)
	2B	3B	
0.04	0.995	0.988	0.709
0.14	0.871	0.864	0.810
0.24	0.841	0.838	0.358
0.34	1.232	1.223	0.736
0.44	1.300	1.291	0.697
0.54	2.932	2.925	0.239
0.64	3.309	3.279	0.915
0.74	3.706	3.687	0.515
0.91	2.733	2.721	0.441
1.06	2.935	2.917	0.617
1.21	3.246	3.227	0.589
1.36	5.017	4.996	0.420
1.51	9.210	9.127	0.909
Ortalama	**2.95**	**2.93**	**0.641**

Tablo I'de akım özellikleri verilen akım koşullarına ait 13 farklı kesitte RKE türbülans modeli kullanılarak, iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) modeller ile elde edilmiş sayısal ve deneysel hızların Denklem 13 kullanılarak hesaplanan OKH değerleri Tablo I'de görülmektedir. Burada, 3B model kullanılarak elde edilmiş hız sonuçlarının deneylere 2B modele göre daha fazla yakınsadığı görülmektedir. Ancak iki model arasında oluşan rölatif farkın %2'den az ve 3B modelin 2B modele kıyasla yaklaşık olarak 10 kat daha fazla hesaplama süresi

gerektirmesi nedeniyle bu çalışmadaki sayısal hesaplamalarda 2B modelleme esas alınmıştır.

4. Sonuç

Yan duvar etkisinin akım alanı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için dolusavak şüt kanalı eğiminin en yüksek olduğu ve bu eğimde en büyük debi durumunda üç boyutlu (3B) ve iki boyutlu (2B) olarak sayısal çözümlerin bulguları karşılaştırılmıştır. Dolusavak akımını idare eden temel denklemler, Sonlu Hacimler Yöntemi ile sayısal olarak çözülmüş ve su yüzünün hesaplanmasında Akışkan Hacimleri Yöntemi kullanılmıştır. Türbülans kapatma modeli olarak Realizable k-ε (RKE) modeli kullanılarak yapılan çözümler deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. RKE modeli ile elde edilen 2B ve 3B karşılaştırma sonuçlarından, dolusavak akımında kanal orta ekseninde ölçülen hız profilleri üzerinde 2B ve 3B sayısal çözümler arasındaki farkın %2'den küçük olması nedeniyle, yan duvar etkisinin sınırlı olacağı belirlenmiştir. Çözümün açısından daha fazla zaman ve bilgisayar donanımı gerektiren 3B modellemenin yerine 2B boyutlu modellemenin yapılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

5. Referanslar

[1] Gümüş, V. 2014. Dolusavak akımının sayısal modellemesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye. 129 sayfa.

[2] Bhajantri, M. R., Eldho, T. I. ve Deolalıkar, P. B. 2007. Numerical modelling of turbulent flow through spillway with gated operation. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 72(2): 221-243.

[3] Dursun, Ö. F. ve Öztürk, M. 2009. Basamaklı dolusavakların akımın enerjisini sönümleme özelliğinin sayısal analizi. e-Journal of New World Sciences Academy, 4(2): 165-175.

[4] Kırkgöz, M. S., Öner, A. A. ve Aköz, M. S. 2009. Numerical modeling of interaction of a current with a circular cylinder near a rigid bed. Advances in Engineering Software, 40(11): 1191-1199.

[5] Aydın, M. C. ve Emiroğlu, M. E. 2013. Determination of capacity of labyrinth side weir by CFD. Flow Measurement and Instrumentation, 29(1): 1-8.

[6] Şimşek, O., Aköz, M.S. ve Soydan, N.G. 2016. Numerical validation of open channel flow over a curvilinear broad-crested weir. Progress in Computational Fluid Dynamics, 16(6), 364-378.

[7] Gumus, V., Akoz, M. S., Simsek, O., Soydan, N. G. and Kirkgoz, M. S. 2012. Experimental and numerical modeling of free hydraulic jump downstream of a sluice gate. 10th International Congress on Advances in Civil Engineering, 17-19 October 2012, Ankara.

[8] Güzel, H. 1991. Baraj Dolusavak Kanalında Enerji Kaybının İncelenmesi. Yüksek Lisans Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Adana.

[9] Shih, T.H., Liou, W. W., Shabbir, A., Yang, Z., and Zhu, J. 1995. A new k-ϵ eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows. Computers & Fluids. 24(3):227-238.

[10] Hirt, C.W. and Nichols, B.D. 1981. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. Journal of Computational Physics. 39(1): 201-225.

[11] ANSYS. 2012. FLUENT Theory Guide. USA: ANSYS Inc.

Özet

Peyzaj, mekânsal çeşitlilik, ve ekolojik durum değerlendirmesinde topografyanın analizi çok önemlidir. Topografyanın analizi için ise Sayısal Arazi Modeli (SAM) kullanılabilmektedir. SAM oluşturmak için geleneksel yöntemler çok maliyetli ve zaman alıcıdır. Bu sebeple günümüzde, hava lazer tarama sistem (LiDAR) kullanılmaktadır. LiDAR sistemi çok hassas ve hızlı bir şekilde bilgi sağlayabilmektedir. Sistem, hava araçlarından yeryüzünü taradığı için yeryüzündeki tüm objelerden konum verisi toplamaktadır. Bu da verinin yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu nedenle, LiDAR veri yoğunluğu ve tercih edilecek enterpolasyon yöntemleri, LiDAR'dan türetilmiş SAM doğruluğu için ana parametrelerdir.

Bu çalışmada, topografya analizinde kullanılacak SAM için nokta yoğunluğu ve enterpolasyon metotları incelenmiştir. Çalışma yer ve obje noktalarının Üçgen Ağ model (TIN) algoritması kullanılarak ayrılması ile başlar. Daha sonra SAM üretiminde kullanılacak yer noktaları beş farklı oranda azaltılır. Azaltılmış veriler, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), Kriging, ve Doğal Komşuluk (NN) enterpolasyon teknikleri kullanılarak SAM üretiminde kullanılmıştır. Doğruluk değerlendirmelerine göre NN enterpolasyon yöntemi, SAM üretimi için oldukça etkilidir.

Anahtar kelimeler:

SAM, LiDAR, veri azaltma, enterpolasyon.

Abstract

Terrain analysis is an essential step to assess landscape, spatial variability of soil and ecologic properties. An easy and effective way of this is studying with Digital Terrain Model (DTM). Traditional methods for creating DTM are very costly and time consuming. Today, airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) system has become a powerful way due to advantage of precision and time. Airborne LiDAR system collects information from every object between plane and terrain that can reflect the laser beam. Therefore, LiDAR data density and interpolation methods are the main parameters for LiDAR derived DTM accuracy. In this paper, an investigation is carried out for generating a DTM. For this purpose, the DTM generation process is started with filtering raw LiDAR data of an urban area by using Triangular Irregular Network (TIN) algorithm to separate ground and non-ground points. Then the ground points data is decimated in five different rates. The decimated data are used in the production of DTM by using different interpolation techniques which are Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging and Natural Neighbor (NN). According to the accuracy assessments the NN interpolation method is quite effective for DEM generation.

Keywords:

DTM, LiDAR, data decimation, interpolation.

Sayısal Arazi Modeli Üretiminde Veri Yoğunluğu ve Enterpolasyon Metotlarının İncelenmesi

Investigation of Data Decimation and Interpolation Methods in Digital Terrain Model Production

Nizar POLAT[1]
Murat UYSAL[2]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye,

1. Introduction

The terrain is very important for soil-forming factors [1]. It is a prerequisite for many applications, especially soil mapping. Moller et al. [2] emphasizes that landforms and landscape are very important for soil formation. In today's understanding, the best indicator of land components, and one of the effective methods to delineate terrain is a Digital Elevation Model (DEM) [3]. DEM is an important topographic product and essential demand for many applications. Traditional methods for creating DEM are very costly and time consuming because of land surveying [1,5,11]. In time, Photogrammetry has become one of the major methods to generate DEM. Recently, airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) system has become a powerful way to produce a DEM due to advantage of collecting three-dimensional information very effectively over a large area by means of precision and time.

Since the raw LiDAR data is encoded the 3D coordinates already, the usage area covers terrain analysis, hydrologic modeling, coastal monitoring, forest inventory [4], urban three-dimensional visualization [3,4], land-cover and land-use classification, and object detection [6-8].

There are plenty of studies in literature that have studied on the relationship between LiDAR-derived DEM accuracy and LiDAR sampling density, spatial resolution, and interpolation methods. The objective of this study, however, is to investigate the relationship between raw LiDAR data filtering, decimations, and interpolation methods.

2. Methods

The study site is selected from inside the city of Istanbul. It contains buildings, roads, mosque, cars, and cemetery (Fig. 1).

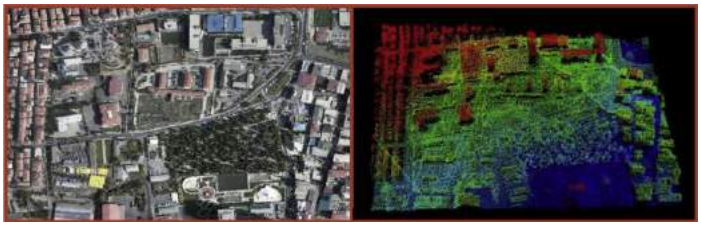


Fig. 1. Aerial image and raw LiDAR point cloud of study area.

The raw LiDAR data has over 2.7 million points (0.3/m2). The minimum and maximum z values of raw data are 0.16 m and 135.2 m. Manually filtered LiDAR derived reference DEM (1 m resolution) data is also available for study area at Fig. 2.

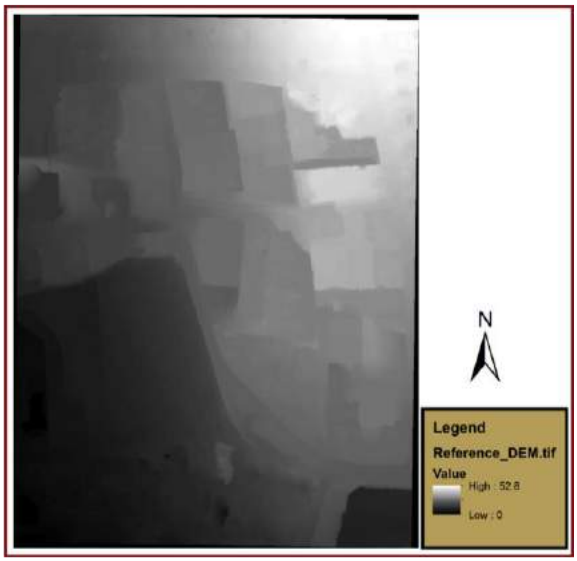


Fig. 2. Reference DEM of study area.

2.1. Data filtering

DEM generation using Airborne LiDAR data can be simplified only by filtering non-ground points out of point clouds to obtain only the ground points. Many methods about filtering have been proposed. Some of these methods have compared by Sithole and Vosselman [9]. Considering previous study [10], in this study, Adaptive TIN Model, developed by Axelsson [7], is used to filter raw LiDAR data in order to generate DEM. It is also implemented in the commercial LiDAR data processing software, TerraScan [11]. The adaptive TIN filtering process works by densifying a sparse TIN created from selected seed points. The algorithm has three main steps: Parameter estimation, Seed point selection and Densification of TIN.

2.2. Data Reduction

The raw LiDAR data is processed in order of filtering, decimation, and interpolation with different methods.

2.3. Interpolation methods

All interpolation process are made in ArcGIS software. The filtered LiDAR point cloud is converted to xyz file from .las format and then convert to .shp file. These methods briefly explained below. The application is realized for five different decimation rate: 10%, 30%, 50%, 70%, and 100%.

2.3.1 The Inverse Distance Weighted (IDW)

The Inverse-Distance Weighting (IDW) is a deterministic spatial interpolation method and it is one of the more popular methods adopted by geoscientists and geographers [12]. IDW interpolation calculates a raster cell values by applying a linear combination of weighted samplepoints. The inverse distance is used as a function for weighting. The surface being interpolated should be that of a locationally dependent variable.

2.3.2 Kriging

The Kriging method has capability of producing high correlation between observed and input points [13]. The IDW and Spline interpolation tools are deterministic interpolation methods because they are directly based on the known data and obvious equations to generate a surface. However, Kriging is a geostatistical interpolation methods that includes autocorrelation. This allows Kriging both the capability of making

predictions for a surface and some easures of these predictions such as certainty or accuracy [14]. The main approach of the Kriging is that the spatial correlation based on distance or direction between sample points can be used to define variation in the surface.

2.3.3 Natural neighbor

Natural neighbor interpolation is invented by Sibson [15]. It uses the Voronoi and Delaunay diagrams to find the closest point to input points and applies weights to them based on proportionate areas to interpolate a value. It is also known ‘‘area-stealing” interpolation. The heights are interpolated by using only input points in a diagram and produce peaks, pits, ridges, or valleys that are not already represented by the input samples [16]. The surface passes through the input samples and it is smooth everywhere.

3. Application

Firstly, raw LiDAR data was filtered in order to get ground points that used to generate DEM. Secondly, this data was decimated to get different percentage of point cloud at 10%, 30%, 50%, 70% and 100%. At the end of decimation process, five different data set were ready forDEM generation. Thirdly, the rasterization processes are made in ArcGIS software with different interpolation methods described briefly above. Finally, the generated DEMs and reference are compared in raster format to get correlation coefficients (Table 1).

Besides the correlation, the Root Mean Squared Errors (RMSE) were calculated to detect how close an interpolated point fits to data points. In other words, for figuring out how accurate interpolation methods fill the empty locations based on the decimated data points. In this purpose, 60 check points at same horizontal position were randomly selected and calculations were carried out according to Eq. (1).

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (Z_{\mathrm{dem}} - Z_{\mathrm{ref}})^2}{n}} \tag{1}$$

where Zdem is the elevation value from the generated DEM, and Zref is the correspondent reference elevation value from check points. n is the number of check points.

4. Results and discussions

The correlation coefficient is a measure that refers the statistical correlation between the interpolated point values and the values of reference. Calculated coefficients indicate the goodness of fit of surfaces. The results of both approaches are meaningful for comparing. The highest correlation value (0.91055) is gotten at NN interpolation at 30% of point cloud

Table 1 The correlations between generated and reference DEMs

	IDW	KRIGING	N.N
10 %	0.8905	0.8907	0.9014
30 %	0.8928	0.8932	0.9105
50 %	0.8931	0.8932	0.9030
70 %	0.8935	0.8935	0.9033
100 %	0.8930	0.8928	0.9035

As seen in table 1, the density and interpolation methods have a direct impact on DTM generation. The calculated RMS errors are given in figure 3.

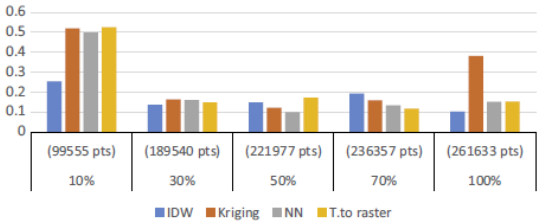


Fig. 3. Calculated RMSE values.

Since the RMS error measures how an interpolated point will be far from the reference point at the same location, it is used to determine the accuracy of point generation at empty locations for every used method in application.

5. Conclusion

In this study, in order to obtain the best DEM in purpose of indicating the terrain formation of an urban area, the raw LiDAR data was filtered with TIN algorithm and DEMs are generated by using different interpolation methods. The sufficiency of these methods was examined by comparing generated DEMs with the reference DEM and the performances of TIN algorithm was interpreted. The applications show that the algorithm works satisfactory (or relatively good based on purpose). The results can differ at other users since all results depend on the user defined filtering parameters. Therefore, with a more suitable decided parameters, the results can be more accurate. Besides, it is hard to exactly advice any interpolation method as the best method for rasterization based on the results of this study. For future studies, these pproaches can be applied to get a better conclusion for filtering methods at different decimation rates and of course the suitable interpolation methods.

6. Referanslar

[1] A.O. Adediran, I. Parcharidis, M. Poscolieri, K. Pavlopoulos, Computer-assisted discrimination of morphological units on northcentral Crete (Greece) by applying multivariate statistics to local relief gradients, Geomorphology 58 (2004) 357–370.

[2] F.J. Aguilar, F. Agüera, M.A. Aguilar, C. Fernando, Effects of terrain morphology, sampling density, and interpolation methods on grid DEM accuracy, Photogramm. Eng. Remote Sens. 71 (7) (2005) 805– 816.

[3] A. Alharthy, J. Bethel, Heuristic filtering and 3d feature extraction from LiDAR data, in: Proceedings of PCV02, Graz, Austria, 2002.

[4] E.S. Anderson, J.A. Thompson, D.A. Crouse, R.E. Austin, Horizontal resolution and data density effects on remotely sensed LiDAR-based DEM, Geoderma 132 (2006) 406–415.

[5] D.P. Argialas, Towards structured-knowledge models for landform representation, Z. Geomorphol. N.F. (101) (1995) 85–108.

[6] G. Aumann, H. Ebner, L. Tang, Automatic derivation of skeleton lines from digitized contours, ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 46 (1991) 259–268.

[7] P. Axelsson, DEM generation from laser scanner data using adaptive tin models, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. XXXIII (Part B3) (2000) 85–92.

[8] T. Behrens, A.X. Zhu, K. Schmidt, T. Scholten, Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping, Geoderma 155 (2010) 175–185.

[9] C. Caruso, F. Quarta, Interpolation methods comparison, Comput. Math. Appl. 35 (12) (1998) 109–126.

[10] W. Cho, Y. Jwa, H. Chang, S. Lee, Pseudo-grid based building extraction using airborne L_IDAR data, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. 35 (2004) 378–381.

[11] L. Dra˘gut , T. Blaschke, Automated classification of landform elements using object based image analysis, Geomorphology 81 (2006) 330–344.

[12] J. Gong, Z. Li, Q. Zhu, H. Sui, Y. Zhou, Effects of various factors on the accuracy of DEMs: an intensive experimental investigation, Photogramm. Eng. Remote Sens. 66 (9) (2000) 1113–1117.

[13] J.M. Hill, L.A. Graham, R.J. Henry, D.M. Cotter, A. Ping, P. Young, Wide-area topographic mapping and applications using airborne light detection and ranging (LiDAR) technology, Photogramm. Eng. Remote Sens. 66 (2000) 908–914.
[14] M.E. Hodgson, P. Bresnahan, Accuracy of airborne LiDAR derived elevation: empirical assessment and error budget, Photogramm. Eng. Remote Sens. 70 (3) (2004) 331–339.
[15] S. Kienzle, The effect of DEM raster resolution on first order, second order and compound terrain derivatives, Trans. GIS 8 (1) (2004) 83–111.
[16] K. Kraus, J. Otepka, DTM modelling and visualization—the SCOP approach, in: Proceedings of Photogrammetric Week 05, Heidelberg, Germany, 2005, pp. 241–252.

GAP Bölgesi' nde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri

Renewable Energy Sources and Environmental Effects At The Southeastern Anatolian Project (GAP) Area

Güzel YILMAZ[1]
Bülent Sefer ÖZTÜRKMEN[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Global olarak enerjinin çok hızlı bir şekilde tüketildiği ve bu tüketim sonucunda da enerji ihtiyacının her geçen gün daha da artığı söylenebilir. Bu nedenle alternatif enerji kaynakları geliştirilerek, bu enerji gereksinimini karşılamak için çalışmalar yapılmaktadır. Bu tür çalışmaların içerisinde, yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar da göze çarpmaktadır.
Enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü dışardan sağlayan Türkiye' nin, enerji alanında atacağı bilimsel adımlarla dışa bağımlılığını azaltması mümkündür. Bu bağlamda da yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum düzeylere çıkarılması Türkiye açısından ciddi avantajlar sağlayacaktır.
Enerji kaynaklarının azalması ile de birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları birçok bakımdan ileriki dönemlerde tercih edilecek enerji türü olacaktır. Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Proşesi (GAP) bölgesinde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çalışma kapsamında GAP Bölgesi'ndeki yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgeye etkileri de ele alınmıştır. Bu doğrultuda GAP Bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu saptanmaya çalışılmış ve bölgede yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler:

GAP, GAP Bölgesi, yenilenebilir enerji, yenilenebilir enerji kaynakları

Abstract

Global energy is consumed very quickly and as a result, this consumption energy needs even more waste every day. For this reason, developing alternative energy sources to meet the energy needs of this. In this kind of studies, work on renewable energy sources.
A large part of the energy needs providing outside Turkey's dependence on the energy field it is possible to reduce scientific can take steps. In this context, the removal of the maximum level of renewable energy sources in Turkey will provide serious advantages in terms of.
Along with the decrease of the energy supply, renewable energy sources are to be preferred in a lot of ways, the kind of energy future. In this study, GAP region made a research on renewable energy sources. Scope of the study of renewable energy sources in the GAP Region.

Keywords:

GAP, GAP Region, renewable energy, renewable energy sources

1. Giriş

Enerji, "iş yapabilme gücü" anlamına gelmektedir. Fakat enerjinin nerelerde kullanıldığına ve nekadar önemli olduğuna bakacak olursak; elektrikten ısıya, kimyasaldan nükleer enerjiye kadar kullanım alanlarının bulunduğunu görmekteyiz. Enerjinin, potansiyel, kinetik, nükleer, güneş, ısı gibi çeşitleri bulunduğu gibi bu enerjilerin birbirlerine dönüşebilmeleri de mümkün olmaktadır. Global olarak enerjinin çok hızlı bir şekilde tüketildiği ve bu tüketim sonucunda da enerjide ciddi azalmaların görüldüğü söylenebilir. Bu nedenle alternatif enerji kaynakları geliştirilerek, bu enerji gereksinimini karşılamak için çalışmalar yapılmaktadır. Bu tür çalışmaların içerisinde, yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar da göze çarpmaktadır. Çünkü geçmişten günümüze enerji kaynaklarının kullanımına baktığımızda, fosil yakıtlar olarak bilinen petrol ve kömür gibi çevreye zarar verebilecek enerji kaynaklarının kullanılageldiği görülebilmektedir. Hem çevreye zarar vermemesi hem de işlevselliğinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları gün geçtikçe daha da önemli bir konuma gelmektedir.

Enerji hayatımızın olmazsa olmaz parçalardan birisi olduğu için, geliştirilmekte olan yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde elektrik, ısı gibi enerji türlerinin elde edilebiliyor olması aslında dünya için en önemli gelişmelerden bir tanesidir. Günlük hayatımızda enerjinin önemli bir yeri olduğundan dolayı enerjinin olmadığı yerde adeta hayatın olmadığı hissine kapılabiliyoruz. Öyle ki, tüm iletişim kanallarımız enerji sayesinde çalışmaktadır. Kısa süreli enerji yokluğu bile kişilerin hayatını çekilmez hale getirebilmektedir. Bu bakımdan enerji kaynaklarının azalması ile de birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları birçok bakımdan ileriki dönemlerde tercih edilecek enerji türü olacaktır.

Bu çalışma da, yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bir anlatım içermektedir. Buna bağlı olarak da Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyeli ve GAP Bölgesi'nde yenilenebilir enerji kaynakları incelenmeye çalışılmıştır. Türkiye'nin birçok enerji türüne ev sahipliği yaptığı düşünüldüğünde de yenilenebilir enerji potansiyeli ortaya çıkacaktır. Öte yandan Türkiye gibi stratejik öneme sahip bir ülke, enerji ihtiyacını kendisi karşılamaya çalışmaktadır. Bu doğrultuda da enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü dışardan sağlayan Türkiye, enerji alanında attığı adımlarla dışa bağımlılığını azaltmak istemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum düzeylere çıkarılması Türkiye açısından ciddi avantajlar sağlayacaktır. Zira Türkiye bulunduğu konum gereği birçok enerji türünden faydalanmaya müsait bir yapıdadır. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlenmesi Türkiye'nin gelecek vizyonu açısından önemli bir durum şeklinde kendisini göstermektedir.

2. Yöntem

GAP bölgesi, ekonomik ve kültürel açıdan zengin bir tarihe sahip olmakla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği bakımdan da oldukça önemli bir bölgedir. Bunun yanında GAP bölgesi; rüzgâr, güneş, jeotermal, HES' ler ve diğer küçük ölçekli hidroelektrik santralleri ile Türkiye'nin enerji kaynakları bakımından önemli bölgelerinden birisi olmaktadır. Bölgeyi genel bir değerlendirmeye tabi tuttuğumuzda birçok barajın bu bölgede yapıldığını tespit etmekteyiz. Buna bağlı olarak büyük çaplı hidroelektrik santralleri ile bölgenin ekolojik dengesinde değişimler yaşandığı gibi ekonomik ve kültürel bakımdan da bazı değişimler söz konusu olmaktadır (1).

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), Cumhuriyet tarihi boyunca en kapsamlı ve maliyeti yüksek bir proje olarak karşımıza çıkar. Aynı şekilde şimdiye kadar hazırlanmış bölgesel kalkınma projeleri ve programları içerisinde de büyüklük bakımından önemli bir yeri işgal etmektedir. Bölgeler arası birleşmeyi savunan entegre bir proje olması açısından da marka değeri olan bir projedir. Buna bağlı olarak da kapsama alanı oldukça geniş ve büyük olarak karşımıza çıkmaktadır. GAP'ın içerisine 9 il girmektedir. Bu iller sırası ile Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak'tır. Bu illerin kapladığı alan ve nüfus büyüklüğü de Türkiye'nin ortalama nüfusunun % 10' una denk gelmektedir (2).

GAP'ın tarihine baktığımız zaman uzun bir geçmişinin olduğunu söyleyebiliriz. GAP projesi ile ilgili olarak ilk çalışmaların Mustafa Kemal Atatürk'ün emri doğrultusunda gerçekleştiği ifade edilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Türkiye, bulunduğu coğrafi konum gereği önemli su ve toprak kaynaklarına sahiptir. Eldeki kaynaklardan maksimum düzeyde ve en etkili şekilde faydalanmak için yüksek oranda işgücü ve finansmanın gerekli olduğu da atlanmaması gereken bir konudur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizde etkili bir şekilde değerlendirilmesi, ekonomik ve sosyokültürel bakımdan birçok faydayı da beraberinde getirir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının ne oranda olduğu ve çevresel etkilerinin neler olduğu konusu fazlasıyla önem kazanmaktadır (3).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal yer almaktadır. Her bir enerji türü çeşitli yönlerden ülkenin ekonomisine ve bölgesel kalkınmaya farklı oranda katkı sağlamaktadır.

Daha önceleri enerji sektöründe petrol kriziyle bağlantılı olarak ortaya çıkan arz sınırlamaları, çevresel etki ve çevrecilerin baskıları neticesinde, ülkeleri ve ilgili kurumları farklı enerji kaynaklarını kullanmaya itmiştir. Çünkü petrol ve bileşenlerinin çevreye verdiği zarar insan sağlığı açısından ciddi tehlikeler oluşturmuş, bundan dolayı önleyici tedbirlerin alınması istenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu ve yeşil enerji şeklinde ortaya çıkarak talebi karşılamaya çalışmıştır. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye etkilerini ortaya çıkarmakta önemlidir (1).

Güneş enerjisi konusunda Türkiye oldukça avantajlı bir konumda bulunmaktadır. Ülkemizin çoğu bölgesinde güneşli gün sayısının fazla olması ve güneşlenme süresinin de uzun olması bu enerji kaynağından da faydalanmaya olanak sağlamaktadır. Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri güneşlenme süresinin en fazla olduğu yerler olarak karşımıza çıkar. Bunun yanında güneşlenme süresinin en az olduğu bölge ise Karadeniz bölgesidir (4).

Güneş enerjisi fazla olan ve sürekli olmasından dolayı da insanlık için önemli görülen bir enerji türüdür. Aynı şekilde güneş enerjisinin kullanılması için kirletici yakıtın gerekmemesi, yerel olarak uygulanmasının kolay olması, dışa bağımlılığı ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletim maliyetlerinin düşük olması ve en önemlisi de çevreye verdiği zararın az olmasından dolayı yüzyıllardır kullanılan bir yenilenebilir enerji türüdür.

Güneş enerjisinin çevreye verebileceği en büyük zarar güneş enerjisinin kurulduğu zamandaki kullanılan malzeme ve maddelerin olumsuz etkisi olarak tanımlanabilir. Fosil yakıt tüketiminden kaynaklı çevresel zararlar dikkate alındığında ise bu durum çok cüzi bir zarar olarak karşımıza çıkar. Diğer yandan güneş sistemlerinin kullanımı neticesinde çevresel görüntü kirlilikleri tanımlanabilmektedir. Ancak son dönemlerde kullanılan sistemler sayesinde binalara uyumlu bir sistem görüntüsü ortaya çıkmış ve görüntü kirliliği sorunu zamana bağlı olarak azalma eğilimi göstermiştir. Aynı şekilde araziler üzerinde kurulan güneş enerjisi sistemleri de arazilerin yapısına göre tasarlanmakta ve bu yönde çevresel görüntü kirliliklerinin önüne geçilmektedir. Yine, güneş sistemlerinde herhangi bir ses ya da gürültü ortaya çıkmamaktadır. Bunun yanı sıra güneş enerji sistemleri alan olarak daha az ölçekli yerlerde kurulmaktadırlar (5).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) aracılığı ile yayınlanan GEPA' da (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası) ortalama güneş süreleri ve Global Radyasyon değerleri dikkate alındığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneş enerjisi bakımında zengin bir bölge olduğu ortaya çıkmaktadır (6).

Şekil 1. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m2-yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1.460	2.993
AKDENİZ	1.390	2.956
DOĞU ANADOLU	1.365	2.664
İÇ ANADOLU	1.314	2.628
EGE	1.304	2.738
MARMARA	1.168	2.409
KARADENİZ	1.120	1.971

Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü

Şekil 1.' den de anlaşılacağı üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde toplam güneş enerjisi ve güneşlenme sürelerinde diğer bölgelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum da göstermektedir ki bölge güneş enerjisi konusunda yatırım yapılabilir bir seviyededir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri de rüzgâr enerjisidir. Türkiye'de ticari amaç taşıyarak kurulan ilk rüzgâr santrali 1998'de İzmir'in Çeşme ilçesinde kurulmuştur. Rüzgâr enerjisi ucuz bir enerji olmasına karşın kurulan santrallerin maliyetli olması rüzgâr enerjisine yönelik yatırımların artmasına engelleyici bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeline baktığımızda ise Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz rüzgâr enerjisi kullanımında öne çıkmaktadır (7).

Rüzgâr enerjisi üretiminde kullanılan hammadde bütünüyle atmosferdeki hava hareketlerinden karşılanmaktadır. Rüzgâr enerjisi herhangi bir şekilde radyoaktif ışınım tahribatı oluşturmamakta, atık üretmemekte, hammadde için dışarıya bağımlılığı gerektirmemekte, atmosfere ısıl bir etki yapmadığından dolayı da tüm dünyada kabul edilen ve sürekli yaygınlaşan yenilenebilir bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında rüzgâr enerjisi üretilirken bir takım olumsuz yönler de bulunmaktadır. Bunlar; arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etki, doğal hayat ve habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler şeklinde sıralanabilmektedir.

Rüzgâr enerjisinin hammaddesi rüzgâr olduğundan dolayı herhangi bir yanma durumunda çevreye kirletici bir etki bırakması da ihtimal dâhilinde değerlendirilmemektedir. Bu nedenle de rüzgâr enerjisi hiçbir şekilde hava kirliliğine neden olmamaktadır. Bunun yanında rüzgâr enerjisinin üretilmesinde atık üretimi de söz konusu olmamaktadır (8). Rüzgâr türbinleri doğal yaşama ve habitata farklı şekillerde etki edebilmektedir. Bu etkiler de canlının türüne, mevsim ve yer durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Rüzgâr tribünlerinin sert salınmasından dolayı kuşlar tribünlere doğru sürüklenmekte ve sonuçta da kuşlar kaçamayarak ölmektedir. Bunun yanı sıra rüzgâr enerjisi üretimi bulunduğu yerde görsel estetiklik bakımından da doğal yaşam içerisinde çevresel bir kirlilik oluşturmaktadır. Bu bakımdan da güneş enerjisinde olduğu gibi rüzgâr enerjisinin üretiminde de benzer durum söz konusu olmaktadır (9). Güneydoğu Anadolu Bölgesi rüzgâr konusunda yeterli seviyede enerjiye sahiptir. Aşağıda şekil 2.'de illere göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli verilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik enerji ayrı bir önem arz etmektedir. Hidrolik enerji üretimi yüksekten hızlı bir şekilde akan suyun tribünleri çalıştırması sonucunda meydana gelmektedir. Türkiye'nin sahip olduğu yüksek ve engebeli yer şekilleri ve bunun yanında çok sayıda akarsu olması, akarsuların dar ve derin vadilerden akması sonucunu doğurmuştur.

Türkiye'nin hidroelektrik santral potansiyeline bakıldığında; Fırat Havzası'nın Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelinin üçte birini oluşturduğu söylenebilir. Fırat Havzası'nın dışında Dicle, Doğu Karadeniz, Çoruh ve Kızılırmak havzaları da Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelini göstermektedir. Bu bağlamda da Türkiye'nin hidroelektrik santralleri şu şekilde sıralanabilir. Fırat nehri üzerinde Keban, Karakaya ve Atatürk, Kızılırmak üzerinde Hirfanlı, Kesikköprü ve Altınkaya, Sakarya üzerinde Sarıya ve Gökçekaya, Gediz nehri üzerinde Demirköprü, Büyük Menderes üzerinde Kemer ve Adıgüzel, Dicle nehri üzerinde ise Kralkızı ve Devegeçidi yer almaktadır. Ancak ülkemizin bu potansiyeline karşın üretilen enerji istenilen seviyelerde değildir (10).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hidroelektrik Enerji bakımından fazlaca zengin bir alandır. GAP enerji yatırımlarında % 74 oranında fiziki gerçekleşme sağlanmıştır. İşletmeye alınan HES' lerle bölgede yılda 20.6 milyar kilovat-saat elektrik üretimi kapasitesi oluşturulmuştur. Hidroelektrik santrallerinin işletmeye alınışından 2014 yılı sonuna kadar 403.5 milyar kilovat-saat elektrik enerjisi üretilmiş olup, üretilen bu enerjinin parasal değeri 24.2 milyar dolardır (1 kWh = 6 cent). 2014 yılında ülke genelinde üretilen 23.1 milyar kilovat-saat hidrolik enerji içinde GAP'ın payı 11.4 milyar kilovat-saat ile % 49.3' tür (URL 1).

Şekil 2. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Rüzgâr Potansiyeli

	Rüzgâr Hızı (m/s) / Rüzgâr Gücü (W/m²)	Toplam Alan (m²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
G.A. Bölgesi Toplam	6,8 – 7,5 / 300 – 400	439,09	2.195,44
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	75,00	374,96
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	12,10	60,48
Batman	6,8 – 7,5 / 300 – 400	1,58	7,92
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Diyarbakır	6,8 – 7,5 / 300 – 400	110,03	550,16
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	16,98	84,88
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Mardin	6,8 – 7,5 / 300 – 400	101,78	508,88
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Siirt	6,8 – 7,5 / 300 – 400	3,01	15,04
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Şırnak	6,8 – 7,5 / 300 – 400	0,00	0,00
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Adıyaman	6,8 – 7,5 / 300 – 400	176,32	881,60
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	50,96	254,80
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	12,10	60,48
G. Antep	6,8 – 7,5 / 300 – 400	46,32	231,60
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	7,06	35,28
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Kilis	6,8 – 7,5 / 300 – 400	0,00	0,00
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00
Ş. Urfa	6,8 – 7,5 / 300 – 400	0,05	0,24
	7,5 – 8,1 / 400 – 500	0,00	0,00
	8,1 – 8,6 / 500 – 600	0,00	0,00

Kaynak: Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA)

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında çevreye etki etmesi bakımından jeotermal enerji önemlidir. Jeotermal enerji, sondaj çalışmaları esnasında çevreye bazı etkiler bırakabilmektedir. Ancak arama yapıldığında alınacak bazı önleyici tedbirler ile bu durum da azaltılabilmektedir. Öte yandan Jeotermal akışkanın korozyona ve kireçlenmeye neden olabildiği ve bu durumunda tarımsal sulama açısından bazı sakıncaları ortaya çıkardığı görülmüştür. Zira jeotermal akışkanın içerisinde bulunan karbondioksit ve hidrojen sülfür gibi gazlar ortaya çıktığında yakın çevrede bulunan tarımsal araziler etkilenebilmektedirler.

Jeotermal suların ve gazların çevreye zararının asgariye indirmek için tüm dünyada akışkanın yer altına verilmesi uygulaması yapılmaktadır. Böylece yeryüzüne çıkan su tekrar yere inmekte ve fazla suyun tarımsal arazilerde birikmesi engellenmektedir. Diğer yandan günümüz yeni nesil jeotermal elektrik santrallerinin kurulumunda çevre kirliliği çok düşük seviyelerde olmaktadır. Bunun en büyük nedeni ise yakıt tüketiminin olmaması ve azot emisyonunun ortaya çıkmamasıdır. Aynı şekilde bu durumda kükürt dioksit emisyonu da en asgari seviyelerde ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında Binary jeotermal santrallerde de gaz emisyonu kesinlikle söz konusu olmamaktadır. Bu santraller yüzeye akışkanı bırakmamakta, az bir alanı işgal etmekte ve bunun sonucunda da görüntü kirliliğine neden olmamaktadırlar. Yine, jeotermal enerji kaynaklarının çevre üzerinde oluşturdukları tahribata bakıldığında yüzey deformasyonu, akışkanın çekilmesiyle oluşan fiziksel etkiler, gürültü, termal kirlilik ve zararlı kimyasal maddelerin ortaya çıkması gösterilebilmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Jeotermal Enerji kaynakları bakımdan pek zengin bir bölge değildir ancak yer yer jeotermal enerji kaynakları da mevcuttur. Diyarbakır'da Çermik jeotermali, Gaziantep Kartalköy, Mardin Germay ılısu kaynağı, Siirt'te Billoris jeotermal kaynağı, Şanlıurfa'da Karaali jeotermal kaynağı, Batman'da Holi kaplıcları, Şırnak'ta Güçlükonak Hısta jeotermal kaynakları mevcuttur (Ertuğrul ve Kurt, 2009).

4. Sonuç

Yenilenebilir enerji kaynakları eskiden olduğu gibi günümüzde de insanlığa büyük faydalar sağlamaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan bir ülkedir. Bunun nedeni Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum gösterilebilir. Bu bağlamda da Türkiye gibi enerji konusunda dışarıya bağlı bir ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çabaları önem taşımaktadır. Buna yönelik olarak da yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili sağlıklı ve faydalı çalışmaların ortaya çıkarılması karar vericilere bu yönde yol gösterici olacaktır. Örneğin, Türkiye'nin güneş ve rüzgâr enerjisi konusundaki ölçümlerinin kesintisiz ve devamlı bir şekilde yapılması bu kaynakların ne şekilde kullanılması gerektiğine ışık tutacaktır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri az olmakta ve hammaddesi tamamen doğadan karşılanmaktadır. Buna bağlı olarak bir ülkenin hammadde tedariki konusunda dışarıya bağımlı kalması gerekmemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları iç kaynakların en uygun şartlarda kullanılmasını netice vermektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları doğadan geldikleri için doğaya en az zarar veren ve ekonomik gelişmeye büyük katkı sağlayabilme potansiyeli taşımaktadırlar. Türkiye'nin mevcut konumu ve enerji çeşitliliğine ciddi oranda ihtiyaç duyması, yenilenebilir enerji kaynaklarını Türkiye açısından önemli bir politika yapmaktadır. Türkiye'nin brüt, teknik ve ekonomik yapısı hidrolik enerjiden tam kapasite faydalanmayı sağlamaktadır. Yenilenebilir olan hidrolik enerjinin yerli kaynak olması, yakıt maliyeti içermemesi ve çevreye de ciddi manada bir zarar vermemesine bağlı olarak hidrolik santraller belli bölgelerde yoğun bir şekilde var olmaktadırlar. Bu bölgelerden birisi de Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne yönelik olarak ortaya çıkan GAP'ın ise be çerçevede değerlendirilmesi gerekmektedir.

GAP, hem bölgenin hem de Türkiye'nin ekonomisine ciddi katkı sağlamayı amaçlayan ve marka değeri olan bir proje olarak karşımıza çıkar. Türkiye GAP ile kısa, orta ve uzun vadede birçok getiriyi elde etmeyi planlar. Bunlar arasında Türkiye'nin diğer bölgelerine göre daha geri kalmış olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni kalkındırması en dikkat çekenidir. Diğer yandan bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmak istenmesinden dolayı da Türkiye'nin ekonomik gelişimine ciddi katkı sunulacaktır. GAP kapsamında yapılan projeler ve GAP'ın tamamlanması için ayrılan finans kaynakları projenin ne kadar değerli ve büyük olduğunu göstermektedir. Bu bakımdan da GAP, hem Türkiye açısından hem de bölgenin her alanda gelişmişliği açısından önemlidir.

Genel itibariyle bir değerlendirme yapıldığında yenilenebilir enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre daha çevreci olmaktadırlar. Asgari düzeydeki çevresel zararları da insan sağlığına ciddi manada etki etmemektedirler.

5. Referanslar

[1] ERTÜRK, F., AKKOYUNLU, A., ve VARINCA, K. B., 2006. Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri. TASAM Stratejik Rapor, 14 Nisan, İstanbul, s.55-85.

[2] URL-1, T.C. Kalkınma Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Resmi Sitesi, http://www.gap.gov.tr/gap-nedir-sayfa-1.html, 09 Ocak 2017.

[3] ATILGAN, İ., 2000. Türkiye' nin Enerji Potansiyeline Bakış. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1): 31-47.

[4] ALAÇAKIR, F. B., 2017. Türkiye' de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve EİE' deki Çalışmalar. http://www.nukte.org/node/163.

[5] VARINCA, K. B., ve VARANK, G., 2005. Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 24-25 Haziran, İçel, s.143-160.

[6] ERTUĞRUL, Ö. F., ve KURT, M. B., 2009. Güneydoğu Anadolu Bölgesi' nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 19-21 Haziran, Diyarbakır, s.37-40.

[7] ŞENEL, M. C., ve KOÇ, E., 2015. Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Denel Değerlendirme. Engineer & the Machinery Magazine, 56(663): 46-56.

[8] VARINCA, K. B., ve VARANK, G., 2005. Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları/Enerji Yönetimi Sempozyumu, 3-4 Haziran, Kayseri, s.367-376.

[9] AKKAYA, A. V., AKKAYA, E. K., ve DAĞDAŞ, A., 2002. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi. IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, 16-18 Ekim, İstanbul, s.166-182.

[10] YILMAZ, M., 2012. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2): 33-54.

Özet

Jeotermal alanlar geçirgen ve gözenekli kayaçlardaki suyun ısınarak bir rezervuar oluşturduğu alanlardır. Genelde, yerkabuğundaki sıcaklık değişimi derinliğe bağlı olarak kilometrede 25-30°C'dir. Ancak, Jeotermal rezervuar oluşan alanlar genelde aktif volkanik ve tektonik alanlardır ve buralarda sıcaklık değişimi 150 ° C'ye kadar çıkabilmektedir. Bu tarz jeotermal alanların çoğu, volkanik ve tektonik faaliyetlere bağlı olarak yeryüzüne çıkmış kaplıcalar olarak keşfedilmiştir. Fakat bazı jeotermal alanlarda belirgin bir yüzey görünümü yoktur. Su sıcaklığı, derinliğe bağlı olarak yer yüzey sıcaklığında bazı anomaliler meydana getirebilmektedir.Bu kapsamda, jeotermal alanların keşfi ve var olanların izlenmesinde uzaktan algılama (yer gözlem uyduları) çok önemli imkânlar sunmaktadır. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir. Bu çalışmada Landsat uydusu termal bantları kullanılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet Sezer kampüsü bölgesinde termal anomali araştırması yapılmıştır. Bu kapsamda yer yüzey sıcaklığı üretilerek anomali alanları araştırılmış ve var olan aktif jeotermal kuyular ile karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Yüzey sıcaklığı, Landsat, termal bant, jeotermal.

Abstract

Geothermal fields are areas where water in porous and porous rocks heats up to form a reservoir. In general, the temperature change in the earth's crust is 25-30 ° C depending on the depth. However, the geothermal reservoir areas are generally in active volcanic and tectonic areas, where the temperature change can be up to 150° C. Many of these geothermal fields have been discovered as volcanic and tectonic activities and have been found on the surface of the earth. However, some geothermal areas do not have a distinct surface appearance. Depending on the depth, the water temperature can bring some anomalies into the water at the surface temperature. In this context, the discovery of geothermal fields and remote sensing (earth observation satellites) are very important opportunities. Especially the thermal bands of satellites such as Landsat and Aster can provide serious information. In this study, thermal anomaly research was carried out in Afyon Kocatepe University Ahmet Necdet sezer campus area, by using Landsat satellite thermal bands. In this context, anomaly sites were investigated by generating surface temperature and compared with existing active geothermal wells.

Keywords:

Surface temperature, landsat, thermal band, geothermal.

Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği

Investigation of the Usability of Thermal Satellite Images in Geothermal Research: The Case of Afyonkarahisar

Nizar POLAT[1]
Mehmet Ali DERELİ[2]
Mehmet Ali UĞUR[3]
Mustafa YALÇIN[3]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye
[3]Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye.

1. Giriş

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) arazi sıcaklığın sürekli mekânsal değişimidir ve yer yüzeyinin ışınsal cildi olarak tanımlanabilen sayısal bir görüntüdür. Yer yüzeyini kaplayan yapay ve doğal objelerin cinsine bağlıdır. YYS' nin sıcaklık ile olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında, bir çalışma bölgesindeki sıcaklık değişimi, YYS ile temsil edilebilir. YYS; kentleşme, orman kaybı, kentsel alanlarda yeşillik, insan sağlığı, şehir planlaması gibi birçok bölgesel ve küresel ölçekli çalışmalarda önemli bir parametredir. Son yıllarda jeotermal kaynakların tespiti için de kullanılmaya başlayan YYS, arazi yüzeyindeki sıcaklık farklılıkların tespitinde önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Jeotermal; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan birikmiş ısının oluşturduğu sıcaklıkları, çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gaz içerebilen basınç altındaki sıcak su ve buhardır [1].

Elektrik enerjisi üretimi, konut ısıtma, sera ısıtma, tropikal bitki yetiştirme, kent ısıtma ve sıcak su sağlama, toprak ve cadde ısıtma, havaalanı pistlerini ısıtma, yüzme havuzu ve fizik tedavi ısıtma, çeşitli endüstriyel kullanımlar, yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilize edilmesinde, konservecilikte, kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde, kâğıt, dokuma ve boyamacılıkta, derilerin kurutulması vb. [2-4]. Jeotermal alan tespiti, zorlu bir süreçtir. Dikkate alınan ilgili veri arttıkça arama alanı daraltılır [5,6]. Bu verilerden biri Jeotermal rezervuar oluşan alanların genelde aktif volkanik ve tektonik bölgelerde olmasıdır. Jeotermal rezervuarlardaki ısının 150 ° C'ye kadar çıkabildiği düşünüldüğünde araziyi de ısıtması kaçınılmazdır.

Doğal olarak, derinliğe bağlı olarak yer yüzey sıcaklığında bazı anomaliler meydana getirebilmektedir. Bu kapsamda, jeotermal alanların keşfi ve var olanların izlenmesinde uzaktan algılama (yer gözlem uyduları) çok önemli imkânlar sunmaktadır. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir.

Jeotermal alan araştırmasının klasik arazi ölçümleriyle yapılması çok zordur. Çünkü ciddi anlamda insan gücü ve zaman gerekmektedir. Bu sorunun çözümünde en verimli yol uzaktan algılama uydu verileridir. Çünkü uydu verileri yeryüzünü büyük parçalar halinde sinoptik bir görüş ile düzenli bir şekilde farklı dalga boylarında kaydeder [2-4,7]. Arazi çalışmalarıyla kıyaslananınca daha hızlı, homojen, ekonomik ve az sürede daha geniş alanlara ait veri elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada Landsat uydusu termal bantları kullanılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet sezer kampüsü bölgesinde termal anomali araştırması yapılmıştır. Bu kapsamda yer yüzey sıcaklığı üretilerek anomali alanları araştırılmış ve var olan aktif jeotermal kuyular ile karşılaştırma yapılmıştır.

2. Yöntem

Çalışma Afyon Kocatepe üniversitesi Ahmet Necdet Sezer kampüsü ve çevresi için Landsat TM ve OLI uydu verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Envi yazılımı kullanılarak iki adımda uygulamaya geçirilmiştir. İlk adım, arazi kullanım sınıflarının değerlendirilmesinde ve yayınırlık hesabında kullanılacak olan Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) üretimini kapsamaktadır. İkinci adım ise çalışma bölgesinin YYS hesabını kapsamaktadır.

Şekil. 1. Çalışma bölgesine ait uydu görüntüsü.

2.1. NDVI Hesaplama

NDVI, temelde bitki örtüsü için en yüksek ve en düşük yansıma değerlerini içeren bantlardan hesaplanan bir oran olup sağlıklı ve yeşil bitki örtüsünü ifade eden bir ölçüdür. Yeşil bitki örtüsünün gösteriminde çok yaygın olarak kullanılan etkili bir gösterimdir. Bu endeks değeri -1 ila 1 arasında değişmektedir. Yeşil bitki örtüsünü ifade eden NDVI değer aralığı 0.2- 0.8. NDVI aşağıdaki gibi formüle edilmektedir [6]:

$$NDVI = \frac{\mathrm{NIR} - \mathrm{RED}}{\mathrm{NIR} + \mathrm{RED}} \quad (1)$$

Denklem 1'de NIR bandı yüksek klorofil yansıtımı yapan yakın kızılötesini ifade ederken, RED düşük klorofil yansıtımı yapan kırmızı bandı ifade etmektedir. NDVI genel olarak sınıflandırma işlemlerinde arazi örtüsü tespiti için kullanılmaktadır [8].

2.2. YYS Hesaplama

Uzaktan algılama verileri yerin yüzeyine ilişkin sinoptik görünümü sağlayan, uzun vadeli, hızlı, etkili bir veri türüdür ve yüzeyden yansıyan güneş ışınları kaydedildiği için YYS tespitinde süreklilik sağlayan düşük maliyetli bir yöntemdir. Yeryüzünden yansıyan ışın miktarı atmosfer, coğrafi konum ve yıl içerisinde geldiği zamana bağlı nedenlerden dolayı farklılık göstermekte ve bu sebeple yer yüzeyinin sıcaklığı da sürekli değişmektedir. Bu noktada uzaktan algıla verilerini kullanmak büyük avantaj sağlamaktadır. Çalışma bölgesine ait görüntülerin YYS üretiminde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Piksel değerinden Spektral yansıtıma dönüşüm

Bilindiği gibi sıcaklığı mutlak sıfırın (K) üzerindeki herhangi bir nesne ısıl elektromanyetik enerji yayar. Bu nedenle piksel değerinin sensordaki spektral yansıtım değerine çevirmek için denklem 2 kullanılmıştır [9,10].

$$L\lambda = \text{gain} * \text{DN} + \text{Bias} \tag{2}$$

Burada; Lλ sensordaki spektral yansıtım değerine (W/(m2 ster µm), gain yansıtımın eğimini, Bias yansıtımın kesişimini ve DN ise piksel değerini ifade etmektedir. Gain ve Bias değerleri için yeniden ölçekleme parametreleri de denmekte ve bu değerler veriye ait meta data dosyasında bulunmaktadır. Ayrıca Spektral yansıtıma dönüşümü aşağıdaki denklem 3 teki gibi de ifade edilebilir [7,11].

$$T_\lambda = \frac{L_{max} - L_{min}}{Qcal_{max} - Qcal_{min}} (DN - Qcal_{min}) + L_{min} \tag{3}$$

Burada; Qcalmax ve Qcalmax maksimum ve minimum sayısal kalibre edilmiş piksel değeri, Lmax ve Lmin ise Qcalmax ve Qcalmin 'e göre ölçeklendirilmiş spektral yansıtım değerini ifade etmektedir.

Adım 2: Spektral yansıtım değerinden sensor parlaklık sıcaklığına dönüşüm

Termal bandın spektral yansıtım değeri uydunun gönderilmeden önceki hesaplanmış kalibrasyon katsayıları kullanılarak sensor parlaklık sıcaklığı hesaplanabilmektedir [9,10].

$$T_\lambda = \frac{K_2}{ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \tag{4}$$

Burada Tλ sensor parlaklık sıcaklığını, K1 ve K2 ise kalibrasyon sabitlerini ifade eder.

Adım 3: Sensor parlaklık sıcaklığından Yer yüzey sıcaklığına dönüşüm

Bir önceki adımda üretilen görüntü her ne kadar sıcaklık değeri ifade etse de hesaplanan sıcaklık gerçek yüzey sıcaklığı değildir. Kabul edilebilir bir YYS için yüzeye ait yayım (emissivity) düzeltmesi yapılmalıdır [12]. Yayım düzeltmesi yapılmış YYS hesabı denklem 5' de verilmiştir [2]

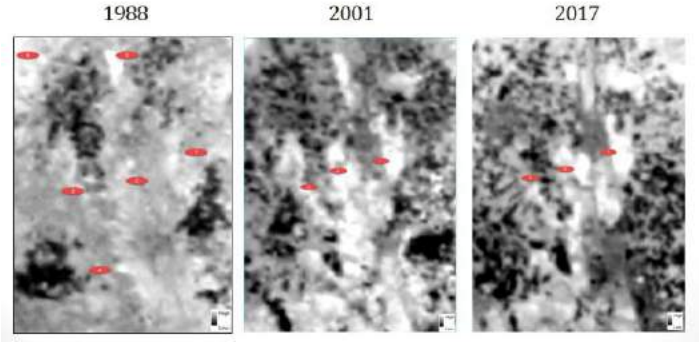
$$\text{YYS} = \frac{T_\lambda}{1 + \left(\lambda + \left(\frac{T_\lambda}{\left(\frac{h*c}{s}\right)}\right) * \ln\epsilon\right)} \tag{5}$$

Burada; YYS hesabı için, λ gelen termal bant dalga boyu, h Planck sabiti, s Boltzmann sabiti, c ışık hızı ve ϵ piksele karşılık gelen yayınırlığı ifade

eder. Tüm hesaplama işlemleri Envi yazılımında gerçekleştirilmiştir.

3. Uygulama

Çalışma kapsamında 1988, 2001 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri elde edilmiş ve bunlar kullanılarak çalışma bölgesinin YYS üretilmiştir. Üretilen her bir YYS görüntüsünde potansiyel jeotermal alanları tespit edilmiş ve işaretlenmiştir (şekil 2). Temel amaç 1988'den 2017 yılına kadar yüzey sıcaklığında anomali olan bölgeler tespit edilmesi ve bu bölgelerin bilinen jeotermal alanlara yakınlığının incelenmesidir. İlgi yıllara ait YYS istatistikleri Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil. 2. 1988, 2001 ve 2017 yıllarına ait YYS ve anomali alanları.

TABLO I. İLGİLİ YILLARA AİT YYS İSTATİSTİK DEĞERLERİ

YIL	Minimum	Maksimum	Ortalama
1988	16.8	37.5	27.9
2001	23.1	47.5	37.5
2017	24.1	47.0	38.2

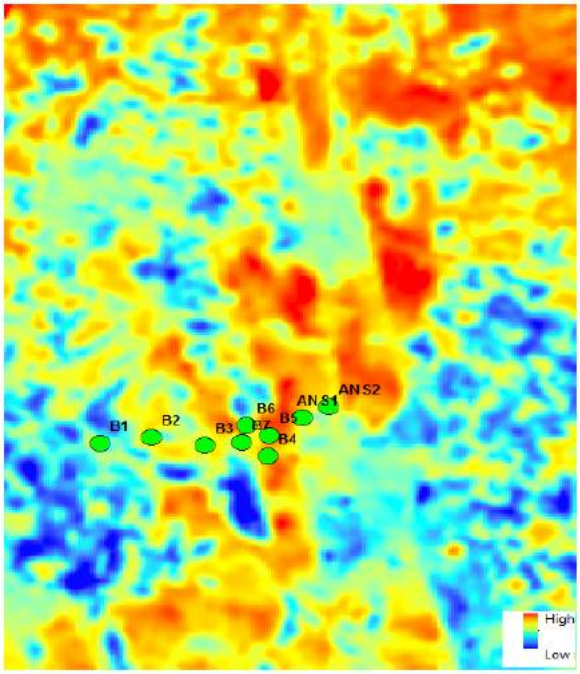
Şekil 2 de ilgili yıllara ait YYS üretilmiş ve bu görüntülerde çevresinden daha sıcak olan anomali alanları belirlenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Şekil 2 de verilen YYS görüntüleri ve Tablo 1 beraber incelendiğinde bölgenin sıcaklığında genel bir artış olduğu görülmektedir. Fakat sıcaklık merkezlerinde değişmeler olmuştur. 1988 yılında çevresinden daha sıcak olduğu görelen altı farklı konumun 2017 yılında üç konumda yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmanın doğruluğunu irdelemek için belirlenen anomaly alanlarının, bölgede aktif olarak kullanılan jeotermal kuyulara olan uzaklıkları araştırılmıştır. Bunun için Afyonkarahisar valiliğinden alınan aktif jeotermal kuyu konumlarına bakılmıştır (Şekil 3).

Şekil. 3.Çalışma alanındaki aktif jeotermal kuyu konumları.

Halihazırda ANS kampüsü içinde 4 adet aktif kuyu bulunmakla beraber bolgede 9 adet aktif kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular konut ve sera ısıtmada kullanılmaktadır. 2017 YYS görüntüsü sıcaklık sınıflarına ayrılmıştır (Şekil 4). Kuyu konumları bu sınıflandırılmış görüntü ile incelendiğinde aktif kuyuların sıcaklık sınıfları elde edilmiştir.enen anomali alanlarıyla ortüştüğü görülmektedir (Tablo2).



Şekil. 4.Sınıflandırılmış YYS.

Kuyu Adı	YYS (°C)
Bayatçık 1	32.6 - 34.1
Bayatçık 2	38.4 - 39.8
Bayatçık 3	36.9 - 38.4
Bayatçık 4	39.8 - 41.2
Bayatçık 5	39.8 - 41.2
Bayatçık 6	38.4 - 39.8
Bayatçık 7	36.9 - 38.4
ANS 1	36.9 - 38.4
ANS 2	36.9 - 38.4

Görüldüğü gibi bayatçık 5 ile ANS 1 ve ANS 2 kuyuları tespit edilen anomali alanlarında bulunmaktadır.

5. Sonuç

Jeotermal su sıcaklığı, derinliğe bağlı olarak yer yüzey sıcaklığında bazı anomaliler meydana getirebilmektedir.Bu kapsamda, jeotermal alanların keşfi ve var olanların izlenmesinde uzaktan algılama (yer gözlem uyduları) çok önemli imkânlar sunmaktadır. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir. Bu çalışmada da Landsat uydusu kullanılarak YYS'da anomaly araştırması yapılmış ve bulunan anomaly alanları mevcut jeotermal kuytu alanları ile karşılaştırılmıştır. Görülmüştür ki YYS görüntüleri, tek başına olmasa da, jeotermal kaynaklı sıcaklık anomalisi tespitinde ciddi ipucu vermektedir. Uyduların ülkemiz üzerinden sabah 8 dolaylarında geçmesi gölgelenme ve güneşlenme etkisini doğurmaktadır. Bu da sıcaklık farkı tespiti zorlaştırmaktadır. Bu sebeple mutlaka arazi doğrulamasıda gerekmektedir. Farklı uydulardan gece elde edilmiş termal görüntüler de çalışmaya ciddi katkı sağlayabilir. Bu tarz çalışmalarda Jeolojik ve meteorolojik bilgiler gibi farklı kaynaklardan elde edilmiş veriler kullanılarak sonuçların iyileştirilebileceği de düşünülmektedir. .

6. Referanslar

[1] Uysal, M., and Polat, N., (2015). An Investigation of the Relationship between Land Surface Temperatures and Biophysical Indices Retrieved From Landsat Tm in Afyonkarahisar (Turkey). Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, vol. 22(1), ISSN 1330-3651, p. 177-181

[2] Balcik, F. B., (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. Environmental Monitoring and Assessment, 186(2), 859-872.

[3] Yuan, F., & Bauer, M. E. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, vol. 106(3), p. 375-386. doi:10.1016/j.rse.2006.09.003,

[4] Zhang, J. Q., Wang, Y. P., & Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. Computers & Geosciences, vol. 32(10), p. 1796-1805. doi:10.1016/j.cageo.2006.05.001

[5] Yalcin M, Gul Kilic F (2017). A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay basin (Afyonkarahisar). Geothermics 67, 18-28.

[6] [10] Rouse Jr, J. W., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In Third ERTS symposium, NASA SP-351, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C., vol. 1, pp. 309–317

[7] McNitt, J.R., 1973. The Role of geology and Hydrogeology in Geothermal Exploration, Geothermal Energy, a review of research and development. Earth Sciencies 12, UNESCO, Paris.

[8] ERKUL, Hüseyin (2012), "Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği", Yönetim Bilimleri Dergisi Cilt: 10, Sayı: 19, ss. 1-30.

[9] National Aeronautics and Space Administration, N. (2006). Landsat 7 Science Data Users Handbook. Retrieved on 21.03.2016, from http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf

[10] National Aeronautics and Space Administration, N. (2015). Landsat 8 Data Data Users Handbook. Retrieved on 21.03.2016, from http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf

Özet

Bu çalışmada, açık maden ocaklarının üretimleri sırasında atmosfere bırakılan toz imisyonların nasıl kontrol altına alınacağını; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden nasıl koruyacağını; hava kirlenmeleri sebebiyle ekoloji de ortaya çıkan olumsuz etkileri nasıl giderileceği ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamak, olumsuz etkileri kaynağında azaltma yöntemlerini belirlemek amacıyla araştırmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

İmisyon, Açık Ocak, Taş Ocağı, Maden, Hava Kirliliği

Abstract

In this study, dust emissions released into the atmosphere during production in open pit Mines is used to control; people and the environment how to protect from the danger of pollution arising from the air receiver in the environment; air pollution due to their Ecology and how to resolve the adverse effects resulting from these impacts does not occur and to ensure that adverse effects were surveyed in order to determine the methods of reduction at source.

Keywords:

İmmision, Open Pit, Quarry, Mining, Air Pollution

Açık Maden Ocaklarındaki Toz İmisyonlarının Ekolojik Etkileri

The Ecologıcal Effects Of Dust Emıssıons By Open Pıt Mines

Güzel Yılmaz[1]
Ahmed Arif ÇELİK[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Yüzyıllardan beri insanlığın önemli ihtiyaçlarını karşılayan sektörlerin içerisinde yer alan madencilik her zaman en önde gelmiştir. Madencilik yeryüzündeki sektörlerin içinde çalışan işçi başına en fazla yatırım gerektiren uzun bir planlama ve üretim sonucunu da kapsayan çok geniş bir alanı olan birçok sektörü üretime teşvik eden başlıca sektörlerden bir tanesidir.

Madencilik sektöründe en önemli faktörlerden birisi işçi sağlığı ve güvenliğidir. Bununla ilgili olarak da sektörde faaliyette bulunan her firma gerekli önemi göstermek zorundadır. Bu zorunluluk hem bağlı bulunulan kurumlar olarak hem de yürürlükte bulunan tüzüklerle ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

İşçi sağlığı ve güvenliğini, bitkileri, hayvanları ve en önemlisi ekolojiyi en fazla tehdit eden etkenlerden birisi tozdur. Gerek yurdumuzda gerekse AB topluluğunda bu konuyla ilgili olarak çalışmalar devamlı bir şekilde sürmektedir.

Yer üstünde madenciliği yerin üstünde tespit edilen ve çıkarılması gereken maden rezervlerinde kömür gibi kaynakların yatay yönde ilerleyen ve büyük miktarda kazı işlemi gerektiren durumlarda ekskavatör veya kepçe kullanılırken taş ocakları ve metal maden ocakları gibi maden rezervlerinin bulunduğu yerler dar alanlarda çalışıldığından dolayı malzeme çıkarımı ekskavatör ve damperli kamyon aracılığıyla gerçekleştirilmektedir[1].

2. Yöntem

2.1 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ülkemizin %8'lik bölümene sahip olup yüzölçümü bakımından en küçük olan bölgesidir. Kuzeyinde bir yay şeklinde uzanan Güney Toroslardan, güneyde Suriye ve Irak sınırlarına kadar uzanır. Bölge ova ve platolarla kaplıdır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman, Siirt, Mardin, Batman, Diyarbakır ve Şırnak illeri bulunmaktadır (Şekil 2). Bölgenin ortalama yükseltisi 900-1100 m arasındadır. Orta kısımda yükselen Karacadağ sönmüş volkanı ile Mardin Mazıdağı yöresinin en engebeli kısımlarını oluşturur. Bölgede, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz ikliminin bozulmuş şekli görülür[2].

Şekil 2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi

2.2.Ölçüm Metotları

Partikül madde

Şekil 3. Pm_{10} ölçüm

Ölçüm

Yer tespiti yapıldıktan sonra numune alma cihazı kurulur ve numune alma başlığında bulunan meme kapatılır ve numune alma cihazı çalıştırılarak cihazda sızıntının olup olmadığı tespiti yapılır. Numune alma cihazı, doğrudan bir filtre taban malzemesi ve ayarlanmış akış cihazı ile bağlantılı bir PM_{10} numune girişinden meydana gelir. Daha sonra filtre üzerinde toplanan PM_{10} kütlesi gravimetrik olarak tayin edilir.

Uygun deney yeri seçildikten sonra numune alma cihazı kurulup daha önceden darası alınmış filtre kâğıdı PM_{10} başlığında filtre yuvasına yerleştirilir. Cihazın kontrolleri yapılarak bağlantılarının uygun olup olmadığı tespit edilir.

Toz Örnekleme Cihazı talimatlara göre çalıştırılarak ortam örnekleme moduna getirilir. Cihazın emiş debisi 1 m^3/saat'e ayarlanarak numune alma işlemine geçilir. Numune alma işlemi için 24±1 saat seçilir.

Numune alma işlemi tamamlandıktan sonra filtre kâğıdı yuvasından çıkarılarak petri kabına konur. Petri kabına numune alma yeri kaydedilir ve numune muhafaza çantasına konularak laboratuvara taşınır. Laboratuvara getirilen numune gerekli işlemlerle tartılır ve sonuçlar kaydedilir[3].

Çöken Toz

Şekil 4. TSE 2342 Standardina Göre Çöken Toz Aparatı

Numune toplama başlıkları kimyasal maddelere oldukça dayanıklı olan PVC gibi, uygun bir plastik malzemeden boyutlara uygun bir şekilde yapılmış olmalıdır. Bulunan dört adet numune toplama başlıkları kendisine komşu olan toplama başlıklarıyla doksan derecelik açı yapacak şekilde ağaç çubuğa veya metal desteğe sıkıca sabitlenmelidir. Kuşların sebep olabileceği hatalar için önleyici tedbirler alınabilir fakat bu tedbirler havayı kirleten maddelerin, doğal çökelmesini önlememelidir[4].

Yönlendirilebilir çöken toz cihazının kurulacağı alanın çevresi açık ve dik bir şekilde yerleştirilerek sabitlenmelidir. Sabitleme için sehpa kullanılmış ise, sehpanın sabitlenmiş ayakları oynamayacak, çöken tozların toparlanacağı yüzeylerin daha önceden seçilmiş yönleri değişmeyecek şekilde belirlenmelidir isteniyorsa cihaz, yukarda belirtilen açıklamalara uyularak, toprak düzeyinden daha yüksek bir yere de yerleştirilebilir. Havayı kirleten kaynağın oluşturduğu kirletmeyi saptamak için bir veya birden çok cihaz hem kaynağın olduğu yere hem de kaynaklan belirli yön ve uzaklıklara yerleştirilebilir.Seçilmiş bir yerde, ayın ilk gününde işleme başlanmalıdır. Herhangi bir nedenle aynı ilk gününde işleme başlanmazsa bu durum raporda belirtilmelidir. Mikroorganizmaların ve ya mantarların çoğalmasına izin vermemek için temiz toplama başlıkları içerisine bir engelleyici (inhibitör) koyulmalıdır. Toplama şişelerine inhibitör olarak her toplama başlığı içerisine 10 ml 0,02 N Bakır Sülfat çözeltisi ($CuSO_45H_2O$, 2.50 gram/litrelik) eklenmeli ve eklenen çözelti hesaplamalar kısmında hesaplamalara dâhil edilmelidir.İşleme başlanılan ayı izleyen ayın ilk gününde çöken toz toplama başlıkları içerisine girmiş olan tozlar bir fırça yardımıyla ilgili toplama şişesine numune miktarının kaybını önleyecek bir şekilde dikkatle saf su yardımıyla alınmalıdır. Gerekli durumlarda cihaz yeniden kurulur, temiz toplama şişeleri kullanılarak işlem toplama başlıklarında toz kaymayacak şekilde tekrarlanır[5].

Bir ay önce başlatılan çöken toz ölçümü sonunda cihazdan alınan örneklerin bulunduğu toplama şişelerinin ağzı sıkıca kapatılarak mühürlenir. Mühürleme sırasında şişedeki numunenin kirlenmemesine dikkat edilmelidir ve üzerlerine birer etiket yapıştırılır. Bu etiketlere aşağıdaki bilgiler okunaklı ve silinmez bir şekilde yazılmalıdır[5].

Bölgenin adı,

- Bölgenin özelikleri (denizden yüksekliği, ormanlık, düzlük, vb.),
- Numune toplama sureti,
- Çökeltinin miktarını ve özelliğini etkiyebilecek nitelikte olağan dışı olaylar.

Ayrıntılı analiz

Belli bir yörede hava kirliliğini oluşturan maddelerin niteliği ve miktarı gibi absorpsiyon ölçmeleriyle elde edilemeyen bilgiler istenirse aşağıdaki tayinlerin biri veya tümü yapılabilir.

A. Toplanan sıvının pH değeri
B. Maddelerin toplam kuru ağırlığı
C. Çözünmemiş maddenin kimyasal analizi
D. Çözünmemiş maddenin yanmasıyla elde, edilen külün ağırlığı

Mantar veya benzeri mikroorganizmaların üremesini engelleyici madde katılan durumlarda gerekli düzeltme yapılmalıdır. Gravimetrik yöntemle yapılan hesaplamalarda, yasal mevzuatlarda çöken toz miktarı mg/m^2.gün olarak verilmiştir.

3. Sonuç

3.1 Ölçümler

Şanlıurfa İli, Bozova ilçesinde bulunan mıcır ve bazalt ocağında yapılan imisyon toz ölçümü sonuçları;

Pm10 Ölçümü

Qstd=Qa x (Pdv/Tdv)X (Tstd/Pstd) (5.1)

Formülünden V=Q.t formülündeki Q ortam koşullarına göre normalize edilerek hesaplamalarda kullanılmıştır.

Qa: Çekilen Debi

Pdv: Ortam Basıncı

Tdv: Ortam Sıcaklığı

Tstd: Standart Sıcaklık (N.Ş. 25 ^{O}C+273^{0}K)

Pstd: Standart Basınç (1013 atm)

Qstd=481*(936/304)*(293/1013)

=428

Çekilen Debi= Qstd/1000

Çekilen Debi=428/1000

=0,428 m^3

Pm_{10} Toz Hesabı

Tablo 1. Pm_{10} Filtre Ilk Ve Son Tartim Sonuçları

KAYNAK	Filtre ilk (mg)	Filtre Son (mg)	Çekilen Debi (m^3)
Tesis Yolu	99,1	100,1	0,428
Stok Sahası	98,3	99,3	0,428
Silo Yanı	99,4	100,3	0,428
Bant Yanı	98,9	99,5	0,428
Konkasör Yanı	97,2	98,3	0,428

Tesis Yolu

Toz Ağırlığı (mg/Nm^3) =(Filtre İlk Ağırlığı – Filtre Son Ağırlığı) / Çekilen Debi

= (100,1-99,1) / 0,428

= 2,07 mg/Nm

Stok Sahası

= (99,3-98,3) / 0,428

= 2,34 mg/Nm^3

Silo Yanı

= (100,3-99,4) / 0,428

= 2,10 mg/Nm^3

Bant Yanı

= (99,5-98,9) / 0,428

= 1,40 mg/Nm^3

Bunker Yanı

= (98,3-97,2) / 0,428

= 2,57 mg/Nm^3

Çöken toz hesabı (1. ve2.Tur Noktalar)

Tablo 2. Çöken Toz Filtre Ilk Ve Son Tartım Sonuçları

KAYNAK	İlk (mg)	Son(mg)	Kesit Alanı (m^2)
Ç 01 (1.Tur 1.Nokta)	95,0	115,1	0,0146
Ç 01 (2.Tur 1.Nokta)	97,1	114,4	0,0146
Ç 02 (1.Tur 2.Nokta)	96,3	114,1	0,0146
Ç 02 (2.Tur 2.Nokta)	95,7	115,8	0,0146

Ç 01 1. Nokta Çöken Toz Hesabı (Tur-1)

Toz Ağırlığı (mg/m^2) =(Filtre Son Ağırlığı – Filtre İlk Ağırlığı) / Kesit Alanı

= (115,1-95,0) / 0,0146

=1383,5616mg/m^2

Ölçüm süresi 1 ay olduğundan,1 günde biriken değeri bulabilmek için;

1383,5616 mg/m^2/30 gün

= 42,81 mg/m^{2}gün

Ç 01 1. Nokta Çöken Toz Hesabı (Tur-2)

= (114,4-97,1) / 0,0146

=1184,9315 mg/m^2

Ölçüm süresi 1 ay olduğundan,1 günde biriken değeri bulabilmek için;

1184,9315 mg/m^2/30 gün

= 39,50 mg/m^{2}gün

Ç 02. Nokta Çöken Toz Hesabı (Tur-1)

= (114,1-96,3) / 0,0146

= 1219,1781 mg/m^2

Ölçüm süresi 1 ay olduğundan,1 günde biriken değeri bulabilmek için;

1219,1781 mg/m^2/30 gün

= 40,64 mg/m^{2}gün

Ç 02 2. Nokta Çöken Toz Hesabı (Tur-2)

= (115,8-95,7)/0,0146

= 1383,5616 mg/m^2

Ölçüm süresi 1 ay olduğundan,1 günde biriken değeri bulabilmek için;

1383,5616 mg/m^2/30 gün
= 46,12 mg/m^{2}gün

Sonuçların karşılaştırılması

Tablo 3. Tesiste Yapilan Toz Ölçüm (Pm_{10}) Sonuçlarının Karşılaştırılması

Ünite	Ölçümler	Sınır Değer
Tesis Yolu	2,07	3
Stok Sahası	2,34	3
Silo Yanı	2,10	3
Bant Yanı	1,40	3
Konkasör Yanı	2,57	3

Tablo 4. Tesiste Yapilan Toz Ölçüm (Çöken Toz) Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çöken toz cihazı		Günlük çökelme (mg/m^2 gün)	Ortalama (mg/m^2 gün)
Ç01	**1.Tur**	46,12	42,81
	2.Tur	39,50	
Ç02	**1.Tur**	40,64	43,38
	2.Tur	46,12	

Yapılan çalışma sonucunda çıkan sonuçların Tablo 3. ve Tablo 4.'te gösterildiği gibi 2009 yılın da yürürlüğe giren SKHKKY(Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)de belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında sınırı aşmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma alanında mevcutta kullanılan toz imisyonu önleyici sistemler 81 ilde kullanılarak toz imisyonlarının değerleri en aza indirilebilir.

3.2.İmisyonun Ekolojik Etkileri

Yer altı ve yerüstünden çeşitli yöntemlerle çıkarılan maden rezervleri, içerisinde bulunan mineral atıklarıyla birlikte çıkarıldıkları için mineral dokusunun yoğun olduğu kısıma varılıncaya kadar gerekli olan parçalama kırma ve ufalama işlemlerine devam edilir. İstenilen boyutlarda elde edilmesi gereken malzemeler belirli boyutlardaki eleklerden geçerek üretilen malzemeler stok sahalarında veya silo alanlarında depolanır. Bu aşamaya kadar gerçekleştirilen tüm işlemler diğer maden ocaklarında da aynen uygulanır. Açık maden ocaklarında gerçekleştirilen üretim sonucu oluşan toz miktarının azaltılması için sulama sistemiyle bu atıklardan temizlenir.

Çeşitli türlerde yer yüzeyinde ve yeraltında bulunan maden cevherlerini zenginleştirmek için farklı metotlar uygulanır. Zenginleştirme işlemine örnek olarak demir madenin yüksek ısıda oluşur. Zenginleştirme işleminde yer altı ve yer üstünde çıkarılan madenleri fiziksel ve kimyasal olarak işlemlere tabi tutularak madenini içerisinde bulunan kullanıma elverişli olmayan minerallerden arındırılmasıdır. Zenginleştirme işlemi için su gerekmekte olup, kullanılan sudan kaynaklanan atıkların sızdırma yapmayan havuzlarda biriktirilmesi gerekmektedir.

Açık maden ocaklarında meydana gelen faaliyetler sonucunda oluşan toz imisyonlarının, en başta insan sağlığını, bitkileri, hayvanları ve ekolojide bulundan diğer canlıları etkilemektedir. Açık maden ocaklarında yapılan çalışmalar sırasında meydana gelen araç yakıtları da toz imisyonlarının oluşmasında etkilidir. Açık maden ocaklarından kaynaklanan toz imisyonları tarihi ve sanatsal niteliği taşıyan yapılarda tahribatlar yaptığı ve bunların yapılarında bozukluğuna neden olmaktadır.

3.2.1.İnsanlar Üzerindeki Etkileri

İnsanlar üzerinde etkili olan imisyon kaynakları solunum ile vücut içerisine alınan havada bulunan ince partiküller nefes alış veriş sırasında yutulur ve akciğerlere kadar ulaşır.

Partikül madde konsantrasyonuna maruz kalma süresi arttıkça vücudun önemli organlarının foksiyonlarını önemli derecede olumsuzu etkiler. Bölgede oluşabilecek partikül madde fazlalığından dolayı buralarda yaşayan kalp ve akciğer hastaları daha fazla etkilenmektedir.

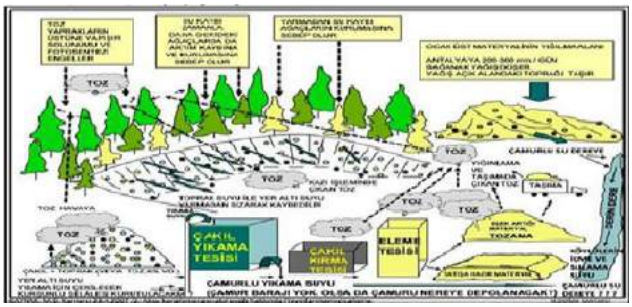
Partikül madde miktarlarının artış göstereceği bölgelerde, bölgede bulunan hastanelere başvuru sayılarında artış görünecektir. Akciğer ve kalp rahatsızlığı olan bireyler bu ortamlarda fazla durması halinde ölümlerine neden olabilmektedir. Partikül madde yoğunluğunun yüksek olduğu bölgeler kısa süre kalan bireylerde akciğer hastalıklarında artış görülür. Kalp hastalığı taşıyan bireyler de kalp atışlarının hızlandığı belirlemiştir.

3.2.2. Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde bulunan fabrika bacalarından, yerleşim alanlarında bulunan konutların bacalarından çıkan imisyon ve en önemlisi olan açık maden ocaklarının faaliyet gösterdiği bölgelerde yüksek miktarda partikül madde bulunmaktadır. Bu partikül maddeler uzun sürelerce atmosferde kalmakta ve bölgede bulunana bitki örtüsü üzerine çökelmektedir.

Bu çökelme bitkilerde solunum organı olan yaprakların üzerine çökelerek bitkinini gaz alışverişini engelleyerek bitkinin yeterli miktarda solunum ve taşıma işlemi engellemektedir. Partikül maddelerin bu olumsuz etkileri sonucunda; bitki içerisinde ki su dengesini ve suyu özümleme kapasitesini bozmaktadır. Bu bozulmayla birlikte bitkinini verim ve kalitesinde azalmalara neden oluşturmaktadır. Ayrıca açık maden ocaklarının işletilmesi sırasında ortaya çıkan ağır metaller atmosfere yayılarak yağış ile yer yüzeyine düşmektedir.

Yer yüzeyine düşen ağır metaller bitkilerin kök, gövde de yaprakları tarafından depolanmaktadır. Bununla birlikte bitkide fotosentez başta olmak üzere fiziksel olarak birçok yönden olumsuz etkiler. Ağır metaller baklagillerde birikerek canlı yaşamı için önemli olan azot miktarının azalmasına neden olmaktadır.



Şekil 5. Biktiler Üzerindeki Olumsuz Etkileri

3.2.3. Hayvanlar Üzerindeki Etkileri

Açık maden ocaklarından kaynaklı olan toz imisyonları ekolojide bulunan hayvanların üzerine olan olumsuz etkileri fazladır. Toz imisyonlarının insanlarda yarattığı etkilerin birçoğu hayvanlar üzerinde de gözükmektedir.

Temiz hava kalitesinin mevcut olduğu bölgelerde açık maden ocaklarından meydana gelen toz imisyonları atmosferde yayılarak hayvanlarda solunum yollarına, gözlere ve hatta kemik yapılarına kadar etki etmektedir.

Geçmiş yıllarda yapılan gözlemler sonucunda atmosferde bulunan toz imisyonların hayvanların ölümlerine neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca toz imisyonlarının çökelmesiyle bitki türlerinde azaltma meydana getirirken hayvanların besin zincirlerini etkileyerek hayvanlarda açlıktan kaynaklı ölümlerin artışı belirlenmiştir.

Açık maden ocaklarında oluşan atıkların eğimi yüksek arazilerden bırakıldığı ve bu yığınların belli bir zaman sonra aşağıya doğru yuvarlanarak oluşturdukları tozlar eğimli arazilerin bitiminde bulunan dere ve su kütlelerinde yaşayan balıkların
Sonuç kısmında tartışılan bulgulara ait nihai açıklamalar verilerek çalışmanın sonucu okuyucu ile paylaşılmalıdır. Çalışma kapsamında ileride yapılması düşünülen ek çalışmalara da yine bu başlık altında yer verilebilir.

3.3. Öneriler

Açık maden ocaklarının faaliyetleri sonucunda ekolojiye etki eden imisyon miktarlarının düşürülmesi için tesis yetkilerinin ve yetkili kuruluşların gerekli önlemleri alması gerekmektedir.

Açık maden ocaklarında meydana gelen toz imisyon miktarlarını düşürebilmek için:

- Tesis içi yollar asfalt veya beton olmalıdır. Ayrıca bu yollar düzenli olarak sulanmalı ve süpürülmelidir.
- Kamyonların üzeri açık sevk edilmemelidir. Kamyonların üzeri brandalar ile kapatılmalı ve malzeme nemlendirilmelidir.
- Tasnif edilmiş malzeme önlem alınmadan depolanmamalıdır.

- Taşıyıcı bantların üzeri ve bağlantıları kapatılmalıdır.
- Eleklerin üzeri kapatılmalı ve sulama sistemleri bulunmalıdır.
- Kırıcıların üzerleri kapatılmalı, varsa aşınan kısımlar tamir edilmeli ve sulama sistemi yerleştirilmelidir.Bunkerin üzeri kapatılmalıdır.
- Madenlerin üst kısımları %10 nemli olmalıdır.
- Savurma yapılmadan yükleme yapılmalıdır.
- Galeri usulü patlatma gerçekleştirilmemelidir. Gecikmeli patlatma yapılmalıdır.
- Açık arazide stoklama yerine silolalarda depolama tercih edilmelidir.
- Tesis yolundan geçen araçların dikkatli ve yavaş geçmesi hakkında uyarılmalıdır.
- Taşıyıcıların ve diğer işletme araçlarının birbirleriyle olan bağlantılı kısımları kapatılmalıdır.
- Açık maden ocaklarında çalışanlara tozla mücadele hakkında bilgi verilmelidir.

4.Referanslar

[1] AYVAZOĞLU, E., 1984. Madenlerde Havalandırma ve Emniyet. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Yayını No:13, İstanbul.

[2] http://www.cografya.gen.tr/egitim/bolgeler/guneydogu-anadolu.htm. Erişim:15.10.2018

[3] EPA, 2006. TTN - AMTIC FILE TRANSFERS - 40 CFR Part 50

[4] ANONİM, 1997. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

[5] ANONİM, SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ KONTROL YÖNETMELİĞİ, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara

Özet

Esnek akış tipi çizelgeleme, akış tipi çizelgeleme ile paralel makinelerin birleşiminden oluşmaktadır. Esnek akış tipi karmaşık kombinatoriyel bir problemdir. Bu çalışmada, çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi çizelgeleme problemi dikkate alınmıştır. Bu problemde, mamulün parçaları öncelikle esnek akış tipi ortamda işlem görmekte ve daha sonra montaj işlemleri için bir sonraki aşamaya geçmektedir. Ele alınan bu problem, literatürde NP-zor olarak bilinmektedir. Bir paralel Kanguru algoritması, çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi çizelgeleme probleminin çözümü için sunulmuştur. Problemin çözüm sürecinde paralel kanguru algoritması vahşi ve evcil kanguruları kullanmaktadır. Paralel kanguru algoritması rastsal zıplama metoduna göre arama yapmaktadır. Paralel kanguru algoritması sürekli olarak daha iyi sonuçlara ulaşmaya çalışır. Önerilen paralel kanguru algoritması, literatürdeki kıyaslama problemleri ile test edilmiştir. Amaç, en son mamulün tamamlanma zamanını (makespan) minimize etmektir. Elde edilen sonuçlar, önerilen paralel kanguru algoritmasının, Esnek akış tipi 'nin çok katmanlı montaj operasyonları ile çözümü için etkili bir meta sezgisel yöntem olduğu gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Esnek Akış Tipi, Çok Kademeli Montaj Operasyonu, Paralel Kanguru Algoritması, Tamamlanma Zamanı

Abstract

The Hybrid flow shop scheduling is combined of flow shop and parallel machines problems. HFS is a complex combinatorial problem. This study considers the hybrid flowshop scheduling problem with multi-layer assembly operations. At this problem, components of products first are processed in Hybrid flow shop then they go under assembly operations. The problem is known NP-hard at the literature. A parallel kangaroo algorithm is presented to solve the Hybrid flow shop with multi-layer assembly operations. Parallel kangaroo algorithm is used wild and tame kangaroo operators to solve the problems. Parallel kangaroo algorithm runs by the random jumping method. The parallel kangaroo algorithm is continuously tries to reach the better solutions. The proposed parallel kangaroo algorithm is tested with the benchmark problem at the literature. The objective is minimized completion time of the last product (makespan). The computational results are shown that the proposed parallel kangaroo algorithm is an effective metaheuristic method for solving the HFS with multi-layer assembly operations.

Keywords:

Hybrid flow shop, multi-layer assembly operations, parallel kangaroo algorithm,

Çok Kademeli Montaj Operasyonlu Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Probleminin Çözümü için bir Paralel Kanguru Algoritması

A Parallel Kangaroo Algorithm for Solving the Hybrid Flow Shop Scheduling Problem with Multi-Layer Assembly Operations

Orhan ENGİN[1]
Taha DURMAZ[1]
M. Emin BAYSAL[1]
Ahmet SARUCAN[1]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye,

1. Giriş

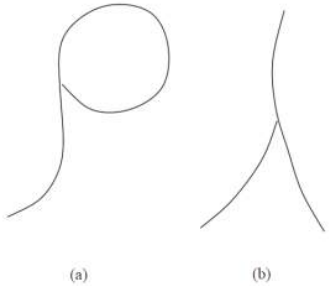
Akış tipi çizelgeleme, kendisinden sonraki araştırmalara yön veren öncü bir çalışmadır. İlk olarak Johnson tarafından 1954 yılında ortaya çıkartılmıştır [1]. Akış tipi çizelgeleme, gerçek hayatta en çok karşılaşılan problemlerden biridir. Esnek Akış Tipi (EAT) çizelgeleme problemleri de klasik akış tipi ile paralel makine problemlerinin birleşiminden oluşmaktadır. EAT çizelgeleme problemlerinin çözümü için 1980'li yıllardan günümüze sezgisel ve meta-sezgisel birçok yaklaşım önerilmiştir. EAT çizelgeleme problemleri NP-zor (Polinomial olmayan-zor) olarak bilinmektedir [2]. EAT çizelgeleme ile ilgili ilk çalışma Arthanari ve Ramamurthy [3] tarafından yapılmıştır. Yazarlar, dal sınır algoritmasını çözüm olarak önermişlerdir. EAT çizelgeleme problemlerinin çözümü için son yıllarda metasezgisel yöntemler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Engin ve Döyen [2] esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için yapay bağışıklık sistemlerini kullanmışlardır. Alaykıran ve ark.[4] EAT problemlerinin çözümü için karınca kolonileri optimizasyonu yöntemini kullanmışlardır. Kahraman ve ark. [5] EAT çizelgeleme problemlerinin çözümü için etkili bir genetik algoritma önermişlerdir.

Birçok çizelgeleme probleminde işlerin birbirinden bağımsız olduğu belirtilmektedir. Gerçek hayatta üretilen mamullerin birçoğu birden fazla işin(parçanın): farklı kademelerdeki montajından meydana gelmektedir. Bu araştırmada çözülecek olan çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi problemler, EAT'nin bir alt problemini oluşturmaktadır. Bu problemde bir mamulü oluşturan parçalar öncelikli olarak esnek akış tipi ortamda işlenmektedir. EAT ortamında, özdeş paralel makineler bulunmakta ve işler akış tipi felsefesine göre makinelerde sırayla işlem görmektedir. İşlemleri tamamlanan parçalar sonraki aşamalarda birden fazla alt kademe montaj işlemlerine tabi tutularak mamul oluşturulmaktadır. Çalışmanın amacı, en son üretilen mamulün toplam tamamlanma süresini(makespan) minimum yapacak en uygun çizelgeyi elde etmektir.

Çözülecek problem literatürde NP-zor olarak bilinmektedir [6]. Komaki ve ark. [6] çok kademeli montaj operasyonlu EAT problemlerin çözümü için guguklu arama algoritmasını önermişlerdir. Bu çalışmada, çok kademeli montaj operasyonlu EAT problemlerin çözümü için paralel bir kanguru algoritması önerilmiştir. Amaç, minimum tamamlanma süresini verecek en uygun çizelgeyi elde etmektir.
Araştırmanın ikinci bölümünde, paralel kanguru algoritması anlatılmıştır. Üçüncü bölümde hesaplama işlemleri verilmiştir. Dördüncü bölümde ise elde edilen sonuçlar ve ileride yapılması önerilen çalışmalar sunulmuştur.

2. Parallel Kanguru Algoritması

Kanguru yöntemi, aynı zamanda lambda yada rho yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yöntemde Şekil 1'de görüldüğü gibi evcil kanguru sol alttan, vahşi kanguru sağ alttan başlar ve yolları bir süre sonra kesişir [7].

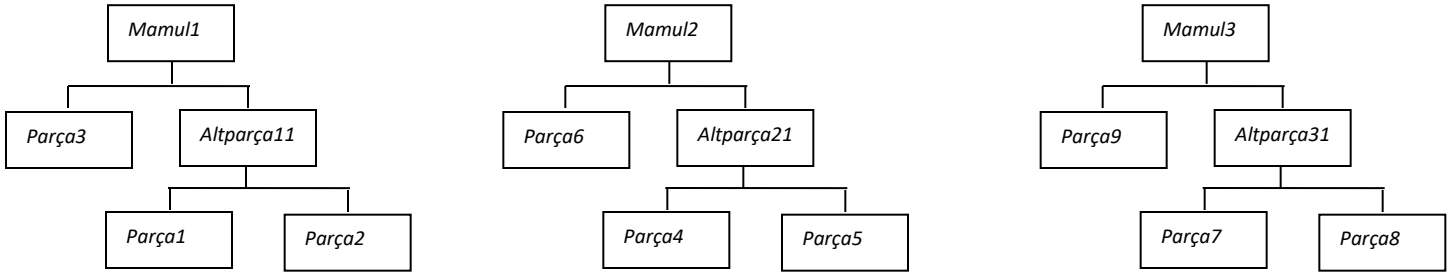


Şekil 1. Kanguru Algoritması Arama Yöntemleri (a) Rho (b) Lambda

Kanguru algoritması, kanguruların zıplama hareketinden esinlenerek geliştirilmiş bir meta sezgisel yöntemdir. Bu yöntemde birbirinden bağımsız olarak zıplayan iki operatör (kanguru) kullanılmaktadır. Bunlar evcil ve vahşi kangurulardır. Evcil kanguru küçük adımlar ile zıplarken, vahşi kanguru daha büyük adımlar ile zıplama yapmaktadır. Her iki kanguruda farklı çözüm bölgelerine ulaşmaya çalışırlar. Her bir kangurunun başlangıç zıplama noktaları farklıdır. Kangurularını zıplama hareketinden sonra amaç fonksiyonu değeri güncellenmektedir. Maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığında evcil yada vahşi kangurulardan hangisinin elde ettiği amaç fonksiyonu değeri daha iyi ise itarasyona her iki kanguruda bu iyi değerden başlayarak devam eder.
Kanguru ve Paralel kanguru algoritması literatürde son yıllarda çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılan bir meta sezgisel algoritmadır. Yılmaz ve ark. [8] iki amaçlı akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için paralel kanguru algoritmasını önermişlerdir. Araştırmalarında minimum tamamlanma zamanı ve minimum toplam gecikmeyi amaç olarak kullanmışlardır. Rastsal olarak geliştirilen problem setleri ile algoritmanın etkinliğini analiz etmişlerdir. Yine Yılmaz ve ark. [9] yapmış oldukları bir başka araştırmada, iki makineli beklemesiz akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için de paralel kanguru algoritması geliştirmişlerdir. İki makineli beklemesiz akış tipi çizelgeleme probleminin NP-zor olduğunu ifade etmişler ve toplam tamamlanma zamanını minimize etmeye çalışmışlardır. Kökçam ve Engin [10] bulanık proje çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir paralel kanguru algoritması geliştirmişlerdir. Baysal ve ark. [11] açık atölye tipi çizelgeleme problemlerinin toplam tamamlanma zamanının minimize edilmesi için paralel kanguru algoritmasını kullanmışlardır. Rasaal zıplama yapan evcil ve vahşi iki kanguru operatörünü paralel olarak çalıştırmışlardır. Literatürde yer alan açık atölye tipi çizelgeleme problemleri için başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Serbuncu ve ark. [12] tek makine çizelgeleme problemlerinin çözümü için karınca ve paralel kanguru algoritmasından oluşan melez bir yöntem önermişlerdir.

3. Hesaplama Sonuçları

Çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi problemlerin çözümü için paralel bir kanguru algoritması önerilmiştir. Komaki ve ark. [6] tarafından geliştirilen, üç mamule ait iki aşamalı ve her aşamasında iki makine bulunan montaj işlemli EAT problemi, geliştirilen paralel kanguru algoritması ile çözülmüştür. Her üç mamulün ürün ağacı, parça ve alt parçalara göre düzenlenerek Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi *Alt parça11* 'in montajının yapılması için *Parça1* ve *Parça2*'nin bütün işlemlerinin tamamlanması gerekir.



Şekil 2 Ürün ağacı[6]

Her üç mamulü oluşturan alt parçaların iki ayrı aşamaya göre işlem süreleri Tablo 1'de sunulmuştur. Mamullerin alt parçalarına ait süreler de Tablo 2'de verilmiştir[6].

Tablo 1. Parçaların işlem süreleri

Parçalar	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Aşama 1	5	7	10	8	6	9	10	5	9
Aşama 2	8	6	7	5	6	8	5	7	6

Tablo 2. Montaj işlem süreleri

Mamul Altparça	***Altparça11***	***Mamul1***	***Altparça21***	***Mamul2***	***Altparça31***	***Mamul3***
Montaj Süreleri	12	15	13	11	14	10

Önerilen paralel kanguru algoritmasının işlem adımları aşağıda sunulmuştur.

Adım 1: Başlangıç parametrelerinin seçimi,

Adım 2: Evcil ve vahşi kanguru için rassal başlangıç adımının belirlenmesi ve başlangıç amaç fonksiyonun hesaplanması,

Adım 3: Evcil ve vahşi kangurunun belirlenen adım büyüklüğüne göre zıplaması ve yeni amaç fonksiyonunun hesaplanması

Adım 4: Evcil ve vahşi kanguru için elde edilen amaç fonksiyonunun önceki çözümler ile kıyaslanması en iyi çözüm değerine göre *Adım 2* ve *Adım 3*'ün tekrarlanması

Adım 5: İterasyon sayısı kadar *Adım 4*'ün tekrarlanması,

Adım 6: *Adım 5*'te hesaplanan en iyi amaç fonksiyonu değerine göre nesil sayısı kadar işleme devam edilmesi,

Adım 7: Algoritmanın sonlandırılıp en iyi amaç değerinin belirlenmesi.

Hesaplamalar İ5 işlemcili 4GB RAM, bilgisayarda yapılmıştır. Paralel kanguru algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Paralel kanguru algoritması sonuçları Komaki ve ark. [6] tarafından CPLEX yardımı ile elde edilen optimal sonuçlar ile kıyaslanmıştır.

Tablo 3 Hesaplama Sonuçları

Altparça ve Mamul	Paralel Kanguru Algoritması C_{mac}	Komaki ve ark. [6] CPLEX C_{mac}
Altparça11	41	41
Altparça21	26	26
Altparça31	36	36
Mamul1	56	56
Mamul2	56	56
Mamul3	56	56

Tablo 3'de görüleceği gibi önerilen paralel kanguru algoritması yardımı ile Komaki ve ark. [6] tarafından CPLEX yardımı ile elde edilen optimal sonuçlara ulaşılmıştır.

4. Sonuç

Bu araştırmada, çok kademeli montaj operasyonlu EAT çizelgeleme probleminin çözümü için bir paralel Kanguru algoritması geliştirilmiştir. Önerilen paralel kanguru algoritması literatürde, Komaki ve ark. tarafından geliştirilen çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi çizelgeleme problemi ile test edilmiştir. Amaç, en son mamulün tamamlanma zamanını (makespan) minimize etmektir. Elde edilen sonuçlar, önerilen paralel kanguru algoritmasının, çok kademeli montaj operasyonlu esnek akış tipi çizelgeleme probleminin çözümü için etkili bir meta sezgisel yöntem olduğu gösterilmiştir.

5. Referanslar

[1] Johnson, S.M., 1954, Optimal two- and three- stage production schedules with setup times included, Nav. Res. Logist. Q. 1 (1), 61-68.

[2] Engin, O., Döyen, A., 2004, A new approach to solve hybrid flow shop scheduling problems by artificial immune system, Future Generation Computer Systems, 20, 1083- 1095.

[3] Arthanari, T.S., Ramamurthy, K.G., 1971, An extension of two machines sequencing problem, Opsearch, 8, 10–22.

[4] Alaykıran K., Engin, O., Döyen, A., 2007, Using ant colony optimization to solve hybrid flow shop scheduling problems, Int J Adv Manuf Technol, 35, 541- 550.

[5] Kahraman, C., Engin, O., Kaya, İ. ve Yılmaz, M.K., 2008, An application of effective genetic algorithms for solving hybrid flow shop scheduling problems, International Journal of Computational Intelligence Systems, 1, 134- 147.

[6] Komaki, M. Sheikh, S., Teymourian, E., Malakooti, B., 2015, Cuckoo Search Algorithm for Hybrid Flow Shop Scheduling Problem with Multi-layer Assembly Operations, Proceedings of the 2015 International Conference on Operations Excellence and Service Engineering, Orlando, Florida, USA, September 10-11.

[7] Teske, E., 2003, Computing discrete logarithms with the parallelized kangaroo method, Discrete Applied Mathematics, 130 (2003), 61-82.

[8] Yılmaz, M.K., Engin, O., Fığlalı, A., Yavuz, M., 2010, Parallel Kangaroo Algorithm for Bi-objective Flow Shop Scheduling with a New Weight Combining Approach, 1st International Symposium on Computing in Science & Engineering, ISCSE-2010, Gediz University (İzmir), June 3-5, Kuşadası Aydın Turkey, 823- 827.

[9] Yılmaz, M.K., Kökçam, A.H., Duvarcı, V., Fığlalı, A., Ayöz, M., Engin, O., 2010, Paralel Kanguru Algoritması Yardımıyla Beklemesiz Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Çözümü, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi.

[10]Kökçam, A.H. ve Engin, O., 2010, Bulanık Proje Çizelgeleme Problemlerinin Meta Sezgisel Yöntemlerle Çözümü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi (Sigma), 28, 86-101.

[11] Baysal, M. E., Durmaz, T., Sarucan, A., Engin, O., 2012, Açık Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Kanguru Algoritması İle Çözümü, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27, 4, 855-864.

[12] Serbencu, A., Minzu, V., Serbencu, A., 2007, An Ant Colony System Based Metaheurıstic For Solving Single Machine Scheduling Problem, *The Annals Of "Dunarea De Jos" Unıversity Of Galati Fascicle III*, 2007, Issn 1221-454x, Electrotechnıcs, Electronıcs, Automatıc Control, Informatıcs, 19-24.

Özet

Derin kazı sistemlerinde temel oturmasının yanal deplasmanlar ile beraber oluşması komşu binalara zarar verebilir. Bu tip sistemlerde oluşabilecek deformasyonları öngörmek için üç boyutlu sonlu elemanlar analizi kullanılabilir. Bu çalışmada daha önce literatürde verilmiş derin kazı sisteminin üç boyutlu sonlu elemanlar (3B SE) analizi sunulmaktadır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada kazı öncesi durum dikkate alınmış ve kazı aşamaları modellenmiştir. Bu bildiride görüntü işleme tekniği kullanılarak sistemin 3B SE modellemesi yapılmıştır. Bu çalışmayla sunulan nümerik modelleme tekniği kullanılarak, kazı aşamalarının da dikkate alınmasıyla derin kazı sistemlerinin daha etkin tasarımına olanak sağlanmaktadır.

Anahtar kelimeler:

Üç boyutlu sonlu elemanlar analizi, Kazı aşamaları, Derin kazı sistemi, Görüntü işleme.

Abstract

Ground settlement associated with lateral displacements can cause damage to adjacent buildings. Three-dimensional finite element analysis can be used to predict deformations that may occur in such systems. This study presents a three-dimensional finite element (3D FE) analysis of deep excavation system previously reported as a case study in the literature. The post-construction process and the stages considered prior to the excavation have been included into the modelling and the analysis stages. In this paper, 3D FE modeling of the entire excavation process including the underpinning foundation system adaptation promoting the passive resistance of diaphragm walls have been performed by using the novel image processing technique presented by the authors previously. The paper concludes that the numerical modeling technique presented in this study provides an efficient design tool for the deep excavation systems.

Keywords:

Three dimensional finite element analysis, Excavation stages, Deep excavation system, Image processing.

Kazı Aşamaları Dikkate Alınarak Derin Kazı Sistemlerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Analizi

Three-Dimensional Finite Element Analysis of Deep Excavation Systems Considering Excavation Stages

Halil Murat ALĞIN[1]
Arda Burak EKMEN[1]
Egemen KAYA[1]

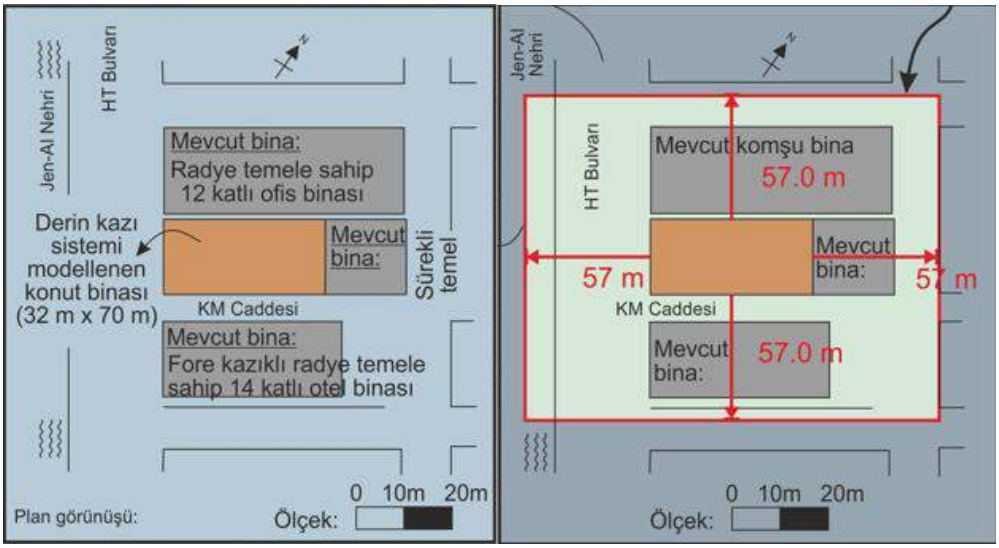
[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

İnşaat mühendisliği uygulamalarında derin kazı sistemleri, günümüzde önemli bir yer kaplamaktadır. Diyafram duvarlar, ankraj sistemleri, kazık duvarlar temel zemininin kazılması durumunda mevcut yapıları korumak için geliştirilmiş sistemlerdir. Kazı işlemine bağlı olarak oluşan deformasyonlar bazı durumlarda büyük problemlere neden olabilmektedir. Metro istasyonlarının inşası gibi çeşitli kazı destek sistemlerinin kullanıldığı uygulamalar literatürde sunulmuştur [1-2]. Ayrıca derin bodrum kazıları konusunda da bazı çalışmalar literatürde mevcuttur. [3-5]. Son zamanlardaki bazı çalışmalarda ise [3,5,6,7] kazı destek sistemlerinin, komplike bir yapı-zemin etkileşimi problemi olduğuna rastlanmaktadır. Derin kazı sistemleri ile ilgili Peck ise [8] derin kazılarda oturma etki bölgesi uzunluğunun kazı derinliğinin 2-3 katı olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmalarda kazı kaynaklı zemin deformasyonunun doğada üç boyutlu olduğu gösterilmiştir. Algin vd. [9] kazı aşamalarını dikkate almadan bir derin kazı sistemini 3B SE yöntemi ile analiz etmiştir. Bununla birlikte, literatürde kazı aşamalarını da dikkate alarak derin kazıların üç boyutlu sonlu elemanlar analizini sunan sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada kazı aşamaları da dikkate alınarak mevcut tasarım yöntemlerindeki eksikleri giderebilecek ve komşu temel sistemleri de içeren bir tasarım yapılmıştır. Oluşturulan model, üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile çözülebilecek bir sistem sunmakta olup Algin [10-14] tarafından tanıtılan görüntü işleme tekniğiyle bu modellemenin yapılabileceği bu bildiride açıklanmaktadır.

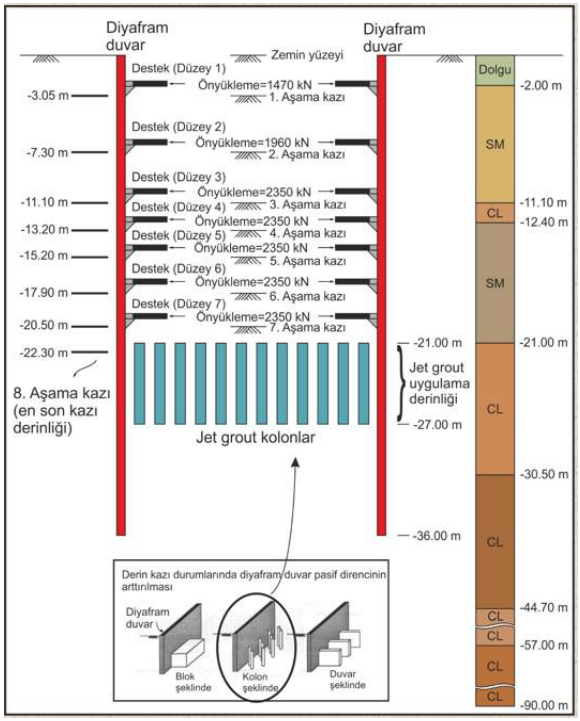
2. Yöntem

Bu çalışmada, Hsieh ve diğ. [5] tarafından literatürde sunulan derin kazı uygulaması dikkate alınmıştır. Bu çalışma kapsamında 35 kattan oluşan altı katlı bodruma sahip 2003 yılında inşa edilmiş bir yapının derin kazı sistemi kazı aşamaları dikkate alınarak modellenmiş olup bu kazının komşu mevcut binalara muhtemel deformasyon etkisi analiz edilmiştir. Şekil 1'de modellenen derin kazı sisteminin plan görünüşü verilmiştir.



Şekil. 1. Modellenen derin kazı sisteminin plan görünüşü

Derin kazı bölgesinin tabanı Hsieh ve diğ. [5] tarafından belirtildiği gibi jet grout kolonlar ile güçlendirilmiş ve kazıyı desteklemek için diyafram duvarlar inşa edilmiştir. 3B SE modeli oluşturulurken bu projenin geometrik ve malzeme verileri dikkate alınmıştır. Üzerinde çalışılan bina 2240 $m^{2'}$lik (32 m x 70 m) bir alan kaplamaktadır ve mevcut binalar ile arasındaki mesafe 0.2 ile 12 m arasında değişmektedir. Belirtilen binanın kazı derinliği ise Şekil 2 'de gösterildiği gibi 22.3 m'dir. Diyafram duvarlar zemin yüzeyinden 36 m derinliğe kadar uzanmakta olup kalınlıklar 1 m'dir (Şekil 2). Yaklaşık olarak 0.6 m çaplı jet grout kolonları Şekil 2'de gösterildiği gibi kazı tabanı boyunca 2 m aralıklarla oluşturulmuştur.



Şekil 2. Zemin profili ve derin kazı sistemi detayları

Tablo 1'de bu çalışmada kullanılan sistem elemanlarının malzeme özellikleri verilmiştir [5]. Tablo 2'de ise zemin profili ile ilgili detaylı bilgiler yer almaktadır [5].

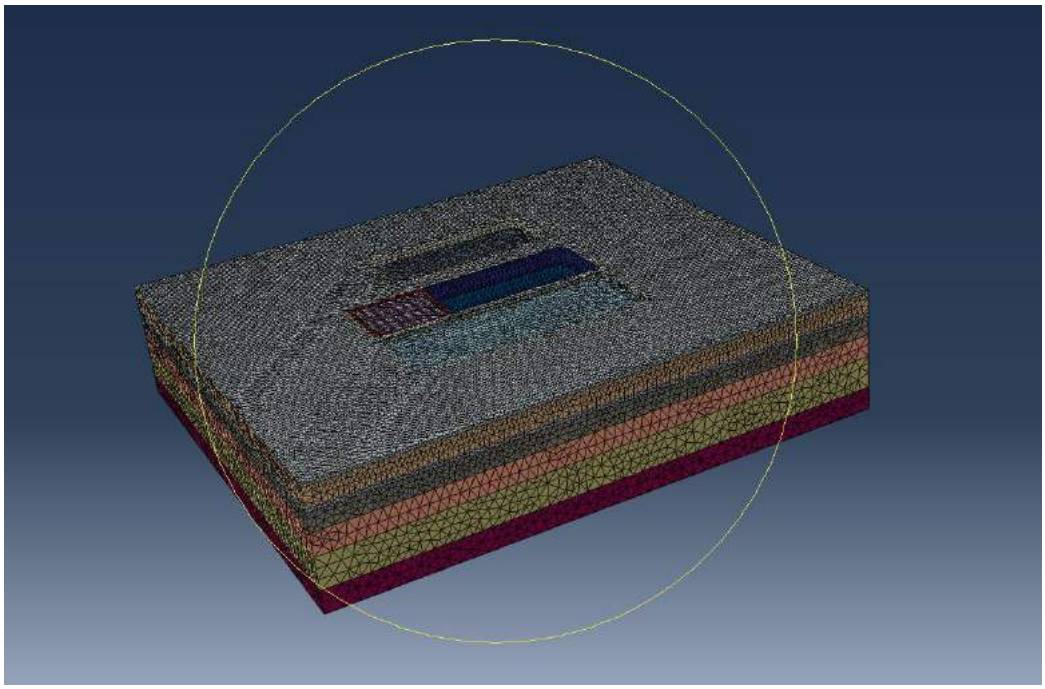
TABLO I. SİSTEM ELEMANLARININ MALZEME ÖZELLİKLERİ

Malzeme	γ_n (kN/m3)	E (MPa)	ν	c' (MPa)
Sürekli Temel (LE)	25	33000	0.2	-
Radye Temel (LE)	25	33000	0.2	-
Jet Grout Kolonları (MC)	25	3200	0.19	4
Diyafram Duvar (LE)	25	33000	0.2	-

TABLO II. ÇALIŞILAN ZEMİN PROFİLİ İLE İLGİLİ DETAYLAR

Tabaka	Derinlik (m)	Sınıflama	Ortalama SPT-N	γ_n (kN/m³)	w_n (%)	I_p (%)	q_u (kPa)	ϕ (o)
1	0–2	Dolgu	3	19.2	23.2	—	—	—
2	2–11.1	SM	7	19.5	27.6	—	—	29
3	11.1–12.4	CL	5	18.7	26.8	12.1	80	—
4	12.4 –21	SM	10	18.9	29.1	—	—	28
5	21–30.5	CL	12	19.2	22.4	10	180	—
6	30.5– 44.7	CL	12	18.8	29.3	7.3	320	—
7	44.7–57	CL	25	19	28.5	8.4	430	—
8	57–90	CL	30	19.5	25	9.6	—	—

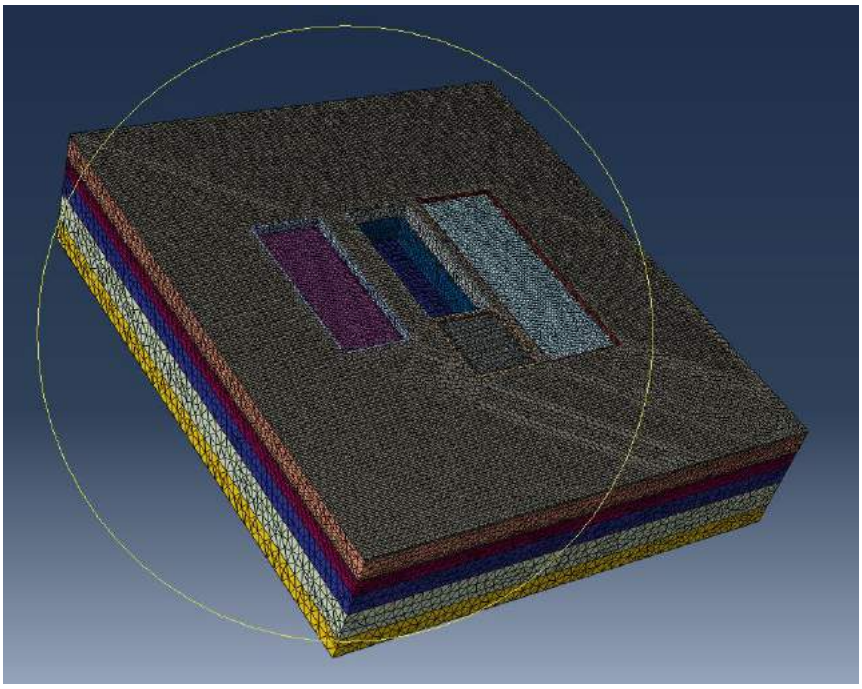
Hsieh ve diğ. [5] tarafından raporlanan bilgiler çerçevesinde derin kazı sistemi 3B olarak modellenmiştir. Şekil 3'te oluşturulan modelin kazı inşa aşaması önceki durumu gösterilmiştir.



Şekil 3. Kazı inşa aşaması önceki modelin görünümü

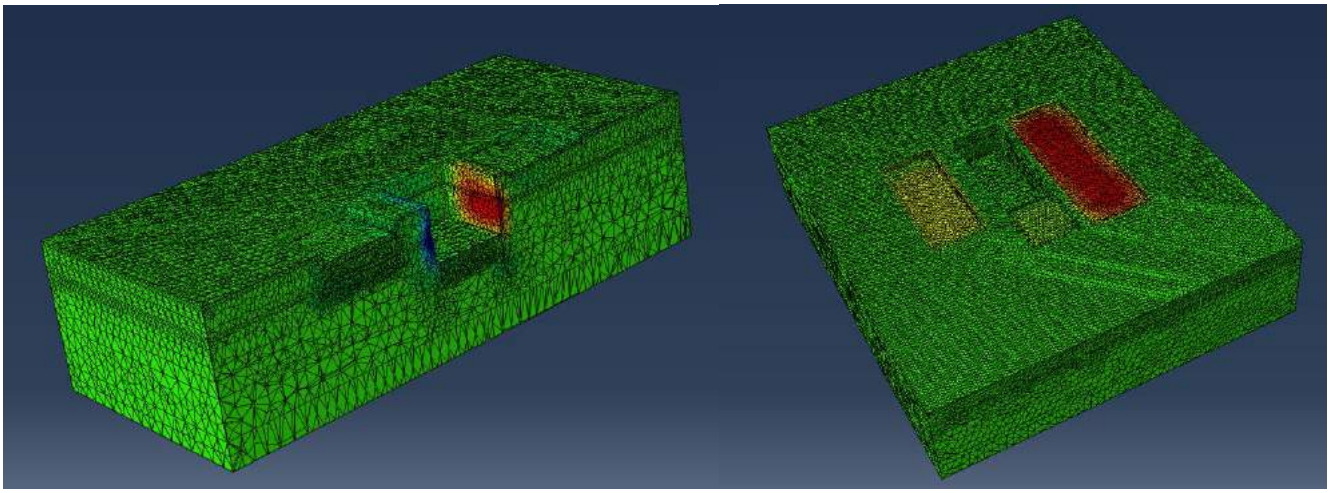
3. Bulgular ve Tartışma

Pek çok derin kazı, düzlem deformasyon durumuna göre analiz edilir. Ancak, bu analiz durumları için bazı hususları belirtmek gerekir. Düzlem deformasyon analizleri, kazı derinliği ortalarında zemin basınçlarını ve duvar deplasmanlarını gerçekten fazla bulmaktadırlar. Bu kapsamda 3B SE modellemesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Şekil 4'te modelin kazı sonrası oluşan görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4. Kazı sonrası modelin görünümü

Modellenen sistem, kazı inşa aşamaları dikkate alınarak 3B SE analizine tabi tutulmuştur. Tüm sistem için hem oturma hem de yanal deplasman değerleri kontrol edilmiştir. Şekil 5'te 3B SE analizi sonucu sistemde oluşan yanal deformasyonlar ve oturmalar gösterilmiştir. Kazı inşa aşamaları dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda uzun kenar için maksimum yanal deformasyon 5.18 cm olarak elde edilmiştir.



Şekil 5. 3B SE sonucu elde edilen yanal deformasyonlar

Maksimum oturmanın ise ofis binası altında oluştuğu ve 5.92 cm olarak elde edildiği belirlenmiştir. Hsieh ve diğ. [5] tarafından raporlanan sonuçların bu bildiride kazı inşa aşamaları dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda elde edilen değerler ile uyuştuğu görülmüştür. Bu durum 3B SE analizinde kazı aşamalarının da dikkate alınmasıyla elde edilen sonuçların hassasiyetini ve geçerliliğini göstermektedir.

4. Sonuç

Komşu temellerle etkileşim dikkate alınarak bu derin kazı projesinin analizi literatürde karmaşık bir zemin-yapı etkileşim problemi olarak tanımlanmıştır [5]. Ancak, bu bildiri kapsamında bu karmaşık 3B SE analizi, görüntü işleme tekniği kullanarak geliştirilen üç boyutlu sonlu eleman modellemeleriyle yapılabilmiş ve arazi ölçüm sonuçları ile çok yakın bir örtüşme elde edilmiştir. Bu çalışma ile derin kazı sistemlerinin kazı aşamalarını da dikkate alarak görüntü işleme tekniği ile 3B SE modellemesi yapılabileceği ve kullanılan tekniğin bu problem gibi karmaşık tasarımların analiz edilmesi için geçerli bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Referanslar

[1] Finno, R. J., Bryson, L. S., 2002. Response of Building Adjacent to Stiff Excavation Support System in Soft Clay. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, 16(1): 10-20.

[2] Koutsoftas, D. C., Frobenius, P., Wu, C. L., Meyersohn, D., And Kulesza, R., 2000. Deformations during Cut-and-Cover Construction of Muni Metro Turnback Project. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 126(4): 344-359.

[3] Ou, C. Y., Shiau, B. Y., Wang, I. W., 2000. Three-Dimensional Deformation Behavior of the Taipei National Enterprise Center (TNEC) Excavation Case History. Canadian Geotechnical Journal, 37(2): 438-448.

[4] Ng, C. W. W., 1992. An Evaluation of Soil-Structure Interaction Associated with a Multi-Propped Excavation. University of Bristol, Ph.D. Thesis, UK.

[5] Hsieh, H., Wang, C., And Ou C., 2003. Use of Jet Grouting to Limit Diaphragm Wall Displacement of a Deep Excavation. ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129(2).

[6] Lin, D. G., Phien-Wej, N., and Chung, T. C., 2003. Quantitative Evaluation Of Corner Effect On Deformation Behavior Of Multi-Strutted Deep Excavation İn Bangkok Subsoil. Journal of the Southeast Asian Geotechnical Society, 34(1): 41-57.

[7] Zdravkovic, L., Potts, D. M., and St John, H. D., 2005. Modeling of a 3D Excavation in Finite Element Analysis. Geotechnique, 55(7): 497-513.

[8] Peck, R. B., Deep Excavations and Tunneling In Soft Ground, Proceedings 7th International Conference On Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1969, State-of-The-Art Volume, Mexico.

[9] Algin H.M., Ekmen A.B., Yenmez L., Gümüş V., Yılmaz H. Derin Kazılarda Jet Grout Grup Kolonlarla Pasif Direnci Arttırılmış İç Destekli Diyafram Duvar Sistemlerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Analizi, 7. Uluslararası Katılımlı Geoteknik Sempozyumu, İstanbul, 22-24 Kasım (2017)

[10] Algin, H. M., Optimised design of jet-grouted raft using response surface method, Computers and Geotechnics, 74; 56–73, 2016.

[11] Algin, H. M., ve Ekmen, A. B., 2015. Natm Tüneli İle Köprü Temel Etkileşiminin Üç Boyutlu Sayısal Analizi. 6. Geoteknik Sempozyumu, 26-27 Kasım, Adana, S.20-27.

[12] Algin, H. M., ve Ekmen, A. B., 2016. Dktk Grupları Üzerindeki Radyelerin Tepki Yüzey Metodu İle Optimizasyonu. Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi, 13-14 Ekim, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

[13] Algin, H. M., 2013. Jet-Grout Kolon-Zemin Etkileşiminin Realistik Modellemesi Ve Arayüz Geometrisinin Geoyapısal Sistemin Davranışına Etkisi. 5. Geoteknik Sempozyumu, 5-7 Aralık, Adana, S.40-47.

[14] Algin, H. M., 2017. Optimised Design Of Jet-Grouted Rafts Subjected To Nonuniform Vertical Loading. Ksce, Korean Society Of Civil Engineers, 1-15.

Özet

Geçen yüzyıldan bu yana global deniz seviyesi yaklaşık 19 cm artmıştır. Bu artışın önümüzdeki yüzyılda da devam edeceği düşünülmektedir. Deniz seviyesindeki artışlar hem kıyı yerleşimlerini hem de kıyılardaki doğal yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Ayrıca deniz seviyesi düşey kontrol ağlarının datumu olarak kullanılmakta ve deniz seviyesindeki yüksek artış hızları jeodezik olarak düşey kontrol ağlarının datumunun güncellenmesi sorununu da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle deniz seviyesi değişimlerinin nedenlerinin araştırılması kıyı mühendisliği, klimatoloji ve jeodezi açısından önemlidir. Deniz seviyesi tektonik hareketler ve meteorolojik etkiler gibi birçok nedenden dolayı değişmektedir. Deniz seviyesi değişimleri ve deniz seviyesini etkileyen faktörler arasındaki ilişkinin lineer korelasyon katsayısı ile ifade edilmesi, lineer olmayan bağımlılık yapılarını ihmal etmekte ve değişkenler arasındaki bağımlılık yapılarının tam olarak ortaya çıkmasını engellemektedir. Bu çalışmada Ege kıyısında bulunan 2 mareograf istasyonundan elde edilen uzun dönemli deniz seviyesi değişimleri ve bazı meteorolojik faktörler arasındaki ilişki kapula temelli bir analiz metodu ile incelenmiştir. Pearson korelasyon katsayısının aksine Kapula fonksiyonları; lineer ve lineer olmayan ilişkileri modelleyebilmekte, lokal bağımlılıkları ortaya çıkarabilmektedir.

Anahtar kelimeler:

Deniz Seviyesi; Kapula; Meteoroloji; Korelasyon; Jeodezi.

Abstract

Global sea level has increased about 19 cm since the last century. This increase is expected to continue in the next century. Sea level increases threaten both coastal settlements and coastal habitats. In addition, the sea level is used as the datum of vertical control networks. High rise-rates of sea level geodetically brings the problem of updating the vertical control networks datum. Therefore, it is important to investigate the causes of sea level changes in terms of coastal engineering, climatology and geodesy. Sea level changes for many reasons, such as tectonic movements and meteorological effects. To use linear correlation coefficient for interpreting the correlation between sea level changes and the causes of sea level changes neglects the nonlinear dependence structures. In this study, the dependence between long-term sea level changes and some meteorological factors obtained from 2 tide gauge stations on the Aegean coast was investigated by a copula-based analysis method. Unlike the Pearson correlation coefficient, copula functions; shows linear, nonlinear dependence structures, and local dependencies such as tail dependency.

Keywords:

Sea level; Copula; Meteorology; Correlation; Geodesy.

Meteorolojik Parametreler ve Deniz Seviyesi Değişimi Arasındaki İlişkinin Kapula Fonksiyonları ile Analizi

Analysis of the Relationship Between Meteorological Parameters and Sea Level with Copula Functions

Emine TANIR KAYIKÇI[1]
Ahmet YAVUZDOĞAN[2]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye,
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye,

1. Giriş

Mareograf istasyonlarından elde edilen uzun dönemli ortalama deniz seviyesi, düşey kontrol ağlarının datumunun belirlenmesine katkı sağlaması açısından jeodezik araştırmalar için önemlidir. Geleneksel jeodezik yaklaşımda uzun dönemli ortalama deniz seviyesinin zamanla değişmediği kabul edilse de son yıllardaki çalışmalar deniz seviyesinin birçok faktörden dolayı arttığını göstermektedir. Bu değişim tektonik hareketler, ay ve güneş etkileri, meteorolojik faktörler, oşinografik etkiler, buzulların erimesi ve nehir akışlarından kaynaklanmaktadır. Deniz seviyesini etkileyen meteorolojik parametreler deniz ve hava sıcaklığı, hava basıncı ve rüzgarlardır.

Meteorolojik parametrelerin deniz seviyesi ile ilişkisi birçok araştırmacı tarafından lineer korelasyona dayalı yöntemler ile araştırılmıştır. Ancak lineer korelasyon (Pearson korelasyonu) ilişkilerin doğrusal olduğu ve hata terimlerinin dağılımının normal olduğu varsayımı altında değişkenler arasındaki bağımlılıkları modellemek için uygun bir araçtır. Değişkenlerin varyansları sonlu değilse korelasyon katsayıları tanımlanamaz. Ayrıca uygulamalarda çoğunlukla rastgele değişkenlerin ortak dağılımları normal dağılımda değildir.

Kapula fonksiyonları ise rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını modellemek amacıyla istatistik, ekonomi, aktüerya analizi, meteoroloji ve hidroloji alanlarında sıklıkla kullanılan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar değişkenlerin ve hatalarının dağılımlarından etkilenmemekte ve lokal bağımlılıkları ortaya çıkarabilmektedir. Ayrıca lineer ve lineer olmayan ilişkileri modelleyebilmektedir.

Bu çalışmada Ege kıyısında bulunan 2 mareograf istasyonundan (Menteş ve Bodrum) elde edilen uzun dönemli deniz seviyesi değişimleri ve bu istasyonlara ait meteorolojik parametreler (Hava Sıcaklığı, Hava Basıncı, Nem, Rüzgar Hızı) arasındaki ilişki kapula temelli bir analiz metodu ile incelenmiştir.

2. Yöntem

Kapula fonksiyonları, çok değişkenli dağılım fonksiyonlarını kendi tek değişkenli marjinallerine bağlayan fonksiyonlardır. Rastgele değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya modellemek amacıyla kullanılırlar. İlk defa 1959 yılında Sklar tarafından Kapula kavramı ortaya çıkarılmıştır. Sklar teoremine göre, verilen çok değişkenli bir dağılımı verilerin kendi marjinallerine bağlayan bir matematiksel fonksiyon vardır ki bu fonksiyona kapula denir. İki değişkenli dağılımlar için Sklar teoremi aşağıdaki gibi

yazılabilir.

$$H(x,y) = C(F(x), G(y)) \tag{1}$$

Burada $F(x)$ ve $G(y)$ x ve y değişkenlerine ait marjinal dağılım fonksiyonları, $H(x,y)$ ise marjinalleri $F(x)$ ve $G(y)$ olan ortak dağılım fonksiyonudur. Burada C ise $F(x)$ ve $G(y)$ marjinallerini $H(x,y)$ ortak dağılımına bağlayan fonksiyondur.

2.1. Deneysel Kapula Fonksiyonu

Deneysel veya ampirik kapula veri setinin tüm bağımlılık yapısını yansıttığı varsayılan bilinmeyen teorik kapula dağılımları için bir tahmin edici fonksiyondur. Aşağıdaki gibi hesaplanır (Genest ve Rivest 1993):

$$C_e(u,v) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \mathbf{1}\left(\frac{r_i}{n+1} \le u, \frac{s_i}{n+1} \le v\right) \tag{2}$$

Burada $\mathbf{1}$ başlatıcı fonksiyondur. Eğer koşul doğruysa 1, yanlış ise 0' a eşittir. r_i ve s_i verilerin sıralarının çiftlerini göstermektedir. n ise veri sayısıdır.

2.2. Kapula Parametresi Tahmini

Kapula parametresi her kapula fonksiyonu için farklı değer aralıklarına sahip olan ve değişkenler arasındaki bağımlılığı gösteren bir katsayıdır. Bu katsayı hem bağımlılığın yönünü hem de bağımlılığın miktarını göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca kapula üretici fonksiyonlarda da yer alır. Bu parametrenin tahmini için parametrik ve parametrik olmayan birçok tahmin yöntemi vardır. Bu çalışmada parametrik yöntemlerden maksimum olabilirlik yöntemi (Maximum Likelihood) kullanılmıştır.

2.3. Arşimedyen Kapula Ailesi

Arşimedyen kapulalar kolayca inşa edilebilmesi ve başka birçok özellikleri nedeniyle uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Arşimedyen kapulalar için, çok değişkenli bir kapula, tek değişkenli basit bir üretici fonksiyon kullanılarak üretilebilir. Bağımlılık modellemede en çok kullanılan 3 kapula fonksiyonu Clayton, Frank, Gumbel kapula fonksiyonlarıdır.

2.4. Clayton Kapula Fonksiyonu

Alt kuyruk bağımlılığına sahip Clayton kapulasına ait kapula formülü aşağıdaki gibidir (Clayton 1978) :

$$C_\theta(u,v) = max[(u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1), 0]^{\left(-\frac{1}{\theta}\right)} \tag{3}$$

Burada kapula parametresi $[-1, \infty)$ aralığındadır ve $\theta = 0$ durumunda değişkenler bağımsızdır.

2.5. Frank Kapula Fonksiyonu

Frank kapulası her iki kuyrukta da simetrik bir yapıya sahiptir. Kapula parametresi geniş bir aralığa sahip olmasının yanı sıra aynı zamanda pozitif ve negatif ilişkileri de modelleyebilmektedir. Frank kapulasına ait kapula formülü aşağıdaki gibidir.

$$C_\theta(u,v) = \frac{1}{\theta} ln\left(1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v})}{e^{-\theta} - 1}\right) \tag{4}$$

Kapula parametresi ($-\infty, \infty$) aralığındadır. 0 ise tam bağımsızlık durumunu göstermektedir.

2.6. Gumbel Kapula Fonksiyonu

Gumbel kapulası asimetrik bir yapıya sahip olup üst kuyruk bağımlılığını yorumlamada kullanışlıdır. Gumbel kapulasına ait kapula formülü aşağıda verilmiştir.

$$C_\theta\,(u,v) = e^{-\left((-\ln(u)^\theta) + (-\ln(v)^\theta)\right)^{1/\theta}} \tag{5}$$

Kapula parametresi [$1, \infty$) aralığındadır. 1 ise tam bağımsızlık durumunu göstermektedir.

2.7. Uygulama

Çalışmada kullanılan istasyonlardaki deniz seviyesi ve meteorolojik parametreler Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamında Harita Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan (https://tudes.harita.gov.tr/tudesportal/HaritaYukFrek.aspx) internet adresinden elde edilmiştir. Çalışmada Ege Denizi kıyısında bulunan Menteş ve Bodrum İstasyonlarından alınan aylık ortalamalı veriler kullanılmıştır (Şekil 2.). Menteş istasyonu için veriler 1999 – 2011 yılları arasında, Bodrum istasyonu için ise 1999 – 2017 yılları arasındadır.

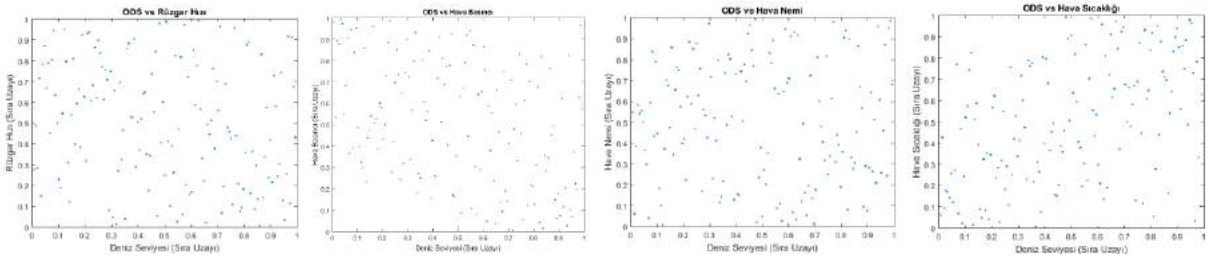
Şekil 2. Çalışmada kullanılan mareograf istasyonları

İlk olarak çalışmaya altlık oluşturması amacıyla istasyonlardaki deniz seviyeleri ve meteorolojik parametreler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

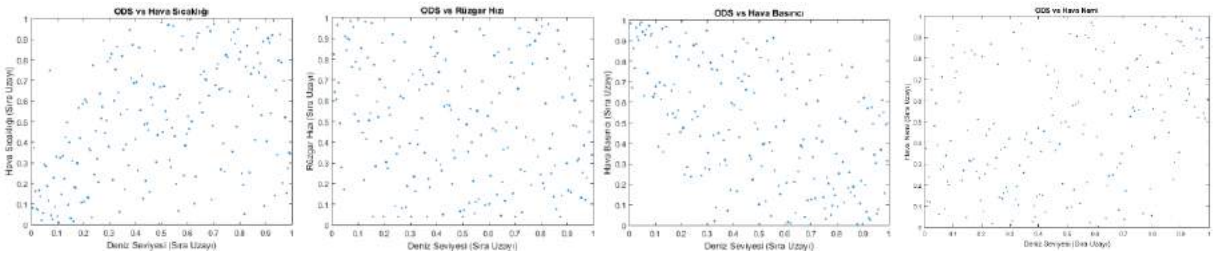
Tablo 1. Deniz Seviyesi ve Meteorolojik Faktörler Arasındaki Lineer Korelasyon

İstasyon Adı	Meteorolojik Parametreler	Lineer Korelasyon Katsayısı
Bodrum	Hava Sıcaklığı	0,4143
	Hava Basıncı	-0,3818
	Hava Nemi	0,0462
	Rüzgar Hızı	-0,0594
Menteş	Hava Sıcaklığı	0,4334
	Hava Basıncı	-0.5472
	Hava Nemi	0,3286
	Rüzgar Hızı	-0.1571

Çok değişkenli dağılımlarda veriler arasındaki ilişkiyi gözlemlemenin bir yolu da verileri sıra uzayına dönüştürmektir. Bu sebeple deneysel kapula hesabında da kullanılacak olan sıra sayıları [0,1] aralığında ölçeklenerek her istasyondaki meteorolojik parametreler ve deniz seviyesi verileri için hesaplanmıştır. (Şekil 3. Ve Şekil 4.)

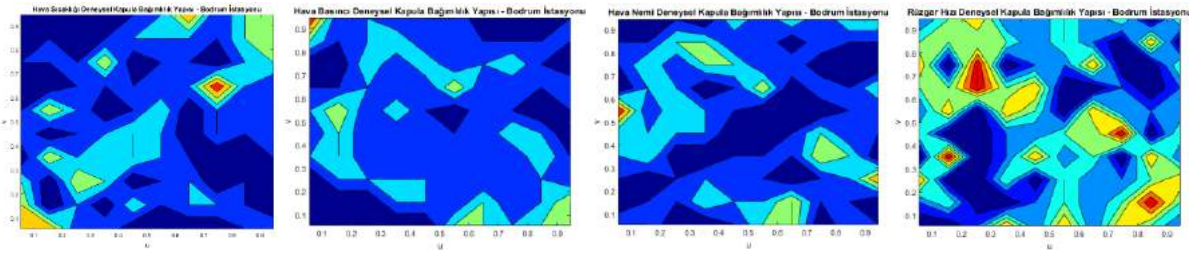


Şekil 3. Bodrum istasyonundaki deniz seviyesi ve meteorolojik faktörlerin sıra uzayında tanımlanması

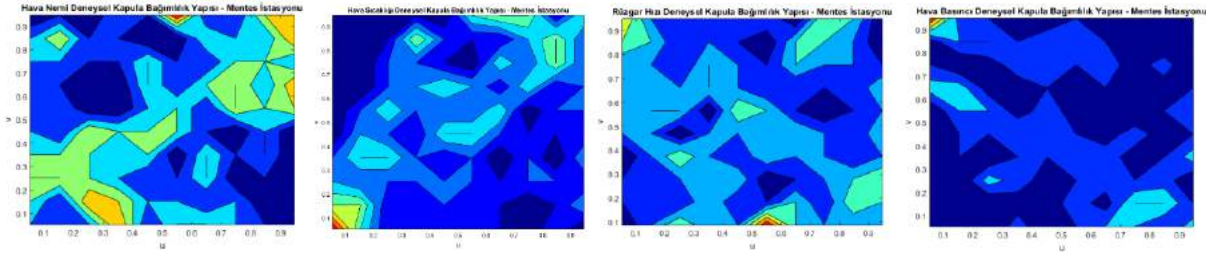


Şekil 4. Menteş istasyonundaki deniz seviyesi ve meteorolojik faktörlerin sıra uzayında tanımlanması

Deneysel kapula fonksiyonu esasında sıra uzayına dönüştürülen ortak dağılımın yoğunluk fonksiyonu olarak tanımlanabilir. İstasyonlardaki deniz seviyesi ve meteorolojik faktörler arasındaki deneysel kapula hesaplanmıştır. (Şekil 5. Ve Şekil 6.)



Şekil 5. Bodrum İstasyonunda deniz seviyesi ve meteorolojik parametreler arasındaki deneysel kapula



Şekil 6. Menteş İstasyonunda deniz seviyesi ve meteorolojik parametreler arasındaki deneysel kapula

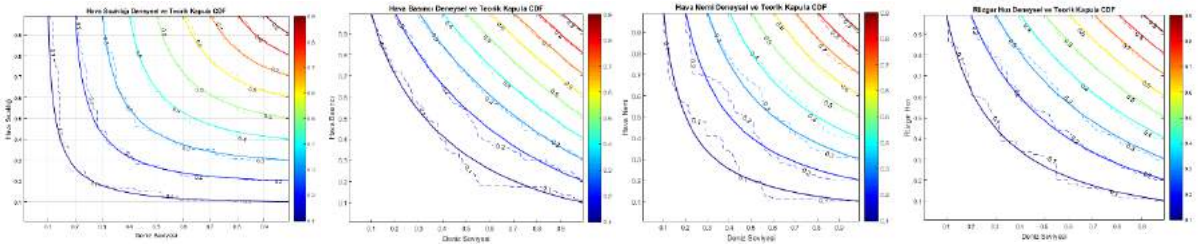
İstasyonlardaki deniz seviyesi ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi gösteren kapula parametreleri Frank, Clayton, Gumbel fonksiyonları için hesaplanarak uyum iyiliği testi yapılmıştır. Hesaplanan bu kapula parametrelerine göre bağımlılık yapısını en iyi modelleyecek kapula fonksiyonunun seçimi için Cramer -Von Mises metriğine göre uyum iyiliği testi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. İstasyonlardaki Deniz Seviyesi ve Meteorolojik Parametreler için Hesaplanan Kapula Parametreleri ve Uyum İyiliği Katsayıları

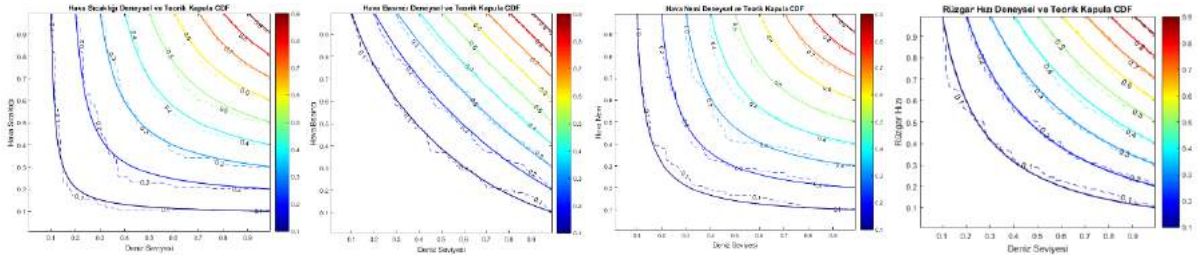
İstasyon Adı	Kapula Fonksiyonu	Kapula Parametresi	Cramer Von Mises Metriği
Bodrum İstasyonu Hava Sıcaklığı	Frank	3.0180	0.0321
	Clayton	0.6088	0.1847
	Gumbel	1.3674	0.1049
Bodrum İstasyonu Hava Nemi	Frank	-0.0638	0.0207
	Clayton	0.0061	0.0221
	Gumbel	1.0512	0.0514
Bodrum İstasyonu Hava Basıncı	Frank	-2.4685	0.0571
	Clayton	1.4509*	0.8311
	Gumbel	1.0000*	0.8311
	Frank	-1.4151	0.0476

Bodrum İstasyonu Rüzgar Hızı	Clayton	1.4509*	0.4023
	Gumbel	1.0000*	0.4023
Mentes İstasyonu Hava Sıcaklığı	Frank	3.0263	0.1635
	Clayton	0.7444	0.0788
	Gumbel	1.3358	0.3709
Mentes İstasyonu Hava Nemi	Frank	2.1063	0.1121
	Clayton	0.2981	0.4437
	Gumbel	1.2282	0.1884
Mentes İstasyonu Hava Basıncı	Frank	-3,5532	0.0868
	Clayton	1.4509*	2.2257
	Gumbel	1.0000*	2.2257
Mentes İstasyonu Rüzgar Hızı	Frank	-1.0347	0.0606
	Clayton	1.4509	0.2809
	Gumbel	1.0000	0.2809

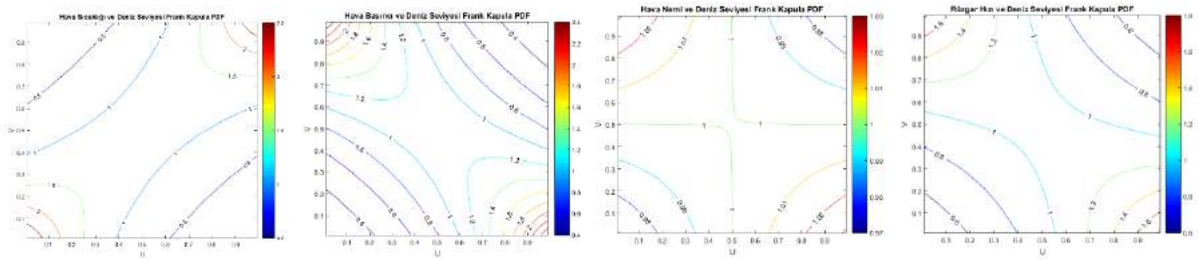
Tablodaki gri renk ile işaretlenen metrikler bağımlılığı en iyi modelleyen kapula fonksiyonlarını, (*) işareti ise kapula fonksiyonlarının bağımlılığı modelleyemediğini göstermektedir. İstasyonlardaki değişkenlere ait kapula parametreleri ve en uygun kapula fonksiyonlarının seçiminden sonra veriler en uygun kapula fonksiyonuna göre teorik kapulaya uydurulmuştur. Teorik kapulaların olasılık yoğunluk fonksiyonu (Probability Density Function – PDF) . (Şekil 9. Ve Şekil 10.) ve birikimli yoğunluk fonksiyonları (Cumulative Density Function - CDF) verilmiştir. (Şekil 7. Ve Şekil 8.)



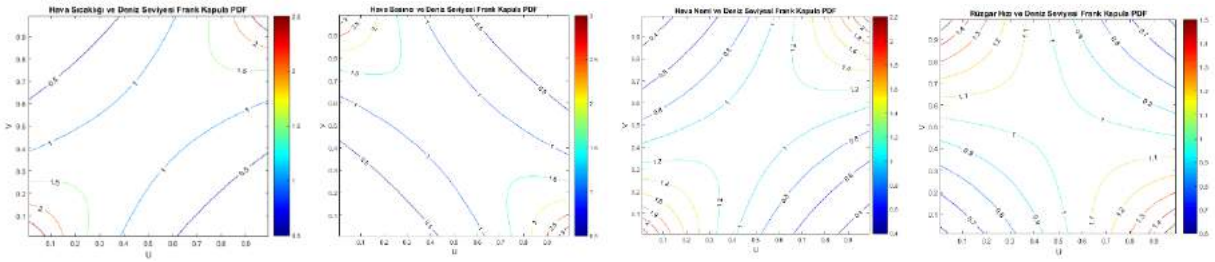
Şekil 7. Bodrum istasyonundaki değişkenlere ait deneysel CDF ve teorik kapula CDF



Şekil 8. Mentes istasyonundaki değişkenlere ait deneysel CDF ve teorik kapula CDF



Şekil 9. Bodrum istasyonundaki değişkenlere ait bağımlılığı gösteren kapula PDF



Şekil 10. Mentes istasyonundaki değişkenlere ait bağımlılığı gösteren kapula PDF

3. Bulgular ve Tartışma

Değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının teorik bir Arşimedyen kapula fonksiyonu ile modellenmesi sonucunda, teorik kapula fonksiyonlarına ait olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) elde edilmiştir. Bu olasılık yoğunlukları değişkenlerin bağımlılık yapısını sunmaktadır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu grafikleri (Şekil 9. ve Şekil 10.) incelendiğinde Bodrum istasyonunda deniz seviyesi ve hava sıcaklığı arasında pozitif yönde (artan) 0.5 – 2.5 arasında değişen güçlü bir bağımlılık yapısı, deniz seviyesi ve hava basıncı arasında negatif yönde (azalan) 0.4 – 2.4 arasında değişen güçlü bir bağımlılık yapısı, deniz seviyesi ve hava nemi arasında önemli herhangi bir bağımlılığın bulunmadığı, deniz seviyesi ve rüzgar hızı arasında negatif yönde 0.6 – 1.8 arasında değişen bağımlılık yapısı sonuçlarına ulaşılmıştır. Menteş istasyonunda ise deniz seviyesi ve hava sıcaklığı arasında pozitif yönde 0.5 – 2.5 arasında değişen güçlü bir bağımlılık yapısı, deniz seviyesi ve hava basıncı arasında negatif yönde 0.5 – 3 arasında değişen güçlü bir bağımlılık yapısı, deniz seviyesi ve hava nemi arasında pozitif yönde 0.4 – 2.2 arasında değişen güçlü bir bağımlılık yapısı, deniz seviyesi ve rüzgar hızı arasında ise 0.6 – 1.5 arasında değişen bağımlılık yapısı bulunmuştur. Kapula fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar lineer korelasyon katsayısı ile de uyumludur.

4. Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre Bodrum istasyonunda en güçlü ilişki deniz seviyesi gözlemleri ve hava sıcaklığı arasında bulunmuştur. Ayrıca deniz seviyesi ve hava basıncı arasındaki ilişki de güçlüdür. Ancak rüzgar hızı ve deniz seviyesi arasında negatif bir ilişki olsa da güçlü bir yapıda değildir. Hava nemi ile deniz seviyesi arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Menteş istasyonunda ise deniz seviyesi gözlemleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki hava basıncı ve hava sıcaklığı için gayet güçlü bir yapıdadır. Hava nemi ile deniz seviyesi arasında pozitif yönde bir ilişki gözlemlenmiştir. Rüzgar hızı ise yine negatif yönde düşük bir bağımlık yapısındadır. Bu sonuçlar lineer korelasyon ile elde edilen sonuçlarla uyumlu olup, sadece lineer bir bağımlılığı değil aynı zamanda lineer olmayan lokal bağımlılıkları da göstermesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca deniz seviyesi çalışmalarında kapula fonksiyonlarının kullanılabileceği gösterilmiştir.

5. Referanslar

[1] Genest, C. and Favre, C. 2007. Everything you always wanted to know about Copula modeling but were afraid to ask. Journal of Hydrologic Engineering 12(4): 347–368

[2] Genest, C. and Rivest. 1993. Statistical Inference Procedures for Bivariate Archimedean Copulas. American Statistical Association. 88: 1034–1043

[3] Jaworski, P., Durante, F., Jaworska, K., and Rychlik, T. 2010. Copula Theory and Its Applications. vol. 694, Springer

[4] Sklar, A. 1959. Fonctions de repartition a n dimensions et leurs marges, de l'Institut de Statistique de l'Universite de Paris, 8: 229–231

[5] Nelsen, R.B. 1999. An Introduction to Copulas. Springer Verlag, New York, 5-43,89-121, 125-179

[6] Joe, H. 1997. Multivariate Models and Dependence Concepts, Chapman and Hall, London, 12-35, 297-322

[7] Frees, E. W. And Valdez, E. A. 1998. Understanding relationships using copulas. North American Actuarial Journal. 2 (1):1-25

[8] Amblard. C., and Girard. S. 2002. Symmetry and dependence properties within a semiparametric family of bivariate copulas. Nonparametric Statistics. 14 (6): 715727

[9] Durante, F., Quesada-Molina, J.J., Ubeda-Flores, M. 2007. On a family of multivariate copulas for aggregation processes. Information Sciences, 177: 5715–5724

[10] Schweizer, B. 2007. Introduction to copulas. Journal of Hydrologic Engineering. 12 (4): 346

Özet

Fiber eleman teorisi deplasman esaslı (DB) ve kuvvet esaslı (FB) formüllere dayalıdır. Deplasmana dayalı formülasyonda, eleman rijitlik matrisleri için deplasman şekil fonksiyonları kullanılmaktadır. Kuvvete dayalı yaklaşımda elemen rijitlik matrisleri her bir kesit alanıdaki kuvvet dağılım alanlarını kullanarak hesaplanmaktadır.
Bu çalışmada, kuvvete dayalı fiber eleman yöntemi perde duvarların numerik olarak modellenmesi için araştırılmıştır. Metodun verimliliği deneysel ve numerik sonuçların kıyaslanmasıyla irdelenmiştir. Kıyaslama için bir perde duvarın deneysel sonuçları kullanılmıştır. Yapının dinamik analizinde, sönümleme tipi, sönümleme oranı ve fiber eleman sayısı değişken parametreler olarak seçilmişlerdir.

Anahtar kelimeler:

Fiber eleman, Deplasman esaslı formül, Kuvvet esaslı formül ve perde duvar.

Abstract

Theory of fiber element is based on Displacement-Based (DB) and Force-Based (FB) formulations. In the DB formulation, displacement shape functions are used for the element stiffness matrix. In a FB approach, element stiffness matrix is computed by using the force distribution fields on each cross section.
In this study, force based fiber element method was investigated for numerical modelling of shear wall. Effectiveness of the method was researched by the comparison of experimental and numerical results. Experimental results of a shear wall structure were used for comparison. In dynamic analyses of the structure, damping type, damping ratio and fiber element number were selected as variable parameters.

Keywords:

Fiber element; Displacement-Based formulation; Force-Based formulation and shear wall.

Perde Duvarın Kuvvete Dayalı Fiber Eleman Yöntemi ile Analizi

Analysis of a Shear Wall with Force–Based Fiber Element Method

Mehmet Eren GÜLŞAN[1]
Ömer Faruk OSMANLI[2]
Muhammet KARATON[3]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye,
[3]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye,

1. Introduction

Reinforced Concrete (RC) shear walls are structural elements which increase the seismic performance of buildings considerably. Fiber and fiber-spring elements are used for the modeling of inelastic behavior of these elements [1-3]. Although fiber element modeling method provides a certain amount of accuracy for the modeling of RC shear walls, the studies related with this method continue due to uncertainties regarding number of fiber element and number of integration points in the element axis for the cross section of the shear wall [2].

In this study, force based fiber element method was investigated for numerical modelling of shear wall. Effectiveness of the method was researched by the comparison of experimental and numerical results. Shear wall structure named as CAMUS I was used for experimental results. Numerical results were obtained by using SeismoStruct software [4]. In dynamic analyses of the structure, damping type, damping ratio and fiber element number were selected as variable parameters. In order to investigate the effectiveness of the method, experimental results of time history response of top displacement of the shear wall are compared with numerical results.

2. Fiber Element Theory

In the Fiber Element analysis, each cross section of a beam or column is divided by Fiber elements. These fiber elements have uniaxial behavior and internal forces of the elements are added by linear superposition for each cross-section (Figure 1). Uniaxial stress-strain relationship of each fiber is used separately for nonlinear behavior of them. Different integration points are taken into account for internal forces and stiffness matrix of each beam-column element. Each cross section of the elements is coincided with these integration points (Figure 1).

Theory of fiber element is based on Displacement-Based (DB) [5, 6] and Force-Based (FB) formulations [7, 8]. In the DB formulation, displacement shape functions are used, corresponding for instance to a linear variation of curvature along the element. A refined discretization for each the structural element is required for accurate computation.

In a FB approach, a previously referred linear moment variation is imposed. Gauss-Lobatto integration method is used for element computations. A minimum number of 4 integration point are suggested although 5-7 integration point are typically used (Figure 2). Element stiffness matrix is computed by using the force distribution fields on each cross section.

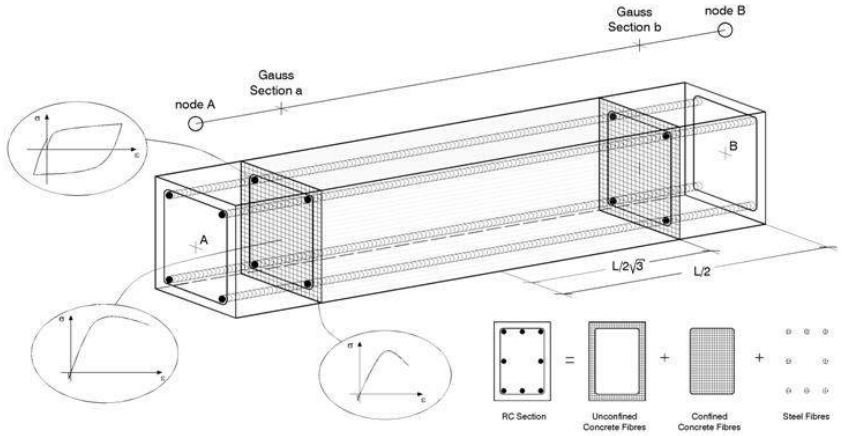


Figure 1 Cross-Section of beam-column element and superposition details [4].

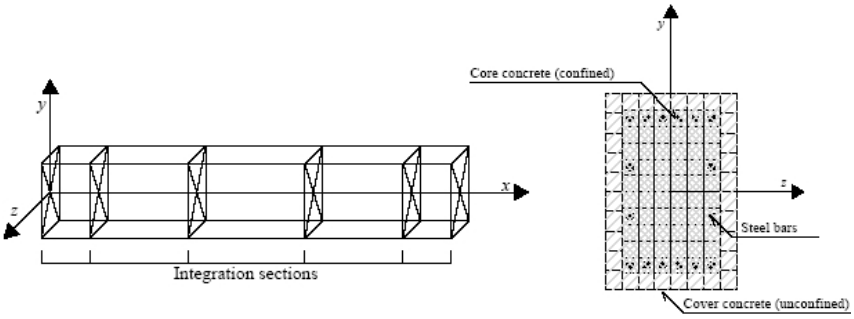


Figure 2 Integration section details of fiber element [4].

3. Numerical Analysis of CAMUS I shear Wall Structure

Shaking table test of shear wall structure which is named as CAMUS I was carried out at Azal´ee (France). Seismostruct software was used in all solutions and structure modeling. In the software, Fiber element method was used in calculation of the structural parts while finite element method was using in the global solution of the shear walls. CAMUS I structure was consisted of two same and parallel reinforced concrete (RC) shear walls. Five story RC shear wall structure has 0.6 m footing height and 5.1 m total height. Width and thickness of these walls are 1.7 m and 0.06 m, respectively. Connection of shear walls was provided by rigid diaphragms. Total and each floor masses and reinforcement details were shown in Figure 3. In longitudinal direction of shear wall, 4.5, 5.0, 6.0 and 8.0 mm diameter reinforcement bars were used. Steel bars with 5 mm diameter and 170 mm spacing was used for stirrups. Tensile strength of steel bars was taken as 500 MPa which is mean value of experimental tensile test results. Additionally, elasticity modulus of the concrete is 28 GPa and Compressive strength of it is also 35 MPa [9]. Tensile strength, f_t was computed as,

$$f_t=0.5\sqrt{f_{ck}} \quad (1)$$

where, f_{ck} is uniaxial compressive strength of concrete. Therefore, concrete tensile strength is can be found as 2.958 MPa.

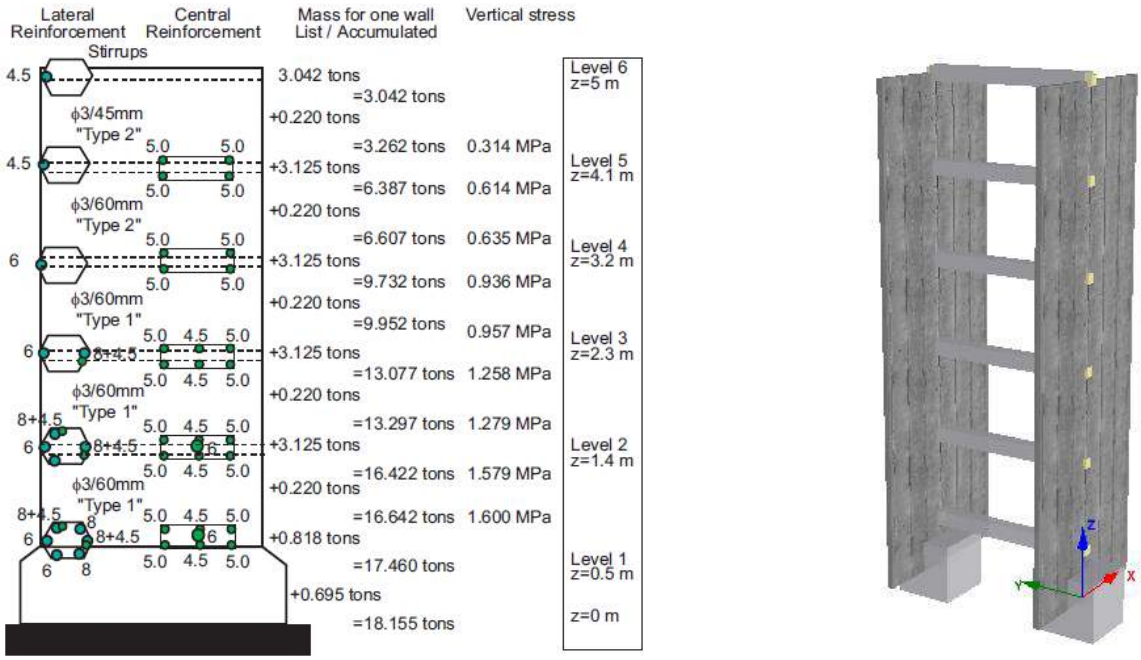
Finite element model of the shear wall is also seen in Figure 3. 14 nodes and 12 elements were used in the finite element model. 4 integration points were selected in fiber element model calculations. Fiber element number was changed for numerical convergence in the solutions. Maximum iteration number was selected as 50 and 300 in the global solution and in the element solutions, respectively.

Damping matrix in the dynamic analysis of structure is computed as,

$$[C] = \alpha*[M] + \beta*[K] \quad (2)$$

where, [M] and [K] is mass and stiffness matrix of the structure, respectively. α and β are coefficients of mass and stiffness matrix, respectively.

This damping matrix is also called as Rayleigh damping. In this study, only stiffness proportional, only Mass proportional and Rayleigh damping (both mass and stiffness proportional) were separately used as damping type in dynamic time-history analysis of CAMUS I shear wall structure. Eigenvalue analysis was carried out to calculate natural frequency and effective modal mass percentages of the structure and the results were given in Table 1. It is observed that from the table, the highest mass participation ratio was occurred in third mode. For that reason, natural frequency of third mode was selected for Mass proportional and Stiffness proportional damping type. Natural frequency of first mode was selected for Rayleigh damping type due to the second highest mass participation of this mode within all modes.



a) b)

Figure 3 a) Mass and reinforcement detail [9], b) Finite element model of CAMUS-I shear wall structure.

Table 1 Effective modal mass percentages of CAMUS I

Mode	Period	U_x (%)	U_y (%)	U_z (%)	R_x (%)	R_y (%)	R_z (%)
1	**0.824014**	0.00	**64.01**	0.00	34.21	0.00	0.00
2	0.136323	0.00	19.72	0.00	14.93	0.00	0.00
3	**0.121107**	**70.45**	0.00	0.00	0.00	1088.45	0.00
4	0.119675	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1028.37
5	0.090578	0.00	0.10	0.00	0.18	0.00	0.00
6	0.049915	0.00	6.49	0.00	8.16	0.00	0.00
7	0.026083	0.00	3.34	0.00	5.12	0.00	0.00
8	0.022528	0.00	3.11	1.63	5.06	0.00	0.00
9	0.019420	19.88	0.00	0.00	0.00	254.70	0.00
10	0.019389	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.92
11	0.006804	5.08	0.00	0.00	0.00	114.07	0.00
12	0.005995	0.00	0.05	84.08	0.09	0.00	0.00
13	0.003387	1.58	0.00	0.00	0.00	43.54	0.00
14	0.003310	0.00	5.01	0.05	8.90	0.00	0.40
15	0.002081	0.42	0.00	0.00	0.00	12.92	0.00
16	0.000969	2.59	0.00	0.00	0.00	89.81	0.00

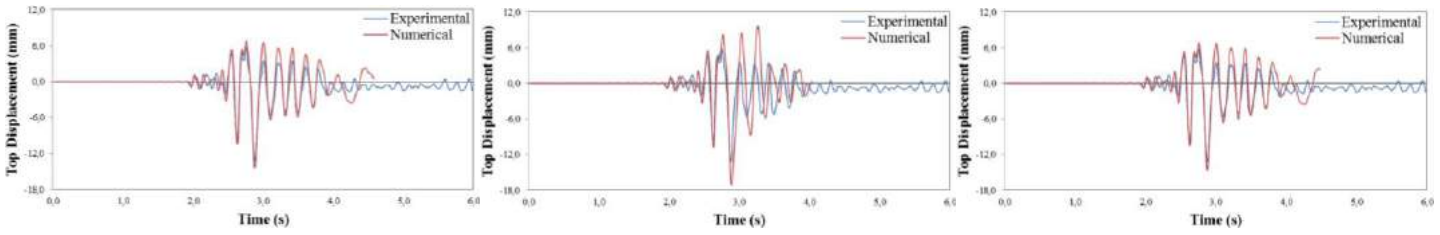
The absolute maximum top displacement value of CAMUS I is 13.20 mm in the experimental study [9]. The absolute maximum top displacement values obtained from numerical analysis are given in Table 2 for different damping ratio and damping type. Differences between numerical analyses and experimental results were also given in same table.

Damping ratio of RC structures change between 1% and 10%, in a typical building [10]. For this reason, damping ratio value of 5% was selected as an average value in the first stage of numerical analysis. In the next stages, numerical top displacement results of CAMUS I were obtained by the consideration of three different damping ratio values which are 2%, 3% and 4%. It can be seen from Table 2, minimum difference between

experimental and numerical results within the nine solutions was obtained as 4.08% for Mass proportional damping type at 5% damping ratio. Number of fiber element was taken as 250 in the first solution case. This fiber element number was changed to calibrate the difference between numerical analyses and experimental results in the next case. Time history graphs of top displacement of the CAMUS I can be observed in Figures 4 to 6 for these three damping ratios. According to the results for 2% damping ratio, a good fit is obtained between experimental and numerical results up to t=4.58 sec., t=4.03 sec. and t=4.48 sec. for Stiffness proportional, Mass proportional and Rayleigh damping, respectively. Moreover, Stiffness proportional and Mass proportional approaches exhibit high correlation between numerical and experimental results until t=4.61 sec., t=4.27 sec., respectively for the damping ratio of 3%. Due to the increase of difference between the results, numerical analyses are not carried out after these times. Numerical analysis was completed with only Rayleigh damping type in all earthquake loading steps for 3% damping ratio. On the contrary, although solution with Rayleigh damping can be obtained until t=4.94 sec., analyses were completed with Mass proportional and Stiffness proportional damping for 5% damping ratio.

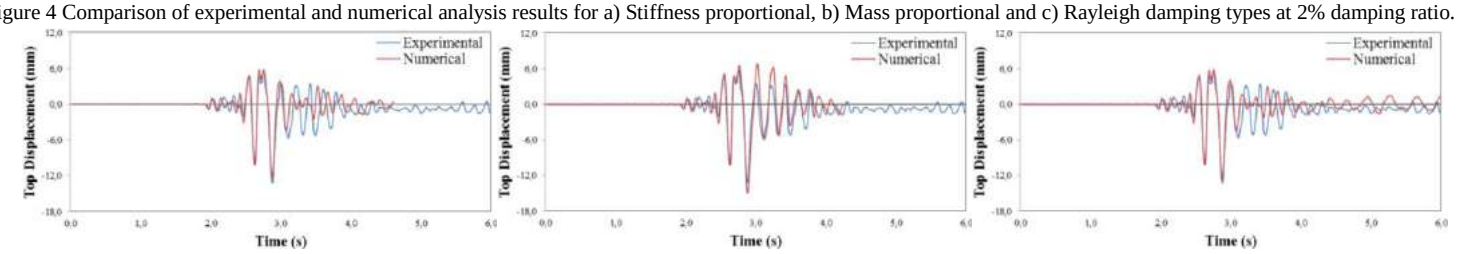
Table 2 Differences between experimental and numerical analyses results for 2%, 3% and 5% damping ratios.

Damping Ratio	**2%**		**3%**		**5%**	
Damping Type	Absolute maximum (mm)	Difference (%)	Absolute maximum (mm)	Difference (%)	Absolute maximum (mm)	Difference (%)
Stiffness Proportional	14.40	9.17	12.17	7.76	8.98	31.95
Mass Proportional	17.14	29.90	14.87	12.67	12.66	**4.08**
Rayleigh	14.59	10.58	12.40	6.02	9.08	31.20



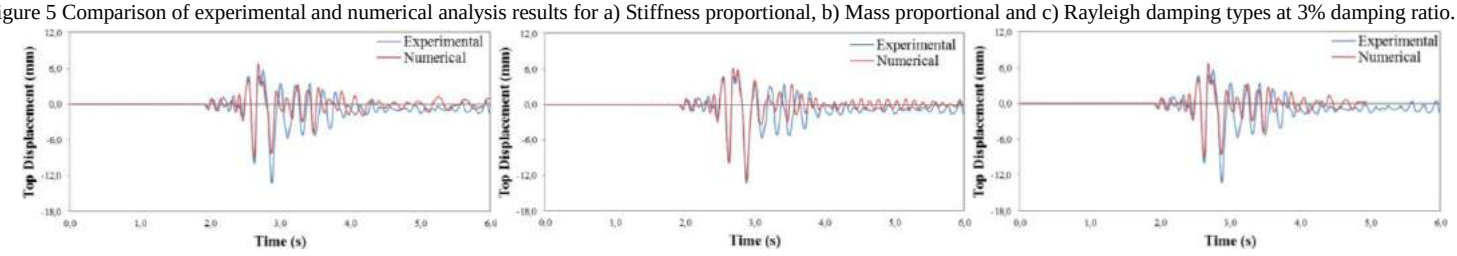
a) b) c)

Figure 4 Comparison of experimental and numerical analysis results for a) Stiffness proportional, b) Mass proportional and c) Rayleigh damping types at 2% damping ratio.



a) b) c)

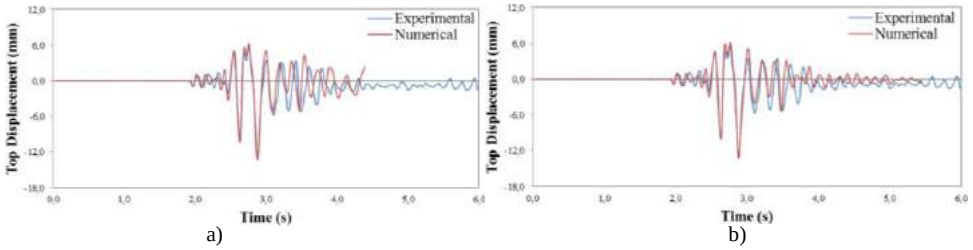
Figure 5 Comparison of experimental and numerical analysis results for a) Stiffness proportional, b) Mass proportional and c) Rayleigh damping types at 3% damping ratio.



a) b) c)

Figure 6 Comparison of experimental and numerical analysis results for a) Stiffness proportional, b) Mass proportional and c) Rayleigh damping types at 5% damping ratio.

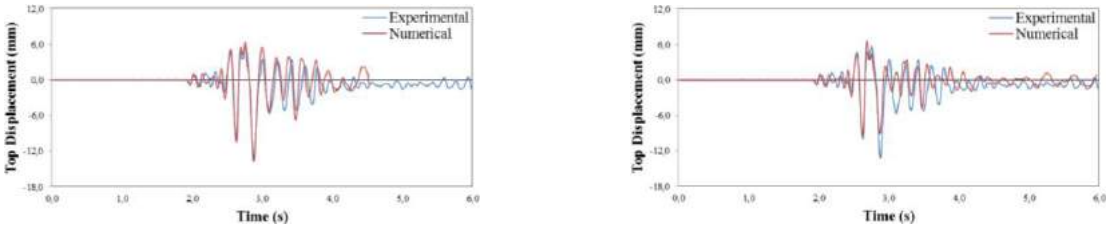
Different damping ratios are investigated in order to approach experimental results in terms of top displacement. It is obtained the difference between experimental and numerical results is 0.20% provided that Stiffness proportional damping type is used with damping ratio value of 2.56%. Moreover, when Mass proportional damping type is selected for damping ratio of 4.60% difference between the results is 0.21% (Figure 7).



a) b)

Figure 7 Comparison of experimental result with numerical analysis results for a) Stiffness proportional damping type at 2.56% damping ratio and b) Mass proportional damping type at 4.60% damping ratio.

For the calculation of Rayleigh damping coefficients, combination of 2.56% and 4.60% damping ratios is used. Mode 1 for the first natural frequency and mode 3 for the second natural frequency are selected in the first combination for 2.56% and 4.60% damping ratios, respectively. Maximum difference of 3.46% is observed between experimental and numerical results for this combination. In the second combination, mode 3 for first natural frequency and mode 1 for second natural frequency are used for 2.56% and 4.60% damping ratios, respectively. Higher difference, which is 29,58%, is observed between the results for the second combination. Time-history graphs of these combinations were given in Figure 8.



a) b)

Figure 8 Comparisons of experimental result with numerical analysis results for a) 2.56%, 4.6% damping ratios and b) 4.6%, 2.56% damping ratios for Rayleigh damping type.

Table 3 The effect of Fiber element number on solutions of Mass proportional damping at 4.60% damping ratio.

Fiber element number	Absolute Maximum Top Displacement (mm)	Difference (%)	Mean fiber element size/ Longitudinal length of shear wall (%)
100	13.03	1.24	11.20
250	13.22	0.21	2.78
500	13.27	0.60	1.14
750	13.12	0.60	0.76
1000	13.07	0.91	0.62

As can be seen in Figure 7.a, Figure 7.b and Figure 8.a, good fit is obtained between time history graphs of experimental results and the graphs of numerical results, especially between t=2.5 and t=3.1 sec. However, after t=3.1 sec., slightly higher differences are observed between time history graphs of experimental and numerical results. Minimum differences are obtained by analysis with Mass proportional approach for damping ratio of 4.60%. Therefore, this damping type and damping ratio was selected for the investigation of the effectiveness of fiber element number on the numerical results. Fiber element numbers of 100, 250, 500, 750 and 1000 were used in all cross sections of the CAMUS I structure separately. Ratio of mean fiber element size to longitudinal length of shear wall and obtained results for each fiber element number are given in Table 3. Among five fiber element numbers, the minimum difference between experimental and numerical results is obtained for the element number of 250. The difference is 0.21% for this fiber element number. There are only small differences between results of 250 fibers and results of 500, 750, 1000 fibers. Therefore, it can be concluded that 250 is the optimum fiber element number for the analysis of CAMUS I shear wall provided that force based fiber element method is preferred for the analysis.

4. Conclusions

In this study, for numerical modelling of shear wall force based fiber element method is investigated. Effectiveness of the method is researched with comparing experimental and numerical results. Shear wall structure named as CAMUS I is used for experimental results. In dynamic analyses of the structure, damping type, damping ratio and fiber element number are selected as variable parameters.

Different damping ratios are investigated for coincide with top displacements obtained from the experimental results. When 2.56% damping ratio is selected for Stiffness proportional damping, it is observed that there is a difference of 0.20%. Furthermore, 0.21% difference for Mass proportional damping was calculated at 4.60% damping ratio. In the Rayleigh damping type, minimum difference between experimental and numerical results is obtained as 3.46%.

In the next phase, 4.6% damping ratio and mass proportional damping type is selected for investigating the effect on the solutions of fiber element number. Fiber element numbers are chanced as 100, 250, 500, 750 and 1000 for all cross sections of the shear wall. It is seen that least difference between experimental and numerical results is determined for solution with 250 fiber elements.

5. References

[1] Fischinger, M., Rejec, K., Isakovic, T. (2012). Modeling Inelastic Shear Response of RC Walls. 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa.

[2]- Petrangeli, M., Pinto, P. E., Ciampi, V. (1999). Fiber element for Cyclic Bending and Shear of RC Structures I: Theory. ASCE Journal of Engineering Mechanics, 125(9), 994-1001.

[3]- Jeong, S.H., Jang, W.-S. (2016). Modeling of RC shear walls using shear spring and fiber elements for seismic performance assessment. Journal of Vibroengineering, 18(2), 1052-1059.

[4] Seismosoft (2016) "SeismoStruct 2016 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures, available from http://www.seismosoft.com.

[5] Hellesland J., Scordelis A. (1981) Analysis of RC bridge columns under imposed deformations. IABSE Colloquium, Delft, pp. 545-559.

[6] Mari A., Scordelis A. (1984) Nonlinear geometric material and time dependent analysis of three dimensional reinforced and restressed concrete frames. SESM Report 82-12, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.

[7] Spacone E., Ciampi V., Filippou F.C. (1996) Mixed formulation of nonlinear beam finite element. Computers & Structures, Vol. 58, No. 1, pp. 71-83.

[8] Neuenhofer A., Filippou F.C. (1997) Evaluation of nonlinear frame finite-element models. Journal of Structural Engineering, Vol. 123, No. 7, pp. 958-966.

[9] Martinelli, P. (2007). Shaking table test on RC shear walls: Significance of numerical modeling. Phd Thesis, University of Politecnico di Milano, Milan, Italy. 53 pp.

[10] Celep, Z. and Kumbasar N. (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. 96-97.

Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arazi Sınıflandırması: Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Örneği

Land Classification by Using High Resolution Satellite Images: The Case of Harran University Osmanbey Campus

Mustafa ULUKAVAK[1]
Yunus ARPACI[1]
Nizar POLAT[1]
İsmail DEMİRYEGE[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Uydu ve uzay teknolojilerinin gelişmesiyle, tarım alanlarının etkin ve doğru bir şekilde planlanması daha kolay biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Çok bantlı ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri; arazi kullanımı, toprak örtüsü, bitki türü vb. tematik haritaların üretilmesinde sağladığı spektral, konumsal ve zamansal çözünürlük nedeniyle birçok uygulamada altlık olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada son yıllarda tarım, ağaçları, yol, bina, orman ve sulak alanların haritalanması aşamasında yaygın olarak kullanılan ve başarılı sonuçlar veren yüksek çözünürlüklü Pleiades 1A 3 bantlı uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışma alanı, Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün kuzeyinde yer alan meyve bahçelerini içermektedir. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle hedef objelere ait spektral imzalar toplanmış ve bitki örtüsü, çıplak arazi (toprak) ve insan yapımı objeler (yollar, binalar, kaldırım vb.) için sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi en büyük benzerlik (Maksimum Likelihood) ve karar destek makinaları (Support Vector Machines) algoritmaları ile ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Çalışmada yapılan sınıflandırma doğruluğu için Kappa istatistikleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

En büyük benzerlik; karar destek makinaları; sınıflandırma; Pleiades; tarım.

Abstract

With the development of satellite and space technologies, efficient and accurate planning of agricultural areas can be realized more easily. Multi-band and high-resolution satellite images are used in many applications due to the spectral, spatial and temporal resolution of land use, land cover, plant type etc. thematic maps. In this study, high-resolution Pleiades 1A 3-band satellite image, which is widely used in the mapping of agriculture, trees, roads, buildings, forests and wetlands, has been used. The study area includes the orchards at the northern side of the Harran University Osmanbey Campus Area. Spectral signatures of target objects were collected by supervised classification method and classification was performed for vegetation, bare land (soil) and man-made objects (roads, buildings, pavement, etc.). The classification process is classified separately by the Maximum Likelihood and Support Vector Machines algorithms. Kappa statistics were calculated, and the results were compared for the classification accuracy.

Keywords:

Maximum likelihood; support vector machines; classification; Pleiades; agriculture.

1. Giriş

Konumlama ve yer ölçmeleri alanlarında çığır açan uydu ve uzay teknikleri; jeodezi, jeodinamik, uzaktan algılama ve ilgili disiplinlerde artan bir hızla kullanılmaktadır. Mühendislik çalışmalarının yapıldığı tüm alanlarda yoğun bir biçimde kullanılan uydu ve uzay teknikleri, ihtiyaç duyduğumuz yeryüzü kaynaklarının ve çevresel etkenlere bağlı değişimlerinin sürekli gözlemlenerek, sürdürülebilir amaçları doğrultusunda büyük öneme sahiptir. Uzaktan algılama uygulamaları doğruluk, zaman, uygulanabilirlik ve ekonomik açıdan klasik yöntemlere göre farklı üstünlükler sağlamaktadır. Yukarıdaki ölçütler temel alındığında, yapılabilirliği klasik yöntemlerle güç olan büyük projelerin kısa süre içerisinde yüksek doğrulukla sınıflara ayrılması ve gözden kaçırılabilecek bulguların fark edilebilmesinde uzaktan algılama yöntemlerinden etkin bir biçimde yararlanılır. Literatürde arazi sınıflandırma çalışmalarında kullanılan birçok model ve yöntem bulunmaktadır [8]. Ayrıca bu yöntemlerin doğruluklarını analiz eden çalışmalar da yapılmıştır [6, 8, 11]. Bu çalışmalarda kullanılan en yaygın teknik kolay uygulanabilmesi ve birçok ticari yazılımlarda bulunabilmesi nedeniyle En Çok Benzerlik (EÇB) tekniğidir [10]. EÇB tekniği verinin istatiksel olarak normal dağılıma sahip olduğunu varsaydığından bazı dezavantajlara sahiptir. EÇB yöntemindeki dezavantajların aksine istatistiksel öğrenme teorisine bağlı olarak arazi şekillerini ortaya çıkaran Destek Vektör Makineleri (DVM) en iyi yöntem olarak literatürde yerini almaktadır. Bu yöntem parametrik olmayan yapısı ve sınıflandırmadaki yüksek doğruluğundan dolayı sıklıkla kullanılmıştır [7, 11, 13, 14]. Bu çalışmada, DVM için radyal tabanlı ve polinomal sınıflandırma modellerinin yanında EÇB yöntemi de kullanılmıştır. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü bu yöntemlere göre değerlendirilmiş ve doğrulukları kıyaslanmıştır.

2. Yöntem

Yeryüzüne ait bilgilerin uydu görüntülerinden elde edilmesinde kullanılan en güvenilir yöntemlerden biri, uydu görüntülerinin sınıflandırılması işlemidir. Görüntü sınıflandırma, görüntüyü oluşturan her bir pikselin diğer pikseller ile ilişkisinin karşılaştırılarak, benzer piksellerin aynı sınıfta toplanması işlemi sonucunda oluşan tematik haritalardır. Sınıflandırma genel anlamda kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak iki şekilde gerçekleşir. Bu iki yöntem arasındaki en büyük fark, oluşturulacak tematik haritadaki sınıfların kullanıcı tarafından seçilip seçilmemesine bağlıdır. Kontrollü sınıflandırma, bir veri kümesindeki pikselleri kullanıcının tanımladığı eğitim verilerine dayalı olarak sınıflara atanması işlemidir. Bu aşamada arazi çalışmaları sonucunda elde edilen bilgiler ile görüntüler sınıflara ayrılabilir. Uydu görüntülerini sınıflandırmada en güvenilir ve başarılı olan yöntem kontrollü sınıflandırma yöntemidir [4]. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması arazi kullanımı analizi için oldukça önemlidir. Özellikle son yıllarda yüksek çözünürlüklü ve geniş spektrumlu uydu görüntüleri ve gelişmiş sınıflandırma algoritmaları ile analiz doğrulukları oldukça artmaktadır. Bu doğrulukları daha da artırmak için sayısız algoritma üretilmiş ve üretilmeye devam etmektedir. Yapılan çalışmada Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines) yöntemi kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca görüntü sınıflandırmada en çok tercih edilen En Çok Benzerlik yöntemi ile sınıflandırmalar yapılmış ve buradan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.1 En Çok Benzerlik (EÇB) Sınıflandırma Yöntemi

EÇB yöntemi literatürde yaygın olarak kullanılan istatistiksel tabanlı bir sınıflandırma yöntemidir. Her pikselin eş olasılıkla bir sınıfa ait olması gerektiği prensibine ve tanımlanmayan pikselleri üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır. Temel eşitlik bütün sınıfların olasılıklarını eşit alır tüm bantların normal dağılımda olduğunun kabulü yapılmıştır. EÇB yönteminin etkinliği, her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlı olmaktadır. Bu koşul ise, sınıfların her biri için yeterli miktarda örnekleme verisinin (pikseller) bulunabilmesine bağlıdır. Örnekleme bölgesine ait yeterli miktarda veri bulunmadığı zaman ümit edilen sınıflandırma doğruluklarına ulaşılamaz [5, 8].

$$P(x) = 2\,\pi^{-0.5\,p}|S_i|\,\exp\left[-0.5\,(\,y^i\,S_i^{-1}\,y)\right] \quad (1)$$

Burada, pikselin *p* sayıdaki bant değerlerini içeren *x* vektörünün bir *k* sınıfında olma olasılığı eşitlik (1)'den hesaplanır. Eşitlik (1)'de; *P(x),* olasılık değerini; S_i, *i*. sınıf için varyans-kovaryans matrisini; ||, matrisin determinantını; *y =* (x_i-$\overline{x_i}$) ve $\overline{x_i}$, ise *i*. sınıf için ortalama değeri ifade eder [3].

2.2 Destek Vektör Makineleri

Parametrik olmayan DVM yönteminde istatistiksel öğrenme teorisine göre sınıflandırma yapmaktadır. DVM, karmaşık ve gürültülü verilerin sınıflandırmasında istatistiksel öğrenme teorisinden türetilmiş çok iyi sınıflandırma sonuçları üretebilen kontrollü bir sınıflandırma yöntemidir [9]. Bu yöntem sınıfları, sınıflar arası ayrımı maksimum olacak şekilde bir karar yüzeyine ayırmaktadır. Bu yüzeye en yakın olan veriler, destek vektörleri (support vector) olarak adlandırılır. Destek vektörleri, özellik uzayının kritik unsurlarıdır. Özellik uzayında çeşitli çekirdek (kernel) fonksiyonlarıyla çalışan bu yöntem çekirdek fonksiyonuna ve görüntüye göre farklı sonuçlar vermektedir. Hedef sınıfları tahmin etmede yakınındaki veri noktalarının ağırlıklarını veren bir çekirdek fonksiyonunu matematiksel olarak temsil etmek için farklı seçenekler mevcuttur. DVM yöntemi uygulamalarında liner, polinomal, radyal ve sigmoid çekirdek fonksiyonları bulunmaktadır [8, 12]. Bu çalışmada radyal tabanlı fonksiyon (RBF) ve polinomal çekirdek fonksiyonları kullanılmıştır. Her çekirdek işlevinin matematiksel tanımları Tablo 1'de verilmiştir.

TABLO I. ÇEKİRDEK FONKSİYONUNUN MATEMATİKSEL TANIMLARI

Çekirdek Fonksiyonu	Matematiksel İfadesi
Liner	K(x_i, x_j)= $x_i^T x_j$
Polinomal	K(x_i, x_j)=($gx_i^T x_j$+r)^d g>0
Radial Tabanlı	K(x_i, x_j)=exp(-g$\|\|x_i - x_j\|\|^2$) g>0
Sigmoid	K(x_i, x_j)=tanh($gx_i^T x_j$+r)

Tablo 1'e göre polinom çekirdeği işlevindeki *d* terimi, çekirdek polinomunun derecesini temsil etmektedir. Bu parametrenin arttırılması, sınıflar arasındaki sınırı daha doğru bir şekilde tanımlamaktadır. *1* değeri, aslında iki sınıf arasında düz bir çizgi olan birinci dereceden bir polinomal fonksiyonunu temsil etmektedir. Birbirinden farklı iki ayırt edici sınıf olduğunda *1* değeri iyi çalışmaktadır. Ancak çoğu durumda, yüksek düzeyde bir çeşitlilik ve karışık piksel içeren görüntülerle çalışılmaktadır. Polinom değerini arttırmak, algoritmanın sınıflar arasındaki ayrımlarının daha doğru bir şekilde takip edilmesini sağlar, ancak sınıflandırma ait olmayan gürültüyü de sınıflandırmaya geçirme riski taşımaktadır. Polinomal ve sigmoid çekirdek işlevlerindeki *r* terimi çekirdek hatasını temsil ederken, polinomal, radyal taban fonksiyonu ve sigmoid çekirdek fonksiyonlarındaki *g* terimi gama parametresini temsil etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

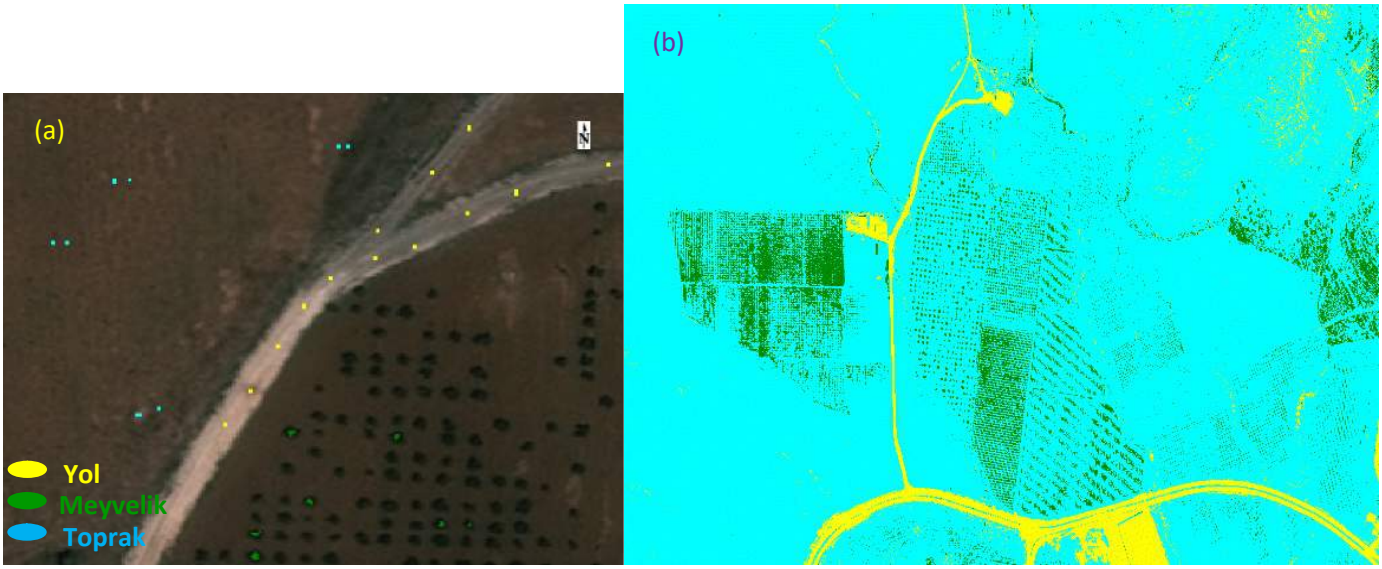
Çalışma alanı, Şanlıurfa İli'nin doğusunda, Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün kuzeyindeki bölgede bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan uydu görüntüsü 37°11'08.98''K, 38°59'07.74''D ve 37°10'39.31''K, 39°00'04.41''D koordinatları arasında kalan meyve bahçeleri ile birlikte bulunan tarımsal alanı içermektedir (Şekil 1).

Şekil. 1.Çalışma Alanı.

Şekil 1'de görüldüğü gibi bu çalışmada yüksek çözünürlüklü Plaides uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çok yüksek mekânsal çözünürlüklü (50cm/piksel) optik veri üreten bu uydu, dünya üzerinde bir noktayı günde iki kez ziyaret eder. Uydunun bu avantajı sebebiyle, mühendislik ve inşaat proje bölgelerinde, maden sahalarında, askeri alanlarda, kriz ve afet bölgelerinde, doğal risk ve afet alanlarında, acil durum tahliyesi ve kurtarma çalışmaları gibi hem sivil hem de askeri gözlem amacıyla kullanılabilirler.

Çalışmada, meyvelik alanların tespiti için yüksek çözünürlüklü Plaides uydu görüntüsün üzerinde EÇB ve DVM yönteminin doğruluk ve performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Litaretürde yapılan araştırmalarda genel olarak orta ve düşük çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada ise konumsal çözünürlüğü yüksek uydu görüntüsü ile sınıflandırma yöntemlerinin performansları değerlendirilmiştir. Arazide keşif sırasında belirlenen örnekler toplanarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 2). Bu arazi sınıflandırması yapılırken istatistiksel olarak normal dağılımda kabul edilen veriler, EÇB ve DVM yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. DVM'leride kendi içinde yüksek doğruluk ve

matematiksel sadeliğinin yanında literatürdeki uygulamaları baz alınarak polinomal ve radyal tabanlı iki farklı yöntemle incelenmiştir [1].



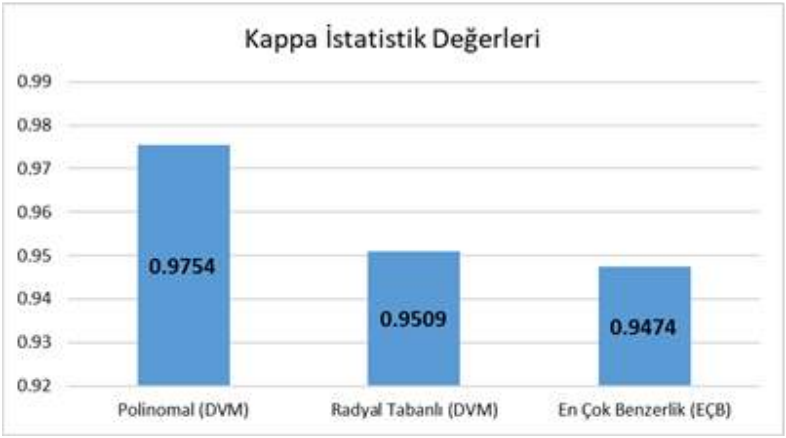
Şekil. 2.Çalışma Alanına ait spektral imza örneklemleri (a) ve sınıflandırılmış görüntü (b).

Polinomal çekirdek fonksiyonu için polinom derecesi 6, bias değeri 5 olarak alınmıştır. Ayrıca gama parametresi bant sayısının inversi olan 0.333 değeri seçilerek girilmiştir. Penalty parametresi, eğitim hatalarına izin verme ile katı marginler arasındaki dengeyi kontrol eden parametredir. Bu parametre ayrılabilir olmayan eğitim setleri için özellikle önemli olan belirli bir yanlış sınıflandırma derecesine olanak tanımaktadır. Bu değeri artırmak aynı zamanda yanlış sınıflandırma maliyetini de artırır ve iyi bir genelleme yapılamayan bir model oluşturmaktadır. Bu uygulama kapsamında penalty parametresi 100 olarak seçilmiştir [2]. Uygulama kapsamında örnek imzalar yöntemlere göre bağımsız tutularak tüm uygulama yöntemlerinde sabit olarak alınmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen uygulama sonuçları ve elde edilen hata matrisler Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO II. EN ÇOK BENZERLİK, DVM POLİNOMAL VE RADYAL TABANLI ÇEKİRDEK FONKSİYONU HATA MATRİSLERİ

En Çok Benzerlik Yöntemi Hata Matrisi					**Polinomal Yöntem Hata Matrisi**				**Radyal Tabanlı Yöntem Hata Matrisi**			
SINIFLAR	**Meyvelik**	**Toprak**	**Yol**	**Toplam**	**Meyvelik**	**Toprak**	**Yol**	**Toplam**	**Meyvelik**	**Toprak**	**Yol**	**Toplam**
Meyvelik	**117**	8	0	125	**116**	3	0	119	**115**	9	0	124
Toprak	3	**140**	0	143	4	**149**	0	153	5	**143**	0	148
Yol	0	4	**158**	162	0	0	**158**	158	0	0	**158**	158
Toplam	120	152	158	**430**	120	152	158	**430**	120	152	158	**430**
Genel Doğruluk	**96.512%**				**98.372%**				**96.744%**			
Kappa	**0.9474**				**0.9754**				**0.9509**			

Tablo 2'de, her bir yönteme ait uygulamalar sonucu ortaya çıkan uyuşumun güvenirliğini ölçen kappa istatistik değerleri verilmiştir. İstatistik değerler hesaplanırken örnek sınıf pikselleri bütün yöntemler için aynı ve tabloda da görüldüğü gibi toplam 430 yer örneklem pikseli seçilmiştir. EÇB yöntemde seçilen 430 pikselin 415 tanesinde doğru sınıflandırma yapılarak %96.512 doğrulukla, polinomal yöntemde seçilen 430 pikselin 423 tanesinde doğru sınıflandırma yapılarak %97.372 doğrulukla ve radyal tabanlı yöntemde seçilen 430 pikselin 416 tanesinde doğru sınıflandırma yapılarak %96.744 doğrulukla sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Burada ulaşılan başarımın oranını elde etmek için, kontrollü sınıflandırmadan belirlediğimiz yer örneklem piksellerinin, doğru sınıfa atanan piksel sayısına göre oranıyla elde edilmektedir (Şekil 3). Bu yüzden sınıf imzaları sınıflandırma aşamasında büyük önem arz etmektedir.



Şekil. 3.Genel doğrulukların istatistik değerleri.

Şekil 3'teki grafikte, uygulamada kullanılan yöntemlerin uydu görüntüsü üzerinde yapılan sınıflandırmalarına ait doğruluğunu temsil eden istatistik değerleri yer almaktadır. Bu değerler incelendiğinde, DVM tabanlı polinomal yöntemin yine DVM tabanlı radyal ve EÇB yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı sınıflandırma yöntemlerinin yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Uygulama kapsamında DVM ile sınıflandırma, EÇB ile sınıflandırmadan daha yüksek doğruluklarda sınıflandırma sonuçları vermektedir. Çalışma ile Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü kuzeyinde bulunan meyvelik alanların sınıflandırılması ile meyve ağaçlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada polinom tabanlı çekirdek fonsiyonu, radyal tabanlı çekirdek fonksiyonu ve EÇB yönteminden daha yüksek doğruluk elde etmiş ve sırasıyla % 98,372, % 96,744 ve % 96,512 olarak hesaplanmıştır. Literatürde, diğer çekirdek fonksiyonlarıyla kıyaslandığında üstün sınıflandırma yeteneğine sahip olduğu birkaç çalışma ile ispatlanan radyal tabanlı fonksiyonunun aksine, uygun parametre seti seçildiği takdirde polinom çekirdek fonksiyonu ile de daha başarılı sonuçlar verebilmektedir. Yapılan uygulama kapsamında meyvelik alanların, yolların ve arazi yüzeyine ait spektral sınıflandırma alanları detaylı bir şekilde görülmektedir. Ayrıca görüntüdeki bant sayısı arttıkça, arazi sınıflandırması ve yeryüzünün ayırt edilebilmesi de iyileşecektir. Çalışma sonucunda elde edilen tematik haritanın üç sınıfta oluşturulması, arazi yüzeyini sınıflandırmadaki kısıtlı sayıdaki örnek küme ile dezavantajlı bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, çalışma bölgesinde kullanılacak uydu görüntüsündeki bant sayısı arttıkça olası sınıflandırma sayısı ve araziyi yüzeyindeki detay sınıflarını ayırt edebilme gücü de bu doğrultuda artacaktır.

5. Referanslar

[1] Bulut S. ve Günlü A. 2016. Arazi Kullanım Sınıfları İçin Farklı Kontrollü Sınıflandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması - Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 16(2):528-535.

[2] Üstüner M. Balık Şanlı F. Bektaş Balçık F. ve Esetlili M.T. 2013. Destek Vektör Makineleri Tekniği İle Sınıflandırma: Rapideye Örneği-(TUFUAB'2013), 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.

[3] Kavzoğlu T. ve Çölkesen İ. 2010. Destek Vektör Makineleri ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarının Etkilerinin İncelenmesi. Harita Dergisi 2010 – 144.

[4] Ayhan S. ve Erdoğmuş Ş. Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Çekirdek Fonksiyonu Seçimi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, Nisan 2014, 9(1):175- 198.

[5] Çölkesen İ. 2015. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[6] Kavzoglu T. ve Mather P.M. 1999. Pruning artificial neural networks: an example using land cover classification of multi-sensor images. International Journal of Remote Sensing. 20:2787–2803.

[7] Kavzoglu T. ve Mather P.M. 2003. The use of backpropagating artificial neural networks in land cover classification. International Journal of Remote Sensing. 24:4907–4938.

[8] Kavzoglu T. ve Çölkesen İ. 2009. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 11(5):352–359.

[9] Vapnik V.N. 1995. The Nature of Statistical Learning Theory. New York: Springer-Verlag.

[10] Wang F. 1990. Fuzzy supervised classification of remote sensing images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28:194–201.

[11] Zhu G. ve Blumberg D.G. 2002. Classification using ASTER data and SVM algorithms: The case study of Beer Sheva, Israel. Remote Sensing of Environment, 80:233–240.

[12] Huang C. Townshend J.R.G. Liang S. Kallur S.N.V. and Defries R.S. 2001. Impact of sensor's point spread function on land cover characterization: assessment and deconvolution. *Remote Sensing of Environment*, 80:203–212.

[13] Dixon B. ve Candad N. 2008. Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both *International Journal of Remote Sensing*, 4(20):1185–1206.

[14] Song X. Duan Z. ve Jiang X. 2012. Comparison of artificial neural networks and support vector machine classifiers for land cover classification in Northern China using a SPOT-5 HRG image. International Journal of Remote Sensing 33(10):3301–3320.

Özet

Bu çalışmada Gaziantep'in Yavuzeli ilçesinden temin edilen ve halk hekimliğinde kullanılan Arum dioscoridis özütlerinde fitokimyasal özellikler ve E. coli, Klebsiella spp, Staphylococcus spp ve Pseudomonas aeruginosa'ya karşı antibakteriyel aktivite incelenmiştir. Farklı polariteye sahip çözücüler kullanılarak hazırlanan özütlerde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 1.67±0.07 mg GAE/g ile metanolde; toplam flavonoid içeriği 0.39±0.01 mg RE/g ile asetonda; askorbik asit içeriği ise 153.85±10.96 mg/L ile asetonik özütte rastlanmıştır. Antioksidan aktivite sonuçlarına göre en yüksek DPPH inhibisyonu %82.58±0.36 olarak metanol özütünde tespit edilmiştir. Bitki özütleri test bakterilerinden sadece Klebsiella spp'ye karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Arum dioscoridis, toplam fenolik, toplam flavonoid, antioksidan kapasite, antibakteriyel activity.

Abstract

Phytochemical properties and antibacterial activity against E. coli, Klebsiella spp, Staphylococcus spp and Pseudomonas aeruginosa in extracts of Arum dioscoridis obtained from Yavuzeli district of Gaziantep and used by folk medicine were investigated. The highest total phenolic, flavonoid and ascorbic acid content in extracts prepared used by solvents with different polarity, were detected in methanol extract with 1.67±0.07 mg GAE/g, aceton extract with 0.39±0.01 mg RE/g and acetonic extract with 153.85±10.96 mg/L respectively. According to antioxidant activity results, the highest DPPH inhibition was determined as %82.58±0.36 in metanol extract. Arum dioscoridis extracts showed antibacterial activity against *Klebsiella* spp., only one of test bacteria.

Keywords:

Arum dioscoridis, total phenolics, total flavonoids, antioxidan capacities, antibacterial activity.

Arum dioscoridis Ekstraktlarının Toplam Fenolik, Flavonoid İçerikleri ile Antioksidan ve Antibakteriyel Aktivitelerinin Araştırılması

Antioxidant and antibacterial activities with total phenolic and flavonoid contents of *Arum dioscoridis* extracts

Filiz UÇAN TÜRKMEN[1]
Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI[2]
Fatma Esen SARIGÜLLÜ ÖNALAN[3]
Hidayet SAĞLAM[4]

[1,4]Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kilis, Türkiye; ucanfiliz@gmail.com; hsaglam78@gmail.com

[2]Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye; mersimek@gmail.com

[3]Kilis 7 Aralık Üniversitesi,Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Kilis, Türkiye; esenonalan@kilis.edu.tr

1. Giriş

Araceae denizlerden 3000 m yüksekliklere kadar geniş ekolojik habitatlara yayılmış 118 cins ve 3800 türle temsil edilen geniş bir bitki ailesidir. *Araceae* familyasının çiçeklenen bitkilerinin bir cinsi olarak bilinen *Arum* L., Kuzey Afrika, Akdeniz bölgesi, Batı Asya ve Avrupa'da dağılım gösteren 26 türle temsil edilmektedir. *Arum* L., türleri mide asitiliği, kanser, diyabet ve aterosklerosis gibi çeşitli kronik hastalıkları önlemek için geleneksel tıpta kullanılmaktadır [1]. Kapalı tohumlu ve tek çenekli olan *Arum dioscoridis* hayvanların bile yemediği toksik bir bitkidir. Bu bitkinin *Arum dioscoridis* Sm. var. dioscoridis, *Arum dioscoridis* Sm. var. luschanii R.Mill ve *Arum dioscoridis* Sm. var. spectabile (Schott) Engler olmak üzere 3 varyetesi bulunmaktadır [2, 3, 4, 5].

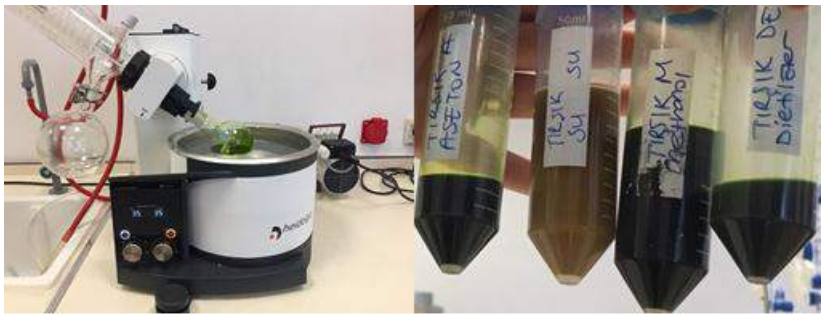
Tarla ve bahçelerde, yol kenarlarında ve boş arazilerde kendiliğinden yabani olarak yetişen bu bitkinin Türkiye'deki yayılış alanı Adana ili ve çevresi başta olmak üzere, Doğu Akdeniz, Güneybatı Anadolu ve Kıbrıs'tır. Kronik hastalıkların yanı sıra nefes darlığı, astım, bronşitde göğsü yumuşatmada, balgam söktürücü, barsak tembelliğine, kabakulağa, yılancık hastalığına, mesane, idrar yolları hastalıklarına, sıtmaya, basur ve çıban türü yaralarda iltihap boşaltıcı olarak deri enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılmaktadır. Yılan yastığı olarak da bilinen bu bitkinin tohumlarından ezilerek elde edilen suyun kulak ağrısı; yaprakların kaynatılması ile elde edilen ekstrenin ise kansere karşı etkili olduğu savunulmaktadır [2, 3, 4, 5]. Günlük diyetlerde özellikle Adana, Osmaniye ve Kahramanmaraş'ta yaprak ve yaprak sapları doğranarak yoğurtla karıştırılarak 'tirşik' adı verilen yerel bir yemek yapılmaktadır [2].

Bu çalışmada Gaziantep'in Yavuzeli ilçesinden temin edilen ve halk hekimliğinde kullanılan *Arum dioscoridis* özütlerinin fitokimyasal özellikleri ve antibakteriyel aktivitesi incelenmiştir.

2. Yöntem

Gaziantep'in Yavuzeli ilçesinden temin edilen *Arum dioscoridis* (Şekil 1.)'in yaprak ve sap kısımları 42˚C sıcaklıkta 8 gün etüvde kurutularak toz haline getirilmiştir. Distile su, aseton, metanol ve dietileter çözücüleri (1:10 (w/v)) ile 72 saat oda sıcaklığında çalkalamalı koşullarda ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlanan örnekler filtre kağıdından (Whatman filter paper No.1) süzülmüştür. Özütlerdeki çözücüler her bir çözücünün kaynama sıcaklığına göre evaparatörde uçurularak, örnekler konsantre edilmiştir (Şekil 2.). Örneklerin son konsantrasyonu 100 mg/mL olacak şekilde metanol içerisinde süspanse edilmiştir (Şekil 2). Örnekler kullanılana kadar +4˚C'de depolanmıştır. Fitokimyasal ve antibakteriyel özelliklerin belirlenmesi için 10-100 mg/mL konsantrasyonlarda özütler test edilmiştir.

Şekil 1. Arum dioscoridis bitkisi (**Arum dioscoridis*)



Şekil 2. Farklı çözücüler kullanılarak bitkisinin ekstraksiyonu (*Extraction of *Arum dioscoridis* by used different solvents)

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Bitki özütlerindeki çözünebilen toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu ayıracı kullanılarak belirlenmiştir. Özütlerin 0.5 mL'sine 2.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi (%10) ve 2.5 mL NaHCO3 (%7.5) çözeltisi eklenerek 45°C'de 45 dakika su banyosunda inkübe edilmiştir. Karışımların absorbansı 765 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Standart olarak gallik asitin kullanıldığı kalibrasyon grafiğine göre, toplam fenolik içerik gram başına mg gallik asit eşdeğerleri (mg GAE/g) olarak ifade edilmiştir [6].

Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Sharm ve Vig (2013) tarafından bildirilen yönteme göre, özütler 1:5 metanol ile seyreltilmiştir. Örneklere 0.3 mL NaNO2 (%5) eklenmiş ve 5 dk oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Karışıma 0.6 mL AlCl3.6H2O (%10) eklenmiş ve aynı koşullarda inkübasyonu takiben, 2 mL 1M NaOH eklenerek son hacim saf su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımların absorbansı 510 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Toplam flavonoid içerik, gram başına mg rutin eşdeğerleri (mg RE/g) olarak ifade edilmiştir [7].

Askorbik Asit Tayini

Örneklerin 10-100 mg/mL konsantrasyonlarında hazırlanan metanol, su, aseton ve dietileter ekstraktlarında L-askorbik asit içeriği 518 nm dalga boyunda spektrofotometre (Biochrom, LibraS60, B, England) ile 2.6-diklorofenolindofenol kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar mg /L olarak ifade edilmiştir [8].

Antioksidan Aktivite Tayini

Özütlerin serbest radikalleri yakalama etkinliği olarak ifade edilen antioksidan aktiviteleri, DPPH (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl) radikali kullanılarak Uçan Türkmen ve arkadaşlarının (2016) metoduna göre belirlenmiştir. Özütlerin 100 µL'sine, 3.9 mL metanol içerisinde hazırlanmış

DPPH radikali (0.025 g/l) eklenmiştir. Karışım 2 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin mor renginin açılması esasına dayanan bu analizde, arta kalan DPPH miktarı 515 nm'de spektrofotometrede ölçülmüştür. % olarak belirlenen DPPH inhibisyonu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [9]. Analiz sonuçları, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir ($p<0.05$).

%İnhibisyon= [(Akontrol−Aörnek)/Akontrol]×100.

Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi

Bitki özütlerinin antibakteriyel aktivitesi *E. coli, Klebsiella spp ve Staphylococcus spp ve Pseudomonas aeruginosa* bakterilerine karşı Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Patojen mikroorganizmalar Kilis Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Bölümü'nden temin edilmiştir. Negatif kontrol olarak saf metanol kullanılmıştır. Pozitif kontrol olarak tetrasiklin (Himedia SD037-1CT 30 mcg/disk) kullanılmıştır. 30 µL özütlerden emdirilerek hazırlanan steril diskler, 0,5 Mac Farland bulanıklığına ayarlanmış bakteri kültürlerinin ekövyon çubuğu ile yayıldığı Mueller Hinton Agar (MHA) besiyerlerine aktarılmıştır. 37°C'de 12-24 saat inkübe edilen petri plaklarında, disklerin etrafında bakterilerin üremediği inhibisyon zonları ölçülerek, antibakteriyel aktivite mm cinsinden hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Analiz sonuçları, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

En yüksek ekstraksiyon verimi, polaritesi yüksek distile su (%27.38) ve metanol (%24.21) çözücülerinin kullanıldığı özütlerde belirlenmiştir. Polaritesi düşük aseton ve dietil eter çözücüleri için % ekstraksiyon verimi sırasıyla %9.5 ve %8.60 olarak saptanmıştır.

10-100 mg/mL konsantrasyonlarda test edilen bitki özütlerinin toplam fenolik içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Test edilen tüm konsantrasyonlar için toplam fenolik madde miktarı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bitki özütlerinin toplam fenolik madde içeriği 0.07±0.00 ve 1.67±0.07 mg GAE/g arasında hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, en yüksek fenolik madde içeriğe 100 mg/mL konsantrasyonda metanol özütünde (1.67±0.07 mg GAE/g) rastlanmıştır. Aynı konsantrasyonda su özütünde toplam fenolik madde içeriği 1.32±0.00 mg GAE/g' dır. Ekstrasksiyon verimi yüksek olan polar çözücülerin total fenolik içeriklerinin de yüksek olduğu gözlenmektedir. Tüm özütler için konsantrasyonuna bağlı olarak fenolik madde içeriğinin arttığı gözlenmektedir. En düşük fenolik madde içeriği dietil eter özütlerinde tespit edilmiştir.

Tablo 1. ÖZÜTLERİN TOPLAM FENOLİK MADDE MİKTARI DEĞERLERİ (mg GAE/G) (TOTAL PHENOLIC CONTENT VALUES of EXTRACTS)

ÖZÜTLER	100 mg/mL	75 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL	10 mg/mL
Metanol	**1.67±0.07^{A}**	1.31±0.14^{B}	0.97±0.05^{C}	0.56±0.02^{D}	0.29±0.00^{E}
Dietil eter	0.41±0.00^{A}	0.29±0.00^{B}	0.18±0.00^{C}	0.11±0.01^{D}	0.07±0.00^{E}
Aseton	1.07±0.02^{A}	0.80±0.06^{B}	0.57±0.03^{C}	0.29±0.01^{D}	0.16±0.01^{E}
Su	1.32±0.00^{A}	1.11±0.00^{B}	0.81±0.00^{C}	0.49±0.00^{D}	0.23±0.00^{E}

*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte aynı satırlarda farklı simgeler ($^{A-E}$) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$)).

Çalışmamızı destekler nitelikte Uguzlar, (2009) tarafından yapılan çalışmada en yüksek toplam fenolik maddeye *Arum dioscoridis*'in metanol ekstraktında 0.05 mg/mL GAE olarak tespit edilmiştir. *Arum dioscoridis*'in sulu ve metanolik özütlerinde fitokimyasal analizlerin yapıldığı farklı bir çalışmada da en yüksek toplam fenolik içeriğe metanol özütünde rastlanmıştır [3]. Literatür incelemeleri ve çalışmamızın sonuçları yüksek polariteye sahip olan metanol ve su gibi çözücülerin fenolik bileşiklerin ekstrakte edilmesinde uygun çözücüler olduğu gözlenmektedir.

10-100 mg/mL konsantrasyonlarda hazırlanan bitki özütlerinin toplam flavonoid içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Ekstraktlarda methanol, dietil eter ve aseton çözücüleri için toplam flavonoid madde miktarı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Su özütlerinde ise değerler önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Özütlerdeki en yüksek toplam flavonoid içerik aseton özütlerinde belirlenmiş olup 100 mg/mL konsantrasyonda 0.39±0.01 mg RE/g'dir. Toplam fenolik içerikteki sonuçlara benzer şekilde en düşük flavonoid içerik dietil eter ve distile su özütlerinde 0.07±0.00 mg RE/g olarak saptanmıştır. Bitki özütlerindeki flavonoid bileşiklerin yüksek polarite gösteren su ve metanole karşın orta derecede polariteye sahip asetonda çözündüğü gözlenmiştir.

Tablo 2. ÖZÜTLERİN TOPLAM FLAVONOİD DEĞERLERİ (mg RE/G) (*TOTAL FLAVONOID VALUES OF EXTRACTS)

ÖZÜTLER	100 mg/mL	75 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL	10 mg/mL
Metanol	0.28±0.01^{A}	0.21±0.00^{B}	0.15±0.01^{C}	0.14±0.01^{C}	0.11±0.00^{D}
Dietil eter	0.16±0.00^{A}	0.15±0.01^{A}	0.12±0.00^{B}	0.08±0.01^{C}	0.07±0.00^{C}
Aseton	**0.39±0.01^{A}**	0.32±0.02^{B}	0.28±0.01^{B}	0.16±0.01^{C}	0.10±0.01^{D}
Su	0.17±0.00^{A}	0.13±0.00^{A}	0.12±0.00^{A}	0.09±0.00^{A}	0.07±0.00^{A}

*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte aynı satırlarda farklı simgeler ($^{A-C}$ ve $^{A-D}$) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$)).

10-100 mg/mL konsantrasyonlarda hazırlanan bitki özütlerinin askorbik asit değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Ekstraktların askorbik asit değerleri 49.04±0.19-153.85±10.96 mg/L arasında değişiklik göstermiştir ($p<0.05$). Tablodan da görüldüğü gibi, en yüksek askorbik asit değeri aseton ekstresinin 100 mg/mL konsantrasyonunda 153.85±10.96 mg/L olarak elde edilmiştir. En düşük askorbik asit değeri ise metanol özütünün 10 mg/mL konsantrasyonundan elde edilen örneklerde (49.04±0.19 mg/L) tespit edilmiştir. Toplam flavonoid bileşiklerin yüksek gözlendiği aseton özütlerinde askorbik asit içeriği de yüksek bulunmuştur.

Tablo 3. ÖZÜTLERİN ASKORBİK ASİT DEĞERLERİ (mg/L) (*ASCORBIC ACID VALUES OF EXTRACTS)

ÖZÜTLER	100 mg/mL	75 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL	10 mg/mL
Metanol	72.69±0.96^{A}	57.98±1.25^{B}	56.06±2.21^{B}	50.48±0.29^{C}	49.04±0.19^{C}
Dietil eter	90.77±3.46^{A}	78.65±4.23^{B}	70.67±3.75^{B}	59.42±1.35^{C}	52.21±0.10^{C}
Aseton	**153.85±10.96^{A}**	131.54±6.15^{B}	116.73±3.85^{B}	87.98±0.48^{C}	64.04±1.35^{D}
Su	72.02±0.10^{A}	62.69±2.50^{B}	59.13±1.44^{B}	53.17±0.48^{C}	54.04±1.15^{C}

*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte aynı satırlarda farklı simgeler ($^{A-C}$ ve $^{A-D}$) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$)).

10-100 mg/mL konsantrasyonlarda hazırlanan bitki özütlerinin antioksidan kapasiteleri Tablo 4'de verilmiştir. DPPH radikali giderme antioksidan aktivitesi %6.99±0.59 ve 82.58±0.36 değerleri arasında belirlenmiş olup, en yüksek antioksidan kapasite değeri 100 mg/mL konsantrasyonda metanol özütlerinden elde edilmiştir. En düşük DPPH radikali giderme antioksidan aktivitesi 10 mg/mL konsantrasyonda dietil eter özütlerinde %6.99±0.59 olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar en yüksek ekstraksiyon verimliliği sulu özütte elde edilmiş olsa da metanolik özüte nazaran daha düşük antioksidan aktivite göstermiştir.

TABLO 4. ÖZÜTLERİN ANTİOKSİDAN KAPASİTE DEĞERLERİ (% İNHİBİSYON) (*ANTIOXIDAN CAPACITY VALUES OF EXTRACTS) (INHIBITION%)

ÖZÜTLER	100 mg/mL	75 mg/mL	50 mg/mL	25 mg/mL	10 mg/mL
Metanol	**82.58±0.36^{A}**	79.44±0.30^{B}	79.44±0.30^{B}	**76.60±0.65^{C}**	76.60±0.65^{C}
Dietil eter	25.83±2.37^{A}	21.45±1.54^{A}	16.35±0.83^{B}	9.50±2.76^{C}	6.99±0.59^{C}
Aseton	73.05±1.4^{A}	68.54±2.5^{A}	55.33±2.37^{B}	33.18±1.07^{C}	19.02±0.41^{D}
Su	74.02±0.72^{A}	75.69±0.95^{A}	78.84±0.42^{A}	76.76±4.05^{A}	36.71±2.50^{B}

*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte aynı satırlarda farklı simgeler ($^{A-C,\ A-B}$ ve $^{A-D}$) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$)).

Uguzlar ve ark. [10] *Arum dioscoridis* tohumlarından elde edilen farklı ekstraktların antioksidan kapasiteleri incelemişlerdir. Metanolik ekstratların en yüksek antioksidan aktivite (%88.2±1.7) gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızı destekler nitelikte *A. dioscoridis* ekstraktlarının total fenolik madde miktarının artışı ile ekstraktların antioksidan kapasitesini arttırdığını belirlemişlerdir.

Fenolik ve flavonoid bileşikler HO- gruplarının polaritesinin yüksek olması sebebiyle polaritesi yüksek olan çözücülerde daha fazla çözünmektedir [11]. Bu sebeple çalışmamızda methanol ve su gibi polar çözücülerde antioksidan aktivite polaritesi düşük çözücülere göre daha yüksek bulunmuştur.

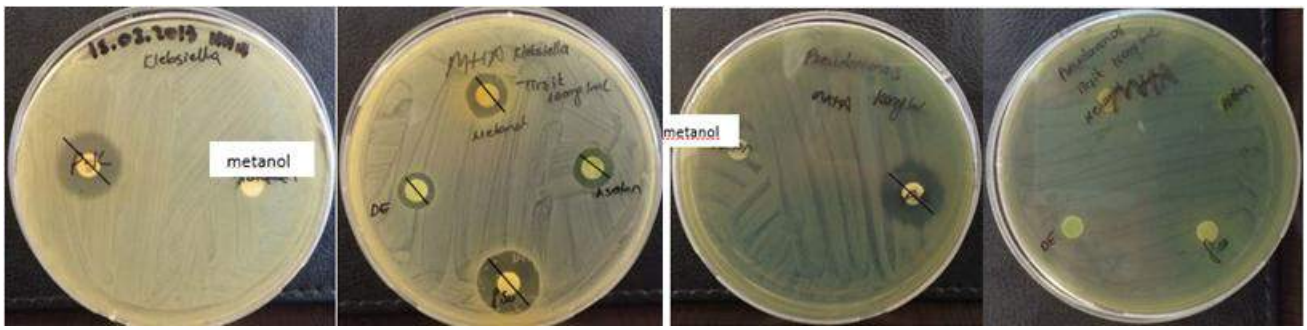
100 mg/ml konsantrasyonda özütlerin antibakteriyel aktiviteleri Tablo 5'te verilmiştir. *E. coli, Staphylococcus spp ve Pseudomonas aeruginosa* karşı özütlerde herhangi bir inhibitör etkiye rastlanmamıştır (Şekil 3-4). *Klebsiella spp*.'ye karşı tüm özütler antibakteriyel aktivite göstermiştir (Şekil 3). *Klebsiella spp*.'ye karşı en yüksek antibakteriyel aktivite 17 mm inhibisyon zonu ile saf su özütünde gözlenmiştir. Bu inhibisyon etki pozitif kontrol olarak kullanılan standart antibiyotik tetrasiklinin gösterdiği aktiviteden (16 mm) daha yüksektir.

TABLO 5. ÖZÜTLERİN ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTELERİ (*ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF EXTRACTS)

	***Staphylococcus* spp.**	***Escherichia coli***	***Klebsiella* spp.**	***Pseudomonas aeruginosa***
Dietil eter özütü	-*	-*	9	-*
Aseton özütü	-*	-*	11	-*
Saf su özütü	-*	-*	**17**	-*
Metanol özütü	-*	-*	11	-*
Tetrasiklin	14	12	16	17

*Agar plaklarında inhibisyonu zonu gözlenmemiştir.

Çalışmamızı destekler nitelikte Şimşek (2013), tarafından *Arum dioscoridis* özütleri ile yapılan antibakteriyel çalışmasında, su özütünün test bakterileri üzerindeki inhibitör etkisinin diğer özütlere göre çok yüksek olduğu belirlenmiştir [2]. Geleneksel tıpta kullanılan 56 bitki türünün akne etkeni bakteriler üzerindeki inhibitor etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, *Arum dioscoridis* özütlerinin antibakteriyel aktivitesine rastlanmamıştır [12]. 11 bitki türünün antibakteriyel analizlerinin yapıldığı farklı bir çalışmada, *A. discoridis*'in etil alkol ve metanol özütlerinin *S. aureus*, *E. coli*, *S. typhi*, *P. aeruginosa* ve *S. pneumonia*'ya karşı inhibitor etkisi belirlenmiştir [13]. Sonuçlarımıza benzer şekilde literatürdeki çalışmalarda *Arum dioscoridis* bitkisinin antibakteriyel aktivitesi gözlenmiş olup inhibitör etki, çözücü ve ekstraksiyon metotlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.



Şekil 3. Bitki özütlerinin *Klebsiella* spp. ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı inhibitor etkisi (*Inhibitor effect of *Arum dioscoridis* against *Klebsiella* spp. and *Pseudomonas aeruginosa*)

Şekil 4. Bitki özütlerinin *E. coli* ve *Staphylococcus spp*'ye karşı inhibitor etkisi (*Inhibitor effect of *Arum dioscoridis* against *Escherichia coli ve Staphylococcus spp*)

Üriner sistem ve hastane enfeksiyonuna etkeni olarak bilinen *Klebsiella* spp *Enterobacteriaceae* üyesidir. Enfeksiyonların çoğu hastane kaynaklı olup, antibiyotik uygulanan tedavilere karşı direnç gösterdiği bilinmektedir. Klinik izolatların antibiyotik dirençlilik profillerinde yatay gen transferine bağlı olarak yüksek oranda ve sürekli değişimler gözlenmektedir. Özellikle *Enterobacteriaceae* üyesi GSBL (genişletilmiş spektrumlu β-laktamaz)

üreten klinik suşların tedavi uygulamalarında ciddi problemler ile karşı karşıya kalınmaktadır. Her yeni tedavi yönteminde geliştirilen antibiyotiklerin yaygın kullanımı yeni direnç mekanizmalarının gelişimine yol açmaktadır. Bu sebeple çalışmamızda test bakterisi olarak kullanılan klinik izolat *Klebsiella* spp'ye karşı su özütünün gösterdiği inhibitör etkinin, standart antibiyotikten yüksek olması, antibiyotiklerle bitki komplekslerinden oluşan preparatların tedavi amacıyla kullanılabilme potansiyeline dikkat çekmektedir. Su özütünde gözlenen inhibitör etkiye sebep olan biyoaktif maddenin izolasyonu, saflaştırması her türlü biyolojik (mutajenite ve sitotoksik vb.) ve kimyasal analizlerinin yapılarak değerlendirilmesi sonrası kullanımı mümkün olacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışmada *Arum dioscoridis*'in fitokimyasal özellikleri ve antibakteriyel aktivitesi araştırılmıştır. Farklı çözücüler kullanılarak sürdürülen analizlerde, çözücülerin polaritesine bağlı olarak en yüksek ekstraksiyon verimi %27.38 ve %24.21 ile metanol ve saf suda belirlenmiştir. Farklı polariteye sahip çözücüler kullanılarak hazırlanan özütlerde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 1.67±0.07 mg GAE/g ile metanolde; toplam flavonoid içeriği 0.39±0.01 mg RE/g ile asetonda; askorbik asit içeriği ise 153.85±10.96 mg/L ile asetonik özütte rastlanmıştır. Antioksidan aktivite sonuçlarına göre en yüksek DPPH inhibisyonu %82.58±0.36 olarak metanol özütünde tespit edilmiştir. Bitki özütleri test bakterilerinden sadece *Klebsiella* spp'ye karşı antibakteriyel aktivite göstermekle birlikte en yüksek inhibisyon 17 mm zon çapı ile saf su ile ekstrakte edilmiş özütte belirlenmiştir.

5. Referanslar

[1] Yabalak, E. 2018. Radical scavenging activity and chemical composition of methanolic extract from *Arum dioscoridis* sm. var. *dioscoridis* and determination of ıts mineral and trace elements. JOTCSA. 5(1): 205-218.

[2] Şimşek, M. 2013. Antimicrobial activities of extracts of *Arum dioscoridis* against various pathogens microorganisms. Turkish Journal of Clinical Laboratory. 4(1): 66-70.

[3] Jaradat, N.A. and M. Abualhasan. 2016. Comparison of phytoconstituents, total phenol contents and free radical scavenging capacities between four *Arum* Species from Jerusalem and Bethlehem. Pharmaceutical Sciences, 22: 120-125.

[4] Öztürk, E. 2017. *Arum dıoscorıdıs* bitki ekstraktının, tozasertıb ile birlikte CFPAC-1 pankreas karsinoma hücre hattı üzerindeki antikanser etkisinin *in vitro* araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, 1-91.

[5] Uğuzlar, H. 2009. Antalya'da yetişen *Areceae Arum dioscorides* tohumlarının antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde tayini. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 1-85.

[6] Stankovic, M.S. 2011. Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts. Kragujevac J. Sci., 33: 63-72.

[7] Sharm, S and P.A. Vig 2013. Evaluation of in vitro antioxidant properties of methanol and aqueous extracts of *Parkinsoniaaculeata* L. leaves, The Scientific World Journal, 1-7.

[8] Ucan Turkmen, F., H. A. Mercimek Takcı and N. Sekeroglu. 2016. Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of homemade and ındustrial samples of breakfast Zahter, herbal mixture, Akademik Gıda, 14(3): 253-257.

[9] Hışıl, Y., (2004) Enstrümental Gıda Analizleri-Laboratuvar Deneyleri. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Kitapları, Bornova, İzmir, Yayın no: 45, 39 s.

[10] Uguzlar, H., E. Maltas, and S. Yildiz, 2012. Screening of phytochemicals and antioxidant activity of *Arum dioscoridis* seeds. Journal of Food Biochemistry, 36(3), 285-291.

[11] Özenç, B. 2011. *Fumaria officinalis*'in antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 1-75.

[12] Ali-Shtayeh, M.S., Al-Assali, A.A. and Jamous, R.M. 2013. Antimicrobial activity of Palestinian medicinal plants against acne-inducing bacteria. African Journal of Microbiology Research. 7(21): 2560-2573.

[13]. Obeidat, M. M. Shatnawi, M. Al-alawi, E. Al-Zu`bi, H. Al-Dmoor, M. Al-Qudah, J. El-Qudah and I. Otri, 2012. Antimicrobial Activity of Crude Extracts of Some Plant Leaves. Research Journal of Microbiology, 7: 59-67.

Peynirde Tuzun Azaltılması ve Tuz İkame Maddelerinin Kullanımı

Salt Reduction in Cheese and Use of Salt Substitutes

Çağım AKBULUT ÇAKIR

Gıda Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Fazla sodyum alımının yüksek kan basıncına neden olması ve başta hipertansiyon olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına yol açması, gıdalarda tuz kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmaların başlatılmasını gerekli kılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tuz tüketiminin azaltılmasına yönelik önergeler sunmuş, birçok ülke bu konuda bazı yasal düzenlemelere gitmiştir. Tuz, peynirin gerek tat ve aroması, gerekse mikrobiyolojik ve yapısal özellikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Tuzun azaltılması peynirin tat ve aroması yanında tekstürel özellikleri, raf ömrü ve güvenliğini de kritik şekilde etkilemektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda uygulanan en yaygın yöntem olarak tuzun diğer mineral tuzlarla belli oranlarda ikame edilmesi şeklinde görülmektedir. Peynirin mikrobiyolojik ve duyusal kalitesini bozmadan sodyum miktarının belli seviyeye kadar azaltılması çeşitli ikame minerallerle sağlanabilmektedir.

Anahtar kelimeler:

Tuz, peynir, tuz ikameleri, tuz azaltma.

Abstract

High sodium intake causes high blood pressure and several health problems such as hypertension, and that made it necessary to initiate studies for salt reduction in foods. World Health Organization (WHO) made recommendations for reducing salt consumption; and many countries made regulations on it. Salt plays a distinctive role on the taste and flavor of the cheese, as well as its microbiological and textural properties. Reducing the salt impairs the textural properties, microbial safety and self life of the cheese in addition to its taste and flavor. The most general method of salt reduction in cheese in past studies is seen as substitution of salt with other mineral salts at certain ratios. Reducing the salt content of the cheese to a certain level without impairing the microbial and sensorial quality of it has been achieved using salt substitute minerals.

Keywords:

Salt, cheese, salt substitute, salt reduction.

1. Giriş

Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliğine göre tuz, ana maddesi sodyum klorür olan ham tuzdan insan tüketimine uygun nitelikte üretilen tuzlardır şeklinde tanımlanmıştır (Anonim, 2004). Yemek tuzu, sodyum klorür (NaCl) ismiyle bilinen beyaz kristal yapılı bir bileşiktir. Tuzun %60'ı klor, %40'ı ise sodyumdan oluşur. Tuz besinlerde bulunabildiği gibi göllerde, denizlerde ve kayalardan saf olarak elde edilir. Tuzun 1 gramında 400 mg sodyum bulunur. Çok eski çağlardan beri yemek kültürünün vazgeçilmez bir öğesi olan tuzun koruyucu özelliği ve gıda işlemede kullanımı Roma, eski Mısır ve yakın doğu ülkelerinde de bilinmekte idi. Tuz, yaklaşık 5000 yıl önce Çinliler tarafından gıdaların korunmasında kullanımının keşfedilmesi üzerine ekonomik değer kazanmıştır. Çin, Roma, Fransa, Venedik, Habsburg ve diğer birçok bölge, savaşlar için para bulmak üzere tuz vergisi koymuş ve tuz için savaşmışlardır. Hatta bazı uygarlıklar tuzu para olarak kullanmışlardır. Bugün İngilizce'de maaş anlamına gelen "salary" kelimesinin de tuz anlamına gelen "salt" ile bir bağlantısı olduğu düşünülmektedir. Günümüzde tuz, halen Sudan bölgesi ve güneyindeki ormanlarda yaşayan yerliler tarafından para yerine kullanılmaktadır. Teknolojideki ilerlemeler ile birlikte tuz, ucuz tüketim maddeleri arasına girmiş, koruyucu görevinin bir kısmını şişeleme, konserveleme, vakumlama ve derin dondurma gibi yeni yöntemler üstlenmiştir (Anonim, 2011b).

Gıdalarla aşırı sodyum tüketimi son yıllarda diyet ve sağlık açısından üzerinde durulan önemli bir konudur. Yüksek sodyum alımının yüksek kan basıncına sebep olduğunun anlaşılması (Karppanen ve Mervaala 2006, Dickinson ve Havas 2007) ve diyetteki sodyum miktarının azaltılması ile hipertansiyonun yol açtığı kardiyovasküler hastalıkların önlenebileceğinin tespit edilmesi (Cutler ve Roccella 2006, Cook ve ark., 2007) bu ilgiyi giderek artırmıştır. Diyetle yüksek miktarda alınan sodyum, vücutta daha fazla kalsiyumun idrarla atılmasına neden olmakta, bu durum kalsiyum eksikliğine bağlı kemik erimesi riskini artırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), işlenmiş ve hazırlanmış tüm gıdaların formülasyonlarının sodyum miktarlarını azaltarak yeniden hazırlanması gerektiğini vurgulamıştır. 2008 yılında yapılan Türk Toplumunda Tuz Tüketimi ve Kan Basıncı Çalışmasına (SALTurk) göre ülkemizde tuz tüketimi çok fazla olup ortalama 18 gram/gün olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011). WHO 2007 yılında yayınladığı rapora göre günlük olarak 5 gramdan (2000mg) az sodyum önermektedir. Amerika'da toplam sodyum tüketiminin %11'lik kısmı süt ürünlerinden gelmektedir (Wilson ve ark., 2012).

2. Yöntem

Bu derlemede, peynirin yapısal özellikleri üzerine tuzun etkisi ve daha önceki çalışmalarda kullanılan peynirde tuzu azaltma yöntemleri verilmiştir.

Peynirde tuzlama işleminin amaçları; tat verme, peynirdeki nem miktarını ve dolaylı olarak da asitliği ayarlamak, peynirin doku ve yapısını düzeltmek, peynir yüzeyinde deri ve kabuk oluşumunu kolaylaştırmak, peynir mikroflorasını ayarlayıcı ve selekte edici etkisini kullanarak olgunlaştırmayı yönlendirmek, peynirin dayanımını artırmak şeklinde sıralanmaktadır (Üçüncü, 2008).

Tuz, peynirde su aktivitesini düşürmek suretiyle istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini önleyerek koruyucu etki sağlamaktadır. Klorit, mikrobiyal sporların gelişimini engellemektedir. Bunun dışında tuz protein hidratasyonunu etkilemekte, bu durum peynir tekstürel yapısına yansımaktadır. Peynirde tuzun herhangi ikame maddesi kullanılmaksızın ve aynı üretim protokolüne bağlı kalınarak azaltılması, proteoliz, su aktivitesi, asitlik ve acılığın artması, yumuşama ve fermentasyon seyrinin bozulması gibi çok çeşitli problemlere neden olmaktadır. Peynir üretiminde tuz ilavesi telemeden peynir altı suyunun daha etkin bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır. İlave edilen tuz azaltıldığında, üretim protokolünde gerekli değişiklikler yapılmadığı taktirde, telemede daha yüksek oranda su kalacak, peynir nem miktarı yüksek olacaktır (Grummer ve ark., 2013). Peynirde tuzun azaltılması üretim yönteminde bir takım modifikasyonları gerektirmektedir. Pıhtının daha dar aralıklı kesim bıçaklarıyla kesilmesi, serum ayırma öncesi pıhtı-serum karışımının daha yüksek ısıya getirilmesi ve daha yüksek asitlik gelişiminin sağlanması gibi telemeden serum ayrılmasını kolaylaştırıcı bazı uygulamalar, peynirde kalan su miktarının normal seviyede tuzlanan peynirlerle aynı seviyede tutulmasını sağlamaktadır (Üçüncü, 2008). Peynirde sodyum miktarını azaltmak için kullanılan yaygın bir yöntem tuz yerine diğer mineral tuzların kullanılmasıdır. Tuz ikamesi olarak NaCl'nın bir kısmının veya tamamının yerine diğer klorlu tuzlar (KCl, CaCl2 ve MgCl2) veya fosfatlar gibi klorsuz tuzlar kullanılmaktadır. Bunlardan potasyum klorür (KCl), en yaygın kullanılanıdır (Murpy, 1981, Klaauw, 1995). Patojenler üzerinde antimikrobiyal özellik gösteren KCl, peynirde mikrobiyolojik stabiliteyi de korumaktadır (Bidlas, 2008). Ancak, KCl ürünler üzerinde acı, metalik, kimyasal tat oluşturmaktadır. Bu durum kullanımını sınırlandırmıştır. Sodyum klorür ile potasyum klorürün belirli oranlarda kullanımının sodyum azaltılmasında üreticiler için en uygun seçenek olduğu belirtilmiştir (Wilson ve ark., 2012).

Tuz kullanımının azaltılmasında farklı bir yöntem olarak tuz kristal yapısının değiştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Tuzun kristal yapısının değiştirilmesiyle tuzluluk algısının etkilendiği görülmüştür. Ancak tuzun kristal yapısı nasıl olursa olsun, çözündüğünde benzer özellik göstereceğinden, sıvı sistemlerde uygulanabilirliği yoktur. Tuzun katı toz olarak eklendiği uygulamalarda tuzun kristal yapısının tuzluluk algısını etkileyebildiği belirtilmiştir. Çünkü tuzluluk algısı için tuz ağızda eritilmelidir. Ağızdaki tuz algısının oranı tuzun kristal yapısı, içerdiği kristal formu (yoğunluk ve şekil) ve kristal boyutu (yüzey alanı ve hacim) ile ilişkilidir. Be nedenle tuzun kristal karakterinin farklılığının ağızda erime ve dolayısıyla tuz algısını değiştirebileceği belirtilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Sodyum oranı azaltılmış peynir üretimi için tuzlama işleminin %2 NaCl, %6 KCl ve %1,3 CaCl2 ya da %20 peynir suyu, %6,3 KCl ve %1,5 CaCl2 çözeltileri içinde yaklaşık 8 saat süre ile bekletilerek yapılması peynirin NaCl miktarı 1200-1300 ppm'e yakın ya da 800-900 ppm seviyesine düşürülebilmektedir. Yapılan bir çalışmada Cheddar peyniri yapımında KCl kullanımı üzerine bir çalışmada öğütülmüş telemeye 1:1 oranında hazırlanmış NaCl:KCl karışımı ile uygulanan tuzlama sonucu 9 aylık olgunlaşma sürecinde yapılan duyusal değerlendirmelerde peynirlerde acılık belirlenmiştir (Üçüncü, 2008). KCl'ün neden olduğu acı ve metalik tadı baskılamak için monosodyum glutamat (MSG) ve maya özütü gibi çeşitli aroma artırıcı maddelerin kullanımı denenmiştir (Wilson ve ark., 2012; Grummer ve ark., 2013). Aroma artırıcı olarak disodyum inosionat kullanımının peynir aromasını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Grummer v.d., 2013). Cheddar peynirinin NaCl:KCl karışımı kullanılarak tuzlanmasının mikrobiyolojik özellikler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, KCl ve NaCl:KCl karışımı ile yapılan peynirlerdeki aerobik mikroorganizma, laktik asit bakterileri, starter olmayan laktik asit bakterileri, aerobik sporlar, koliformlar, maya ve küf popülasyonu, normal tuzlama (NaCl) yapılan kontrolden farklı bulunmamıştır (Reddy ve ark., 1995) . Cheddar peynirinde NaCl ile KCl, MgCl2, ve CaCl2 tuzlarının tek tek 1:1'lik karışımlarının kullanımını inceleyen başka bir çalışmada 4^{o}C'de 4 aylık olgunlaşma sonunda yapılan duyusal değerlendirmede MgCl2 ve CaCl2 ile hazırlanan peynirlerde aşırı düzeyde acılık ve kabul edilemeyen bir lezzet saptanırken, NaCl:KCl karışımı ile tuzlanan peynirlerin lezzet ve doku puanları kontrolden önemli bir farklılık göstermemiştir (Fitzgerald ve ark., 1985; Lindsay ve ark., 1982). Camembert peynirinde MgCl2 kullanımında 3 aylık olgunlaşma boyunca, NaCl varlığında bile Mg'un proteolizi hızlandırdığı, Na'un ise lipolizi inhibe ettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, MgCl2:NaCl karışımının kabul edilebilir bir kalite sağladığı bildirilmiştir (Üçüncü, 2008). Yine Cheddar peynirinde farklı oranlarda NaCl:KCl karışımları denemeye alınmış ve proteoliz ile lipoliz gelişimi izlenmiştir. Hidrolitik ransidite ve acılık üzerinde 1:3 veya daha fazla NaCl kullanıldığında KCl'den kaynaklanan bir soruna neden olmadığı belirlenmiştir (Üçüncü, 2008). Sodyum ve potasyum laktat kullanımı üründeki sodyum miktarını belirli bir dereceye kadar azaltırken, sodyum klorür miktarının düşürülmesiyle azalan tuzlu tadı koruma eğilimindedir (Price 1997). Gou ve ark. (1996), glisin ve potasyum laktatı tuz ikamesi olarak kullanmışlardır (Ekmekçi, 2012).

Leatherhead Gıda Araştırma Merkezinde yürütülen çalışmalarda tuzun kristal boyutu değiştirildiğinde tuzluluk algısının değiştirdiği doğrulanmıştır. Daha küçük parçacıklı tuz kristallerinin varlığı tuz seviyesinin daha da azaltılarak tuz kullanımı gerektiren durumlarda eşit

dağılımının sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Wilson ve ark., 2012). Normal tuz kristallerinin boyutu 200-500 mikron iken, tuz partiküllerinin 5-10 mikrona indirilmesi daha yoğun tuzlu tat algılanmasını sağlamıştır. Ticari olarak kristal boyutu küçültülen tuzlar ekmekte, pastacılık ürünlerinde ve pizzada kullanılmaktadır. Ekmekteki tuz seviyesini %2 den %0,6'ya kadar azalttığı bildirilmiş ve tuz seviyesini %70'e kadar azaltabileceği belirtilmiştir. Cheddar peyniri üzerinde yapılan çalışmada da olumlu sonuçlar verdiği açıklanmıştır (Wilson ve ark., 2012).

4. Sonuç

Tüketicilerin, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklardan korunmak amacıyla düşük sodyum içerikli gıdalara yönelmeleri bu tip gıdaların üretilmesine ilişkin çalışmalara hız kazandırmıştır. Yapılan çalışmalar NaCl kullanımını teknolojinin izin verdiği oranda azaltma veya NaCl yerine aynı amaçla kullanılabilecek başka kimyasalların belirlenmesi yönünde olmuştur. Hipertansiyon hastaları diyetlerinde sodyum alımını sınırlamak durumunda olduğundan, tuzlanmış peynirleri tüketmeleri sorun arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda peynirde mikrobiyolojik ve duyusal kaliteyi bozmadan sodyum miktarının belli seviyeye kadar azaltılmasının mümkün olduğu görülmüştür ancak sodyum ilavesiz kabul edilebilir nitelikte tuzlu tada sahip peynir üretimi sorun oluşturmaktadır. Bu alanda daha fazla araştırmanın yapılması gerekmektedir.

5. Referanslar

[1] Anonim, 2004. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Sofra ve Gıda Sanayi Tuz Tebliği, Tebliğ No:44

[2] Anonim, 2008. Türk Toplumunda Tuz Tüketimi ve Kan Basıncı Çalışması, Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği

[3] Anonim, 2011. Türk Toplumunda Tuz Azaltma Eylem Planı, Ankara.

[4] Anonim, 2011b. Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, Ankara.

[5] Anonim, 2014. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Peynir Tebliği Taslağı

[6] Bidlas, E., Lambert, R.J.W. 2008. Comparing theanti microbial effectiveness of NaCl and KCl with a viewto sodium replacement, International Journal of Food Microbiology, 124, 98-102.

[7] Cook, N. R., Cutler, J.A., Obarzanek, E., Buring, J.E., Rexrode, K.M., Kumanyika, S.K., Appel, J., and Whelton, P.K. 2007. Longterm effects of DietarySodiumReduction On CardiovascularDiseaseOutcomes: ObservationalFollow-Up Of TheTrials Of HypertensionPrevention (TOHP). BritMed J., 334:885–888

[8] Cutler, J. A., and Roccella, E. J. 2006. Salt reduction for preventing hypertension and cardiovascular disease: A population approach should include children. Hyptertens, vol. 48, 818–819.

[9] Dickinson, B.D., and Havas, S. 2007. Reducing The Population Burden Of CardiovascularDiseaseByReducingSodiumİntake: A Report Of The Council On Science And Public Health. ArchInternMed.,Vol. 167, 1460– 1468.

[10] Ekmekçi, 2012. Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

[11] Fitzgerald, E. and Buckley, J. 1985. Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of Cheddar cheese. J. Dairy Sci. 68: 3127–3134

[12] Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J. and Arnau, J., 1996. Potassium Chloride, Potassium Lactate And Glycine As Sodium Chloride Substitutes İn Fermented Sasuages and in Dry-Cured Pork Loin. Meat Science, Vol.42(1), 37–48.

[13] Grummer, J., Bobowski, N., Karalus, M., Vickers, Z., Schoenfuss, T. 2013. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. J. of Dairy Sci., Vol. 96 (3), 1401-1418

[14] Karppanen, H., and Mervaala, E. 2006. Sodium İntake and Hypertension. Prog Cardiovasc Dis.,Vol. 49, 59–75.

Klaauw, N. J. V. D., Smith D. V.,1995.Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. Physiology&Behavior, 58 (2), 295-306.

[15] Kawamura Y, Kare MR.,1987.Temel Bir Tat Umami. New York, Ny: Marcel Dekker Inc

[16] Lindsay, R.C., Hargett, S.M., and Bush, C.S. 1982. Effect of sodium/potassium (1:1) chloride and low sodium chloride concentrations on quality of Cheddar cheese. J. Dairy Sci.; 65: 360–370

[17] Murphy C., Cardello A. V., Brand J. G., 1981. Tastes Of Fifteen Halide Salts Following Water and NaCl:Anion and Cation Effects.

Physiology& Behavior, 26, 1083-1095.
[18] Price, J.F. 1997.,Low-Fat/Salt Cured Meat Products. In A. M. Pearson& T. R. Dutson(Eds.), Advances İn MeatResearch. Production And Processing Of Healthy Meat, (Vol. 11, Pp. 242–256). London: Blackie Academic&Professional
[19] Reddy, K.A. and Marth, E.H. 1995. Microflora of Cheddar cheese made with sodium chloride, potassium chloride, or mixtures of sodium and potassium chloride. J. Food Prot.; 58: 54–61
[20] Şenel, E., Yıldız, F., Yetişemiyen, A., Durlu-Özkaya, F., Öztekin F.Ş., Şanlı, E. 2012. Evaluation of the Biogenic Amine Content and Some Chemical and Microbiological Properties of Urfa and Van Herby Cheeses. Kafkas Univ Vet Fak Derg, 18 (4): 537-544
[21] Üçüncü, Mustafa., 2008. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir.
[22] Wilson, R., Komitopoulou, E., and Incles, M. 2012. Evaluation of Technological Approaches to Salt Reduction. Food and Drink Federation (FDF) and British Retail Consortium (BRC)

IGS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinde Deneysel Mod Ayrıştırma Yöntemi İle Trend Analizi

Trend Analysis of IGS Coordinate Time Series by Empirical Mode Decomposition Method

Emine TANIR KAYIKÇI[1]
Seldanur ÇELİK[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye,

Özet

Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonları koordinat zaman serileri doğrusal veya doğrusal olmayan trend ve mevsimsel değişimler içermektedir. Koordinat serilerindeki bu değişimler genellikle kabuk deformasyonları, tektonik hareketler, atmosferik veya hidrolojik yükmeler sonucu meydana gelmektedir. Jeodezik, jeodinamik ve jeofiziksel alanlarda yapılacak çalışmalara doğru ve güvenilir bilgi kaynağı sağlamak için koordinat zaman serilerinde trend ve mevsimsel etkilerin analiz edilmesi gerekir. Bu çalışmada Türkiye'de bulunan TUBI IGS istasyonunun Yukarı (Y) bileşeninin 1999 ve 2014 yılları arasındaki koordinat serilerinde trend analizi için Deneysel Mod Ayrıştırma yöntemi (EMD-Empirical Mode Decomposition) uygulanmıştır. İklimsel değişimlerin koordinat serileri üzerindeki etkisini gözlemlemek için EMD yönteminden elde edilen bulgular ayrıca irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Koordinat Zaman Serileri, Trend, Deneysel Mod Ayrıştırma, İklimsellik

Abstract

Coordinate time series generated by the IGS (International GNSS Service) stations involve linear or nonlinear trends and seasonal variations. These changes in coordinate series are generally caused by crustal deformations, tectonic movements, atmospheric or hydrological loads. The trend and seasonality need to be analyzed in order to provide an accurate and reliable source of information for the studies in geodetic, geodynamic and geophysical areas. In this study, the between 1999 and 2014 coordinate series of the Up (Y) component of TUBI IGS station were analyzed by Empirical Mode Decompostion (EMD) method. In order to observe the effect of climatic changes on the coordinate series, the findings obtained from the EMD method were examined separately.

Keywords:

Coordinate Time Series, Trend, Empirical Mode Decomposition, Climatic

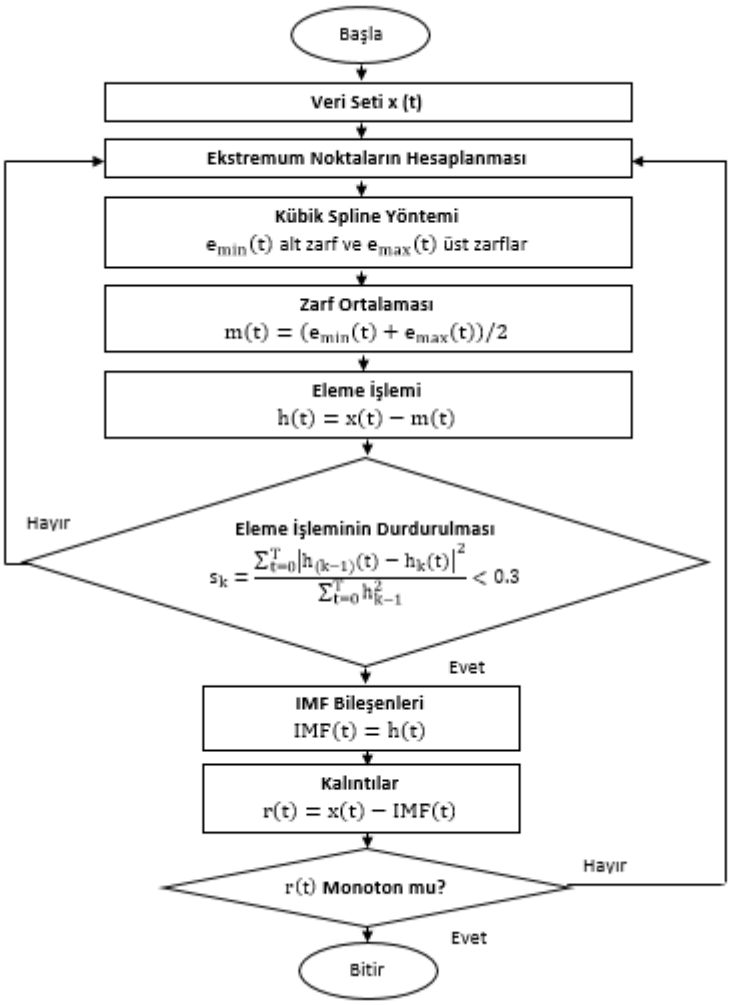
1. Giriş

GNSS teknolojisindeki gelişim sayesinde uzun dönemli kaydedilen günlük koordinat verilerinin değişimlerini incelemek mümkün olmaktadır. Genellikle yeryüzünde yaşanan tektonik ve tektonik olmayan (atmosferik, hidrolojik yüklemeler vb.) hareketler sebebiyle koordinat serileri belli bir seviyedeki sistematik hatanın, özellikle de uzun süreli gerçek olmayan eğilimler (trend) ve yarım ya da yıllık periyodik değişimler (mevsimsellik) gibi hataların etkisi altındadır. GNSS koordinat zaman serilerinin jeofiziksel olarak yorumlanması genellikle kabuk hareketlerin hızlarının ve atmosferik, hidrolojik veya okyanusal gibi mevsimsel kütle yüklerinin neden olduğu periyodik hareketlerin genlikleri ve fazlarının belirlenmesini kapsamaktadır (King and Watson, 2010; Dong vd., 2002). Bu durumda birden fazla sinyali içeren GNSS koordinat serilerini alt sinyallere ayrıştırarak inceleme jeofiziksel yorumlama açısından fayda sağlamaktadır. Deneysel Mod Ayrıştırma (EMD-Empirical Mode Decomposition) yöntemi, karmaşık veri setinden meydana gelen zaman serilerini İçsel Mod Fonksiyonu (IMF-Intrinsic Mode Decomposition) olarak adlandırılan alt sinyallere ayrıştırmakta ve serinin içerdiği trendi ortaya çıkarmaktadır. Yöntemin doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde kullanılması ise avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada koordinat serilerinde trend belirlemek için EMD yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemden elde edilen IMF bileşenleri iklimsel açıdan da irdelenmiştir.

2. Yöntem

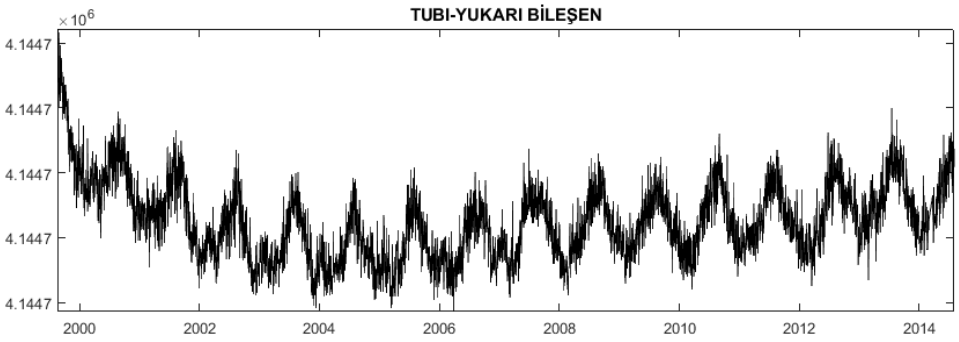
EMD; deneysel, uyarlanabilir, içsel ve yerel özellikleri sayesinde veriyi analiz eder. Doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde kullanılabilen bu yöntemin temel varsayımı; veri herhangi bir anda farklı frekans ve dalga modlarındaki bilgiyi aynı anda iç içe geçmiş şekilde içerebilir. Bu salınım modlarının her biri, bir IMF ile temsil edilir. EMD yöntemi, zaman serilerinde salınım gösteren sinyali IMF olarak adlandırılan farklı frekanstaki bileşenlerine ayrıştırarak veri içerisindeki fiziksel süreç özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Farklı zaman ölçeklerindeki sinyallerin değişkenliğinin analiz edilmesinde bir filtreleme görevi yaparak seri yapısındaki doğrusal olmayan trend bileşenini ortaya çıkarır. IMF'lerin iki önemli özelliği vardır. Bunlardan biri, tüm veri setinde extremum ve sıfır geçiş noktalarının sayısı eşit ya da aralarındaki fark en fazla bir olmadır. Diğeri ise herhangi bir veri noktasında yerel maximum ve yerel minimin noktaları tarafından tanımlanan zarfların ortalaması sıfır olmalıdır. EMD yöntemi, eleme işlemi olarak adlandırılan bir algoritmayla uygulanır (Şekil 1). Bu algoritmada x(t) giriş verisi için ilk olarak yerel minimum ve maksimum olan ekstremum noktalar bulunur. Ekstremum noktalar kübik eğri ile birleştirilerek alt ve üst zarflar oluşturulur. Her bir zaman

noktası için zarf ortalaması hesaplanır ve girdi veriden çıkarılarak eleme işlemi gerçekleştirilir. Eleme işlemi, iki ardışık eleme sürecinden yararlanarak hesaplanan standart sapmanın genellikle 0.2 ve 0.3 gibi belirlenen öncül standart sapma değerinden küçük oluncuya kadar devam ettirilir. Eleme işlemi sonlandığında ilk IMF bileşeni elde edilmiş olur. IMF bileşeni girdi veriden çıkarıldığında ise elde edilen artık veri yeni bir veri seti olarak ele alınır. Süreç IMF elde edemeyecek monoton dizi olana kadar devam ettirilir. Diğer bir ifadeyle, artık veride yerel maksimum veya minimum nokta sayıları biri geçmeyinceye kadar devam ettirilir (Wu and Huang, 2004; Huang and Shen, 2005; Torun, 2012; Elbi, 2013; Giron-Sierra, 2016).



Şekil 1. EMD Algoritması

Çalışmada Türkiye'de bulunan TUBI Uluslararası GNSS Servisi (IGS-International GNSS Service) istasyonunun Yukarı bileşeni üzerinde EMD yöntemi uygulanmıştır. Yöntem için kullanılan koordinat serileri *http://garner.ucsd.edu/* web adresinden kullanıcı adı ve şifre ile temin edilmiştir. Doğrusal ve durağan olmayan, trend ve mevsimlik içeren koordinat serilerinde EMD uygulamak için öncelikle serinin zaman serisi grafiği oluşturulur (Şekil 2).

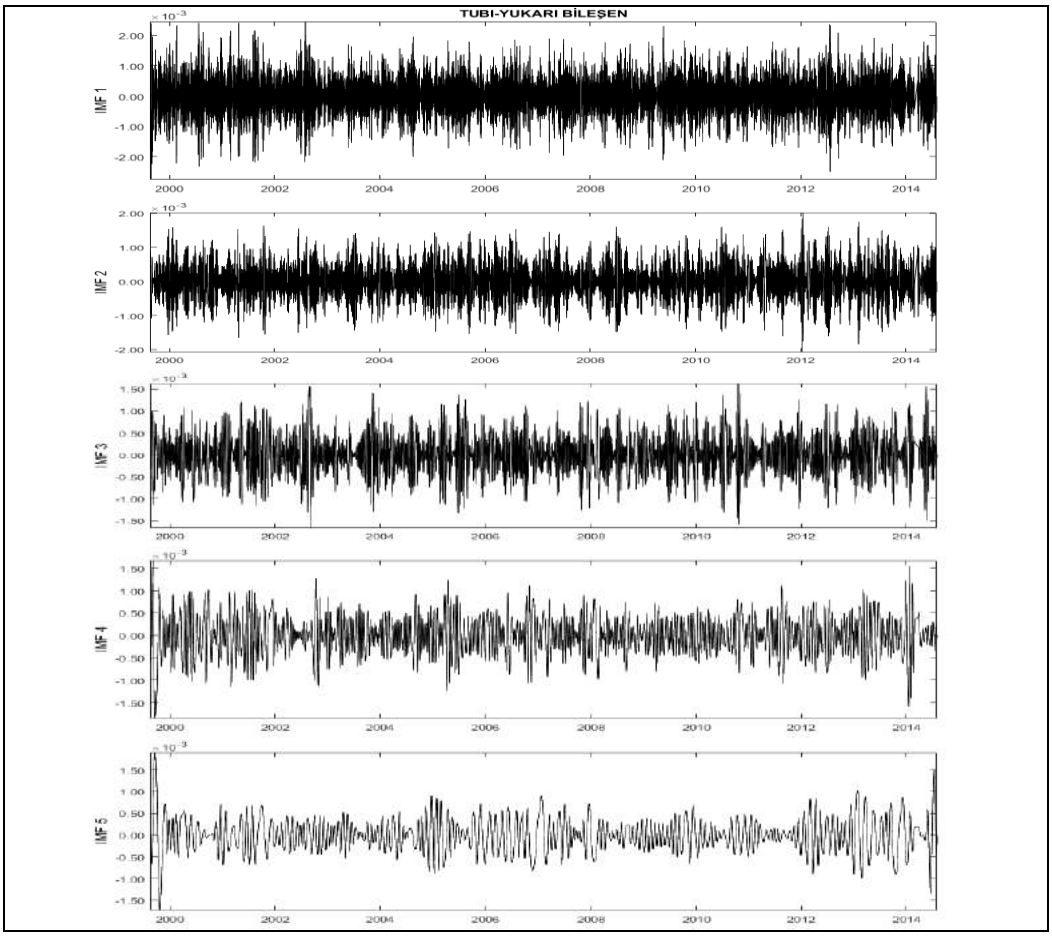


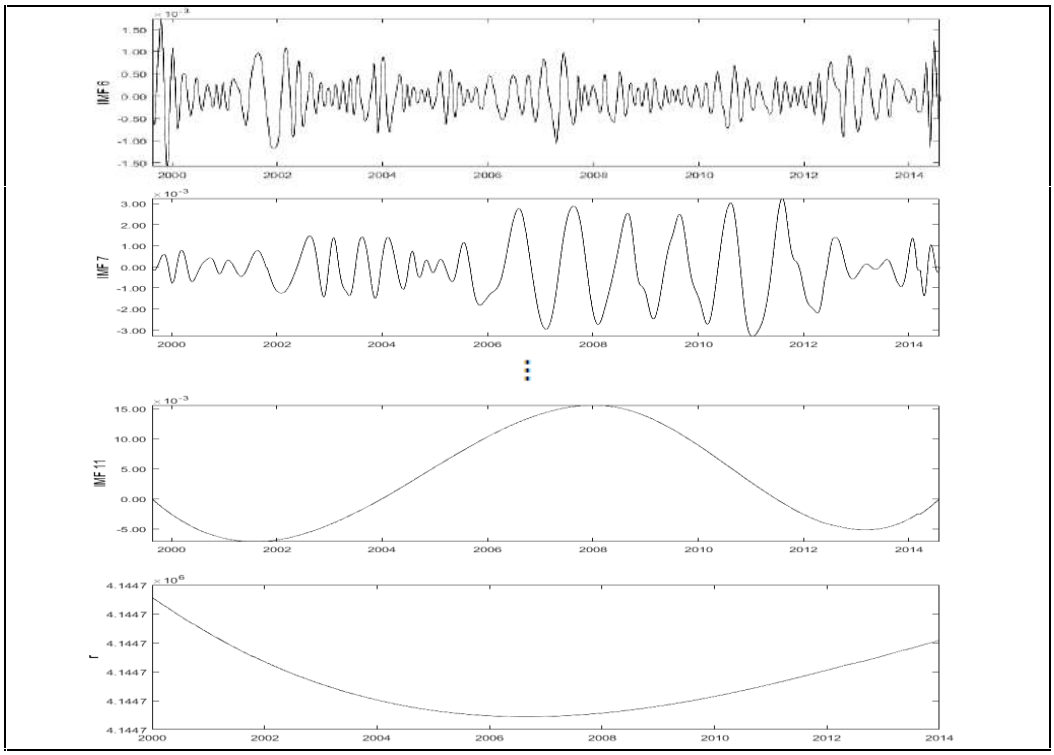
Şekil 2. TUBI Yukarı Bileşen Koordinat Zaman Serisi

Şekil 2 incelendiğinde koordinat değerlerinin 2006 yılına kadar periyodik bir değişim içinde önce azaldığı daha sonra ise arttığı gözlenmektedir. Bu durum, koordinat serisinin doğrusal ve durağan olmayan bir davranış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

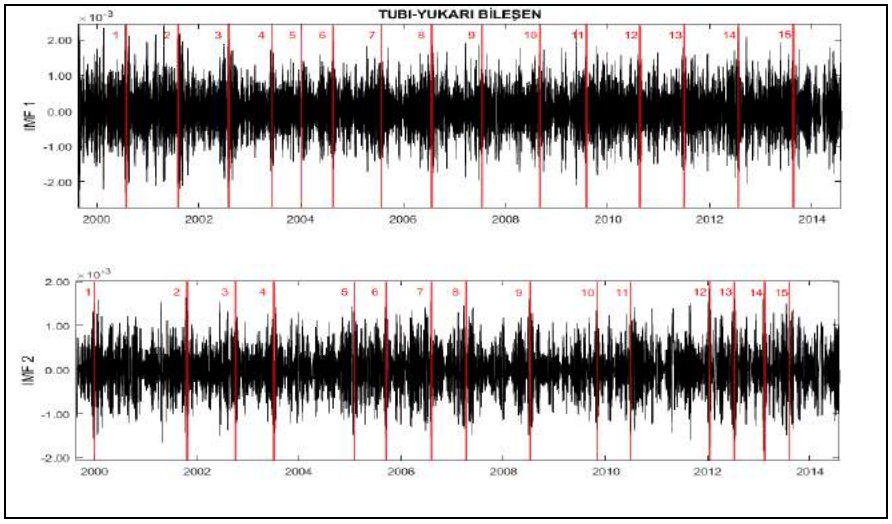
1999-2014 yıllarını kapsayan koordinat serisi üzerinde EMD yöntemi uygulandığında ise 11 IMF bileşeni elde edildi. IMF bileşenlerinin ilk üçünde yüksek frekans özelliği gözlenmiştir. IMF4, IMF5 ve IMF6'da dalga boyları artmaya frekans özelliği azalmaya başlamıştır. IMF7'de 2006 ve 2012 yılları arasında dalga şiddetleri büyümüş yaklaşık bir yıllık periyotlu dalgalar meydana gelmiştir. IMF11'de bir tepe ve iki çukur noktasına sahip dalga elde edilmiştir. r artık ise verinin sergilediği genel eğilime uygun olarak elde edilmiştir (Şekil 3).





Şekil 3. TUBI Yukarı Bileşende Elde Edilen IMF'ler

Şekil 2 ve Şekil 3'ün r artık verisi karşılaştırıldığında benzerlik gözlenmektedir. Bu durumda EMD yönteminden elde edilen r artık verisinin Şekil 2'ki zaman serisinin trendini temsil ettiğini söylemek mümkündür. İklimsel açıdan değerlendirme yapmak için IMF1 ve IMF2 bileşenleri ele alınmıştır. Dalga şiddetlerinin yüksek olduğu noktalar numaralandırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. IMF1 ve IMF2'nin İklimsel Olarak İncelenmesi

Şekil 4'de numaralandırılmış noktalar incelendiğinde IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde dalga şiddetlerinin genellikle sıcaklığın arttığı yaz aylarına parallel olarak bir artış içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. IMF1 ve IMF2'nin İklimsel Olarak İncelenmesi

No	IMF1	IMF2
	Ay, Yıl	Ay, Yıl
1	Temmuz,2000	Ocak, 2000
2	Ağustos,2001	Ekim, 2001
3	Ağustos,2002	Haziran, 2002
4	Haziran, 2003	Temmuz,2003
5	Ocak, 2004	Ocak, 2005
6	Ağustos, 2004	Eylül, 2005
7	Temmuz,2005	Haziran, 2006
8	Temmuz,2006	Mart, 2007
9	Temmuz,2007	Temmuz,2008
10	Temmuz,2008	Ekim,2009
11	Temmuz,2009	Temmuz,2010
12	Ağustos, 2010	Ocak, 2012
13	Haziran, 2011	Temmuz,2012
14	Temmuz,2012	Şubat, 2013
15	Temmuz,2013	Temmuz,2013

4. Sonuçlar

Konumları sabit olarak tesis edilen IGS istasyonları yeryüzündeki değişimlere bağlı olarak zamanla trend ve mevsimsellik gibi farklı davranışlara sahip olmaktadır. Bu farklı davranışlara neden olan faktörlerden biri de genellikle mevsimsel etkilerin meydana gelmesinde etkili olan iklimsel değişimlerdir. EMD yöntemi ile alt sinyallere ayrıştırılan koordinat serilerinde de bu etkiler IMF1 ve IMF2 bileşenlerinde kabaca gözlenmiştir. Zaman serilerinde mevsimselliğin hassas olarak belirlenmesinde spektral analizlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada özellikle doğrusal ve durağan olmayan zaman serilerinde trend özelliği ortaya çıkarma üzerinde durulduğu için spektral analiz yapılmamıştır. Ancak gelecek çalışmalarda IGS istasonlarında mevsimsellik spektral analiz ile irdelenecektir.

5. Referanslar

[1] King, M.A. and C.S. Watson. 2010. Long GPS coordinate time series: multipath and geometry effects. Journal Of Geophysical Research. Vol. 115

[2] Dong, D. Fang, P. Bock, Y. Cheng, M.K. and S. Miyazaki. 2002. Anatomy of apparent seosonal variations from GPS-derived site position time series. Journal Of Geophysical Research. 107. B4

[3] Elbi, M.D. 2013. Hilbert Huang Dönüşümü ile zaman serilerindeki gürültü bileşenlerinin ayrıştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

[4] Huang, N.E. and S.S.P. Shen. 2005. Hilbert-Huang transform and its application. World Scientific.

[5]Torun, E. 2012. HHT analizine ilişkin yeni yaklaşımlar: sermaye piyasası üzerine bir uygulama. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

[6] Wu, Z. and N.E. Huang. 2004. A study of the characteristics of white noise using the empirical mod decomposition method. Proc. Roy. Soc. London. 460A: 1597-1611

[7] Giron-Sierra, J.M. 2016. Digital signal processing with matlab examples, volume 1: signals and data, filtering, non-stationary signals, modulation. Springer.

İnşaat Sektöründeki Tehlikeli Kazaların Değerlendirilmesi

The Evaluation of High Severe Occupational Accidents in Construction Industry

Bilal Umut AYHAN[1]
Onur Behzat TOKDEMİR[2]

[1] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye,

Özet

İnşaat sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) konusu, diğer sektörler ile karşılaştırıldığında, dünya genelinde gözlemlenen yüksek ölüm oranlarından dolayı birçok araştırmacı tarafından hala çalışılmaktadır. Kaza unsurları arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve bu ilişkilerin yorumlanması, şantiyelerde muhtemel gerçekleşecek tehlikeli kazaların önlenmesinde önemli bir rol oynayabilir. Dolayısıyla bu çalışmada, kaza ve kaza unsurları arasındaki ilişkileri tanımlayabilmek için farklı şantiyelerden toplanan 480 yüksek tehlikeli kaza kayıtları kullanılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada sunulan yüksek tehlikeli kazaların istatistiklerinin yaş, meslek, deneyim ve kaza saati başlıkları altında incelenmesi ile kazaya en çok meyilli grupları ve saatleri belirlemek ayrıca çalışma sonunda belirtilen gruplara ve zamanlara göre gerekli güvenlik aksiyonların alınmasına olanak sağlamak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), Yüksek Tehlikeli İş Kazaları, Kaza İstatistikleri

Abstract

When it is compared with the other industries, Occupational Health and Safety (OHS) in the construction industry is still a hot topic among the most of researchers. Investigating the relation between accident agencies may play a significant role in the prevention of high severe accident in construction sites. For this reason, 480 different accident cases of high severe events taken from different construction sites records were integrated into this study to describe the relationship between the accident attributes. Ultimately, it was aimed to detect the accident-prone crews and the likeliest time for the incident by investigating the accidents cases under the groups of age, experience, occupation and time of the incident as well as providing ease in taking necessary measures.

Keywords:

Occupational Health and Safety (OHS), High Severe Occupational Accidents, Accident Statistics

1. Giriş

Uluslararası Çalışma Örgütü'ne (ILO) göre dünya genelinde her yıl 2.3 milyondan fazla kadın veya erkek iş hastalığına veya kazasına yenik düşmektedir [1]. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanında yapılan çalışmalar, ortaya konulan yenilikler ve önerilen özgün yöntemler ile kaza görülme sıklığında düşüş görülse de, azımsanmayacak oranda iş kazası ile karşılaşılmaktadır. Her sektörün kendi çalışma ortamına özgü tehlikeleri olmasına rağmen inşaat sektörü diğer sektörlerle kıyasla özellikle şantiyeler, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından en tehlikeli çalışma ortamları olarak görülmektedir Örneğin Türkiye'de, imalat sanayisinde 2008 ile 2016 yılları arasında yaşanan ölümlü kaza oranı her 100,000 kişi için ortalama 6.2 iken, aynı yıllar arasında inşaat sektöründe bu oran 22.34 olarak gözlemlenmiştir [2]. Kazakistan'da ise 2010 yılında yaşanan ölümlü kazaların neredeyse %16'sını inşaat sektörü oluşturmaktadır [2].

Ölümcül iş kazası oranları, ülkelerdeki İSG kültürünün yerleşikliğine göre farklılık gösterebilmektedir. İSG kültürünü benimsemiş ülkelerde her geçen yıl ölümcül kaza oranında belirli bir oranda azalma görülmesine rağmen, bu kültürü çalışma normlarına oturtmamış ülkeler için iş kazaları hala önemli bir sorun olmaktadır. Şekil 1'de ILO veri tabanından alınan ölümlü kaza oranlarının ortalamaları kullanılarak hazırlanmış olan ve Tableau 2018 programı yardımı ile Avrupa-Asya kıtasındaki her 100,000 kişi için ölümlü kaza oranları verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, Asya kıtasında ortalama ölümlü kaza oranları 14'e yakın iken, kaza oranı en yüksek olan ülkeler sırası ile Türkiye, Kazakistan, Ukrayna ve Rusya'dır. Türkiye'de bu oran 21.4 gibi yüksek bir değer iken, Kazakistan ve Ukrayna'da 21.00 ve Rusya'da ise 18.00'dır. Avrupa'ya bakıldığında ise, ölümlü kaza oranlarında Asya ülkelerine kıyasla daha az bir oran ile karşılaşılmaktadır. Genel olarak, Avrupa kıtasında ölümlü kaza oranı 13.00'ın altında olmakta ve özellikle İngiltere ve Baltık ülkelerinde, bu oran 3.00'ın altına inmektedir. Örneğin, İngiltere'de 2.10 gibi düşük bir seviyede iken, Norveç ve İsveç'de sırası ile 2.60 ve 2.25'e eşitir. Fakat Orta Avrupa'ya doğru gelindiğinde ölümlü kaza oranında yükseliş gözlemlenmiştir.

Şekil 1'de sunulan verilerden de anlaşıldığı üzere, inşaat sektörü için İSG konusu hala çözümlenmemiş olmakta ve karşılaşılan yüksek seviyede ölüm oranları yüzünden, özellikle gelişmekte olan ülkeler için önem arz etmektedir. İş kazalarını önleme konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar ışığında literatüre önemli yöntemler sunulmuştur. Çalışmalar genellikle, güvenlik iklimi [3-5], İSG ile ilgili risk değerlendirmeleri [6,7] gibi konulara odaklanmıştır. Bunların yanı sıra, Goh ve Chua,

(2013) yaptıkları çalışmada Singapur'a ait kaza verilerini kullanarak kazanın tehlike seviyesini etkileyen en önemli kaza unsurlarını, bunların arasındaki ilişkiyi Yapay Sinir Ağları'nı (YSA) kullanarak incelemiş ve tehlikeli kazaların önlenmesinde hangi unsurların başrolde oynadığını göstermiştir [8]. Oswald vd, (2018) ise güvenlik gözlem raporlama sistemi olan SOR (safety observation reporting) sisteminin konvensiyonal raporlamalara göre daha efektif bir yöntem olabileceğini örnek saha verilerini üzerinde göstermiştir [9].

Bu çalışmada, Avrupa-Asya bölgesinden anonim şekilde toplanan şiddetli iş kazaları incelenmiş ve istatistikleri paylaşılmışır. Paylaşılan istatistikler ile tehlikeli iş kazalarına maruz kalan kişilerin, yaş grupları, deneyimleri, meslekler ve kaza saatleri incelenmiştir. Sonuç olarak, bu araştırma sonucunda çıkan kaza istatistikleriyle, inşaat sahası içersinde hangi iş grubu altında çalışan kişilerin İSG eğitimlerine daha çok ihtiyaç duyduğunu, hangi saatlerde gerekli İSG önlemlerinin daha dikkatli alınması gerektiğini ve çalışanların yaş gruplarının, iş tecrübelerinin kaza tehlike seviyesini nasıl etkilediğini göstermek amaçlanmıştır.

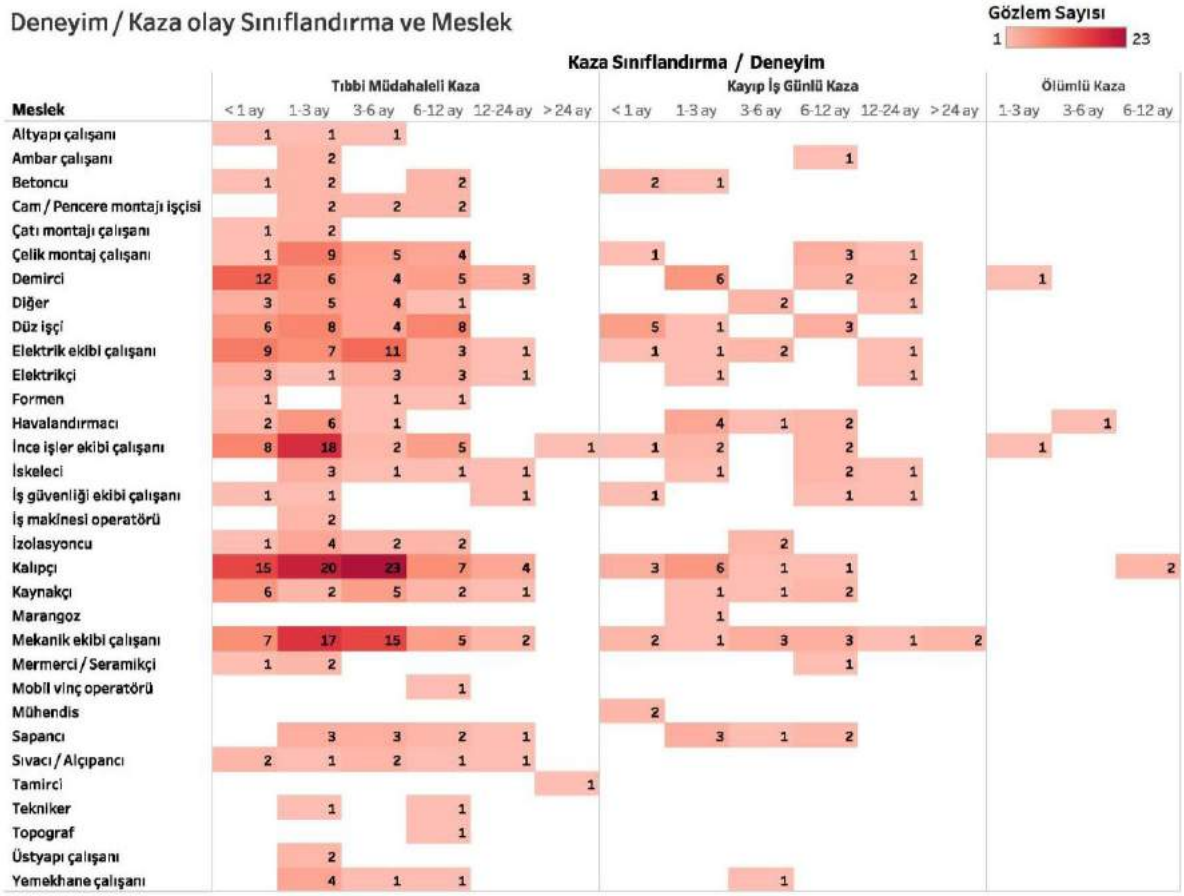
Şekil 1. Avrupa Asya kıtalarına göre ölümlü kaza oranı dağılımları (ILO verilerine göre)

2. Yöntem

Sunulan çalışma, farklı şantiyelerden toplanan tıbbi müdahaleli, kayıp iş günlü ve ölümlü kazaların istatistiklerinin incelenmesinden oluşmaktadır. Kaza verileri Avrupa-Asya bölgesinde bulunan özel taahhüt işleri kapsamında tamamlanmış endüstriyel yapı şantiyelerinden, şirket yöneticileri aracılığı ile alınmıştır. Olaylar, kaza saati, meslek, deneyim ve kazazede yaş aralığı grupları altında incelenmiş olup, birbirleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi ile tehlikeli kazalarla karşılaşma ihtimali en yüksek olan iş gruplarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 480 kaza verisi kullanılmış, bunlardan 378'i tıbbi müdahaleli kaza iken, 97'si kayıp iş günlü kaza verisi, 5'i ise ölümlü kaza verisidir. İstatistiklerin Şekil 1'deki gibi anlaşılabilir biçimde aktarılabilmesi için Tableau 2018 [10] ve Minitab 2018 [11] programıları kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

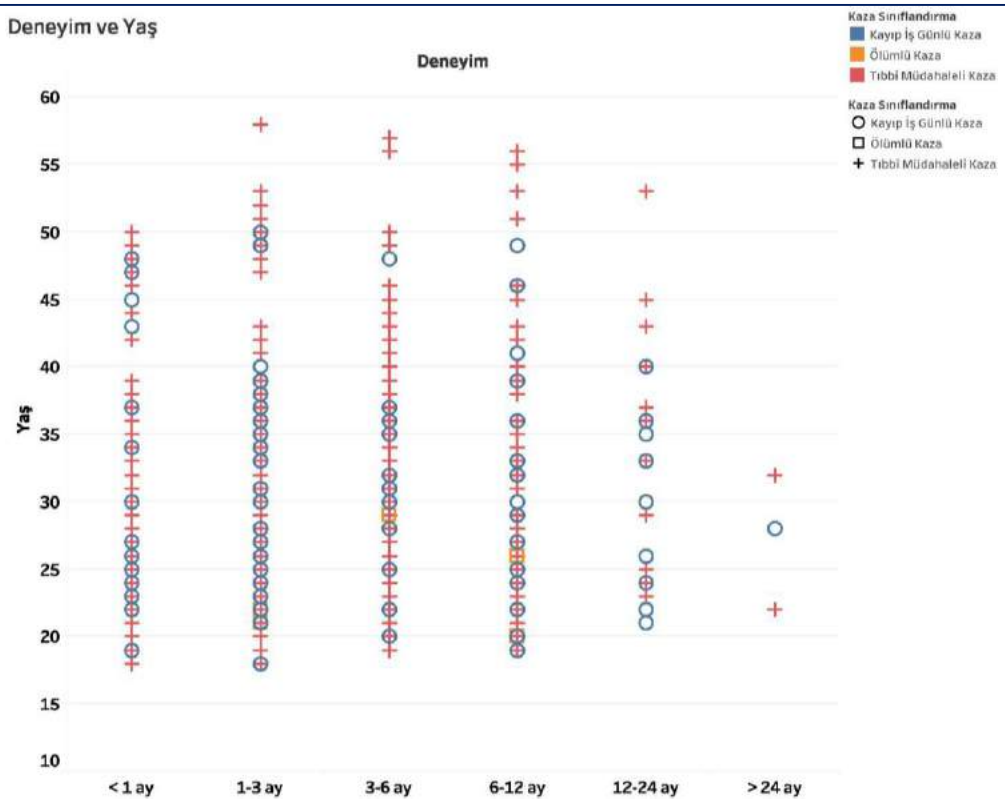
Farklı şantiyelerden toplanan 480 farklı tehlikeli kaza verilerinin incelenmesi sonucunda kaza etken faktörlerini anlatan aşağıdaki şekiller elde edilmiştir. Örneğin Şekil 2, kazaların deneyim, kaza sınıflandırması ve meslek gruplarına göre dağılımı göstermektedir. Çalışmada ele alınan kazalara göre en çok kaza ile karşı karşıya kalan gruplar kalıpçılar, mekanik işler ekibi çalışanları ve ince işler ekibi çalışanları olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, kazaya maruz kalanların, daha çok 3 veya 3 aydan daha az tecrübeli kişiler oldukları görülmüştür.



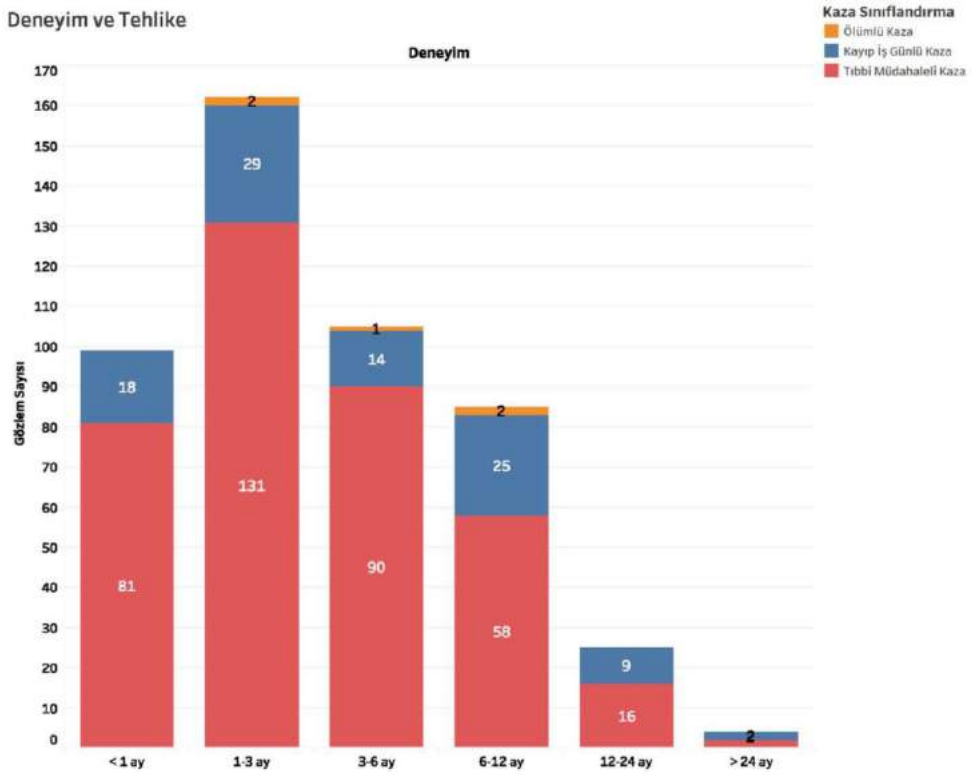
Şekil 2. Kazaların tehlike derecelerine, kazazede mesleği ve deneyimlerine göre dağılımı

Öte yandan Şekil 3 incelendiğinde ise, iş kazalarının kazazede deneyimi seviyeleri ve yaşlarına göre dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca, kazalar grafikte gruplarına göre farklı renklerle ve şekillerle ifade edilmiştir. Bu sayede, kazaların hangi yaş aralıklarında ve hangi deneyim seviyelerinde daha çok yoğunlaştığı kolayca tespit edilebilmektedir. Örneğin kazazede yaşı inclendiğinde, 25-35 yaş aralığında çalışanların iş kazlarına maruz kalma yoğunluğunun diğer yaşlara göre oldukça fazla olduğu görülmektedir. Kazalar, kazazedelerin deneyimleri açısından ele alındığında ise, bir önceki şekilde olduğu gibi, 3 ve 3 aydan daha az tecrübeli olan kişilerin kazaların çoğunluğunu oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4'e bakıldığında ise, Şekil 2 ve 3'ten deneyim ile ilgili elde edilen bulguların doğruluğu daha iyi bir şekilde anlaşılmaktadır. Şekil 4'teki verilere göre, kayıt altına alınan 480 kazanın, 261'i 3 aydan daha az deneyime sahip kişiler tarafından yaşanmış olmakta ve ayrıca verideki ölümlü kazaların %40'ı, kayıp iş günlü kazaların ise %50'si tekrar aynı deneyim seviyelerine sahip bireyler tarafından yaşanmaktadır. Genel olarak, Şekil 2, 3 ve 4'e bakıldığında, kazaların görülme sıklığının deneyim ve yaş ile ters orantılı olduğu ve fiziksel çalışma içeren iş grupları arasında kazaya maruz kalma oranının daha yüksek olduğu kolaylıkla anlaşılmaktadır.



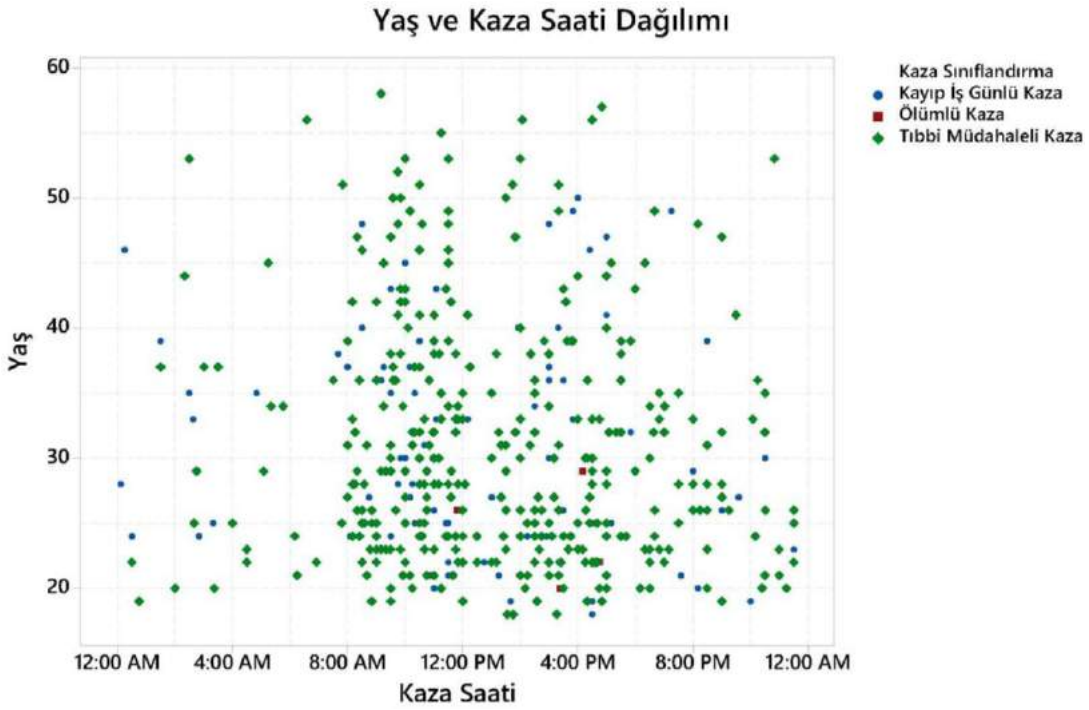
Şekil 3. Kazaların deneyim ve yaşa göre dağılımları



Şekil 4. Kazaların deneyime ve tehlike derecelerine göre dağılımları

Son olarak, kazaların hangi saatlerde daha yoğun gözlemlendiğini belirlemek için Şekil 5, Minitab 2018 [11] programı yardımı ile oluşturulmuştur. Kazalar tehlikelerine, kaza saatlerine ve kazazede yaşına göre ele alınılmıştır. Bunun sonucunda, Şekil 3'te olduğu gibi, 20-35 yaşındaki bireyler arasında daha yaygın olduğu ve bunun yanında, gerçekleşen kazaların sıklıkla dinlenme saatlerine yakın zaman dilimlerinde yaşandığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlar ile Türkiye Cumhuriyeti Sosyal Güvenlik Kurumu'nun (SGK) 2016 yılında paylaştığı veriler arasında uyum gözlemlenmektedir. Örneğin, SGK verilerine göre 2016 yılında gerçekleşen iş kazalarının %20'sinin 10:00-12:00 saatleri arasında yaşandığı görülmüştür. Ayrıca, bu kazaların neredeyse %43'ü bir seneden daha az deneyime sahip olan kişiler tarafından gerçekleştirilmiştir. [12]. Fakat SGK verilerinde sunulan kaza istatistikleri tecrübe ve kaza saati gibi tekil değişkenler ile sunduğundan, kaza etken faktörleri arasındaki ilişkiler detaylı bir şekilde yorumlanamayabilir. Sunulan çalışma ile kaza değişkenlerinin tekil etkilerinin yanı sıra, birbirleri ile ilişkileri incelenmiş ve Şekil 2-5 ile okuyuculara görsel olarak aktarılmıştır.



Şekil 5. Kazaların kazazede yaşına ve kaz saatlerine göre dağılımı

4. Sonuç

Bu çalışmanın sonucunda, elde edilen tehlikeli kazaların istatistikleri ile kazaya en meyilli gruplar ve kazaya en elverişli saatler belirlenmiştir. Kullanılan kaza verilerine göre, tehlikeli kaza ile karşı karşıya kalma olasılığı en yüksek olan dört meslek grubu sırası ile kalıpçılar, mekanik montaj ekibi çalışanları, demirciler ve ince işler ekibi çalışanları olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, bu ekipler içerisinde yaşı 20-35 arasında olan ve yeni işe başlayan kişilere, özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü kazaların neredeyse %50'sinden fazlası bu yaş grubunda ve deneyimi 3 aydan az olan insanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Son olarak, kaza saatleri dikkate alındığında, kazalarla dinlenme saatleri öncesi ve sonrasında daha çok karşılaşıldığıgörülmüştür.

Elde edilen bulgular dikkate alındığında, iş kazası yönünden hassasiyet içeren kısımların net bir şekilde ortaya konduğu görülmektedir. Sonuç olarak, sunulan çalışma ile kazaya yatkın olan kısım ve saatlere yönelik İSG eğitimlerini arttırarak şantiyelerde hala sıklıkla karşılaştığımız iş kazalarını önüne geçebilmek amaçlanmıştır.

5. Referanslar

[1] Uluslararası İşçi Örgütü (International Labour Organization). https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm. Erişim Tarihi Ekim, 04, 2018.

[2] Uluslararası İşçi Örgütü (International Labour Organization). Multi Country Report. https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm Erişim Tarihi Ekim, 04, 2018.

[3] Choudhry, Rafiq M., Dongping Fang, and Helen Lingard. 2009. Measuring Safety Climate of a Construction Company. Journal of Construction Engineering and Management 135(9):890–99.

[4] Patel, D. a and K. N. Jha. 2014. Neural Network Approach for Safety Climate Prediction. Journal of Man 31(3):1–11.

[5] Türen, Ufuk, Yunus Gökmen, İsmail Tokmak, and Mustafa Bekmezci. 2014. Güvenlik İklimi ve Güvenilirlik Çalışması. Süleyman Demirel İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 19(4):171–90.

[6] Hallowell, Matthew R. and John A. Gambatese. 2009. Construction Safety Risk Mitigation. Journal of Construction Engineering & Management 135(December):1316–23.

[7] Aminbakhsh, Saman, Murat Gunduz, and Rifat Sonmez. 2013. Safety Risk Assessment Using Analytic Hierarchy Process (AHP) during Planning and Budgeting of Construction Projects. Journal of Safety Research 46:99–105.

[8] Goh, Yang Miang and David Chua. 2013. Neural Network Analysis of Construction Safety Management Systems: A Case Study in Singapore. Construction Management and Economics. 31(5):460-470.

[9] Oswald, David, Fred Sherratt, and Simon Smith. 2018. Problems with Safety Observation Reporting: A Construction Industry Case Study. Safety Science 107(March):35–45.

[10] Tableau 2018:1 (Business Intelligence and Analytics | Tableau Software). https://www.tableau.com

[11] Minitab 2018. http://www.minitab.com/en-us/

[12] Türkiye Cumhuriyeti Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK, 2016). 2016 İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri. https://tuisag.com/2016-yili-is-kazasi-meslek-hastaliklari-istatistikleri/. Erişim Tarihi Ekim, 27,2018.

Web Tabanlı Google Earth Engine ile NDVI Zaman Serisi Analizi : Şanlıurfa il Merkezi Örneği

NDVI Time Series Analysis with Web Based Google Earth Engine: The Case of Şanlıurfa Province Center

Mehmet Ali DERELİ[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye,

Özet

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte web tabanlı online analiz işlemleri yaygınlık kazanmıştır. Bu işlemlerden biri de Google Earth Engine ara yüzüdür. Google Earth Engine, web tabanlı uzaktan algılanmış görüntülerin değerlendirildiği bir ara yüzdür. Özellikle gereksiz veri depolamasının önüne geçilmesi ve veri işlem hızının bilgisayardan bağımsız olmasını sağlayan web tabanlı bu sistemler, hızlı analiz ve karar alma imkanı sağlamaktadır. Bu sistemler Landsat, MODIS, ASTER, Sentinel gibi uydulardan elde edilen görüntüleri de kullanabilmektedir.

Bu çalışmada, Google Earth Engine kullanılarak 2013-2018 yılları içinde Şanlıurfa il merkezine ait Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index- NDVI) zaman serisi analizleri yapılmıştır. Uygulama kapsamında Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sonuç olarak NDVI zaman serisinde mevsimsel trendlerin benzer sonuçları gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

GEE; NDVI; Uzaktan Algılama; Landsat 8.

Abstract

Web based online analysis processes have become widespread with the developing technology, in recent years. One of these is the Google Earth Engine interface. Google Earth Engine is an interface where web-based remote sensed images are evaluated. in particular, web-based the systems provide fast analysis and decision-making, to avoid unnecessary data storage and to ensure that data processing speed is computer-independent. These systems can also use images from satellites such as Landsat, MODIS, ASTER, Sentinel.

In this study, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series analysis was done by using the Google Earth Engine, for 2013-2018, in the province of Sanliurfa. Landsat 8 OLI satellite images were used as part of the application. As a result, it was determined that seasonal trends showed similar results in NDVI time series.

Keywords:

GEE; NDVI; Uzaktan Algılama; Landsat 8.

1. Giriş

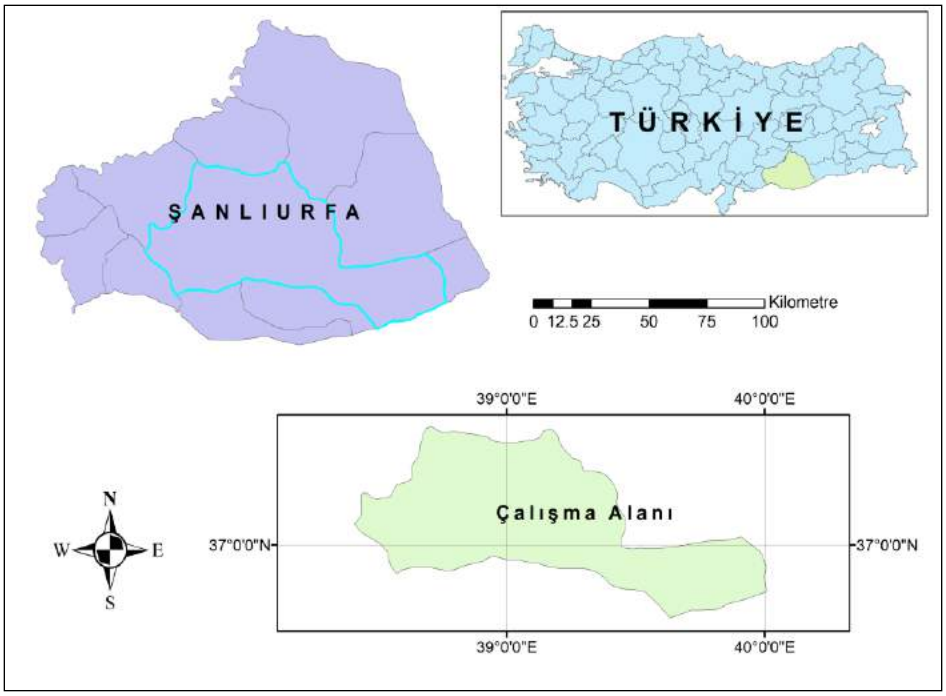
Google Earth Engine (GEE) web tabanlı uzaktan algılanmış görüntülerin değerlendirildiği bir ara yüzdür. Landsat, Sentinel, MODIS, ASTER gibi görüntü algılama platformlarından temin edilen görüntüler, yardımcı komut dizinleri ile birlikte online olarak işlenmektedir. Geliştirilen bulut sistem sayesinde yer yüzeyine ilişkin arazi kullanımı ve örtüsü değişimi, zaman serisi analizleri, gece ışıklanma görüntüleri, vb. gibi analizler gerçekleşebilmektedir.

Uydu görüntüleri arazi kullanımı ve örtüsü ile ilgili analizlerde ve değerlendirmelerde kullanılan en önemli veri kaynaklarından biridir [1]. Uydu görüntülerine ilişkin farklı sensörlerden elde edilmiş çok farklı çözünürlükte görüntüler elde edilebilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmaların amacına uygun olarak, uydu görüntülerinin zamansal, konumsal ya da spektral özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Uydu görüntülerinin temini, konumsal çözünürlüğüne ve kullanım amacına göre serbest (ücretsiz) ve ücretli bir şekilde olabilmektedir. Bu kapsamda son yıllarda geliştirilen bulut teknolojileri ile online analizler gerçekleşebilmektedir. Böylece uydu görüntülerinin kişisel bilgisayarlara indirilmesinin önüne geçilmiş ve gereksiz depolama ortadan kalkmış olmuştur. Bu teknolojilerden biri olan Google Earth Engine, çalışma kapsamında kullanılarak 2013-2018 yılları içinde Şanlıurfa il merkezine ait Normalleştirilmiş Farklı Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index- NDVI) zaman serisi analizleri yapılmıştır. Bu analiz için, temini serbest olan Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında NDVI değişimlerinin zamansal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Landsat uydu görüntülerinden Landsat 8 OLI kullanılmıştır. Kullanıma sunulduğu Nisan 2013 yılından itibaren günümüze Ekim 2018'e kadar NDVI değişimleri, Band 5 (Near Infrared-Yakın Kızılötesi) ve Band 4 (Red-Kırmızı) kombinasyonları ile belirlenmiştir.

Bu çalışma Türkiye'nin en kalabalık dokuzuncu şehri olan Şanlıurfa ilinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). 2014 sonu itibarıyla 1,845,667 nüfusa sahip olan Şanlıurfa, Doğuda Mardin, batıda Gaziantep, kuzeyde Adıyaman, kuzeydoğuda Diyarbakır illeri ve güneyde ise Suriye ile sınırı bulunmaktadır. Şanlıurfa'nın 13 ilçesi bulunmaktadır. Ortalama yükseltisi 518 metre olan Şanlıurfa, 19.451 km^2'lik yüz ölçümü ile Türkiye'nin en büyük yedinci ili olarak karşımıza çıkmaktadır (Wikipedia).



Şekil. 1. Çalışma Alanı

Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI uydu görüntülerine ait dalga boyları, konumsal çözünürlükler ve bandların uygulama alanları Tablo 1'de gösterilmektedir.

TABLO I. LANDSAT 8 BAND ÖZELİKLERİ

Sensör	Band Sayısı	Band İsmi	Dalgaboyu (µm)	Çözünürlük (m)	Band Uygulamaları
OLI	1	Kıyı	0.43 - 0.45	30	Kıyı ve aerosol çalışmaları
OLI	2	Mavi	0.45 - 0.51	30	Batimetrik haritalama, toprağı bitki örtüsünden ayırt etme
OLI	3	Yeşil	0.53 - 0.59	30	Bitki canlılığını değerlendirmek için yararlı olan en yüksek bitki örtüsünü
OLI	4	Kırmızı	0.63 - 0.67	30	Bitki örtüsü eğimlerini ayırma
OLI	5	Yakın dalga kızılötesi	0.85 - 0.88	30	Biyokütle içeriğini ve sahil şeritlerini vurgulama
OLI	6	Orta dalga kızılötesi 1	1.57 - 1.65	30	Toprak ve bitki örtüsünün nem içeriğini ayırt etme
OLI	7	Orta dalga kızılötesi 2	2.11 - 2.29	30	Toprak ve bitki örtüsü ve ince bulut penetrasyonunun iyileştirilmiş nem içeriği
OLI	8	Pan	0.50 - 0.68	15	15 metre çözünürlük, daha net görüntü tanımı
OLI	9	Cirrus	1.36 - 1.38	30	Cirrus bulut kirlenmesinin gelişmiş tespiti
TIRS	10	TIRS 1	10.60 - 11.19	30 (100)	100 metre çözünürlük, termal haritalama ve tahmini toprak nemi
TIRS	11	TIRS 2	11.50 - 12.51	30 (100)	100 metre çözünürlük, termal haritalama ve tahmini toprak nemi

2.1. NDVI

Normalize Edilmiş Fark Bitki örtüsü indeksleri, bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri band kombinasyonları ile gerçekleştirmektedir. NDVI,

herhangi bir uydunun Yakın kızıl ötesi (Near-Infrared (NIR)) ve Kırmızı bantlarından;

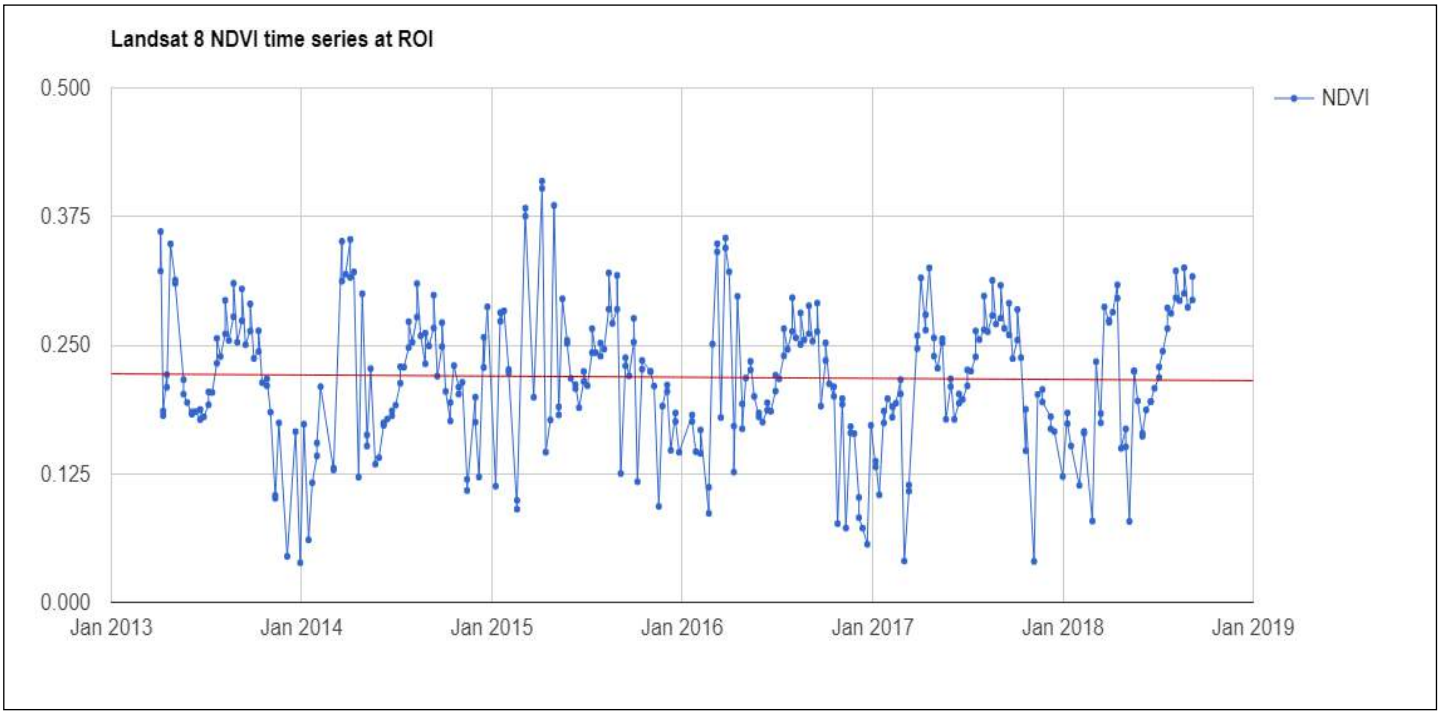
$$NDVI = (NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı)$$

eşitliği sonucu olarak üretilmektedir ve -1.0 ile 1.0 arasında değişmektedir. Bu kompozitler, yılın ilk gününden itibaren her 8 günlük periyottaki tüm görüntülerden oluşturulmakta ve yılın 360. gününe kadar devam etmektedir [2]. Landsat 8 uydusu, Dünya'yı her 16 günde bir Landsat 7'den 8 günlük bir ofsetle görüntülemektedir. Uyduda bulunan donanımlarla birlikte toplanan veriler, 24 saat içinde EarthExplorer, GloVis veya LandsatLook Viewer'dan serbest (ücretsiz) olarak indirilebilmektedir.

GEE Landsat, MODIS ve Sentinel uydularından alınan tüm görüntüler için, NDVI, EVI (iyileştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi), BAI (Yanık Alan İndeksi), NDSI (Normalize Edilmiş Fark Kar Örtüsü İndeksi), NDWI (Normalize Edilmiş Fark Su Alanı İndeksi) gibi birçok veri setini 8 günlük, 32 günlük ve yıllık olarak üretmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında GEE arayüzünde yazılmış olan Scriptler (kod) yardımıyla, 2013 Nisan ayından başlayıp, 2018 Ekim ayına kadar tüm uydu görüntüleri değerlendirmeye alınmıştır. Özellikle uydu görüntülerinin sağlıklı bir şekilde NDVI değerlerinin belirlenebilmesi için, tüm görüntülere bulut maskelemesi yapılmış ve zaman serisi analizi sonuçlandırılmıştır. Şekil 2'de GEE ile elde edilmiş çalışma alanına ait zaman serisi görünmektedir.



Şekil. 2. NDVI Zaman Serisi Analizi

Şekil 2 incelendiğinde, NDVI değerlerinin sinüzoidal bir eğri çizdiği görülmektedir. En yüksek NDVI değeri 0.409 ile 7 Nisan 2015 tarihinde, en düşük NDVI değerinin ise 0.04 ile 2 Mart ve 6 Kasım 2017 tarihlerinde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Mart, Nisan ve Mayıs ayları yükseliş trendlerine sahip olurken, Aralık, Ocak ve Şubat ayları azalış trendine sahip olmaktadır.

4. Sonuç

Sonuç olarak GEE arayüzünden uydu görüntülerinin değerlendirilmesi çok kısa sürede online olarak gerçekleşebilmektedir. Yapılan çalışmada Şanlıurfa ilinin son yıllarda meydana gelen NDVI değişimleri belirlenmiştir. Bu değişimlerin hava sıcaklığı ve yağış miktarı gibi meteorolojik veriler ile desteklenmesi daha net sonuçları ortaya çıkaracaktır. Aynı zamanda GEE ile şehir gelişimin izlenmesi, NDVI değişimlerinin değerlendirilmesi

kolaylaştıracaktır. Şanlıurfa ili gibi dışardan göç alan büyükşehirlerin sürekli gözlenmesi ve buna paralel olarak gerekli tedbirlerin alınması, daha yaşanabilir bir kent olgusu oluşturacaktır.

5. Referanslar

[1] Sidhu, N., Pebesma, E. and Câmara, G. 2018. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. European Journal of Remote Sensing. 51: 486-500.

[2] https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C01_T1_8DAY_NDVI

Özet

Bu çalışmada, tasarlanarak imal edilen 3B tarayıcı düzeneğinde bir lazer mesafe ölçme probu X, Y ve Z eksenlerinde lineer olarak hareket ederek noktanın koordinatları ölçülmektedir. Noktaların X, Y ve Z koordinatların ölçülmesi için bir lazer mesafe ölçme probu ile 3 adet miline triger kasnak montaj edilen encoderli triger kayışlı sistem kullanılmıştır. İmal edilen 3B tarayıcı ile karışık parça yüzeyinden Kartezyen koordinat sistemine göre noktaların X, Y, Z koordinatlarını 0,01mm hassasiyetle ölçülerek nokta bulutları elde edilmiştir.

Elde edilen veriler PLC vasıtasıyla PCway programı üzerinden Excel tablosu haline getirilmektedir. Tarama esnasında lazer mesafe ölçme probu ile encoderlerden gelen veriler bir Panasonik Nais marka bir Plc cihazı aryıcılığı ile Panasonic Pcway ve Microsoft Excel yazılımı ile elde edilen verilerden nokta koordinatları oluşturulmuştur. Nokta koordinatları olarak eğri verilerine çevrilerek Autodesk Solidworks Programıyla katı yüzeyler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Lazer tarama;üç boyut; katı model.

Abstract

In this study, the coordinates of the point are measured by moving linearly on a laser distance measuring probe X, Y and Z axes in the designed 3D scanner. To measure the X, Y and Z coordinates of the points, a laser distance measuring probe was used with the encoder belt belt system, which was mounted on three spindles. Point clouds were obtained by measuring the X, Y, Z coordinates of the points according to Cartesian coordinate system with a precision of 0,01 mm.

The obtained data is converted to Excel table via PCway program via PLC. During the scanning, data from the encoders with the laser distance measuring probe were obtained from the data obtained by Panasonic Pcway and Microsoft Excel software with the aid of a Panasonic Nais brand Plc device and point coordinates were created. Solid surfaces were obtained by converting them into curve data as point coordinates by using Autodesk Solidworks Program.

Keywords:

Laser scan, three dimension, solid model.

3B Tarayıcı Tasarım ve İmalatı

Design and construction of 3D Scanner

Cengiz DOĞAN[1]
Vehbi BALAK[2]
Baran GÜZELER[3]

[1,2] Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[3]Ticaret Bakanlığı, Ürün Denetleme Grup Başkanlığı, İzmir, Türkiye,

1. Giriş

Üç boyutlu lazer tarayıcılar günümüzde imalat, tersine mühendislik, Ar-Ge faaliyetleri, tıbbi görüntüleme ve modelleme, arkeolojik eserlerin yenileme ve rölyeflenmesi gibi birçok farklı disiplinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar, 1960 yılından bu yana gelişerek ve hızlanarak artmıştır (Berber, Cuma (2006)). Üç boyutlu lazer tarayıcı teknolojisi, yeni bir gelişim yönünün önünü açmıştır. Birçok bilim adamı ve üretici firma, üç boyutlu lazer tarayıcı teknolojisinin öneminin farkına varıp daha fazla ilgi duymaya başlamışlardır. Son yıllarda, bu konuyla ilişkili pek çok teknoloji ve ürün piyasaya çıkmıştır (Boehler, W., and Bordas, 2003). Birçok şirket ve araştırma enstitüsü, bu teknoloji için araştırma yapmak ve sistemi geliştirmek için oldukça fazla kaynak sarf etmektedir. Üç boyutlu tarayıcılar iki boyutlu belge tarayıcıların taranan cismin dijital bir kopyasını oluşturmasına benzer bir şekilde gerçek bir nesneyi veya çevreyi çözümleyerek, o nesnenin veya çevrenin şekli hakkında veri toplayan cihazlardır (Aşkin, F. H., 2009). Toplanan bu veriler nesnenin veya çevrenin birçok uygulamada faydalanılan üç boyutlu dijital modelinin oluşturulmasında kullanılmaktadır (Balta, C., ve Öztürk, S., 2009).

Günümüzde karmaşık yüzeyli parçalar genellikle CNC tezgâhlarında işlenmektedir. CNC tezgâhları G-kodu adı verilen birçok satırdan oluşan ve tezgâhı yönlendiren veriler yardımıyla. G-kodlarını teknik resimlerden otomatik üreten master cam isimli ve benzeri birçok program vardır (Chen, Y., 2005). Ancak bu programlarda G kodlarını üretmek için parçaların teknik resimlerinin çizilmesi gerekmektedir. Parçaların teknik resimlerini çizmek hata yapmaya açık, uzun süren ve eğitimli operatör gerektiren bir durumdur. Parçaların yüzeyleri karmaşık yapıda olduğunda teknik resimleri yapmak daha zorlaşır. Karmaşık yüzeyli parçalara ait üç boyutlu yüzeylerin çizilmesi işlemini yapan lazer kameralar mevcuttur (Aşkın (2009)). Fiyatları çok yüksek olan bu kameralardan ülkemizde birkaç firmada mevcuttur (Delikanlı ve Ark. (2005)).

Karmaşık parçaların CNC tezgâhlarında işlenebilmesi için cismin üç boyutlu olarak resminin çizilmesi gerekmektedir. 3B Tarama ile parça yüzeyleri taranarak her noktanın X, Y ve Z koordinatları ile yüzeylerin nokta bulutları oluşturularak yüzeylerin profilleri 3 boyutlu olarak çizilmektedir (Kasap, B., 2006). Bu çalışmada imalatı gerçekleştirilen üç boyutlu lazer tarayıcı; tezgâh, lazer tarama ünitesi ve tarama verilerinin işlendiği bir bilgisayardan oluşmaktadır. Lazer tarama ünitesi lazer mesafe ölçer, lazer mesafe ölçer sürücüsü ve bir PLC den oluşmaktadır.

2. Kartezyen kordinat sistemli 3B Tarayıcı tasarımı

Bu çalışmada nesnelerin üç boyutlu modellerini oluşturmak için Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan bir 3B tarayıcı tasarlanarak imal edilmiştir. Perspektif görünüşü Şekil 1 de verilen 3B tarayıcı düzeneğinde bir laser mesafe ölçme probu operator kontrollü olarak X, Y ve Z eksenlerinde lineer olarak hareket ederek yüzey noktaların koordinatlarını ölçülmektedir. Tarama sırasında lazer mesafe ölçme probunun X, Y ve Z eksenlerindeki hareket

mesafelerinde 0.01mm hassasiyetinde ölmek için kullanılan laser prop, enkoderler, Plc ve programlarının özelliklerini kısaca belirtilmiştir.

2.1 Laser Prob

Bu çalışmada Şekil 1.'de görülen, 1.6mW maksimum çıkış gücüne, 15µS atım (pulse) süresine, 685 nm dalga boyuna sahip sınıf iki radyasyon emisyonlu bir lazer prob kullanılmıştır. Lazer prob, 45-65 mm aralığında 1/1000mm hassasiyette mesafe ölçebilmektedir. Lazer probun ölçtüğü değerler, Phanasonic marka Nais adlı bir Plc ile bilgisayara kaydedilmektedir. Lazer prob verileri Nais Plc'nin PCway yazılımı ile MS Excel'e noktanın Z eksen koordinatı olarak kaydedilmektedir.

2.2 Encoder

Sistemde üç adet encoder bulunmaktadır. Vidalı milin hatvesini encoderın bir tur için verdiği veri sayısına bölünerek encoder değeri milimetre çevrilerek bir noktanın X ve Y koordinatı olarak kaydedilmektedir. Encoderleden alınan veriler eş zamanlı olarak lazerden gelen veriyle birleştirilerek bir noktanın X, Y ve Z eksenlerindeki koordinatları olarak kaydedilmektedir. Kaydedilen nokta koordinatları bir Excel makrosu ile bir eğrinin nokta koordinatları oluşturulmaktadır.

2.3 Plc ve Özellikleri

Plc Programlanabilir Mantık Denetleyici (Programmable Logic Controller), analog ve dijital çıktı veren cihazlardan aldığı verileri bir programla değerlendirerek, denetleyen cihazlardır. Genel olarak Plc'ler modüler ve kompakt yapıda olmak üzere iki tipte üretilmektedirler. Kompakt tip PLC'ler küçük otomasyon sistemlerinde, modüler Plc'ler ise büyük çaplı otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır (Kumbay, E., 2010). Plc Programlanabilir Mantık Denetleyici (Programmable Logic Controller), analog ve dijital çıktı veren cihazlardan aldığı verileri bir programla değerlendirerek, denetleyen cihazlardır.

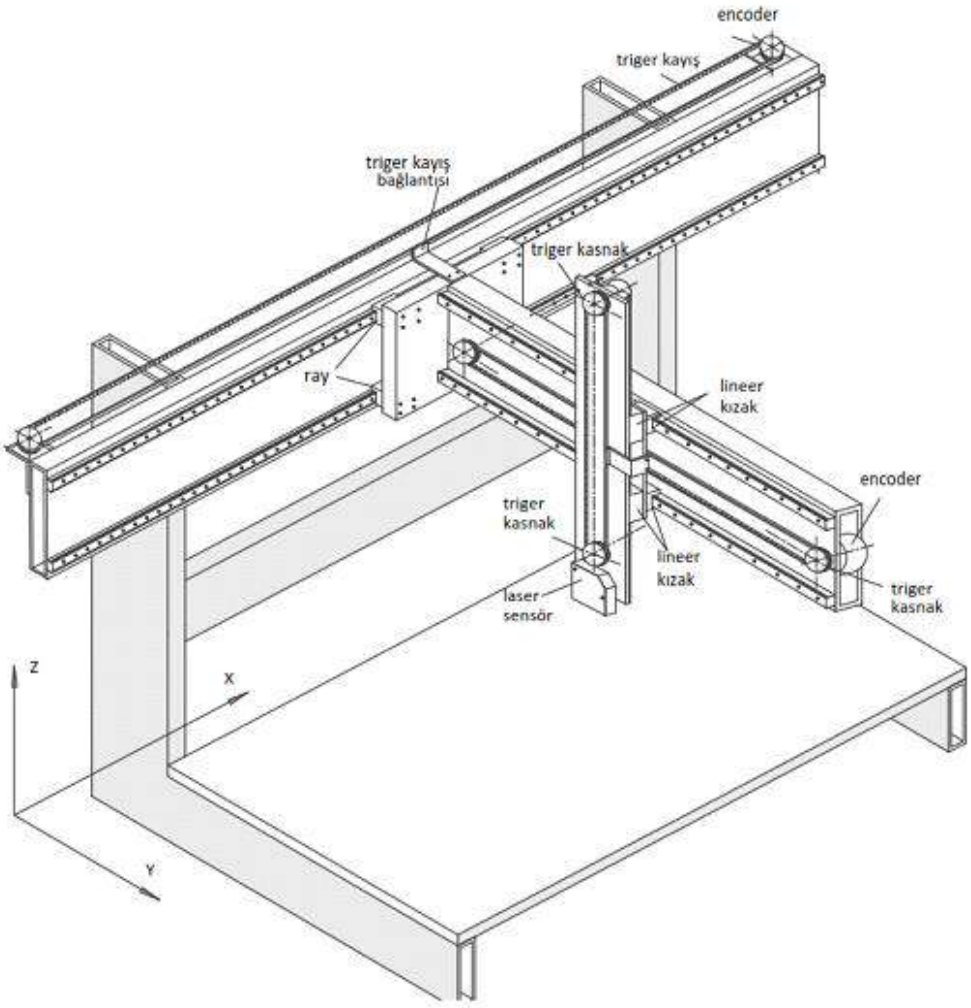
Genel olarak Plc'ler modüler ve kompakt yapıda olmak üzere iki tipte üretilmektedirler. Kompakt tip PLC'ler küçük otomasyon sistemlerinde, modüler Plc'ler ise büyük çaplı otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır(Bolton, 2009). Bu çalışmada bir adet kompakt yapılı Panasonic marka Nais Plc kullanılmıştır. Bu çalışmada bir adet kompakt yapılı Panasonic marka Nais Plc kullanılmıştır.

2.4 3B Tarayıcı Sistemin Şase ve Gövde Tasarım ve İmalatı

3B Tarama düzeneğin şase ve kızakları dikdörtgen kesitli çelik sac profilden imal edilmiştir. Dikdörtgen kesitli sac profilden kaynak edilen bir çift 'L' şasenin aralarına iki adet sac profil kaynak edilerek düzeneği şasesi imal edilmiştir. 3B Tarayıcıya taranacak parçanın üzerine yerleştirilmesi için dikdörtgen sac plaka 'L' şasesinin alt profiline kaynak edilmiştir. Şasenin X ekseni doğrultusunda sac profinin geniş yan yüzeyine birbirine paralel olarak bir çift lineer raylar gömme başlı civatalar ile tespit edilmiştir. Şekil de görüldüğü gibi dikdörtgen şeklindeki bir sac plaka üzerine 4 adet kızak montaj edilerek raylar üzerinde hareket eden bir araba imal edilmiştir.

Arabanın X ekseni doğrultusunda hareketini encoder vasıtasıyla ölçmek için, lineer rayların montaj edildiği sac profil yüzeyinin bir kenarına, miline triger kayış montaj edilen bir encoder, diğer ucuna ise rulmanlarla montaj edilen ucunda triger kasnak bulunan bir mil montaj edilmiştir. Şekil 1 de görüldüğü gibi İki triger kasnaklar üzerine bir triger kayış montaj edilerek kayışın uçları araba üzerine tutturulmuş olan bir parçaya tespit edilmiştir. Bu sayede arabanın hareketi sırasında triger kayışın hareket etmesiyle, encoder miline montaj edilen triger kasnağı döndürerek encoder ile arabanın hareket miktarı ölçülmektedir. Raylar üzerindeki kızakların hareketini ölçmek için 5000 puls/devirli encoder ile encoder miline montaj edilen trigger kayışını 19.5mm çapında seçilmiştir. Bu sayede raylar üzerindeki kızakların hareketinin ölçme hassasiyeti; trigger kayış çevre uzunluğunun (πx19.5) encoder puls sayısına (5000) bölünmesiyle 0.01mm hassasiyette ölçmesi sağlanmıştır.

Tarayıcının Z ekseni, Şekil de görüldüğü gibi 4 adet kızak montaj edilerek raylar üzerinde hareket eden bir dikdörtgen sac plakasına üzerine bir dikdörtgen kesitli çelik sac profil kaynak edilerek yatay düzlemin imal edilmiştir. X ekseni sac profil yüzeyine montaj edilen bir çift lineer ray ve kızaklı araba ile enkoderli triger kasnak ve kayışlı ölçme sisteminin aynısından Z ekseni için imal edilmiştir.



Şekil 1 3 Boyutlu Tarayıcı (Figure 2 3 Dimensinal scaner)

Z eksen arabası rayları üzerine montaj edilen 4 adet kayıcı kızak üzerine tespit edilen bir dikdörtgen saç plaka üzerine düşey doğrultuda birbirine paralel 4 adet lineer kızak montaj edilmiştir. 3B tarayıcının 300mm uzunluğunda hareket eden düşey Y ekseni, 10x100x300mm ebatlarındaki çelik plakaya bir çift lineer raylar, civatalarla montaj edilerek imal edilmiştir. Düşey Y ekseninde doğrusal olarak 200mm hareket eden 3. Kızağın hareketini ölçmek için X ekseni sac profil yüzeyine montaj edilen bir çift lineer ray ve kızaklı araba ile enkoderli triger kasnak ve kayışlı ölçme sisteminin bir benzeri Y ekseni için de imal edilmiştir. Y ekseninde parça yüzeyi ile eksen arası mesafenin belirlenmesi için Y eksen sac plakası üzerine lazer mesafe ölçme probu montaj edilmiştir. 3B tarama sırasında Y eksen mesafesi ölçümü esnasında encoderli triger kasnak kayış sistemi ölme değeri ile 20mm mesafede 0.001 mm hassasiyette ölçme yapan lazer ölçme probu değeri toplanarak noktanın Y koordinatı belirlenmektedir.

2.1 3B Tarayıcı Ölçme Sistemi

İmal edilen 3B tarama düzegi ile 300x300x200mm alanına yerleştirilen bir parçanın bir yüzeyi 0.01mm hassasiyetinde X, Y ve Z eksenlerinde taranarak Plc ile bilgisayara kaydedilmektedir. Tarama sırasında X veya Z eksenlerinden birisi sabit tutularak diğer iki eksenlerde hareket ettirilerek yüzey üzerinden bir eğri boyunca noktaların koordinatları belirlenerek kaydedilmektedir. Bu sayede yüzeyin taraması ile çok sayıda eğriler elde edilerek solidwork programı ile bu eğrilen yan yana getirilerek yüzey oluşturulmaktadır. 3B taraman sırasında yüzey kalitesinin yüksek olması için sık sık tarama yapılarak yüzeyden çok sayıda noktanın koordinatlarını belirlenmesi

gerekmektedir. Bu sayede hassas olarak elde edilen komple yüzey profilleri işleme profilleri CNC tezgahında kompleks parça üretiminde kullanılmaktadır.

3. Bulgular ve tartışmalar

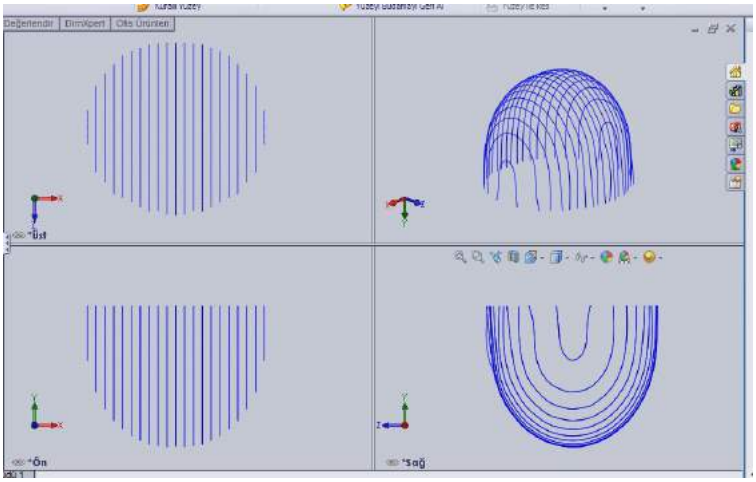
Autodesk Solidworks programı ile nesnelerin üç boyutlu katı modellerinin elde etmek için, önce taranacak yüzeye ait eğriler oluşturulmaktadır. Yüzey eğriler üç koordinatı da bilinen noktaların dizilmesi ile elde edilmektedir. Tarama sırasında, sıra ile noktaların koordinatları (X,Y,Z) tespit edilerek bir tablo oluşturulmaktadır. Oluşturulan eğriler Autodesk Solidworks Programı Loft komutu ile karmaşık yüzey haline dönüştürülmektedir.

Tasarlanarak imal edilen üç boyutlu tarayıcı sistemi ile yüzeylere ait noktaların koordinatları elde edilerek kaydedilmiştir. Elde edilen veriler PLC vasıtasıyla PCway programı üzerinden Excel tablosu haline getirilmektedir. PLC yardımıyla birleştirilip işlendikten sonra Panasonic Pcway ve Microsoft Excel isimli yazılımlarla taramada elde edilen verilerden nokta koordinatları oluşturulmuştur. Nokta koordinatları nihaiyi olarak eğri verilerine çevrilip Autodesk Solidworks Programıyla katı yüzeyler elde edilerek yüzeylerin katı modeli oluşturulmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada tasarlanarak imal edilen 3B tarama düzegi ile taranacak 300x300x200mm alanına yerleştirilen bir parçanın bir yüzeyi 0.01mm hassasiyetinde X, Y ve Z eksenlerinde taranarak Plc ile bilgisayara kaydedilmektedir. Tarama sırasında X veya Z eksenlerinden birisi sabit tutularak diğer iki eksenlerde hareket ettirilerek yüzey üzerinden bir eğri boyunca noktaların koordinatları belirlenerek kaydedilmektedir. Bu sayede yüzeyin taraması ile çok sayıda eğriler elde edilerek solidwork programı ile bu eğrilen yan yana getirilerek yüzey oluşturulmaktadır. 3B taraman sırasında yüzey kalitesinin yüksek olması için sık sık tarama yapılarak yüzeyden çok sayıda noktanın koordinatlarını belirlenmesi gerekmektedir.

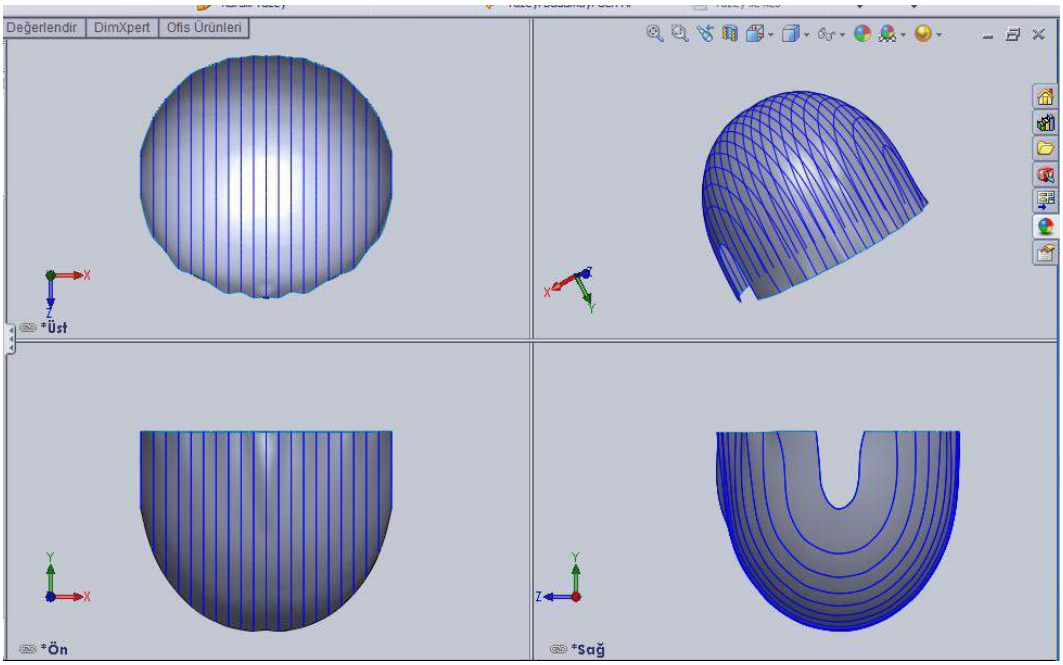
İmal edilen 3B tarayıcı ile pinpon topu taranarak nokta bulutlarından oluşturulan eğrilerin görüntüleri Şekil 2 görülmektedir.



Şekil 2 Pinpon topu taramasından oluşturulan eğrileri (Figure 2 Curves created from the ping-pong ball scan)

Oluşturulan eğriler görüntüleri Şekil 2 görülmektedir

Yüzeyin taraması ile elde edilen eğriler solidwork programı ile yan yana getirilerek meydana getirilen yüzey Şekil 3 de gösterilmiştir. Yüzey kalitesinin yüksek olması için sık sık tarama yapılarak yüzeyden çok sayıda noktanın koordinatlarını belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3 Pinpon topu eğrilerinden oluşan yüzey (Figure 3 Surface consisting of ping-pong ball curves)

3D tarayıcı kullanımı sonucunda, hızlı sonuç, üretim, mühendislik, tasarım, geliştirme, ölçme veya test alanlarında oluşmaktadır. 3D tarama teknolojisi tipik bir imalat döngüsünün herhangi bir noktasına uygulanarak, zaman, para ve malzeme tasarrufu sağlanmaktadır. 3D tarayıcısı kullanımıyla daha kaliteli, düşük maliyetli daha iyi uyan parçalar sağlamasını sanabilmektedir. Tipik bir üretim dizaynı döngüsünün maliyeti, 3D taramayı kullanarak büyük oranda azalabilmektedir. Herhangi bir fiziksel nesnenin tüm fiziksel ölçümlerini hızlı bir şekilde yakalar. Tasarım çalışmalarında zamandan tasarruf sağlanarak üretilen parçalardaki mühendislik optimizasyonlarını yakalanabilmektedir.

5. Referanslar

[1] Aba, K., 2006. Düşük Maliyetli Üç Boyutlu Tarayıcı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Kayseri, 87s.

[2] Aşkin, F. H., 2009. Lazer Tarama Verileriyle 3B Obje Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 111s.

[3] Balta, C., ve Öztürk, S., 2009. Tersine Mühendislikte Laser Tarama Nokta Bulutundan Örme Yüzey Elde Edilmesi. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongre.

[4] Berber Cuma, G., 2006. Üç Boyutlu Tarayıcılar İle Veri Toplanması ve Cad Ortamına Değişik Formatlarda Aktarılması. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Gebze, 240s.

[5] Boehler, W., and Bordas, 2003. Investigating laser scanner accuracy. XIXth CIPA Symposium, 30 September–4 October 2003, Antalya

[6] Bolton, W. 2009. Programmable Logic Control. Elsevier Science and Technology, USA, 389p.

[7] chen, Y., 2005. Integrated Laser 2-D Surface Imaging System for Thickness Measurement of Thermoplastic Pavement Marking Materials. UMI Microform, University of Houston, 256p.

[8] Delikanli, K., Sofu, M. M., ve Bekci, U., 2005. Üretim Sektöründe Hızlı Direkt İmalat Sistemlerinin Yeri Ve Önemi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1(4): 33-39.

[9] Kasap, B., 2006. 3d Nesne Modellemeye Yönelik Lazerli Bir Tarayıcı Sistemin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Kayseri, 68 s.

[10] Toklu, N. E., 2009 Bilgisayarlı Görüntü İşleme İle 3–Boyutlu Nesne Tarama ve Modelleme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İzmir, 56s.

İnek ve Keçi Sütünden Üretilen Yayık Tereyağlarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri

Some Microbiological Properties of Yayik Butters Produced from Goats' and Cows' Milk

Huriye Gözde Ceylan[1]
Filiz Yıldız Akgül[2]
Ali Yıldırım[3]
Ahmet Ferit Atasoy[3,*]

[1]Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Adiyaman University, 02040 Adiyaman, Turkey
[2]Faculty of Agriculture, Department of Milk Technology, Adnan Menderes University, Aydın, Turkey
[3]Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Harran University, 63010 Sanlıurfa, Turkey
*Corresponding Author: fatasoy@harran.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, inek ve keçi yayık tereyağlarının bazı mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. İnek ve keçi yayık tereyağları Adıyaman Bölgesinden temin edilmiş ve örneklerin toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform bakteri, Lactabacillus spp., Lactococcus spp., maya-küf sayıları araştırılmıştır. Örneklerin mikrobiyolojik özelliklerinin oldukça geniş bir aralıkta olduğu tespit edilmiştir. İnek ve keçi yayık tereyağlarının ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı sırasıyla 6.77±0.99 ve 6.59±1.19 log kob/g'dır. İnek ve keçi örneklerinin Lactabacillus spp. ve Lactococcus spp. sayıları sırasıyla 6.19±1.51 ve 5.79±1.45, 6.44±0.76 ve 5.54±1.32 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Maya-küf ve koliform sayıları inek ve keçi yayık tereyağları için sırasıyla 5.46±1.52 ve 4.34±2.24 log kob/g, 2.21±2.18 ve 2.68±2.36 log kob/g olarak bulunmuştur. Ayrıca, inek ve keçi tereyağlarının mikrobiyolojik özellikleri arasında fark bulunmamıştır.

Anahtar kelimeler:

Tereyağı; yayık tereyağı; inek; keçi; mikrobiyolojik özellikler.

Abstract

In this study, the some microbiological features of yayik butters from goats' and cows' milk were studied. The goats' and cows' yayik butters were supplied from Adiyaman region. Total aerobic bacteria, Lactabacillus spp., Lactococcus spp., yeast-mold and coliforms counts of samples were investigated. The microbiological properties of the samples have been found to be a wide margin. According to the results, the mean total aerobic bacteria counts of cows' and goats' yayik butter were 6.77±0.99 and 6.59±1.19 log cfu/g. Respectively, Lactabacillus spp. and Lactococcus spp. counts of cows' and goats' yayik butter were enumareted as 6.19±1.51 and 5.79±1.45, 6.44±0.76 and 5.54±1.32 log cfu/g. The yeast-mold and coliforms counts of cows' and goats' samples were found to be 5.46±1.52 and 4.34±2.24, 2.21±2.18 and 2.68±2.36, respectively. Moreover, no difference was found between microbiological properties of cow's and goat's butters.

Keywords:

Butter; yayik butter; cow; goat; microbiological properties.

1. Introduction

In recent years, the demand for traditional dairy products has increased. Butter is a traditional dairy product and it is extensively used to directly or as an ingredient. Cream and yoghurt are used as raw materials in butter production. The butter made from yoghurt is called "yayik butter" and it is traditionally produced by farmers in Anatolia for many centuries. Yayik butter production could be of opinion as an original procedure specific to Anatolia. It is fairly popular due to unique flavor and is widely consumed and produced in Turkey. Yogurt, which is raw material in the production of yayik butter, is obtained from different animal milk such as goats' and cows' milk [1,2].

Although there is not much study about yayik butter, some studies have been carried out about yayik butter in recent years. In these studies, microbiological properties [3], the oxidative stability as well as chemical and sensory properties [2] of yayik butters was investigated. In this study, some microbiological properties of yayik butter produced from goats' and cows' milk were investigated.

2. Material and Methods

Goats' and cows' yayik butters were provided from Adiyaman province of Turkey. Eight samples of each of the goats' and cows' butter were provided.

For microbiological analysis, 10 g of butter was transferred into a stomacher bag and 90 ml of sterilized buffered peptone water was added. Stomacher bag was kept in the water bath at 39 ° C until the butter was melted and homogenized. Then, decimal dilutions were prepared. Total aerobic mesophilic bacteria counts of sample were enumerated on Plate Count Agar (PCA) using the pour plate technique. Plates were incubated at 37 °C for 48 h [4]. The yeast and molds counts were enumerated on Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) agar and by incubation plates at 25 ° C for 5 days [5]. Lactobacillus spp. and Lactococcus spp. were respectively determined on MRS and M17 agar, after incubation at 37 °C for 72 h [6]. Coliforms were enumerated according to Sagdic et al. [6] on Violet Red Bile Agar (VRBA), after incubation at 37 °C for 24 h. Descriptive statistics and independent-sample T test were performed by using SPSS program.

3. Results and Discussion

The results of microbiological analysis of cows' and goats' yayik butters are depicted in Table 1. TAMB counts of samples were found in the range of 4.25-7.92 log cfu/g. The mean total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) counts of cows' and goats' yayik butter were 6.77±0.99 and 6.59±1.19 log cfu/g, respectively. Moreover, there was no difference between the TAMB counts of the samples ($P > 0.05$). The total bacteria count provides an overview of the microbiological quality of the butters. Bilgin [7] stated that the total bacteria counts in butter were in the range of 3.45-6.09 log cfu/g. Yalçın et al. [8] reported that the total bacteria count of butters in Konya market was mean $8.3x10^6$ cfu/g.

TABLE 1. Microbiological characteristics of cows' and goats' yayik butters (log cfu/g, mean±standard deviation)

	Samples						Significance levels
	Cows' yayik butter			Goats' yayik butter			
	Mean	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum	
TAMB*	6.77±0.99	5.09	7.92	6.59±1.19	4.25	7.81	NS
***Lactobacillus* spp.**	6.19±1.51	3.57	7.68	5.79±1.45	3.64	7.38	NS
***Lactococus* spp.**	6.44±0.76	4.99	7.24	5.54±1.32	3.58	7.81	NS
Yeast-mold	5.46±1.52	2.28	7.18	4.34±2.24	1.28	7.08	NS
Coliforms	2.21±2.18	0.00	4.98	2.68±2.36	0.00	6.11	NS

*TAMB: Total aerobic mesophilic bacteria.

NS: Not significant ($P > 0.05$).

Minimum and maximum *Lactobacillus* spp. counts of samples were determined 3.57 and 7.68 log cfu/g, respectively. While the *Lactobacillus* spp. counts of cows' yayik butter were average 6.19±1.51 log cfu/g, *Lactobacillus* spp. counts of goats' yayik butter were average 5.79±1.45 log cfu/g. Also, there was no difference between the cow's and goat's samples in terms of the counts of the *Lactobacillus* spp. ($P > 0.05$). Karatepe [9] observed that the *Lactobacillus* spp. in butter samples was between 6.0 and 6.52 log cfu/g before storage. *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* counts of the yayik butters produced from cows' and goats' milks were found to be 5.80±0.14 and 5.73±0.10 log cfu/g by Sagdıç et al. [10]. In another research [11], the *Lactobacillus* spp. counts of butter and butter oil samples were found to be ranged between 4.00-7.00 and 2.00-3.10 log cfu/g, respectively.

The minimum and maximum *Lactococcus* spp. counts of samples were determined as 3.58 and 7.81 log cfu/g. These values are similar to those reported by Fındık and Andiç [11] for butter. The *Lactococcus* spp. counts of cows' samples were found to be mean 6.44±0.76 log cfu/g, the *Lactococcus* spp. counts of goats' samples were mean 5.54±1.32 log cfu/g. In addition, significant difference was not observed between *Lactococcus* spp. counts of cow's and goat's butters ($P > 0.05$).

The yeast and mold counts of all butters were determined in the range of 1.28-7.08 log cfu/g. Fındık and Andiç [11] found that yeast-mold count for butter is similar to our results. Hayaloglu [12] reported that yeast-mold counts of yayik butters in Malatya market were $<1\text{-}5.0x10^6$ cfu/g. For butters in Konya market [8], the yeast-mold counts were enumerated as mean $7.1x10^4$ cfu/g. In addition, yeast-mold counts of cows' yayik butter were found to be mean 5.46±1.52 log cfu/g and yeast-mold counts of goats' yayik butter were found to be mean 4.34±2.24 log cfu/g. These values are higher than the values determined by Sagdiç et al. [10] for goats' and cows' yayik butter. Moreover, the difference between yeast and mold counts of cow's and goat's samples were not significant ($P > 0.05$). The presence of a high number of yeast-molds in foodstuffs may be associated with inadequate hygienic conditions and not being stored in the cold. Besides, yeast-molds can cause undesirable taste and aroma formation due to proteolytic and lipolytic activities [13].

Respectively, the mean coliform counts of cows' and goats' yayik butters were found to be 2.21±2.18 and 2.68±2.36 log cfu/g. The average coliform counts were found to be lower than those determined by Yalçın et al. [8], higher than those determined by [7] for butters. Maximum coliform counts of samples were enumerated as 6.11 log cfu/g. Coliforms are considered as an index of hygiene in

butter and they should not to be in any foodstuff [13]. It can be said that coliform counts of some samples are above the limits allowed for butters. Sağdıç et al. [10] stated that coliforms did not detect in yayik butters produced from different animal milks. Fındık and Andiç [11] detected coliform in only one of the butters provided from the retail stores in the province of Van. In the yayik butters obtained from Malatya market, the coliform counts were found in the range of <1-4x10^3 cfu/g [3].

4. Conclusion

As a result, it has been found that the microbiological characteristics of the samples changed within a very wide margin. These may be due to the fact that production is mostly at home and there is no standard production technique. Moreover, samples were found to be weak in terms of microbiological criteria (especially coliforms and yeast-mold). The butter obtained from the yogurt should not contain coliforms due to heat treatment in the production of yoghurt. In the case, it is possible to say that heat treatment in yogurt production of our samples may be weak. Otherwise, it can be said that the production environment and equipment in the production of yayik butter were not hygienic due to in small family business. It can be suggested that the equipment used in the production must be hygienic, prevention of contamination and proper storage conditions after production.

Acknowledgments

This study was supported financially by the coordination of scientific research projects of Harran University (HUBAK; Project No: 18058).

5. References

[1] Sağdiç, O.S., Arici, M. and Simşek, O. 2002. Selection of starters for a traditional Turkish yayik butter made from yoghurt. Food Microbiology, 19: 303-312.

[2] Şenel, E., Atamer, M. and Öztekin, Ş.F. 2011. The oxidative and lipolytic stability of Yayık butter produced from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. Food Chemistry, 127: 333–339.

[3] Hayaloglu, A.A. and Konar, A. 2001. Malatya Yöresinde Yoğurttan ve Kremadan Üretilen Tereyağlarının Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Gıda, 26: 429-435.

[4] Erkmen, O. 2015. Basic Methods for the microbiological analysis of foods. 3. Edition. Ankara: Nobel.

[5] Tosun, F. 2016. Effect of exopolysaccharide producing lactic cultures on quality characteristics of butter, churn butter and cream (kaymak). PhD Thesis, University of Erciyes, Kayseri, Turkey. 55-56 pp.

[6] Sagdic, O., Ozturk, I., Yılmaz, M.T. and Yetim, H. 2011. Effect of Grape Pomace Extracts Obtained from Different Grape Varieties on Microbial Quality of Beef Patty. Journal of Food Science, 76: 515-521.

[7] Bilgin, B. 1996. A research on the determination of some sensory, physical, chemical, microbiological properties during the storage period of butters produced by souring with sweet and four different culture combinations. M. Sc. Thesis, University of Trakya, Tekirdağ, Turkey. 57-60 pp.

[8] Yalçın, S., Tekinşen, O.C., Doğruer, Y. and Gürbüz, Ü. 1993. The quality of butter consumed in Konya. Eurasian Journal of Veterinary Sciences, 9: 20-21.

[9] Karatepe, P. 2010. The effects of eugenol and thymol on chemical, microbiological and sensory quality of pasteurized butter. PhD Thesis, University of Fırat, Elazığ, Turkey. 79 pp.

[10] Sağdıç, O., Dönmez, M. and Demirci, M. 2004. Comparison of characteristics and fatty acid profiles of traditional Turkish yayik butters produced from goats', ewes' or cows' milk. Food Control, 15: 485–490.

[11] Fındık, O. and Andiç, S. 2017. Some chemical and microbiological properties of the butter and the butter oil produced from the same raw material. Food Science and Technology, 86: 233-239.

[12] Hayaloglu, A.A. 1999. A Comparative study on physicochemical, microbiological and organoleptic qualities of butter produced from cream and yogurt in Malatya region. M. Sc. Thesis, University of Çukurova, Adana, Turkey. 52 pp.

[13] Kurdal, E. and Koca, A.F. 1987. Chemical and microbiological characteristics of the breakfast type butter sold in Erzurum. Gıda, 5: 299-303.

Çamurun Hidrotermal Karbonizasyonu

Hydrothermal Carbonization of Sludge

Özlem DEMİR[1]
Deniz UÇAR[1]
Ezgi Sühel AKTAŞ[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Dünyanın enerji ihtiyacının her geçen gün artması sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi de artmaya başlamıştır. Hidrotermal karbonizasyon, düşük maliyeti ve yüksek kaynak geri kazanım oranını göz önüne alan ıslak biyokütle arıtımında umut verici bir teknoloji olarak görülmektedir. Söz konusu teknoloji, nem oranı yüksek biyokütle materyalinin, düşük sıcaklıklarda, ısıl değeri yüksek bir materyal olan biyokömüre dönüşümünü sağlamaktadır Bu teknolojide, organik hammaddeler, basınç altında (2-10 MPa), orta sıcaklıklarda (180-350°C) karbonlaştırma aracı olarak su kullanarak karbonlu ürüne (kömüre) dönüştürülür. Atıksu arıtma tesisinde oluşan çamurlar, biyolojik olarak parçalanabilir organik madde içeriği ile yenilenebilir biyoyakıt üretmek için bir kaynak olarak görülmektedir. Hidrotermal karbonizasyon sonrası elde edilen maddelerin içerdiği H/C ve O/C oranları, düşük dereceli kömür ile karşılaştırılabilir seviyede olmasına karşın daha yüksek kalori değerine sahiptir ve bu nedenle de potansiyel bir yakıt kaynağı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, hidrotermal karbonizayon teknolojisi tanıtılarak, artıma çamurlarından hidrotermal karbonizasyon ile biyokömür elde edilen çalışmalar ele alınacaktır.

Anahtar kelimeler:

Hidrotermal karbonizasyon, çamur arıtımı, biyokömür

Abstract

As the energy demand of the world increases day by day, the interest in renewable energy sources has started to increase. Considering its low cost and high resource recovery rate, hydrothermal carbonization is seen as a promising technology in wet biomass treatment. This technology enables the conversion of high moisture content of biomass material to biochemistry, which is a material with high thermal value at low temperatures. It is converted to carbonaceous product (coal) by using water. Sludge formed in the wastewater treatment plant are seen as a source for producing renewable biofuels with their biodegradable organic matter content. The H/C and O/C ratios of the materials obtained after hydrothermal carbonization have a higher calorific value compared to the low grade coal, and are therefore considered to be a potential fuel source. In this study, hydrothermal carbonization technology will be introduced and hydrothermal carbonization will be studied.

Keywords:

Hydrothermal carbonization, sludge, biochar

1. Giriş

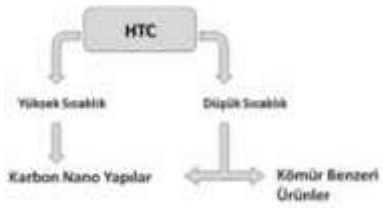
Kentsel çamur sadece organik bileşikleri değil, aynı zamanda ağır metalleri organik kirletici ve patojenleri de içermektedir. Çoğu kentsel çamur çevre açısından tehlikeli olması ve artan sağlık riskleri sebebiyle uygun bir şekilde arıtılmalıdır. Özellikle, başta hidrotermal karbonizasyon (HTK) olmak üzere arıtma çamurunun termal arıtımı çamurla baş etmek için ümit verici bir yöntem olarak düşünülmektedir. HTK, nispeten düşük sıcaklıktaki bir termokimyasal işlem (180–260 ° C) olup çok çeşitli nem içeriğindeki maddeleri kabul etmesi nedeniyle ıslak katı atıkların işlenmesi için uygun görülmektedir. Çamurun HTK ile muamelesi, çamurun kolloidal yapısının kohezyon kuvvetini azaltabilir, mikrobik hücre yapılarına zarar verebilir, dehidrasyon özelliklerini iyileştirebilir ve çamurun azaltılmasını gerçekleştirebilir [1].

Atıksu ve atık çamurlarından enerji geri kazanımı ile ilgili konular gündeme gelmesi ile HTK sulu biyokütlenin, nispeten düşük reaksiyon sıcaklıklarında, sulu ürünler ve gaz başta olmak üzere kömür benzeri bir malzemeye dönüştürülmesinde etkili bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. Arıtma çamuruna uygulandığında, HTK hem çamurun sterilizasyonunu hem de stabilizasyonunu sağlar. Tipik olarak ana ürün olan hidrokömür, düşük dereceli kömürünkine benzer H/C ve O/C oranlarına sahip olup, bu kömürlerden daha yüksek kalorifik değere sahiptir ve bu nedenle potansiyel bir yakıt kaynağı olarak kabul edilebilir. Alternatif olarak, hidrokömür bir şartlandırıcı olarak topraklara eklenebilen karbon açısından zengin bir bileşiktir. HTK'nun sulu ürünleri, furanlar, fenoller, asetik asit, levulinik asit ve diğer çözünebilir organik bileşikler gibi organik bileşikleri içerir. Bu tür organik bileşikler açısından zengin atık suların deşarjı için ciddi çevresel zorluklar doğuracaktır ve bu nedenle bu tür atıkların arıtılması esastır [2].

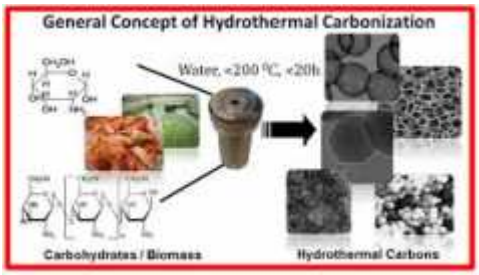
Biyokütle, işlenmemiş kaliteli bir karbon kaynağıdır ve değerli karbon malzemelerin sentezlenmesinde kullanılması oldukça anlamlıdır. Bunların yanı sıra çevre dostu tükenmez ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütlelerden çeşitli yöntemlerle elde edilen biyoyakıtlar günümüzde hali hazırda farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Örneğin benzin ve biyoalkol karışımıyla çalışan otomobiller yollardadır. Biyoyakıtlar ve biyokütlelerden elde edilen karbon malzemelerde en önemli sorun, tarım alanlarının biyoyakıt üretimi için üretilecek bitkiler ve buna bağlı olarak gıda için kullanılacak bitkilerin ekim alanlarının azalması ve fiyatların yükselmesidir. Bu nedenle bu tür malzemelerin üretilmesinde atık biyokütlelerin değerlendirilmesi ön plana çıkmıştır. Ancak, buradaki en önemli problem değerli karbon malzemelerin elde edilebilmesi için genel ve tatmin edici bir yöntemin bulunmamasıdır[3]. HTK işleminin tarihi 1910'lara kadar uzanmaktadır. 1913 yılında Bergius ve çalışma arkadaşları selülozun kömür benzeri yapılara hidrotermal olarak dönüşümüyle ilgili çalışmalarını yayınlamıştır [4].

Son yıllarda, ıslak biyokütlenin işlenmesi olasılığına sahip HTK, biyokütlenin kurutulmasına harcanacak yoğun enerji adımını ortadan kaldırdığı için gittikçe artan bir uygulama alanına sahip olmaktadır. HTK'da kapalı bir sulu ortamda biyokütleye ısı uygulanır. Sıcaklık aralığına bağlı olarak, katı, sıvı veya gazlı ürünler ağırlıklı olarak hidrotermal dönüşüm gerçekleşir. 160-250°C arasındaki sıcaklık aralığında ve yaklaşık 2 MPa'ya karşılık gelen basınçlarda (otojenik basınç) hidrotermal dönüşüm uygulanırsa, esas itibariyle karbonat olarak adlandırılan ve biyokömürlü bir katı ürün oluşur. Bu işlem HTK olarak isimlendirilir ve nemli biyokütlenin enerji içeriğini yoğunlaştırmak için etkili bir yol olarak doğrulanmıştır. HTK, karbon içeriğini artıran ve esas olarak dehidrasyon ve dekarboksilasyon ile beslemenin hem oksijen hem de hidrojen içeriğini azaltan ekzotermik bir işlemdir. Artan karbon içeriğinin yanı sıra, HTK sırasında üretilen biyokömür, daha yüksek homojenlik, daha iyi öğütme kabiliyeti ve hidrofobik davranış gibi gelişmiş yakıt özellikleriyle karakterize edilir [5].

HTK yöntemi, biyokütleden ve özellikle değersiz atık biyokütleden değerli karbon malzemelerin sentezlenmesinde güçlü bir teknik olarak fırsat sunmaktadır. Farklı reaksiyon şartları ve reaksiyon mekanizmasına göre HTK işleminde iki ayrı yol tanımlanabilir (Şekil 1a). Temel olarak biyokütle pirolizine benzer olan yüksek sıcaklık HTK işlemi ile karbon nanotüpler, grafit, aktif karbon malzemeler yüksek sıcaklık ve basınç altında sentezlenebilir. 250°C sıcaklığa kadar gerçekleştirilen düşük sıcaklık HTK işlemi ise yüksek sıcaklık HTK işlemine göre basamaklı bir kimyasal dönüşüm sunar. Ayrıca HTK işleminde reaksiyon ortamının su olması, zehirli çözücülere ihtiyaç duyulmaması, çıkış maddesinin fiyatının ve işletme maliyetinin düşük olmasından dolayı prosesin ucuz ve ölçeklendirilebilir olması gibi ilâve avantajları mevcuttur [3]. HTK yöntemi genel olarak Şekil 1b'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1.a)HTK yöntemi ve elde edilen ürünler [3] b) HTK'nın genel konsepti

HTK, çok nemli biyokütlenin daha değerli bir materyale işlenebildiği bir tekniktir. İşlem, kaynamadan kaçınmak için yüksek basınç altında 200-250°C'ye kadar bir su çözeltisi içinde biyokütlenin ısıtılmasını içerir. pH ayarlaması için asit veya alkali gibi kimyasal katkılar veya katalizörler eklenebilir [6].

Reaktörde 30 dakika ila 12 saat boyunca bir işlemden sonra, basınç giderilir ve karbonize edilmiş biyokütleyi, organik asitleri ve suyu içeren bulamaç sudan arındırılır. Filtre keki, karbon açısından zenginleştirilmiştir ve bir yakıt veya toprak iyileştirmesi olarak kullanılabilir. Süzüntü, biyokütlenin çözünebilir ayrışma ürünlerini içerir. Biyokütlenin orman kökenli olması durumunda, filtrat organik asitler, karbonhidratlar ve lignin içerir. Son kullanımı biyogaz üretimi için gübre veya substrat olarak kullanılabilir [6].

2.HTK'nin Tarihsel Gelişimi

1913 yılında Friedrich Bergius, kömürün yalnızca bir sıvı yakıt haline dönüştürülmesinin değil, karbonhidratları kömür benzeri bir malzemeye dönüştürmenin yolunu da bulmuştur. Sonunda, Bergeus'a, 1931'de (Carl Bosch ile birlikte) kimyasal yüksek basınç yöntemlerinin geliştirilmesinden dolayı kimya alanında Nobel Ödülü ile ödüllendirilmiştir. Hidrotermal karbonlaşma, kömür bileşimine benzer kömürleşmiş madde üretiminde kullanılan bir termokimyasal işlemdir. Genel olarak proses, kapalı bir sistemde ıslak, karbonhidratlı ham madde, nispeten düşük sıcaklıklı bir ortam (180 °C-350 ° C) ve yüksek otojen basınç (2.4 MPa'ya kadar) kullanımını içerir. Tipik olarak, biyokütle veya bir nişasta kaynağı, katı bir kömür formunda değerli bir karbon materyaline dönüştürülür. Diğer ürünler arasında yoğunlaştırılamayan gazlar (çoğunlukla CO_2), sulu faz ürünleri (tortular, şekerler ve organik asitler) ve su bulunur. Son yıllarda, çeşitli karbon malzemelerin potansiyel uygulamalarına olan ilgi yüksektir. Bu noktada, HTK son ürünleri için kullanım alanları arasında ilaç dağıtım mekanizmaları, katalizörler, adsorbanlar, toprak zenginleştiriciler, enerji depolama sistemleri, yakıt hücresi bileşenleri ve yakıt kaynakları bulunmaktadır [7].

3.HTK'nin proses koşulları

Funke ve Ziegler [8], HTK ile ilgili bir dizi genel işletim koşulunu özetlerken, keskin ve ortak bir tanımın henüz kurulmadığına dikkat çekmektedir. İlk olarak, CH_4 ve H_2 gibi gaz halindeki karbon ürünlerine yol açacak hidrotermal gazlaşmayı engellemek için su altı kritik koşulları mevcut olmalıdır. İkincisi, reaksiyonların başlaması için sıcaklık 100°C'yi geçmelidir. Bununla birlikte, HTK'nun pratik uygulamasının 180-250°C aralığında olması olası görülmüştür. Üçüncü olarak, sıvı su mevcut olmalıdır; bu nedenle en azından doymuş basınç gereklidir. Dördüncü olarak, hammaddenin süreç boyunca tamamen suya batması gerekmektedir. Su ile temasın yokluğunda, biyomakromoleküller CO ve katran gibi ürünleri meydana getiren pirolitik reaksiyonlara maruz kalabilir. Gerçek yaşam koşullarında, bu durumun küçük bir olasılıkla ortaya çıkması ihtimaldir ve HTK sırasında bu maddelerin eser miktarlarının üretimini açıklamaya yardımcı olabilir. Ek olarak, sıvı yüzeyinin üzerindeki reaktif madde karbonlaşmayabilir. Beşinci olarak, nötr veya zayıf asidik bir ortam, HTK'deki reaksiyon hızını artıracaktır. Altıncı, alıkonma süreleri tipik olarak 1 ile 72 saat arasında değişecektir. Daha yüksek sıcaklıklar veya daha uzun kalma süreleri, yüksek reaksiyon şiddetini temsil eder. Bu koşullarda, daha düşük katı ürün miktarları bulunur, ancak bu ürünler daha yüksek karbon içeriğine sahip olma eğilimindedir. Süreç mekanizmalarının ve proses koşullarının etkilerinin hammaddelerin niteliğine bağlı olduğu belirtilmiştir. [8]. Bu nedenle, her bir besleme türü için en uygun genel işlem tasarımı benzersiz olacaktır. Aynı zamanda, bu konuda bazı genellemeler yapılabilir. İlk olarak, yüksek bir biyokütle-su oranı daha iyi polimerizasyon ve daha yüksek toplam katı ürün verimiyle sonuçlanacaktır [9]. Daha az su kullanımı da daha düşük enerji ve yatırım maliyetlerine neden olabilir. Bu ayrıca ıslak hammaddeyi özellikle çekici hale getirebilir. İkincisi, daha uzun kalma süreleri daha eksiksiz reaksiyonlar sağlayabilir ve atık sularda daha az organik madde kaybına neden olabilir. Her iki nedenden ötürü, suyun en azından kısmen yeniden sirkülasyonu düşünülebilir. Üçüncü olarak, daha yüksek sıcaklıklar genellikle HTK'u hızlandıracak ve katı ürünlerin daha yüksek karbon içeriği ile sonuçlanacak, ancak daha yüksek baskılar yaşanacaktır. Bu, daha yüksek yatırım ve enerji maliyetleri ile sonuçlanabilir. Son olarak, biyokütlenin ya da atık besleme stokunun öğütme biçimindeki ön-muamelesi, hidrolizin hız belirleme aşamasını kontrol etmek ve hızlandırmak için bir avantaj sağlayabilir. Yine enerji talepleri ve yatırım maliyetleri bu tür ön muamelelerle ilişkilendirilebilir [8,10].

Tablo 1, HTK'nun katı, sıvı ve gazlı ürünleri için yaklaşık verim dağılımını göstermektedir. Bu dağıtımın temsili bir genel bakış olarak sunulduğu tekrarlanmalıdır. Verim dağılımları, hem besleme stoğuna hem de işletim koşullarına büyük ölçüde bağlıdır [8]. Bunlar doğası gereği değişken olduğu için, bildirilen sonuçlar vardır. Tablo 1, çeşitli kaynaklardan bildirilen sonuçları göstermektedir. Görülebileceği gibi, analizler katı ürünlerin ölçümleri üzerinde yoğunlaşmaktadır ve çoğunlukla sıvı veya gaz ürünleri için değerler içermemektedir. [7].

TABLO 1: HTK'nun bildirilen ürün dağıtım verimleri [7]

Ürün verimi (%)			Hammadde	Kaynak
Katı	Sıvı	Gaz		
50-80	5-20	2-5	Biyokütle, atık materyallaer	[11,12]
20-50	-	-	Kentsel katı atık, kağıt, yiyecek atığı	[12]
75-80	15-20	5	Değişik organik atık materyaller	[4]
36-66	-	-	Selüloz, tahta	[8]
30-50	-	-	selüloz	[13]
50-69	12-14	5-12	Çam ve beyaz köknar karışımı	[10]
35-38	-	-	Mısır sapı, orman atığı	[14]
63-83	8-17	9-20	Çam	[15]

4.Çamurun Hidrotermal Karbonizasyonu ile İlgili Çalışmalar

Berge ve ark., [16] belediye atıklarının hidrotermal karbonizasyonunu araştırmışlardır. Başlangıçta mevcut karbonun % 49-75'inin kömür içinde kaldığını,% 20-37 ve % 2-11'inin ise sırasıyla sıvı ve gaz fazlarına aktarıldığını bulmuşlardır. Üretilen hidrokömrün bileşimine bağlı olarak, hem susuzlaştırma hem de dekarboksilasyonun, karbonizasyon sırasında oluştuğunu ve bunun da yüksek aromatik yapılara yol açtığını öne sürmüşlerdir. Hidrokömür kütle veriminin düşmesi nedeniyle enerji yoğunlaşması meydana gelmiştir. Proses enerjileri, hammadde karbonizasyonunun ekzotermik olduğunu göstermiştir [5].

Koottatep ve ark.,[17] pratik enerji geri kazanımı için septik tanklardan toplanan proses çamurunu HTK ile hidrokarbon haline getirmiş ve 1 L yüksek basınçlı reaktördeki ürünlerde farklı sıcaklık ve reaksiyon sürelerinin etkisini incelemişlerdir. Mau ve diğ. [18] bir dizi işlem parametresi altında kümes hayvanı çöpünün hidrotermal karbonizasyonunu incelemiştir [1].

Xu ve ark, [1] yaptığı çalışmada, kentsel çamuru HTK ile muamele etmişlerdir. HTK sıcaklığının, katalizörlü veya katalizsiz katı ürün verimi, ağır metal içeriği, türbidite ve KOİ değeri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç, katı ürün veriminin, sıcaklık 180°C'den 300°C'ye yükseldiğinde % 92.04'ten % 52.65'e düştüğünü göstermiştir ve değiştirilebilir durumdaki Cu, Zn ve Pb içerikleri deşarj standardına inmiş ve azalmıştır. $FeCl_3$ veya $Al(OH)_3$'ün eklenmesi, Zn, Pb, Cr ve Cd'nin değiştirilebilir hallerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Sonuçlar, HTK'nun kentsel çamurun kirlilik ve enerji bakımından zengin ürünlere dönüştürülmesini kolaylaştırabileceğini göstermiştir [1].

Boateng ve ark.[2] yaptığı çalışmada, birincil atık çamurun HTK'u bir dizi reaktör kullanılarak gerçekleştirmiştir. Sıcaklık ve reaksiyon süresinin katı (hidrokarbon), sıvı ve gaz ürünlerinin özellikleri ve optimum hidrokömür özelliklerine yol açan koşullar üzerinde etkisi araştırılmıştır. Hidrokarbonlarda tutulan karbon miktarı sıcaklık ve zamanla azalmıştır. Karbon tutumu 140 ve 160° C'de % 64-77, ve 180 ve 200° C'de % 50-62 oranında artmıştır. Artan sıcaklık ve arıtım süresi, hidrokarbonun enerji içeriğini 17'den 19 MJ/kg'a çıkarmış ancak enerji verimini % 88'den % 68'e düşürmüştür. Sıvı yan ürünlerin anaerobik çürütmeden kaynaklanan metan verimlerinin teorik tahminleri de sunulmuş ve bunları tespit etmek için en uygun reaksiyon koşulları belirlenmiştir [2].

Breulmann ve ark., [19] yaptığı çalışmada, toprak iyileştirme potansiyeli açısından değişen işletim koşulları altında kanalizasyon çamuru olarak adlandırılan çamurunun piroliz ve HTK tarafından üretilen kömürlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. HTK'nun süresi ve sıcaklığı, adsorbe edilmiş kararsız karbon ve nitrojen bileşiklerinin kömürün içeriği ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Kanalizasyon çamurunun katyon değişim kapasitesi HTK tarafından azaltılmıştır. Artan arıtım ısısı ile pH, kül (içerik), makro ve mikro besin içeriği artmıştır.

Escala ve ark., [20]' nın yaptığı çalışmada stabilize ve stabilize olmayan kanalizasyon çamurunun HTK'u ile, 25 L'lik bir kapta, yakma işleminden önce atık çamuru için ön arıtma olarak araştırılmış ve elde edilen HTK kömürü ve proses suyunun kompozisyonu ve özellikleri incelenmiştir. HTK'daki kömürde H/C ve O/C için stabilize ve stabilize olmayan atık çamurdan elde edilen gözlemlenen değerler doğal kömürden daha yüksek ve selüloz için tipik değerlere oldukça yakın bulunmuştur. Stabilize edilen atık çamurun üst ısıtma değeri % 3.4'ten % 6.5'e yükseltilmiş ve stabilize olmayan çamurun üst ısıtma değeri, karbonizasyondan sonra % 5.8'den % 11'a yükseltilmiştir. Karbon verimi, stabilize edilmiş kanalizasyon çamuru için % 62'den % 71'e ve stabilize olmayan atık çamur için % 60'tan % 66'ya kadar artmıştır.

Eyser ve ark., [21] atık çamurundaki on iki ilacın HTK ile arıtılmasını araştırmışlardır. Bu çalışmada, HTK atıksu arıtma çamur örneklerini 4 saat içinde 210° C sıcaklıkta ve yaklaşık 15 bar'lık bir basınçta bir biyokömür ürününe dönüştürmüştür. Arıtma çamurunun ilk farmasötik yükünün yanı sıra üç atık su arıtma tesisinden elde edilen çivili ve sekiz doğal atık çamur örneğinden üretilen biyokütle artık konsantrasyonları araştırılmıştır. Ek olarak, kaynak materyalin ve ürünün katı içeriği karşılaştırılmış; bu, HTK tarafından filtrelendikten sonra katı içeriğin hatırı sayılır bir artışı göstermiştir.

He ve ark., [22]'nın yaptığı çalışmada önceden kurutma yapılmadan çamurun temiz katı yakıt haline dönüştürmek için HTK işlemi kullanılmıştır. Daha iyi yakıt özelliklerine sahip hidrokömürleri üretmek için farklı karbonizasyon süreleri uygulanmıştır. Karbonizasyon işleminden sonra hidrokarbonların yakıt karakteristikleri ve yanma davranışları değerlendirilmiştir. Elemental analiz, karbonun % 88'inin geri kazanıldığını, % 60'ının azot ve kükürtün giderildiğini göstermiştir. Dehidrasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonları nedeniyle hidrojen/ karbon ve oksijen/karbon atomik oranları sırasıyla 1.53 ve 0.39'a düşmüştür. Karbonlaşma sürecini uzatarak yakıt oranının 0.18'e yükseldiği bulunmuştur.

Kim ve ark., [23]'nın yaptığı çalışmada, HTK, katı yakıtları temizlemek için anaerobik olarak çürütülmüş çamur dönüştürmek için araştırılmıştır. HTK etkileri, 180-250°C aralığında değişen reaksiyon sıcaklıkları değiştirilerek değerlendirilmiştir. HTK kurutma performansının araştırılmasının yanı sıra katı yakıtın hidrojen ve oksijen içeriğinin azalmasına rağmen ısıtma değerini arttırmış ve arıtım süreçlerinde enerji tasarrufu sağlayabilmiştir. Bu nedenle HTK'dan sonra kimyasal dönüşümden dolayı H/C ve O/C oranları azalmıştır. Bu sonuçlar, HTK işleminin, çamurun fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirerek temiz enerji olarak alternatif bir katı yakıt ürünü olarak kanalizasyon çamurunun özelliklerinin iyileştirilmesinde avantajlı bir teknoloji olduğunu ve ayrıca organik ve biyokütle atıklarını iyileştirmek için başka faydalar sağladığını göstermektedir.

Kim ve ark. [24]'nın yaptığı çalışmada, anaerobik çürütme ile biyogaz üretiminin arttırılması için atık aktif çamurun hidrotermal ön arıtımı gerçekleştirilmiş ve optimum sıcaklık belirlenmiştir. Anaerobik çürütmenin etkinliği, biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) testleri ve takip eden istatistiksel analizlerle araştırılmıştır. Hidrotermal ön arıtmanın, atık aktif çamurun çözündürülmesini iyileştirdiği ve tepki yüzeyini arttırarak, biyogaz üretiminin artmasına neden olduğu bulunmuştur. BMP testleri, atık aktif çamurun hidrotermal ön-

muamelesinin, KOİ çözünürlüğünü (% 30-37) arttırdığını; ek olarak, uçucu katıları düşürdüğü ve son metan verimlerini iyileştirdiği bulunmuştur. Subkritik su kullanılarak hidrotermal ön işlem için optimum sıcaklık ~ 180-210^{o}C olarak bulunmuştur.

Koottatep ve ark., [17]nın yaptığı çalışma septik tanklardan toplanan çamurun hidrokarbon haline getirilmesi ve işlemden geçirilmesi için uygulanmıştır. Deneyler, farklı sıcaklıklarda çalışan bir 1-L yüksek basınçlı reaktör ve farklı oranlarda çamurun katalizörler ve biyokütle ile karıştırıldığı reaksiyon süreleri ile gerçekleştirilmiştir. Hidrokömür üretimi için çamurla karışan katalizörlerin (yani asetik asit, lityum klorür, boraks ve zeolit) ve biyokütlenin (yani, manyok posası, kurutulmuş yapraklar, domuz gübresi ve pirinç kabukları) etkileri araştırılmıştır. Deneysel veriler, asetik asit ve manyok posasının en etkin katalizör ve biyokütle olduğunu ve enerji içeriklerini 28.5 MJ/kg maksimum değere çıkardığını göstermiştir. Optimum HTK koşulları şu şekildedir: çamur/asetik asit/manyok hamuru karışım oranı 1/0.4/1 (ağırlıkça), 220° C sıcaklıkta ve 0.5 saat reaksiyon süresi. Üretilen hidrokarbonun nispeten yüksek enerji içeriği katı yakıt olarak uygulanabilirliğini göstermektedir.

HTK sıcaklığının hidrokömür yakıt özellikleri ve termal davranış üzerindeki etkisini değerlendirmek için Lin ve ark., [25]'ı 180-300^{o}C aralığında farklı sıcaklıklar uygulamışlardır. 210° C'de üretilen hidrokömürün, en yüksek enerji verimi (% 90.12) ile maksimum ısıtma değerine (9763 kJ/kg) sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle, 210^{o}C'de kağıt çamurunun HTK için en uygun sıcaklık olabileceği düşünülmüştür.

Peng ve ark,[26] hidrotermal karbonizasyon yöntemini kullanarak kanalizasyon çamurundan kömür üretimini, özelliklerini, yanma davranışlarını ve termal özelliklerine ilişkin kapsamlı bir çalışma yapmışlardır.

Zhai ve ark., [27]kanalizasyon çamurunun hidrotermal karbonizasyonuna besleme suyu pH'nin etkisini ve ağır metal risklerini araştırmış, uygun pH aralığında ağır metallerin birikiminin önemli ölçüde etkilendiğini çalışmalarında ortaya koymuşlardır.

5. Sonuçlar

Arıtma çamurları tarımda enerji kaynağı ve gübre olarak kullanılabilen ve biyolojik olarak parçalanabilir organik madde içeriği ile yenilenebilir biyoyakıt üretmek için bir hammadde kaynağı olarak görülmektedir. HTK işleminde nem içeriği yüksek katı atıkların işlenmesi mümkün kılan nispeten düşük sıcaklıkta gerçekleşen termokimyasal bir işlem (180–260°C) olması sebebiyle çamurun hidrotermal karbonizasyonu, çamurla mücadele için ümit verici bir yöntem olarak görülmektedir. HTK ile yapılan çalışmalar çamurun hidrotermal karbonizasyonu, çamur kolloidal yapının kohezyon kuvvetini azaltabilir, mikrobik hücre yapılarına zarar verebilir, dehidrasyon özelliklerini iyileştirebilir ve çamurun azaltılmasını gerçekleştirebildiğini göstermekle birlikte sıcaklık, basınç ve süre gibi parametrelerin proses verimini etkilediğini ortaya koymuştur.

6. Referanslar

[1] Xu, X. and Jiang, E. 2017. Treatment of urban sludge by hydrothermal carbonization. Bioresour Technol. 238:182–7.

[2] Danso-Boateng, E., Shama, G., Wheatley, A.D., Martin, S.J. and Holdich, R.G. 2015. Hydrothermal carbonisation of sewage sludge: Effect of process conditions on product characteristics and methane production. Bioresour Technol. 177:318–27.

[3] Aydıncak, K. 2012. Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Gerçek ve Model Biyokütlelerden Karbon Nanoküre Sentezi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 101 pp.

[4] Ramke, H., Blöhse, D., Lehmann, H., Fettig, J. 2009. Hydrothermal Carbonization of Organic Waste. Twelfth Int Waste Manag Landfill Symp.

[5] Kabadayi A. 2016. nvestigation of Reusability of Process Water in the Hydrothermal Carbonization of Biomass 2016. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 47 pp.

[6] Mäkelä, M., Benavente, V., Fullana, A. 2016. Hydrothermal carbonization of industrial mixed sludge from a pulp and paper mill. Bioresour Technol. 200:444–50.

[7] Child, M. 2014. Industrial-Scale Hydrothermal Carbonization of Waste Sludge Materials for Fuel Production. Master Thesis. Lappeenranta University of Technology Faculty,Finland, 109 pp.

[8] Funke, A. and Ziegler, F. 2010. Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering. Biofuels, Bioprod Biorefining. 4:160–77.

[9] Stemann, J., Putschew, A., Ziegler, F. 2013. Hydrothermal carbonization: Process water characterization and effects of water recirculation. Bioresour Technol. 143:139–46.

[10] Hoekman, S.K., Broch, A., and Robbins, C.2011. Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass. Energy & Fuels 25:1802–10.

[11] Libra, J.A., Ro, K.S., Kammann, C., Funke, A., Berge, N.D., Neubauer, Y., Titrici, M.M., Fühner, C., Bens, O., Kern, J., Emmerich, K.H. 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. Biofuels. 2:71–106.

[12] Lu, X., Jordan, B. and Berge, N.D. 2012. Thermal conversion of municipal solid waste via hydrothermal carbonization: Comparison of carbonization products to products from current waste management techniques. Waste Manag. 32:1353–65.

[13] Sevilla, M., Fuertes, A.B., Mokaya, R. 2011. High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials. Energy Environ Sci. 4:1400–10.

[14] Xiao, L.P., Shi, Z.J., Xu, F., Sun, R.C. 2012. Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass. Bioresour Technol. 118:619–23.

[15] Yan, W., Hastings, J.T., Acharjee, T.C., Coronella, C.J. and Vásquez, V.R. 2010. Mass and energy balances of wet torrefaction of lignocellulosic biomass. Energy and Fuels. 24:4738–42.

[16] Berge, N.D., Ro, K.S., Mao, J. and Flora, J.R.V. 2011. Chappell MA, Bae S. Hydrothermal Carbonization of Municipal Waste Streams. Environ Sci Technol. 45:5696–703.

[17] Koottatep, T., Fakkaew, K., Tajai, N. and Pradeep, S.V. 2016. Polprasert C. Sludge stabilization and energy recovery by hydrothermal carbonization process. Renew Energy. 99:978–85.

[18] Mau, V., Quance, J., Posmanik, R. and Gross, A. 2016. Phases' characteristics of poultry litter hydrothermal carbonization under a range of process parameters. Bioresour Technol. 219:632–42.

[19] Breulmann, M., van Afferden, M., Müller, R.A., Schulz, E. and Fühner, C. 2017. Process conditions of pyrolysis and hydrothermal carbonization affect the potential of sewage sludge for soil carbon sequestration and amelioration. J Anal Appl Pyrolysis. 124:256–65.

[20] Escala, M., Zumbu, T., Koller, C., Junge, R. and Krebs, R., 2013. Hydrothermal Carbonization as an Energy-E ffi cient Alternative to Established Drying Technologies for Sewage Sludge : A Feasibility Study on a Laboratory Scale. Energy&Fuels. 27:454-460.

[21] vom Eyser, C., Palmu, K., Schmidt, T.C., and Tuerk, J. 2015. Pharmaceutical load in sewage sludge and biochar produced by hydrothermal carbonization. Sci Total Environ. 537:180–6.

[22] He, C., Giannis, A. and Wang, J.Y. 2013. Conversion of sewage sludge to clean solid fuel using hydrothermal carbonization: Hydrochar fuel characteristics and combustion behavior. Appl Energy. 111:257–66.

[23] Kim, D., Lee. K. and Park, K.Y. 2014. Hydrothermal carbonization of anaerobically digested sludge for solid fuel production and energy recovery. Fuel. 130:120–5.

[24] Kim, D., Lee, K. and Park, K.Y. 2015. Enhancement of biogas production from anaerobic digestion of waste activated sludge by hydrothermal pre-treatment. Int Biodeterior Biodegrad. 101:42–6.

[25] Lin, Y., Ma, X., Peng, X., Hu, S., Yu, Z. and Fang, S. 2015. Effect of hydrothermal carbonization temperature on combustion behavior of hydrochar fuel from paper sludge. Appl Therm Eng. 91:574–82.

[26] Peng, C., Zhai, Y., Zhu, Y., Xu, B., Wang, T., Li C. and Guangming, Z. 2016. Production of char from sewage sludge employing hydrothermal carbonization: Char properties, combustion behavior and thermal characteristics. Fuel. 176:110–8.

[27] Zhai, Y., Liu, X., Zhu, Y., Peng, C., Wang, T., Zhu, L., et al. 2016. Hydrothermal carbonization of sewage sludge: The effect of feed-water pH on fate and risk of heavy metals in hydrochars. Bioresour Technol. 218:183–8.

Özet

Atıksu arıtma tesislerinin sayısının artması tesislerde üretilen çamurun miktarının artışını da beraberinde getirmektedir. Üretilen çamurun arıtımı ve bertarafının maliyeti, atıksu arıtma tesislerinin işletim maliyetinin % 60'ına tekabül etmektedir. Mevcut teknolojilerinin kullanım sınırlamaları, maliyeti azaltma çabaları ve yasal zorunluluklar çamur azaltma stratejilerine yönelmeyi zorunlu kılmaktadır. Günümüzde birçok mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntem, çamuru hem atıksu arıtım aşamasında hem de çamur üretildikten sonra anaerobik çürütücü öncesi bir ön arıtım şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Serbest amonyağın, hücre zarından yayılabilir ve enerji tüketimi olmaksızın iki taraf arasındaki protonları hareket ettirebilir olma özelliği hücre içindeki proton ve potasyum dengesini kırarak hücre inaktivasyonuna yol açmaktadır. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalar, serbest amonyak kullanımı ile yenilikçi bir atık aktif çamur ön arıtma teknolojisini gündeme getirmiştir. Anaerobik çürütme öncesi bir ön işlem olarak serbest amonyak uygulanması anaerobik çürütmenin hız sınırlayıcı adımı olan hidroliz aşamasını ve metan üretimini hızlandırmaktadır Bu çalışmada, anaerobik çürütücü sıvısından elde edilen serbest amonyak ile ön işlemin anaerobik çürütücü üzerine etkilerini araştırmaya yönelik yapılan çalışmalar irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Serbest amonyak, anaerobik çürütme, ön arıtım

Abstract

The increase in the number of wastewater treatment plants brings about an increase in the amount of sludge produced in the plants. The cost of treatment and disposal of the produced sludge corresponds to 60% of the operating cost of the wastewater treatment plants. Restrictions on the use of existing technologies, cost reduction efforts and legal obligations make it mandatory to focus on sludge reduction strategies. Nowadays, many mechanical, chemical and biological methods are widely used both in the wastewater treatment stage and in the form of a pretreatment prior to the anaerobic digester after the sludge has been produced. The ability of free ammonia to spread through the cell membrane and to act as protons between the two sides without energy consumption causes cell inactivation by breaking the proton and potassium balance in the cell. However, recent studies have introduced an innovative waste-activated sludge pretreatment technology with the use of free ammonia. Application of free ammonia as a pretreatment prior to anaerobic digestion accelerates the hydrolysis step and methane production, which is the rate limiting step of anaerobic digestion.

Keywords:

Free ammonia, anaerobic digestion, pre-treatment

Serbest Amonyak ile Ön Arıtımın Anaerobik Çürütme Performansına Etkileri

Effects of Pre-Treatment with Free Ammonia on Anaerobic Digestion Performance

Özlem DEMİR[1]
Deniz UÇAR[1]
Nurcan ATEŞ[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

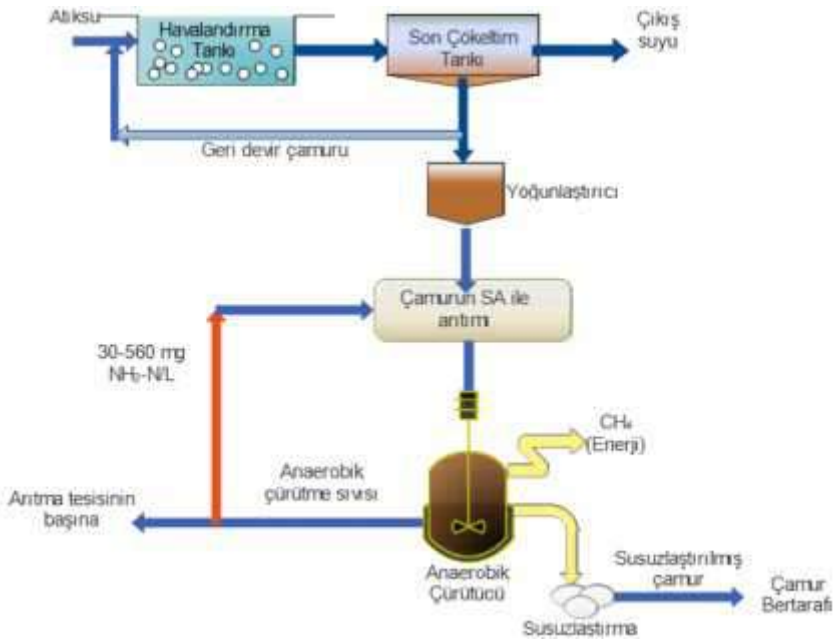
Günümüzde atıksu arıtma tesislerinin karşılaştığı en büyük zorluklardan biri atık aktif çamurun çok fazla üretilmesidir [1–10]. Genel olarak, 104 m^3 belediye kanalizasyonunun arıtılması ile günlük olarak ~ 5 ton atık aktif çamur (% 80'lik bir su içeriğinde) üretilmektedir. Atık aktif çamurun arıtılması ve bertarafı çok pahalı olup bir atıksu artıma tesisinin toplam işletme maliyetinin % 60'ına karşılık gelmektedir [5,11–13] ve bu da atıksu arıtma tesisleri (AAT)'nin karşılaştığı en büyük zorluklardan biridir [11,13,14]. Atık aktif çamurun uygun olmayan bir şekilde arıtılması ve bertaraf edilmesi, ikincil kirliliğe neden olmakta ve çevreye önemli riskler taşımaktadır [3,6]. Bu nedenle, çamur miktarını azaltabilen ve aynı zamanda enerji geri kazanımı sağlayabilen atık aktif çamur arıtım stratejileri son zamanlarda ilgi çeken bir konu haline gelmiştir [5,15]. Bununla birlikte, atık aktif çamur protein ve karbonhidrat gibi yüksek konsantrasyonlarda organik madde içerir ve bu da çamuru enerji ve besin geri kazanımı için kaynak haline getirir [3,6,14,16–18]. Çamurun indirgenmesi, stabilizasyonu, zararsız hale getirilmesi ve tekrar kullanımının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir teknoloji olarak anaerobik arıtım, atık aktif çamurdan enerji ve besin geri kazanımı için en ümit verici yöntem olarak kabul edilmekte ve yaygın olarak uygulanmaktadır [6,13,15].

Anaerobik çürütme süreci genellikle parçalanma, hidroliz, asidogenez, asetojenez ve metanojenezden oluşur [5,19]. Bunlar arasında, hücre dışı polimerik maddelerin, hücre duvarının ve hücre zarının korunmasına bağlı olarak çamurun parçalanması, ana hız sınırlayıcı evre olarak kabul edilmektedir [5,6,20,21]. Bu nedenle, parçalanmayı hızlandırmak ve metan üretimini geliştirmek için mekanik, kimyasal ve biyolojik işlemler de dahil olmak üzere birçok atık aktif çamur ön arıtım yaklaşımı uygulanmıştır [5,6,19]. Mekanik, kimyasal, termal ve biyolojik süreçler gibi çeşitli ön arıtma yöntemleri geçmiş yıllarda denemiştir ([5,22–24]. Bu ön işlemler, hücre dışı polimerik maddeleri ve çamur hücrelerini yok etmekte, hücre dışı veya hücre içi bileşenlerin salınmasını kolaylaştırmakta ve daha kolay biyolojik olarak parçalanabilir hale getirmektedir [6]. Örneğin, Li ve Noike (1992) termal ön işlemin (170 ° C'de 30-60 dakika), atık aktif çamurun biyolojik olarak parçalanabilirliğini ve kontrol ile karşılaştırıldığında 2 kat daha fazla metan verimini arttırdığını bildirmişlerdir [6]. Bu teknolojiler, çamur hücrelerini yok etmekte etkili olmakla birlikte, enerji veya kimyasalların ekstra girdilerine ihtiyaç duyarlar[5,6].

Bununla birlikte son zamanlarda, hiçbir enerji ve kimyasal girdisine ihtiyaç duymayan bir ön arıtım yöntemi gündeme gelmiştir. Yapılan çalışmalar, serbest amonyağın (SA) doğrudan anaerobik çürütme sıvısından elde edilip ön arıtmada kullanılabildiğini ve anaerobik çürütücüde üretilen metan miktarını arttırabildiğini göstermiştir. Bu çalışma, SA ile ön arıtım mekanizmasını ve anaerobik çürütücü üzerine etkisini araştırmak amacıyla konuyla ilgili yapılan çalışmaların derlemesini sunmaktadır.

2. SA Kullanılarak Ön Arıtım

SA ile ön arıtımın şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. SA, doğrudan atıksudan (örn. Anaerobik çürütücü sıvısı) elde edilebilen geri kazanılabilir bir kimyasaldır. Anaerobik çürütücü sıvısı, 1.0-2.0 g N / L'lik bir amonyum konsantrasyonuna, 7.5-8.6'lık bir pH'a ve 33 ° C'lik bir sıcaklığa sahip olabilir (Cervantes, 2009; Fux ve diğ., 2006); ki buda 30-560 mg NH_3-N / L konsantrasyonuna tekabül eder. Bununla birlikte, çürütücü sıvısındaki SA konsantrasyonunun çoğu durumda 150 mg NH_3-N/L'nin (yani pH 8.2 ve 33 C C'de 1.1 g NH_4-N L) altında olduğuna dikkat edilmelidir ve bu nedenle uygulamada arzu edilen SA konsantrasyonunu elde etmek için SA ön işlemine orta derecede bir alkali (çürütücü sıvısındaki SA konsantrasyonuna bağlı olarak) ilave edilecektir [25].



Şekil 1. SA ile ön arıtımın şematik görüntüsü [25]

2.1. SA ile Ön Arıtımın Etkisinin Deneysel Olarak Belirlenmesi için Örnek Bir Çalışma

Şekil 1'e göre, deneyler yürütmek için ikincil çamuru ve aşı kullanılmıştır. İkincil çamuru, biyolojik azot ve fosfor giderimi gerçekleştiren bir atıksu artıma tesisinin yoğun çamurudur. Substrat olarak bu çamur kullanılmıştır. Aşı, ikincil çamurun alındığı tesiste karışık birincil ve ikincil çamur alan bir anaerobik çürütücüden elde edilmiştir. Söz konusu mezofilik anaerobik çürütücü, 15-18 günlük bir alıkonma süresine sahiptir. İkincil çamurun biyolojik olarak bozunması için aşı kullanılmıştır [25]. Serbest amonyağın çamurun çözünebilirliği üzerine etkisi belirlemek kesikli deneyler yapılmıştır. Her biri 0.5 L olan 7 adet reaktöre 3.5 L ikincil çamur eklenmiştir. SA ön arıtımı için amonyum stok çözeltisinden farklı hacimlerde 100, 300, 500 ve 800 mg NH_4^+/L amonyum konsantrasyonlarını elde etmek üzere 4 reaktöre ilave edilmiştir. Bu amonyum konsantrasyonları, gerçek uygulamada atıksu arıtma tesislerinin anaerobik çürütücü sıvısından yerinde elde edilebilir. NaOH çözeltisi kullanılarak pH 10.0 ± 0.1'de tutulmuştur.

SA konsantrasyonu, $S^{+}_{(NH4\text{-}N+NH3\text{-}N)}X10^{pH}/(Kb/Kw+10^{pH})$ formülünden hesaplanabilir. Burada, $S^{+}_{(NH4\text{-}N+NH3\text{-}N)}$= NH_4^+-N ve NH_3-N'in toplam konsantrasyonu, Kb= Amonyak denge denkleminin iyonlaşma katsayısı Kw=suyun iyonlaşma sabitidir [25,26]. Tüm reaktörler yaklaşık 25 °C'de tutulmuştur. Alkalin ön işlemi, dış amonyum ilavesinin yokluğunda pH 10.0'da gerçekleştirilmiştir. Amonyum ön işlemi, SA ön işleminde kullanılan en yüksek amonyum konsantrasyonu olan 800 mg NH_4-N/L'de gerçekleştirilmiştir. pH kontrolü gerçekleştirilmemiş ve yaklaşık 6.9 pH kaydedilmiştir, bu da 4 mg NH_3-N/L'nin oldukça düşük bir SA konsantrasyonuna yol açmıştır. Alkali ve amonyum ön arıtma testleri, geliştirilmiş metan üretiminin alkali veya amonyum ön işlem bağlı olup olmadığını değerlendirmek için yapılmıştır. Başka bir reaktör (yani kontrol) pH kontrolü veya amonyum ilavesi olmadan da hazırlanmıştır Manyetik karıştırıcılar, tüm reaktörleri 500 rpm'lik bir karıştırma hızı ile karıştırmak için kullanılmıştır. Her sette, katı madde (KM), uçucu katı madde (UKM) ve çözünmüş KOI konsantrasyonları, ön işlemden önce ve sonra üç kez belirlenmiş ve ikincil çamurun çözündürülmesi, ikincil çamurun UKM'si tarafından bölünmüş çözünmüş KOI salınımı olarak ifade edilmiştir. Üretilen metan ise biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) testi ile ölçülmüştür [25].

3. SA ile Ön Arıtımın Anaerobik Çürütme Performansı Üzerine Etkisi

SA'nın hücre zarından yayılabilmesi ve enerji gerektirmeden hücre içi ve dışındaki protonları hareket ettirerek hücre içindeki proton ve potasyum dengesini kırmak suretiyle hücreyi inaktif hale getirmesi özelliği ile atıksu ve çamur arıtımında bulunan birçok mikropu engellediği rapor edilmiştir. Örneğin, 10-150mg NH_3-N/L'nin, nitrosomonas sp.'yi baskı altına alırken, 0.1-1.0mg NH_3-N/ L, nitrobacter sp'nin aktivitesinde ciddi inhibisyona neden olabilir[26] SA seviyesi 150 mg/L'yi aştığında anaerobik çürütme tamamen inhibe olur [27], 1.45 g NH_3-N / L'de Metanol gazı veriminde % 50 azalma [28] görülürken, 0.69 g NH_3-N/L, mezofilik koşullar altında % 50 metanojenez inhibisyonuna neden olabilir [29]. Önceki araştırmalar, SA'nın metan üretiminde olumsuz bir rol oynadığını ve metan oluşumunu sağlamak için serbest amonyağın anaerobik çürütme işleminde düşük bir seviyede kontrol edilmesi gerektiğini göstermiştir. Bununla birlikte, son zamanlarda, Wei ve arkadaşları, metan üretimini arttırmak için SA kullanarak yenilikçi bir atık aktif çamur ön arıtma teknolojisini rapor etmişlerdir [25]. Atık aktif çamur 420-680mg NH_3-N/L SA ile ön işleme tabi tutulduğunda, metan veriminin % 22 oranında arttığını göstermişlerdir. Bulgu, atık aktif çamur ön işlem birimine sadece anaerobik çürütme sıvısının bir kısmını geri döndürerek metan üretimini geliştirmek için umut verici ve ekonomik yönden ilgi çekici bir teknoloji sunmaktadır. Dünya çapında arıtılan atık aktif çamurun çok büyük miktar olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu SA tabanlı stratejinin önemli ekonomik ve ekolojik faydaları olacaktır. Wei ve ark. [25] orijinal olarak, atıksu arıtma tesisinin faydasız ürününü kullanarak metan üretimini iyileştirmek için etkili bir yöntem önermiştir. Bir alkali (pH 10) çürütme testinden elde edilen veriler üzerinde modelleme yaparak, SA ön işleminin biyokimyasal metan potansiyeli ve hidroliz hızındaki gelişmelere neden olduğunu öne sürmüşlerdir. Önemli bilgilere rağmen, SA bazlı çamur ön arıtımının metan üretimini, özellikle de deneysel kanıtlar açısından nasıl geliştirdiğine dair ayrıntılar büyük ölçüde bilinmemektedir. Örneğin, daha önce sadece bir pH değeri (yani, pH 10) test edilmiş, benzer gözlemlerin başka pH değerlerinde de yapılıp yapılamayacağı bilinmemektedir. Çamur ayrışması genellikle çamur anaerobik çürütücüsünün ana hız sınırlayıcı aşaması olarak kabul edilir, bu nedenle SA ön işleminin çamur dağılmasını iyileştirip iyileştirmediğini bilmek gerekir. Çamur ayrışmasının dışında, anaerobik çürütme ayrıca başka birçok biyolojik işlemi de içerir (örn., Asidogenez, asetojenez ve asetoklastik ve hidrojenotrofik methanogenez süreçleri), ancak, çürütücülerdeki kalıntı SA'nın bu işlemleri nasıl etkilediği bilinmemektedir.

Wang ve ark [5], SA bazlı çamur ön arıtımın, yukarıdaki sorulara dayanarak, atık aktif çamurun anaerobik çürütücüde nasıl metan üretimini geliştirdiğinin altta yatan mekanizmalarını tam olarak anlamak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. SA ön işleminin farklı pH değerlerinde metan üretimi üzerindeki etkisi ilk olarak değerlendirmiş, ardından, ön arıtma öncesi ve sonrasındaki çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı ($KOİ_ç$), çözünmüş protein, çözünmüş karbonhidrat ve UAKM indirgenmesi ile SA ile ön arıtmanın metan üretimi mekanizmaları araştırmıştır. Ek olarak, çürütücüde hidroliz, asidogenez, asetojenez ve asetoklastik ve hidrojenotrofik methanogenesis işlemleri üzerindeki etkisi de değerlendirmiştir. Sonuç olarak, atık aktif çamurdan metan üretiminin, farklı pH değerlerinde SA ön işlemi ile önemli ölçüde arttığı bulunmuştur. (8.5, 9.5, 10). pH 8.5 seviyesinde, 18.5'ten 92.5 mg/L'ye (yani $NH^{+}4$: N: 100-500 mg L; pH 8.5) SA seviyesinde bir artış ile maksimum metan verimi 194.0 ± 3.9 ve 196.9 ± 7.7 mL/g UAKM arasında değişmiştir. Bununla birlikte, pH 9.5 veya 10 seviyesinde, başlangıç SA seviyesinin 103.2'den 516.2 mg/L'ye yükselmesiyle, maksimum metan verimi doğrusal olarak artmıştır. SA ön işlemi, atık aktif çamurun parçalanmasını hızlandırmış ve daha çözülebilir organik maddelerin açığa çıkmasına neden olmuştur. Yüksek SA seviyeleri (örn.,> 100 mg / L) ön işlem atık aktif çamurun biyo-bozunabilirliğini geliştirmiştir. Çürütücülerdeki kalıntı SA, homoasetojenez ve metanojenez sürecini önemli ölçüde inhibe etmiş ancak hidroliz, asidogenez ve asetojenez süreçleri büyük ölçüde SA aralığı tarafından etkilenmemiştir[5].

Örneğin Vadivelu ve ark. [30], SA'nın 6 mg/L'yi aşması durumunda Nitrobacter, üremesinin tamamen baskılanmış olduğunu bulmuştur. Wang ve ark. [12] serbest amonyağın atık aktif çamurun parçalanmasının önemli ölçüde hızlandırdığını doğrulamıştır. Wei ve diğ. [25] 24 saat boyunca 100-680 mg SA/L ön işlemden sonra, hidroliz hızında % 140'lık ve metan üretiminde % 12-22'lik bir artışın elde edildiğini kanıtlamıştır. Serbest amonyağın genellikle 7.5-8.6 pH'ta ve 33 °C'de, 1000-2000 mg NH_4-N/L içeren anaerobik çürütücü sıvısından 500 mg NH_3-N/L'ye kadar alınabileceği düşünüldüğünde, SA ile ön işlem, ekonomik olarak uygulanabilir bir yöntemdir. Yüksek bir sıcaklık, SA konsantrasyonunda keskin bir artışa neden olabilir [26]. Termodinamik ve Arrhenius denklemi kanunlarına göre, atık aktif çamur arasındaki SA difüzyonu ve kimyasal reaksiyon, daha yüksek sıcaklık koşulları altında arttırılabilir[31]. Bu nedenle, SA'nın ön ısıl işlemle birleştirilmesinin, hücre dışı polimerik madde matrisinin ve hücre çeperinin daha fazla tahribatını kolaylaştırabileceğini ve böylece yalnız SA ön işleminden daha hızlı hidroliz oranının ve daha yüksek BMP elde edilebileceğini varsayımıyla, Liu ve ark., [6] atık aktif çamurdan gelen metan randımanını arttırmak için, ısı ön işlemiyle serbest amonyağın birleştirilmesinin uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Birincisi, anaerobik çürütme üzerinde ısı ön işlemiyle serbest amonyağın birleştirilmesinin performansının, tek başına SA ön işlemi ve tek başına ısıl işlem ile karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Daha sonra, çamurdan metan üretimi üzerine birleştirilmiş ön arıtmanın geliştirilmesinden sorumlu olan temel mekanizma, bunların atık aktif parçalanması ve çözünmüş organik maddenin karakterleri üzerindeki etkilerini analiz ederek araştırmışlardır. Ön işlem görmüş ve ön işleme tabi tutulmamış atık aktif çamurun hidroliz hızı ve BMP'si kinetik bir model ile belirlenmiştir. Son olarak, SA'nın ön arıtma ile birleştirilmesinin ekonomik ve çevresel değerlendirmeleri yapılmıştır. Sonuçlar, kontrol ile karşılaştırıldığında, birleşik ön işlemin (70 ° C ile 135.4 mg SA/L), hidroliz hızında % 52.2 ve biyokimyasal metan potansiyelinde % 25.2 daha hızlı olduğunu göstermiştir. Mekanizma incelemeleri, kombine ön işlemin sadece atık aktif çamurun parçalanmasını kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelerin oranını arttırdığını, böylece metan üretimi için daha fazla madde sağladığını göstermiştir. Etkinliğini ve yenilenebilirliğini göz önünde bulundurarak, birleşik ön işlem gerçek dünyadaki uygulamalarda cazip bir teknolojidir [6].

4. Sonuç

Atık aktif çamur ön işlem birimine sadece anaerobik çürütme sıvısının bir kısmını geri döndürerek hidroliz basamağını hızlandırmak ve metan üretimini geliştirmek için umut verici ve ilgi çekici bir teknoloji olan SA ile ön arıtmanın, yapılan çalışmalar ışığında anaerobik çürütücüdeki metan miktarını arttırdığı ve böylelikle de maliyeti düşürdüğü söylenebilir. Bu ön arıtma teknolojisi, anaerobik çürütücü sıvısını metan üretimini arttırmak için kullanmayı amaçladığı için herhangi bir enerji ve kimyasal girdisine ihtiyaç duyulmaması atıksu arıtma tesislerinin ekonomisine ayrıca katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, SA'nın anaerobik çürütme aşamalarına ve metan üretimine etkilerinin tam olarak anlaşılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

5. Referanslar

[1] Wang, D., Liu, Y., Ngo, H.H., Zhang, C., Yang, Q., Peng, L., He, D., Zeng, G., Xiaoming, L. and Bingjie, L. 2017. Approach of describing dynamic production of volatile fatty acids from sludge alkaline fermentation. Bioresour Technol. 238:343–51.

[2] Wang, D., Wang., Y., Liu, Y., Ngo, H.H., Lian, Y., Zhao, J., Chen, F. Yang, Q. Zeng, G. and Li, X. 2017. Is denitrifying anaerobic methane oxidation-centered technologies a solution for the sustainable operation of wastewater treatment Plants? Bioresour Technol. 234:456–65.

[3] Yang, G., Wang, D., Yang, Q., Zhao, J., Liu, Y., Wang, Q., Zeng, G., Li, X. and Li, H. 2018. Effect of acetate to glycerol ratio on enhanced biological phosphorus removal. Chemosphere.196:78–86.

[4] Li, L., He, J., Xin, X., Wang, M., Xu, J. and Zhang, J. 2018. Enhanced bioproduction of short-chain fatty acids from waste activated sludge by potassium ferrate pretreatment. Chem Eng J. 332:456–63.

[5] Wang, D., Liu, B., Liu, X., Xu, Q., Yang, Q., Liu, Y., Zeng, G., Li, X. and Ni, B-J. 2018. How does free ammonia-based sludge pretreatment improve methane production from anaerobic digestion of waste activated sludge. Chemosphere, 206:491–501.

[6] Liu, X., Xu, Q., Wang, D., Zhao, J., Wu, Y., Liu, Y., Ni, B-J. Wang, Q., Zeng, G., Li, X. and Yang, Q. 2018. Improved methane production from waste activated sludge by combining free ammonia with heat pretreatment: Performance, mechanisms and applications. Bioresour Technol. 268:230–6.

[7] Leng, L., Li, J., Yuan, X., Li, J., Han, P., Hong, Y., Wei, F. and Zhou, W. 2018. Beneficial synergistic effect on bio-oil production from co-liquefaction of sewage sludge and lignocellulosic biomass. Bioresour Technol. 251:49–56.

[8] Sun, T., Zhao, Z., Liang, Z., Liu, J., Shi, W. and Cui, F. 2017. Efficient As(III) removal by magnetic CuO-Fe3O4 nanoparticles through photo-oxidation and adsorption under light irradiation. J Colloid Interface Sci. 495:168–77.

[9] Zhao, J., Wang, D., Li, X., Yang, Q., Chen, H., Zhong, Y., and Zeng, G. 2015. Free nitrous acid serving as a pretreatment method for alkaline fermentation to enhance short-chain fatty acid production from waste activated sludge. Water Res. 78:111–20.

[10] Shao, L., Wang, X., Xu, H. and He, P. 2012. Enhanced anaerobic digestion and sludge dewaterability by alkaline pretreatment and its mechanism. J Environ Sci (China). 24:1731–8.

[11] Xu, Q., Li, X., Ding, R., Wang, D., Liu, Y., Wang Q, Zhao, J., Chen, F., Zeng, G., Yang, Q. and Li, H. 2017.Understanding and mitigating the toxicity of cadmium to the anaerobic fermentation of waste activated sludge. Water Res. 124:269–79.

[12] Wang, D., Duan, Y.Y., Yang, Q., Liu, Y., Ni, B.J., Wang, Q., Liu, Y., Li, X., An, H., Zhao, J., Chen, F, Zhong, Y., Yang, Q. and Zeng, G. 2018. Free ammonia enhances dark fermentative hydrogen production from waste activated sludge. Water Res. 133:272–81.

[13] Wang, D., Liu, X., Zeng, G., Zhao, J., Liu, Y., Wang, Q., Chen, F.,Li, X. and Yang, Q. 2018. Understanding the impact of cationic polyacrylamide on anaerobic digestion of waste activated sludge. Water Res. 130:281–90.

[14] Wang, D., Shuai, K., Xu, Q., Liu, X., Li, Y., Liu, Y., Wang, Q., Li, X., Zeng G. and Yang, Q. 2018. Enhanced short-chain fatty acids production from waste activated sludge by combining calcium peroxide with free ammonia pretreatment. Bioresour Technol. 262:114–23.

[15] Xu, Q., Liu, X., Fu, Y., Li, Y., Wang, D., Wang, Q., Liu, Y., An, H., Zhao, J., Wu, Y., Li, X. Yang, Q. and Zeng, G. 2018. Feasibility of enhancing short-chain fatty acids production from waste activated sludge after free ammonia pretreatment: Role and significance of rhamnolipid. Bioresour Technol. 267:141–8.

[16] Dai, X., Hu, C., Zhang, D., Dai, L., Duan, N. 2017. Impact of a high ammonia-ammonium-pH system on methane-producing archaea and sulfate-reducing bacteria in mesophilic anaerobic digestion. Bioresour Technol. 245:598–605.

[17] Hu, J., Zhao, J., Wang, D., Li, X., Zhang, D., Xu, Q., Peng, L., Yang, Q. and Zeng, G. 2018. Effect of diclofenac on the production of volatile fatty acids from anaerobic fermentation of waste activated sludge. Bioresour Technol. 254:7–15.

[18] Zhao, J., Liu, Y., Wang, D., Chen, F., Li, X., Zeng, G. and Yang, Q. 2017. Potential impact of salinity on methane production from food waste anaerobic digestion. Waste Manag. 67:308–14.

[19] Appels, L., Baeyens, J., Degrève, J. and Dewil, R. 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. Prog Energy Combust Sci. 34:755–81.

[20] Dai, X., Li, X., Zhang, D., Chen, Y. and Dai, L. 2016. Simultaneous enhancement of methane production and methane content in biogas from waste activated sludge and perennial ryegrass anaerobic co-digestion: The effects of pH and C/N ratio. Bioresour Technol.

[21] Zhen, G., Lu, X., Kato, H., Zhao, Y. and Li, Y.Y. 2017. Overview of pretreatment strategies for enhancing sewage sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: Current advances, full-scale application and future perspectives. Renew Sustain Energy Rev. 69:559–77.

[22] Carrère, H., Dumas, C., Battimelli, A., Batstone, D.J., Delgenès, J.P., Steyer, J.P. and Ferrer, I. 2010. Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review. J Hazard Mater. 183:1–15.

[23] Kim, J., Yu, Y. and Lee, C. 2013. Thermo-alkaline pretreatment of waste activated sludge at low-temperatures: Effects on sludge disintegration, methane production, and methanogen community structure. Bioresour Technol. 144:194–201.

[24] Abelleira-Pereira, J.M., Pérez-Elvira, S.I., Sánchez-Oneto, J., de la Cruz, R., Portela, J.R., Nebot, E. 2015. Enhancement of methane production in mesophilic anaerobic digestion of secondary sewage sludge by advanced thermal hydrolysis pretreatment. Water Res. 71:330–40.

[25] Wei, W., Zhou, X., Wang, D., Sun, J. and Wang, Q. 2017. Free ammonia pre-treatment of secondary sludge significantly increases anaerobic methane production. Water Res. 118:12–9.

[26] Anthonisen, A., Loehr, R., Prakasam, T. and Srinath, E. 1976. Inhibition of Nitrification by Ammonia and Nitrous Acid. J Water Pollut Control Fed 1976;48:835–52.

[27] Mccarty, P.L., Mckinney, R.E. 1961. Salt Toxicity in Anaerobic Digestion. Source J (Water Pollut Control Fed. 33:399–415.

[28] Nakakubo, R., Møller, H.B., Nielsen, A.M. and Matsuda, J. 2008. Ammonia Inhibition of Methanogenesis and Identification of Process Indicators during Anaerobic Digestion. Environ Eng Sci. 25:1487–96.

[29] Gallert, C. and Winter, J. 1997. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic wastes: Effect of ammonia on glucose degradation and methane production. Appl Microbiol Biotechnol. 48:405–10.

[30] Vadivelu, V.M., Keller, J. and Yuan, Z. 2007. Effect of free ammonia on the respiration and growth processes of an enriched Nitrobacter culture. Water Res. 41:826–34.

[31] Tchobanoglous, G., Burton, F.L. and Stensel, H.D.2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy, Inc. vol. 4.

Dokunmuş Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Sönümleme Davranışının Çevresel Koşullar Altında Değişimi

The Change of Damping Behavior of Woven Carbon Fiber-Reinforced Composites under Environmental Conditions

Ali İhsan KAYA[a],
Murat KISA[b],
Mustafa ÖZEN[b]

[a] Adıyaman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Adıyaman
[b] Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Şanlıurfa

Özet

Bu çalışmada farklı çevresel yaşlandırma koşullarının dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönüm karakteristiğindeki değişimlere olan etkisi araştırılmıştır. Dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozitler, Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Tekniği (VDRİT) ile üretilmiştir. Söz konusu kompozit kirişlerin Elastisite Modülü ASTM D3039 standardı ile bulunmuştur. Çevresel koşullar altında bir yıl boyunca yaşlandırılan kompozit kirişler, üçer aylık periyotlartla dinamik teste tabi tutulmuştur. Bu testlerin ham verileri Matlab'te hazırlanan bir programda yöntemin doğrulanması yapıldıktan sonra işlenmiştir Yöntemin doğrulanması ANSYS programında yaşlandırılmamış referans numuneler için gerçekleştirilmiştir. Farklı çevresel koşullarda bir yıl süre ile şartlandırmanın dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönümleme davranışına üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Dokunmuş Karbon Elyaf; Çevresel Şartlandırma, Sönüm Oranı Değişimi.

Abstract

In this study, the effect of different environmental aging conditions on the changes of damping characteristics of woven carbon fiber reinforced composite beams were investigated. Woven carbon fiber reinforced composites were produced by Vacuum Assisted Resin Infusion Technique (VARIM). The elasticity modulus of the mentioned composite beams was found with ASTM D3039 standard. The composite beams, which were aged for one year under natural environmental conditions, were subjected to dynamic testing with three months intervals. The raw data of these tests were validated in a program prepared in Matlab and the data were then processed. Verification of the method was carried out numerically for non-aged reference samples in the ANSYS program. The effect of conditioning on the damping behavior of woven carbon fiber reinforced composite beams for a period of one year was determined for different natural environmental conditions.

Keywords:

Woven Carbon Fiber; Environmental Conditioning; Damping Rate Change.

1. Giriş

Son yıllarda, fiber takviyeli plastik (FTP) malzemeler, avantajları nedeniyle otomotiv, havacılık, deniz ve inşaat mühendisliği gibi birçok uygulama alanında; geleneksel yapı malzemelerine göre yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu FTP yapıları ve bileşenleri çalışma süresi boyunca yüksek ve düşük sıcaklık, nem, UV ışıkları ve alkali atmosfer gibi farklı şartlandırmalara ayrı ayrı veya bu şartların kombinasyonuna maruz kalmaktadır [1,2]. Bu çevresel koşullar arasında sıcaklık ve nem, kullanım ömrü boyunca materyallerin en çok maruz kaldığı çevresel değişkenlerdir [3, 4].

Sönümleme, yapısal davranışın karakteristiğidir ve hareketli ortamlardaki enerji dağılımının bir ölçümüdür [5]. Sönümleme özellikleri literatürde hasar tespiti için yaygın olarak kullanılmaktadır [6, 7]. Belirtmek gerekir ki; hasarlı bir yapı, hasarsız yapıya göre aynı uyarılma koşullarında artan oranda bir sönümleme gösterir. Bu durum yapının enerji yayılım mekanizması ile ilgilidir [5, 8].

Bu çalışmada, doğal yaşlandırma koşullarına oldukça dayanaklı olan dokunmuş elyaf takviyeli karbon kompozitlerin çevresel şartlandırma altındaki sönümleme davranışının değişimi incelenmiştir. Çevresel faktörlerin, sönüm oranı üzerine olan etkisi titreşim testleri yardımıyla belirlenmiştir. Söz konusu kompozit kirişler üç farklı çevresel koşulda bir yıl boyunca yaşlandırılmış ve sönüm oranlarındaki değişim analiz edilmiştir. Ayrıca, bu çalışma daha önce sonuçlarını yayınladığımız diğer yaşlandırma çalışmalarının devamı niteliğindedir [9, 10,11].

2. Yöntem

Kompozitler kirişler, beş katlı dokunmuş karbon kumaş (420 gr m-2) ile epoksi matris (Araldite LY 1564 by Huntsman), VARIM kullanılarak üretilmiştir [12]. Yaklaşık olarak 2-2.2 mm kompozit kalınlık elde etmek için beş adet kumaş tabakası seçilmiştir. Titreşim ve çekme testleri için kompozit plakalar, ASTM D3039 ile uyumlu olarak yaklaşık 20x250 mm boyutlarında olacak şekilde kirişlere ayrılmış.

Dinamik test ekipmanı olarak (Şekil 1), uygun bir yazılım ile birlikte sinyal uyarıcı için bir darbe çekici (PCB 086C01), impuls verileri ölçmek için hafif ivmeölçerler (PCB 352A24) ve bu datayı işleyecek

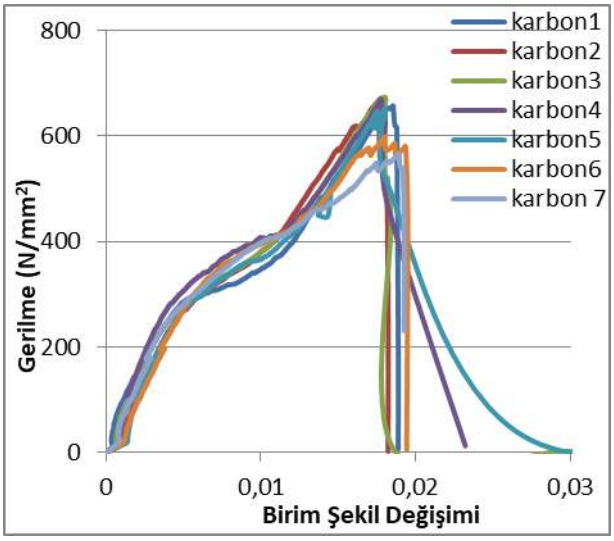
uygun bir dinamik sinyal analizörü (National Instruments NI PXI-1031) seçilmiştir. Kirişlerin titreşim testleri 4 ivmeölçer ile gerçekleştirilmiştir. Tahrik işlemi serbest uçtan el ile uyarılarak gerçekleştirilmiştir. ivmeölçerlerin konumu ankastre taraftan 20, 50, 100, 150, 195 mm uzaklıkta olacak şekilde konumlandırılmıştır [13]. Titreşim testleri geçekleştirilirken 4 kHz örnekleme frekansı kullanılmıştır.

Çekme deneyi için 100 kN yük hücresine sahip Shimadzu Autograph AG-X Universal çekme cihazı kullanılmıştır. Numunelere ait gerilme-birim şekil değiştirme değişimleri Şekil 2 de verilmiştir. Çekme testi için 7 adet kompozit kiriş teste tabi tutulmuş ve bu kompozit plaka için ortalama Elastisite Modülü 34,88171 Gpa olarak hesaplanmıştır.

Kompozit kirişlerin yoğunluğu, karışım kuralından ρ=1458.278 kg.m-3 olarak hesaplanmıştır. Validasyon için titreşim testine tabi tutulan kirişlerin ortalama boyutları 2.2 x 20.38 x 200 mm olarak ölçülmüştür. Validasyon işlemini için kompozit kiriş, ANSYS te modellenmiş ve mesh işlemi için Shell 181 uygun görülmüştür. Kompozit kirişin nümerik modeli 2280 elementten ve 3025 düğümden oluşturulmuştur. Dokunmuş kompozit kirişlerin titreşim analizi bu koşullar altında analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Dinamik analiz ekipmanı kullanılarak rastgele seçilen 3 adet dokunmuş karbon kompozitin titreşim gerçekleştirilmiştir (Tablo 2). Tablo 1 ve 2 deki veriler incelendiğinde deneysel ve nümerik sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülebilir. Bu nedenle, bu yöntemin dokunmuş karbon kompozit kirişlerin sönümleme davranışını belirlemede uygun olduğu vurgulanabilir.

Şekil. 1. Dinamik analiz ekipmanları ve deney düzeneği.



Şekil 2. Kompozit kirişlerin çekme testi sonuçları.

Doğrulama işleminden sonra, kompozit kirişler aynı ekipmanla kesilmiş ve farklı çevresel koşullarına yaşlandırma işlemi için bırakılmıştır. Yaşlandırma koşulları olarak sırasıyla güneş altında kuru, toprak altında 50 cm derinlik ve güneş altında suda olarak seçilmiştir. Kompozit kirişler 12 ay süreyle yaşlandırılmış ve 3 ay arayla 5 numune titreşim testine tabi tutulmuştur.

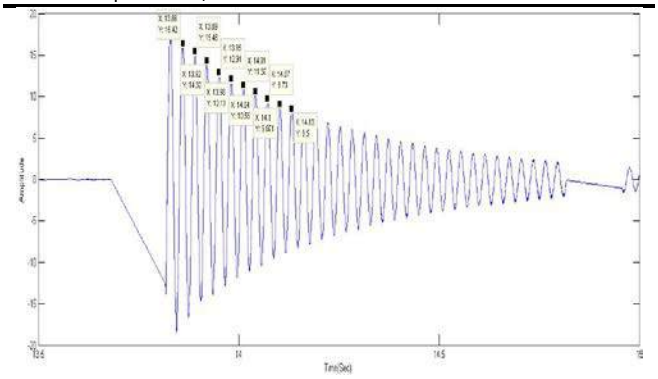
Bu çalışmada sönümleme oranı belirleme yöntemlerinden logaritmik azalış yöntem kullanılmıştır. Kompozit kirişlerin sönüm oranı, kirişlerin 1 cm mesafeye el ile çekilip bırakılması sonucu oluşan zaman alandaki serbest titreşim zarf eğrilerinin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Örnek bir kompozit kirişe ait 10 adet ardışık pik değerlerinin seçilmesi Şekil 3 ten görülebilir. Daha sonra sönüm oranının belirlenmesi referans [6, 9] çalışmalarındaki gibi gerçekleştirilmiştir.

TABLO I. KOMPOZİT KİRİŞLERİN ANSYS TİTREŞİM ANALİZİ SONUÇLARI

Doğal Frekanslar	Değer	Birim
1.nci	43.001	Hz
2.nci	269.14	Hz
3.ncü	752.36	Hz

TABLO II. KOMPOZİT KİRİŞLERİN DENEYSEL TİTREŞİM ANALİZ SONUÇLARI (HZ)

Numuneler	1.nci Doğal Frekanslar	2.nci Doğal Frekanslar	3.ncü Doğal Frekanslar
Numune 1	42,97	274,4	792,5
Numune 2	42,48	272	804,2
Numune 3	40,53	263,7	---
Ortalama	41,99	270,03	798,35
Standart Sapma	1,29075	5.61456	8.27315



Şekil 3. Kompozit kirişe ait zarf eğrisinde ardışık piklerin seçilimi.

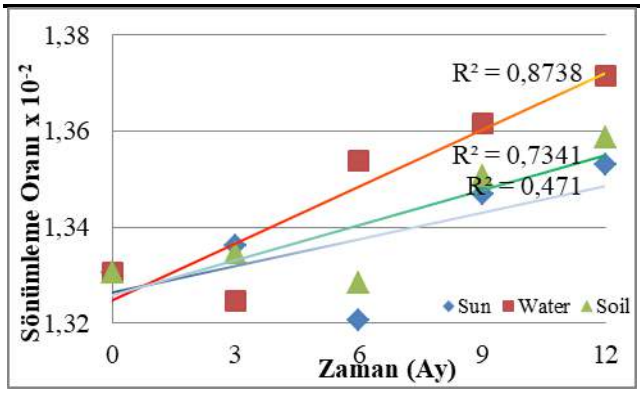
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, sönüm oranları değişimi her yaşlanma koşulları için 5 adet dokunmuş karbon elyaf takviyeli kompozit kirişlerin test edilmesiyle hesaplanmış ve Tablo 3 te toplu olarak gösterilmiştir. Yaşlandırma koşulları arasında en şiddetli çevresel faktörün temel olarak seçilen iki yaşlandırma koşulunun kombinasyonu durumunda gerçekleşmiştir. Tablo 3 ve Şekil 4 incelendiğinde suda yaşlandırmayı sırasıyla toprakta ve güneşte şartlandırmanın takip ettiği görülebilir. Ayrıca, doğal yaşlandırma koşulların sırasıyla %3, %2 ve 1.8 civarında sönüm oranı değişimine sebep olduğu gözlenmiştir. Bu çevresel şartlar arasında sulu ortamların en zararlı etkiye sahip olması, epoksi malzemelerin suya karşı olan duyarlılığından kaynaklandığı ifade edilebilir [14, 15].

Daha önceki dokunmuş aramid elyaf takviyeli kompozit kirişlerin sönümleme davranışı çalışmamızda ifade ettiğimiz gibi [9]; çevresel faktörler arasında en şiddetli şartlandırmanın suda şartlandırmada gerçekleşmesi; suyun, (nispeten Güney Doğu Anadolu sıcaklıkları ile beraber düşünüldüğünde) karbon elyafların suya karşı hassasiyetlerinin bulunmaması nedeniyle, epoksi esaslı malzemeler üzerindeki yıkıcı etkisini göstermektedir. Su ve sıcaklık altında şartlandırma, literatürdeki çalışmalara yaygın olarak konu olmuştur ve bu iki faktörün epoksi malzemeler üzerindeki yıkıcı etkisi vurgulanmıştır. [16-18].

TABLO III. ÇEVRESEL ŞARTLANDIRMA SÜRE VE KOŞULLARINA GÖRE KOMPOZİT KİRİŞLERİN ORTALAMA SÖNÜM DEĞERLERİ DEĞİŞİMİ

Yaşlanma süresi	Güneş	Su	Toprak
Referans	0,013304712	0,013304712	0,013304712
3 ay yaşlanmış	0,013361265	0,013247464	0,013344306
6 ay yaşlanmış	0,013207284	0,013537923	0,013283333
9 ay yaşlanmış	0,013467803	0,013616054	0,013507128
12 ay yaşlanmış	0,013529992	0,013714546	0,013587565



Şekil 4. Kompozit kirişe ait zarf eğrisinde ardışık piklerin seçilimi.

4. Sonuç

Karbon elyaf takviyeli kompozitlerin sönümleme davranışına etkisi bakımından en şiddetli şartlandırmanın gün sıcaklıkları ile beraber suda şartlandırmada gerçekleştiği görülmüştür. Suda şartlandırmanın epoksi malzemeler üzerine olan etkisinden kaynaklanan bir durum olabilir. Bu şartlandırmayı sırasıyla güneş altında kuru ve toprak altındaki yaşlandırma takip etmiştir. Doğal yaşlandırma koşulların sırasıyla %3, %2 ve 1.8 civarında sönüm oranı değişimine sebep olmuştur.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK) tarafından 14133 numaralı proje ile desteklenmiştir.

6. Referanslar

[1] Sethi, S., & Ray, B. C., Environmental effects on fibre reinforced polymeric composites: Evolving reasons and remarks on interfacial strength and stability. Advances in colloid and interface science, vol 217, pp. 43-67, 2015.

[2] Barkatt, A., Issues in Predicting Long-Term Environmental Degradation of Fiber-Reinforced Plastics, In Environmental Effects on Engineered Materials. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, pp. 419-458, 2001.

[3] Boualem, N., Sereir Z., Accelerated aging of unidirectional hybrid composites under the long-term elevated temperature and moisture concentration. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, vol 55(1), pp. 68-75, 2011.

[4] Friedrich, K., Selzer, R., Effect of moisture on mechanical properties and fracture behaviour of carbon fibre-reinforced polymer composites. Advanced Compisite Letters, vol 2(1), pp. 10-13, 1993.

[5] Botelho, E. C., Pardini, L. C., & Rezende, M. C., Hygrothermal effects on damping behavior of metal/glass fiber/epoxy hybrid composites. Materials Science and Engineering: A, vol 399(1), pp. 190-198, 2005.

6] Curadelli, R. O., Riera, J. D., Ambrosini, D., & Amani, M. G., Damage detection by means of structural damping identification. Engineering Structures, vol 30(12), pp. 3497-3504, 2008.

[7] Kıral, Z., İçten, B. M., & Kıral, B. G., Effect of impact failure on the damping characteristics of beam-like composite structures. Composites Part B: Engineering, vol 43(8), pp. 3053-3060, 2012.

[8] Salawu, O.S., Detection of structural damage through changes in frequency: a review, Engineering structures, vol 19(9), pp. 718-723, 1997.

[9] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Doğal Yaşlandırma Koşullarının Dokunmuş Aramid Kompozitlerin Sönümleme Davranışına Olan Etkisi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, vol 2, pp. 40-46, 2017.

[10] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Influence of Natural Weathering Conditions on the Natural Frequency Change of Woven Carbon

Fiber Reinforced Composites. Vol 27(2), pp. 49-54, 2018

[11] Kaya, A., Kısa, M., Özen, M., Effect of natural weathering conditions on the dynamic behavior of woven aramid composites. AIP Conference Proceedings, 1935, pp. 020005, 2018.

[12] Goren, A., Atas, C., Manufacturing of polymer matrix composites using vacuum assisted resin infusion molding. Archives of Materials Science and Engineering, Vol 34(2), pp. 117-120, 2008.

[13] Capozucca, R., Vibration of CFRP cantilever beam with damage. Composite Structures, vol 116, pp. 211-222, 2014.

[14] Jones, F. R., The effects of aggressive environments on long-term behaviour. Fatigue in composites. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 117-46, 2003

[15] Wang, J., GangaRao, H., Liang, R., & Liu, W., Durability and prediction models of fiber-reinforced polymer composites under various environmental conditions: A critical review. Journal of Reinforced Plastics and Composites, vol 35(3), pp. 179-211, 2016.

[16] Sethi, S., & Ray, B. C., Environmental effects on fibre reinforced polymeric composites: Evolving reasons and remarks on interfacial strength and stability. Advances in colloid and interface science, vol 217, pp. 43-67, 2015.

[17] Pegoretti, A. , Environmental Resistance: Stability of Structural Composites Under Aggressive Conditions. Wiley Encyclopedia of Composites, 2012.

[18] Ray, B. C., Temperature effect during humid ageing on interfaces of glass and carbon fibers reinforced epoxy composites. Journal of Colloid and Interface Science, vol 298(1), pp. 111-117, 2006.

Tarhananın Besinsel Önemi ve Fonksiyonel Bileşenlerce Zenginleştirilmesi

The Importance of the Tarhana and Enrichment of Functional Components

Mehmet KÖTEN[1]
Ali Mücahit KARAHAN[2]
Leyla EREN KARAHAN[3]
Mehmet Metin YAZMAN[4]

[1]Gıda Mühendisliği Bölümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye,
[2]Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,
[3]Gıda Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,
[4]Espiye Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye

Özet

Tarhana, buğday ürünlerinin yoğurt gibi süt ürünleri ve bazı sebze ve baharatlarla karıştırılıp, hem laktik asit hem de alkol fermantasyonuna tabi tutulmasıyla üretilen, fermantasyondan sonra kurutularak dayanıklılığı arttırılan, yarı hazır besleyici bir gıda maddesidir diye tanımlanabilmektedir.

Tarhana çoğunlukla ev ekonomisi çerçevesinde üretilmekte ve tüketilmektedir. Ticari tarhana üretimi az olmakla birlikte nüfus artışı ve hızlı şehirleşme gibi değişik nedenlerden dolayı pazar payı hızla artmakta ve hazır gıda maddesi olarak yerini almaktadır.

Tarhana beslenme değeri yüksek, bir gıda çeşidimizdir. Tarhanadaki buğday unu ve yoğurt, esansiyel aminoasitler yönünden birbirlerini büyük ölçüde tamamlamakta ve bu sebeple de tarhana yüksek kaliteli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir Ayrıca tarhana içerdiği lif açısından yüksek kolesterol, yüksek tansiyon, damar hastalıklarının azaltılmasında da etkilidir.

Anahtar kelimeler:

Tarhana; fonksiyonel bileşen; lif.

Abstract

Tarhana can be defined as a semi-ready nutritious food which is produced by mixed with dairy products such as yogurt, some vegetables and spices subjected to both lactic acid and alcohol fermentation and then let to dry for increase durability.

Tarhana is mostly produced and consumed within the framework of home economy. Although the production of commercial tarhana is less for various reasons such as population growth and rapid urbanization, the market share is rapidly increasing and it takes its place as a ready-to-eat food.

Tarhana is a food with high nutritional value. The wheat flour and yogurt in Tarhana are complementary to each other on a large scale in terms of essential amino acids and therefore, tarhana is commentated a high-quality protein source. It is also effective in reducing high cholesterol, high blood pressure and vascular diseases in terms of fiber content.

Keywords:

Tarhana; functional components; fiber.

1. Giriş

TSE 2282'de tarhana "Buğday unu, buğday kırması, irmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, soğan, domates ve tat-koku verici, sağlığa zararsız bitkisel maddelerin karıştırılıp yoğrulduktan ve fermente edildikten sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesi ile elde edilen bir besin maddesi" olarak tanımlanmıştır [1].

Tarhana, buğday ürünlerinin yoğurt gibi süt ürünleri ve bazı sebze ve baharatlarla karıştırılıp, hem laktik asit hem de alkol fermantasyonuna tabi tutulmasıyla üretilen, fermantasyondan sonra kurutularak dayanıklılığı arttırılan, yarı hazır besleyici bir gıda maddesidir diye de tanımlanabilmektedir [2].

Tarhana çoğunlukla ev ekonomisi çerçevesinde üretilmekte ve tüketilmektedir. Ticari tarhana üretimi az olmakla birlikte nüfus artışı ve hızlı şehirleşme gibi değişik nedenlerden dolayı pazar payı hızla artmakta ve hazır gıda maddesi olarak yerini almaktadır [3, 4].

Türkiye'nin değişik bölgelerinde bileşimleri ve üretimleri farklı olan birçok tarhana çeşidi üretilmektedir. Bileşiminde yoğurt ve un ana unsurlar olup, değişik oranlarda yer almaktadır. Bu iki ana malzemeye ek olarak tuz, biber, soğan, domates, ekmek mayası ve farklı baharatlar ve aroma maddeleri eklenmiştir [5].

Çorum, Amasya, Kahramanmaraş, Nevşehir, Gaziantep, Aydın, Afyon, Muğla gibi bazı illerimizde, tarhana üretiminde kabuğu çıkarılmamış buğday kırması kullanılırken, diğer çoğu ilimizde ise tarhana buğday unu ile hazırlanmaktadır. Bu illerimizde yapılan tarhanalar yoğurt ile hazırlanmaktadır [6]. Tokat, Sinop, Edirne ve Tekirdağ gibi bazı illerimizde ise tarhana hazırlanırken süt, un, yumurta kullanılmakta ve bu ürüne sütlü tarhana adı verilmektedir [7]. Ege Bölgesi"nin kimi illerinde, tarhana hazırlanırken tahıl-un karışımı içerisine kuru baklagiller de eklenmektedir. Bazı bölgelerimizde ise tarhana hamuruna ekşi maya da ilave edilmektedir [6]. Çeşitli kaynaklarda da kızılcıklı tarhana ve hurmalı tarhanadan bahsedilmektedir. Kızılcık tarhanası Bolu ilimizde halen ev tipi olarak üretilmektedir. Bu tip tarhana diğer tarhana çeşitlerinden farklı olarak, buğday unu veya arpa

göcesinin kızılcık ile hazırlanmasından elde edilmektedir. Kızılcık tarhanasının buğday unu ile hazırlanmış hali, mide ve bağırsak rahatsızlıklarına iyi gelirken, göce ile hazırlanan şekli süt ile pişirilip yeni doğum yapmış kadınlara yedirilmektedir. Tarhana genellikle üretildikten sonra kurutularak tüketime sunulmaktadır, ancak farklı yörelerimizde örneğin; Kastamonu, Çankırı ve Eskişehir'de ev tipi üretimlerde yaş olarak dondurulmak suretiyle de tüketildiği bildirilmektedir [7].

Tarhana beslenme değeri yüksek, bir gıda çeşidimizdir. Tarhana iyi bir protein ve vitamin kaynağıdır [8]. Tarhanada temel bileşen olarak yer alan un, düşük kaliteli bir protein kaynağı olup, bünyesindeki esansiyel aminoasitler sırasıyla lisin ve threonindir. Tarhananın bileşiminde yer alan diğer temel bileşen yoğurtta ise bu aminoasitler bol miktarda bulunmaktadır. Sonuç olarak tarhanadaki buğday unu ve yoğurt, esansiyel aminoasitler yönünden birbirlerini büyük ölçüde tamamlamakta ve bu sebeple de tarhana yüksek kaliteli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir [9].

Ayrıca tarhana içerdiği lif açısından yüksek kolesterol, yüksek tansiyon, damar hastalıklarının azaltılmasında etkilidir. İçerisinde B grubu vitaminleri, kalsiyum, demir ve çinko mineralleri bulunur. Tarhanadaki yoğurt ve laktik asit fermantasyonu kalın bağırsak sağlığı için son derece faydalıdır. Bebeklerin kemik gelişimine katkı sağlar, kemikleri güçlendirir. Bağışıklık sistemi için de önemlidir [10].

Tarhana ülkemizde genellikle çorba olarak tüketilmektedir. Fakat bazı yörelerde levha şeklinde ya da topak halinde kurutma teknikleri kullanılarak atıştırmalık şeklinde de tüketilmektedir [7]. Kuru tarhana çerez, cips ve çorbalık olarak üç farklı şekilde tüketilebilmektedir. Çerezlik tarhana ile cips tarhana arasındaki tek fark kalınlıkları olup cips tarhana çerezlik tarhanaya kıyasla daha ince formdadır. Tarhana cipsi, piyasada kolaylıkla ulaşılan, kızartılarak ya da fırınlanarak üretilen diğer cipslere alternatif olarak günün her saatinde tüketilebilen sağlıklı bir çerez çeşididir [11].

2. Tarhananın Beslenmedeki Önemi

Türkiye'de geleneksel gıdalardan biri olan ve buğday türevleri ile birlikte yoğurdun iki temel hammaddesini oluşturduğu tarhana, bitkisel ve hayvansal proteinlerin mükemmel bir kombinasyonudur. Bileşim ve besin değeri açısından zengin olan tarhananın Türk mutfağında ayrı bir yeri vardır. Yapımında bir aşama olarak başvurulan fermentasyon tekniği ve yapımında kullanılan malzemelerinin bileşim bakımından zenginliği onun önemini bir kat daha arttırmaktadır. Tarhana elde edilirken gıda muhafazasında önem arz eden laktik asit fermentasyonunun gerçekleşmesi ve fermentasyon sırasında karbonhidratların, yağların ve proteinlerin hidrolizasyona uğramaları, sindirim ve muhafazada ürünün avantajlı taraflarını ortaya koymaktadır [12].

Tarhana laktik asit fermentasyonundan yararlanılarak üretilen yüksek besleyici değere sahip fermente bir gıdadır. Laktik asit fermentasyonunun gerçekleştirilebilmesi için temel olarak yoğurt ve ekşi süt kesiği de kullanılmaktadır. Bu amaçla torba yoğurdu veya yağı alınmış süt kesiği de kullanılmaktadır. Laktik asit fermentasyonu, yoğurtla bileşimine giren *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* bakterileri tarafından gerçekleştirilmekte ve üründe laktik asit oluşmaktadır. Bazı bölgelerde ise bileşime ayrıca ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiave*) eklenerek üretim yapılmaktadır [13]. Maya etil alkol fermentasyonunu gerçekleştirmekte ve üründe etil alkol ile karbondioksit oluşmaktadır. Yoğurt bakterileri ile maya birlikte laktik asit, etil alkol, karbondioksit ile tarhanaya özgü tat ve aroma veren diğer fermentasyon ürünleri üretirler [14]. Tarhana, asidik ve ekşi bir tat ile birlikte kuvvetli maya lezzetindedir [8]. Fermentasyon sonucunda oluşan organik asitler pH'yı düşürerek veya koruyucu şekilde etkileyerek, üründe istenmeyen bakteriler üzerinde bakteriyostatik etki yaratmaktadır [14]. Fermentasyonun ürünün raf ömrünü uzattığı bilinen bir gerçektir. Fermentasyonla daha ekonomik, güvenilir, lezzetli ve beslenme değeri daha yüksek ürünler elde edilir [15]. Tarhana higroskopik değildir ve iki üç yıl saklanabilir. Bu süre içinde hiç bozulma belirtileri olmaz. Ayrıca fermantasyon esnasında bazı mikroorganizmalar, çeşitli vitamin ve bazı büyüme faktörlerini sentezleyerek ürünün besin değerini daha da artırmaktadır [14].

Tarhananın insan beslenmesindeki önemli yönlerinden bir tanesi de tahıl proteinlerine süt kaynaklı proteinlerin yarayışlılığı yüksek formlarda eklenerek desteklenmesidir. Fermentasyon ile geleneksel bir Türk gıdası olan tarhananın besin öğelerinin sindirilebilirliği, yarayışlılığı artarken; tüketici tarafından istenilen tat, koku ve aromanın oluşumunun yanı sıra uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilen bir ürün olma özelliği de

kazanılmaktadır [16].

Dayısoğlu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada tarhana yapımı sırasında bir basamak olan fermentasyon işlemi sırasında laktozun laktik asit bakterileri tarafından parçalanmasıyla tarhananın laktoz intoleransı olan kişiler tarafından da rahatlıkla tüketilebileceği belirtilmektedir [17].

Tarhana zengin besin maddeleri içeriği ile yaşlı, çocuk ve hamile beslenmesinde önemli rol oynar. Tarhananın ana bileşenlerinden olan un, lisin ve treonin gibi aminoasitleri az miktarda içerdiğinden düşük kaliteli bir protein kaynağıdır. Diğer ana bileşen olan yoğurtta bu aminoasitler yüksek oranda bulunduğundan, tarhanadaki un ve yoğurt esansiyel aminoasitler açısından birbirlerini tamamlamakta ve daha yüksek kaliteli bir protein kaynağı olmaktadır [15, 9]. Ayrıca tarhana bazı baklagiller ile de zenginleştirilebilmektedir. Tarhana prosesinde yer alan fermantasyonla protein ve karbonhidratlar ön sindirime tabi tutulduğundan, tarhana sindirilebilirliği yüksek bir üründür [9]. Tarhananın yüksek kül içeriği, mineral zenginliğini de ortaya koymaktadır [18]. Kalsiyum, demir ve çinkonun beslenme açısından önemi büyüktür [9]. Bu nedenle birçok araştırmacı tarhanadaki mineral madde içeriği konusunda bu üç minerali genellikle araştırmalarına dahil etmişlerdir [19]. Tarhananın bileşiminde yer alan buğday unu demir yönünden zenginken, diğer bir bileşen olan yoğurtta bu mineralin eksikliği duyulmaktadır. Bunun yanı sıra yoğurt iyi bir kalsiyum kaynağıdır [9]. Bu nedenle un ve yoğurt, tarhana karışımında kalsiyum ve demir yönünden birbirlerini büyük ölçüde tamamlamaktadırlar [20]. Tüketiciye, temel besleyici özelliği dışında yararlı avantajlar sağlayan ve hastalık riskini azaltan gıdalar fonksiyonel gıda olarak tanımlanmaktadır. Gıda endüstrisi tüketicilerin sağlıklı gıda talebi nedeniyle yeni fonksiyonel gıda ve gıda katkı maddesi geliştirmek durumundadır. Tarhana, sindirilemeyen karbonhidratlar, B vitamini, organik asit ve serbest aminoasit içeriğinden kaynaklanan fizyolojik ve prebiyotik etkilerinden dolayı fonksiyonel bir gıdadır. Hububat kaynaklı fermente ürünlerin de aminoasitlerin biyoyarayışlılığını, protein sindirile bilirliğini ve besinsel kaliteyi geliştirdiği belirtilmiştir [4].

3. Tarhananın Fonksiyonel Bileşenlerce Zenginleştirilmesi

Tarhana ile ilgili ülkemizde yapılan ilk çalışmalardan biri Siyamoğlu (1961) [13] tarafından yapılmıştır. Yapılan araştırmaların daha çok tarhananın kimyasal, mikrobiyolojik ve besinsel özelliklerinin belirlenmesi veya tarhananın besinsel değerinin arttırılmasının hedeflenerek yapılmış olduğu görülmektedir.

Buğday unu ile birlikte mısır, nohut, mercimek, soya gibi farklı tahıl ve baklagil unları kullanılarak üretilen tarhanalarla ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Tarhana bileşiminde soya unu [21], mercimek ve nohut [14, 22], mısır unu ve peynir altı suyu [23], ruşeym ve kepek [24], buğday unu ve bulgur [25], karabuğday [26], arpa [27], mısır, çavdar ve soya unu [28], soya sütü [29] kullanımının ürünün çeşitli özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Karabuğday unu kullanılarak glutensiz tarhananın yapıldığı bir çalışmada glutensiz tarhana örneği, karabuğday unu (BWF), pirinç unu ve mısır nişastasıyla hazırlanmıştır. Kontrol grubu tarhana örneği buğday unuyla yapılmıştır. Glutensiz ilk formülasyonda; buğday unu yerine %40 BWF , %30 pirinç unu, % 30 mısır nişastası, ikinci formülasyonda; % 60 BWF %20 pirinç unu ve % 20 mısır nişastası kullanılmıştır. BWF'nin % 60 seviyesine çıkarıldığı değişimde, tarhananın kül ve yağ içeriğinin arttığı, fakat numunenin parlaklığının olumsuz etkilendiği gözlenmiştir. Glutensiz tarhana formülasyonunda BWF miktarı arttırıldığında K, Mg ve P içeriklerinin de önemli miktarda arttığı bulunmuştur. Duyusal analizler sonucunda %40 BWF içeren tarhana panelistler tarafından beğenilmiştir [26].

Ertaş ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, tarhana üretiminde yoğurt yerine peynir altı suyu konsantresi (PAS) kullanmışlardır. Tarhana numunesine PAS eklenmesinin kimyasal, besinsel ve duyusal özellikler üzerine etkisi tespit edilerek yoğurt ile yapılan numuneyle karşılaştırılmıştır. Numunelerin nem, kül, protein ve yağ içeriği sırasıyla %10,53 – 11,28, %1,507 – 1,758, %9,75 – 12,52 ve %0,87 – 6,33 olarak değişmiştir. PAS eklenen tarhanalarda Mg, Ca, Na ve K değerleri artarken, protein içeriğinde düşüş gözlenmiştir. Numuneye PAS eklenmesi asitliğin düşmesine ve renk açılmasına neden olmuştur. %12.5 PAS içeren tarhana numunesi tat panelistleri tarafından beğenilmiştir. %25'e kadar peynir altı suyu eklenmesinin daha yüksek besin değeri sağladığı kabul edilmiştir [30].

Yalçın ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada mısır ve pirinç unu kullanılarak yeni glutensiz ürün (tarhana) üretilmiştir. Tarhana örneğinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri araştırılmış ve geleneksel buğday tarhanasıyla kıyaslanmıştır. Duyusal analizlerin genel olarak gösterdiği sonuç tarhanada mısır ve pirinç unu kullanımının bazı duyusal özellikler bakımından kabul edilebilir çorba özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir ve tarhanada mısır ve pirinç, tahıl bazlı yiyeceklerde sınırlama getirilen çölyak hastaları için tavsiye edilmiştir [31].

Tarhana üretiminde çimlendirilmiş baklagillerin kullanılma olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada baklagiller içinde soya katkısı en açık renkli tarhanayı oluştururken, kül, yağ, selüloz, ham protein, fosfor ve çinko miktarlarında en çok artışı soya katkısı sağlamıştır. Demir miktarındaki en fazla artış mercimek ilaveli, kalsiyum miktarındaki en fazla artış da nohut ilaveli tarhanalarda gözlenmiştir. Enerji değeri bütün baklagillerde aynı oranda artarken çimlendirme enerji değerini düşürmüştür [32].

Erkan ve ark. (2006), arpa unu kullanılarak yapılan tarhananın kimyasal ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçlar β-glukan içeriğinin fermantasyon sırasında zarar gördüğünü ve arpa unundaki miktarından nispeten daha düşük olduğunu göstermiştir. Yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre arpa unuyla yapılan tarhanalar duyusal özellikleri yönünden kabul edilebilir puanlar almıştır [27].

Köse ve Çağındı (2002) tarhana üretiminde pirinç, darı ve soya fasulyesi unlarını buğday unu yerine farklı oranlarda ikame ederek kullanmışlar ve elde edilen tarhanaların kimyasal ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada pirinç unu ve darı unu buğday ununa %25 ve %50, soya fasulyesi unu ise %5, %15 ve %25 oranlarında ikame edilerek kullanılmışlardır. Çalışmada ayrıca sadece buğday, pirinç veya darı unlarının kullanıldığı tarhanalar da üretilmiştir. Tarhanalara soya fasulyesi unu ilave edilmesi tarhanaların protein oranlarını arttırırken, darı unu ilave edilmesi azaltmıştır. Bunun yanında soya fasulyesi unu ve pirinç unu ilaveleri tarhanaların kül değerlerini arttırırken, darı unu ilavesi azaltmıştır. Duyusal analiz sonuçlarında özellikle darı unu ve soya fasulyesi ununun fazla kullanıldığı tarhana çorbalarının düşük puanlar aldıkları dikkati çekmektedir. Sonuçlarda, %25 ve %50 pirinç unu ve %5 soya fasulyesi ikameli tarhana çorbalarının ise genel kabul edilebilirlik açısından kontrol tarhanaya eşit veya üzerinde puanlar aldıkları bildirilmiştir [28].

Tarakçı ve ark. (2004) de tarhana üretiminde mısır ununu %50 ve %100 oranlarında buğday unuyla ve peynir altı suyunu %50, %80 ve %100 oranlarında yoğurtla ikame ederek kullanmışlardır. Üretilen bu tarhanaların kimyasal kompozisyonu, mineral kompozisyonu ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Yoğurt ve peynir altı suyunun bileşimlerindeki farklılığa bağlı olarak formülasyonda peynir altı suyu konsantrasyonu arttıkça tarhanaların protein ve yağ oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca peynir altı suyu ilavesiyle tarhanaların kül ve asitlik değerlerin yükseldiği de bulunmuştur. Araştırmada mısır unu ilavesinin tarhanalardaki yağ ve lif oranlarını arttırdığı da tespit edilmiştir. Buğday unuyla üretilen tarhanalarda Ca oranı yüksek bulunurken, mısır unu ilave edilen tarhanalarda P, Zn, Mg ve Fe oranları daha yüksek bulunmuştur [33]. Köse ve Çağındı (2002)'nın çalışmalarındaki sonucun aksine mısır unu ve peynir altı suyu ilaveli tarhanaların duyusal analizdeki genel kabul edilebilirlik puanları geleneksel tarhanadan yüksek bulunmuştur.

Bilgiçli ve ark. (2006) tarhanadaki buğday ununu %10, %25 ve %50 oranlarında buğday kepeği veya buğday ruşeymi ile ikame ederek, bu tarhanaların kimyasal, besinsel ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak; buğday ruşeymi/kepeği oranı arttıkça tarhanalardaki protein ve mineral madde oranlarının arttığı, rengin koyulaştığı ve tarhana çorbalarındaki viskozitenin azaldığı tespit edilmiştir. Buğday ruşeymi/kepeği ilavesine bağlı olarak örneklerin toplam fenolik bileşen miktarlarında artış gerçekleşirken, toplam antioksidan kapasitelerinde düşüş tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarında ise %10 buğday ruşeymi katkılı ve %25 buğday kepeği katkılı tarhanalar genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanları almışlardır [2].

Çağlar ve ark. (2012) buğday ununa %3, %5 ve %8 oranlarında keçiboynuzu unu ikame ederek ürettikleri tarhanaların kimyasal, fonksiyonel ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmada; %1.55 kül oranına sahip olan kontrol tarhana örneğinin kül oranının ilave edilen keçiboynuzu miktarının artmasıyla birlikte %1.88'e kadar yükseldiği, Ca, K ve Zn oranlarının da benzer şekilde yükseliş gösterdiği tespit edilmiştir. %8 keçiboynuzu ikameli tarhana en yüksek viskozite, köpürme kapasitesi, su ve yağ tutma (absorblama) kapasitesi ve emülsiyon aktivitesi değerlerini vermiştir. Tarhanalardaki bütün renk parametrelerinin (L, a, b, SI ve h) de keçiboynuzundaki doğal pigmentlere bağlı olarak keçiboynuzu unu ilavesiyle birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Duyusal analizde ise düşük (%3) oranda keçiboynuzu unu ilaveli tarhanalar renk, tat ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından panelistler tarafından beğenilirken, yüksek oranda keçiboynuzu unu ilaveli tarhanaların panelistler tarafından daha

az kabul gördüğü bildirilmiştir [34].

4. Sonuç

Değişik üretim ve tüketim çeşitliliği gösteren tarhana fonksiyonel ve fizyolojik özelliklere sahip olup tahıl esaslı geleneksel fermente bir üründür. Yapımında kullanılan hammadde özellikleri ve üretim aşamaları fonksiyonel özelliğinin oluşmasında en önemli etkenlerdir.

Yukarıda verilen literatürlerde, toplumun her kesimi tarafından her öğünde sevilerek tüketilen tarhana ürününde, buğday unlarının yerine, sağlık açısından üstünlüğü ispatlanan bileşenlerin kullanımının uygun olduğu sonuçlarına varılmıştır. Böylece bu bileşenlerin sağlıkla ilgili sağlayacağı faydaların yanı sıra tarhananın tüketim miktarında artışa da neden olabileceği söylenebilir.

5. Referanslar

[1] Anonim, 2004. TS 2282 Tarhana Standardı. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

[2] Bilgiçli, N., Elgün, A., Herkan, E.N., Türker, S., Ertaş, N., İbanoğlu Ş. 2006.Effect of wheat germ /bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. J.of Food Eng. 77(3): 680-686

[3] Öney, A., 2015. Bayat ekmeklerin instant tarhana çorbası üretiminde kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85s, Konya.

[4] Erbaş, M., Certel, M. ve Uslu, M.K. 2004. Yaş ve Kuru Tarhananın Şeker İçeriğine Fermentasyon ve Depolamanın Etkisi. Gıda 29(4): 299-305.

[5] Koca, A.F. ve Tarakçı, Z., 1997. Tarhana üretiminde mısır unu ve peynir altı suyu kullanımı. Gıda, 22: 287-292.

[6] Gürdaş, S. 2002. Sivas yöresine özgü ev tarhanalarının besin değeri ve kimyasal içerik açısından incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 63s, Sivas.

[7] Erbaş, M., 2003. Yaş Tarhananın Üretim ve Farklı Saklama Koşullarında Bileşimindeki Değişmeler. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 160s, Antalya.

[8] Hamad, M.A. ve Fields, M.L., 1979. Evaulation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented Cereals. Journal Food Science, (44): 446-459.

[9] Baysal, A., 1999. Beslenme. Sekizinci baskı, Hatipoğlu Yayınları, 496s, Ankara.

[10] Anonim, 2018. Tarhana çorbasının binmeyen faydaları.http://m.haber7.com/amphtml/diyet-ve-saglik/haber/1230208-tarhana-corbasinin-bilinmeyen-faydalari (Erişim tarihi: 11.03.2018)

[11] Yıldırım, Ç. ve Güzeler, N., 2016. Tarhana Cipsi. Nevşehir Bilim ve Teknolojisi Dergisi, TARGİD Özel Sayı, s1-8.

[12] Dayısoylu, K.S., Duman, A.D., İnanç, A.L., Gezginç, Y. ve Özsisli, B., 2002. Model Kahramanmaraş Tarhanası. Hububat–Hububat Ürünleri Teknolojisi ve Sergisi. s365-373,Gaziantep.

[13] Siyamoğlu, B., (1961). Türk tarhanalarının yapılışı ve terkibi üzerinde bir araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:44, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.

[14] Özbilgin, S., 1983. The chemical and biological evaluation of tarhana supplemented with chickpea and lentil. PhD.Thesis, Corneli Unilthaca, Newyork, USA.

[15] Temiz, A. ve Pirkul, T., 1991. Tarhana fermentasyonunda kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler. Gıda, 15(2): 119-126.

[16] Tamer, C.E., Kumral, A., Asan, M., ve Şahin, I., 2007. Chemical Compositions of Traditional Tarhana Having Different Formulations. Journal of Food Processing and Preservation, 31 (1): 116–126.

[17] Dayısoylu, K.S., Gezginç, Y., Duman, A.D., Didin, M., 2003. Geleneksel Kahramanmaraş Tarhanasının Kimi Özellikleri ve Beslenmedeki Fonksiyonel Önemi. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim, Ankara.

[18] Bilgiçli N., 2004. Tarhananın Fitik Asit İçeriği ve Bazı Besin Öğeleri Üzerine Maya, Malt ve Fitaz Katkılarının Etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s, Konya.

[19] Yücecan, S., Kayakırılmaz, K., Başoğlu, S. ve Tayfur, M., 1988. Tarhananın Besin Değeri Üzerine Bir Araştırma. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi 45 (1): 47-51.

[20] Temiz, A. ve Pirkul, T., 1991. Farklı Bileşimlerde Üretilen Tarhanaların Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. Gıda 16 (1): 7-13.

[21] Öner, M.D., Tekin, A.R., Erdem, T. 1993. The use of soybeans in the traditional fermented food-tarhana. Lebensm.-VViss.u.-Technol. 26: 371-372.

[22] Türker ,S. ve Elgün.A., 1995. Sağlam, Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Kuru Baklagiller eklenerek Mayasız ve Mayalı (Saccharomyces cerevisiae) Şartlarda Üretilen Tarhanaların Besin Değeri. Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 6 (8): 33-46.

[23] Koca, A.F. ve Tarakçı, Z., 1997.Tarhana üretiminde mısır unu ve peynir altı suyu kullanımı. Gıda, (22): 287-292.

[24] Bilgiçli, N. ve İbanoğlu, Ş., 2007. Effect of wheat germ and wheat bran on thefermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, awheat flour–yoghurt mixture. Journal of Food Engineering, 78(2): 681-686.

[25] Toufeili, I., Melki, C., Shadarevian, S. and Robinson, R.K. 1999. Some nutritional and sensory properties of bulgur and whole wheat-meal kishk (a fermented milk-wheat mixture). Food Quality and Preference. 10 : 9-15.

[26] Bilgicli, N., 2009. Enrichment of Gluten-Free Tarhana with Buckwheat Flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(4): 1–8.

[27] Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B. ve Köksel, H., 2006. A New Approach for the Utilization of Barley in Food Products; Barley Tarhana. Food Chemistry, 97(1): 12-18.

[28] Köse, E. ve Çağındı, Ö.S., 2002. An Investigation into The Use of Different Flours in Tarhana. International Journal of Food Science and Technology 37(2): 219-222.

[29] Koç, S., Hayta, M., Alpaslan, M. 2002. Soya yoğurtlu tarhana: fonksiyonel ve duyusal özellikler. In Gaziantep: Hububat ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi.

[30] Ertas, N., Sert, D., Demir, M.K., ve Elgun, A., 2009. Effect of Whey Concentrate Addition on the Chemical, Nutritional and Sensory Properties of Tarhana (a Turkish Fermented Cereal-Based Food). Food Science and Technology Research, 15(1): 51–58.

[31] Yalcin, E., Celik, S., and Koksel, H., 2008. Chemical and Sensory Properties of New glüten-Free Food Products: Rice and Corn Tarhana. Food Science and Biotechnology, 17 (4): 728–733.

[32] Türker, S., 1991. Sağlam, pişirilmiş ve çimlendirilmiş çeşitli baklagil katkılarıyla, mayasız ve maya ilavesiyle fermente edilen tarhananın bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78s, Erzurum.

[33] Tarakçı, Z., Doğan, I.S. ve Koca, A.F., 2004. A Traditional fermented Turkish soup, Tarhana, formulated with corn flour and whey. International Journal of Food Science and Technology, 39: 455-458.

[34] Çağlar, A., Erol, N. ve Elgün, M.S., 2013. Effect of carob flour substitution onchemical and functional properties of tarhana. Journal of Food Processing and Preservation. Journal of Food Processing and Preservation 37(2013): 670–675.

Lactobacillus casei ve *Bifidobacterium* BB-12 İçin Potansiyel Prebiyotik Olarak Havuç Lifi

Carrot Fiber as Potential Prebiotic for *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* BB-12

Mutlu Buket AKIN[1]*
Büşra GÖNCÜ[1]
Feride DAŞNIK-ŞEKER[1]
Musa Serdar AKIN[1]

[1] Harran University Engineering Faculty Department of Food Engineering, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Prebiyotikler, kolondaki bir veya daha fazla arzu edilen bakteri türünün büyümesini ve/veya aktivitesini seçici olarak uyararak konakçının sağlığını etkileyen, sindirilemeyen gıda bileşenleri olarak tanımlanır ve böylece konakçı sağlığını iyileştirir. Bu çalışmada havuç lifinin *Lactobacillus casei* ve *Bifidobacterium* BB-12 üzerinde prebiyotik etkisi incelenmiştir.
Bu amaçla,% 12 kurumaddeli rekonstitüe yağsız süt hazırlanmıştır. % 0.05 (w/w) oranında inoküle edilen kültürler, 37 ° C'de pH 4.7'ye ulaşıncaya kadar inkübe edilmiştir. Probiyotik bakterilerin çoğaltılması için rekonstitüe yağsız süt,% 0.25,% 0.50,% 1 ve % 2 oranlarında havuç lifi ile desteklenmiştir. Bakteri sayımı yapılana kadar örnekler 4°C'de tutulmuştur. Fermente edilmiş sütler, 100 mL steril peptonlu suda (% 0.1) seyreltilmiş ve 1 mL'lik örnek seçici ve ayırıcı besiyeri içeren steril petrilere üç paralelli olarak ekilmiştir. Besiyeri olarak *L. casei* ve *Bifidobacterium* BB-12 için sırasıyla, MRS broth ve MRS-NNLP agar kullanılmış ve petriler anaerobik olarak inkübe edilmiştir. Tüm petriler 37 ° C'de 72 saat inkübe edilmiştir.
Sonuçlar, havuç lifinin *L. casei*'nin gelişimini teşvik ettiğini fakat *Bifidobacterium* BB-12'yi etkilemediğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Havuç lifi, prebiotik, *L. casei, Bifidobacterium* BB-12

Abstract

Prebiotics are defined as non digestible food ingredients that beneficially affect the host by selectively stimulating the growth and/or activity of one or more desired bacterial species in the colon, thus improving host health. In this study prebiotic effect of carrot fiber on *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 was investigated.
For this purpose 12% reconstituted skim milk were prepared. The cultures were grown until pH reach to 4.7 at 37°C, using a 0.5% (w/v) inoculum. For propagation of probiotic bacteria, sterile reconstituted skim milk was supplemented with 0.25%, 0.50%, 1 and 2% carrot fiber. The cultures were kept cooled at 4°C until for enumeration. Fermented milks were decimally diluted in 100 mL sterile peptone water (0.1%) and 1 mL aliquot dilutions were poured onto plates of the various selective and differential agars in triplicate. *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 were incubated anaerobically by using MRS broth and MRS-NNLP agar, respectively. All plates were incubated at 37°C for 72 h.
Results showed that carrot fiber had stimulated *L. casei* but had not affected. *Bifidobacterium* BB-12.

Keywords:

Carrot fiber, prebiotic, *L. casei, Bifidobacterium* BB-12.

1. Introduction

Carrot (*Daucus carota* Linn. var. sativa Hoffm.) is an important root vegetable rich in bioactive compounds which contributes to people's health. Carrot is rich in dietary fibers, carotenoid, phenolic compounds, ascorbic acid and tocopherol and is classified as a vitaminized food (1). Carrot fibers have significant health-promoting properties such as hypochlosterolemic and hypolipidemic effects (2).

Prebiotics are defined as non digestible food ingredients that beneficially affect the host by selectively stimulating the growth and/or activity of one or more desired bacterial species in the colon, thus improving host health. In this study prebiotic effect of carrot fiber on *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 was investigated.

2. Method

L. casei and *Bifidobacterium* BB-12 (Chr. Hansen, Turkey), Carrot fiber (Kimbiotek Kimyevi Maddeler San. ve Tic. A.Ş. İstanbul, Turkey) and skim milk powder (Pınar Dairy, İzmir, Turkey) were used as materials. MRS agar, MRS broth, agar agar, Nalidixic acid, Neomycine sulphate, Lithium cloride and Paramomycine sulphate obtained from Sigma Chemicals (İstanbul, Turkey). All other reagents used were of analytical grade.

12% reconstituted skim milk were prepared. The cultures were grown until pH reach to 4.7 at 37°C, using a 0.05% (w/v) inoculum. For propagation of probiotic bacteria, sterile reconstituted skim milk was supplemented with 0.25%, 0.50%, 1% and 2% carrot fiber. The cultures were kept cooled at 4°C until for enumeration.

Bacterial counts were determined after 8 h fermentation. Fermented milks were decimally diluted in 100 ml sterile peptone water (0.1%) and 1 ml aliquot dilutions were poured onto plates of the various selective and differential agars in triplicate.

L. casei and *Bifidobacterium* BB-12 were incubated anaerobically by using MRS broth agar (3) and MRS-NNLP agar (4), respectively. All plates were incubated at 37°C for 72 h. Anaerobic conditions were created using Anaerocult A sochets (Merck). The results were expressed as colony-forming units per gram (cfu g^{-1}) of sample.

3. Results and Discussion

Figure 1 show the variations in *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 counts in reconstituted skim milk with and without carrot fiber, respectively. *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 counts were found to be in the range of 7.39-7.92 and 7.39-7.56 log cfu g^{-1}, respectively.

As seen carrot fiber had prebiotic effect for *L. casei*. Guler-Akın et al. (5), Göncü et al., (6) Akın and Akın (7) and Güler-Akın et al. (8) also reported that probiotics had the ability to ferment dietary fibers. The highest prebiotic effects of carrot fiber was found at a level of 0.25%. The numbers of *L. casei* decreased as carrot fiber increased ($p<0.01$) due to the possible decreasing of water activity of milk. As known carrot fiber is highly hygroscopic and had a high water binding capacity (9).

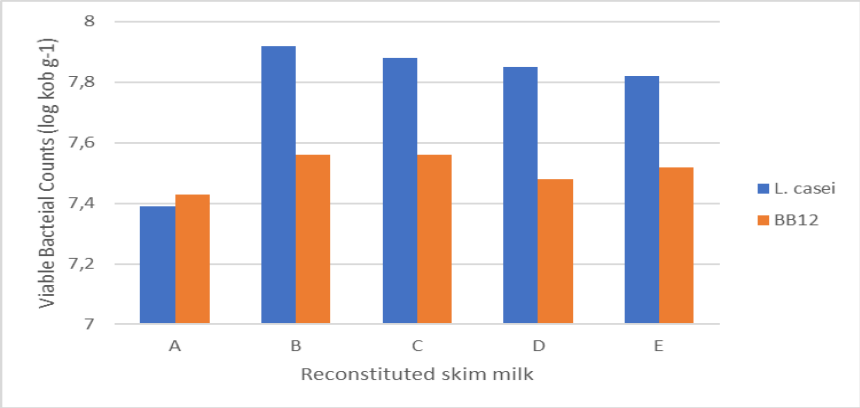


Fig 1. Viable counts of *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 in reconstituted skim milk* with or without carrot fiber addition (log cfu g^{-1})

*A: Control (0%), B: 0.25%, C: 0.5%, D: 0.75% and E:1% carrot fiber.

On the other hand carrot fiber had no prebiotic effect for *Bifidobacterium BB-12*. Even if a slight increaring was found in the *Bifidobacterium BB-12* counts, they weren't significant.

4. Conclusion

Results showed that carrot fiber didn't affect of *Bifidobacterium BB-12* counts and it had no prebiotic effect for *Bifidobacterium BB-12.* In contrast, carrot fiber stimulated *L. casei* and it could be used as potential prebiotic for *L. casei.*

5. References

[1] Idrovo Encalada,A. M., M. F. Basanta, E. N. Fissore, M. D. De'Nobili and A. M. Rojas. 2016. Carrot fiber (CF) composite films for antioxidant preservation: Particle size effect. Carbohydrate Polymers 136:1041-1051.

[2] Hsu, P-K., P-J Chien, C-H Chen and C-F. Chau. 2006. Carrot insoluble fiber-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters. LWT-Food Science and Technology 39 (4): 338-343.

[3] De Man, J.D., M., A. Rogosa and M.E. Sharpe. 1960. A Medium for the Cultivation of Lactobacilli. J. Appl. Bact. 23: 130-135.

[4] Dave, R. I. and N. P. Shah. 1996. Evaluation of media for selective enumeration of Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, L. acidophilus and Bifidobacteria. Journal of Dairy Science 79: 1529–1536.

[5] Güler-Akın, M. B., İ. Ferliarslan and M. S. Akın. 2016. Apricot Probiotic Drinking Yoghurt Supplied with Inulin and Oat Fiber. Advances in Microbiology, 6: 999-1009.

[6] Göncü, B., A.Çelikel, M. B. Güler-Akın and M. S. 2017. Akın Some properties of kefir enriched with apple and lemon fiber" Mljekarstvo, 67 (3): 208-216.

[7] Akın, M. S. and M. B.Akın. 2016. Elma Lifi ile Zenginlestirmenin Set Tipi Yogurtların Bazı Özelliklerine Etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 20 (2): 94-104.

[8] Güler-Akın, M. B., B. Göncü and M. S. Akın. 2018. Some Properties of Bio-Yogurt Enriched with Cellulose Fiber. Advances in Microbiology, 8: 54-64.

[9] Yu, G., J. Bei, J. Zhao, Q. Li, C. Cheng. 2018. Modification of carrot (Daucus carota Linn. var. Sativa Hoffm.) pomace insoluble dietary fiber with complex enzyme method, ultrafine comminution, and high hydrostatic pressure. Food Chemistry 257: 333-340.

Özet

Bu araştırmada, zemin yapısı etkileşimli ve etkileşimsiz, 2 boyutlu çok katlı çelik çerçeveler için doğrusal ve doğrusal olmayan zaman adım analizi yapılmıştır. Çerçeveler 3 kattan 20 katına kadar farklı yüksekliklere sahiptir. Zemin ve tekil temel sistemi doğrusal yaylar ve amartisor ile modellemek için alt yapı analiz metodu kullanılmıştır. Ayrıca doğrusal tepki-spektrum analizi yapılmıştır. Düzce deprem ivme kaydı seçilerek spesifik tepki spektrumuna ölçeklendirildi PGA 0.35 ve EC8'e göre zemin tipi B (katı) seçildi. Temel periyot ve zemin kesmesi, zemin-yapı etkileşimi dahil edilerek ve edilmeyerek araştırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Çelik çerçeve; stil; zemin yapı etkileşimi; tepki sepktrum analizi; zaman adım analizi; sismik yük; temel periyot.

Abstract

In this research work, a linear and nonlinear time history analysis for 2D multi-story steel frames on stiff soil with and without soil structure interactions have been done. Frames have different height start from 3 stories to 20 stories. A substructure method is used to model soil and shallow (footing) foundation system by linear springs and dashpots. Also, linear response spectrum analysis has been done. Düzce earthquake accelerograms records are selected and scaled to specific response spectrum with PGA 0.35 and soil type B (stiff soil) according to EC8 is considered. Fundamental period and base shears have been investigated with and without soil-structure interactions, the results have been compared.

Keywords:

Steel frames; soil structure interaction; response spectrum analysis; time history analysis; seismic loads; fundamental period.

Sismik Yükler Altında 2D Çelik Çerçevelerde Zemin Yapısı Etkileşimi

Soil Structure Interaction of 2D Steel Frames under Seismic Loads

Cemile ÖZŞAM[1]
Mustafa ÖZAKÇA[1]

[1] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,

1. Introduction

The seismic design of structures has advanced steadily by deepening of theoretical foundations. The significant progress in field of seismic design in last four decades is a result of parallel progress in structural analysis and computer hardware. Nowadays, time history analyses has become popular in seismic analyses and design. The accuracy of these analyses depends on many factors. One of the most important points in structure modeling is how to model foundation. Minasidis et al. (2014) review the studies on Soil Structure Interaction (SSI) in steel frames subjected to near-fault earthquakes In general, bases are considered rigid without any particular attention to foundation system or type of soil. But in the last decades, a lot of searches have been done about SSI and its effect on the dynamic response of the structure under seismic loads.

The objective of this study is to investigate 12 steel frames planner response under seismic loads using linear and nonlinear time history analysis, and response spectrum analysis with and without soil-structure interaction. P-Delta effect is also concidered. In present study, seismic records are scaled to response spectrum with Peak Graound Acceleration (PGA)=0.35g and soil type B (stiff soil) according to EC8. Fundamental period and base shear, will be investigate for each frame.

2. Seismic Analysis and Soil-Structure Interaction Modeling

Steel frames which have been designed according to EC3 and EC8 by Karavasilis et al (2007) are considered in the present study. These frames have 3 or 6 bays, and 3, 6, 9, 12, 15 and 20 stories. The length of each bay and the height of each story are 5 and 3 m, respectively. Special Moment Resistant Frames (SMRF) are designed assuming PGA=0.35g with soil type class B. Dead and live loads on beams are assumed to be equal to 27.5kN/m. The yield stress of the steel is equal to 235 MPa. Beams and columns are connected together by rigid joints without the effect of panel zone. Superstructure viscous damping ratio is assumed to be ξ=3% for the natural modes of the system. Beam axial forces are assumed to be zero since all floors are considered to be rigid in a plan to account the diaphragm action of slabs. P- Delta effect is calculated by usning dead loads only. Figure 1 shows SMRF with 3 bays and 3 stories. Used section of all studied frames are listed in Table 1 (Minasidis et al, 2014). the plastic hinges are assumed at the ends of the beams (Hoang, 2008). The hinge proprieties are concider flexure and calculated automatically according to ASCE, (2013) acceptance criteria by using ETABS 2016 pro

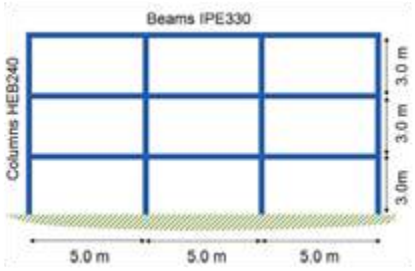


Figure 1 Typical SMRF with 3 bays and 3 stories (Minasidis et al, 2014).

Table 1 Designed section for SMRF considered in the study (Minasidis et al, 2014)

Tarama No	NS	NB	Seneryo 3
1	3	3	240–330(1–3)
2	3	3	240–330(1–3)
3	6	6	280–360(1–4), 260–330(5–6)
4	6	6	280–360(1–4), 260–330(5–6)
5	9	3	340–360(1), 340–400(2–5), 320–360(6–7), 300–330(8–9)
6	9	3	340–360(1), 340–400(2–5), 320–360(6–7), 300–330(8–9)
7	12	6	400–360(1), 400–400(2–3), 400–450(4–5), 360–400(6–7), 340–400(8–9), 340–360(10), 340–330(11–12)
8	12	6	400–360(1), 400–400(2–3), 400–450(4–5), 360–400(6–7), 340–400(8–9), 340–360(10), 340–330(11–12)
9	15	3	500–300(1), 500–400(2–3), 500–450(4–5), 450–400(6–7), 400–400(8–12), 400–360–(13–14), 400–330(15)
10	15	3	500–300(1), 500–400(2–3), 500–450(4–5), 450–400(6–7), 400–400(8–12), 400–360–(13–14), 400–330(15)
11	0	6	600–300(1), 600–400(2–3), 600–450(4–5), 550–450(6–10), 500–450(11–13), 500–400(14–16), 450–400(17), 450–360(18–19), 450–330(20)
12	20	6	600–300(1), 600–400(2–3), 600–450(4–5), 550–450(6–10), 500–450(11–13), 500–400(14–16), 450–400(17), 450–360(18–19 , 450–330(20)

In the table, NS is a number of stories. NB is the number of bays, the expression of the form (260-360)(1-3) means that the first four (1–4) stories have columns with HEB260 sections and beams with IPE360 sections, whereas the next two (5–6) higher stories have columns with HEB240 and beams with IPE330 sections(Minasidis et al, 2014).

3. Seismic Analysis

Seismic loads are calculated and analyzed according to EC 8. A response spectrum analysis is done with PGA 0.35, soil type B, importance factor of frames is II and behavior factor equal 3 (Eurocode 8, 2004). Also linear and nonlinear time history analyses are performed. Duzce earthquake 1999 is selected as shown in Table 2. Each earthquake has three records, two horizontal and one vertical, but in this search, just horizontal records are applied on frame structure (PEER, 2011). Records are scaled to designed response spectrum using single period methods (Fahjan, 2008).

Table 2 Earthquake information (PEER, 2013).

Earthquakes name	RSN	station	year	magnitude	Rrup (km)	Vs30m/s	PGAm/s2
DUZCE	1615	Lamont	1999	7.14	9.14	338	0. 20666

Rigid base model and SSI model are used for analysis in this study. Figure 2 illustrated rigid base model (FEMA 440, 2005). SSI is modeled by using substructure method (Rahmani, 2016). Foundation system is considered single footing. Foundation and soil around are modeled by springs and dashpots as shown in Figure 3 (Mulliken, 1998). Springs have stiffness, K, and dashpots have a coefficient, C. Values of stiffness and dashpots are representing in Table 3 with mass, M which is the sum of the mass (or rotational inertia) of the foundation m and a virtual soil mass (or rotational inertia) mv, attached to the foundation (Wolf, 1997). Soil parameters are illustrated in Table 4. In the strong motion, soil medium behavior change to inelastic and a secant shear modulus of soil is used. In this search G0 value is 0.1G (Minasidis et al, 2014). Dimensions of foundations are designed approximately for each frame to calculated mass, stiffness and damping coefficient for the foundation structural system (Wolf, 1997).

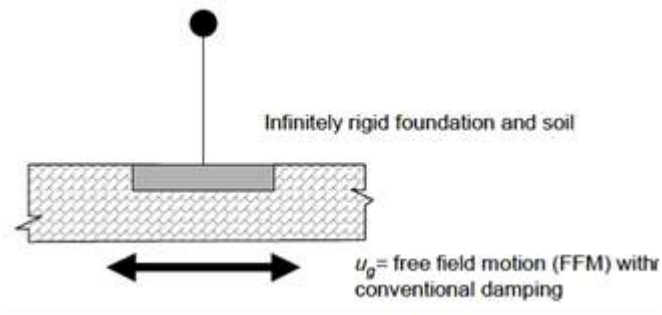


Figure 1 Rigid base model (FEMA 440, 2005)

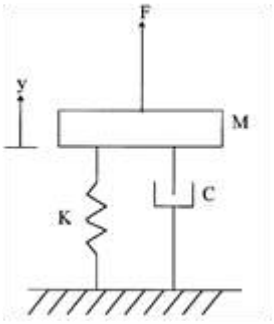


Figure 3 Basic one dimensional soil foundation model (Mulliken, 1998)

Table 3 Parameter description of foundation structure interaction system (Wolf, 1997)

Soil parameter	Description	Assumed value
G0	Shear Modulus of Soil	260 Mpa
Gs	Secant shear modulus	0.1G0=26 Mpa
ρ	the mass density of the soil medium	2000kg/m3
VS	Shear velocity in soil VS	√(G/ρ)=380
μ	Passion ratio of the soil medium	0.25
q	Bearing capacity of the soil	700 kPa

Table 4 Horizontal mass, stiffness and damping coefficient for foundation structural system (Wolf, 1997)

Frame name	NS3NB3	NS6NB3	NS9NB3	NS12NB3	NS15NB3	NS20NB3
	NS3NB6	NS3NB6	NB9NB6	NS12NB6	NS15NB6	NS20NB6
mv	12.5777885	21.7344186	27.6334014	39.682457	77.5047989	100.622308
cv	192.917682	277.801462	326.030882	414.987369	648.417764	771.670728
k_v	122200	146640	158860	179226.667	224033.333	244400
m_h	3.98296637	6.88256589	8.75057712	12.5661114	24.5431863	31.863731
c_h	32.9748506	47.4837848	55.7274975	70.9325675	110.832137	131.899402
k_h	102514.286	123017.143	133268.571	150354.286	187942.857	205028.571
m_r	22.6169408	56.2781861	83.9751179	153.493847	468.426045	723.742105
c_r	98.5111567	170.227279	216.429011	310.799051	607.029396	788.089254
k_r	58500	101088	128524.5	184565.333	360479.167	468000

Dimensions of each square foundation are listed in Table 5, the shear wave velocity is considered about 360 m/s, which corresponds to the lower limit for soil type B or the upper limit of soil type C, according to EC8 provisions. Computed values of springs, dashpots' coefficients and soil mass for each frame which model soil-structure interaction are presented in Table 5.

Table 5 The dimension of a single footing system used in each frame

Frame name.	NS3NB3	NS6NB3	NS9NB3	NS12NB3	NS15NB3	NS20NB3
	NS3NB6	NS3NB6	NB9NB6	NS12NB6	NS15NB6	NS20NB6
LxBxH	1.2×1.2×1	1.7×1.7×1	185×1.85×1	2*2*1	2.5*2.5*1.25	2.65*2.65*1.25

4. Frame Analysis

ETABS Pro is used for SSI analysis of frames which modeled by 2d links. Links have spring and dashpot coefficients. Naturel period and base shear of frame structures are evaluated according to response spectrum and linear/nonlinear time history analysis. Naturel period and base shear are calculated in two cases of foundation modeling, first one as rigid base and second with considering SSI. Figures 4 and 5 show naturel period of studied frames. It is clearly noticed that the naturel period of all frames have been increased when SSI is considered in the analysis. Figures 6-11 present the base shear for 3 and 6 floor frames. The base shear is expected to decrease when SSI is considered (Nghim et al, 2008), but depending

on the results of present study the effect of SSI on the base shear changes according to analysis type and frames specification (height and size). In response spectrum analysis it is clearly that values of base shear are very close to each other for rigid base and SSI model, but it is slightly higher for rigid base case, expect the frame with 3 bays and 15 stories. In linear time history analysis still the values of base shear are closed for two type of base, but the base shear calculated according to SSI modeling for high rise frames with 15 and 20 stories is higher than rigid base analysis case. In nonlinear analysis still base shear for rigid base is higher than SSI for frames with 12 stories or lesser. And the base shear for frame structure with 15 and 20 stories are higher for SSI models. The difference between base shear values in rigid base and SSI modeling is going to be bigger especially for low rise frames the rigid base lead to over estimation of base shear.

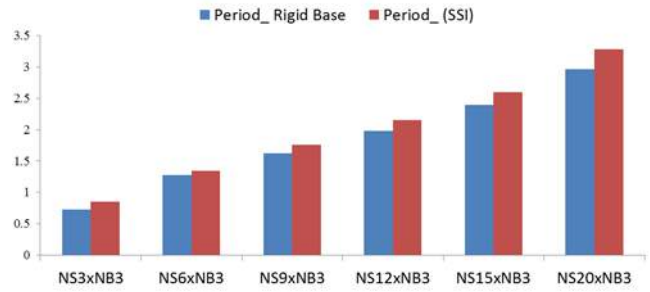


Figure 4 Naturel period of frames with 3 bays and different height

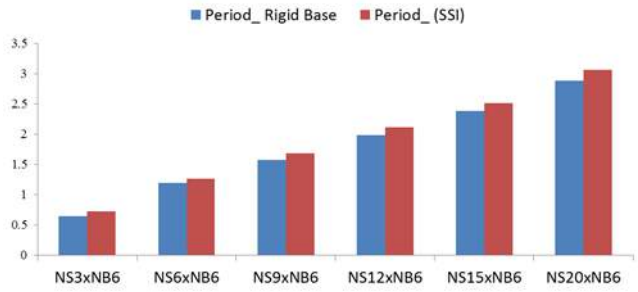


Figure 5 Naturel period of frames with 6 bays and different height

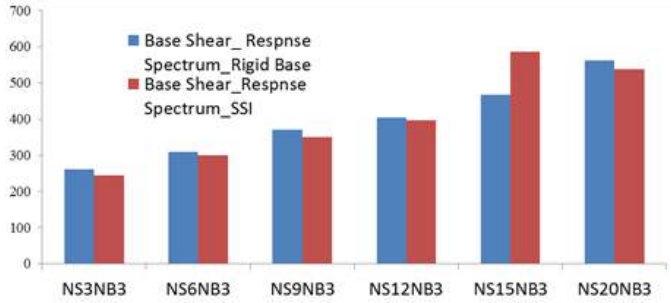


Figure 6 Base shear of frames with 3 bays calculated by response spectrum analysis for two cases of the base, rigid base and (SSI)

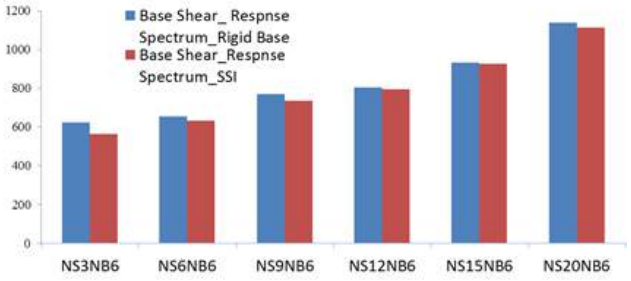


Figure 7 Base shear of frames with 6 bays calculated by response spectrum analysis for two cases of the base, rigid and (SSI)

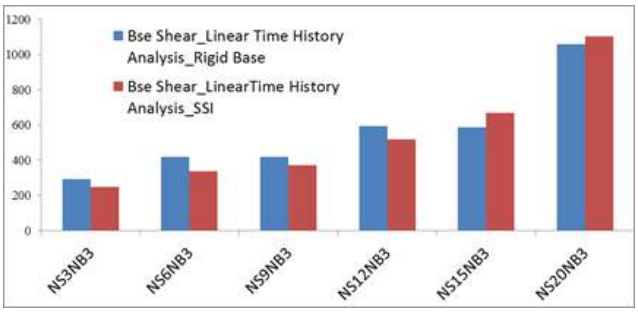


Figure 8 Base shear of frames with 3 bays calculated by linear time history analysis for two cases of the base, rigid base and (SSI)

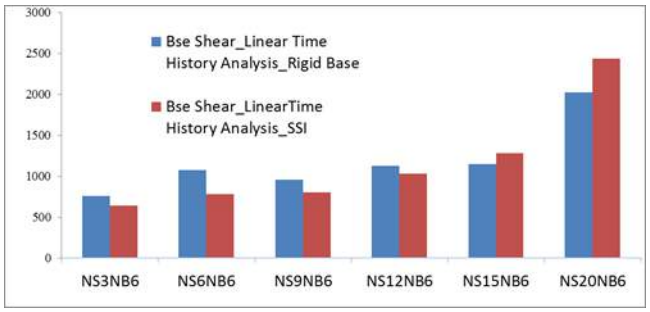


Figure 9 Base shear of frames with 6 bays calculated by linear time history analysis for two cases of the base, rigid base and (SSI)

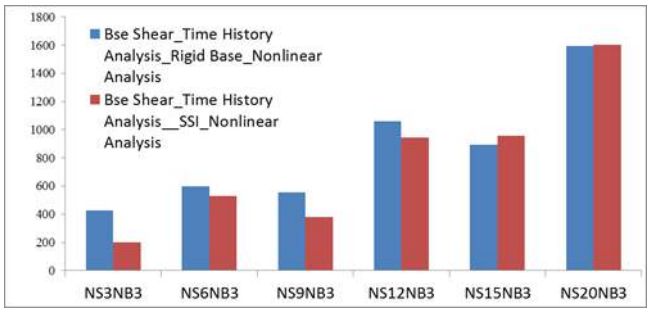


Figure 10 Base shear of frames with 3 bays calculated by nonlinear time history

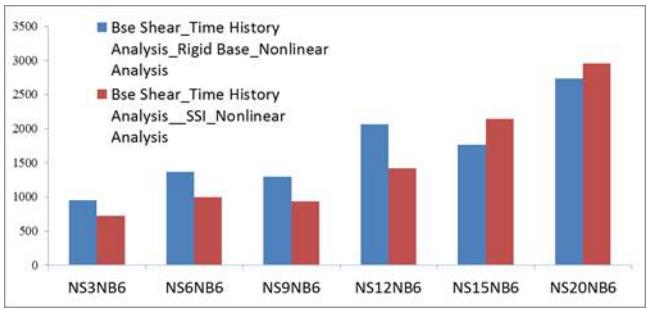


Figure 11 Base shear of frames with 6 bays calculated by nonlinear time history

analysis for rigid base and (SSI)

analysis for rigid base and (SSI)

5. Conclusion

In response spectrum analyses, SSI gives lower base shear compare to fix base for all frames except one case of frame with 3 bays and 15 stories. Similarly, in linear and nonlinear time history analysis, SSI computes lower base shear when frame height is 12 stories or lesser. Then base shear for frames with 15 and 20 stories are higher, also the differences between values of base shear are large especially for low rise frames when nonlinear analysis is done.

The differences in the fundamental period between rigid base and SSI models are small. However SSI analyses give slightly higher fundamental period. Also the effect of SSI is clear when nonlinear time history analysis is considered. As mentioned by Marjanović et al (2016) the effect of SSI modeling in stiff soil is small and increase when the soil is being weaker. Defining a new model of bases using SSI changes the response of structure to seismic loads which means it shall be changing the factors of static and dynamic methods for calculating seismic response of structure in codes and those factors starts to introduce in some codes like FEMA 440.

6. Reference

[1] American Society of Civil Engineers, & Structural Engineering Institute. Minimum Design Loads on Buildings and Other Structures Standards Committee. (2013). Minimum design loads for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers.

[2] Center, P. E. E. R. (2013). Peer ground motion database. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, http://ngawest2. berkeley. edu.

[3] Federal Emergency Management Agency. (2005). Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures. FEMA 440, prepared by Applied Technology Council (ATC-55 Project).

[4] Fahjan, Y. M. (2008). Selection and scaling of real earthquake accelerograms to fit the Turkish design spectra. Teknik Dergi, 19(3), 4423-4444.

[5] Hoang, V. L. (2008). Automatic plastic-hinge analysis and design of 3D steel frames.

[6] Karavasilis, T. L., Bazeos, N., & Beskos, D. E. (2007). Behavior factor for performance-based seismic design of plane steel moment resisting frames. Journal of Earthquake Engineering, 11(4), 531-559.

[7] Khoshnoudian, F., & Behmanesh, I. (2010). Evaluation of FEMA-440 for including soil-structure interaction. Earthquake engineering and engineering vibration, 9(3), 397-408.

[8] Marjanović, M., & Petronijević, M. 2016. Influence of Soil-Structure-Interaction on Nonlinear Time History Seismic Response of RC Frames

[9] Minasidis, G., Hatzigeorgiou, G. D., & Beskos, D. E. (2014). SSI in steel frames subjected to near-fault earthquakes. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 66, 56-68.

[10] Mulliken, J. S., & Karabalis, D. L. (1998). Discrete model for dynamic through-the-soil coupling of 3-D foundations and structures. Earthquake engineering & structural dynamics, 27(7), 687-710.

[11] Nghiem, H., & Chang, N. Y. (2008). Soil-Structure Interaction Effects of High Rise Buildings.

[12] Rahmani, A, Mahdi T., Finn W.D L., and Ventura C. E. "Evaluation of substructuring method for seismic soil-structure interaction analysis of bridges." Soil Dynamics and Earthquake Engineering 90 (2016): 112-127.

[13] Standard, B. (2005). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part, 1, 1998-1.

[14] Williams, A. (2016). Steel Structures Design for Lateral and Vertical Forces. McGraw-Hill Education.

[15] Wolf, J. P. (1997). Spring-dashpot-mass models for foundation vibrations. Earthquake engineering & structural dynamics, 26(9), 931-949.

[16] Yesane, P. M., Ghugal, Y. M., & Wankhade, R. L. Study on Soil-Structure Interaction: A Review. International Journal of Engineering Research ISSN, 2319-6890.

Simetrik ve Asimetrik Düz Dişli Dövme Kalıp Gerilmelerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Değerlendirmesi

Stress Evaluation of Asymmetric and Symmetric Spur Gear Forging Dies Using Finite Element Method

Prof. Dr. Omer Eyercioglu[1]
Doç. Dr. Necip Fazil Yilmaz[2]
Gulaga Tas[3]
Mehmet Aladag[4]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,

Özet

Hassas dişli dövme kalıbının gerilmelerinin tahmin edilmesi gittikçe daha önemli hale gelmektedir ve aynı zamanda prosesin fizibilitesi için de önemlidir. Dişli dövme kalıbı tasarlamanın genel yöntemi kalın silindir yaklaşımı kullanmaktır (Lame Denklemleri). Bununla birlikte, sonlu elemanlar yöntemi (FEM), farklı şekillendirme işlemleri için kalıp gerilmelerinin belirlenmesinde büyük ölçüde başarılı olmuştur. Bu çalışmanın amacı, basit silindirik, simetrik ve asimetrik dişli dövme kalıplarının iç yüzeyinin % 20 ila % 100'üne basınç uygulayarak ortaya çıkan gerilmeleri değerlendirmektir. Bu amaçla 3D FE analizleri yapılmış ve kısmi iç basınç uygulanmış dövme kalıplarında ortaya çıkan gerilmeler belirlenmiştir. Sonuçlar, kısmen yüklenmiş kalıbın, tam olarak yüklenmiş olandan daha düşük gerilmelere maruz kaldığını ve maksimum eşdeğer gerilmelerin uygulanan basınç alanı ile doğrusal olarak arttığını göstermektedir. Maksimum eşdeğer gerilmelerin değeri, dişli şekilli kalıplarda silindirik olandan daha yüksektir ve asimetrik dişli kalıbında en yüksek gerilmelerin ortaya çıktığı görülmektedir. Silindirik yaklaşım (Lame Denklemleri), hassas dişli dövme kalıbı tasarımında yetersiz kalmaktadır.

Anahtar kelimeler:

Hassas dişli dövmeciliği, kalıp tasarımı, sonlu elemanlar metodu, asimetrik dişli

Abstract

Prediction of the stresses of precision gear forging die is becoming increasingly essential and it also important to make the precision gear forging feasible. The usual way to design gear forging die is to use thick cylinder approach (Lame Equations). However, the finite element method (FEM) has been greatly successful to provide the understanding of die stresses for different forming process. The aim of this study is to evaluate the stresses on simple cylindrical, symmetric and asymmetric gear forging dies by applying internal pressure from 20% to 100% of inner surface of the dies. For this purpose, 3D FE analyses were carried out and the stresses encountered in partially pressurized forging dies were evaluated. The results show that partially loaded die has subjected to lower stresses than the fully loaded one and the maximum effective stresses are linearly increasing with increasing pressurized area. The value of maximum equivalent stresses is higher in gear shaped dies than the cylindrical one and asymmetric gear die is encountered to the highest stresses. The cylindrical approach (Lame Equations) is not adequate for gear forging die design.

Keywords:

Precision gear forging, die design, finite element method, asymmetric gear

Nomenclature:

a	Inner (bore) radius of die
b	Outside radius of die
E	Young's modulus
m	Module
n	Number of teeth
h	Height of die part exposed the internal pressure
H	Height of die
P_i	Internal pressure
Sy	Yield stress
σ_e	Von Mises (equivalent) stresses

1. Introduction

Precision forging gives shape to an initial billet, which can be used directly as a part requiring little or no further finishing processes. Directional alignment of the grains or fibers, which form the outline of the product during the forging process, helps improve the mechanical properties of the final forged part, imparting increased strength, ductility, and resistance to the impact and fatigue of the metal [1]. Gear fabrication with precision forging has started with relatively easy bevel gears and has been successfully applied in recent years to spur and helical gears. There are many studies that show the superiority of gears manufactured with precision forging in terms of strength and cost [2-4]. It is predicted that if asymmetric gears are used in helicopter gearboxes and gear pumps, significant advantages can be obtained compared to standard gears. The load shearing ratio and pressure angle of asymmetric gears are achieved at higher levels than standard gears and have very advantageous results in unidirectional rotating systems. However, due to the profile geometry of the asymmetric gears, the production with the conventional thread cutting method limits the design of the profile. Recent studies in this area have shown that asymmetric profiles designed independently from the

cutting tool are more efficient. The precision forging method enables manufacturing of complex profiles and therefore the flexibility of the gear profile to be produced would be advantageous in the use of precision forging in asymmetric gear manufacturing. However, there is a need to improve forging die and process design so that precision forging technology can be applied to asymmetric gears [5].During the precision forging, die components are subjected to high loads in a very short period of time. Because of that, forging die components must sustain to high static and impact pressures, friction forces between surfaces and both mechanical and thermal fatigue. While, the work piece is plastically deformed under the compressive load, forging stresses in the die occur related with complex combination of tension, compression and shear [6-10].

These forging stresses are calculated as if the die is a hollow cylinder (no gear tooth), taking the pitch diameter of the gear as the inner diameter of the die by using Lame Equations [11]. However, in case of gear forging dies, the stresses will be different from the result of the Lame's Equations. This was shown by Eyercioglu et al [12, 13]. They suggested new equations for design of symmetric gear forging dies. They were assumed that the internal pressure was applied to all internal surfaces of the die, therefore, they were used 2D gear model in their FE analyses. However, in precision forging processes, internal pressure is acted to a part of inner surface of the die as seen in Figure 1. In this case it can be expected that the distribution of stresses on the die and the maximum value of effective stress are related to the pressure applied area. Also, no study is available in the literature on the determination of asymmetric gear forging die stresses.

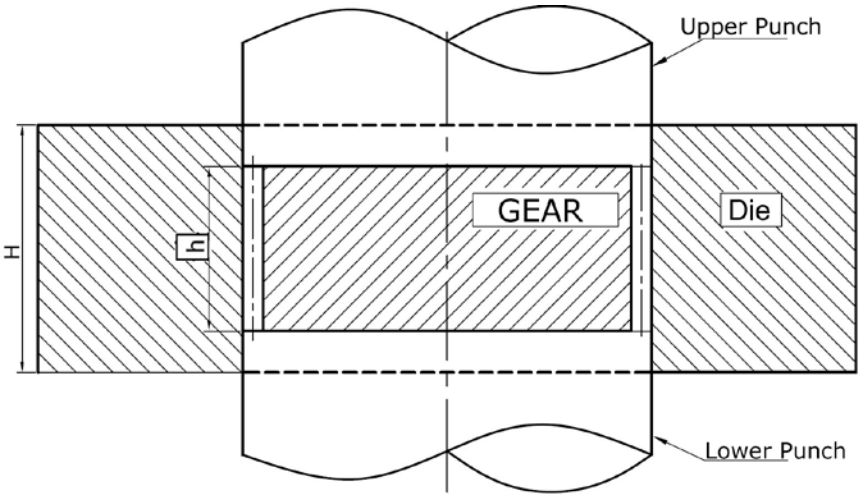


Figure 1. Spur Gear Die

The aim of this study is to evaluate the stresses on simple cylindrical, symmetric and asymmetric gear forging dies and by applying internal pressure on a part of inner surface of the dies. For this purpose, 3D FE analyses were carried out and the stresses encountered in partially pressurized forging dies were evaluated.

2. Finite Element Modeling

2.1 Hollow Cylinder Die Modeling

A part of 3D model of the cylindrical die was created in SolidWorks then this model is transferred in to FEA package (DEFORM™ 3D). The inner and outer radii of the cylindrical die model were chosen as 36 mm and 90 mm respectively to make comparison with the previous 2D studies of Eyercioglu et al [12,13]. The height of the die (H) was determined as 100 mm. The geometry and the 3d FE model of the die is shown in Figure 2. The material of the die was selected as AISI H13 hot forming tool steel and object type was determined as elastic. Tetrahedral mesh type was chosen and the number of elements were determined as 220000. Both side of the die was appointed as symmetry plane and the model is fixed in z-direction. A uniform internal pressure (620 MPa) was applied to die. The pressure was applied from20% to 100% of the inner surface of the die to show its effect on the die stresses.

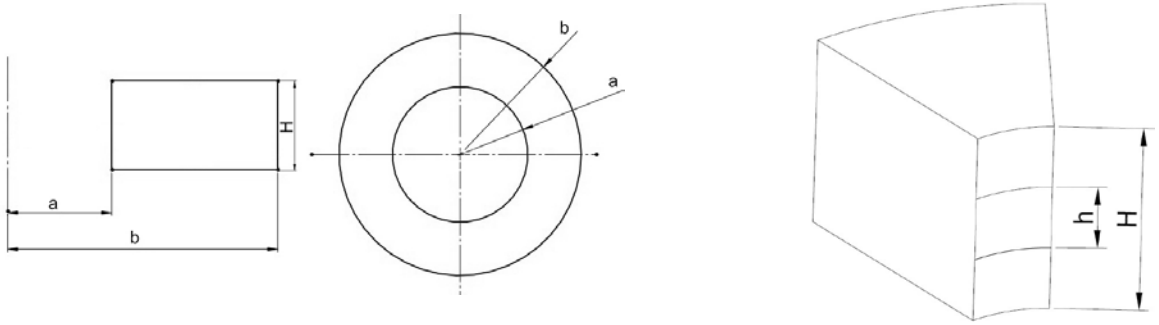


Figure 2. FEM of Hollow Cylinder Model.

2.2 Symmetric Spur Gear Modeling

For the symmetric spur gear die, a single tooth a model was created in SolidWorks. The gear has 3mm module and 24 teeth with a pressure angle of 33 degrees. Similar to the cylindrical die, the height of the die (H) was chosen as 100 mm, the object type of material was elastic. The mesh type was tetrahedral and 220000 elements were generated. Symmetry plane boundary condition applied to the both side of the die. The die was fixed in z-direction and a uniform internal pressure (620 MPa) was applied to die from 20% to 100% of its height. The outside pressure was zero. The geometry and the 3D FE model of the die are shown in Figure 3.

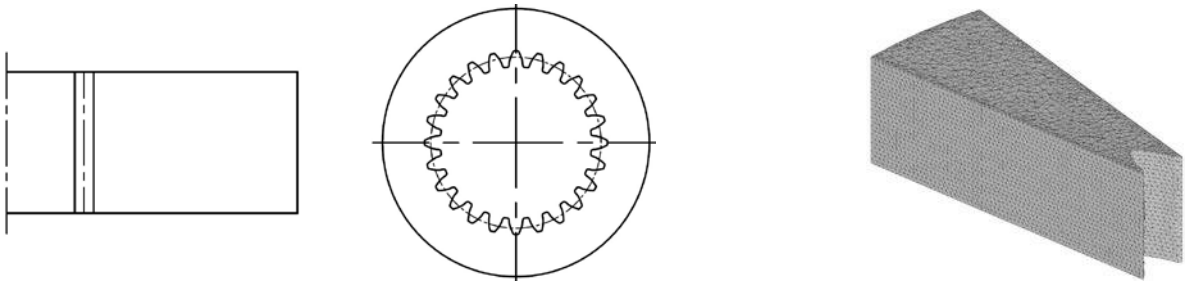


Figure 3. FEM of Symmetric Spur Gear Model.

2.3 Asymmetric Spur Gear Die Modelling

For the asymmetric gear die model, a single tooth which has 33 pressure angle for drive side and 22 pressure angle for coast side was designed. Similar to the symmetric spur gear die, the height of the die (H) was 100 mm, the object type of material was elastic. 220000 tetrahedral elements mesh were generated. Symmetry plane boundary condition applied to the both side of the die. The die was fixed in z-direction and a uniform internal pressure (620 MPa) was applied to die from 20% to 100% of its height. The outside pressure was zero. The geometry and the 3d FE model of the die are shown in Figure 4.

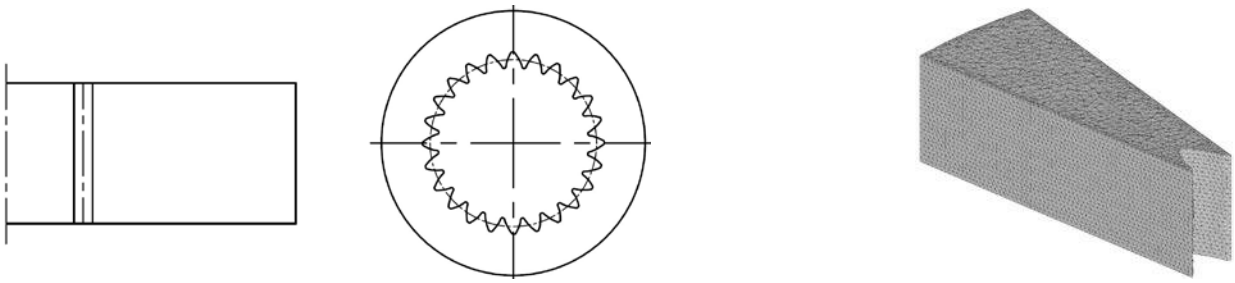


Figure 4. FEM of Asymmetric Spur Gear Model

3. FEM Validation

In order to validate DEFORM 3D model, the resulting stresses of a hollow cylinder obtained from FE model and the analytical approach (Lame Equations) were compared. For this purpose, a uniform internal pressure (620 MPa) was applied to the all internal surface of the cylindrical die. The type of the material was selected as elastic. The result of the DEFORM 3D and Lame's Equations were compared in terms of radial and tangential stresses are shown in Figure 5. The results of DEFORM 3D and Lame's Equations are in well agreement as seen in the figure.

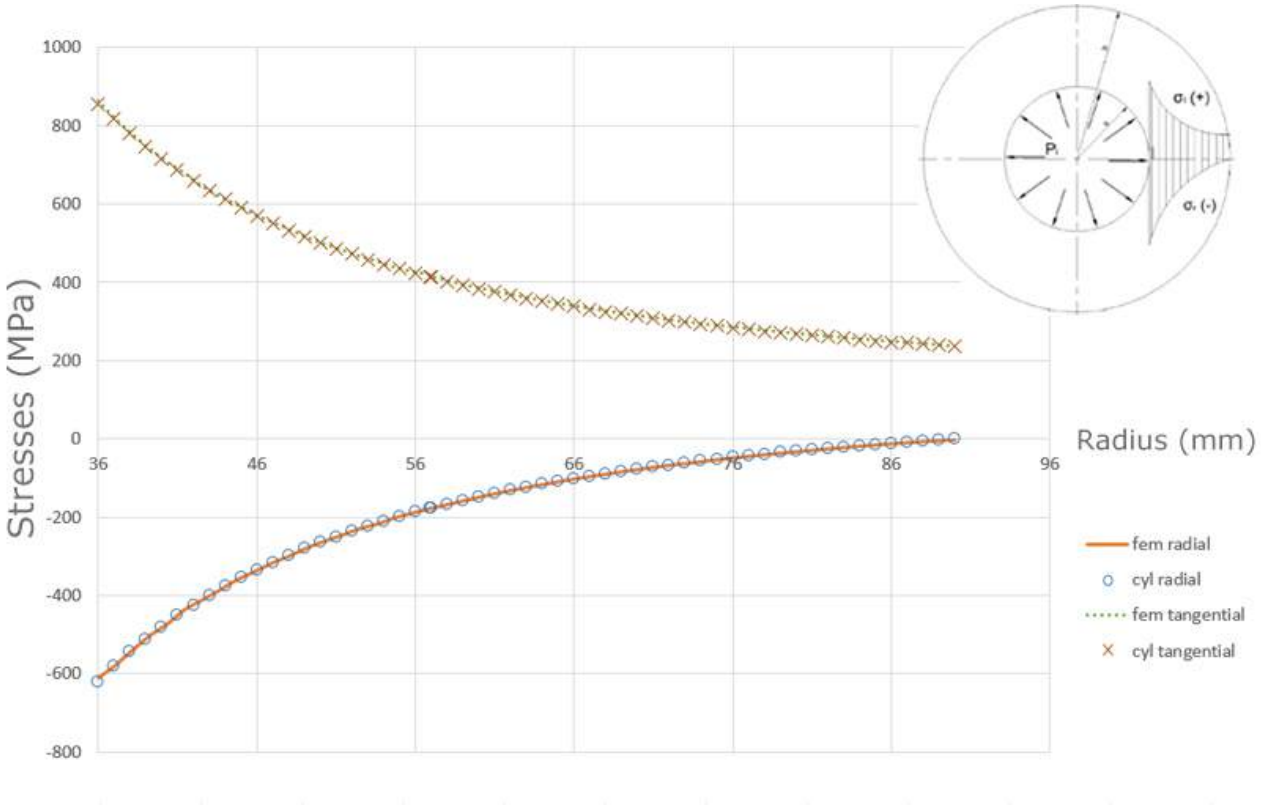


Figure 5. Comparison of Results of Lame's Equations and Finite Element Model.

4. Results and Discussion

The equivalent (Von Mises) stress distribution from result of the FE simulations for cylindrical and symmetric gear and asymmetric gear dies were presented in Figures 6-8, respectively. The maximum equivalent stress is at the inner radius of the cylinder and the stresses gradually (concentrically) reduced towards to outer radius. In symmetrical gear die, due to gear tooth geometry, the tip of the tooth is subjected to the maximum stress and it is symmetrical in both tip of the tooth. For asymmetric gear, although the maximum stress encountered on the tooth tip, it is not same on the drive and the coast sides. But the difference is small and it is due to the pressure angle (flank shape) difference in an asymmetric gear tooth. The value of maximum equivalent stresses is higher in gear shaped dies than the cylindrical one and asymmetric gear die is encountered to the highest stresses.

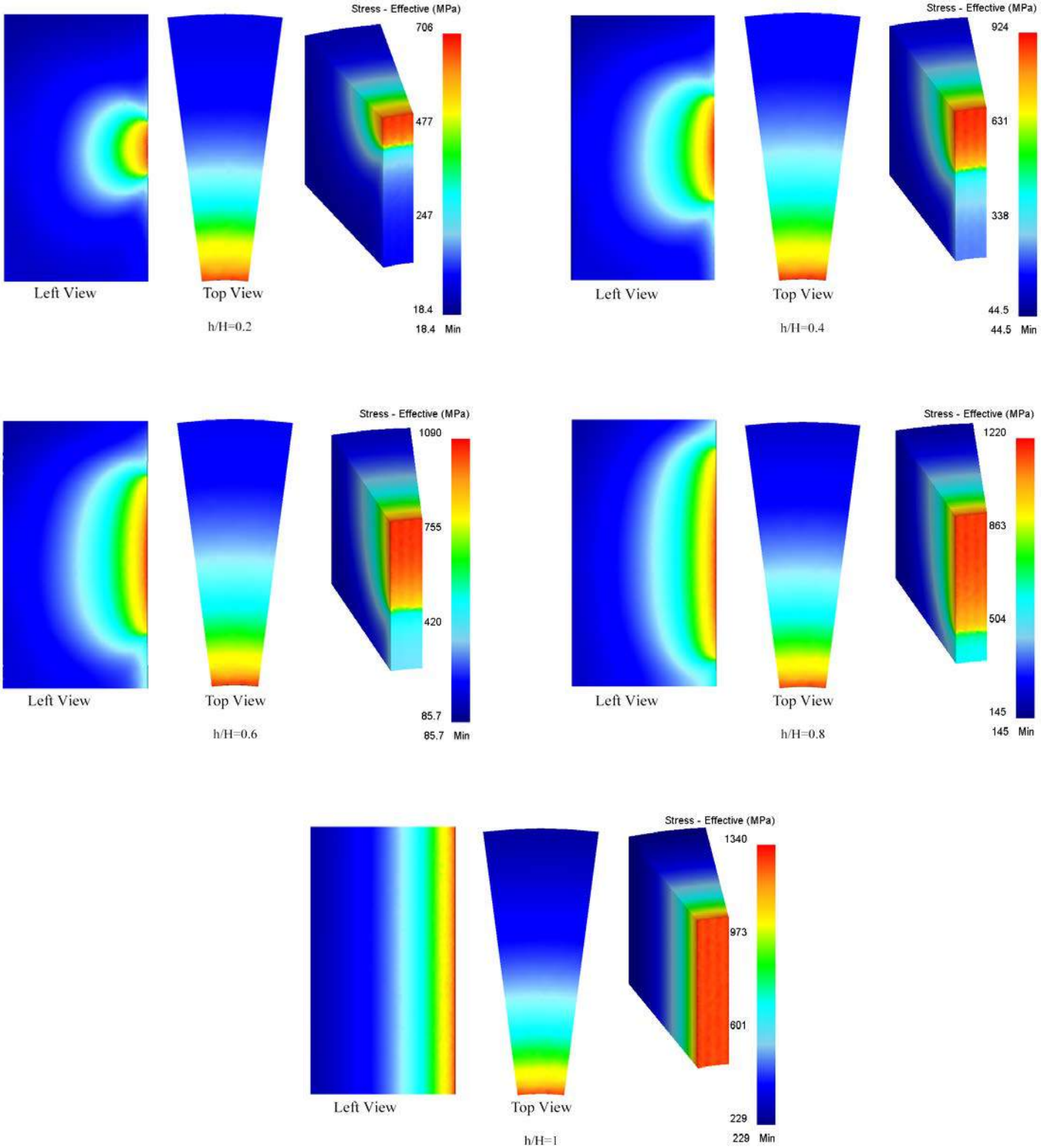


Figure 6. Effective Stresses on Cylindrical Die

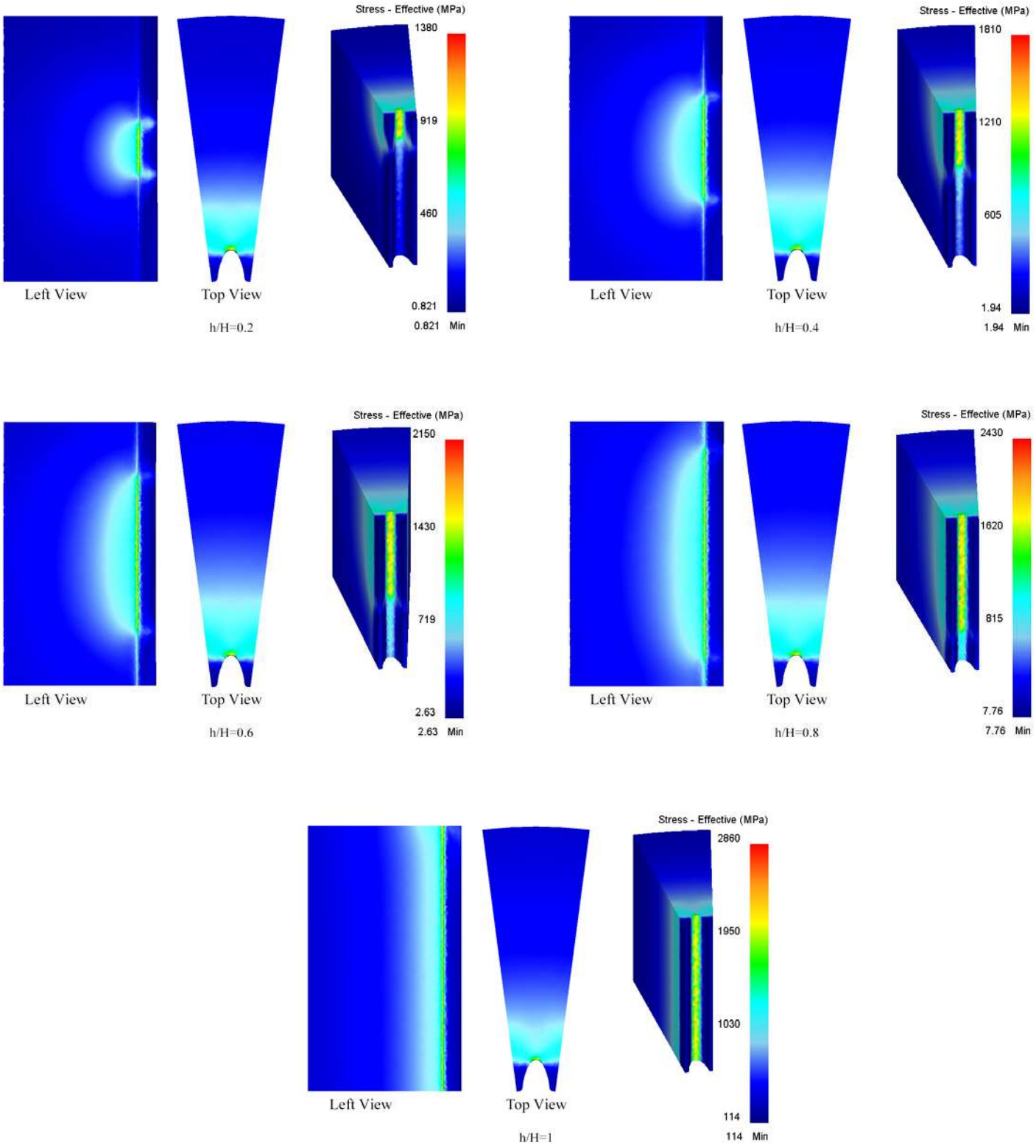


Figure 7. Effective Stresses on Symmetric Spur Gear

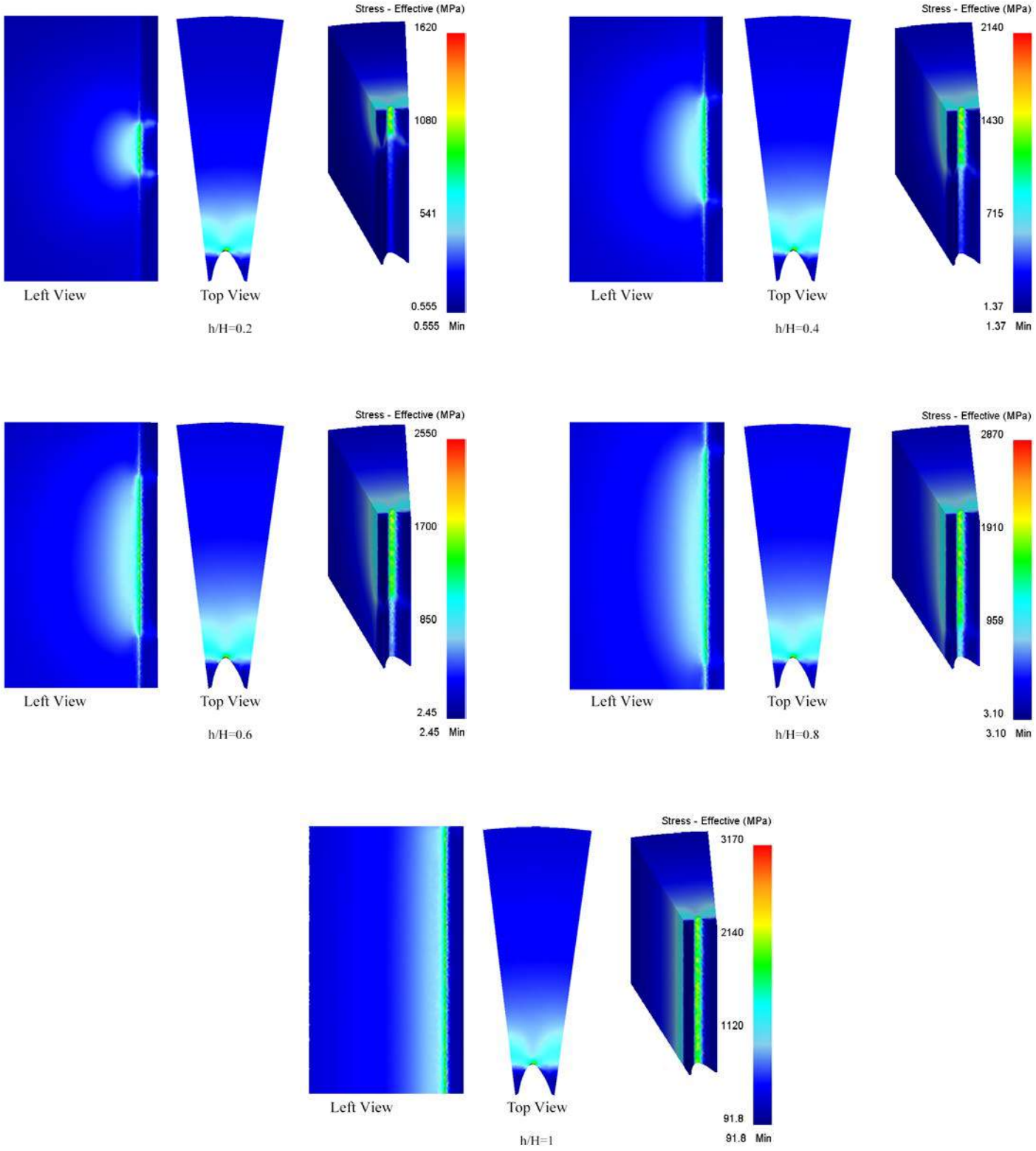


Figure 8. Effective Stresses on Asymmetric Spur Gear

The maximum effective stress to inner pressure ratio (σ_e/P_i) is plotted with respect to height ratio h/H in Figure 9 to show the effect of partially applied pressure on the die surface. For all dies (cylindrical, symmetric gear and asymmetric gear), σ_e/P_i ratio is linearly increasing with increasing h/H. The maximum effective stress for the inner pressure applied to 20% (h/H=0.2) of the die is 706 MPa and it is increasing to 1340 MPa for fully pressurized die. The results show that the maximum effective stresses encountered on gear dies (both symmetric and asymmetric) are always higher than the yield strength of the die material even for 20% (h/H=0.2) of the is loaded. This result is validates the previous studies of Eyercioglu at al [12,13] and show that the cylindrical approach (Lame Equations) is not adequate for gear forging die design.

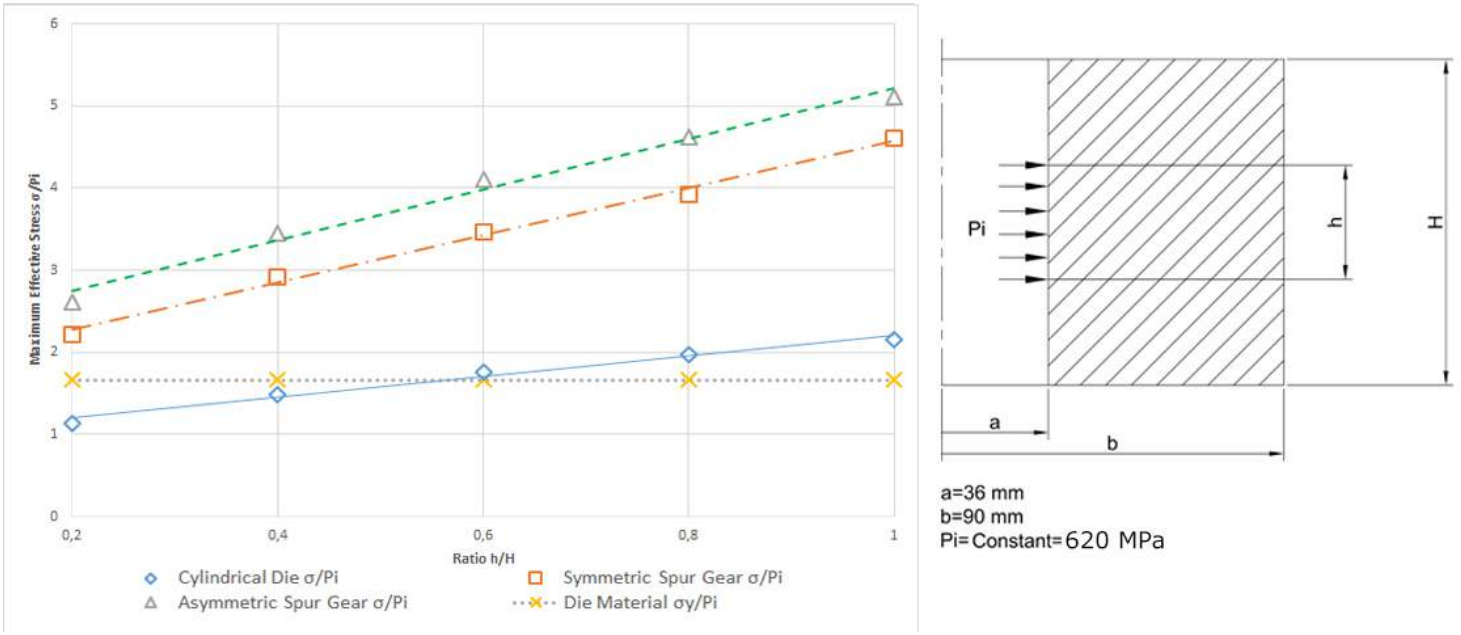


Figure 9. Stresses in partially loaded dies.

5. Conclusions

- From the results of the study the following can be concluded;
- The 3D finite element model of cylindrical die is in the well agreement with the Lame's Equations,
- The partially loaded die has subjected to lower stresses than the fully loaded one and the maximum effective stresses are linearly increasing with increasing pressurized area (h/H),
- The value of maximum equivalent stresses is higher in gear shaped dies than the cylindrical one and asymmetric gear die is encountered to the highest stresses.
- In symmetrical gear die, due to gear tooth geometry, the tip of the tooth is subjected to the maximum stress and it is symmetrical in both tip of the tooth.
- For asymmetric gear, although the maximum stress encountered on the tooth tip, it is not same on the drive and the coast sides. But the difference is small and it is due to the pressure angle (flank shape) difference in an asymmetric gear tooth.
- The cylindrical approach (Lame Equations) is not adequate for gear forging die design.

6. Acknowledgements

The authors would like to thank The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK Grant No: MAG – 217M063) for its financial support.

7. References

1. Hyoji Yoshimura, Katsuhisa Tanaka. 2000. Precision forging of aluminum and steel. Journal of Materials Processing Technology, 98 , pp. 196-204
2. Eyercioglu, O.; Walton, D.; Dean, T.A. 1997. Comparative bending fatigue strength of precision forged spur gears. Proceedings of IMechE Part-C Journal of Mechanical Engineering Science 21: 4: 293-299.
3. Eyercioglu, O., Dean, T.A., Walton, D., 1994. Dimensional accuracy of hot precision forged spur gears. In: Fawcett, J.N. (Ed.). Proceedings of the International Gearing Conference. Newcastle Upon Tyne, pp. 285–290.
4. Eyercioglu, O., Dean, T.A., Walton, D. 1996. Precision Forging of Gears. 7th Int. Machine Design and Production Conference
5. Eyercioglu, O. Precision Forging of Asymmetric Spur Gears TUBİTAK- MAG 217M063.
6. Eyercioglu, O., Dean, T.A., 1997. Design and manufacture of precision gear forging dies., Proceedings of the CIRP International Conference on Design and Production of Dies and Molds. Istanbul, Turkey, pp. 311–316.
7. Vazquez, V. , Altan, T. 2000. Die design for flashless forging of complex parts. Journal of Materials Processing Technology, 98 , pp. 81-89
8. Eyercioglu, O., Dean, T.A. 1997. Design and Manufacture of Precision Gear Forging Dies. CIRP International Conference on Design and Production of Dies and Molds
9. Yılmaz, N.F., Eyercioglu, O. 2008. Knowledge based reverse engineering tool for near net shape axisymmetric forging die design. MECHANIKA
10. Yılmaz, N.F., Eyercioglu, O. 2003. Application of UBET in the Prediction of Forging Load for Axisymmetric Forging. Inter. Journal of Advanced Manufacturing Systems
11. Lame, G.. 1837. Sur les surfaces isothermes dans les corps solides homog ’enes en ‘ equilibre de temp ‘ erature,. J. math. Pure appl. 2,147-183
12. Eyercioglu, O., Kutuk, M.A., Yilmaz, N.F. 2009. Shrink fit design for precision gear forging dies. Journal of Materials Processing Technology 209 pp 2186–2194
13. Kutuk, M.A., Eyercioglu, O., Yildirim, N., Akpolat, A., 2003. Finite element analysis of a cylindrical approach for shrink fit precision gear forging dies. J. Mech. Eng. Sci. 217, 677–685.

Asimetrik Dişli Dövme Kalıbının Aşındırıcı Akışkan ile İşlenmesi

Abrasive Flow Machining of Asymmetric Spur Gear Forging Die

Prof. Dr. Omer Eyercioglu[1]
Doç. Dr. Kursat Gov[2]
Adem Aksoy[3]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[2]Uçak Ve Uzay Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,

Özet

Aşındırıcı Akışkanla İşleme (AAİ) hassas parçaların yüzey işlemesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, asimetrik düz dişli dövme kalıbının parlatılmasında AAİ işlemi uygulanmıştır. AISI H13'ten yapılmış kalıp bir stok olarak sertleştirilmiş ve temperlenmiş ve asimetrik dişli profili tel elektro erozyon ile kesilmiştir. Kalıbın yüzey kalitesi, (AAİ) çevrim sayısına göre belirlenmiştir. Sonuçlar, asimetrik düz dişli kalıbında, tel elektro erozyon sırasında oluşan beyaz tabakanın AAİ kullanılarak başarıyla kaldırıldığını göstermektedir. Beyaz tabakanın kürecikleri ilk AFM çevriminde kaldırılmış ve beyaz tabakanın ortalama kalınlığı azaltılmıştır. Dördüncü çevrim sonunda beyaz tabaka tamamen kaldırılmıştır. Yüzey pürüzlülük değeri, çevrim sayısıyla azalmıştır. Yüzey iyileştirmesi ilk AAİ çevriminde daha iyidir ve kademeli olarak belli bir seviyeye kadar azalmaktadır. Yüzeyin diş kalınlığı yönündeki son yüzey pürüzlülüğü, aşındırıcı ortamın akışının, akış yönüne paralel olması nedeniyle, evolvent profili yönünden daha iyidir.

Anahtar kelimeler:

Aşındırıcı akışkanla işleme, yüzey parlatma, Dişli dövme kalıbı, elektro erozyon, asimetrik dişli

Abstract

Abrasive Flow Machining (AFM) is utilized for surface finishing of the precision parts. In the present study, AFM process is applied to finishing of an asymmetric spur gear forging die. The die made of AISI H13 was hardened and tempered as a stock and the asymmetric gear profile was cut by wire electrical discharge machine (WEDM). The surface quality of the die was determined with respect to the number of AFM cycles. The results show that the white layer formed during WEDM is successfully removed by using AFM for asymmetric spur gear forging die. The globules of the white layer were removed in the first AFM cycle and the average thickness of the white layer was reduced. The layer was totally eliminated after four cycles. The surface roughness value decreased with increasing in number of cycles. The surface improvement is better in the first AFM cycle and gradually saturated to a certain level. The final surface roughness along facewidth is better than involute profile direction because the flow of abrasive media is parallel to the facewidth direction.

Keywords:

Abrasive flow machining, Surface Finishing, Gear Forging Die, Electro Erosion, Asymmetric gear

1. Introduction

Abrasive flow machining (AFM) is a specialized non-conventional finishing process which uses abrasive media to improve the surface quality of the surfaces. The AFM process can be successfully applied to the aerospace, aircraft, medical, and other precision manufacturing areas. In AFM process, the pressurized abrasive media passes inner surfaces of the die to reach the desired surface quality. AFM method can be used in different types of materials.

In the AFM, there are parameters to define the process which are classified as AFM process parameters, abrasive media parameters and workpiece parameters. Number of passes, media pressure, media flow speed, and machining time are named as AFM process parameters. Media viscosity, abrasive material type, abrasive mesh size and its concentration are abrasive media parameters. The type of material (metallic and non-metallic etc.), the shape, the hardness and the pre-machining process of the workpiece are named as workpiece parameters for AFM process.

Rhodes et al. carried out an experimental study on AFM process and described the process parameters as extrusion pressure, speed of the abrasive media, volume of the abrasive media, types of abrasive, which affects the finishing of workpiece [1]. Jain et al. applied a detailed experimental study which effects on performance parameters to explore the main AFM parameters such as number of passes, pressure, velocity, mesh sizes, abrasive concentrations and work-piece materials[2]. This researches show that effective AFM process parameters are abrasive concentration in media, abrasive mesh size, number of passes and media flow speed in the order of high level to lower. From to the study of Jain et al. suggested a theoretical model for AFM process which has acceptable differences with the experimental results [3]. In another research by Jain et al., which is about AFM media parameters, they showed that media viscosity is dependent on the abrasive concentration, the abrasive mesh size and temperature. Viscosity is directly proportional to the abrasive concentration and inversely proportional to the abrasive mesh and temperature. They also found that high viscosity provide higher material removal rate (MRR) and better surface quality, i. e., less roughness [4].

Polyborosiloxane is used as polymeric carrier for abrasive media in a study Flether and Fioravanti who studied the rheology of the abrasive media. They proved that the abrasive concentration is more effective parameter than mesh size and polymeric carrier. The temperature of the process is very effective on machining efficiency of abrasive media. They concluded that when abrasive concentration is increased, the media thermal conductivity is increased. The surface heat transfer coefficient is directly related to the abrasive media concentration [5]. Agrawal *et al*. studied with the polyborosiloxane as polymeric carrier for abrasive media. The properties were predicted as viscosity, creep compliance and bulk modulus [6]. Gorana *et al*. experienced with silly-putty and silicon carbide (SiC) as abrasive media. The forces acting on the surfaces were measured during the finishing process. The results show the effect of the abrasive media parameters on the surface roughness [7]. Loveless *et al*. performed an experimentation which the AFM process on the various machined surfaces obtained from grinding, milling, turning, and WEDM operations. The results show that the best improvement in the surface quality was obtained on the WEDMed surfaces [8]. Eyercioglu et al. designed a simple set up on a turning machine to perform abrasive flow machining [9]. Gov K, studied on the abrasive flow machining of EDMed surfaces and showed that the white layer on the EDM cut surfaces were successfully eliminated after few cycles [10]. Gov et al. carried out a work on Ti-6Al - 4V alloy to show the effect of AFM parameters [11]. The effects of material hardness on the AFM process was shown by Gov et al. and they found that AFM process has better performance on the hardest work-piece which three level hardened AISI D2 tool steel [12]. The effects of abrasive types on the surface integrity of abrasive flow machined surfaces were also shown by Gov et al. [13].

Precision forging gives form to an initial billet, which can be used directly as a part needs little or no further finishing processes. Orientation of the grains or fibers, which form the outline of the product during the forging process, helps improve the mechanical properties of the final forged part, imparting increased strength, ductility, and resistance to the impact and fatigue of the metal [14]. Gear fabrication with precision forging has started with relatively easy bevel gears and has been successfully applied in recent years to spur and helical gears. There are many studies that show the superiority of gears manufactured with precision forging in terms of strength and cost [15-17]. It is predicted that if asymmetric gears are used in helicopter gearboxes and gear pumps, significant advantages can be obtained compared to standard gears. The load shearing ratio and pressure angle of asymmetric gears are achieved at higher levels than standard gears and have very advantageous results in unidirectional rotating systems. However, due to the profile geometry of the asymmetric gears, the production with the conventional thread cutting method limits the design of the profile. Recent studies in this area have shown that asymmetric profiles designed independently from the cutting tool are more efficient. The precision forging method enables manufacturing of complex profiles and therefore the flexibility of the gear profile to be produced would be advantageous in the use of precision forging in asymmetric gear manufacturing. However, there is a need to improve forging die and process design so that precision forging technology can be applied to asymmetric gears [18].

In the present study, AFM process is applied to finishing of an asymmetric spur gear forging die. The die was hardened and tempered as a stock and the asymmetric gear profile was cut by wire electrical discharge machine (WEDM). The surface quality of the die was determined with respect to the number of AFM cycles.

2. Experimental works

2.1 Experimental set-up

In this study, a two-way AF machine that has two vertically opposed chambers was used (shown in Figure 1). The machine consists of a main frame, hydraulic unit, electronic control unit and heating-cooling unit. The specifications of the machine are given in Table 1. The hydraulic unit ensures adequate movement and media pressure that can be automatically configured. The control system is designed to control the volume of abrasive media and the number of cycles. One cycle in two-way AFM is composed of reciprocating motion of forward and backward of the piston ram in the media cylinder. Thus, cycle time depends on the piston speed and one cycle in the experimental study takes 2 minutes.

TABLE 1. ABRASIVE FLOW MACHINE

Machine Specifications	
Hydraulic pressure	10-400 bar
Media capacity	6 liters
Stroke	400 mm
Bore diameter	140 mm

Figure 1. Two-way abrasive flow machine

2.2 Workpiece material

The experiments were performed on an asymmetric gear forging die. The die material is AISI H13 hot work tool steel and the chemical composition and the EDX spectrum are given in Table 2 and figure 2, respectively. The cylindrical die block is 90 mm in diameter and 50 mm in height. The asymmetric gear profile has 33^0 pressure angles for drive side and 22^0 pressure angles for coast side was designed (see figure 3). The die block was oil quenched and tempered at 675°C to obtain HRC 35. The asymmetric gear tooth profile was cut by using wire electro discharge machine (WEDM). Four die set were produced and they were cut after experiments to observe the surfaces. The surface roughness values of the gear surfaces of the dies were measured before and after AFM.

TABLE 2. CHEMICAL COMPOSITION OF DIE MATERIAL

Element	Weight %
Carbon C	0.4
Chromium Cr	5.2
Iron Fe	91
Molybdenum Mo	1.4
Silicon Si	1.0
Vanadium V	1.0

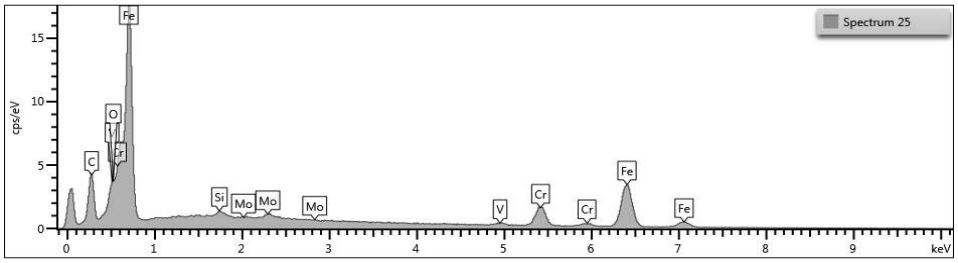


Figure 2. EDX Spectrum of the die material

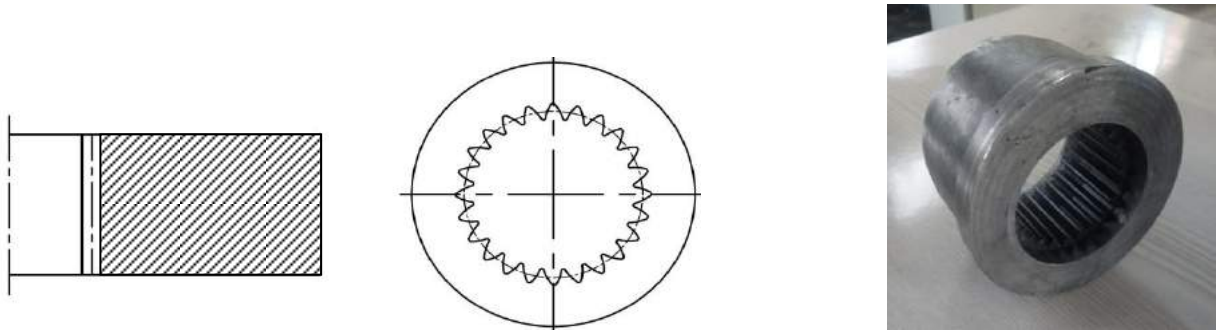


Figure 3. The asymmetric gear forging die

2.3 Abrasive media

The abrasive media that were prepared for the present study is a mixture of polymeric carrier, silicon carbide (SiC) abrasive particles, and 10% of hydraulic oil. The polymeric carrier has specific gravity of 1.0 (at 25^0 C) and viscosity about 60 Pas. 240 mesh size silicon carbide (SiC) abrasives of 60% ratio by weight were used. However, the common definition of the percentage abrasive concentration is given by: weight of abrasive particles x 100/ (weight of abrasive media). Before performing the experiments, the abrasive media is run for 3–5 cycles with a trial workpiece, so as to get uniform mixing.

2.4 Experimental procedure

The WEDM cut asymmetric gear forging dies were machined by using the abrasive media described in Section 2.3 on the AFM machine (see Figure 1). The die is placed between the pistons by clamping unit of the machine. The experiments were carried out for 1, 4 and 9 cycles. The AFM pressure was 10 MPa and flow rate was 3 litres/min. Number of cycles, abrasive mesh size and abrasive concentration were taken as AFM parameters as given in Table 3. The surface roughness values were measured after 1, 4 and 9 cycles were measured along the facewidth and involute profile of the gear die by using Mitutoyo SJ 401 surface measuring machine, with the cut off length 0.8 mm. The measurements are repeated for three times in each condition and the averages of them were taken. The metallographic observations were carried out to evaluate the white layer which was formed during WEDM cutting. The SEM views of the surfaces were also taken by Zeiss Gemini SEM 300.

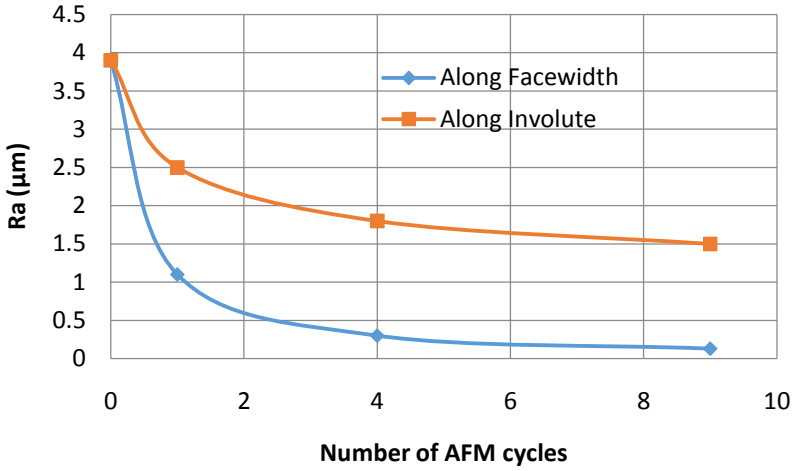
TABLE 2. EXPERIMENTAL PARAMETERS

Variable Parameters	
Number Of Passes	1, 4, 9
Constant Parameters	
Abrasive Mesh Size	240
Abrasive Type	SiC
Abrasive Concentration	60 %wt.
Abrasive Media Speed	400 mm/min

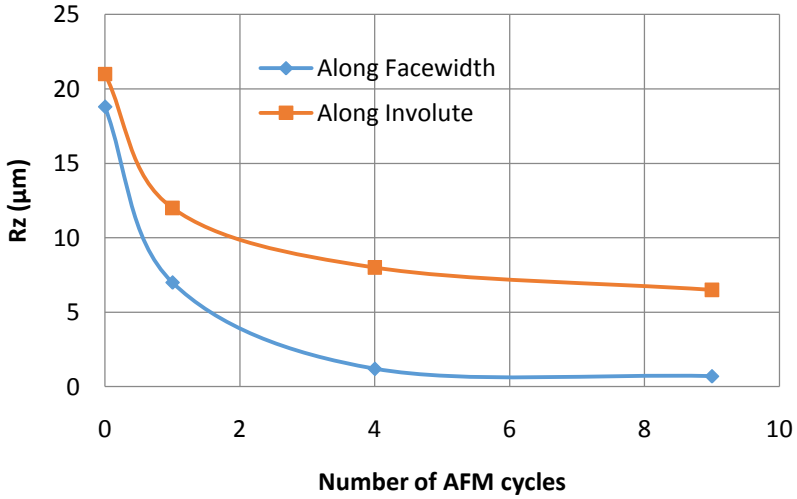
3. Results and discussion

3.1 Measurements of surface roughness

As seen from the Figure 4, the surface roughness value decreased with increasing in number of cycles. The surface improvement is better in the first AFM cycles and gradually saturated to a certain level. The initial surface roughness values along the facewidth of the gear surface are Ra = 3.9 µm and Rz = 18.8 µm respectively. The Ra values are gradually reduced to 1.1 µm, 0.3 µm and 0.13 µm after 1, 4 and 9 cycles, respectively. Similarly, the Rz values are reduced to 7.0 µm, 1.2 µm and 0.7 µm after 1, 4 and 9 cycles, respectively. The measurements along the involute profile (perpendicular to facewidth) have similar trends. The initial surface roughness values along the facewidth of the gear surface are Ra = 3.9 µm and Rz = 21.0 µm respectively. The Ra values are gradually reduced to 2.5 µm, 1.8 µm and 1.5 µm after 1, 4 and 9 cycles, respectively. Similarly, the Rz values are reduced to 12 µm, 8 µm and 6.5 µm after 1, 4 and 9 cycles, respectively. The final surface roughness along facewidth is better than involute profile direction because the flow of abrasive media is parallel to the facewidth direction.



(a)



(b)

Figure 4. Surface roughness values on gear die tooth a) Ra (µm) and b) Rz (µm)

3.2 Evaluation of White layer

Due to the nature of the WEDM process, the EDMed surface is unlike that produced by any traditional machining process; it is characterized by globules and random debris of re-deposited and recast material. The high temperature changes the metallurgy of the material. The region affected by these thermal changes is referred to as the heat-affected zone (HAZ). The HAZ is included of a recast layer (white layer) of material that has been melted and re-solidified at the surface, white layer that is harder than the original material; contains micro cracks(Rhoades 1996). The white layer thickness formed on the gear die surface after WEDM cutting is shown in figure 5. The recast layer contains holes and the globules which are quenched and sticked on the cut surface. The average thickness of the white layer was measured as 8 µm on the die surface after WEDM cutting. The peek points (the globules) of the white layer was removed in the first AFM cycle ant the average thickness of it reduced to 2 µm. The layer was totally eliminated after 4 cycles as seen in figure 5.

The SEM images were taken from the involute surfaces of the gear die and shown in figure 6. The removal of the globules and debris is observed and the ploughing of the surface is clear. The stretch marks are along the facewidth direction which is parallel to the AFM media flow.

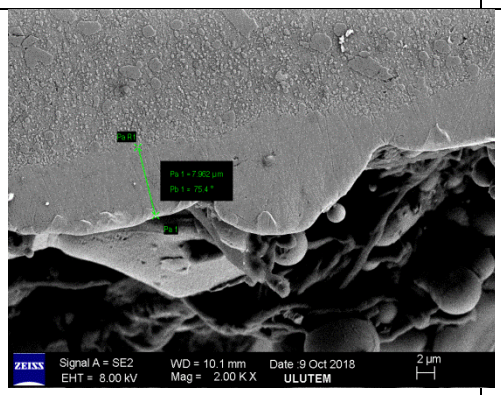
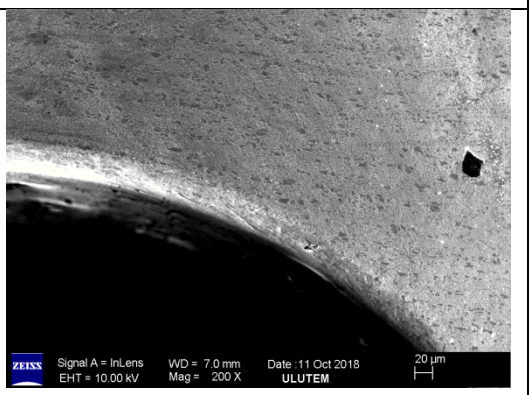
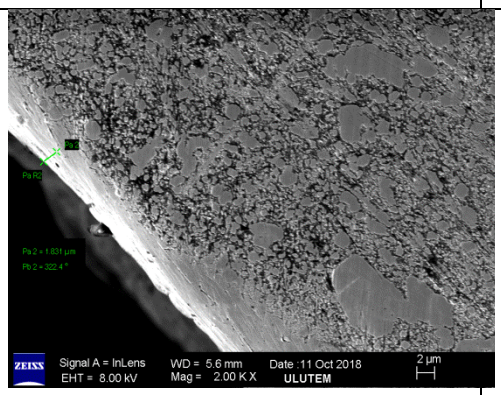
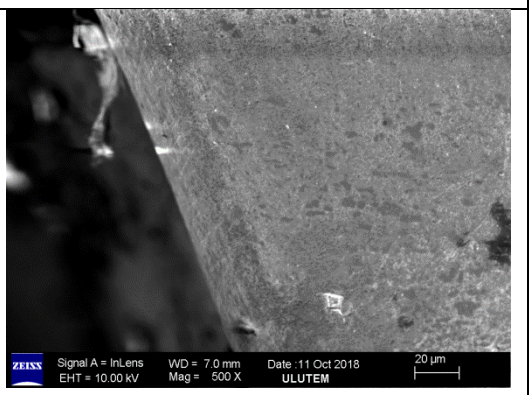
Cycle	WLT	Cycle	
0		4	
1		9	

Figure 5. Removing of white layer during AFM

4. Conclusions

The effect of the AFM process on asymmetric spur gear forging die were investigated. From the experimental results, the following conclusions can be made:

- The white layer formed during WEDM is successfully removed by using AFM for asymmetric spur gear forging die. The results of SEM images of surface and the sectional views are in well agreement. The peek points (the globules) of the white layer was removed in the first AFM cycle and the average thickness of it reduced to 2 µm. The layer was totally eliminated after 4 cycles.
- The surface roughness value decreased with increasing in number of cycles. The surface improvement is better in the first AFM cycle and gradually saturated to a certain level. The final surface roughness along facewidth is better than involute profile direction because the flow of abrasive media is parallel to the facewidth direction.

5. Acknowledgements

The authors would like to thank The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK Grant No: MAG – 217M063) for its financial support.

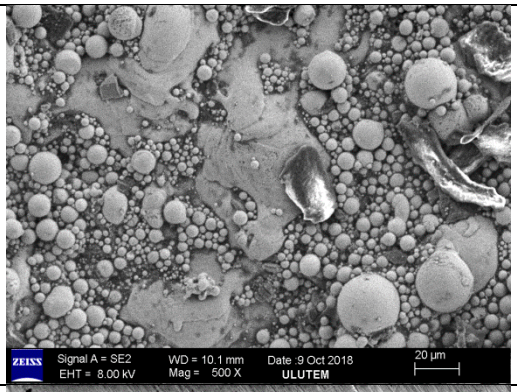
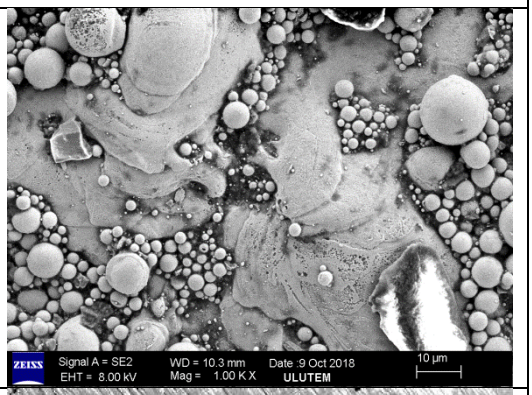
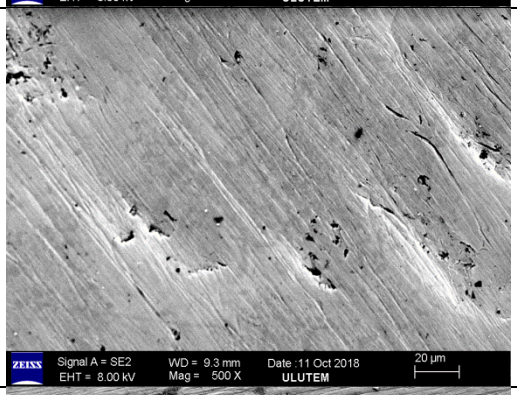
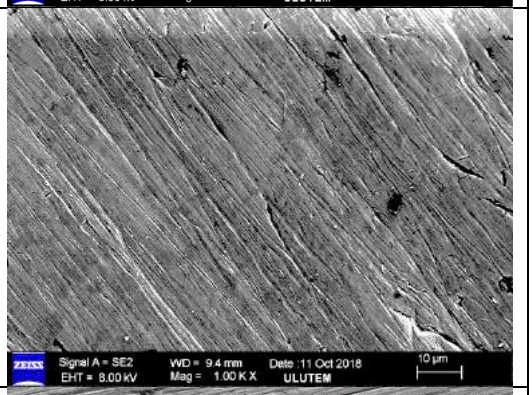
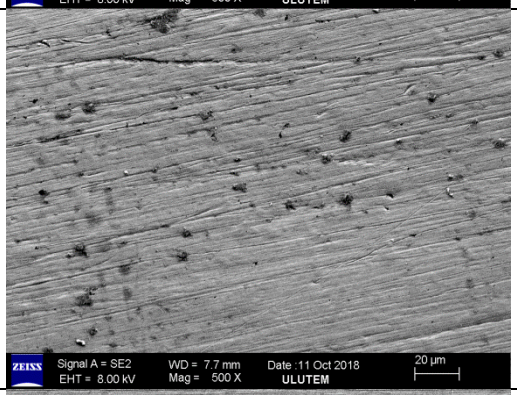
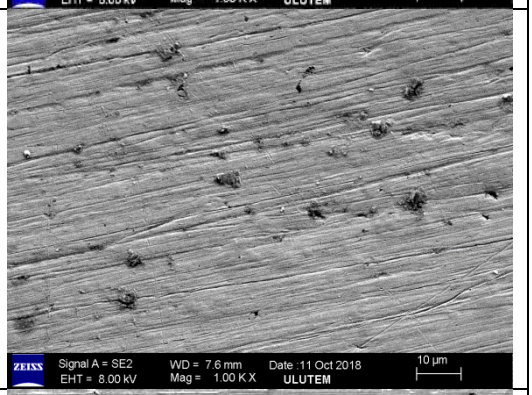
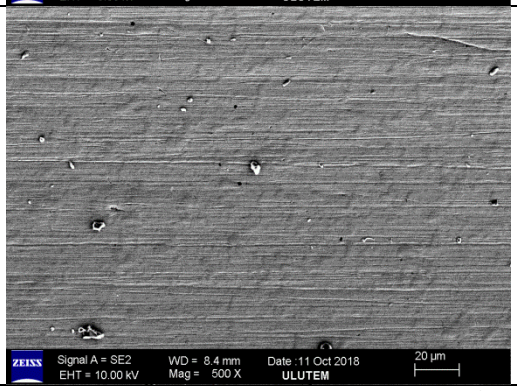
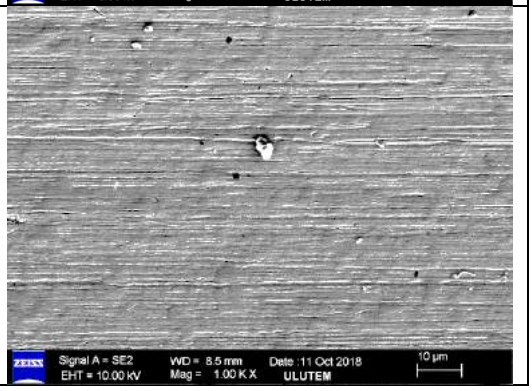
Cycle	500x	1000x
0		
1		
4		
9		

Figure 6. SEM images of AFM process of surface

6. References

[1]. Rhoades, L. J. (1991). "Abrasive flow machining: a case study." *Journal of Materials Processing Technology* 28(1-2): 107-116.

[2]. Jain, V. K. and S. G. Adsul (2000). "Experimental investigations into abrasive flow machining (AFM)." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 40(7): 1003-1021.

[3]. Jain, R. K. and V. K. Jain (2003). "Finite element simulation of abrasive flow machining." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 217(12): 1723-1736

[4]. Jain, V. K., C. Ranganatha and K. Muralidhar (2001). "Evaluatıon of Rheologıcal Propertıes of Medıum for AFM Process." *Machining Science and Technology* 5(2): 151-170.

[5]. Fletcher, A. J. and A. Fioravanti (1996). "Polishing and Honing Processes: An Investigation of the Thermal Properties of Mixtures of Polyborosiloxane and Silicon Carbide Abrasive." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science* 210(3): 255-265.

[6]. Agrawal, A., V. Jain and K. Muralidhar (2005). "Experimental determination of viscosity of abrasive flow machining media." *International Journal of Manufacturing Technology and Management* 7(2): 142-156.

[7]. Gorana, V. K., V. K. Jain and G. K. Lal (2004). "Experimental investigation into cutting forces and active grain density during abrasive flow machining." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 44(2): 201-211.

[8]. Loveless, T. R., R. E. Williams and K. P. Rajurkar (1994). "A study of the effects of abrasive-flow finishing on various machined surfaces." *Journal of Materials Processing Technology* 47(1–2): 133-151.

[9]. Eyercioglu, O, Yilmaz, N. F. and Dereli, T., "Aşındırıcı Akışkanla Yüzey İşleme TİMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi," TİMAK-Tasarım İmalat Analiz Kongresi, Balıkesir, 2006.

[10]. Gov K ,Abrasive Flow Machining of EDMed Surfaces, Ph. D. Thesis, Gaziantep University, Institute of Science >Mechanical Engineering, 20142014.

[11]. Gov K., Eyercioglu O. (2017). "Abrasive Flow Machining of Ti-6AL-4V" International Science and Technology Conference: 2146-7382

[12]. Gov, K., O. Eyercioglu and M. V. Cakir (2013). "Hardness Effects on Abrasive Flow Machining." Journal of Mechanical Engineering 59(10): 626-631

[13]. Gov, K., O. Eyercioglu, "Effects of abrasive types on the surface integrity of abrasive flow machined surfaces," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, vol. 232, no. 6, pp. 1044–1053, Aug. 2016.

[14]. Yoshimura,H. and Tanaka, K. 2000. Precision forging of aluminum and steel. Journal of Materials Processing Technology, 98, pp. 196-204

[15]. Eyercioglu, O.; Walton, D.; Dean, T.A. 1997. Comparative bending fatigue strength of precision forged spur gears. Proceedings of IMechE Part-C Journal of Mechanical Engineering Science 21: 4: 293-299.

[16]. Eyercioglu, O., Dean, T.A., Walton, D., 1994. Dimensional accuracy of hot precision forged spur gears. In: Fawcett, J.N. (Ed.). Proceedings of the International Gearing Conference. Newcastle Upon Tyne, pp. 285–290.

[17]. Eyercioglu, O., Dean, T.A., Walton, D. 1996. Precision Forging of Gears. 7th Int. Machine Design and Production Conference.

[18]. Eyercioglu, O. Precision Forging of Asymmetric Spur Gears TUBİTAK- MAG 217M063.

Özet

Tıbbi atık, sağlık ünitelerindeki işlemler sırasında ortaya çıkan enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici atıklardan oluşan atıkların genel ifadesidir. Tıbbi atıklar çeşitli sağlık kuruluşlarında oluşmaktadır. Hastanelerden, kliniklerden ve doktor muayenehanelerinden çıkan çeşitli atıklar ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturur. Bu atıkların, özel koşullarda saklanıp taşınması ve belirli işlemden geçirilerek yok edilmesi gerekir. Tıbbi atıkların farklı bertaraf yöntemleri vardır. Bunlar Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne (TAKY) uygun olarak belirlenir ve bertaraf edilir. Bu çalışmada, Adıyaman merkezinde bulunan 2 adet devlet ve 2 adet de özel hastane olmak üzere toplam 4 hastanede oluşan tıbbi atıkların tespit edilmesi ve bertaraf yöntemleri araştırılmıştır. Araştırmanın yapıldığı sağlık kuruluşlarından 2016 yılında oluşan yıllık tıbbi atık miktarı 271.996 kg, 2017 (Ocak-Mayıs) döneminde oluşan tıbbi atık miktarı ise 147.615 kg olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler:

Atık; tıbbi atık; bertaraf; hastane; sağlık.

Adıyaman İl Merkezinde Bulunan Hastanelerde Tıbbi Atıkların İncelenmesi

Investigation of Medical Wastes in Hospitals in Adıyaman Province

Harun TÜRKMENLER[1]
Hakan Mehmet ÇAKIR[1]
Tuba ULUM[1]
M.Fatih DİLEKOĞLU[2]
Mustafa ASLAN[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Abstract

Medical waste, health units during the process of emerging infectious, pathological, cutter-for general waste wastes piercing expression. Consists of various health institutions of medical waste. It is a danger to human health and various wastes from hospitals, clinics and doctor's practice. These wastes must be stored and transported in special conditions and disposed of by specific treatment. There are different methods of medical waste disposal. These are determined and disposed of in accordance with the Regulation on Control of Medical Wastes. In this study, the detection and disposal methods of medical wastes in 4 hospitals in Adıyaman and 2 state and 2 private hospitals were investigated. The amount of medical waste generated by the health care facilities in 2016 was 271996 kg and the amount of medical waste generated in 2017 (January-May) was 147615 kg.

Keywords:

Waste; medical waste; disposal; health; hospital.

1. Giriş

Tıbbi atıkların topluma ve çevreye verdiği zararlardan dolayı ciddi potansiyel tehlike oluşturduğu çok açıktır. Bu yüzden tıbbi atıkların gelişi güzel çevreye atılmadan kaynağında toplanması, taşınması ve bertarafının sağlanması gereklidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gelişmekte olan ülkelerdeki hastanelerin basitleştirilmiş bir sınıflandırma kullanmalarını tavsiye etmektedir. Bu sınıflandırma şu şekildedir: Genel atıklar, Kesiciler, Kimyasal ve ilaç atıkları, Enfeksiyon oluşturan atıklar, Diğer tehlikeli tıbbi atıklar (WHO, 2000).

Dünya Sağlık Örgütü tarafından gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalarda sağlık kuruluşlarında oluşan atıkların kompozisyonu ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

%80'i evsel atık yönetim sistemi ile işlenebilen genel tıbbi atıklar,

%15'i patolojik ve enfekte atık,

%1'i kesici atık, %3'ü kimyasal ve farmasötik atık,

%1'den daha azı radyoaktif veya sitotoksik atık, basınçlı kaplar veya kırık termometreler ve kullanılmış piller gibi özel atıklar (WHO, 2000).

Bilindiği üzere sağlık çalışanları risk altındadır. Temizlik çalışanlarının da sağlık çalışanları gibi risk grubunda olmaları nedeniyle HBV 'ye karşı bağışıklık kazanmaları önerilmektedir. Ülkemizde temizlik çalışanları ile yapılan bir çalışmada HBV 'ye karşı aşılı olanların oranı sadece % 23.1 (Balcı ve ark, 2005), bir başka çalışmada ise aşılanma oranı % 61 (Terzi ve ark, 2009) olarak bulunmuştur.

Gelişmekte olan ülkelere çevre politikaları konusunda yardımcı olan ve çevreye duyarlı kalkınma yöntemleri öneren BM kuruluşu olan bu kurum 1992 yılında dünya da atık yönetimi için Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme Konferansı'nda kabul edilmiş olan bir dizi önlemler almıştır. Bu önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Atık üretiminin önlenmesi, azaltılması ve mümkün olan en ileri düzeyde tekrar kullanımı,
- Atıkların ve geri dönüşümünün sağlanması ve uygun yöntemlerle bertarafı,
- İşlenerek elde edilen atıklara tekrar kullanım olanağı yaratmak,

- Enfekte ve tehlikeli atıkların uygun teknoloji kullanılarak zararsız hale getirilmesi,
- İşlemlerden sonra geriye kalan artık maddelerin düzenli depolama tesislerinde depolanması.

Günümüzde tıbbi atıkların bertarafı otoklavlama (buhar ile sterilizasyon şeklinde yapılmaktadır.) Buhar ile yapılan otoklav işleminin fiziksel şartları tıbbi malzemelerin sterilizasyon işleminden farklıdır. Temas için gerekli minimum süreler, uygulanan sıcaklık, atıkların nem miktarı ve buharın atıklara sızabilmesi (penetrasyonu) gibi faktörlere bağlıdır. Araştırmalar, düşük miktarlardaki atıklar için (yaklaşık olarak 5–8 kg) bilinen tüm bitkisel kökenli mikro-organizmaların ve pek çok bakteri sporlarının etkin olarak aktivite d ışı bırakılabilmeleri için 60 dakikalık bir süreye 121°C (minimum) sıcaklık ile 1 bar (100 KPa) basınca gereksinim duyulacağını olduğunu göstermiştir. Bu koşullar, atıklara buharın tam olarak penetre etmesine olanak vermektedir (WHO, 1999).

Otoklavlama metodu geri dönüştürülebilir atıklar için büyük ölçüde kullanılmakta fakat bunun yanında kemoterapik, farmokolojik, laboratuvar ve patoloji atıklarının bazı tiplerinin işlemden geçirilmesi için tavsiye edilmemektedir (Esmen ve ark, 2008).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansının tıbbi atık tanımına göre; insanların ya da hayvanların tanı tedavi ve aşılama işlemlerinden, tıbbi araştırmalardan biyolojik materyallerin incelenmesinden oluşan herhangi bir katı atık olarak tanımlanmaktadır (EPA, 1998).

Bu çalışmada, Adıyaman merkezinde bulunan 2 adet devlet ve 2 adet de özel hastane olmak üzere toplam 4 hastanede oluşan tıbbi atıkların tespit edilmesi ve bertaraf yöntemleri araştırılmıştır. Araştırmanın yapıldığı sağlık kuruluşlarından 2016 yılında oluşan yıllık tıbbi atık miktarı 271.996 kg, 2017 (Ocak-Mayıs) döneminde oluşan tıbbi atık miktarı ise 147.615 kg olarak bulunmuştur.

2. Yöntem

Çalışma kapsamında ilk önce Adıyaman İli merkezinde bulunan hastaneler belirlenmiştir. Belirlenen bu hastaneler sırasıyla; Adıyaman Üniversitesi 400 Yataklı Devlet Hastanesi, Adıyaman Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, Gözde Hastanesi ve Park Hospital'dir. Bu hastanelerde ortaya çıkan tıbbi atıkların yıllık atık miktarları, İl Sağlık Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve kurum ziyaretleri esnasında yetkili kişiler aracılığıyla tespit edilmiştir. Detaylı çalışma olarak Adıyaman ilinde bulunda hastanelerin tümünde hastanelerin yıllık atık miktarları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1'de Adıyaman il merkezinde bulunan hastanelerdeki yatak sayısı verilmiştir. Araştırmanın yapıldığı sağlık kuruluşlarındaki toplam yatak sayısı 890 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada Adıyaman ilinin merkezinde belirlenen sağlık kuruluşlarının 2016-2017 yılları arasında bulunan tıbbi atık miktarları, belirli aylarda (Ocak-Mayıs) kg cinsinden Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı sağlık kuruluşlarından 2016 yılında oluşan yıllık tıbbi atık miktarı 271.996 kg iken 2017 (Ocak-Mayıs) döneminde oluşan tıbbi atık miktarı 147.615 kg'dır. Günlük yatak başına düşen atık miktarları belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, günlük çıkan tıbbi atık miktarı 2016 yılı için 0.837 kg/yatak/gün, 2017 (Ocak-Mayıs) dönemi için ise 1.10 kg/yatak/gün olarak bulunmuştur.

2017 (Ocak-Mayıs) döneminde kg/yatak/gün olarak bulunan sonucun 2016 yılına göre fazla çıkmasının nedeninin Eğitim ve Araştırma Hastanesinin yeni yerine taşındığı dönemdeki karışıklıktan dolayı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca tıbbi atık poşetlerine evsel atığın da atıldığı gözlemlenmiştir.

TABLO I. ADIYAMAN İL MERKEZINDE BULUNAN HASTANELER

Sağlık kuruluşunun adı	Yatak sayısı (2017)
Adıyaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi	470
Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	227
Park Hospital	86
Gözde Hastanesi	107

TABLO II. ADIYAMAN İL MERKEZİNDE BULUNAN HASTANELERİN YILLIK TIBBİ ATIK MİKTARLARI

Sağlık Kuruluşu	2016	2017 (Ocak-Mayıs)
Adıyaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi	177830 Kg	105493 Kg
Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	50378 Kg	27182 Kg
Park Hospital	32624 Kg	10248 Kg
Gözde Hastanesi	11164 Kg	4692 Kg

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalarda sağlık kuruluşlarında oluşan atıkların %15 - % 20'si tıbbi atıkları oluşturmaktadır. ABD de yatak başına düşen hastane atık miktarı 5,84 kg/yatak/gün Hollanda'da ise 4,51 kg/yatak/gün'dür. 1995 yılı verilerine göre ülkemizde hastane atık miktarı 2,39 kg/yatak/gün dür. Hastane atıklarının içerisinde tıbbi atıkların % 15 -20 sinin tıbbi atık olduğunu kabul ederek tıbbi atık miktarları ABD için 0,87 ile 1,16 kg/yatak/gün arasında, Hollanda da bu miktar 0,6 ile 1 kg/yatak/gün arasında değişmektedir (WHO, 1994). Türkiye'de yatak başına tıbbi atık miktarı yaklaşık 0,66 kg' dır (Demirel ve ark, 2002). İstanbul da oluşan atık miktarı ise ortalama 0,63 kg/yatak-gün'dür (Birpınar, 2008).

Tıbbi atıklarla ilgili çalışma yapılan bölgelerde şehirlerin ekonomik yapıları, sağlık kuruluşlarının, teknik donanımları, yatakların doluluk oranları, şehirde bulanan özel dal hastanelerinin yatak kapasiteleri gibi birçok konu yatak başına düşen günlük atık miktarını etkilemektedir. Bu da birçok şehirde hatta ülkede atık miktarları arasında farklılık göstermektedir.

Adıyaman'da tıbbi atık bertaraf tesisi bulunmadığından dolayı toplanan tıbbi atıklar yetkili özel bir firma tarafından toplanarak tıbbi atık toplama ve bertaraf tesisinde sterilizasyon yöntemiyle bertarafı yapılmaktadır. Adıyaman ilinde oluşan tıbbi atıklar Gaziantep ilinde bulunan özel bir firmanın lisanslı taşıma araçlarıyla lisanslı sterilizasyon tesisinde bertaraf edilmektedir.

4. Sonuç

Yerel yönetimler tarafından tıbbi atık yönetimi olması gerektiği biçimde uygulanmaktadır. Yapılan araştırma neticesinde sadece toplama ve bertaraf yöntemleri açısından bir tutarlılık görülmektedir. Oysaki bütüncül bir yaklaşımla tehlikeli atık yönetimi uygulanmalı, sağlığa ve ekonomiye etkilerine ilişkin raporlama aşamasına kadar süreç ilerletilmelidir. Bu noktada yerel yönetimlerin ve sağlık kuruluşlarının zayıf yönleri tespit edilmeli, Sağlık Bakanlığı kanalıyla yerel ölçekte yerel yönetimler ve sağlık merkezleri odaklı biçimde tıbbi atık toplanmasına yönelik projeler hayata geçirilmelidir.

Tıbbi atık yönetimi tehlikeli atık yönetimi şeklinde hastanelerde sağlıklı biçimde uygulanmaya çalışılmaktadır. Özellikle kamu hastanelerinde ve özel hastanelerde artık tıbbi atık toplama ve ayrıştırma işlemlerinin sağlıklı biçimde yerine getirildiğini söylemek mümkündür. Fakat, bundan sonraki aşamada atıkların taşınması ve depolanması, bertaraf edilmesi çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir.

Öte yandan devlet hastanelerinde tıbbi atık yönetimine daha çok dikkat edilmektedir. Özel hastanelerde ise rekabet koşulları ve kalite standartları ile paralel olarak tıbbi atık yönetimi kamu hastanelerine göre daha sıkı denetim ve gözetim altında yürütülmelidir.

Tıbbi atık yönetim süreçleri yerel ölçekte ve sağlık kurumlarında çeşitli sorunları beraberinde taşımaktadır. Mevzuat açısından aşılan sorunlar uygulama açısından yetersiz kalmaktadır. Adıyaman'da kamu ve özel sektör ölçeğinde tıbbi atık yönetimi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak yapılan bu çalışmaların yetersiz olduğu düşünülmektedir. Adıyaman'da tıbbi atık berteraf tesisi bulunmamaktadır. Bölge kalkınma ajansları vasıtasıyla proje imkânlarından da yararlanılarak tıbbi atıklar için bertaraf tesileri kurulabilir.

5. Referanslar

[1] WHO (2000), "Suggested Guiding Principles and Practices for Sound Management of Hazardous Hospital Waste", Dünya Sağlık Örgütü, Güneydoğu Asya Bölge Ofisi,Delhi

[2] Balcı E, Horoz D, Gün İ, Öztürk Y., 2005., "Temizlik işinde çalışan kişilerin temizlik ve sağlık davranışlarının değerlendirilmesi". Erciyes Tıp Dergisi

[3] Terzi Ö, Aker S, Terzi Ö, Sünter TA, Peşken Y., 2009., "Hastane temizlik elemanları ve mesleki enfeksiyon riski". İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi

[4] WHO (1999), "Safe Management of Wastes from Healt-Care Activitie", Dünya Sağlık Örgütü, Cenevre.

[5] Esmen C., Varınca KB., Şengil A.S., Albayrak D., 2008., "Tıbbi Atık Bertaraf Metodu Olarak Otoklav ile Sterilizasyonda Sondan Parçalamalı Sistem Örneği", III. Çevre Sorunları Sempozyumu ÇESKO 2008, İstanbul.

[6] EPA 1998. Waste minimiztion opportunities assessment manual, EPA/625/7- 88/003, Amerika Birleşik Devletleri katı atıklar Çevre Koruma Ajansı, Roma

[7] Birpınar, M. E., Bilgili, M. S., Erdoğan T., 2008. "Medical waste management in Turkey: A case study of İstanbul", journal of waste management, 10.1016;03-15.

[8] WHO 1994. **"**Managing medical wastes in devoloping countries: Report of a consultation on medical wastes management in devoloping countries" WHO/PEP/RUD/94.1, Geneva

Production Planning Decisions with Order Acceptance

Adil BAYKASOĞLU[1]
Burcu KUBUR ÖZBEL[1,2]

[1]Industrial Engineering Department, Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
[2]Industrial Engineering Department, Harran University, Şanlıurfa, Turkey

Özet

Geleneksel üretim planlama modellerinde, kapasite siparişi karşılamak için yeterli ise tüm siparişler reddedilmeden kabul edilebilir. Bununla birlikte, sınırlı kapasite durumunda, siparişler kısmen / tamamen karşılanabilir veya reddedilebilir. Ancak, bazı hedefleri sağlarken, tüm siparişleri yerine getirmek yeterli kapasite ile bile optimal bir yol olmayabilir. Bu nedenle siparişe göre üretim yapan sistemlerde (MTO) entegre sipariş kabulü ve üretim planlama problemi ele alınmıştır. Ele alınan problemin çözümü için, çok amaçlı karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama (MOMINLP) modeli geliştirilmiş ve daha sonra doğrusallaştırma teknikleri kullanılarak model eşdeğer doğrusal bir forma dönüştürülmüştür. Doğrusal model, çok amaçlı optimizasyon yöntemi ε-kısıt ile çözülmüştür. Amaç, toplam satış fiyatını maksimize etmek ve toplam teslim sürelerini en aza indirmektir. Modelin verimliliğini göstermek için test örnekleri oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar cesaret vericidir. Ayrıca, çeşitli parametrelerin model performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Üretim planlama; sipariş kabul; gelir yönetimi; teslim tarihi atama

Abstract

In traditional production planning models, all orders can be accepted without rejection if capacity is enough to satisfy the order. Whereas, in case of limited capacity, orders can be satisfied partially/fully or rejected. However, satisfying all orders may not be an optimal way even with available capacity when fulfilling some objectives. Therefore, we consider integrated order acceptance and production planning problem in make-to-order (MTO) manufacturing environments. To obtain a solution to the given problem, we developed a multi-objective mixed-integer nonlinear programming (MOMINLP) model which is then converted into an equivalent linear form by using linearization techniques. The linear model is solved by ε-constraint method of multi-objective optimization. Objective is to maximize the total selling price and minimize the total due date. To show the efficiency of the model, we generated test instances and obtained results are encouraging. In addition, we assessed effects of various parameters on the model performance.

Keywords:

Production planning; order acceptance; revenue management; due date assignment

1. Introduction

In general, acceptance and rejection decision of orders are not decided at the same time in the production planning problem. At first, orders are accepted according to satisfying some objectives, and then schedule of orders is planned. However, in this way some capacity constraints might be neglected. On the other hand, even capacity constraints were taken into account, still there can be a problem with missing due date of orders. The reason is that without scheduling of accepted orders, completion time cannot be known exactly. Possible outcomes of this situation are losing some customers or suffering some penalty cost values. In these cases, there are some options for firms to accept more orders such as firms may extend their capacities or another option can be negotiation of due date and selling price. Since, there is a trade-off between selling price and due date. Especially small-scale firms can make improvements in managerial and production planning problems instead of investing large amount of capital for extending their capacities. Motivated by this situation, the present paper focuses on two integrated problems: which orders to accept and how to schedule them under unknown due date and selling price variables. We recommend readers to read reference [1] for a comprehensive literature review on order acceptance and scheduling problems.

This rest of the paper is organized as follows. In section 2, the MOMINLP model and its linearization is given. In section 3, the solution approach for solving the model is given. In section 3, results of the computational experiments are presented. The conclusions and outlook for future research appears in Section 4.

2. Method

This section outlines the proposed MOMINLP model for the Order Acceptance and Scheduling (OAS) problem. The aim of this problem is to determine accepted orders and generate a schedule for these orders in order to maximize the total selling price and minimize the total due date.

A. Assumptions

Assumptions of this study are listed as follows:

1. There are triangular sequence-dependent setup times and cost.
2. Preemption and machine break down is not allowed.
3. All parameters are deterministic and it is assumed to be known before the planning period.

B. Sets, Parameters and Decision Variables

Sets, parameters and decision variables are described as follows:

Sets:

I, J : Orders {*i*, *j* ∈ O}

Parameters:

r_i : Release time of order *i*
p_i : Processing time of order *i*
C_i : Completion time of order *i*
$dmin_i$: Minimum due date of order *i*
$dmax_i$: Maximum due date of order *i*
$Emin_i$: Minimum selling price of order i
$Emax_i$: Maximum selling price of order *i*
s_{ij} : Sequence dependent setup time if order *i* precedes order *j*

Decision variables:
e_i : Selling price of order i
d_i : Due date of order i
y_{ij} : 1, if order i precedes order j, $i, j \in O$; 0, otherwise
I_i : 1, if order i is selected, $i \in O$; 0, otherwise

$$Maximize \sum_{i=1}^{n} e_i . I_i \quad (1)$$

$$Minimize \sum_{i=1}^{n} d_i . I_i \quad (2)$$

$s.t.$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n+1} y_{ij} = I_i \qquad \forall i=0,\ldots,n \quad (3)$$

$$\sum_{j=0, j\neq i}^{n} y_{ji} = I_i \qquad \forall i=1,\ldots,n+1 \quad (4)$$

$$C_i+(s_{ij}+p_j).y_{ij}+dmax_i.(y_{ij}-1) \leq C_j \qquad \forall i=0,\ldots,n, \quad \forall j=1,\ldots,n+1, \quad i\neq j \quad (5)$$

$$(r_j+p_j).I_j+s_{ij}.y_{ij} \leq C_j \qquad \forall i=0,\ldots,n, \quad \forall j=1,\ldots,n+1, \quad i\neq j \quad (6)$$

$$C_i \leq d_i \qquad \forall i=1,\ldots,n \quad (7)$$

$$e_i \geq Emin_i \qquad \forall i=1,\ldots,n \quad (8)$$

$$e_i \leq Emax_i \qquad \forall i=1,\ldots,n \quad (9)$$

$$d_i \geq dmin_i \qquad \forall i=1,\ldots,n \quad (10)$$

$$d_i \leq dmax_i \qquad \forall i=1,\ldots,n \quad (11)$$

$$C_0 = 0, C_{n+1} = \max_{i=1,\ldots,n} \{dmax_i\}, \quad (12)$$

$$I_0 = 1, I_{n+1} = 1 \quad (13)$$

$$I_i \in \{0,1\}, y_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i=0,\ldots,n, \quad \forall j=1,\ldots,n+1, \quad i\neq j \quad (14)$$

In this model, we define artificial orders (order *0* and *n+1*) similar to [2]. In the schedule, order *0* is the first place and order *n+1* is the last place in sequence with $r_0, r_{n+1}, p_0, p_{n+1}, dmin_0, dmax_0, Emin_0, Emax_0, Emin_{n+1}, Emax_{n+1}$ being *0*; $dmin_{n+1}, dmax_{n+1}$ takes maximum value of due date of all orders ($\max_{i=1,\ldots,n} \{dmax_i\}$). There are two objective functions in this MOMINLP. Objective function (1) is to maximize total selling price of selected orders. Objective function (1) is non-linear, because of the product of a continuous variable e_i and a binary variable I_i. Objective function (2) is to minimize the total due date. Objective function (2) is non-linear, because of the product of a continuous variable d_i and a binary variable I_i. Constraint sets (3) and (4) is used to satisfy accepted orders and can take only one and at most one place in the sequence and it prevents rejected orders not to take place in the sequence. Constraint set (5) satisfies the completion time of order *j* takes bigger value than the completion time of order *i* in case of order *j* is succeed by order *i*. The difference between the completion time of these orders is sum of the sequence dependent setup time between orders *i* and *j* and the processing time of order *j*. On the other hand, if order *j* is not succeeded by order *i* then this constraint satisfy $C_j \geq 0$. Constraint set (6) calculates the bound of completion time of order *j* if this order is selected and is preceded by order *i* in the sequence then completion time at least bigger than the sum of release and processing time of order *j* and sequence dependent setup time between orders *i* and *j*. If order *i* does not precede order *j*, then the completion time of order *j* has a looser bound which is summation of release time of order *j* and its processing time. If order *j* is not accepted, then this constraint satisfies that $C_j \geq 0$. These constraints enable us to calculate the correct completion times of the orders. Constraint set (7) guarantees that the completion time of all orders must be smaller than their due date. Constraint set (8) expresses the minimum bound of e_i and constraint set (9) expresses the maximum bound of e_i. Constraint set (10) expresses the minimum bound of d_i and constraint set (11) expresses the maximum bound of d_i. Constraint set (12) defines the values of completion times of artificial orders *0* and *n+1*. Constraint set (13) satisfies that the artificial orders *0* and *n+1* is accepted. Finally, constraint set (14) satisfies that the variables I_i and y_{ij} are to be binary variables.

C. The Linearization Method

The traditional linearization method that includes the products of continuous and binary variables is used to transform the MOMINLP into its equivalent linear form as follows: The expression $z = x.y$ where *x* is continuous and *y* is a binary variable. Assume *x* has lower bound x^{lb} and upper bound x^{ub}, then linearization is as follows:

$$\begin{aligned} & x^{lb}y \leq z \leq x^{ub}y \\ & x - x^{ub}(1-y) \leq z \leq x - x^{lb}(1-y) \\ & x - M(1-y) \leq z \leq x + M(1-y) \end{aligned} \quad (15)$$

where big-*M* is very large number. We separately consider each type of non-linearity in the following way:

1) Linearization of the Product of Continuous (e_i) and Binary (I_i) Variables: e_i is a continuous variable and I_i is a binary variable in the non-linear objective function (1). Q_i is defined for the linearization of the objective function (1), Q_i=e_i I_i. If I_i is 1, Q_i takes the value of e_i, otherwise takes the value of *0*. The continuous e_i is bounded below by $Emin_i$ and above by $Emax_i$. The linearization method was applied to the objective function (1). Objective function (16) is a linear form of the objective function (1) with linearization constraint sets (17)-(19).

$$\text{Maximize } \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad (16)$$

$$Emin_i . I_i \le Q_i \le Emax_i . I_i \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (17)$$

$$e_i - Emax_i . (1 - I_i) \le Q_i \le e_i - Emin_i . (1 - I_i) \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (18)$$

$$e_i - M . (1 - I_i) \le Q_i \le e_i + M . (1 - I_i) \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (19)$$

2) Linearization of the Product of Continuous (d_i) and Binary (I_i) Variables: d_i is a continuous variable and I_i is a binary variable in non-linear objective function (2). H_i is defined for the linearization of objective function (2), H_i=d_i I_i. If I_i is 1, H_i takes the value of d_i, otherwise takes the value of *0*. The continuous d_i is bounded below by $dmin_i$ and above by $dmax_i$. The linearization method was applied to the objective function (2). Objective function (20) is a linear form of objective function (2) with linearization constraint sets (21)-(23).

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^{n} H_i \quad (20)$$

$$dmin_i . I_i \le H_i \le dmax_i . I_i \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (21)$$

$$d_i - dmax_i . (1 - I_i) \le H_i \le d_i - dmin_i . (1 - I_i) \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (22)$$

$$d_i - M . (1 - I_i) \le H_i \le d_i + M . (1 - I_i) \qquad \forall i=1,\dots,n \quad (23)$$

D. Solution methodology

ε-Constraint approach [3] is used to solve the proposed two-objective model. In this approach, decision maker select one objective within *m* objective, then remaining objectives are constrained by some allowable values ε_i, $i \in \{1,\dots,m\}$. In this way, the multi-objective problem turns into a single-objective problem where the optimal solution is a Pareto-optimal solution to the multi-objective problem. One advantage of this method is that it is capable to find efficient solutions in a non-convex Pareto curve and other advantages over other methods can be found in [4], [5], [6], [7] and [8].

In mathematical terms, assume Multi-Objective Mathematical Programming (MOMP) problem is considered as problem *P* ([5]) as follows:

$$\text{max/min} \quad (f_1(x), f_2(x),\dots, f_m(x))$$
$$st \quad x \in S \quad (24)$$

where *x* is the decision variables, (f_1(x), f_2(x),…, f_m(x)) are the *m* objective functions and *S* is the feasible solution space. In the ε-constraint method, problem *P* is transformed into problem P_o [9] as follows:

$$\text{max/min} \quad f_1(x)$$
$$st \quad f_2(x) \ge \varepsilon_2 \quad \textit{for max functions,}$$
$$f_3(x) \le \varepsilon_3 \quad \textit{for min functions,}$$
$$\dots \quad (25)$$
$$f_m(x) \ge \varepsilon_m .$$
$$x \in S.$$

Efficient solutions of the problem (25) can be obtained by making parametrical changes in the constrained objective functions (ε_i).

3. Findings and Discussion

Numerical experiments:

A. Test Instances

The test instances are generated similar to the study of [2]. Integer numbers are uniformly distributed in the given intervals: release dates r_i in [0,$\alpha * p_T$] where p_T is the total processing time of all orders; processing time p_i in [1,15]; sequence dependent setup times s_{ij}

in [1,10]; The minimum due date $dmin_i$ in [1,20]. The value of $dmin_i$ should be greater than the sum of the values of processing time, release time and maximum sequence dependent time of order between order *i* and others. The value of $dmax_i$ is obtained from $dmax_i$=$dmin_i$+ $Rdmin_i$; Minimum selling prices $Emin_i$ in [1,15]; The value of $Emax_i$ is obtained from $Emax_i$=$Emin_i$+ $REmin_i$. The value used for α is 0.5 and similar to [10], *R* are 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9. For all possible outcomes of *α* and *R,* 5 test instances generated. In these test instances, we used four different *n* values where *n*=6, 9, 12. Finally, the number of test instances for each *n* is 15.

B. Experiment with MOMILP Model

LINGO 14 is used for the solution in a Windows 8 laptop with Intel Core i5-4210U CPU 1.7 GHz processor and 4 GB RAM and the run time has been limited to 3600s for all LINGO runs. All the test results of the model, which is formed when the second objective is selected for optimization and the first objective is thought as a constraint under ε-constraint method, are shown in Table 1. In addition, Table 1 shows the size of the model for each *n*.

For the problem sizes 12 with some *R* values (*R*=0.5, 0.7, 0.9), optimal solution of the problem cannot be found within the run time limit of 3600s. Results show that, the model can solve small-scale problems optimally. However, this model cannot obtain optimal solutions for large-scale problems due to the complex nature of the model. The reason is that when the *R* value is low, the number of possible values of decision variables is low as well. However, when *R* values is increased, then the number of possible values of decision variables also increases. In addition, as *R* values increased, the maximum due date and the maximum selling price of the orders become larger, and this results higher objective function value.

TABLE I. EXPERIMENT RESULTS FOR DIFFERENT *R* AND *n* VALUES

α=0.5 *n*	*R*	Total selling price	Total due date	Solution Time (CPU seconds)	Constraints	Variables	Binary Variables
	0.1	34	31	0.15			
	0.3	61	49	0.18			
6	0.5	70	49	0.66	171	79	30
	0.7	78	47	1.27			
	0.9	85	49	1.28			
	0.1	50	49	2.94			
	0.3	66	53	5.95			
9	0.5	93	70	44.32	306	145	45
	0.7	116	97	164.35			
	0.9	134	102	368.59			
	0.1	56	60	13.55			
	0.3	71	67	742.87			
12	0.5	99*	87	3600*	477	229	60
	0.7	120*	107	3600*			
	0.9	142*	112	3600*			

*Best solution found within the 3600 s time limit

The graphic which is sum of total selling price and total due date of all different *R* and *n* values is shown in Figure 1.

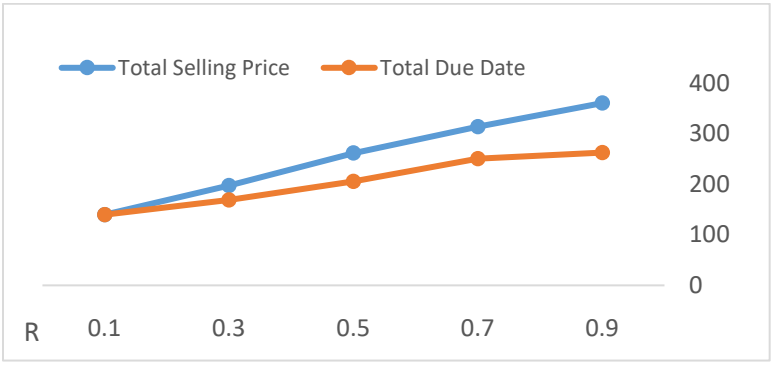


FIGURE 1. Sum of total selling price and total due date of all different *R* and n values of model

There is no general approach to choose a convenient big-*M* value ([11], [12] and [13]). However, used big-*M* value when linearizing the nonlinear model due to the product of bounded continuous variable and binary variable satisfies an upper bound to the continuous variable. If big number is assigned to this value, then search space become very large and in this case, solution time increase. On the contrary, if small number is assigned to this value, then search space may be cut off which force lower bounds larger than they should have. Figure 2, shows the effect of big-*M* value on the size of the model with *n=9*. In Figure 2, there exist 5 possible big-*M* values which are *, 100, 150, 200, 250. Here, * sign takes value of maximum due date and selling price for each order.

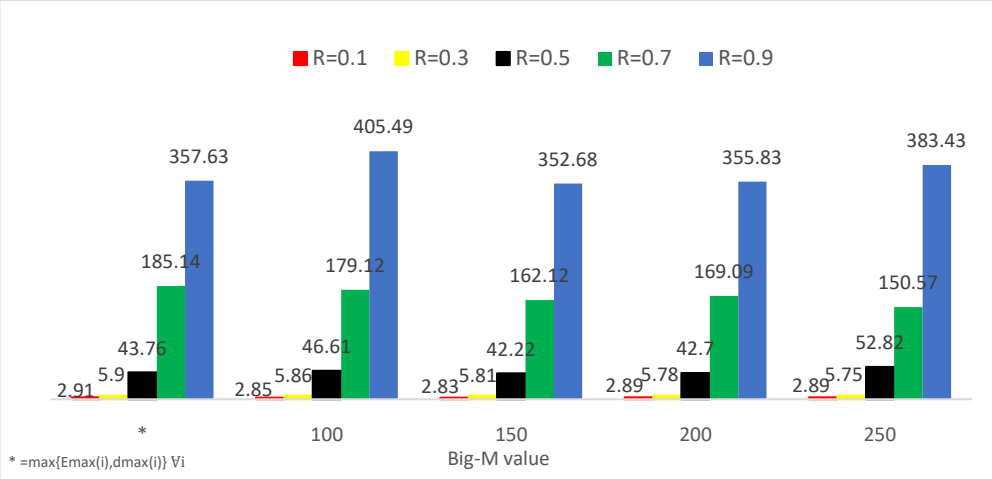


FIGURE 2. Solution time (cpu seconds) with different big-*M* value effect on problem size n=9

Results show that, in small *R* value, computational time is not impacted by variations of big-*M* value. However, with increasing *R* value, computational time can be affective and big-*M* value should be set in the model.

4. Conclusions

In this study, OAS problem is considered in a single machine environment under unknown due date and selling price variables. The contribution of the study is to provide an MOMINLP formulation and its linearization that maximize total selling price and minimize the total due date value for accepted orders. This model is able to reflect flexibility of real life. The reason is that in reality due date and selling price value depend on each other and it is not fixed, although the bound value for both of them can be set.

In future research, meta-heuristics methods should be used in order to work with big size problems. Because the elapsed run time increases in Lingo 14.0 software in order to find the global optimal solution, if the number of order is increased. Future research can also include extending the methodology for multi machine environments which is more realistic and practical. Furthermore, in this study ε-constraint method is used to solve the multi-objective model. In future studies, different multi-objective methods can be employed.

5. References

[1] S.A.Slotnick. 2011. Order acceptance and scheduling: A taxonomy and review. European Journal of Operational Research. 212: 1-11
[2] C.Og, F.S.Salman and Z.B.Yalçın. 2010. Order acceptance and scheduling decisions in make-to-order systems. International Journal of Production Economics, 125: 200-211
[3] Y.Y.Haimes, L.S.Lasdon and D.A.Wismer. 1971. On a bicriterion formulation of the problems of integrated system identification and system optimization. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 3:296-297
[4] M.R.Norouzi, A.Ahmadi, A.E.Nezhad and A.Ghaedi .2014. Mixed integer programming of multi-objective security-constrained hydro/thermal unit commitment. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 29: 911-923
[5] A.Rezvani, M.Gandomkar, M.Izadbakhsh and A.Ahmadi .2015. Environmental/economic scheduling of a micro-grid with renewable energy resources. Journal of Cleaner Production. 87: 216-226
[6] G.Mavrotas .2009. Effective implementation of the ε-constraint method in multi-objective mathematical programming problems. Applied Mathematics and Computation. 213:455-465
[7] R.E. Steuer .1986. Multiple Criteria Optimization, Theory, Computation and Application. Wiley
[8] K. Miettinen .1999. Nonlinear Multiobjective Optimization. International Series in Operations Research and Management Science
[9] C.Vira. and Y.Y. Haimes .1983. Multiobjective decision making: theory and methodology. In North Holland series in system science

and engineering.
[10] C.N.Potts. and L.N.Van Wassenhove .1985. A branch and bound algorithm for the total weighted tardiness problem. Operations Research. 33:363-377
[11] N. Beaumont .1990. An algorithm for disjunctive programs. European Journal of Operational Research. 48: 362–371
[12] G.Codato. and M.Fischetti .2006. Combinatorial Benders' cuts for mixed-integer linear programming. Operations Research. 54:756–766
[13] W.Wei, Y.Liang, F.Liu, S.Mei and F.Tian .2014. Taxing strategies for carbon emissions: A bilevel optimization approach. Energies. 7:2228–2245

Özet

Türkiye'nin son yıllarda ekonomik yönden gelişmesine paralel olarak milli gelirdeki artış ve dolayısıyla halkın alım gücünün artması, taşıt sayısının da hızla artmasına neden olmuştur. Karayollarındaki bu yoğunluk, çeşitli ulaşım ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bu sorunları yaşayan illerimizden birisi de Osmaniye'dir. En fazla trafik probleminin yaşandığı alanlardan biri kent merkezi yerleşim alanının ortasından geçen Adana-Gaziantep/D-400 Devlet Karayoludur. Çok sayıda aracın farklı yerlere ulaşmak için aynı anda bu yolu kullanmak istemesi, ciddi bir trafik problemi oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Osmaniye kent merkezinden geçen D-400 Devlet Karayolu üzerindeki trafik yoğunluğunu arttıran faktörlerin CBS tabanlı analizi, sorunların ortaya konulması ve çözüm önerileri getirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sırasında, iki noktada araç sayımı ve polis uygulama noktalarında şoförlerle anket çalışması yapılmış, arazi kullanım haritaları için bölgeye ait uydu görüntüsü kullanılmıştır. Arazi çalışmalarından elde edilen veriler CBS ortamında analiz edilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar kelimeler:

CBS, Trafik, Karayolu Ulaştırma Hizmetleri, Arazi Kullanımı.

Abstract

In recent years, Turkey's economic direction parallel to the development of the increase in national income and thus increase the people's purchasing power has led to a rapid increase in the number of vehicles. This density along the highways brings with it various transportation and environmental problems. Osmaniye is one of our ills living these problems. One of the areas with the most traffic problems is Adana-Gaziantep / D-400 State Highway which passes through the center of the city center residential area. The fact that a large number of vehicles use this route to reach different locations at the same time is a serious traffic problem. In this study, GIS-based analysis of the factors that increase the traffic intensity on the D-400 State Highway passing through the city center of Osmaniye, aimed to present the problems and suggest solution proposals. During the study, it was applied a vehicle count at two-point and survey work with drivers in police application points on the highway, and the satellite image belonging to the region was used for land use maps. The data obtained from field studies were analyzed in GIS environment and solution proposal was presented.

Keywords:

GIS, Traffic, Road Transportation Services, Land Use.

Osmaniye Kent Merkezinden Geçen D-400 Karayolu Üzerindeki Trafik Yoğunluğunu Arttıran Faktörlerin CBS Tabanlı Analizi

GIS-Based Analysis of Factors That Increase Traffic Intensity on D-400 Highway Passing Through Osmaniye City Center

Nuri ERDEM[1]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye,

1. Giriş

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), gerek sunduğu gelişmiş analizler gerekse özelleştirilebilir yapısı ile birçok alanda etkin olarak kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan birisi de ulaştırma alanıdır. Ulaştırma alanın her aşamasında CBS kullanımı mümkün ve gereklidir. Ülkemizde karayolu taşımacılığı çok yoğun olarak kullanılmaktadır. Karayollarında artan araç sayısı; trafik sıkışıklıkları, gecikmeler ve dolayısıyla maddi kayıpları da beraberinde getirmiştir. Ülkemizde gerek kent içi gerekse şehirlerarası demiryollarının daha etkin ve verimli kullanılması önemlidir. Bu önem nedeni ile de karayollarına yatırımlar arttırılmıştır [1].

Kentlerde yaşayan insanlar haraketli bir hayat tarzı içerisindedir. Bu nedenle bir yerden bir yere ulaşımları için ciddi zaman ve maliyet harcamaları gerekmektedir [2]. Aynı zaman diliminde çok sayıda insan farklı amaçlarla karayollarını kullandıklarından trafikte sıkışmalara neden olmaktadır [3]. Toplu taşıma yerine özel araçların tercih edilmesi de bu yoğunluğu artıran en önemli sebepler arasındadır. Milli gelirdeki artışla birlikte araç sahipliliği oranının yükseltmesi, gelecekte trafik probleminin de katlanarak artacağı anlamına gelmektedir [4].

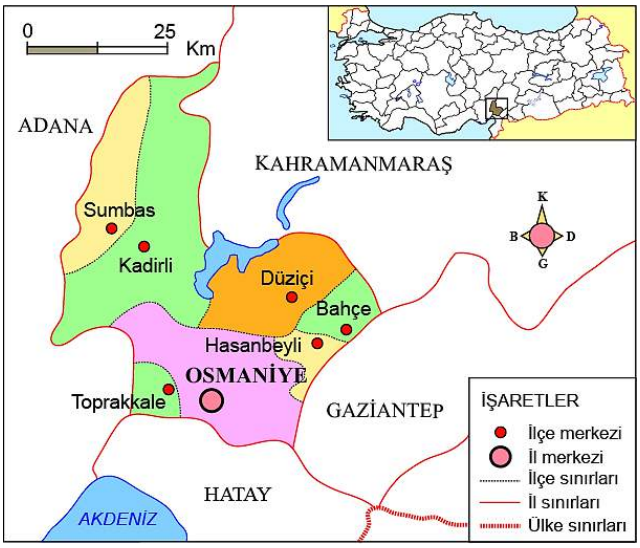
Kent içerisinde yaşanan ulaşım sorunları mevcut arazi kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Çünkü ulaşım ağlarının gelişmesi, kişilerin varmak istedikleri noktalara erişimini kolaylaştırmaktadır. Bu da yeni yaşam alanlarının oluşumunu tetiklemekte; yeni yaşam alanlarının oluşumu da yeni ulaşım hizmetlerinin gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. Bu iki yapı birbirinden bağımsız olarak düşünülemez [4, 5].

2. Osmaniye İli

M.Ö. 3 bin yılından itibaren çeşitli uygarlıklar, devletler ve bazı kavimlere ev sahipliği yapmış bir il olan Osmaniye, Doğu Akdeniz Bölgesinde yer almaktadır. Doğuda Gaziantep, güneyde Hatay, batıda Adana, kuzeyde ise Kahramanmaraş illeri ile çevrilidir. Uluslararası Adana-Gaziantep/D-400 Devlet Karayolu, Gaziantep-Tarsus otoyolu (TEM) ve demiryolunun geçtiği güzergâh binlerce yıldan beri "Maraş Yolu" olarak kullanılmıştır. Bu güzergâh Çukurova ile Doğu/Güneydoğu Anadolu'yu birleştiren

bir köprü olmuştur. Öncesinde Adana'ya bağlı bir ilçe olan Osmaniye, 24.10.1996 tarihinde Türkiye'nin 80. ili olmuştur.

İlin yüzölçümü 3222 km2 olup, İskenderun Körfezi 20 km. mesafededir (Şekil 1). Coğrafi konumu, 35° 52'–36° 42' doğu boylamları ve 36° 57'–37° 45' kuzey enlemleri arasıdır [6]. Osmaniye, bu konumu ile temel ulaşım güzergâhları üzerinde olup, D-400 karayolu ise şehrin ortasından geçmektedir. Osmaniye, Gaziantep, Adana, Hatay yol kavşağında olup Güneydoğunun Akdeniz'e açılan kapısı konumunda olduğundan, sürekli göç almış ve merkez nüfusu 1950 yılında 13.000 iken, İlin nüfus büyüklüğü 2017 değerlerine göre 263.104'e ulaşmıştır [7].



Şekil. 1. Osmaniye İlinin konumu ve ilçeleri

3. Problemin Tanımı

Osmaniye'nin nazım imar planı 1987 yılında onaylandığından 1993 yılına kadar imar planının uygulanması mümkün olmamıştır. Şehrin yerleşim alanı, kent merkezinden geçen D-400 Devlet Karayolu ve çevresinde gelişmiştir. Osmaniye son yıllarda oldukça fazla göç almaktadır. Bunun nedenlerinin başında; ilde yazları sıcak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi hâkim olmasıdır. Yağışlar genelde yağmur şeklindedir. Dolayısıyla maddi durumu iyi olmayan vatandaşlar, soğuk havalarda küçük bir ısıtıcıyla kışı geçirebilmekte, odun ve kömür gerektiren ağır ısınma masraflarından kurtulmaktadır. Osmaniye'deki hızlı nüfus artışı ve kentleşme, ulaşım hizmetleri alanında da olumsuz etkiler yapmaktadır. Bu çerçevede, artan kent nüfusuna paralel olarak ulaşım araçlarındaki artıştan dolayı kent merkezinden geçen Adana-Gaziantep D-400 Devlet Karayolunun kullanımı da artmış, trafiğin en yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde ciddi sıkıntılar yaşanmaktadır.

Birçok şehirde olduğu gibi Osmaniye'nin de en büyük sorunlarından biri ulaşımdır. Osmaniye Belediyesi de yaşanılan trafik sorunlarına çözümler aramaktadır. En fazla trafik probleminin yaşandığı alanlardan biri kent merkezi yerleşim alanından geçen Adana-Gaziantep D-400 Devlet Karayoludur. Bu yolu, sanayi ve tarım ürünlerini taşıyan kamyonlardan insan ulaşımını sağlayan servis ve özel otomobillerine kadar birçok araç kullanmaktadır. Bu kadar çok sayıda ve farklı türde aracın, aynı zaman dilimlerinde bu yolu kullanması ciddi bir trafik yoğunluğu yaşanmasına neden olmaktadır. Diğer mahallelerden gelen araçların D-400 karayoluna doğru yönlendirilmesi de özellikle sabah ve akşam saatlerinde trafiği kilitlemektedir.

Özellikle Kuzey Irak'tan getirilen petrol ve petrol ürünleri ile bölgeye gönderilen sağlık ve tarım ürünlerini taşıyan tırlar yol üzerindeki trafiği daha da arttıran olumsuz faktörlerdir. Diğer bir olumsuzluk etkeni ise, trafiğin yoğun olduğu noktalarda, çevrede bulunan sanayi

ve konut yerleşimlerinden dolayı özellikle tır gibi ağır vasıta araçlar için alternatif olarak kullanılabilecek yolların bulunmamasıdır. Kuzey ve güney çevre yollarının bitirilip trafiğe açılması, D-400 karayolunun Osmaniye kent merkezinden geçen kısmında az da olsa rahatlama sağlamıştır.

4. Metot

Bu çalışma, Adana-Gaziantep D-400 Devlet Karayolunun Osmaniye kent merkezinden geçen kısmındaki trafik yoğunluğunun nedenlerini araştırmak için yapılmıştır. Çalışmanın temelini bölgeye ait uydu görüntüsü kullanılarak oluşturulan arazi kullanım haritası, günün belli saatlerindeki trafik sayımları ve yolun kent merkezine giriş-çıkış yaptığı her iki noktasında sürücülere yönelik uygulanan anket sonuçları oluşturmaktadır. Bölgeye ait uydu görüntüsü kullanılarak çevredeki araziler genel kullanımlar göz önünde bulundurularak sınıflara ayrılmıştır. Bunun için öncelikle yerleşim bölgeleri çok yoğun, az yoğun ve yoğun olmayan şeklinde, diğer arazi kullanımları ise, sanayi ve ticaret bölgeleri, tarımsal alanlar, boş ve kullanılmayan araziler, eğlence ve alış-veriş merkezleri, askeri ve yasak bölgeler olmak üzere toplam 8 ana kullanım sınıfı oluşturulmuştur. Diğer kullanım alanları için de alt sınıflar belirlenmiştir. Sınıflandırma haritası Arcgis 10.3 programı kullanılarak oluşturulmuştur. Raster formatına dönüştürülmüş olan harita üzerinden sınıf alanları hesaplanmış ve mekânsal analizler yapılmıştır.

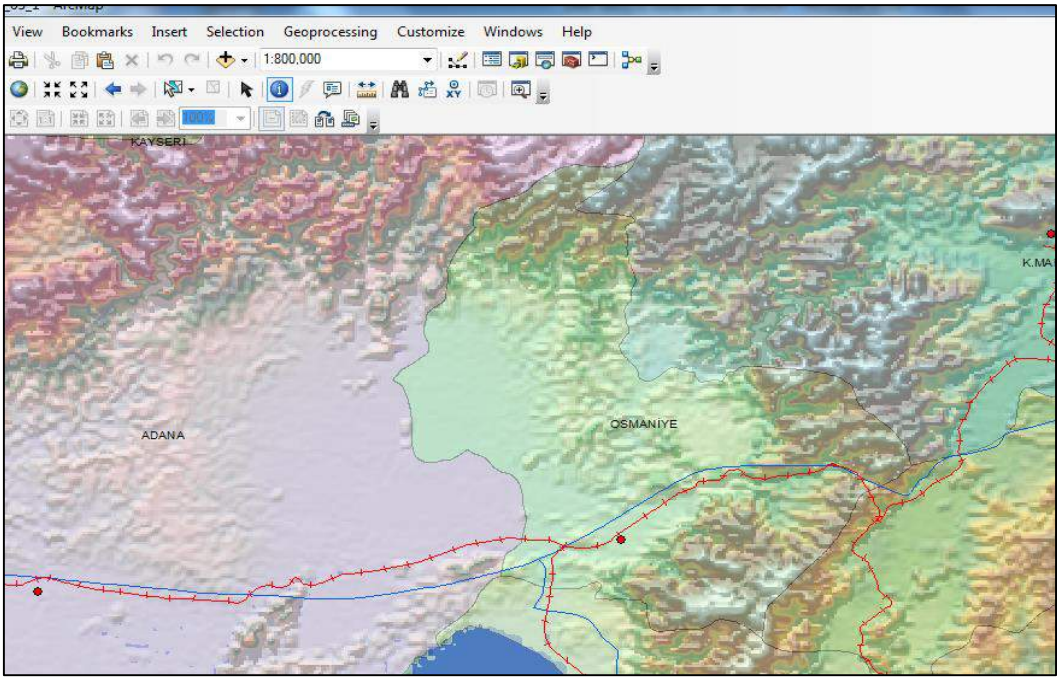
Karayolu üzerindeki geçiş yapan araç sayımları, kentin doğu ve batı kısmındaki kavşak noktaları, kentin doğu (Gaziantep) tarafındaki Bölge Trafik Şubesinin olduğu kavşak ve kentin batı (Adana) tarafındaki Fakıuşağı Kavşağıdır (Şekil 2a). Sabah ve akşam saatlerinde yol üzerindeki trafik yoğunluğu artmaktadır. Bu nedenle araç sayımları daha çok sabah ve akşam saatlerinde yapılmıştır. Öğle arası (12:00 - 13:00) saatlerdeki sayımlar da dikkate alınmıştır. Bu aşamada Osmaniye Emniyet Müdürlüğünün verileri de kullanılmıştır. Yol üzerindeki anket çalışmaları Osmaniye Emniyet Müdürlüğü tarafından yapılan trafik denetleme uygulamaları sırasında ve emniyet mensuplarının kontrolünde yapılmıştır. Çalışmalar öncesinde gerekli izinler alınmış ve Emniyet Müdürlüğü ile koordineli şekilde yürütülmüştür. Yolun kullanımı zaman, yön ve araç tiplerine göre, araçların çeşitleri de otomobil, minibüs ve ağır taşıtlar (kamyon, otobüs vb.) olarak sınıflandırılmıştır. Değişik sınıftaki araç şoförleriyle toplam 153 anket yapılmıştır (Şekil 2b). Anket çalışması haftanın değişik gün ve saatlerinde olmak üzere toplam 10 gün sürmüştür. Elde edilen anket sonuçları excel programında değerlendirilmiş ve görsel grafikler halinde sunulmuştur.

a) Anket yapılan noktalar b) Bölge Trafik Kavşağındaki anket çalışması

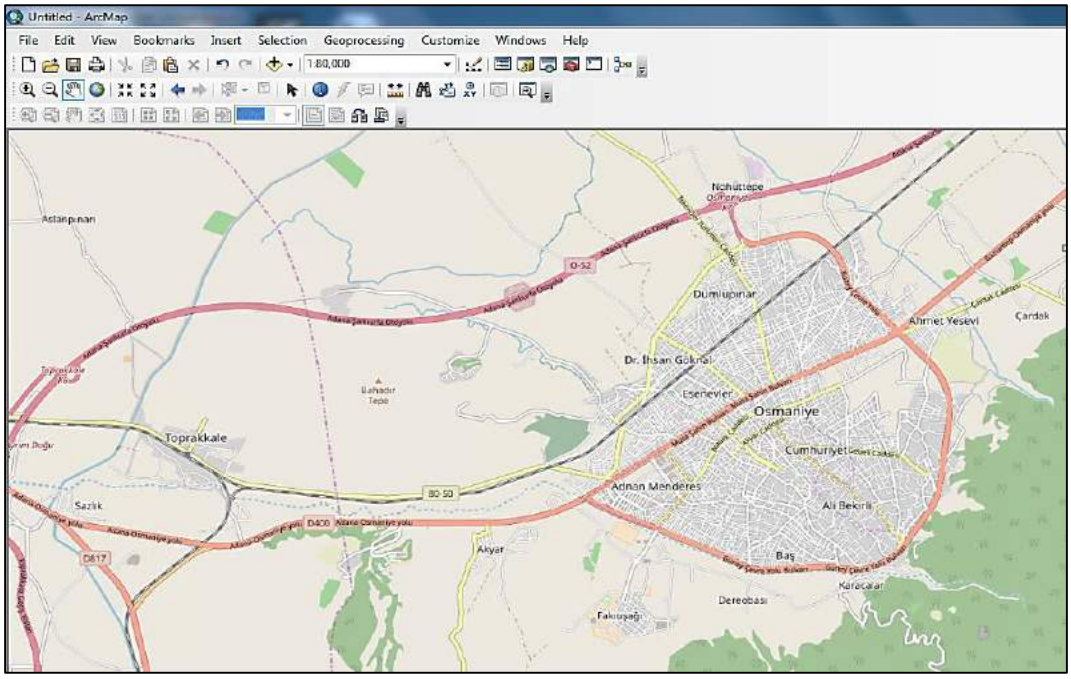
Şekil 2: Şehir merkezinden geçen D-400 karayolu ve anket çalışması yapılan noktalar

5. Değerlendirme

Arcgis programı ortamında çalışma bölgesi ve çevresinin 3B arazi modeli oluşturulmuş, şehrin ortasından geçen D-400 karayolu ve Adana-Gaziantep tren yollarının geçiş güzergâhı işaretlenmiştir (Şekil 3). Etrafı Amanos (Nur) Dağları ile çevrili olan Osmaniye İlinin bu fiziki özelliğinden dolayı diğer illere olan ulaşım imkânları kısıtlıdır. Gerek çevresindeki merkeze bağlı köy ve kasabalar ve gerekse diğer büyük diğer yerleşim alanlarına ulaşım genel olarak bu yoldan geçişlerle sağlanmaktadır. Şehrin etrafını saran kuzey ve güney çevre yoları ile O-52 Adana-Gaziantep otobanı, D-400 karayolu üzerindeki trafik yoğunluğunu nispeten azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Şehir merkezi ve yakın çevresinden geçen bütün bu yollar Arcgis ortamında tanıtılmış, yakın çevre arazi kullanım analizi için altlık oluşturulmuştur (Şekil 4).



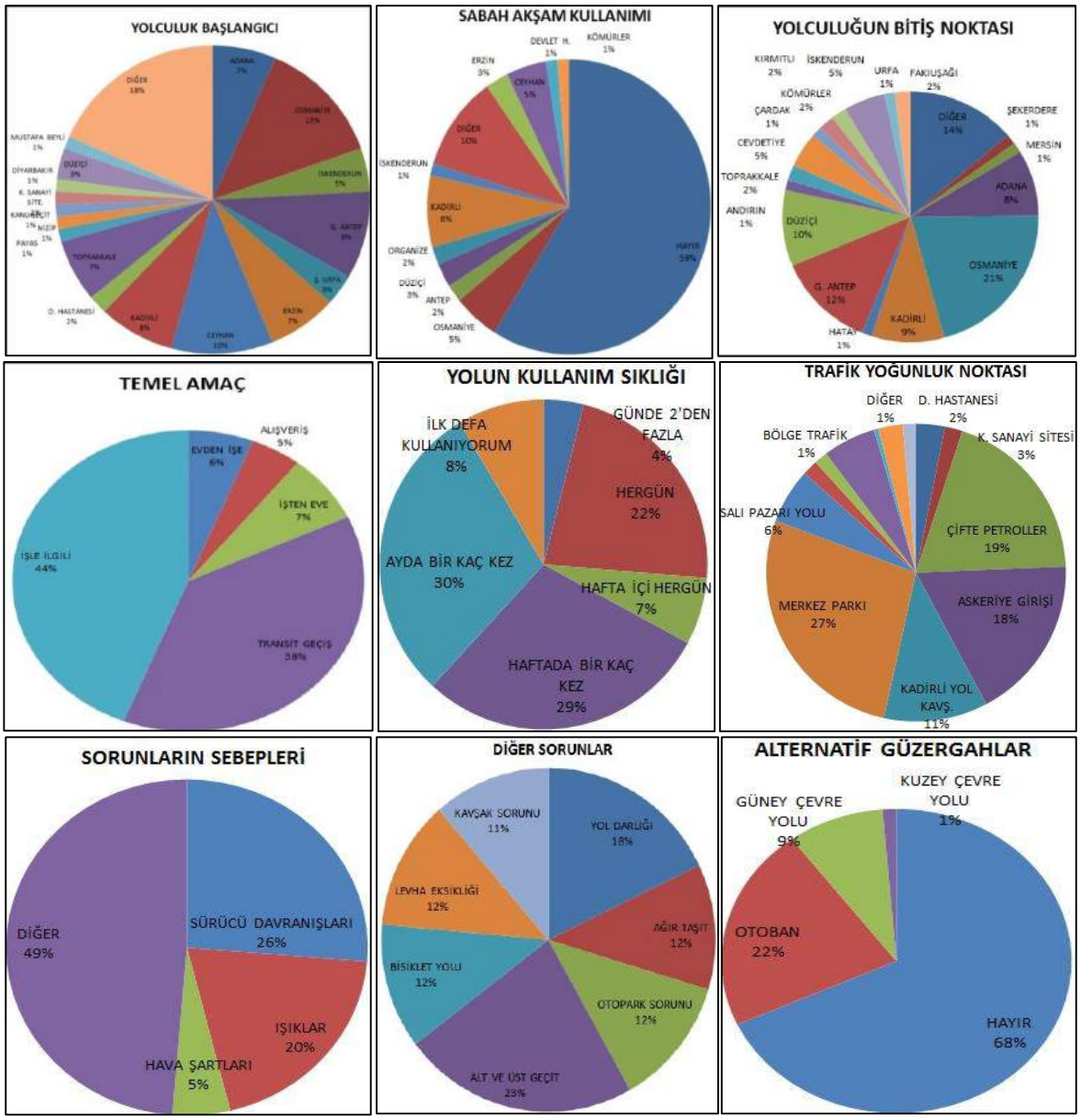
Şekil 3: Osmaniye ve çevresine ait 3B arazi modeli



Şekil 4: Şehir merkezi ve yakın çevresinden geçen yollar.

Anket çalışması sırasında; *yolculuğunuza nereden başladınız?* Şeklindeki bir soruya verilen cevaplara göre yolculukların Osmaniye merkeze bağlı köyler ve diğer çevre il ve ilçelerden başladığı görülmüştür. Gaziantep'ten başlayanların %9, Adana'dan başlayanların ise %7 olduğu görülmektedir. Buna göre D-400 karayolunun şehirlerarası ulaşım aracı olarak da kullanıldığı anlaşılmaktadır. *Sabah-akşam bu yolu kullanıyor musunuz? Evet, ise yolculuğunuz nerden başlıyor?* Şeklinde bir başka soru daha sorulmuştur. Buna göre sabah ve akşam bu yolu kullananların oranı %41'dir. Yolculuğun başlangıç yeri olarak şehrin yakın çevresi arazi kullanımına göre Toprakkle ilçesi, OSB (Organize Sanayi Bölgesi), Devlet Hastanesi, Erzin vb. olarak sıralandığı görülmüştür (Şekil 5).

Kent içindeki D-400 karayolu üzerinde yaşanan trafik sorunu mevcut arazi kullanımı yapısı ile doğrudan ilgilidir. Anket sonuçlarına göre trafik sıkışıklığının nedenleri olarak başta alternatif güzergâhların bulunmaması, mevcut çevreyollarının ihtiyaca cevap verecek nitelikte olmaması, yol üzerinde yayalar için alt ve üstgeçit yapılmamış olmasıdır. Sürücü davranışlarından kaynaklanan sorunlar ise mevcut sorunların %26'sını teşkil etmektedir. Yol üzerindeki trafik ışıklarının yeri ve yanma sürelerinin uygun olmaması, aydınlatma direklerinin yetersizliği de önemli sorunlar arasında gösterilmektedir. Trafik yoğunluk noktası olarak Merkez Park ve Çifte Petroller kavşağı gösterilmektedir (Şekil 5). Bu ve benzeri sorunlar için çözüm önerileri geliştirilmiş, Osmaniye İl Emniyet Müdürlüğü ve Osmaniye Belediyesi ile paylaşılmıştır.



Şekil 5: Anket sonuçları

6. Sonuç ve Öneriler

Çalışma sonuçlarına göre Adana-Gaziantep D-400 Devlet Karayolunun Osmaniye kent merkezinden geçen kısmındaki trafik yoğunluğunu arttıran bazı önemli faktörlerin olduğu anlaşılmıştır. D-400 Karayolunun şehir içindeki trafik yoğunluğu, güney ve kuzey çevre yollarının kullanıma açılması ile azaldığı görülmüştür. Önceden kent merkezinde bulunan otogarın yeni yerine (kent merkezi dışında Adana- Gaziantep otoban gişeleri yakınına) taşınması ile kent içi trafik yoğunluğunda büyük bir rahatlama sağlanmıştır. Karayolu üzerindeki trafik yoğunluğunu azaltmada etkili olacak bir diğer faktör de yolun genişletilmesidir. Fakat bunun mevcut hat üzerinde yapılması zor görünmektedir. Çünkü yolun her iki tarafında yoğun yapılaşma ve yüksek binalar bulunmaktadır. Bunların kamulaştırılması ve yıkılması çok maliyetli olacaktır. Ayrıca merkez park civarında yayalar için bir üst geçidin yapılması yayaların trafiği engelleme sorunu ortadan kaldıracaktır.

Osmaniye Belediyesi'nin "Alt Geçit, Devlet Bahçeli Meydanı ve Yayalaştırma Projesi" hayata geçmesiyle bu yol üzerindeki trafik akışı önemli ölçüde rahatlayacaktır. Bununla ilgili çalışmalar son aşamaya gelmiştir. Bir an önce tam olarak bitirilip hizmete sunulması gerekmektedir. Daha önceden başlatılan Devlet Bahçeli Bulvarı henüz bitirilememiştir. 4. etap çalışmalarından sonrası için kamulaştırma faaliyetleri devam etmektedir. En kısa sürede bu bulvarın kuzey-güney çevreyollarına kadar ulaşması ve şehir merkezinde bir ana trafik aksının oluşması, D-400 karayolu trafiğinin rahatlaması açısından son derece önemlidir.

O-52 Adana-Gaziantep otobanı için Yaveriye Mahallesi tarafından giriş alınmalı, şehrin gelişme bölgesi olan bu bölgede yapılaşma tamamlanmadan yeni yollar geniş olarak açılmalı ve hatta Kuzey çevre yolu Adnan menderes bulvarına bağlanmalıdır. Şu an çok dar olan ve bir cadde özelliği taşımayan Atatürk Caddesinin genişleyebilecek kısımları bir an önce genişletilmiştir. Artık birçok büyük şehir de gördüğümüz alt ve üst yol geçişleri D-400 karayolunun şehir merkezi kısmında yapılmalıdır [8].

7. Bilgilendirme

Bu çalışmada kullanılan anket soruları, 30 Ekim – 02 Kasım 2007 tarihleri arasında, KTÜ'de (Trabzon) düzenlenen Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi'nde sunulan "Bağlantı Yolları Üzerindeki Trafik Yoğunluğunda Yakın Çevre Arazi Kullanımı Etkisinin CBS Tabanlı Analizi: Hadımköy-Beylikdüzü Bağlantı Yolu Örneği" isimli bildiriden üretilmiştir.

8. Referanslar

[1] İlter, B., ve Kılıç, H., 2007. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Ulaştırma Bilgi Sistemleri, TMMOB
[2] Marin, C. M., Altıntaş H., 2004, Konut yer seçimi – ulaşım etkileşim teorileri: kritik bir literatür incelemesi, Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der., cilt:19, Ankara
[3] Yeni M., 2001, İstanbul'un ulaşım sorunlarına çözüm yaklaşımlarının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
[4] Keçeli, A., ve Karakuyu, M. 2007. Bağlantı Yolları Üzerindeki Trafik Yoğunluğunda Yakın Çevre Arazi Kullanımı Etkisinin Cbs Tabanlı Analizi: Hadımköy-Beylikdüzü Bağlantı Yolu Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim – 02 Kasım, KTÜ, Trabzon, http://web.itu.edu.tr/tahsin/cbs2007/bildiri/S_111.pdf, Erişim Tarihi: 13 Eylül 2018
[5] Atiş T., 2003, Kentsel saçak-sanayi dinamiği ve ulaşım ilişkisi: Beylikdüzü organize sanayi bölgesi örneği, Yüksek lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
[6] Koç, E., 2008, Osmaniye'nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı, ISBN: 978-9944-0426, Osmaniye.
[7] URL_1: http://tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2018
[8] URL_2: https://www.basakgazetesi.com/osmaniyenin-ulasim-sorunu.html

YTA için Ölçeklenebilir Yönlendirme ve Akış Kabul Kontrol Modeli

A Scalable Inter-domain Routing and Admission Control Model for SDN-based Networks

Mahmud Rasih ÇELENLİOĞLU[1]
Hacı Ali MANTAR[1]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye,

Özet

Son yıllarda, İnternet kullanım tarzımız değişmeye başlamıştır. Artık çevrimiçi oyunlar, e-ticaret, sosyal medya ve bulut sistemler gibi çeşitli İnternet tabanlı uygulamalar ve sistemler kullanılmaktadır. Dolayısıyla, günümüzdeki ağ ihtiyaçları değişmektedir. Bu değişime bağlı olarak, Servis Sağlayıcılar daha iyi alanlar arası yönlendirme ve kaynak yönetimi modellerine ihtiyaç duymaktadır. Yakın zamanda, günümüz ağ ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla Yazılım Tabanlı Ağlar (YTA) ortaya atılmıştır. YTA ağ operatörlerinin maliyetlerini düşürürken aynı zamanda daha iyi bir ağ yönetimi yapmalarına yardımcı olur. Biz bu çalışmada da, YTA 'da ölçeklenebilir yönlendirme ve akış kontrolünü noktalarında bir model önerisinde bulunduk. Önerdiğimiz modelde, her alandaki ağ yöneticisi kendi içinde yönlendirme ve akış kabul kontrolü için alanlar-arası önceden kurulmuş yollar kurar. Ne zaman alanlar-arası bir akış isteği gelse, ağ yöneticisi önceden kurulmuş alanlar-arası yolların durumuna bakar ve buna göre bir karar verir. Yaptığımız ön çalışma önerilen modelde ölçeklenebilir yönlendirme ve kaynak yönetiminin yapılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Yazılım Tabanlı Ağlar; önceden kurulmuş yollar; alanlar arası yönlendirme; sanallaştırma; ölçeklenebilirlik.

Abstract

In the last decade, the way we use the Internet has changed. There are wide variety of applications and systems such as on-line gaming, e-commerce, social media, cloud systems etc. This changes the today's requirements of networking. Internet Service Providers (ISPs) seek for better inter-domain routing and resource management systems so as to satisfy these requirements. Recently, Software Defined Networking (SDN) has emerged that addresses today's networking problems. In this paper, we propose a scalable inter-domain routing and admission control model for SDN-based networks. In our model, controller of each domain (ExCon) establishes inter-domain multi-paths for routing and admission control. Upon receiving routing requests from other ASes, ExCon of corresponding domain makes the decision based on the state of paths. The preliminary results show that the proposed model significantly improves the routing and admission control scalability.

Keywords:

Software defined networking; pre-established multi-paths; inter-domain routing; virtualization; scalability.

1. Introduction

Software Defined Networking (SDN) [1] is new networking architecture. Apart from traditional architecture, SDN decouples control and data planes. Control plane is logically centralized and managed by the entity called controller. Controller has the global network state and it is responsible for managing the whole network on behalf of all the data plane elements. Data plane contains network equipment such as switches and routers. They solely perform forwarding of packets based on the rules defined by controller. The separation of planes brings ease of management, efficiency, flexibility, agility and virtualization. The Open Networking Foundation [2] develops the OpenFlow protocol (OFP) [3] for signaling between controller and switches.

SDN has both advantages and advantages which stem from logically centralized architecture. Controller can make optimal decisions due to the up-to-date global network state. Additionally, controller can detect link failures quickly re-establish paths unlike from distributed routing protocols. Furthermore, controller allows wide variety of network-related applications such as load balancers and firewalls run on top of the SDN stack. Moreover, controller can efficiently manage resources with virtualization thanks to the separation of planes. All these advantages attract attention of networking companies such as Internet Service Providers (ISPs). Companies such as Google has been using SDN for management and reducing costs in their data centers [4]. This indicates that number of SDN-based networks has been increasing day by day. Since the Internet traffic passes through many Autonomous Systems (AS), SDN networks must perform inter-domain routing as well as intra-domain routing. Even though centralized architecture brings in many advantages to SDN, it also makes SDN suffer. Controller is the only decision maker, so it performs all the routing computations on behalf of all the switches. This causes routing and admission control scalability problems. These scalability issues must be solved in conjunction with inter-domain routing.

Currently, BGP is the most commonly used inter-domain routing protocol. Instead of designing a new one, combining BGP with SDN is an option. However, this may not work well as expected. This is because BGP brings several shortcomings with it such as ever-increasing rules in routing tables, route oscillation, convergence time and sub-optimal routing decisions. Therefore, we need a better inter-domain routing model for SDN-based networks.

In this study, we propose a scalable inter-domain routing and admission control model for SDN-based networks. In our work, we use special-purpose paths established in each domain for inter-domain routing. We call them as pre-established inter-domain multi-paths (PIM). Controller of each domain (ExCon) establishes PIM and sends information related to PIM to other controllers based on mutual agreement. Upon receiving flow requests, ExCon of source domain informs corresponding ASes along the way to destination AS about the flow. In this case, ASes along the source and

destination nodes does not create a path per flow. Instead, they simply assign the flow to an associated path belong to PIM.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 describes related works. Section 3 represents our model in detail. Section 4 contains experiments with its results. Finally, the work is concluded in Section 5.

2. Related Works

With the emerge of SDN, IETF (Internet Engineering Task Force) have proposed a protocol draft called SDNi [5]. SDNi is a inter-SDN controller communication protocol. Controllers of different SDN-based domains exchange control and application information with each other for coordination. Basically, SDNi is one of the earliest attempts on inter-domain routing which is still in development stage.

Bennesy et al. [6] and Kotronis et al. [7] adopt BGP-based approaches for SDN-based inter-domain routing. BGP is designed for traditional networks. Thus, these two works do not make use of centralized architecture of SDN. Bennesy et al. assume that all the controller in the whole Internet is homogeneous. Based on this assumption, their model performs inter-domain routing. Unlike from the first work, Kotronis et al. assume that there exists an inter-controller communication protocol. Briefly, they propose an inter-domain routing model. However, they do not provide detailed information about how controllers communicate with each other.

There are works that distinct from the first two studies focus on inter-controller communication problem. Thai and Oliveira [8] think that BGP causes some limitations when it works with SDN-based inter-domain routing. The two authors claim that policy and routing are two distinct works. These two works should be separated for better inter-domain communication. Another work [9] that addresses to the same problem, proposes a model that uses message-oriented bus. All the controllers exchange information via this bus. Recently, Lin et al. The work [10] propose a model named WE-Bridge for inter-controller communication. Each controller in this model exchange inter-domain network view information with neighbor controllers.

The model in [11] has a controller hierarchy. In this hierarchy, top level controller manages the lower level controllers. Here, controllers in lower level are belong to different domains. This infers that valuable information of a domain may be exposed to top level controller. Although, this model provides scalability due to the hierarchical structure, management of different domains by a foreigner controller is practically undesired. Another work [12] addresses to inter-data center routing. Basically, network traffic goes through different domains while data centers in different geo-locations exchange information. To do so, authors develop a model that has multi-paths between to data centers. Each path between the same data center pairs passes through different domains. Source domain controller chooses one of the available paths between corresponding data center pairs and make negotiations with the controller of different domains along the path. Right after the agreement, traffic flows to destination data center.

As it is noticed, several works have done for inter-domain routing and inter-controller communication. However, few of them addresses to scalability issues of SDN with regards to routing and admission control.

3. A Scalable Routing and Admission Control Model

3.1. Problem Definition

SDN is a new networking architecture that satisfies today's networking requirements. Even though SDN has been developing, there exist SDN-based networks in the Internet. This indicates that SDN-based networks must perform inter-domain routing and admission control. The reason for this is the structure of the Internet. Internet consists of many ASes and most of the traffic passes through more than one AS before arriving to the end host [13]. Therefore, inter-domain routing for SDN-based networks is a must.

Aside from our main objective, SDN has many advantages but lack of scalability in terms of decision making (i.e., routing and admission control). Routing is a heavy process even in today's distributed architecture [14]. It becomes much heavier for SDN controller as the number of flows increase. Similar to the routing, admission control is another decision-making operation and it is necessary to prevent network resources from over-utilization. This also provides Quality of Service (QoS). Therefore, any SDN-based networking model should address these problems as well.

3.2. Model Overview

We propose a scalable inter-domain routing and admission control model for SDN-based networks. In today's inter-domain routing, BGP performs policy-based routing due to political, economic and other reasons. Inter-domain routing requires agreement of ASes. Otherwise, an AS does not forward traffic of another AS where they do not hit it off with. For instance, consider Figure 1 for better understanding of the inter-domain routing. Assume that a client is connected to the router ISS111 in AS1. It wants to download a file

from the server connected to ESS422 in AS4. In this case, request of client must pass through AS3 to reach AS4. If AS1 has an agreement with AS3 and AS4, then client can download the file. If AS3 does not forward the traffic of AS1 to any AS (i.e., AS2 and AS4), clients in AS1 have nothing to do.

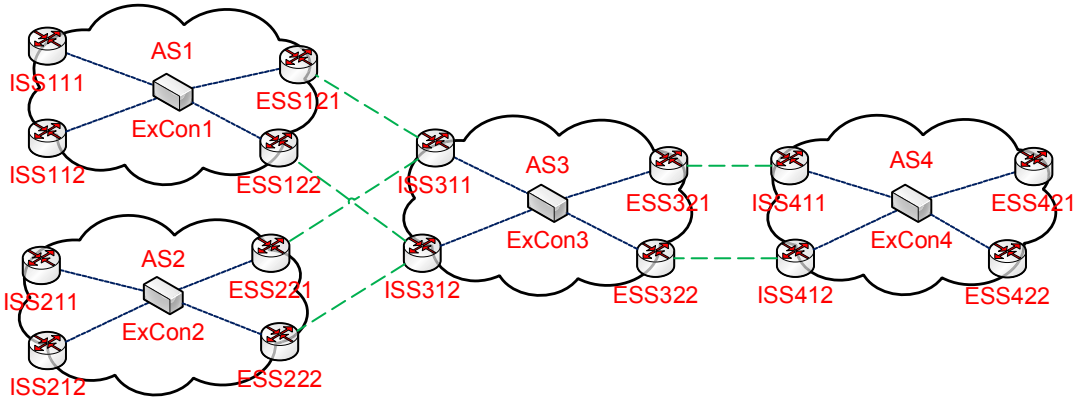


Figure 1. Illustration of a network model where there are 4 ASes.

In our model, each AS has a controller that we call ExCon. ExCon deals with management of PIM, inter-domain routing and admission control operations. As a matter of fact, ExCon is a logical controller. There can be physically distributed multiple controllers in an AS. Initially, ExCon of each domain creates pre-established inter-domain multi-paths (PIM) between each ingress SDN switch (ISS) - egress SDN switch (ESS) pair. After that, they advertise information related to PIM to the ExCons that they have mutual agreement. Basically, PIM information are associated ingress-egress pairs, capacities and other parameters such as delay, jitter etc.

3.3. Pre-established Inter-domain Multi-paths

Basically, SDN is flow based. Controller performs routing computations per flow. As the number of flows increase, controller spends more time to find a suitable path between corresponding edge pairs. Therefore, controller becomes bottleneck in terms of processing. Pre-established inter-domain multi-paths provide routing and admission control scalability. Instead of creating routes per flow, controller assigns flows to one of PIM. Since routing within corresponding domain is independent from number of requests, we achieve scalable routing and admission control.

Establishment of paths depend on the network administrators. One way of creating such paths is creating a virtual LAN (VLAN) between edge pairs. Additionally, Multi-protocol Label Switching (MPLS) can be used.

Recall that PIM does not only carry traffic of a specific domain. ExCon aggregates traffic of several ASes which are destined to the same AS or egress switch within its domain. For instance, AS3 can aggregate traffic of AS1 and AS2 both destined to AS4.

3.4. Inter-domain Routing and Admission Control Mechanism

Whenever source ExCon receives a flow request, it inspects the request to determine whether it should perform intra-domain or inter-domain routing. Intra-domain routing is out of scope of this work. If source ExCon needs to perform inter-domain routing, it iteratively communicates with all the ExCons along the way. We call each of which as Next Hop ExCon (NEC). Overall inter-domain routing happens follows:

1. Source ExCon determines the total path of inter-domain routing.
2. Source ExCon sends a flow request message to NEC_i along with the selected path within corresponding domain.
3. NEC_i replies to Source ExCon either positive or negative.
4. If reply of NEC_i is negative, source ExCon performs the first step.
5. Otherwise, source ExCon performs the second step but this message is sent to the NEC_{i+1}.

Admission control mechanism works in similar way. Whenever a new flow request comes to the NEC_i, it simply queries the Inter-domain Path Database to check if there is a suitable path. If so, NEC_i sends a positive reply. Otherwise, flow is rejected. Since NEC_i decides based on the information maintained in the database, admission control becomes scalable.

3.5. Inter-controller Communication Protocol

Each ExCon controls its own domain. This infers that ExCon of source AS cannot manipulate internal state of transit ASes or destination AS. Therefore, source ExCon must communicate with controller of other domains. This happens via Inter-Controller Communication Protocol (ICCP). Basically, ICCP has 4 message types which are briefly described below.

- Flow Request Message (FRM): Source ExCon sends this message to all the NECs along the path both for inter-domain routing and admission control. Within this message, there are source and destination IPs, IRP within the corresponding domain and QoS requirements.
- Request Acceptance Message (RAM): Corresponding NEC sends this message to source ExCon as soon as it processes FRM and accepts the request.
- Request Acceptance Acknowledgment Message (RAAM): Source ExCon sends this message to associated NEC to inform that it got the message.
- Request Rejection Message (RRM): Corresponding NEC sends this message to source ExCon as soon as it processes FRM and rejects the request. There is no acknowledgment message for RRM. The reason is that inter-domain routing happens only when all the NECs accept the request. Practically, receiving a reject message or not having a reply message within specific time interval is the same. Both means that associated NEC does not willing to carry traffic of source AS.

4. Experiment

In this section, we briefly describe implementation details of our work and provide preliminary results. We create AS3 and AS4 in Figure 1 as 2 SDN-based networks using Mininet [15]. Each network represents a single AS and have 2 ingress SDN switch (ISS) and egress SDN switch (ESS). ISS is the switch where traffic enters to the domain. Similarly, ESS is the switch where traffic leaves it. ESS of AS3 and ISS of AS4 are connected via GRE tunnels as drawn in dashed green line in Figure 1. We use Open vSwitch [16] to create switches in the data plane. ExCons exchange messages with switches within their own domain via OpenFlow v1.0 [17]. We generate both TCP traffic using a traffic generator tool [18].

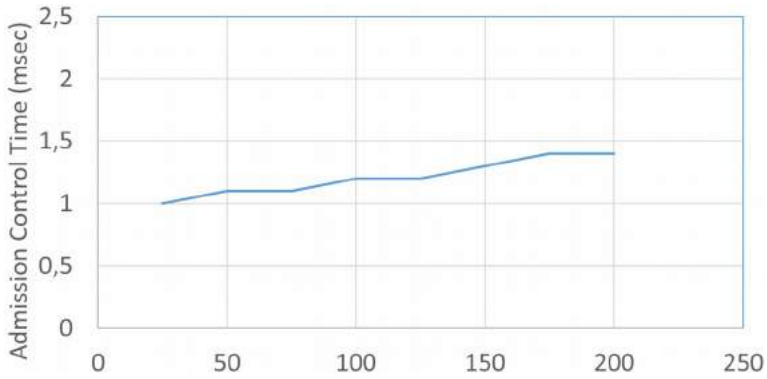


Figure 2. Admission control time of ExCon4 based on the number of requests per second.

We develop ExCon by changing some modules of Floodlight controller [19]. We also implement Routing module (RM), admission control (ACM), path management module (PMM). There are two databases that an ExCon maintains. Inter-domain Path Database (IPDB) stores information related to PIM. Link State Database (LSDB) stores topological information. We implemented ICCP using representational state transfer (REST). ExCon runs REST server and any two controllers in our model can communicate via REST calls.

In our preliminary test runs, we connect clients to ISS311 and ISS312 within the network of AS3. All the clients make more than one connection to the servers located in AS4. These servers are connected to ESS421 and ESS422 placed within AS4. Early results show that TCP packets are delivered to servers in AS2. Since PIM are established before the traffic exchange starts, ExCon3 almost instantly assigns incoming flow requests to one of paths. Additionally, we measure the admission control time (ACT) of ExCon4. We increment the number of request per second and measure the ACT. As depicted in the Figure 2, ACT is less than 1.5ms since ExCon4 only checks PSDB.

5. Conclusion

To put in a nutshell, SDN is a new networking architecture. It separates control and data planes. This brings in efficiency, flexibility and

virtualization. These abilities of SDN attract attention so the number of SDN-based networks have been increasing. A side from this, the Internet consists of ASes where each of which must exchange traffic with others. Therefore, inter-domain routing in SDN-based networks is a must. In this context, we propose a scalable inter-domain routing and admission control model. Scalability is essential because routing computation is heavy and control plane of SDN is logically centralized. We use pre-established inter-domain multi-paths to provide scalability. These paths are pre-established. Controller performs routing and admission control based on these paths. We also develop inter-controller communication protocol which is necessary for exchanging information between controllers of ASes.

6. References

[1] N. McKeown, "Software-defined networking," in In Proc. of IEEE INFOCOM'09, April 2009, INFOCOM Keynote Talk.

[2] Open networking foundation. [Online]. Available: https://www.opennetworking.org

[3] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner, "Openflow: Enabling innovation in campus networks," SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 38, no. 2, pp. 69–74, mar 2008. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746

[4] S. Jain, A. Kumar, S. Mandal, J. Ong, L. Poutievski, A. Singh, S. Venkata, J. Wanderer, J. Zhou, M. Zhu, J. Zolla, U. Hölzle, S. Stuart, and A. Vahdat, "B4: Experience with a globally- deployed software defined wan," in Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 Conference on SIGCOMM, ser. SIGCOMM '13. New York, NY, USA: ACM, 2013, pp. 3–14. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/2486001.2486019

[5] T. T. D. L. P. A. R. S. H. Yin, H. Xie. (2016, jan) Sdni: A message exchange protocol for software defined networks (sdns) across multiple domains. [Online]. Available: https://tools.ietf.org/html/draft-yin-sdn-sdni-00

[6] R. Bennesby, P. Fonseca, E. Mota, and A. Passito, "An inter-as routing component for software-defined networks," in Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2012 IEEE, April 2012, pp. 138–145.

[7] V. Kotronis, X. Dimitropoulos, and B. Ager, "Outsourcing the routing control logic: Better internet routing based on sdn principles," in Proceedings of the 11th ACM Workshop on Hot Topics in Networks, ser. HotNets-XI. New York, NY, USA: ACM, 2012, pp. 55–60. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/2390231.2390241

[8] P. Thai and J. de Oliveira, "Decoupling policy from routing with software defined interdomain management: Interdomain routing for sdn- based networks," in Computer Communications and Networks (ICCCN), 2013 22nd International Conference on, July 2013, pp. 1–6.

[9] K. Phemius, M. Bouet, and J. Leguay, "Disco: Distributed multi-domain sdn controllers," in Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2014 IEEE, May 2014, pp. 1–4.

[10] P. Lin, J. Bi, and H. Hu, "Asic: An architecture for scalable intra- domain control in openflow," in Proceedings of the 7th International Conference on Future Internet Technologies, ser. CFI '12. New York, NY, USA: ACM, 2012, pp. 21–26. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/2377310.2377317

[11] H. Egilmez and A. Tekalp, "Distributed qos architectures for multimedia streaming over software defined networks," Multimedia, IEEE Transac- tions on, vol. 16, no. 6, pp. 1597–1609, Oct 2014.

[12] L. You, L. Wei, L. Junzhou, J. Jian, and X. Nu, "An inter-domain multi-path flow transfer mechanism based on sdn and multi-domain col- laboration," in Integrated Network Management (IM), 2015 IFIP/IEEE International Symposium on, May 2015, pp. 758–761.

[13] G. Huston, "Analyzing the internet's bgp routing table," Internet Proto- col J., vol. 4, no. 1, pp. 2–15, March 2001.

[14] S. Chen and K. Nahrsted, "An overview of quality of service routing for next-generation high-speed networks: problems and solutions," Network, IEEE, vol. 12, no. 6, pp. 64–79, Nov 1998.

[15] B. Lantz, B. Heller, and N. McKeown, "A network in a laptop: Rapid prototyping for software-defined networks," in Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks, ser. Hotnets-IX. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 19:1–19:6.

[16] Open vswitch. [Online]. Available: http://openvswitch.org/

[17] (2009, December) Openflow v1.0. [Online]. Available: https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.0.0.pdf

[18] Traffic generator tool. [Online]. Available: http://www.postel.org/tg/ [19] Floodlight. [Online]. Available: http://www.projectfloodlight.org/floodlight/

Özet

Hava kirliliği, küresel çapta önemli bir sorun olmuştur. Gaz ve partiküller, çeşitli kirlilik kaynaklarından kirletici olarak yayılır. Koşullara bağlı olarak, ince ve ultra ince partiküller atmosferde birkaç gün veya hafta boyunca kalabilir ve nereden kaynaklandıkları yerden uzak mesafelere aktarılabilirler. Parçacıkların boyutuna bağlı olarak (PM10, PM5, PM 2,5), insan sağlığı üzerinde etkisi olan hava kirleticilerinden biridir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Güneydoğusunda yer alan Şanlıurfa ilinin farklı mevsimlerde partikül madde fiziksel özellikleri ele alınmıştır. Partikül maddeler insan sağlığına olumsuz etkileri açısından önemli bir yer tutar. Partikül maddenin fiziksel karakterizasyonu Fourier Transform Infrared, X-Ray Floresan ve Electron spin rezonans ölçümü ile gerçekleştirildi ve doğrulandı. Elektron spin rezonans spektrumları, bir türün manyetik özellikleri ve çevresi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. İçerik karakterizasyonu için parçacıklara Fourier transform kızılötesi ve X-Işını Floresans Spektroskopisi teknikleri uygulanmasıyla fiziksel içeriği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Döküman biçimi; stil; anahtar kelimeler.

Abstract

Air pollution has been a major concern globally. Gaseous and particulates are emitted as pollutants from the various pollution sources. Depending on the conditions, the fine and ultra-fine particulates can remain in the atmosphere in the course of several days or weeks and can be transferred over long distances from where they originate. Depending upon the size of the particles (PM10, PM5, PM 2,5), is one of the air pollutants that have an impact on human health.

In this study, the physical properties of particulate matter Located in southeastern part of Turkey, Sanlıurfa faces particulate matter were studied in different seasons. The particulate matter occupy an important place in terms of negative effects on human health. The physical characterizations of the particulate matter were carried out and confirmed by Fourier Transform Infrared, X-Ray Fluorescence, and Electron spin resonance measurement. Electron spin resonance spectra may provide important information about the magnetic properties and environment of a species. Fourier transform infrared and X-Ray Fluorescence Spectroscopy techniques were applied to the particulate matters for content characterization.

Keywords:

Component; formatting; style; styling; key words.

Şanlıurfa Hava Kalitesinin Partikül Maddelerin Fiziksel Özelliklerinin Açısından Ön Değerlendirilmesi

A Pre-evaluation of air quality in Sanliurfa in terms of physical characteristics of particulate matters

Tuba Rastgeldi Dogan [1]
Çiğdem Nuhoğlu [2]
Yaşar Nuhoğlu [3]
Özlem Yağcı [4]
Süreyya Aydın Yüksel [5]

[1] Harran University,Faculty of Engineering,Department of Environmental Engineering, Şanlıurfa, Türkiye,
[2,4,5] Yıldız Technical University,Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics,İstanbul,Turkey
[3] Yıldız Technical University,Faculty of Civil Engineering,Department of Environmental Engineering, İstanbul,Turkey

1. Introduction

Air pollution has been a major concern globally. Gaseous and particulates are emitted as pollutants from the various pollution sources. Suspended Particulates Matter (SPM) consists of dust or other particulates which have the size ≪1–200 µm suspended in air [1]. Depending on the conditions, the fine and ultra-fine particulates can remain in the atmosphere in the course of several days or weeks and can be transferred over long distances from where they originate [2].

Particulate pollution possesses risks for maintaining a healthy life around the world, and it also leads to exacerbation of a number of illnesses related to respiratory and vascular systems concerning particular cities [3]. Adverse consequences of particulate matters on individuals' lives have been identified by a lot of studies, and a relationship has been determined between increased amount of particulate air pollution and deterioration of functions related to lungs and escalation of diseases linked to several respiratory functions [4]. It has been reported by The WHO that the cause of seven million people's death in 2012 were straightly related to the worsening air conditions around the globe, which corresponds to one eighth of the deaths globally in that particular year [5-7]. Out of these deaths, the cause of 3.7 million premature deaths yearly were considered to be the result of outdoor air pollution, especially of PM2.5. Approximately 80% of those have been attributed to diseases about heart and strokes, and 20% are considered to be have been caused by cancer and diseases about respiratory system [8].

The investigating chemical structure of particulate matter (PM) is of great importance because of their adverse consequences on maintaing a healty life [9-11]. Recently, individual atmospheric particles have attracted significant attention terms of their physical (size and morphology) and chemical (composition) features as they can influence radiative and chemical properties. A comprehensive description of individual atmospheric particles can, moreover, bring helpful data in reference to the sources of them, atmospheric history, composition, reactivity, transport and removal of atmospheric chemical species [12-15]. It is therefore important to comprehend the association between the composition of the elements, morphology and microstructure of these particles, with their source of emission. In this sense, techniques for characterization like X-ray Diffraction (XRD), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), and Scanning Electron Microscopy (SEM) are commonly used in order to study the microstructure, morphology, and surface of solids, respectively. XRD enables to figure out the microstructural condition of particles), and to determine different phases of crystalline. For instance the mineralogical compositions of TSP, PM10, and PM2.5 containing calcite ($CaCO_3$), quartz (SiO_2), aluminum silicates (Al_2O_3), feldspar ($KAlSi_3O_8$; $CaAl_2Si_2O_3$), halite (NaCl), and gypsum ($CaSO_4$) were identified by means of XRD in Abadan (southern Iran) and in the province of Hena (China) by Ahmady-Birgani. (2015) and Song (2014), respectively.

XRD was utilized in the investigation of the influence of clays from the Sahara Desert on the composition of aggregates of atmospheric particles in the Canary Islands, finding particles of silicates, carbonates and feldspars mainly surrounded by clays such as kaolinite, illite, and smectite, and in a lesser proportion by sulfates and iron oxide [18]. Moreover, SEM provides the opportunity to visually link the morphology, size, and texture of atmospheric particles with the related chemical formation identified semi-quantitatively by energy dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) [19,20].

Located in southeastern part of Turkey, Sanlıurfa faces soil erosion as it has a dry climate, and the mount of particulate matter in outside air is significant. In addition, it is exposed to particulate matter as a result of long distance dust transportation from the surrounding deserts (Syria, Sahara, Arabian Peninsula deserts). In some parts of the region, coal, wood and some other similar substances are used for heating, which also lead to release of particulate matter. In this study, SEM, XRD and FITR analyzes were performed on particulate matter samples taken from this region in different seasons. The characterization of these chemical contents is important in determining their negative effects on health.

2. Materials and Methods

Atmospheric dust samples were obtained from Harran University, Osmanbey Campus, Sanliurfa, Turkey Fig.1. The study area was carefully selected by ensuring that it is away from the main road and it is not located in the area of industrial organizations and the content and amount is not affected by any particles as Harran University has a fuel-oil heating system. The HYSPLIT and MODIS used to assign source areas. Partisol 2025ID sampler located the Harran University, Osmanbey Campus, Sanlıurfa (37.17^o N and 39.00^o E), Turkey was used in order to collect atmospheric particles. Two samples via PM10 were collected every day. The device makes 16.7 l/minute traction. The each sample intakes were 1.4 m high on instrument to prevent of suspended particles near to the ground surface during strong winds. The special filters in 47 mm diameter were used that could both trap atmospheric particulates and continue to function during the suction process, including under very dusty conditions.

X- ray flourescence spectra of the particules were analyzed by a PANalytical X-PERT PRO with CuKα radiation (λ = 1.5406 Å) under power of 45kV and 40mA.

Electron spin resonance (ESR) technique for dust particule was used by [21] Varian E104 EPR spectrometer. Electron spin resonance

spectra may provide important information about the magnetic properties and environment of a species. ESR is the electromagnetic radiation. Absorption by a paramagnetic structure (ion, atom, or molecule), possessing nonzero electronic spin because of unpaired electrons in its outer shells, and it is a definitely effective nondestructive technique to apply in research of the electronic structure of paramagnetic centers, for example free radicals in the gaseous, liquid or solid states, bi-radicals, some point defects in solids. There are two energy levels corresponding to the spin antiparallel and parallel to the static magnetic field, the latter being of lowest energy for a system with a spin s=1/2 for a radical or a free electron. ESR spectroscopy is needed to obtain structural information about the metal binding [22, 23].

Every electron has a magnetic moment and spin quantum number $s = \frac{1}{2}$, with magnetic components $m_s = \pm\frac{1}{2}$. In strength and an external magnetic field, B_o, the electron's magnetic moment aligns itself either parallel ($m_s = -\frac{1}{2}$) or antiparallel ($m_s = +\frac{1}{2}$) to the field, each alignment having specific energy due to the Zeeman effect:

$$E = m_s g_e \mu_B B_o \quad (1)$$

where; g_e is the electron's g-factor for the free electron, μ_b is the Bohr Magneton. For this reason, the separation between the lower and the upper state is $\Delta E = g_e\ \mu_B\ B_o$ for unpaired free electrons. This equation shows that the splitting of the energy levels is directly proportional to the magnetic field's strength.

An unpaired electron can move between the two energy levels by either absorbing or emitting a photon of energy h such that the resonance condition, $h\nu = \Delta E$ is complied. This leads to the fundamental equation of EPR spectroscopy:

$$h\nu = g_e\ \mu_B\ B_o \quad (2)$$

An unpaired electron can gain or lose angular momentum, which can change the value of its g-factor, causing it to differ from g_e. This is particularly important for chemical systems with transition metal ions. Interaction of an unpaired electron with is its environment influence shape of a spectral line. Line shapes can yield information about for example, rates of chemical reactions. Also, the g-factor can give information about the electronic structures of paramagnetic center. An electron is a negatively charged particle with specific mass; it mainly has two types of movement. The first one is spinning around the nucleus, which brings orbital magnetic moment. The other is "spinning" around its own axis, which brings spin magnetic moment. Magnetic moment of the molecule is primarily contributed by unpaired electron's spin magnetic moment. An unpaired electron responds not only to a spectrometer's applied magnetic field B_o but also to any local magnetic fields of atoms or molecules.

The effective field B_{eff} experienced by an electron is thus written.

$B_{eff} = B_o\ (1-\sigma)$ where σ includes the effects of local fields (σ can be negative or positive). Therefore, the resonance condition (above) is written as follows:

$$g = \frac{h.\nu}{\beta.B_r} \quad (3)$$

Where is the plank constant, ν the microwave frequency, β the Bohr magneton and B_r is the resonance magnetic field. In this research the EPR spectroscopy was applied to obtain structural information about the metal binding processes.

The FTIR spectra of the dust particules were measured in the wavelength range of 2.5-25µm at

room temperature using Perkin Elmer Spectrometer.

3. Results

XRF analyses of dust particles as shown in Table. 1 According to the literature, the dust include clay minerals, kaolinite, Pyrophyllite, hematit, dolamite [24].

The results of chemical analysis of dust particles are shown in Table 1 for four months. The dust particles including SO3 and SiO_2 in the range of 14-21 % and 58-74 respectively have been defined by many researchers.

FTIR spectra of dusty particles are presented in Fig. 2. Dust particles provides information about the component of SO_3, SiO_2, Al_2O_3, CaO, K_2O, Fe_2O_3, CuO for all season. The FTIR study shows the band at 559 cm^{-1} may be attributed to the Fe-O bonds. The bands at 809, 1082, 1017, cm^{-1} belonging to Si-O stretching bands. The specimen has a SiO_2 content of about % 15-20. The bands are obtained from FTIR may be attributed to the N-C-S bonds at 1506 and 1143 $cm^{-1,}$ and C-H bonds at 2970 and 1410 cm^{-1}.

Figure. 1. Study area where dust collection device was set up.

TABLE 1. Chemical composition of dust particles for four on the in different seasons.

Composition of dust particles	% Unit			
	HF54 (4 Marc 2017)	HF64 (14 April 2017)	HF100 (28 May 2017)	HF108 (11 June 2017)
Al_2O_3	5.4	4.0	1.8	-
SO_3	58	61	67	73.8
SiO_2	21	17	16	14
CaO	4.2	4.8	6.3	7.1
K_2O	4.6	3.4	2.7	-
CuO	2.3	2.15	1.8	1.2
Fe_2O_3	1.1	1.4	1.4	1.6

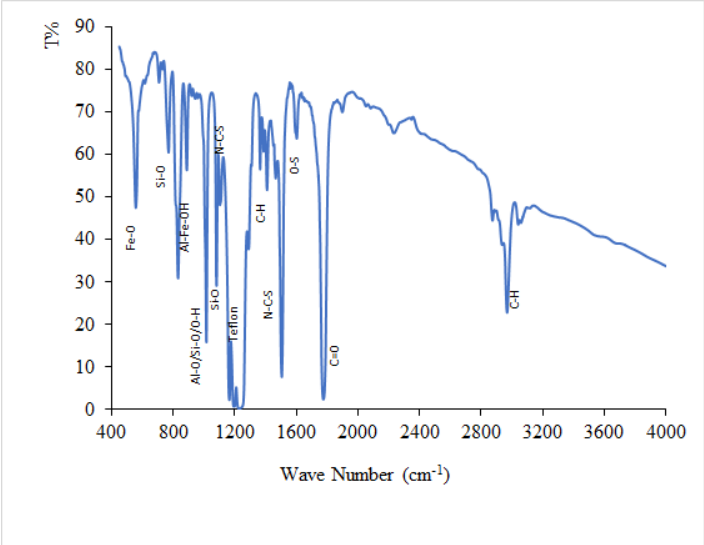


Figure. 2. FTIR spectra of dusty particles.

Fig. 3 illustrates ESR spectra of dusty particles of four months. ESR spectra were taken for SO_3^- ions. The ESR lines originated strong dipolar interaction of their unpaired magnetic moments.

The paramagnetic centers SO3 are known to be ionic radicals with 25 valence electrons. Their electron configuration is ... $(2e)^4$ $(3e)^4$ $(a_2)^2$ $(6a_1)^1$, $^2A_1$. An unpaired electron occupies the $6a_1$ orbital which consists essentially of an sp3 hybrid orbital of the sulphur atom [25,26].

SO_3 has been found in anhydrite $CaSO_4$ [27]. Fig. 3 display the ESR spectra for SO_3^-ions (s=1/2, I=3/2) w at room temperature. The g-factor has been calculated from resonance conditions as seen in follows ***equation (3).*** As seen Fig. 3, the ESR lines were observed in this resonance absorption curve free radicals of SO_3^-ions. ESR line unresolved hyperfine The lines were observed in this resonance absorption curve for Marc (the band centered at 3200 G, g=2.1278) and (the band centered at 1980 G, g=3.4389), April (the band centered at 2200 G, g=3.095) and (the band centered at 3050 G, g=2.2324), May (the band centered at 3250 G, g=2.0950) and (the band centered at 2200 G, g=3.095) and June (the band centered at 3240 G, g=2.1015) and (the band centered at 1980 G, g=3.4389)It was shown in Fig.3 that these spectra are typical ESR signals belonging to Fe^{+3} ion spectra. The structure is characteristics for free radicals of SO_3^-ions. If the g-value of free radicals is around 2.00, it is confirmed than samples have the free radicals and transition metal ions [28].

According to the magnetic properties of dusty particles, ESR spectra shows paramagnetic specimen related to g-factor. Considering magnetic properties of particles shows ions state of the structure free radical and it has high g-factor values.

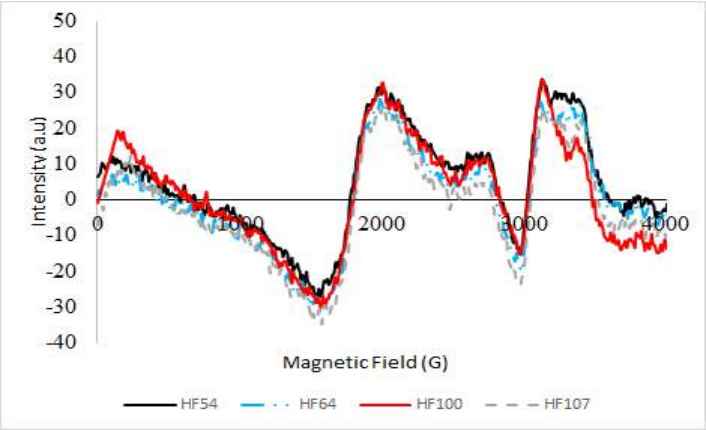


Figure. 3. X-band ESR Spectra of the dusty particles for different seasons

4. Discusions

In summary, four different dusty particles that represent different seasons were classified according to their chemical compositions. Physical properties of these samples are determined different technique, which are ESR, XRF, FTIR characterization. According to chemical analysis of samples, all four samples have SO3 and SiO_2 content between 58-74% and 14-21 %, respectively.. The determined SO3 content of HF107 for June by chemical is higher than the other seasons. Also all samples has highest g-factor (≈3.0..) applying to free radicals, which calculated from ESR spectra and has highest SO3 containing compounds. Further work will be performed on the effect of SO_3 content on human health with medical data from city hospital.

5. References

[1] Chandrasekaran, G.E.C. 1997. Ramchandran, Neetha Shetty Ambient air quality at selected sites in Bangalore City. Indian J. Environ. Prod. 17 (3) pp. 184

[2] Tyagi, S.K. 2009. A need for in-depth studies of airborne particle size distribution in delhi formulation of ambient air standard for $PM_{2.5}$. Indian J. Air Pollut. Cont. 9 (2) pp. 2.

[3] Wang, L. Liu, L.Y. Gao, S.Y. Hasi, E. and Wang, Z. 2006. Physicochemical characteristics of ambient particles settling upon leaf surfaces of urban plants in Beijing. Indian J. Air Pollut. Cont. *(China) 18*(5) pp. 921-926.

[4] Prifti, L. and Mulla, E.F. 2012. Mulla Particulate matter pollution: a continuing in Tirana's air quality: study and trends .Asian J. Chem. 24 (6) pp. 2674-2678.

[5] Health and Sustainable Development: Air Pollution. 2014. Available online: http://www.who.int/sustainable-development /cities/health-risks/air-pollution/en/ (accessed on 12 February 2018).

[6] Seven Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution. Available online: http://www.who.int/ mediacentre/news/releases /2014/ air-pollution/en/ (accessed on 18 July 2017).

[7] Hamdan, N.M. Alawadhi, H. Jisrawi, N. and Shameer, M. 2018. Characterization of Fine Particulate Matter in Sharjah, United Arab Emirates Using Complementary Experimental Techniques. *S*ustainability. 10(4) pp.1088.

[8] Wong, C.M. Tsang, H. Lai, H.K. Thomas, G. N., Lam, K. B., Chan, K. P. and Thach, T.Q. 2016. Cancer mortality risks from long-term exposure to ambient fine particle. Cancer Epidemiol. Biomark. Prev. 25 pp. 839–845.

[9] Dye, J.A. Lehmann, J.R. Mcgee, J.K. Wınsett, D.W. Ledbetter, A.D. Everıtt, J.I. Ghıo, A.J. and Costa, D.L. 2001.Environ. Health

Perspect. 109(3) pp.395.

[10] Yatın, M. Tuncel, S. Aras, N.K. Olmez, I. Aygun, S. and Tuncel, G. 2000. Atmos. Environ.34 pp.1305.

[11] Radulescu, C. Stihi, C. Iordache, S. Dunea, D. and Dulama, I.D. 2017. Characterization of urban atmospheric PM2.5 by ATR-FTIR, ICP-MS and SEM-EDS techniques. Rev. Chim. 68 pp. 805–810.

[12] Lu, S.L. Shao, L.Y. Wu, M.H. and Jiao, Z. 2006. Mineralogical characterization of airborne individual particulates in Beijing. J. Environ. Sci. 18 pp. 90–95.

[13] Adachi, K. and Buseck, P.R. 2010. Hosted and free floating metal — bearing atmospheric nanoparticles in Mexico City. Environ. Sci. Technol. 44 pp. 2299–2304.

[14] Lee, B.K. and Hieu, N.H., 2013. Seasonal ion characteristics of fine and coarse particles from an urban residential area in a typical industrial city. Atmos. Res. 122 pp. 362–377.

[15] Pipal, A.S. and Satsangi P.G. 2015. Study of carbonaceous species, morphology and sources of fine ($PM_{2.5}$) and coarse (PM_{10}) particles along with their climatic nature in India. Atmos. Res. 154 pp.103-115.

[16] Ahmady-Birgani, H. Mirnejad, H. Feiznia, S. and McQueen, K. 2015. Mineralogy and Geochemistry of atmospheric particulates in western Iran. Atmos. Environ. 119 pp. 262-272.

[17] Song, X. Shao, L. Zheng, Q. and Yang, S. 2014. Mineralogical and geochemical composition of particulate matter (PM10) in coal and non-coal industrial cities, of Henan Province, North China. Atmos. Res.143 pp.462-472.

[18] Cuadros, J. Díaz-Hern_andez, J. S_anchez Navas, A. and García-Caco, A. 2015. Role of clay minerals in the formation of atmospheric aggregates of Saharan dust. Atmos. Environ. 120 pp. 160-172.

[19] Lopez-Reyes, A. Orozco-Rivera, G. Acuna-Askar, K. Villareal-Chiu, J.F. Alfaro- Barbosa, J.M. 2015. Characterization of atmospheric black carbon in particulate matter over the Monterrey metropolitan area, M_exico, using scanning electron microscopy. Air Qual. Atmos. Health pp.1-7.

[20] González, L.T. Longoria, F.E. Rodríguez, M. Sánchez-Domínguez, C. Leyva- Porras, L.G. Silva-Vidaurri, K. Acuna-Askar, B.I. Kharisov, J.F. Villarreal Chiu, J.M. and Barbosa A. 2016. Chemical and morphological characterization of TSP and $PM_{2.5}$ by SEM-EDS, XPS and XRD collected in the metropolitan area of Monterrey, Mexico, Atmos.Environ.143 pp. 249-260.

[21] Nuhoğlu, Ç., Tapan, M., Okutan, M., Yüksel, S.A., Yalçin, Z., Içelli, O., Kavanoz, H.B., 2014, *Resistivity, ESR, and Radiation Shielding Properties of The Volcanic Rock Materials*, Adv. Condens. Matter Phys. 609161-609166.

[22] De Carvalho, R. P., Freitas, J. R. De Sousa, A.M.G., Moreira, R. L., Pinheiro, M.V.B., Krambrock, K., *Biosorption Of Copper İons By Dried Leaves: Chemical Bonds and Site Symmetry*, 2003, Hydrometallurgy 71, 277-283.

[23] Dündar, M., Nuhoglu, Ç., Nuhoglu, Y., 2008, *Biosorption of Cu(II) ions onto the litter of natural trembling poplar forest*, J. Hazard. Mater. 151, 86-95.

[24] Characterization of minerals in air dust particles in the state of Tamilnadu, India through FTIR, XRD and SEM analyses R. Senthil Kumar a,⇑, P. Rajkumar infrared Physics & Technology 67 (2014) 30–41.

[25] Atkins PW, Symons MCR (1967) The structure of inorganic radicals. Elsevier Publishing Company, Amsterdam London New York,

[26] Electron Paramagnetie Resonance of PO - and SO f Radicals in Anhydrite, Celestite and Barite: the Hyperfine Structure and Dynamics I.D. Ryabov, L.V. Bershov, A.V. Speranskiy and I.G. Ganeev Plays Chem Minerals (1983) 10:21 26

[27] Bershov LV (1970) The EPR spectra and electron structure of some radical ions containing phosphorus (in Russian). Teor Eksp Khim VI : 397-402

[28] J.A. Weil., J.R. Bolton, 2007, Electron Paramagnetic Resonance: Elementary Theory and Practical Applications, John Wiley & Sons, New Jersey

Özet

Bu çalışmada, çok makinalı kapasiteli lot boyutlama ve çizelgeleme problemi makina uygunluk kısıtları ile ele alınmaktadır. Bu problemde tesiste bulunan tüm makineler her ürün tipi için uygun değildir ve çeşitli alternatif makinelerde ürün tipleri üretilebilmektedir. Bu tür problemler bazı endüstriyel uygulamalarda ortaya çıkmaktadır ve bunlardan biri de vana imalat endüstrisinde oldukça yaygındır. Bu nedenle, bu problem için Karma Tamsayı Programlama (MIP) modeli oluşturulmuştur. Modelin verimliliğini değerlendirmek için bazı analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, oluşturulan modelin vana imalat endüstrisinde pratik gereksinimleri karşıladığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler:

Kapasiteli lot boyutlama ve çizelgeleme; çok makine; matematiksel modelleme

Abstract

This paper examines the multi-machine capacitated lot-sizing and scheduling problem with machine eligibility constraints. In this problem, not all machines in the facility are eligible for every type of product and product types can be produced on several alternative machines. Such problems appear in several industrial applications and one of them is quite common in the valve manufacturing industry. Therefore, we construct a Mixed Integer Programming (MIP) model for the problem. In order to study the efficiency of the model, we perform several analyses. Computational experiments indicate that the constructed model meets the practical requirements for the valve manufacturing industry.

Keywords:

Capacitated lot-sizing and scheduling; multi-machine; mathematical modeling

Multi-Machine Capacitated Lot-Sizing and Scheduling Problem

Adil BAYKASOĞLU[1]
Burcu KUBUR ÖZBEL[1,2]

[1]Industrial Engineering Department, Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
[2]Industrial Engineering Department, Harran University, Şanlıurfa, Turkey

1. Introduction

In general, production planning and scheduling problem continue to be one of the major challenges that researchers have been trying to solve effectively in today's competitive environment. Firms seek to obtain the production plan that will maximize the profits of the firms with lowest cost. In order to achieve this purpose, planning of production factors such as stock quantities, back order amounts, capacity of machines and setup times must be updated according to the dynamic structure of the production system. Furthermore, various decisions which are related to production planning problem, such as capacity planning, ordering, batch sizing and scheduling, have to be considered together [1]. In this study, considered capacitated lot-sizing and scheduling problem (CLSP) contains multiple single-level items that produced on unrelated parallel machines over several time periods. The class of lot-sizing problem with multiple parallel resources appears in several applications, such as tile production [2], pharmaceutical production [3], packing for yogurt production [4], the tire industry [5] and chipset production [6]. This problem also frequently encountered in manufacturing valve industry. In this manufacturing industry, not all parallel machines in the facility are eligible for every product type and each product type can only be produced by a certain subset of eligible machines. Also, in some cases alternative machine sets can be used to produce. However, this case cost higher than producing via eligible machine set. Since, it requires more equipment than the eligible machines require. For solving this problem, we used existing model [6] by making small modifications in objective function according to our considered problem. In our objective function, instead of machine preference, alternative machine selection is case and this case generates extra cost. In addition to this, purchasing from outside can be option and we made modification related to this concepts.

This rest of the paper is organized as follows. In section 2, the mathematical model is given. In section 3, numerical experiments and what-if analysis is given. In section 4, results of the computational experiments, the conclusions and outlook for future research are presented.

2. Method

The notations of the mathematical model are introduced as follows:
Parameters:

M : Number of machines
J : Number of items
T: Number of time periods
h_j: Holding cost per unit of item j in a period
b_j: Backlog cost per unit of item j in a period
ds_j: Purchasing cost of item j
r_j: Release time of item j
p_{mj}: Process time per unit of item j on machine m
st_{ji}, sc_{ji}: Sequence-dependent setup time and cost between items j and i respectively
d_{jt}: Demand of item j in period t
C_{mt}: Capacity of machine m in period t
ac: Alternative machine selection cost coefficient
M_{mj}: 1, if machine m is eligible to process item j; 0, otherwise
AO_{mj}: 1, if item j is preferred to be processed on alternative machine m; 0, otherwise

Decision variables:

I_{jt}^{+}: Inventory of item *j* at the end of period *t*

I_{jt}^{-}: Backlog of item *j* at the end of period *t*

Q_{mjt}: Process quantity of item *j* on machine *m* during period *t*

S_{mjt}: Sequencing variable showing the processing sequence of item *j* on machine *m* during period *t*

OD_{jt}: Purchasing amount of item *j* in period *t*

Y_{mjit}: 1, if item *j* immediately precedes *i* on the same machine *m* during period *t*; 0 otherwise

Z_{mjt}: 1, if the setup state of item *j* on machine *m* is carried over from period *t* to *t+1*; 0 otherwise

$$Minimize = \sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T}(h_j I_{jt}^{+} + b_j I_{jt}^{-} + ds_j OD_{jt}) + \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} sc_{ji} Y_{mjit} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} ac\, Q_{mjt} AO_{mj} \quad (1)$$

$s.t.$

$$OD_{jt} + I_{jt-1}^{+} - I_{jt-1}^{-} + \sum_{m=1}^{M} Q_{mjt} - I_{jt}^{+} + I_{jt}^{-} = d_{jt} \qquad \forall j, t \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{J} p_{mj} Q_{mjt} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{J} st_{ji} Y_{mjit} \le C_{mt} \qquad \forall m, t \qquad (3)$$

$$Q_{mjt} \le \min\{\frac{C_{mt}}{p_{mj}}, \sum_{t=1}^{T} d_{jt}\}.(\sum_{i=1,i\neq j}^{J} Y_{mijt} + Z_{mjt-1}) \qquad \forall m, j, t \qquad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{J} Z_{mjt} = 1 \qquad \forall m, t \qquad (5)$$

$$\sum_{i=1,i\neq j}^{J} p_{mi} Q_{mit} \le C_{mt}(2 - Z_{mjt-1} - Z_{mjt}) \qquad \forall m, j, t \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1,i\neq j}^{J} Y_{mijt} + Z_{mjt-1} = \sum_{k=1,k\neq j}^{J} Y_{mjkt} + Z_{mjt} \qquad \forall m, j, t \qquad (7)$$

$$S_{mit} \ge S_{mjt} + 1 - J(1 - Y_{mjit}) \qquad \forall m, i, j, t \qquad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{J} Y_{mijt} \le M_{mj} \qquad \forall m, j, t \qquad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{J} Y_{mjit} \le M_{mj} \qquad \forall m, j, t \qquad (10)$$

$$Z_{mjt} \le M_{mj} \qquad \forall m, j, t \qquad (11)$$

$$t \ge r_j - T(1 - Y_{mijt}) \qquad \forall m, i, j, t \qquad (12)$$

$$I_{j0}^{+} = I_{j}^{0+} \qquad \forall j \qquad (13)$$

$$I_{j0}^{-} = I_{j}^{0-} \qquad \forall j \qquad (14)$$

$$Z_{mj0} = Z_{mj}^{0} \qquad \forall m, j \qquad (15)$$

$$Y_{mijt} \in \{0,1\}, Z_{mjt} \in \{0,1\} \qquad \forall m, i, j, t \qquad (16)$$

$$Q_{mjt}, I_{jt}^{+}, I_{jt}^{-} \ge 0 \text{ and integer} \qquad \forall m, j, t \qquad (17)$$

In this model, the objective function (1) aims to minimize the sum of the cost of inventory, backorder, purchase, setup and alternative machine selection. Constraints (2) are the typical inventory balance constraints. Constraints (3) satisfy that the capacity constraints limit of each machine in each periods. In constraints (4), it is guaranteed that the production of item type *j* only occurs in case the setup of production is ready in each machine *m* during period *t*. In this case, it is no matter whether setup state change to other item or not. Constraints (5) satisfy that for each machine *m* at most one setup occurs in each period *t*. Constraints (6) satisfy that if item *j* is the last item produced in machine *m* in period *t-1* and *t*, then it prevents to produce any item on the machine *m*. Constraints (7) are the typical inventory balance constraints. Constraints (8) are the typical sub-tours elimination constraints. Constraints (9)-(11) are the machine eligibility constraints. Constraints (12) satisfy that item *j* can only be produced after its release time. Constraints (13)-(15) set the initial value for inventory, back order and setup state for each item *j.* Finally, constraints set (16)-(17) define the domain of the variables.

3. Findings and Discussion

Numerical experiments:

In this section, in order to determine the performance of the mixed integer-programming model and mathematical accuracy, the results obtained from real-life applications related to a medium-sized valve manufacturing industry that is operating in Turkey are presented. In this study, production periods are weeks (seven days) and there exist five machines and seven item types are discussed (due to the privacy regulation of company, data is scaled). The numerical example data are as follows: h_j=(2,3,5,4,6,5,4), b_j=(4,5,3,6,2,3,4), ds_j=(5,4,4,5,4,5,5), Alternative cost coefficient ac=5, r_j=(0,0,0,0,0,0,0), machine capacity C_{mt}= 200 in each time period. The other parameters such as p_{mj}, M_{mj} , AO_{mj}, st_{ji}=sc_{ji}, and d_{jt} are given in Table I, Table II, Table III, Table IV, Table

V respectively.

TABLE I. VALUE OF p_{mj}

5	2	4	5	0	0	0
0	0	3	4	5	3	2
3	3	4	5	0	0	0
4	3	2	3	5	0	0
0	0	0	4	5	3	4

TABLE II. VALUE OF M_{mj}

1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1

TABLE III. VALUE OF AO_{mj}

0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1

TABLE IV. VALUE OF st_{ji}=sc_{ji}

0	1	2	3	4	5	3
1	0	4	6	2	4	3
2	4	0	2	1	3	3
3	6	2	0	2	1	4
4	2	1	2	0	3	5
5	4	3	1	3	0	4
3	3	3	4	5	4	0

TABLE V. VALUE OF d_{jt}

15	20	12	0	0	17	0
0	10	13	24	12	0	0
25	13	17	0	10	15	0
14	30	20	11	5	0	0
20	0	10	14	0	23	16
24	13	20	0	5	0	10
10	0	20	4	15	0	0

LINGO 14 is used for the solution in a Windows 8 laptop with Intel Core i5-4210U CPU 1.7 GHz processor and 4 GB RAM and the run time has been limited to 3600s for all LINGO runs. Developed mathematical programming model is solved by using given aforementioned data, the weekly production plan is obtained in Figure 1. As can be seen from Figure 1, the developed mathematical programming model has been able to create the production plan that will satisfy all the constraints and obtain best objective value. Solution details are given in Table VII. For the numerical example application, there are 5020 constraints, 2631 variables, 2205 integer variables and 20878 nonzero values in the model. The cost of purchasing of item that has the most effect on the total cost. This is followed by back order cost. The values of all other costs that affect the total cost are given in Table VII.

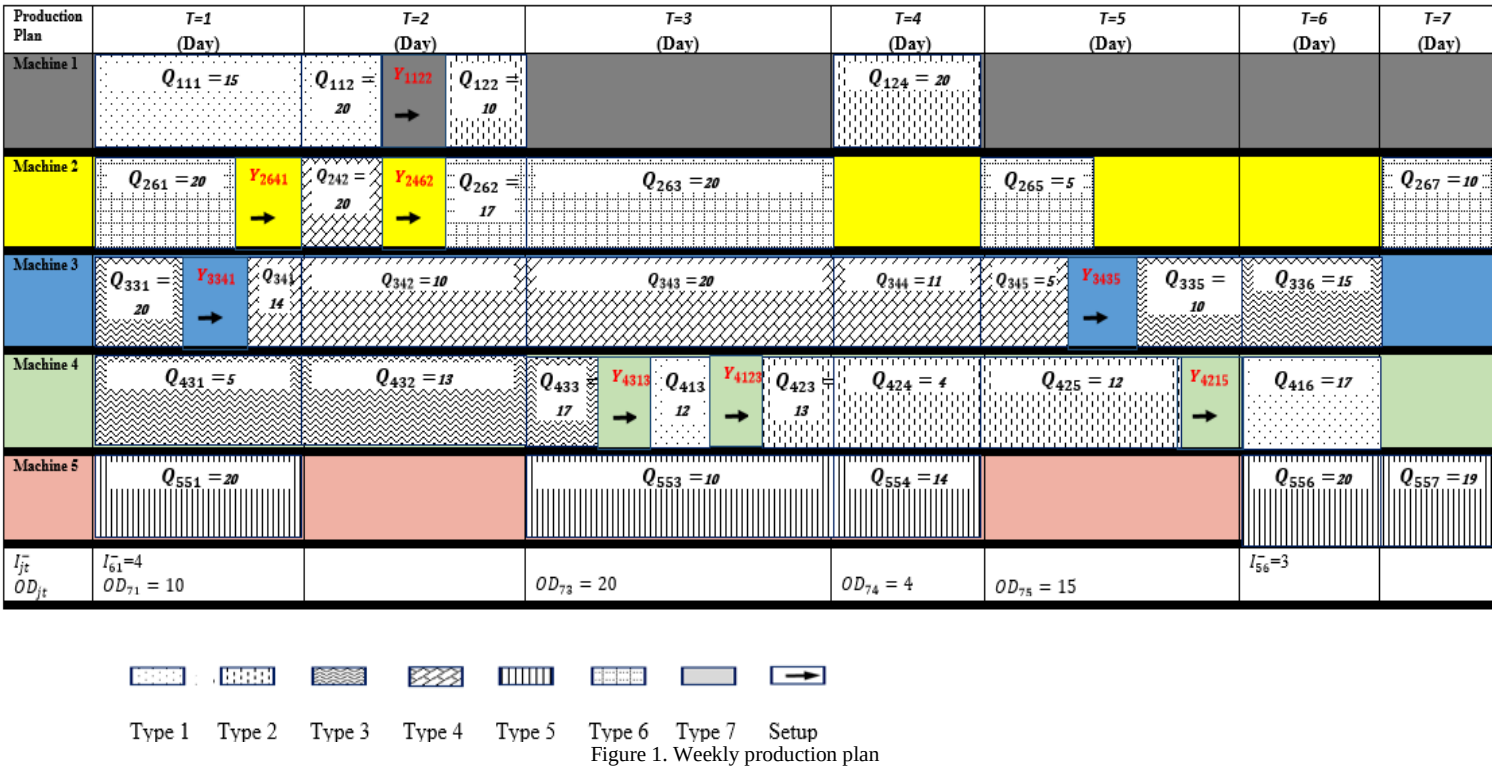


Figure 1. Weekly production plan

TABLE. VII SOLUTION DETAIL

Sequence-dependent setup cost	11
Holding cost	0
Backlog cost	18
Purchasing cost	245
Alternative machine selection cost	0
Total cost	274
CPU Run Time(sn)	1313.65

What-If analyses

In this sub-section, scenario analysis was conducted to examine the effect of cost of purchase. Scenario analysis was performed by examining the % changes effect of purchase cost on the total cost. In the scenario analysis, the changes of this parameter in the lower limit (- 40%) and upper limit (+ 40%) is presented in Table VIII.

Table VIII. PURCHASE COST PARAMETERS AND PERCENT CHANGE RATES IN WHAT-IF ANALYSIS

Parameter	-%40	-%20	%0.00	+%20	+%40
ds_j	{3,2.4,2.4,3,2.4,3,3}	{4,3.2,3.2,4,3.2,4,4}	{5,4,4,5,4,5,5}	{6,4.8,4.8,6,4.8,6,6}	{7,5.6,5.6,7,5.6,7,7}

Scenario analysis results are given in Figure 2. According to the results of the scenario analysis, if the cost of purchasing is reduced by 40%, the total cost decreases by 35.76%. If the cost of purchasing is reduced by 20%, the total cost decreases by 21%. If the cost of purchasing increases by 20%, the total cost increases by 1.45% and the cost of purchasing increases by 40%, the total cost increases by 4.37%.

Figure 2. Total cost versus purchase cost parameter % change

4. Conclusions

In this study, the multi-machine capacitated lot-sizing and scheduling problem with machine eligibility constraints in a company which produces valve is discussed. A mixed integer programming model that exist in the literature has been adopted to solve the considered problem. The developed model aims to minimize the total cost of the sequence dependent, inventory holding , back order, purchase and alternative machine selectio. Computational results show that the proposed model can be verified by testing the operating data and can create realistic and applicable optimal production plans that can provide all constraints. The considered problem is in the NP-hard class. Therefore, it is not possible to obtain results in reasonable time when the size of the problem is increased. For this reason, meta-heuristic algorithms can be developed to solve the problem in the future.

5. References

[1] Stadtler H. and Kilger C. 2014. Supply Chain Management And Advanced Planning. Concepts, Models, Software and Case Studies, Springer, 2008
[2] De Matta R. and Guignard M. 1994. Dynamic production scheduling for a process industry. Operations Research. 42:492-503
[3] De Matta R. and Guignard M.1995. The performance of rolling production schedules in a process industry. IIE transactions.27:564-73
[4] Marinelli F., Nenni ME. andSforza A. 2007. Capacitated lot sizing and scheduling with parallel machines and shared buffers: A case study in a packaging company. Annals of Operations Research. 150:177-92
[5] Jans R. and Degraeve Z. 2004 An industrial extension of the discrete lot-sizing and scheduling problem. IIE transactions. 36:47-58
[6] Xiao J., Yang H., Zhang C., Zheng L. and Gupta JN. 2015. A hybrid Lagrangian-simulated annealing-based heuristic for the parallel-machine capacitated lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup times. Computers & Operations Research. 63:72-82.

Comparison of The Multiobjective Optimization Techniques for The Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem

Refail KASIMBEYLİ [1]
Melis ALPASLAN TAKAN [1,2]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Bu çalışma kapsamında heterojen sabit filolu araç rotalama probleminin çok amaçlı modeli analiz edilmiştir. Problem literatürde araç rotalama probleminin önemli bir türüdür. Çok amaçlı optimizasyon problemleri pek çok araştırmacı tarafından çalışılmaktadır. Çok amaçlı optimizasyon problemleri için farklı çözüm yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, ağırlıklandırılmış toplam yöntemi, konik skalerleştirme yöntemi ve ε-kısıt yöntemi olmak üzere üç adet yöntemin sonuçları kıyaslanmıştır. Tüm yöntemler bir test problemi üzerinde tartışılmıştır. Analiz için GAMS programı kullanılmıştır ve hesaplamalı sonuçlar verilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Araç rotalama problemi, çok amaçlı optimizasyon, ağırlıklandırılmış toplam yöntemi, konik skalerleştirme, ε-kısıt yöntemi.

Abstract

This paper analyzes the multiobjective model of the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. This problem is an important variant of the vehicle routing problem in the literature. Multiobjective optimization problems are studied by many researchers. There are different solution methods for the multiobjective optimization problems. In this study, three methods are used to compare results which are weighted sum scalarization method, conic scalarization method and ε-Constraint method. All methods are discussed on a test problem. GAMS software is used for the analysis and the computational results are given.

Keywords:

Vehicle routing problem; multiobjective optimization; weighted sum scalarization; conic scalarization; ε-constraint method.

1. Introduction

The vehicle routing problem (VRP) is first studied by Dantzig and Ramser [1]. After then, many researchers focused on this problem. There are several variants of this problem such as open vehicle routing problem, split delivery vehicle routing problem, vehicle routing problems with backhauls, multi-depot vehicle routing problem, stochastic vehicle routing problem etc. In these problems, objective of the problem is generally minimization of the total routing costs. In some cases, decision makers want to optimize different objective functions at the same time. This leads to multiobjective optimization (MOO) techniques [2]. There are different MOO techniques such as Weighted sum sclarization method, Conic scalarization method, ε-Constraint method, Benson's method, Pascoletti-Serafini method, Weighted Chebyshev method.

In this paper, Weighted sum sclarization method, Conic scalarization method and ε-Constraint method are applied on the heterogeneous fixed fleet VRP (HFFVRP). This problem is first studied by Fisher and Jaikumar [3]. In this problem, there are different vehicle capacities which leads to heterogeneity. All customer demands must be satisfied and the capacity of the vehicle can not be exceeded. All three methods are analyzed on a test problem. Computational results are given for comparison.

2. The HFFVRP Model and Solution Techniques

The proposed mathematical model of HFFVRP is described by us. The new mathematical model of the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem is given below.

Sets and parameters

i, j: customer indices, i, j=1,…,n ; 1 is the depot location.
t: vehicle type
v: vehicle of type t; v=1,…, $A(t)$
n: total number of customers
Q_t: capacity of vehicle type t
d_i: demand of customer i (depot location has 0 demand)
c_{ij}: cost of travelling from customer i to customer j
M_{tv}: cost of using vehicle v of vehicle type t
p_t: routing cost of vehicle type t (per unit distance)
u_i, u_j: positive variables which are used in subtour elimination costraint.

Decision variables

x_{ijtv}: 1 if vehicle *v* of vehicle type *t* travels from customer i to customer *j*; 0 otherwise
f_{tv}: 1 if vehicle *v* of vehicle type *t* is used; 0 otherwise
h_t: 1 if vehicle type *t* is used; 0 otherwise

First objective function describes the minimization of the total routing cost and total cost of vehicles for leaving depot which is given below:

$$z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\sum_{v=1}^{A_t} c_{ij}p_t\, x_{ijtv} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{v=1}^{A_t} M_{tv}f_{tv} \quad (1)$$

Second objective function describes the minimizaton of the total vehicle types used. As we know, this objective function has not been considered in the literature yet.

$$z_2 = \sum_{t=1}^{T} h_t \quad (2)$$

$subject\ to$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_j x_{ijtv} \le Q_t \qquad \forall t, \forall v \quad (3)$$

$$\sum_{j=2}^{n}\sum_{v=1}^{A_t} x_{1jtv} \le A_t \qquad \forall t \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{iktv} - \sum_{j=1}^{n} x_{kjtv} = 0 \qquad \forall t, \forall v, \forall k \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\sum_{v=1}^{A_t} x_{ijtv} = 1 \qquad \forall j \quad (6)$$

$$u_i - u_j + n\sum_{t=1}^{T}\sum_{v=1}^{A_t} x_{ijtv} \le n-1 \qquad \forall i>2, \forall j>2 \quad (7)$$

$$\sum_{i=2}^{n} x_{i1tv} = f_{tv} \qquad \forall t, \forall v \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ijtv} \le M f_{tv} \qquad \forall t, \forall v \quad (9)$$

$$\sum_{v=1}^{A_t} f_{tv} \le M h_t \qquad \forall t \quad (10)$$

$$x_{ijtv}, f_{tv}, h_t \in \{0,1\} \quad (11)$$

Constraint set (3) describes the capacity constraint. Constraint set (4) states that for each vehicle type, total number of vehicles can not be exceeded. Constaint set (5) states the vehicle flow constraint. Constraint set (6) describes that each customer must be served exactly by one vehicle. Constraint set (7) is the subtour elimination constraint [4]. Constraint set (8),(9) and (10) describes the relation between decision variables.

In the literature, there are different multiobjective solution methods for the regarding problem and there are different papers for comparison of these methods [5].In this paper, Weighted sum sclarization method, Conic scalarization method and ε-Constraint method are applied for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. These methods are explained in detail below:

Weighted sum scalarization (WSS) method

WSS method is firstly described by Gass and Saaty in 1955 [6]. This technique is widely used by researchers for the solutions of the multiobjective problems. Consider the following multiobjective optimization problem:

$$min_{x\in X}[f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_n(x)] \quad (12)$$

$X \subset R^m$: nonempty set of feasible solutions
$f_i: X \longrightarrow R, i = 1,..,n$ real valued functions

This method gives each objective function a weighting coefficient. These weighting coefficients are given by decision makers for each objective function. The main advantage of this method is simplicity of the method. But in the case of nonconvex objectives, it can not be guaranteed existence of any *w* yielding an arbitrary element of the Pareto set. For this problem, the convexity condition is essential. If the problem is convex, this method determines the weakly efficient and properly efficient solutions.
The scalar problem is given below:

$w^T = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$: weight vector

$$min_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} w_i f_i(x) \quad (13)$$

Conic scalarization (CS) method

This method is developed by Kasimbeyli [7]. The idea of the method is choosing preference parameters which consist of a weight vector w and reference point a and determining an augmentation parameter α. The full description of the method is given [7]. This method does not require convexity conditions.
The scalar problem is given below:
$a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$: reference point (which is determined by decision maker and can be chosen arbitrarily).

$$min_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} w_i (f_i(x) - a_i) + \alpha \sum_{i=1}^{n} |f_i(x) - a_i| \quad (14)$$

ε-Constraint method

This method is described by Haimes [8]. In this method, one primary objective is selected as f_k to be optimized. Other objectives are converted to inequality constraints. $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$ is associated with each objective function $f_i, i = 1, .., n$. The scalar problem is given below:

$$min_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} f_k(x) \quad (15)$$

$$subject\ to$$

$$f_i(x) \leq \varepsilon_i \quad i = 1, .., n, i \neq k \quad (16)$$

3. Computational Results and Discussion

The heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem's model is analyzed on a test problem which is created by Golden [9]. Problem number 13 is taken from the test problem set. Since the problem size consists of 50 customers, GAMS software cannot solve the problem. To show the small part of the problem, first 10 customers are taken. First location is depot and other 9 locations are customer points. All methods are applied to this problem. Table 1 shows the results of weighted sum scalarization method. Table 2 shows the results of conic scalarization method. Table 3 shows the results of ε-Constraint method.

TABLE 1 WSS RESULTS FOR THE HETEROGENEOUS FİXED FLEET VEHICLE ROUTING MULTIOBJECTIVE MODEL

w_1	w_2	z_1	z_2
1	9	445.56	1
2	8	445.56	1
3	7	445.56	1
4	6	445.56	1
5	5	445.56	1
6	4	438.92	2
7	3	438.92	2
8	2	438.92	2
9	1	438.92	2

First column of the Table 1 indicates w_1 which means the weight of first objective function, second column w_2 is the weight of the second objective function, third column shows the value of z_1 which describes the first objective function, fourth column of the table indicates z_2 which describes the value of the second objective function. It is observed that, if the weights of the objectives change, the results of each objective also changes. For example, if $w_1 = 1$ and $w_2 = 9$, first objective function is 445.56 and the second objective function is 1. One vehicle type is used in the problem.

TABLE 2 CS RESULTS FOR THE HETEROGENEOUS FİXED FLEET VEHICLE ROUTING MULTIOBJECTIVE MODEL

w_1	w_2	(a_1, a_2)	α	z_1	z_2
1	9	(750,4)	0.25	**505.10**	**1**
2	8	(750,4)	0.25	445.56	1
3	7	(750,4)	0.25	445.56	1
4	6	(750,4)	0.25	445.56	1
5	5	(750,4)	0.25	445.56	1
6	4	(750,4)	0.25	**442.85**	**2**
7	3	(750,4)	0.25	438.92	2
8	2	(750,4)	0.25	438.92	2
9	1	(750,4)	0.25	**411.85**	**3**

In Table 2, the results are shown for the conic scalarization method. The value of α is taken 0.25 randomly and the reference point (a_1, a_2) is taken (750, 4). For these parameters, if $w_1 = 1$ and $w_2 = 9$; the value of the first objective function is 505.10 and the value of the second objective function is 1. Also, if $w_1 = 9$ and $w_2 = 1$; the value of the first objective function is 411.85 and the value of the second objective function is 3. These results could not be found by using weighted sum scalarization method.

TABLE 3 E-CONSTRAİNT RESULTS FOR THE HETEROGENEOUS FİXED FLEET VEHICLE ROUTING MULTIOBJECTIVE MODEL

z_1	z_2
445.56	1

In Table 3, the results of ε-Constraint method is given. $\varepsilon = 6$ is taken randomly. In this method, first objective function's value is 445.56 and the second objective function's value is 1.

4. Conclusions

In this paper, the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem is analyzed. Since the considered problem is a multiobjective optimization problem, three solution methods are used which are weighted sum scalarization method, conic scalarization method and ε-Constraint method. These methods are widely used for optimization problems. GAMS software is used to analyze the small sized test problem. Computational results are given in detail. In the further studies, other multiobjective methods can be applied to the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem or other types of vehicle routing problems. All other combinatorial optimization problems may be analyzed by using these methods.

5. References

[1] Dantzig, G.B. and J. H. Ramser. 1959. The truck dispatching problem. Management Science. 6-1: 80-91.

[2] Chiandussi, G. M. Codegone. S. Ferrero. F.E. Varesio. 2012. Comparison of multi-objective optimization methodologies for engineering applications. Computers & Mathematics with Applications. 63-5: 912-942.

[3] Fisher, M.L. and R. Jaikumar. 1978. A decomposition algorithm for large-scale vehicle routing. Working Paper. Department of Decision Sciences, University of Pennsylvania. 78-11-05.

[4] Miller, C.E. A.W. Tucker. R.A. Zemlin. 1960. Integer programming formulation of traveling salesman problems. Journal of the ACM. 7-4:326-329.

[5] Kasımbeyli, R. Z.K. Ozturk. N. Kasımbeyli. G.D. Yalcin. Erdem. B.İ. 2017. Comparison of some scalarization methods in multiobjective optimization. Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society. 1-31.

[6] Gass, S. T. Saaty. 1955. The computational algorithm for the parametric objective function. Naval Res. Logist. Quart. 2:39.

[7] Kasimbeyli, R. 2013. A conic scalarization method in multiobjective optimization. Journal of Global Optimization. 56-2: 279–297.

[8] Haimes, Y.Y. D.A. Wismer. L.S. Lasdon. 1971. On bicriterion formulation of the integrated systems identification and system optimization. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics SMC-1. 296–297.

[9] Gheysens, F. B. Golden. A. Assad. 1984. A comparison of techniques for solving the fleet size and mix vehicle routing problem. OR Spectrum. 6:207-216.

Analitik Marka İmaj Takibi: Türkiye'deki En Büyük Perakende Zincirlerinin Üzerine Bir Uygulama

Analytical Brand Image Tracking: An Application on the Largest Retail Chains in Turkey

İbrahim SABUNCU[1]
Gizem KOYUNCU[2]
Seda GÖZÜKARA[3]

[1,2,3]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye

Özet

Tüketim kültürünün rekabetçi koşullarında, sürdürülebilir bir güç elde edebilmek için firmaların, varlıklarını temsil eden markaları her açıdan besleyerek değer katmaları gerekmektedir. Bu çalışmada marka bilgisi unsurları olarak değerlendirilen marka değeri ve marka imajı unsurlarına karşı tüketici algılarının analitik yöntemlerle tespit edilmesi, analiz edilmesi ve rakip markalarla karşılaştırılması konuları irdelenmiştir. Türkiye'nin en büyük perakende zincirlerinden olan BİM, ŞOK ve A101 markaları ile yerel bir perakende zinciri olan Yalçınkaya marketi markasının tüketiciler tarafından nasıl algılandığının tespiti için bir anket geliştirilmiştir. Geliştirilen anket kolayda örnekleme metodu ile tespit edilen 66 üniversite öğrencisine uygulanmıştır. Anket sonuçları analiz edilerek, marka bilgisi unsurları hakkında bilinirlik, marka endeks değeri, nitelik değerlendirme, imaj profili unsurlarına karşı tüketici algıları karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler:

Marka Endeks Değeri; İmaj Profili; Perakendecilik

Abstract

In order to achieve a sustainable power in the competitive conditions of consumption culture, companies need to add value by nourishing the brands representing their assets in every aspect. The aim of this study is to identify, analyze and compare consumer perceptions against brand value and brand image elements as analytical methods. A survey has been developed to determine how consumers perceive the brands' of BIM, SOK and A101 that are Turkey's the largest retail chains and Yalcinkaya that is a local retail chain store. The developed questionnaire was applied to 66 university students who were determined by easy sampling method. By analyzing the results of the survey, the perception of consumers about brand information elements, brand index value, quality assessment, and image profile elements were compared comparatively.

Keywords:

Brand Index Value; Image Profile; Retail.

1. Giriş

Marka, bir işletmeyi tüm varlığıyla temsil eden kavramlar bütünüdür. Marka bir iletişim aracı olarak, tüketici ile oluşturulacak bağlılıkta önemli bir rol oynamaktadır. Modern pazarlama anlayışı çerçevesinde tüketici ile kurulacak etkili ve verimli iletişim sonucunda marka farklılığı ortaya konulmalı ve yaratılan farkındalık boyutunda tüketici zihninde, arzulanan marka imajı doğrultusunda, algısal çağrışımlar oluşturularak bir marka konumu elde edilmelidir.

Markanın tanınması, pazarda veya reklamda tüketici tarafından görülmesi ve tüketicinin markayı gördüğünün farkında olmasıdır. Farkında olmamak ise tüketicinin markayı bilmemesi yada görmüş olsa bile fark etmemesidir. Bilinirlik kavramı müşterilerin bu markanın farkında olup olmadığını ifade eder. Farkındalık faktörü alt unsurları arasında yer alan sembol ve logo kavramı ürün tanınırlığında ve tercihinde doğrudan etkilidir. Öyle ki, markete bir ürün satınalmak için giden tüketici, raflara göz gezdirdiğinde, ihtiyacı olan ürünler arasında marka tercihi yaparken eğer bu ürünün henüz ilk kullanıcısı olacaksa, kitle iletişim araçları ile kendisine en etkili şekilde ulaşan ve tüketicinin zihninde logosuyla, ambalajıyla ya da simgesiyle yer edinmeyi başaran markayı tercih edecektir. Marka farkındalığı, marka tanınırlığı ve hatırlanma başarısını içerir.

Marka endeks değeri hesaplanması marka değerinin kullanışlı, basit bir göstergesidir. Marka değerinde, varlık maddi olmayan ve bir tüketici veya ürün ya da hizmetin potansiyel tüketici tarafından atfedilen değer açısından ölçülür. Marka değeri markalı ürün veya hizmeti tercih veya satın alma eğilimine dönüşür. Kısacası markanın ürüne verdiği katma değerdir.

İmaj, "gerçekliğin yaklaşık olarak bir görsel sunumu" olup, fiziksel (bir fotoğraf ya da resimde olduğu gibi) veya hayali (edebiyat ve müzikte olduğu gibi) olabilmektedir. Görsel sunum, marka imajının sözel olmayan güçlü bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Görsel sunumun bir diğer önemli özelliği, markanın sahip olduğu özgün sembollerin tüketici zihninde saklanma ve hatırlanmaya olan etkisidir. İmajın oluşumu ve uygulandığı biçimler şu şekildedir; genel özellikler, duygular ya da izlenimler, ürün algılanması, inançlar ve tutumlar, marka kişiliği ve özellikler ve duygular arasındaki bağlantılardır. Algılanan kalite, algılanan fiyat, marka kişiliği, markanın sahip olduğu sembolik ve fonksiyonel özellikleri marka imajını oluşturan unsurlardır. Bunlar bir bütünün parçasıdırlar. Firmalar marka imajları ile ilgili olarak çalışmalar yaparak müşterilerin zihninde konumlarını tespit etmeye çalışırlar.

2. Yöntem

Bu çalışmada, geliştirilen anket ile BİM, ŞOK, A101 ve Yalçınkaya perakende zinciri markalarının bilinirliliği, bu markaların marka endeks değerleri ve markaları sadakatini etkileyen nitelikler ve bu niteliklere göre marka imaj profilleri tespit edilmiştir. Bilinirlilik tespiti için, "Bildiğiniz "market" isimlerini yazınız." sorusu ile seçtiğimiz markalar hakkında farkındalık kavramına dair bilgi toplanmıştır. Bu soru, marka isimleri ve logoları belirtilmeden sorularak, ankete katılan kişilerin aklına gelen markaları yazmaları istenmiştir. Bu soruya verilen yanıtlarda bir markanın bulunması, yanıtlayıcı kişide o markanın farkındalığının yüksek olduğunun göstergesidir.

Tüketicilerin bir markaya sadakati gösteren ve marka değeri hesaplanmasında kullanılan 3 faktör vardır. Bunlar, bu markayı tavsiye etmesi, markayı ilgili sektör için favori markası olarak ifade etmesi ve bu marka için gerektiğinde daha fazla ücret ödemeye razı olması. Ankete, bu faktörlerle ilgili üç soru eklenerek, marka endeks değerleri hesaplanmıştır. Yanıtların 5'li Likert Ölçeği kullanılarak verilmesi istenmiştir. (1:Hiçbir Zaman, 2: Nadiren, 3:Bazen, 4: Genellikle, 5:Her Zaman). Bir markanın endeks değeri bu 3 soruya da 4 veya 5 puan veren kişilerin oranı 10'a bölünerek hesaplanır. Çoğu marka için bu indeks değeri sıfıra yakındır. Başarılı markalar 3 e yakındır.

1. Aşağıdaki marketleri ne oranda tavsiye edersiniz?
2. Aşağıdaki marketler ne oranda favori marketinizdir?
3. Aşağıdaki marketlere ne oranda üst fiyat (fazla para) verirsiniz?

Marka tercihi üzerinde etkili nitelikler 13 başlık altında toplanmıştır. Bunlar; Fiyat uygun, Cazip Promosyon, Ürün Çeşidi, Mağaza Geniş ve Ferah, Rahat Alışveriş, Mağaza Kolay Erişim, Eve Yakın, Kasa Hızlı Verimli, Ambalajlı Ürün Kaliteli, Taze Gıda Kaliteli, Diğer Ürün Kaliteli ve Çalışanlar Memnuniyet Verici nitelikleridir. Ankette, katılımcının her markayı ayrı ayrı bu niteliklere göre 1-5 Likert Ölçeği ile değerlendirmesi istenmiştir. Ankette, "BİM firmasının fiyatları uygundur." Şeklindeki ifadelere, "1: Kesinlikle Katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlike Katılıyorum" yanıtlarının verilmesi istenmiştir. Bu sorulara verilen yanıtlar markaların imaj profilinin oluşturulması için kullanılmıştır.

İmaj profilini oluşturmak için, yukarıdaki niteliklere bir marka için 4 veya 5 puan veren kişilerin sayıları hesaplanır. Ardından markanın ve niteliklerin ortalama puanları dikkate alınarak, beklenen değerler hesaplanır. Son olarak mevcut değerlerden beklenen değerlerin farkı alınarak markaların imaj profili ortaya çıkarılır.

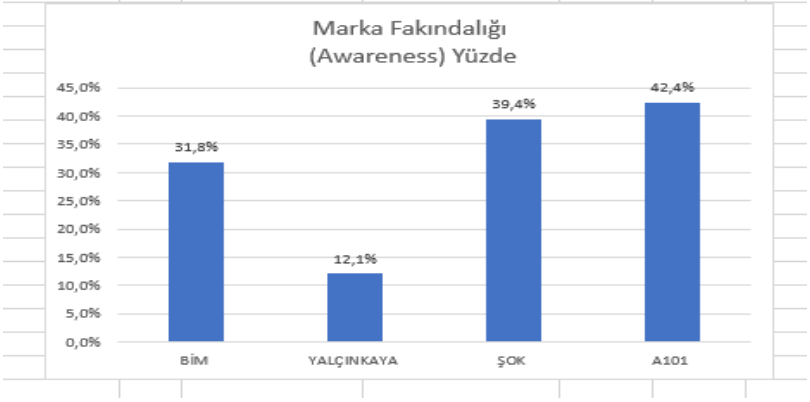
3. Bulgular ve Tartışma

Farkındalık araştırmasında, Ankete katılan 66 kişiden 21 kişi BİM'i, 8 kişi Yalçınkaya'yı, 26'sı ŞOK'u ve 28'i A101'i hatırlamış ve yazmıştır. Markaların farkındalık oranları Şekil 1'de grafik üzerinde gösterilmiştir. Marka endeks değerleri, BİM markası için 1.7, Yalçınkaya için 0.5 , ŞOK için 0.9, A101 için ise 1.4 olarak hesaplanmıştır. Marka endeks değerlini gösteren grafikler Ek 1'de sıralanmıştır. Markaların nitelikleri ile ilgili değerlendirme sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir. Ayrıca şekil 2'de örümcek ağı grafiği ile markaların niteliklerine verilen puanlar karşılaştırılmıştır.

TABLO I. MARKALARIN NİTELİK PUANLARI

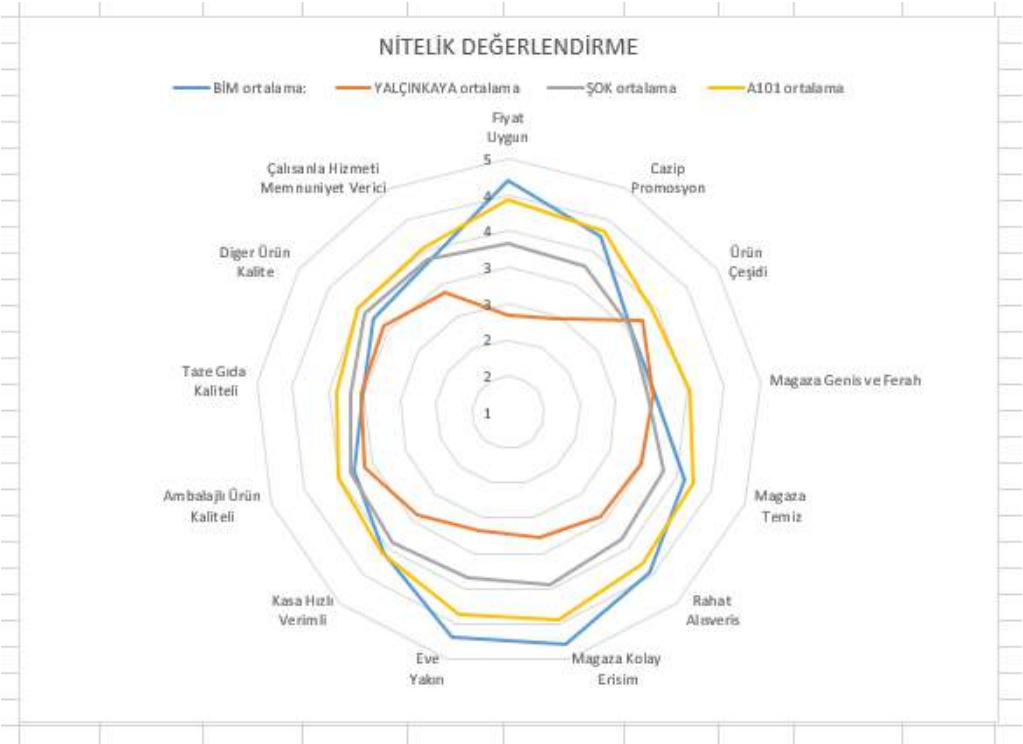
	Fiyat Uygun	Cazip Promosyon	Ürün Çeşidi	Magaza Genis ve Ferah	Magaza Temiz	Rahat Alısveris	Magaza Kolay Erisim	Eve Yakın	Kasa Hızlı Verimli	Ambalajlı Ürün Kaliteli	Taze Gıda Kaliteli	Diger Ürün Kalite	Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici
BİM ortalama:	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3
YALÇINKAYA ortalama	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ŞOK ortalama	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A101 ortalama	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4

	Marka Fakındalığı (Awareness) Yüzde
BİM	31,8%
YALÇINKAYA	12,1%
ŞOK	39,4%
A101	42,4%



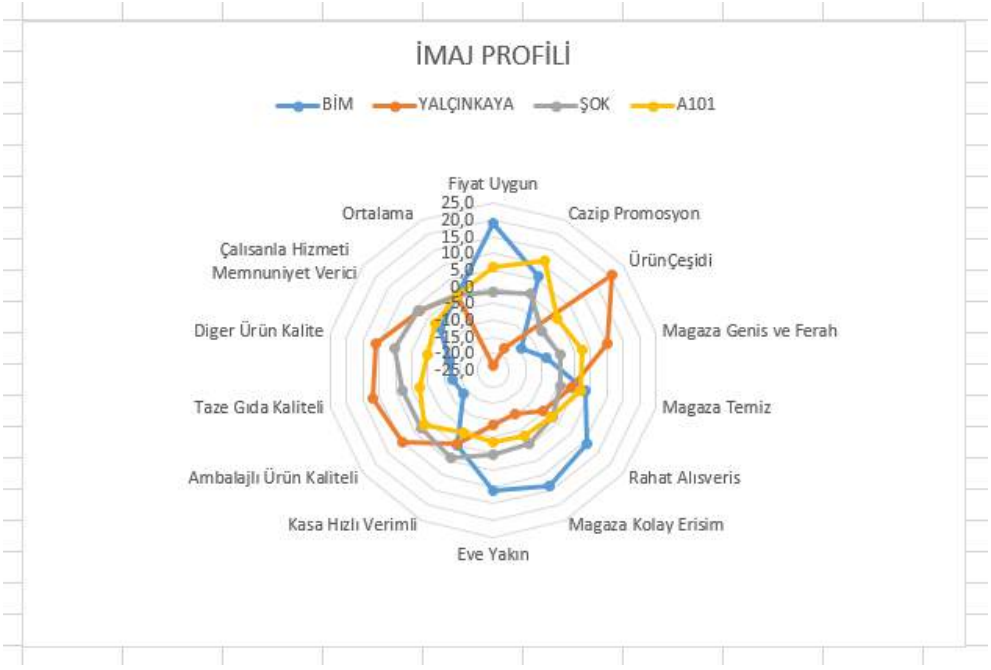
Şekil. 1.Markaların Farkındalık Oranları

Şekil 2'deki grafikte 4 marka için birbirini karşılama oranları ve birinin diğerine karşı hangi noktalarda daha avantajlı hangi noktalarda dezavantajlı olduğu görülmektedir. Grafikte merkeze ne kadar yakın olursa grafiği çizilen marka için o nitelik o kadar küçüktür o kadar zayıftır merkezden ne kadar uzaksa o kadar güçlüdür. Örneğin BİM ve A101 markalarının uygun fiyat niteliği ile diğer markalara göre daha başarılı olduğu görülmektedir. ŞOK ise uygun fiyat niteliğinde ortalama bir değer göstermektedir. Yalçınkaya ise uygun fiyat niteliğinde merkeze yakın bir değer alarak, diğer markalara göre daha düşük bir başarıya sahip olduğu görülmektedir.



Şekil. 2.Markaların Nitelik Değerlendirmeleri

Nitelik değerlendirme ile markaların rakiplerine karşı avantajlı ve dezavantajlı olduğu nitelikleri tespit için kullanılır. Fakat markanın hangi niteliklerinin diğer niteliklere oranlara daha önemli olduğunu belirlemek için imaj profili çıkarılır. Markaların imaj profil analizleri Ek 2'de verilmiştir. Dört markanın imaj profillerinin karşılaştırmalı analiz Şekil 3'deki örümcek grafiğinde verilmiştir. Grafikte BİM markasının fiyat uygunluğu ve mağazaya kolay erişimin, Yalçınkaya için ürün çeşidi ve taze gıdalar kaliteli özelliklerinin, ŞOK için diğer ürün kaliteli ve kasa hızının, A101 markasının ise cazip promosyon ve fiyat uygun özellikleri ile ön plana çıktığı görülmüştür.



Şekil. 3.Markaların İmaj Profilleri Karşılaştırmaları

4. Sonuç

Marka yönetimi şirketler açısından son derece önemli bir konudur. Nitekim dünyanın en kıymetli markaları imalatçı dahi değillerdir. Fason üretim yaptırıp, marka değerlerini kullanarak dünyanın dört bir tarafına ürünlerini satabilmektedirler. Marka yönetimi için markanın değerini takip etmek, markayı değerli yapan ve tüketicinin algıladığı markayla ilgili olumlu olumsuz nitelikleri belirlemek önemlidir. Bu çalışmada marka yönetiminde kullanılabilecek, marka değeri hesaplama ve imaj profili oluşturma çalışmaları Türkiye'nin en büyük üç parakende zinciri ve bir yerel perakendecisi üzerinde örnek bir uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Değerlendirme sonucunda en bilinir markanın A101 olduğu görülmektedir. Tüm nitelikler açısından BİM ve A101'in diğer iki markaya göre daha başarılı olduğu görülmektedir. A 101 ve BİM'in fiyat, alışveriş rahatlığı, mağazalara kolay erişim ve evlere yakınlık konularında avantajlı olduğu görülmüştür. Yalçınkaya isimli yerel markanın ise ürün çeşidi, ferah ve geniş mağazaları ve kaliteli ürünleriyle ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ise Şok markasının hemen hemen hiçbir nitelikte diğer markalara fark atamadığı görülmüştür. Bu bulgulardan hareketle firma yöneticileri markalarının imajını iyileştirmek için hangi niteliklere yatırım yapmaları gerektiğini, hangi nitelikleri iyileştirmeleri gerektiğini tespit edebilmeleri mümkündür.

5. Referanslar

[1] R. Venkatesan, P. Farris, ve R. T. Wilcox, *Cutting Edge Marketing Analytics: Real World Cases and Data Sets for Hands on Learning*. Pearson Education, 2014.

[2] A. Charan, *Marketing analytics: a practitioner's guide to marketing analytics and research methods*. World Scientific Publishing Company, 2015.

[3] G. Armstrong, P. Kotler, ve M. O. Opresnik, *Marketing: An Introduction*, Global Edi. Pearson Education, 2016.

[4] "Knowledge management and data mining for marketing", *Decis. Support Syst.*, c. 31, sayı 1, ss. 127–137, May. 2001.

[5] J. Rackley, *Marketing Analytics Roadmap*. Berkeley, CA: Apress, 2015.

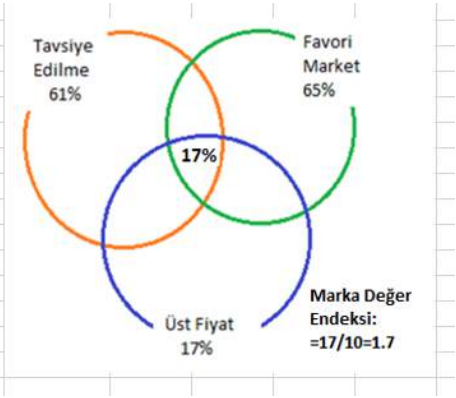
[6] J. Copulsky, S. Richardson, ve M. Simone, "Marketing technologies, customer data and analytics: Enabling responsive customer

journeys and scalable marketing processes".
[7] N. Misirlis ve M. Vlachopoulou, "Social media metrics and analytics in marketing – S3M: A mapping literature review", *Int. J. Inf. Manage.*, c. 38, sayı 1, ss. 270–276, 2018.
[8] N. F. Ibrahim, X. Wang, ve H. Bourne, "Exploring the effect of user engagement in online brand communities: Evidence from Twitter", *Comput. Human Behav.*, c. 72, ss. 321–338, 2017.
[9] T. Dirsehan ve S. Kurtuluş, "Measuring brand image using a cognitive approach: Representing brands as a network in the Turkish airline industry", *J. Air Transp. Manag.*, c. 67, ss. 85–93, 2018.

EK 1. Marka Endeks Değerleri

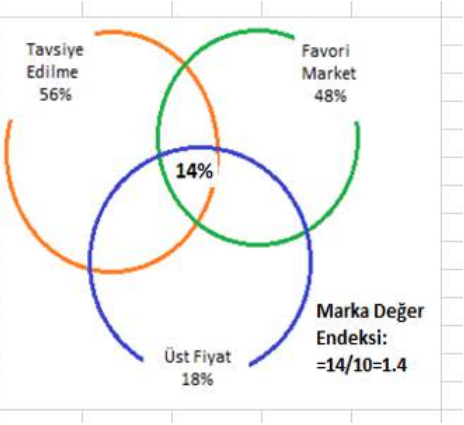
BİM	
Tavsiye Edilme	40
Favori Market	43
Üst Fiyat	11

BİM	
Tavsiye Edilme (yüzde)	61%
Favori Market (yüzde)	65%
Üst Fiyat (yüzde)	17%



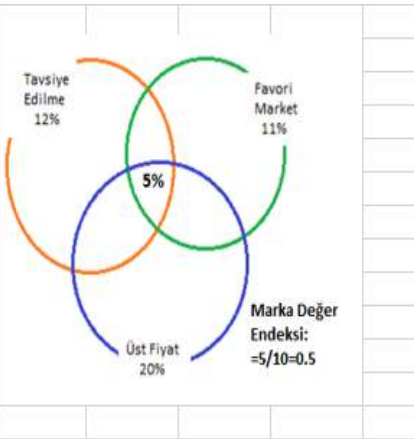
A101	
Tavsiye Edilme	37
Favori Market	32
Üst Fiyat	12

A101	
Tavsiye Edilme (yüzde)	56%
Favori Market (yüzde)	48%
Üst Fiyat (yüzde)	18%



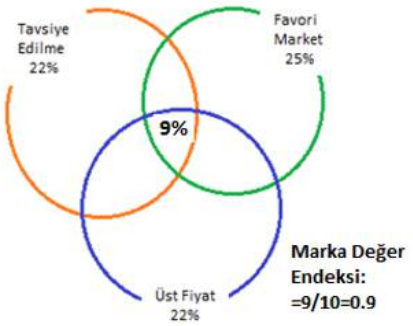
YALÇINKAYA	
Tavsiye Edilme	8
Favori Market	7
Üst Fiyat	13

YALÇINKAYA	
Tavsiye Edilme (yüzde)	12%
Favori Market (yüzde)	11%
Üst Fiyat (yüzde)	20%



	ŞOK
Tavsiye Edilme	22
Favori Market	25
Üst Fiyat	11

	ŞOK
Tavsiye Edilme (yüzde)	33%
Favori Market (yüzde)	38%
Üst Fiyat (yüzde)	17%



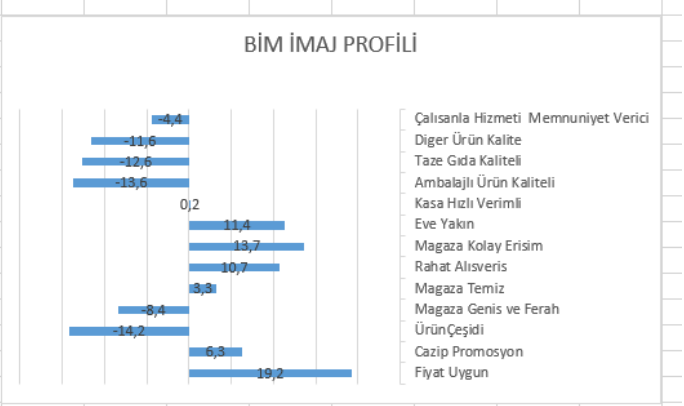
Ek 2. İmaj Profil Hesaplama Tabloları

GÜNCEL	BİM	YALÇINKAYA	ŞOK	A101	ORT.
Fiyat Uygun	82	8	44	70	51,0
Cazip Promosyon	58	8	38	64	42,0
ÜrünÇeşidi	32	44	27	47	37,5
Magaza Genis ve Ferah	35	32	27	47	35,3
Magaza Temiz	59	27	36	59	45,3
Rahat Alısveris	76	27	45	64	53,0
Magaza Kolay Erisim	86	26	52	71	58,8
Eve Yakın	80	26	50	67	55,8
Kasa Hızlı Verimli	55	27	44	52	44,5
Ambalajlı Ürün Kaliteli	39	36	41	55	42,8
Taze Gıda Kaliteli	33	35	36	44	37,0
Diger Ürün Kalite	42	38	44	50	43,5
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	47	29	41	50	41,8
ort.	55,7	27,9	40,4	56,9	45,2

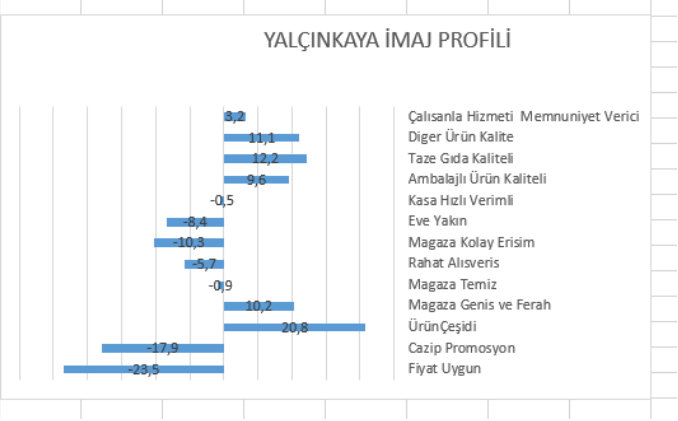
BEKLENEN SKORLAR	BİM	YALÇINKAYA	ŞOK	A101	ORT.
Fiyat Uygun	62,8	31,5	45,5	64,2	51,0
Cazip Promosyon	51,7	25,9	37,5	52,9	42,0
ÜrünÇeşidi	46,2	23,2	33,5	47,2	37,5
Magaza Genis ve Ferah	43,4	21,8	31,5	44,4	35,3
Magaza Temiz	55,7	27,9	40,4	56,9	45,3
Rahat Alısveris	65,3	32,7	47,3	66,7	53,0
Magaza Kolay Erisim	72,3	36,3	52,5	73,9	58,8
Eve Yakın	68,6	34,4	49,8	70,2	55,8
Kasa Hızlı Verimli	54,8	27,5	39,7	56,0	44,5
Ambalajlı Ürün Kaliteli	52,6	26,4	38,2	53,8	42,8
Taze Gıda Kaliteli	45,6	22,8	33,0	46,6	37,0
Diger Ürün Kalite	53,6	26,9	38,8	54,7	43,5
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	51,4	25,8	37,3	52,5	41,8
ort.	55,7	27,9	40,4	56,9	45,2

PROFILE=DIFFERENCE	BİM	YALÇINKAYA	ŞOK	A101
Fiyat Uygun	19,2	-23,5	-1,5	5,8
Cazip Promosyon	6,3	-17,9	0,5	11,1
ÜrünÇeşidi	-14,2	20,8	-6,5	-0,2
Magaza Genis ve Ferah	-8,4	10,2	-4,5	2,6
Magaza Temiz	3,3	-0,9	-4,4	2,1
Rahat Alısveris	10,7	-5,7	-2,3	-2,7
Magaza Kolay Erisim	13,7	-10,3	-0,5	-2,9
Eve Yakın	11,4	-8,4	0,2	-3,2
Kasa Hızlı Verimli	0,2	-0,5	4,3	-4,0
Ambalajlı Ürün Kaliteli	-13,6	9,6	2,8	1,2
Taze Gıda Kaliteli	-12,6	12,2	3,0	-2,6
Diger Ürün Kalite	-11,6	11,1	5,2	-4,7
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	-4,4	3,2	3,7	-2,5
Ortalama	0,0	0,0	0,0	0,0

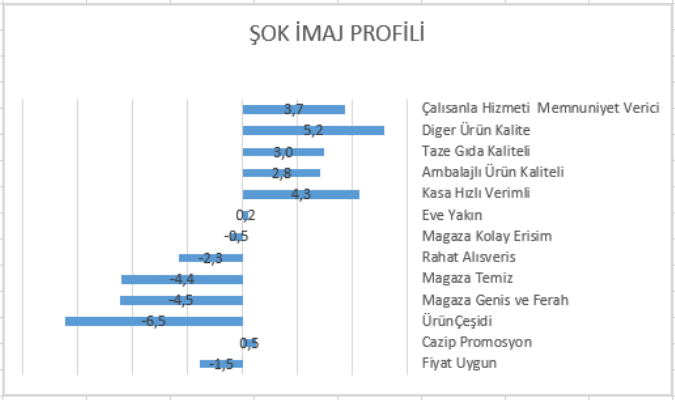
PROFILE=DIFFERENCE	BİM
Fiyat Uygun	19,2
Cazip Promosyon	6,3
ÜrünÇeşidi	-14,2
Magaza Genis ve Ferah	-8,4
Magaza Temiz	3,3
Rahat Alısveris	10,7
Magaza Kolay Erisim	13,7
Eve Yakın	11,4
Kasa Hızlı Verimli	0,2
Ambalajlı Ürün Kaliteli	-13,6
Taze Gıda Kaliteli	-12,6
Diger Ürün Kalite	-11,6
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	-4,4



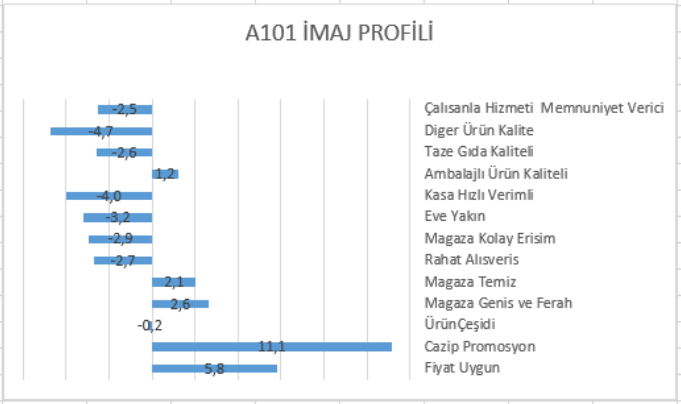
PROFILE=DIFFERENCE	YALÇINKAYA
Fiyat Uygun	-23,5
Cazip Promosyon	-17,9
ÜrünÇeşidi	20,8
Magaza Genis ve Ferah	10,2
Magaza Temiz	-0,9
Rahat Alısveris	-5,7
Magaza Kolay Erisim	-10,3
Eve Yakın	-8,4
Kasa Hızlı Verimli	-0,5
Ambalajlı Ürün Kaliteli	9,6
Taze Gıda Kaliteli	12,2
Diger Ürün Kalite	11,1
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	3,2



PROFILE=DIFFERENCE	ŞOK
Fiyat Uygun	-1,5
Cazip Promosyon	0,5
ÜrünÇeşidi	-6,5
Magaza Genis ve Ferah	-4,5
Magaza Temiz	-4,4
Rahat Alısveris	-2,3
Magaza Kolay Erisim	-0,5
Eve Yakın	0,2
Kasa Hızlı Verimli	4,3
Ambalajlı Ürün Kaliteli	2,8
Taze Gıda Kaliteli	3,0
Diger Ürün Kalite	5,2
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	3,7



PROFILE=DIFFERENCE	A101
Fiyat Uygun	5,8
Cazip Promosyon	11,1
ÜrünÇeşidi	-0,2
Magaza Genis ve Ferah	2,6
Magaza Temiz	2,1
Rahat Alısveris	-2,7
Magaza Kolay Erisim	-2,9
Eve Yakın	-3,2
Kasa Hızlı Verimli	-4,0
Ambalajlı Ürün Kaliteli	1,2
Taze Gıda Kaliteli	-2,6
Diger Ürün Kalite	-4,7
Çalısanla Hizmeti Memnuniyet Verici	-2,5



Özet

Kömür hazırlama tesislerinde zenginleştirme sonrası oluşan katı atık, atıksu, kömür hazırlamada kullanılan su ve gürültü/titreşim çevreye etki eden başlıca faktörlerdir. Bu çalışmada bir kömür hazırlama tesisinde kullanılan prosesler sonucu ortaya çıkan atıksu ve katı atıkların yönetimi ve atıkların mevcut ve değişik proseslerde yeniden kullanımı irdelenmiştir. Kömür hazırlama sisteminde oluşan yaklaşık 550 ton atıksu "tikiner havuzu" biriminde arıtılmaktadır. Su kütlesi denkliği irdelendiğinde, kömür hazırlama sonrası 54 ton su sistemden ürünlerle birlikte kömür sahasına verilmektedir. Sonuç olarak, sistemde oluşan atık sular arıtılıp tekrar kullanılmaktadır ve sistemden atıksu su dış ortama hiçbir zaman deşarj edilmemektedir. Sistemde üretilen katı atık kömürün içerisinde bulunan taşlardan oluşmaktadır ve miktarı saatte yaklaşık 750 kg civarındadır. Bölgede kömür taşı daha çok yol dolguları, inşaat dolguları, toprak yapılı yol yüzeyi kaplamaları ve karışım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yapısı ağırlıkça büyük oranda kil minerallerinden (%48-68) oluştuğundan değişik üretim proseslerinde hammadde olarak kullanımının araştırılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler:

Taş Kömürü; kömür hazırlama, şist; atıksu geri kazanma;

Abstract

In coal preparation plants, solid wastes from the enrichment, wastewater, water used in coal preparation and noise / vibration are the main factors affecting the environment. In this study, the management of wastewater and solid wastes as a result of the processes used in a coal preparation plant and the use of wastes in existing and different processes were investigated. About 550 tons of wastewater generated in the coal preparation system is treated in the thickener pool unit. When the balance of water body is examined, after the coal preparation, 54 tons of water is given to the field with the products from the system. As a result, the wastewater generated in the system is treated and reused, and the wastewater from the system is never discharged to the receiving environment. The solid waste produced in the system consists of stone produced from the coal preparation and the amount of coal stone produced is around 750 kg per hour. In the region, the coal stone is mostly used as road fillings, construction fills, soil-based road surface coatings and as a mixture material. Since its structure is mostly composed of clay minerals (48-68%), it should be investigated to use them as raw materials in different production processes.

Keywords:

Hard coal; coal preparation; schist; wastewater recycling.

Kömür Hazırlama Tesisinde Atık Yönetimi

Waste Management in a Coal Preparation Plant

Yılmaz YILDIRIM[1]
Hamit AYDIN[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye,
[2]Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye,

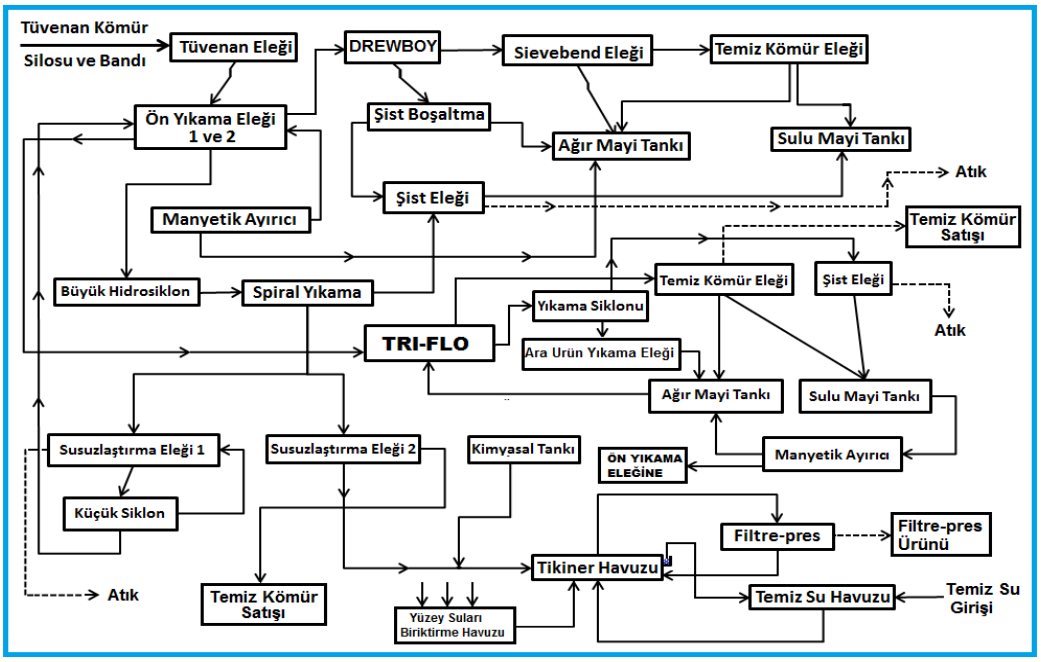
1. Giriş

Taşınması, depolanması ve kullanımı bakımından en güvenli fosil yakıt olan kömür günümüzün en önemli enerji kaynağıdır. Ayrıca başta elektrik enerjisi olmak üzere enerji, ısı ve demir-çelik üretimi alanında maliyet bakımından rekabetçi bir yakıt olma özelliği de bulunmaktadır[1]. Kömürün üretilmesi ve hazırlanması oldukça kapsamlı süreçler sonucunda gerçekleşmektedir. Kömür üretimi açık işletme yöntemi ve yeraltı üretim yöntemi olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kömür üretimi esnasında arazinin kazılması, yeraltı işletmeciliği ise kömürün yüzeye nakledilmesi ve kömür hazırlama tesisinin uzak olması durumunda ise üretilen kömürün hazırlama tesisine taşınması işlemleri kömür üretim süreçlerinin temel birimlerini oluşturur. Kömürün hazırlanması süreçleri ise genel olarak kırma, eleme ve zenginleştirme proseslerinden oluşmaktadır. Kömürün hem üretilmesi ve hem de hazırlanması süreçlerinde az veya çok çevresel etkiler oluşmaktadır ve bu etkileri en aza indirerek çevresel etkiler minimum seviyeye azaltılabilmektedir. Çevre Mühendisliği açısından özellikle atık kontrol ve geri kazanma teknikleri kullanılarak kömürün üretilmesi esnasında açık işletme faaliyetleri sonucunda yer üstü su kaynaklarına deşarj edilmesi sonucu alıcı ortamın doğrudan kirlenmesi ve yer altı işletme faaliyetlerinden kaynaklanan ocak sularının çevre ekolojisine ve su kaynaklarına olabilecek zararları önlenebilmekte veya deşarj edilen sular alıcı ortama minimum oranda etki olabilecek bir bileşime getirilebilmektedir. Diğer taraftan kömür hazırlama tesislerinde ise katı atık, atıksu, kömür hazırlamada kullanılan su ve gürültü/titreşim başlıca çevresel etkiler olarak sınıflandırılmaktadır[2,3]. Kömür hazırlama faaliyetleri neticesinde sıvı ve katı atıklar oldukça fazla miktarda ortaya çıkabilmektedir. Bu atıklar alıcı ortama doğrudan verilmeden önce ilgili yönetmeliklere göre gerekli arıtma ve geri kazanım işlemler yapılarak bertaraf edilmelidir.

Değişik proseslerden kaynaklanan atıkların bir başka proseste hammadde olarak kullanılması ya da proses sonucu oluşan atıkların tekrar aynı sistemde değişik amaçlar için kullanılması son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır[4, 5, 6,7]. Kömür üretim tesislerinde yeraltı yer altı işletme faaliyetlerinden kaynaklanan ocak sularının membran sistemler ile arıtılarak çeşitli proseslerde tekrar kullanılması oluşan suların deşarj edilmeden geri kazanılarak sistemde tekrar kullanılmasına verilebilecek bir örnektir[8]. Makalenin konusu da olan kömür hazırlama tesislerinde oluşan atıkların kontrolü önemlidir. Kömür yıkama işlemlerinde iki birim kömür başına bir birim su oranı gibi oldukça fazla miktarda yıkama suyu kullanılmakta olup bu suyun tesiste yeniden kullanılabilmesi için bir takım fiziksel ve kimyasal arıtma işlemlerden geçirilerek içerdiği maddelerden arındırılması gerekmektedir. Bu çalışmada yeraltı üretim yöntemi ile üretilen tüvenan taşkömürünün bir kömür hazırlama tesisinde kullanılan prosesler sonucu ortaya çıkan sıvı ve katı atıkların yönetimi ve atıkların mevcut ve değişik proseslerde yeniden kullanılıp kullanılmayacağı irdelenmiştir.

2. Yöntem

Çalışma konusu olan kömür hazırlama tesisi özel bir girişimciye ait olup Zonguldak ili içerisinde yer almaktadır. Ocaklardan gelen tüvenan kömür şirkete ait ve işletme sınırları içerisinde bulunan lavvar tesisinde hazırlanmakta olup 14mm – 100mm ebatlarında iri boyut, 0.5mm – 14mm ebatlarında orta boyut ve 0 mm – 0.5 mm ebatlarında ince boyut olmak üzere toplam üç ayrı boyutlarda ürün elde edilmektedir. Günlük yıkanmış kömür miktarı ortalama 170 ton olup (sisteme beslenen tüvenan kömür miktarı 300 ton/saat), kömür zenginleştirme sisteminde kapalı devre saatte 600 ton su döndürülmektedir. Tesisin iş akış ve genel genel proses diyagramı Şekil 1'de verilmektedir. Tesis temel olarak tüvenan kömür depolama, manyetik ve elle ayırma, kömür zenginleştirme, eleme, filtrasyon ve atıksu arıtma ve atık depolama birimlerinden oluşmaktadır.



Şekil. 1. Kömür zenginleştirme tesisi iş akış ve genel proses planı.

Tüvenan Kömür Biriktirme ve Besleme Silosu: Bu birimde ocaklardan birime getirilen tüvenan halindeki kömürün biriktirildiği; eleme, yıkama, ayırma ve temiz ürün elde etme sistemlerine kömürün beslendiği ünitedir. Bu ünitede tüvenan halinde günlük elde edilen kömürler kamyonlar ile sahaya getirilir ve iş makineleri ile sisteme beslenirler. Sisteme beslendikten sonra tüvenan taşıma bandı ile bir sonraki birim olan eleme ünitesine taşınır ve bu birimlerde herhangi bir katı atık veya su-atıksu üretimi olmamaktadır.

Eleme ve Ayırma Üniteleri: Tesisteki eleme (elek) üniteleri tüvenan kömür, temiz kömür ve şist elekleri olmak üzere üç ayrı birimden oluşmaktadır. Ayırma veya ayrıştırma birimleri ise Drewboy, Manyetik ayırma, hidrosiklonlar, tri-flo ve spiral ayrıştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Eleme işleminde desleme bunkerindeki biriktirilen tüvenen kömür, tüvenan kömür bant konveyörleri vasıtası ile sisteme beslenir. İlk proseste tüvenan kömürün 100 mm den büyük olan malzeme grizli elek vasıtası ile elenir. 100 mm nin üzeri ise el ile seçilmek vasıtası ile ayrıştırılır. Bu aşamada bir miktar katı atık oluşmaktadır ancak proses için herhangi bir su kullanılmamaktadır. Ebat olarak 100mm altında olan tüvenan kömür iki katlı ön yıkama eleğine gönderilir. Burada kömür su ile hem yıkanır ve hem de elenerek 3 ayrı boyutta (kaba: 14mm - 100mm arası, orta: 0.5mm - 14mm arası, ince: 0 mm - 0.5 mm arası) ürün elde edilir. Birinci ön yıkama eleğinde yıkanarak elenen tüvenan kömürün 14-100 mm arasındaki boyutta olan kısmı drewboya gönderilir. Boyut olarak 14 – 100mm arasında olan ürünler Drewboy (yıkama tamburu-yoğunluk farkından dolayı yüzdürme ve batırma işleminin yapıldığı prosestir) ünitesinde yıkanarak kömür kısmı ile taş atık kısmı ayrıştırılır ve tekrar elenmek üzere bir sonraki prosese gönderilir. Yıkama tamburunda (Drewboy) manyetit ağır ortam malzemesi ile karışan kömür ve taş atık malzemesi üzerinde bulunan manyetit malzemesi, geri kazanılması için ayrışan kömür ürünleri temiz kömür eleği ve atık malzemeler ise atık eleğine gönderilerek suyla duşlanır

ve bünyesindeki manyetit malzeme suya geçer. Suya geçen manyetit malzemesi "manyetik ayırıcılar" vasıtasıyla geri kazanılarak elde edilen manyetit ağır mayi ortam tankına gönderilirler. Ayrıştırmada ortaya çıkan sulu kısım ise ön yıkama eleğinin altında bulunan 0 - 0.5mm ebatlarındaki malzemenin yolladığı "atıksu toplama tankı" birimine gönderilir. İkinci ön yıkama eleğinde ise birinci ön yıkama eleğinin altından alınan 0.5-14 mm arasındaki boyutta olan kısım yıkanır. İkinci ön yıkama eleğinin altından alınan 500 mikron büyüklüğü ve alt ebatlardaki malzeme ise hidrosiklonlarda ayrıştırılmak üzere bir sonraki birim olan Hidrosiklon ayırma ünitesine gönderilir. 0.5-14 mm arası ebatlarda olan malzeme ise ikinci ön yıkama eleğinde duşlanarak yıkandıktan sonra ilk önce ince devre yıkama siklon tankına gönderilir ve burada E.T.S dağıtım kutusu kullanılarak yüzdürme yoğunluğu ayarlanır. Daha sonra ise ince devre yıkama siklonu olan tri-flo birimine gönderilir. Kömür zenginleştirme tesisinde tri-flo birim 0.5mm – 14mm arası ebatlarındaki kömürün yıkanmasında kullanılmakta ve dört değişik ürün (temiz kömür: %6-8 kül, ara ürün: %30-35 kül, ağır ortam karışımı: % 50-55 kül ve şist: %85-90 kül) elde edilmektedir. İri devre (14-100 mm) malzemesi temiz kömür, "temiz kömür eleği" biriminde yıkanıp elenerek 18-100 mm ebatlarında % 10-12 kül içeren "temiz kömür" satış yapılmak üzere bir alanda biriktirilir. Temiz kömür eleği altından alınan manyetitli sulu malzemenin bir kısmı "ağır mayi tankı" birimine diğer bir kısmı ise "sulu mayi tankı" birimine gönderilir. Sulu mayi tankından alınan malzeme manyetik seperatörde ayrıştırılarak manyetitli kısım "ağır mayi tankı" birimine manyetiti arındırılmış kısım ise II. Ön yıkama eleğine geri gönderilir. İri devre hattında elde edilen Şist malzemesi ise "şist eleği" biriminde elenir ve elek altı sulu malzeme "sulu mayi tankı" birimine gönderilir. Benzer işlemler ince devre hattında uygulanır. 0.5-14 mm ebatlarındaki malzeme ince devre "ara ürün eleği", "temiz kömür eleği" ve "şist eleği" birimlerinde elenerek ürün ve atık malzemeler ayrıştırılır. İnce devre ara ürün (0.5-14 mm) eleğinin alt kısmından alınan malzemenin bir kısmı "ağır mayi tankı" birimine diğer bir kısmı ise "sulu mayi tankı" birimine gönderilir. Aynı zamanda temiz kömür eleğinin alt kısmından alınan malzemenin bir kısmı "ağır mayi tankı" birimine gönderilirken diğer bir kısmı ise "sulu mayi tankı" birimine gönderilir. Sulu mayi tankından alınan malzeme manyetik seperatöre gönderilerek ayrıştırılarak manyetitli kısım "ağır mayi tankı" birimine aktarılır.

Manyetik Ayırma Ünitesi: Manyetik ayırma ünitelerinde ağır ortam manyetiti ile yıkanan kömürlerin yıkama suyuna karışan manyetit malzemesinin geri kazanıldığı ünitelerdir. Manyetik ayırıcının üst kısmından alınan malzeme ön yıkama eleğine gönderilirken alt kısmından alınan malzeme ise ağır mayi tankına gönderilmektedir. Yine sulu mayi tankından alınan manyetit karışımlı sulu malzeme içerisinde bulunan manyetit manyetik seperatör ile proses yapılarak elde edilen manyetit ağır mayi tankına gönderilmektedir.

Hidrosiklon Ayırma Ünitesi: Siklonlar, yerçekimi ve hidrodinamik basıncın yanı sıra merkezkaç kuvvetinin etkin olduğu ayırma birimleridir. Bu özelliklerinden dolayı ince boyutlu tanelerinin verimli olarak ayrılmasına olanak sağlamaktadır. Kömür zenginleştirme tesisinde iki adet hidrosiklon bulunmaktadır. Ağır ortam siklonu ve küçük siklon olarak adlandırılırlar ve sprial ayrıştırma öncesi kullanılırlar. 0 mm – 0.5 mm arası ebatlarda olan malzeme ön yıkama eleğinin altından ve separatörlerin dönüşlerinden elde edilen malzemedir. Bu ürün pompa vasıtası ile iki adet 550 mm lik çaplara sahip hidrosiklonlara basılır. Hidrosiklonların alt çıkısından ve üst çıkışından olmak üzere 2 ayrı ürün elde edilir. Hidrosiklonların alt çıkışından 100 mikron ila 500 mikron arası malzeme alınıp spiral ayrıştırıcı ile yıkanarak ayrıştırılır. Hidrosiklonun üst akısından elde ettiğimiz 0-100 mikron arası malzeme siklon çıkışında arıtılmak üzere artıma ünitesi birimine gönderilir.

Spiral Ayrıştırma Ünitesi: Spiral yıkama ünitesi 100-500 mikron boyutlarında olan kömür + şlam karışımını yıkayarak ayıran bir ünitedir. Hidrosiklonların alt çıkışından 100 mikron ila 500 mikron arası malzeme alınıp spiral ile yıkanarak ayrıştırılır. Buradan da 2 ayrı malzeme elde edilir. Temiz kömür ve atık kömür. Temiz kömür kısmı temiz kömür susuzlaştırma eleğine gönderilirken atık kömür kısmı ise spiral karışım (miks) susuzlaştırma eleğine gönderilerek her iki ürün de susuzlaştırılır. Temiz olan kömür temiz kömür sahasına alınırken atık olan malzemede ise atık sahasına bant konveyorler vasıtası ile gönderilir. Susuzlaştırma eleklerinin altına gecen sular yine ön yıkama eleğinin altındaki 0.5mm malzemenin yollandığı kazana tekrar gönderilir.

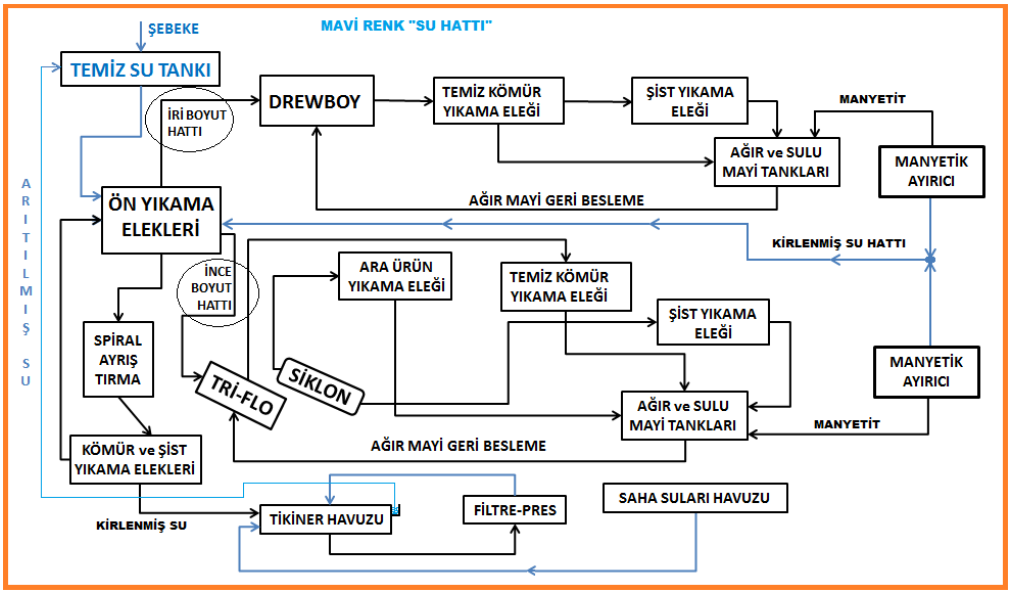
Filtrasyon Ünitesi: Kömür zenginleştirme tesisinde susuzlaştırma işlemleri için filtre-pres ekipmanı kullanılmaktadır. Susuzlaştırmanın çok iyi yapılabildiği kuruya yakın bir kek oluşturabilmeleri ve otomatik deşarj mekanizmalarına sahip olmaları neticesinde filtre presler arıtma ve maden zenginleştirme tesislerinde en çok tercih edilen arıtma sistemleri ünitesi haline gelmiştir. Filtrasyon ünitesi tikiner havuzunda çökelme sonucu oluşan 0-500 mikron ebatlarındaki karışım, havuzun alt kısmından pompa ile alınarak filtre edilmek ve susuzlaştırılmak üzere "filtre ünitesi" bölümüne gönderilir. Filtrepres birimine gönderilen malzeme 10 bar basınç ile filtrepreste sıkılıp içerisindeki katı parçacıklar 150x150 cm ebadında 4 cm kalınlığında kek olarak alınıp araçlar vasıtası ile stok sahasına yollanır. Ortaya çıkan arıtılmış su, bir pompa ile temiz su deposuna gönderilir.

Su Arıtma Ünitesi: Bu birim kimyasal hazırlama ve besleme alt birimi ile tikiner havuzu alt birimlerinden oluşmaktadır. Kimyasal hazırlama ve besleme alt birimi 0-100 mikron arasındaki malzemeyi sulu ortamdan geri kazanmak için flokülant maddenin hazırlandığı ve tikinere beslendiği

birimdir. Hidrosiklonun üst akısından elde edilen 0 ila 100 mikron arası malzeme siklon çıkışında 30 anyonik ağırlıkça %0,1' lik oranda hazırlanan flokülant ile karıştırılıp floklaştırma yapmak üzere tikiner havuzuna gönderilir. Sistemde kullanılmakta olan tikiner havuzu 750 ton kapasiteye sahiptir. Tikiner havuzu şlam kömürlerinin kimyasal çöktürücü madde kullanılarak çökelme işlemine tabi tutulduğu birimdir. Özellikle tesiste (-0,5) mm boyutun altındaki şlam (katı taneciklerin bulunduğu kirli su), tikinere gönderilerek çöktürücü (flokülant) kullanılarak katı tanecikler çöktürülür. Tikiner ünitesinde sistemin üst kısmından alınan temiz su, temiz su tankına, çöken 0 – 100 mikron boyutlarındaki malzeme ise susuzlaştırılmak üzere filtre-pres ünitesine gönderilir.

3. Bulgular ve Tartışma

Su İhtiyacı, Atıksu Oluşumu ve Atıksu Arıtma Ünitesi: Kömür hazırlama esnasında ortaya çıkan sıvı atıklar suyun yüzeyinde özellikle killi tabaka ve çok ince kömür partikülleri bulunmaktadır. Bu su "kirletilmiş" bir yapıya sahip olup SKKY Tablo 9.1'e göre arıtılarak (AKM, KOİ, pH, Sıcaklık, Toplam Siyanür ve Yağ-Gress parametreleri), ya deşarj edilmeli ya da proseste tekrar kullanılması gerekmektedir. Lavvar tesisinde, tüvenan halindeki kömürü yıkama amaçlı olarak I. ve II. Ön yıkama eleklerinde, iri boyut (14-100 mm) hattı temiz kömür yıkama eleği ve şist yıkama eleğinde, ince boyut (0.5-14 mm) hattı ince devre ara ürün yıkama eleği, ince devre temiz kömür yıkama eleği ve ince devre atık şist yıkama eleği ünitelinde yıkama amaçlı su kullanılmaktadır. Ayrıca Spiral ayrıştırıcı ünitesi, flokülant hazırlama tankı ve tikiner havuzu birimlerinde de su kullanılmaktadır. Genel anlamda iki ton "tüvenan kömür" başına bir ton "yıkama suyu" kullanılmaktadır. Kirletilmiş sular temel olarak ince devre hattından kaynaklanırken tikiner havuzuna hidrosiklon üstü malzeme, spiral ayrıştırıcı altından çıkan ve spiral mikst susuzlaştırma eleğinde yıkanıp elenerek satışa sunulan 100-5000 mikron ebatlarındaki malzemenin yıkanması esnasında oluşan elek altı karışım (su + kömür) pompa yardımıyla arıtılmak üzere tikiner havuzuna gönderilir. Tikiner havuzuna giriş öncesi bir "toplama kazanı" ünitesinde flokülant malzeme ile karıştırılarak karışım tikiner havuzuna verilir ve aksıdaki katılar çöktürülerek sudan arındırılan çökme ürünü malzeme bir pompa vasıtası ile filtrasyon ünitesine gönderilir. Filtre-pres susuzlaştırma ünitesine verilerek katı-sıvı ayrımı gerçekleştirilir. Ayrılan katılar (filtre ürünü ince toz kömür) filtre-presin altında toplanırken ortaya çıkan su ise geriye tikiner havuzuna verilmektedir. Gerekli katı-sıvı ayrımı yapılarak arıtılan su "temiz su havuzu" ünitesine gönderilir. Lavvar tesisinin genel su döngüsü, atıksu oluşum üniteleri ve atıksu arıtım tesislerinin genel durumu Şekil 2'de verilmektedir. Kömür hazırlama faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan katı ve sıvı atıkların kontrol veya bertaraf edilmeden doğrudan alıcı ortama verilmesi kanun, yasa ve yönetmelikler gereği mümkün değildir.



Şekil 2. Lavvar tesisinin genel su döngüsü, atıksu oluşum üniteleri ve atıksu arıtım tesisleri planı

Ortalama Yıkanmış Kömür Üretimine Göre Su Kütlesi Denkliği: Lavvar tesisine saatte ortalama 300 ton tüvenan halindeki kömür yıkamaya alınırken yıkama hattında kapalı devre olarak saate 600 ton su yıkama prosesinde kullanılmaktadır. Tüvenan kömürün % 60'ı yıkanmış temiz kömür, % 15'i şlam ve % 25 ise şist olarak lavvardan çıkmaktadır. Boyutlarına göre değerlendirildiğinde ise 0-100 mikron arası filtre-pres ürünü kömürün nem içeriği % 22, kül içeriği % 50 ve ağırlıkça oranı %16'dır. 100-500 mikron arası iki ürün

oluşmakta olup bu kömürün nem içeriği % 20, kül içeriği (% 12 ve % 50) ve ağırlıkça oranı % 20'dir. 0,5-14 mm boyutları arasındaki malzeme ince devre temiz kömür ve ince devre ara ürün kömür olarak adlandırılan iki üründen oluşmaktadır ve bu ürünlerin nem içeriği % 17, kül içeriği (% 8 ve % 45) ve ağırlıkça oranları ise % 20'dir. İri devre olarak adlandırılan ve ebatları 14-100 mm arasında olan kömürün ise nem içeriği % 22, kül içeriği % 10-12 ve ağırlıkça oranı % 7'dir. Tüvenan ve yıkanmış kömür ve yıkama sonucu ortaya çıkan atık malzemenin özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Sisteme saatte 300 ton tüvenan kömür beslenmekte olup kömür yıkanması sonucu sistemden iri devre temiz kömürle birlikte 4.2 ton, iri devre atıkla birlikte 9 ton, ince devre temiz kömür ve ince devre ara ürünle birlikte 10.2 ton, ince devre atıkla birlikte 7.65 ton, spiral ürünü temiz kömür ve spiral ürünü mikst toz kömürle birlikte 12 ton ve filtrepres ürünü toz kömür ile birlikte 9.9 ton olmak üzere toplam olarak 54 ton su sistemden ürünlerle birlikte kömür sahasına verilmektedir. Oluşan bu sular tesis içerisinde bulunan saha suları biriktirme havuzunda toplanmaktadır. Saha suları biriktirme havuzunda toplanan sular tekrar arıtılıp sistemde kullanılmak üzere tikiner havuzuna verilmektedir. Gerek temiz su havuzu, saha suları biriktirme havuzu ve tikiner havuzu yüzeylerinden buharlaşma olabildiği gibi gerekse de ürünlerin sahada depolanması esnasında su yüzeylerinden ve katı bünyelerinden bir miktar buharlaşma olabilmektedir. Sistemde döngü halinde olan su miktarında buharlaşma sonucu azalmalardan dolayı sistemdeki su miktarını dengelemek amacıyla ortalama 2 ton/gün ilave temiz su yıkama sistemine verilmektedir.

TABLO 1. Tüvenan ve yıkanmış kömür ve yıkama sonucu ortaya çıkan ürünlerin özellikleri

ÜRÜN	Boyut Aralığı	Ağırlık Oranı (%)	Nem İçeriği (%)	Kül İçeriği (%)	İçerdiği Su Miktarı (ton)
Tüvenan kömür				45-50	
İri devre temiz kömür	14 - 100 mm	20	7	10-12	4.2
İri devre atık	14 - 100 mm	10	3	85-90	9
İnce devre temiz kömür	0,5 – 14 mm	20	17	6-8	10.2
İnce devre ara ürün kömür	0,5 – 14 mm		17	45	
İnce devre atık	0,5 – 14 mm	15	17	85-90	7.7
Spiral ürünü temiz toz kömür	100 – 500 µm	20	20	12	12
Spiral mikst toz kömür	100 – 500 µm		20	50	
Filtre-pres ürünü toz kömür	0 – 100 µm	15	22	16	9.9
TOPLAM		**100**			**54**

Katı Atık Yönetimi: Kömür üretiminde uygulanan yöntemin ne olduğuna bakılmaksızın gerek kazı esnasında yan taşlardan, gerekse kömürün damarındaki ara kesmelerden kil, şist gibi inorganik maddeler de üretim esansında kömüre karışmaktadır. Kömür hazırlama tesisinde bu inorganik yapılı kömürün kül oranını artırıcı maddeler yukarıda verilen değişik yöntemler ile kömürden ayrıştırılırlar. Makale konusu kömür hazırlama tesisine saatte ortalama 300 ton tüvenan halindeki kömür yıkamaya alınırken tüvenan kömürün % 25'i şist olarak lavvarda üretilmektedir. Bir başka yaklaşımla saate yaklaşık 750 kg maden taşı atığı (şist) sistemde üretilmektedir. Maden taşı (şist) atığı Zonguldak bölgesinde oldukça fazla miktarda üretilmekte olup bertaraf olarak seçilen genel yöntem belirli alanlarda depolama işlemidir. Maden taşı atıkları ağırlıkça büyük oranda kil minerallerinden (%48-68) oluşurken diğer içerikler silikatlar, karbonatlar, kükürtlü bileşikler ve artık kömür maddelerinden oluşmaktadır[9]. Bu karışımın düşük miktarda blok kayaçlar dikkate alınmazsa, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre GP tipi malzeme olduğu gözlemlenmiştir. Yoğunluğu yüksek (≈18 kN/m^3) ve su tutma(≈% 4-6) özelliği düşüktür ve bölgede düzensiz katı atık alanlarında çeşitli atıklarla birlikte depolama işlemlerinde karışım malzemesi olarak da kullanılmıştır [10]. Kömür taşı geri kazanımı yapılmamakla birlikte bölgede yol dolguları, inşaat dolguları ve yol

yüzeylerinin kaplanması amaçlı kullanımları vardır. Geri kazanım miktarlarını artırmak için başta toprak sanayi ürünleri hammaddesi olmak üzere değişik amaçlı proseslerde hammadde olarak kullanımı araştırılmalıdır. Ayrıca tesiste çok küçük miktarlarda da olsa bir miktar demir ve odun gibi malzemeler tüvenan kömür ile birlikte sisteme gelebilmektedir. Manyetik ve elle ayıklama ünitesinde üretim esnasında kömür içerisine karışmış ve doğal olmayan "demirli malzemeler" mıknatıs tutucu ile kömür içerisinden ayıklanırlar. Ayıklanan malzemeler taşıma bandının altında bulunan bölmelerde toplanır ve sonradan kullanım amacına göre talep edilen birimlere aktarılırlar.

4. Sonuç

Kömür hazırlama faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan katı ve sıvı atıkların kontrol veya bertaraf edilmeden doğrudan alıcı ortama verilmesi kanun, yasa ve yönetmelikler gereği mümkün değildir. Kömür hazırlama esnasında ortaya çıkan sıvı atıklar suyun yüzeyinde özellikle killi tabaka ve çok ince kömür partikülleri bulunmaktadır. Sisteme 600 ton temiz havuzdan yıkama suyu gönderilirken bu suyun, kömür yıkanması sonucu sistemden iri devre temiz kömürle birlikte 4.2 ton, iri devre atıkla birlikte 9 ton, ince devre temiz kömür ve ince devre ara ürünle birlikte 10.2 ton, ince devre atıkla birlikte 7.65 ton, spiral ürünü temiz kömür ve spiral ürünü mikst toz kömürle birlikte 12 ton ve filtrepres ürünü toz kömür ile birlikte 9.9 ton olmak üzere toplam olarak 54 ton su sistemden ürünle birlikte çıkmaktadır. Yaklaşık 550 ton atıksu ise "tikiner havuzu" biriminde arıtıldıktan sonra tikiner havuzundan alınarak bir pompa yardımıyla "temiz su havuzu" ünitesine geri beslenerek sistemde tekrar kullanılmaktadır. Sistemin genel yapısından da görüldüğü üzere su kullanımı tamamen kapalı devre usulüne göre yapılmakta olup sistemden herhangi bir atık veya kirletilmiş su dış ortama deşarj edilmemektedir. Sisteme dışarıdan buharlaşma miktarı kadar bir su verilmektedir.

Katı atık olarak sistemde ortaya çıkan kömür taşı (şist) atıkları ve tüvenan kömür içerisinde yıkama tesisine girmeden önce çok küçük miktarlarda da olsa ortaya çıkan bir miktar demir ve odun gibi malzemelerdir. Kömür taşı miktar olarak saatte 750 kg civarında olup düzenli olarak planlanmış bölgelerde depolanmaktadır. Bölgede kömür taşı daha çok yol dolguları, inşaat dolguları, toprak yapılı yol yüzeyi kaplamaları ve karışım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak kömür taşı atıkları ağırlıkça büyük oranda kil minerallerinden (%48-68) oluştuğundan başta toprak sanayi ürünleri hammaddesi olmak üzere değişik üretim proseslerinde hammadde olarak kullanımının araştırılması desteklenmelidir.

5. Referanslar

[1] Aslan, V. and M. Kemal. 2004. Kömür Hazırlama ve Türkiye'deki Uygulamalar, Türkiye 14.Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa 217-227, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye.

[2] Şensöğüt, C. and S. Düzyol. 2016. Coal Mining and Environmental Impacts, International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16), pp.703-712, March 19-20, Kilis, Türkiye.

[3] Hacıhafızoğlu, H. 2016. Kömür Yıkama Tesis Atıklarının Susuzlandırılmasında Eski ve Yeni Teknolojiler, Bilimsel Madencilik Dergisi, Cilt 55, Sayı 3, Sayfa 17-25, Eylül 2016.

[4] Yetmez, M., Y. Yildirim and U. Uzun. 2018. Flexural Loading Capacity of a Cracked Bottom Ash/Epoxy Beam, EurAsia Waste Management Symposium, 2-4 May 2018, YTU Davutpasa Congress Center, İstanbul/Türkiye.

[5] Ebin, B., M. Petranikova, B.M. Steenari and C. Ekberg. 2018. Recovery of Industrial Valuable Metals (Iron, Zinc, Manganese) from Household Battery Waste, EurAsia Waste Management Symposium, 2-4 May 2018, YTU Davutpasa Congress Center, İstanbul/Türkiye.

[6] Yildirim, Y., 2018. Recycling and Reuse of Process Water in a Coal Preparation Plant, EurAsia Waste Management Symposium, 2-4 May 2018, YTU Davutpasa Congress Center, İstanbul/Türkiye.

[7] Nurdin, S., S. A. Khairuddin, H.A.M. Sukri, C.C. Wooi. 2018. Characterization and Optimization of Palm Industry Ash Waste (PIAW) Derived Zeolites Using Central Composite Design (CCD), EurAsia Waste Management Symposium, 2-4 May 2018, YTU Davutpasa Congress Center, İstanbul/Türkiye.

[8] Topaloğlu, A., Y. Yıldırım ve M. İnce. 2015. Yeraltı Kömür Madenciliğinde Oluşan Galeri Sularının MF/UF/NF Membran Sistemleri İle Arıtılabilirliğinin Araştırılması, MEMTEK 2015 4.Ulusal Membran Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu, 7-8 Ekim 2015, Isparta.

[9] Hussain, S.A., S. Demrici and G. Özbayoglu. 1993. Identification of clay minerals in coal and wastes from main coal washery, Zonguldak, Turkey, Applied Clay Science 7(6): 471-482.

[10] Capar O.F., İ.H. Özolcer and Y. Yıldırım. 2009. An Investigation on Geotechnical Problems of Uncontrolled Municipal Solid Waste Landfill in the Province of Zonguldak, Turkey, ICSW 2009: The 24th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 15-18 March 2009, 953-963, Philadelphia, U.S.A.

Jeotermal Enerjinin GAP'taki Yeri

Geothermal Energy in GAP

Alper BABA[1]
Mustafa M. DEMİR[2]
M. İrfan YEŞİLNACAR[3]

[1]Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye,
[2]Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye,
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniveristesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Enerji, günümüzde tüm dünya ülkelerindeki en önemli konu başlıkları arasındadır. Her geçen gün artan dünya nüfusu ve hızlı sanayileşmeye bağlı olarak yeni enerji kaynaklarının bulunması zorunlu hale gelmektedir. Tüm dünyada hızla artan enerji gereksiniminin büyük bir kısmı bir süre daha fosil yakıtlar ve hidrolik enerji ile karşılanabilecektir. Ancak fosil yakıtların kısa bir dönemde tükenmesi ve bir süre sonra bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Jeotermal enerji bunlar içinden en önemlilerden birtanesidir. GAP'ta, yüzey sıcaklığı 20-63°C arasında değişen çok sayıda jeotermal kaynak ve değişik rezervuar sıcaklıklarının ölçüldüğü kuyular bulunmaktadır. Ayrıca bölgede petrol amaçlı açılan ancak sıcak akışkan çıktığı (137 °C'ye ulaşan) için işletilmeyen çok sayıda kuyunun yer aldığı alanlar mevcuttur. Bu veriler, bölgenin jeotermal açıdan oldukça önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Mevcut olan ve terk edilmiş kuyuların sıcaklıkları bazı kesimlerde enerji, konut, termal tesis, seracılık ve kurutma için uygundur. Jeotermal enerji bölgedeki kırsal kalkınma için son derece önemlidir.

Anahtar kelimeler:

Jeotermal Enerji; enerji; termal turizm; seracılık; merkezi ısıtma.

Abstract

Energy is one of the most important expenditure items for all countries of the world. The demand for energy has been exponentially increases. The majority of the demand is obtained from fossil fuels. New energy sources should be generated to satisfy the demand. Geothermal energy appears to the most beneficial one. The surface temperature of geothermal spring ranges from 20 to 63 ° C in Southern east part of Turkey. In addition, many abandoned oil well, which has geothermal fluid reaching up to 137 °C, can be used for application of geothermal energy. The geothermal potential seems suitable for the temperature of existing and ventilated wells, housing, thermal plant, greenhouse, and drying.

Keywords:

Geothermal energy; energy; thermal tourism; green house; district heating.

1. Giriş

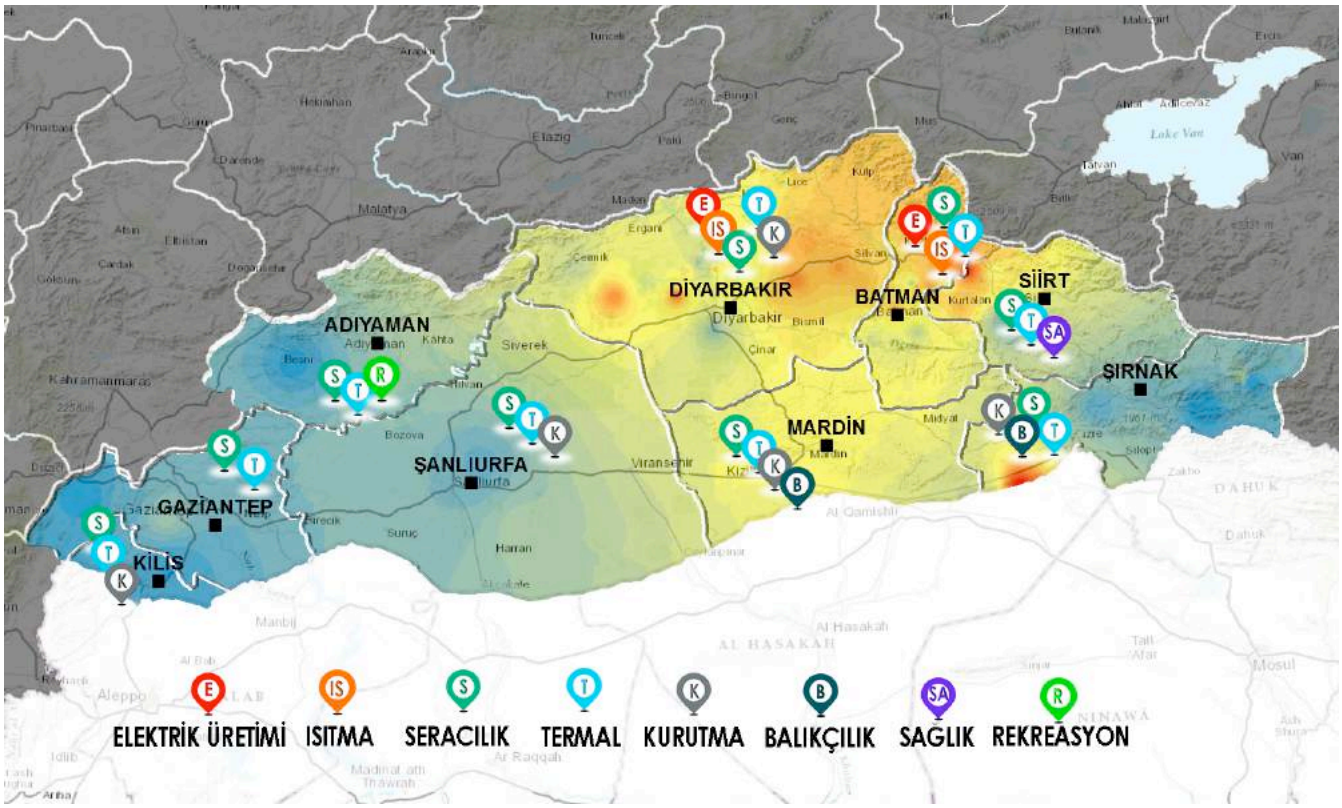
Son yıllarda bütün ülkeler yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesine önem vermektedir. Bu enerjilerden en önemlisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerji günümüzde ve yakın gelecekte ülkelerin en önemli enerji kaynağı arasında yer alacaktır. Bu nedenle, jeotermal enerji kaynaklarının geliştirilmesine ve uygulama alanlarının artırılmasına yönelik bilimsel araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Jeotermal kaynaklar kullanım alanları son derece geniştir. Günümüzde jeotermal kaynaklar, enerji üretimi, kent ısıtılması, sağlık, seracılık, meyve sebze kurutması, balıkçılık, termal turizm, akışkandan mineral kazanımı, yolların ısıtılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle kırsal kalkınma için son derece önemli bir girdi konumundadır. İzlanda ve Yeni Zelanda gibi ülkeler jeotermal kaynaklarını doğru ve etkin kullandıkları için ülkelerinin ekonomileri buna bağlı olarak gelişmiştir.

Türkiye, jeotermal sistemlerin oluşumunu sağlayan volkanik sistemlere ve tektonik yapıya sahip Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde olması sebebiyle jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında ise ekonomik ve kültürel zenginliğe sahip, tarihsel önemi olan ve birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan GAP bölgesindeki jeotermal kaynakların önemi ve kırsal kalkınmaya yapacağı etkileri irdelenmiştir.

2. GAP 'ta Jeotermal Kaynaklar

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde (GAP) jeotermal kaynakların özelliklerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar son yıllarda artmıştır [1-16]. 2010 yılından önceki çalışmaların önemli bir kısmı sadece jeotermal kaynaklarının varlığına yöneliktir. Son yılarda ise jeotermal enerjiden daha etkin bir şekilde yararlanmak için bölgede yapılan çalışmalar jeotermal kaynaklarının potansiyeli ve kullanım alanlarına yöneliktir. Sınırlıda olsa jeotermal kaynaklar Şanlıurfa (Karaali)'da hem termal turizm hem de seracılık alanında kullanılmaktadır. Diyarbakır (Çermik), Adıyaman (Çelikhan), Şırnak (Hısta, Besta Meryem, Nasrafan ve Zümrütdağ) Batman (Taşlıdere), Siirt (Billoris ve Lif) ve Mardin (Dargeçit)'de termal turizm amaçlı olarak jeotermal kaynaklarından faydalanılmaktadır. Bölgede Diyarbakır (Çermik-Çarmelik), Batman (Taşlıdere), Siirt (Billoris), Şırnak (Hısta ve Zümrütdağ), Şanlıurfa (Karaali- Kabahaydar), Mardin (Dargeçit-Germav), Adıyaman (Tilek-Çörnük), Kilis (MTA Kuyusu) ve Gaziantep (Kartalköy-Araban)'te önemli jeotermal sahalar bulunmaktadır. Bunun dışında bölgede terkedilmiş birçok petrol kuyusu jeotermal akışkan içermektedir.

2015 yılında GAP İdaresi tarafından desteklenen projede bölgedeki jeotermal kaynakların jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri ile ilgili detaylı çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada GAP bölgesi, yüzeye boşalan çok sayıda termal kaynakları ve değişik rezervuar sıcaklıklarının ölçüldüğü kuyuların bulunduğu jeotermal sahaları barındırdığı görülmüştür. Bu jeotermal sahalarda, yüzey sıcaklığı 20-63 °C arasında değişen termal kaynaklar yer almaktadır. Ayrıca bölgede petrol amaçlı açılan ancak sıcak akışkan çıktığı için işletilmeyen çok sayıda kuyunun yer aldığı alanlar bulunmaktadır. Adıyaman, Batman, Diyarbakır ve Şırnak illerinde, TPAO tarafından 1000 m ile 4000 m arasındaki derinliklerde açılan kuyularda, rezervuar sıcaklıkları 137 °C'ye ulaşan sahalar vardır. Bu veriler de bölgenin jeotermal açıdan oldukça önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Petrol kuyuları ile ilgili yeterli veri olmamasına rağmen bütün verilerin değerlendirilmesi durumunda alandaki jeotermal potansiyelin daha da artacağı açıktır. Amerika, Çin ve İsrail'de petrol ile birlikte jeotermal enerjiden yararlanmaya dönük çalışmalar yapılmaktadır. Mevcut olan ve terk edilmiş kuyuların sıcaklıkları bazı kesimlerde enerji, konut, termal tesis, seracılık ve kurutma için uygundur (Şekil 1).



Şekil 1: GAP Bölgesinde jeotermal kaynaklarının kullanılabilecek alanları [17]

3. Sonuç ve Öneriler

Genel olarak diğer enerji kaynaklara oranla jeotermal enerji, çevresel etkileri az olan, ucuz, sürdürülebilir, yerli, temiz ve güvenilir bir enerji kaynağıdır. Elektrik üretiminde, ısıtmada, seracılıkta, kurutmada, balık çiftliklerinde, turizm amaçlı olarak otellerde, endüstriyel üretimde ve sağlık alanında kullanılması gibi çok geniş yelpazede kullanım imkânı sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak da, yeni iş alanları yaratmaktadır.

Yapılan incelemeler ve araştırmalar GAP bölgesinde jeotermal veriler, akışkan üretimini sağlayacak alanların varlığını göstermektedir. Kozluk-Taşlıdere (Batman), Germav (Ilısu) (Mardin), Çermik (Diyarbakır), Beytüşşebap (Şırnak) gibi jeotermal sahalar termal potansiyeli yüksek olan alanlardır. Adıyaman ilinde rekreasyon, termal turizm ve seracılık, Batman ilinde termal turizm, sera, konut ısıtması ve elektrik üretimi, Diyarbakır ilinde, termal turizm, kurutma, sera, ısıtma ve elektrik üretimi, Gaziantep ilinde termal turizm ve seracılık, Kilis ilinde kurutma, termal turizm ve seracılık, Şanlıurfa ilinde kurutma, termal turizm ve seracılık, Mardin ve Şırnak illerinde balıkçılık, kurutma, termal turizm ve seracılık, Siirt ilinde ise sağlık turizmi, termal turizm ve sera uygulamaları yapılabilir (Şekil 1). Ancak bölgede

jeotermal kaynaklar ile ilgili detay araştırmalar çok azdır. Bu nedenle, her alandaki jeotermal kaynakların geliştirilmesine yönelik araştırma sondajlarının yapılması son derece önemlidir.

4. Referanslar

[1] Akkuş, İ., Akilli, H. , Ceyhan, S., Dilemre, A. , Tekin, Z. 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Envanter Serisi No:201 849 s, Ankara.

[2] Baba, A., Akkuş,İ., Şaroglu, F., Özel, N., Yeşilnacar, M.İ., Nalbantçılar, M.T., Demir, M., Gökçen, G, Arslan, Ş., Dursun, N. ve Yazdani, H. 2015. GAP Jeotermal Kaynakları Geliştirme Projesi, GAP idaresi, Şanlıurfa.

[3] Baba, A., Akkuş,İ., Şaroglu, F., Özel, N., Yeşilnacar, M.İ., Nalbantçılar, M.T., Demir, M., Gökçen, G, Arslan, Ş., Dursun, N. ve Yazdani, H., Kuzgunkaya, E., Dursun, N., 2015. GAP Bölgesindeki Jeotermal Kaynakların Hidrojeokimyasal Özellikleri, III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu-2015, Ankara

[4] Doğdu M.Ş., Kirmizitaş, H., 2006. Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Sıcak Suyunun Oluşumu Ve Rezervuar Sıcaklığının Tahmini, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 30 (1), 1-16

[5] Ertürk, İ., 1999. Urfa-Karaali K-5 Kuyusu Kuyu Bitirme Raporu

[6] Erzenoğlu, Z. Özeke, H., 1984. Diyarbakır-Çermik Kaplıcası I Ve II Nolu Sıcak Su Sondajları Kuyu Bitirme Raporu: MTA Der. Rap. No: 7652, 7s. (Yayımlanmamış

[7] Eşder T., Buzkiran, M., 1998. Karaali (Şanlıurfa) Jeotermal Alanın Jeofizik (DES) Rezistivite Etüdü, JEO-MAGMA, Izmir.

[8] Eşder T., Tümer, M., 1997. Karaali (Şanlıurfa) İl Özel İdaresine Ait Arazinin Jeofizik (DES) Etüdü, JEO-MAGMA, Izmir EŞDER, T., 2004. Karaali (Şanlıurfa) İl Özel İdaresi Sahasında Açılan Jeotermal Enerji Üretim Kuyuları Ile Jeotermal Alana Ilişkin Rapor, JEO-MAGMA, Izmir.

[9] Gök, C.,1984. Çermik Ilçesi ve Çermik Kaplıcası Içmesuyu Temini Hakkında Hidrojeolojik Rapor. Çermik Belediyesi Arşivi.

[10] Karli, R. 2000. Şanlıurfa-Karaali Sahası, Jeotermal Aramaları Jeofizik Rezistivite Etüdü, MTA, Ankara.

[11] Mertoğlu, O. 2010 .Şanliurfa Karaali Jeotermal Sahasi Muhtemel Teorik Potansiyel ve Ön Değerlendirme Raporu, T.C. Şanliurfa Valiliği İl Özel İdaresi Su Ve Kanal Hizmetleri Müdürlüğü, Şanlıurfa.

[12] Özel, N., 2010. Diyarbakır (Çermik) ve Şanlıurfa (Karaali) İllerinde Yer Alan Kaplıca Kaynaklarının Kökensel Olarak İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans, Adana

[13] Özel, N., Bekişoğlu, Ş. 2002. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Termal Su Kaynaklarının Seracılık ve Termal Turizmde Değerlendirilmesi. ÇESAV, Yayın No.1, Ankara, 158s.

[14] Uzel, Ö.F., Kalkan, İ., 1992. Şanlıurfa-Yardımcı-Karaali Kaplıcası Hidrojeoloji Etüdü, MTA Derleme No: 9419, 8s.

[15] Yücel, B., 1989a. Çermik (Diyarbakır) Yöresinin Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları: MTA Der. Rap. No: 8744 (Yayınlanmamış) Ankara.

[16] Yücel, B., 1989b. Siirt-Billoris Kaplıcası Dolayının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları: MTA Der. Rap. No: 8750 (Yayınlanmamış) Ankara.

[17] Baba, A., Şaroglu, F., Akkuş,İ., Özel, N., Yeşilnacar, M.İ., Nalbantçılar, M.T., Demir, M., Gökçen, G, Arslan, Ş., Dursun, N. ve Yazdani, H., 2018. Geological and Hydrogeochemical Properties of Geothermal Systems in the Southeastern Region of Turkey, Geothermic (underreview).

Kükürt bazlı kesikli reaktörlerde eş zamanlı nitrat ve perklorat giderimi

Simultaneous Nitrate and Perchlorate Reduction in Elemental Sulfur Fed Autotrophic Batch Reactors

Deniz UÇAR[1]
Tülay YILMAZ[1]
Erkan ŞAHİNKAYA[2]
Karsten JARMER[3]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Biyomühendislik Bölümü, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,
[3]Landscape Architecture Department, Hochschule Neubrandenburg, Germany

Özet

Bu çalışmada içme sularında bulunabilen nitrat ve perkloratın ototrofik kesikli süreçler ile giderimi çalışılmıştır. Perklorat doğal ve antropojenik yollarla oluşabilen ve roket yakıtı, füze, havai fişek ve işaret fenerlerinde bulunabilen bir kimyasaldır. Nitrat ise yüzeysel ve yeraltı sularında en çok karşılaşılan kirleticilerden biri olup en önemli kaynakları tarımsal gübre kullanımı ve ileri arıtma yapılmadan deşarj edilen evsel ve endüstriyel nitelikli atıksulardır. Her iki kirletici de bir biyolojik süreçler ile indirgenebilmekte olup bu çalışmada 100 mg NO_3^--N/L giderimi yapabilen membran biyoreaktörlere verilecek başlangıç perklorat konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kurulan kesikli reaktörlere 50 ile 3000 µg/L arasında değişen konsantrasyonlarda perklorat nitrat ile birlikte 72 saat süre ile reaksiyona tabi tutulmuştur. Tüm reaktörlerde nitrat ve perklorat giderimi gözlenirken nitrat indirgemesinin perklorat varlığında inhibe olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Perklorat giderimi, nitrat giderimi, ototrofik indirgeme, kükürt.

Abstract

In this study, nitrate and perchlorate, which can be found in drinking water, were removed by autotrophic batch processes. Perchlorate is a chemical that can occur in natural and anthropogenic ways and can be found in rocket fuel, missiles, fireworks and beacons. Nitrate is one of the most common pollutants in surface and groundwater and the most important sources are domestic and industrial wastewater discharged without advanced treatment and the use of agricultural fertilizers. Both contaminants can be reduced by biological processes and it was aimed to determine the initial perchlorate concentration to be applied to membrane bioreactors removing 100 mg NO_3^--N/L. For this purpose, perchlorate with concentrations ranging from 50 to 3000 µg/L was treated in batch reactors with the nitrate for 72 hours. While nitrate and perchlorate removal were observed in all reactors, nitrate reduction was inhibited during simultaneous nitrate and perchlorate reduction.

Keywords:

Perchlorate removal, nitrate removal, autotrophic reduction, sulfur.

1. Giriş

Perklorat (ClO_4^-), perklorik asitten elde edilen tuzlardır. İçme sularına doğal ve yapay yollardan ulaşabilmekte olup vücuda alındığında bazal metabolizma hızını etkileyen tiroksin hormonlarının (triiyodotironin-T3 ve tiroksin-T4) konsantrasyonunu düşürmektedir. Bu hormonlar yetişkinlerde bazal metabolizmayı, çocuklarda ise büyüme ve gelişmeyi düzenlerler. Bu nedenle içme sularında perklorat varlığı, bazal metabolizmaya bağlı birçok hastalığı tetiklemektedir[1–3].

ABD'de bulunan Ulusal Bilim Akademisi (NAS) perkloratın potansiyel olumsuz sağlık etkileri için bir rapor düzenlemiş ve referans dozu için 0.7 µg ClO_4^-/kg vücut ağırlığı olarak bildirmiştir [4]. Bu mertebelerdeki ölçüm metotları (iyon kromotografisi sistemleri) son on yılda gelişim gösterdiklerinden birçok ülkede kirliliğin hangi boyutlarda olduğu henüz bilinmemekle birlikte standartlarda da yer almamaktadır. Türkiye bu ülkelerden biri olup ülkemizde mevcut durumu değerlendiren kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Aynı sebepten dolayı Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği standartlarında da perklorat yer almamaktadır. EPA ise Ulusal Bilim Akademisi'nin tespit ettiği değeri (0.7 µg ClO_4^-/kg vücut ağırlığı) güvenlik katsayısı ile çarpıp (x10) bir kişinin ortalama 70 kg ve günde 2 litre su içeceği kabulü ile 24.5 µg/L olarak bildirmiştir[5].

İçme sularından perklorat giderilmesinde kullanılan yöntemler giderim ve parçalama olarak ikiye ayrılmaktadır. Giderim yöntemleri, iyon değişimi, membran filtrasyonu ve adsorpsiyon iken, parçalama yöntemleri kimyasal, elektrokimyasal ve biyolojik indirgemedir. Giderim yöntemleri, ilave kimyasal ihtiyaçları, yüksek maliyetleri ve başka kirleticilerin ortamda bulunması durumunda düşük verim göstermelerinin yanında deşarj edilmesi gereken konsantre atıksu oluşturmaları gibi ciddi dezavantajlara sahiptirler. Parçalama yöntemlerinde ise biyolojik indirgeme, yüksek reaksiyon hızı, pahalı katalizörlere ya da kimyasallara ihtiyaç duymaması gibi nedenlerle en çok kullanılan yöntemdir. Birçok çalışmada ClO_4^- biyolojik olarak başarılı bir şekilde zararsız Cl^- iyonununa indirgenmiştir. Ülkemizde yaygın olarak bulunan konvansiyonel içme suyu arıtma prosesleri perklorat gideriminde etkili değildir[6].

Nitrat, yüzeysel ve yeraltı sularında en çok karşılaşılan kirleticilerden biri olup, en önemli kaynakları tarımsal gübre kullanımı ve ileri arıtma yapılmadan deşarj edilen evsel ve endüstriyel nitelikli atıksulardır. TS 266'ya göre içme suyunda nitrat ve nitrit için sınır değerler sırasıyla 11,3 mg/L NO_3^--N ve 0,15 mg/L NO_2^--N'dir. Birçok yeraltı suyunda nitrat ve perklorat birlikte bulunabilmektedir. ototrofik biyolojik denitrifikasyon prosesleri üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Kükürt bazlı ototrofik denitrifikasyon prosesinde (SLAD: sulfur-limestone autotrophic denitrification) *Thiobacillus denitrificans* ve *Thiomicrospira denitrican* gibi türler görev alarak, kükürtü elektron verici, nitrat ve nitriti de elektron alıcı olarak kullanırlar. Proses sonunda kükürt sülfata, nitrat ise azot gazına dönüşür. Reaksiyon basit olarak aşağıda gösterilmiş olup, karbon kaynağı olarak CO_2 kullanılmaktadır [7].

$$55S^0+50NO_3^-+38H_2O+20CO_2+4NH_4^+ \rightarrow 4C_5H_7O_2N+55SO_4^{2-}+25N_2+64H^+ \quad (1)$$

Ancak granül kükürt düşük yüzey alanı ve dolayısı ile düşük çözünürlüğü (20 °C'de 5 µg/L) nedeniyle sınırlı bir verimde kullanılabilmektedir. Bunun yerine toz kükürt ya da farklı sülfür türevleri kullanılabilir. Tiyosülfat bu noktada ideal bir elektron kaynağıdır[8](Sahinkaya and Dursun, 2014). Suda çözünebilir olması ve bu sayede biyo-kullanılabilirliği reaksiyon hızını 10 kata kadar arttırmaktadır. Tiyosülfat ayrıca düşük sıcaklık ve pH gibi koşullara da diğer kükürt türevlerinden daha dayanıklıdır [9]. Reaksiyon 2'de Tiyosülfat ile denitrifikasyon stokiyometrisi sunulmuştur.

$$S_2O_3^{2-} + 1{,}24NO_3^- + 0{,}45HCO_3^- + 0{,}09NH_4^+ + 0{,}11H_2O \rightarrow 2SO_4^{2-} + 0{,}62N_2 + 0{,}09C_5H_7O_2N + 0{,}40H^+ \quad (2)$$

TS266'ya göre içme suyunda maksimum sülfat konsantrasyonu 250 mg/L'dir. Teorik olarak, standartlarda belirtilen maksimum sülfat konsantrasyonu aşılmadan, kükürt ile 33 mg/L NO_3^--N tiyosülfat ile de 22 mg/L NO_3^--N giderilebilir(içme suyunda hiç sülfat olmadığı kabulü ile). Daha yüksek nitrat konsantrasyonuna sahip yeraltı sularının arıtımında ise heterotrofik ve ototrofik denitrifikasyon prosesinin eş zamanlı olarak yer aldığı miksotrofik proses kullanılarak üretilen sülfat kontrol altına alınabilir [7] .

ClO_4^-/Cl^- indirgenmesi 1.29 V'luk bir redoks potansiyeline sahiptir ve bu nedenle ClO_4^- indirgenmesi termodinamik olarak mümkündür. Mikrobiyal ClO_4^- indirgenmesi ClO_3^- ve ClO_2^- ara ürünlerini oluşturarak Cl^- ve O_2 üretir. Bu indirgenme sürecinde ClO_4^- 'ün ClO_3^-'e indirgenmesi hız sınırlandırıcı adımdır. Geniş spektrumda fakültatif mikroorganizmalar, asetat gibi basit organik elektron donörlerini kullanarak ClO_4^- üzerinden büyüyebilirler. Organik elektron donörler ile ClO_4^- indirgenmesi yüksek verimde gerçekleşmesine rağmen, bu süreçte içme suyunda organik kalıntı riski mevcuttur[6]. Bu durum içme suyu şebekelerinde mikrobiyal büyümelere ve THM gibi dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumuna sebep olabilir. İnorganik elektron donörleri yukarıda sayılan dezavantajlara sahip olmadıklarından günümüzde birçok çalışmaya konu olmaktadır. Yapılan çalışmada 100 mg NO_3^--N/L nitrat giderimi yapabilen tam karışımlı membran biyoreaktörlere perklorat verilmeden önce yapılmış olan kesikli çalışmanın sonuçları sunulmuştur. Bu amaçla kesikli reaktörlere 50 ve 2000 µg/L arasında değişen konsantrasyonlarda perklorat verilmiş ve nitrat ile perkloratın birlikte giderilebilirliği araştırılmıştır.

2. Yöntem

Çalışmada iki adet tam karışımlı membran biyoreaktörden alınan aşı çamur ile kurulmuş 24 adet kesikli reaktörde eş zamanlı nitrat ve perklorat giderimi çalışılmıştır. Kesikli reaktörler aktif hacmi 50 ml olan enjektörlerden oluşturulmuştur. Enjektör uçlarına takılan 0.45 µm enjektör filtreler ile reaktörlerden doğrudan numuneler alınması mümkün kılınmıştır. Reaktörler 100 mg NO_3^--N/L ve farklı konsantrasyonlarda perklorat içeren su ile doldurulmuş ve tam karışımlı membran biyoreaktörlerden alınan aşı çamur ile aşılanmıştır. Aşılamanın ardından reaktörler çalışma boyunca 35 °C'de sıcaklık kontrollü odada tutulmuştur. Kurulan reaktörler ve işletme koşullarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

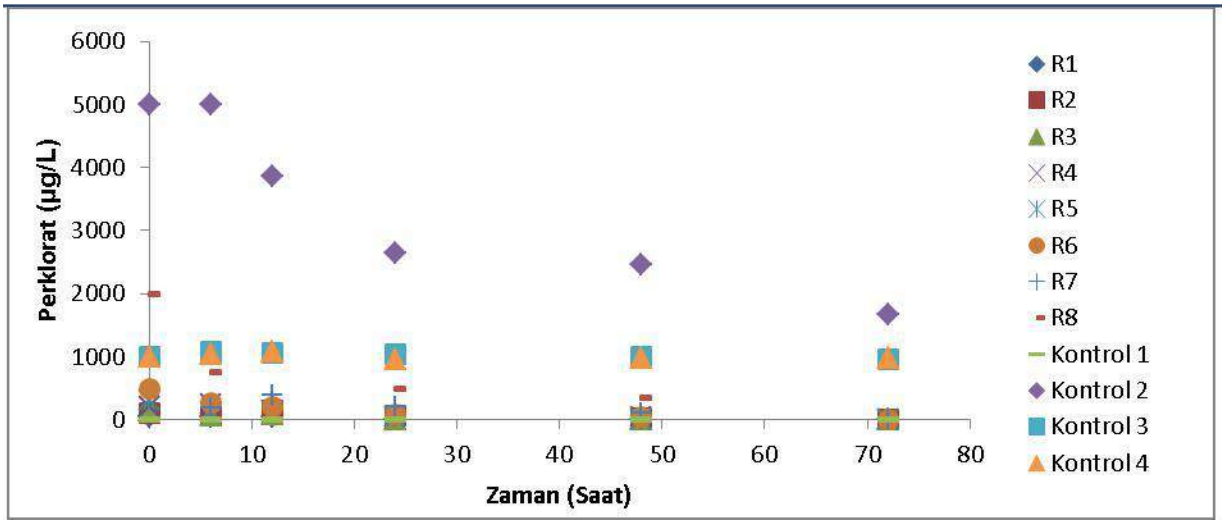
Tablo 1. Kesikli reaktörler işletme koşulları

Reaktör No	Nitrat (mg NO_3 N/L)	Perklorat (mg ClO_4)	Aşı	Elektron Kaynağı
1	50	50	5 ml Çamur	150 mg S^0
2	50	100	5 ml Çamur	150 mg S^0
3	50	150	5 ml Çamur	150 mg S^0
4	50	200	5 ml Çamur	150 mg S^0
5	50	300	5 ml Çamur	150 mg S^0
6	50	500	5 ml Çamur	150 mg S^0
7	50	1000	5 ml Çamur	150 mg S^0
8	50	2000	5 ml Çamur	150 mg S^0
Kontrol 1	50	0	5 ml Çamur	150 mg S^0
Kontrol 2	0	5000	5 ml Çamur	150 mg S^0
Kontrol 3	50	1000	Yok	150 mg S^0
Kontrol 4	50	1000	5 ml Çamur	Yok

Reaktörler çalışmanın başlangıcında, 6., 12., 24, 48. ve 72. Saat aralıklarında örneklenmiş ve bu örneklerden nitrat nitrit perklorat sülfat analizleri yapılmıştır. Analizler Shimadzu Prominence marka iyon kromotografi sistemi ile baskılanmış iletkenlik dedektörü ile (supressed conductivity) yapılmıştır. Cihazda perklorat analizleri için DIONEX IonPac AS20 (2x250 mm) ve AG20 (2x50 mm) kolonu kullanılmış olup kromotografik şartlar: 30 mM KOH mobil faz; 0.25 ml/dk akış oranı; 30 °C kolon sıcaklığı ve 50 µL enjeksiyon hacmi şeklindedir. Diğer anyonlar için ise Repromer X100 kolonu kullanılmış olup kromotografik şartlar: 4.2 mM Hidroksibenzoik asit (pH 8.4) mobil faz; 2 ml/dk akış oranı; 30 °C kolon sıcaklığı 50 µL enjeksiyon hacmi şeklindedir.

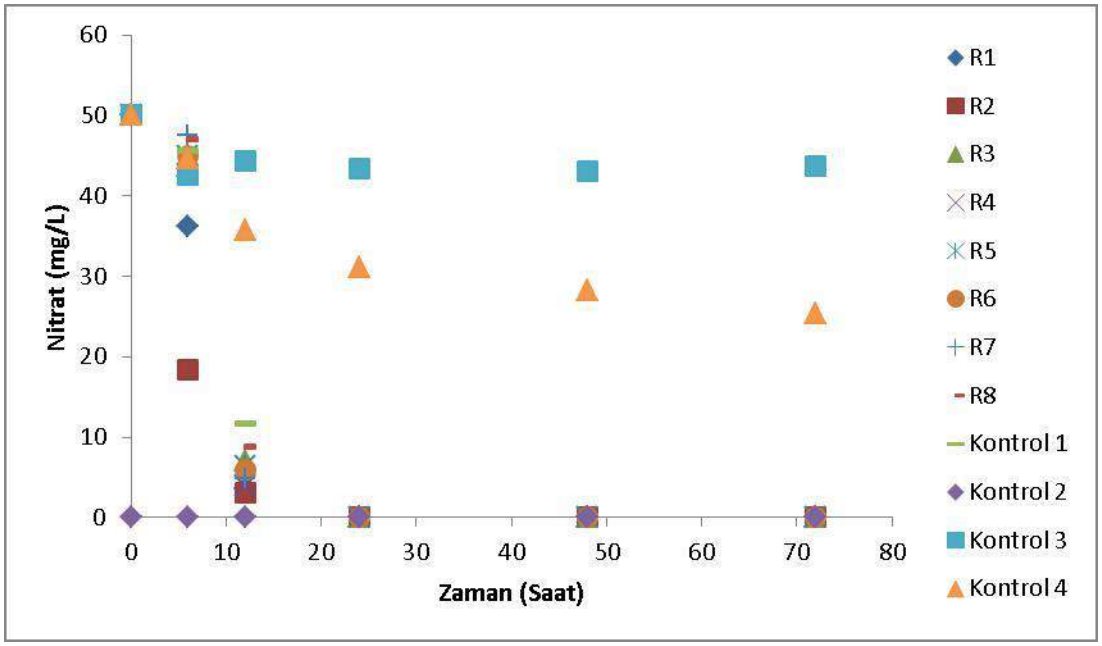
3. Sonuçlar

Perklorat giderimi Şekil 1'de sunulmuştur. Test edilen 8 farklı konsantrasyonda giriş perklort konsantrasyonundan bağımsız olarak tam perklorat giderimi 72. Saatte tamamlanmıştır. 50 µg/L giriş konsantrasyonuna sahip 1 nolu reaktör için ilk 48 saatte %85'lik bir giderim gözlenmiş olup 72. Saat sonunda çıkış perklorat konsantrasyonu ölçülebilir seviyenin altında bulunmuştur. Benzer durum diğer reaktörler için de gözlenmiş olup 48. Saat sonunda giriş perklort konsantrasyonuna bağlı olarak perklorat tespit edilmiş olup bu konsantrasyonlar 72. Saatin sonunda gözlenmemiştir. Yapılan çalışma neticesinde perkloratın keskli reaktörlerdeki aşı çamur ile indirgenebileceği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 1. Zamana bağlıolarak perklorat konsantrasyonları

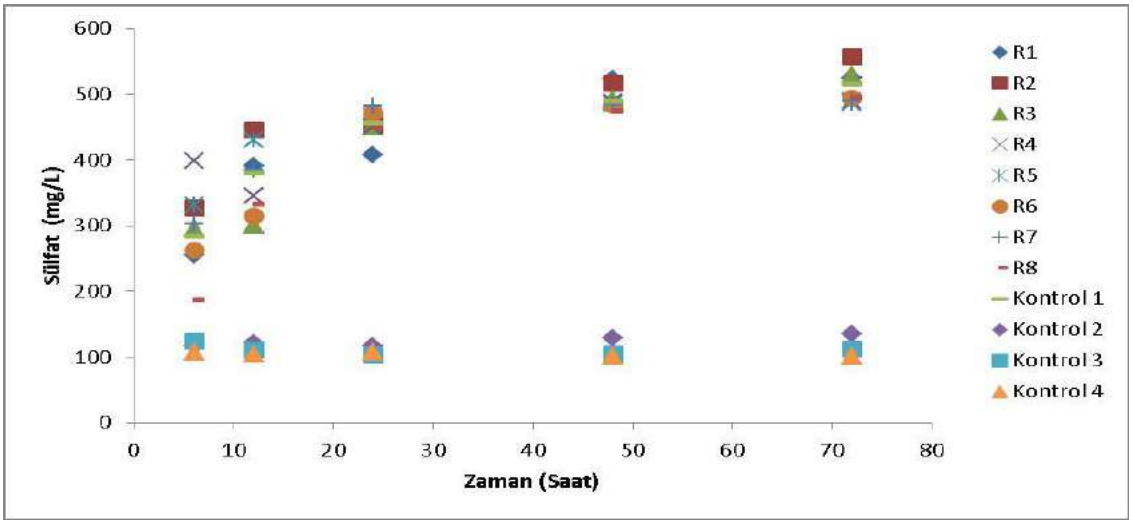
Nitrat giderimi ilk 24 saatlik süreç içinde tamamlanmıştır. Giriş 50 mg NO_3^--N/L'nin %76 ile %93 arasında değişen bir kısmı ilk 12 saatte giderilmiştir. Nitrat indirgeme süreci perklorat varlığından etkilenmemiş artan perklorat konsantrasyonlarından bağımsız nitrat giderim oranları gözlenmiştir. Nitrat ile perkloratın birlikte giderildiği çalışmalarda, perklorat indirgemesi hızlı başlmasına rağmen, perklorat indirgeme oranı nitrat varlığında düşmektedir. Bu durumun temel sebebi de perklorat redüktaz enziminin nitrat varlığında inhibisyonudur[10]. Yapılan çalışmada da nitrat ve perklorat indirgemesi eş zamanlı başlamasına rağmen indirgeme hızı nitrat için daha yüksek bulunmuştur. Literatürde çalışmaya bulgularına paralel şekilde. perklorat indirgeme sürecinin nitratın tamamen giderilmesinden sonra gerçekleştiği bildirilmektedir (Coates and Achenbach 2004). Bu durumda perklorat redüktaz enziminin nitrat varlığında baskılandığı ve inhibe olmuş bir perklorat indirgeme oranı elde edildiği sonucuna varılabilir [10].



Şekil. 2 Zamana bağlı olarak perklorat değerleri

Sülfat değerleri tabloda Şekil 1c'de sunulmuştur. Aşı çamuru ve elektron kaynağı eklenmemiş kontrol reaktörleri haricindeki tüm reaktörlerde kademeli bir sülfat artışı görülmektedir. Reaktörlerdeki 50 mg NO_3^--N/L nin tam arıtıldığı göz önünde bulundurulursa

reaksiyon 1 uyarınca teorik olarak 377 mg/L sülfat oluması beklenebilir. Ancak giriş suyunda hali hazırda bulunan ortalama 111 mg/L'lik sülfat ile birlikte çıkış teorik sülfat değerleri 490 mg/L seviyelerine ulaşmaktadır. Çalışmada tam denitrifikasyon koşullarında oluşan sülfat konsantrasyonları 509.23±23.8 mg/L olarak bulunmuş olup teorik değerler ile uyum içerisindedir.



Şekil 3. Zamana bağlı sülfat değerleri.

4. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No: 117Y014)

5. Referanslar

[1] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Sahinkaya, Heterotrophic–autotrophic sequential system for reductive nitrate and perchlorate removal, Environ. Technol. 37 (2016) 183–191. doi:10.1080/09593330.2015.1065009.

[2] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Sahinkaya, U. Cetin, C. Bereketoglu, B. Calimlioglu, B. Goncu, A. Yurtsever, Simultaneous nitrate and perchlorate removal from groundwater by heterotrophic-autotrophic sequential system, Int. Biodeterior. Biodegradation. 116 (2017) 83–90. doi:10.1016/j.ibiod.2016.10.017.

[3] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Sahinkaya, U. Cetin, C. Bereketoglu, B. Calimlioglu, B. Goncu, A. Yurtsever, Simultaneous nitrate and perchlorate removal from groundwater by heterotrophic-autotrophic sequential system, Int. Biodeterior. Biodegrad. 116 (2017). doi:10.1016/j.ibiod.2016.10.017.

[4] M.W. Tikkanen, Development of a drinking water regulation for perchlorate in California., Anal. Chim. Acta. 567 (2006) 20–5. doi:10.1016/j.aca.2006.03.087.

[5] D. Ucar, E. Ubay Cokgor, E. Sahinkaya, D. Uçar, E.U. Cokgor, E. Şahinkaya, Simultaneous nitrate and perchlorate reduction using sulfur-based autotrophic and heterotrophic denitrifying processes, J. Chem. Technol. Biotechnol. 91 (2016) 1471–1477. doi:10.1002/jctb.4744.

[6] R. Srinivasan, G.A. Sorial, Treatment of perchlorate in drinking water: A critical review, Sep. Purif. Technol. 69 (2009) 7–21. doi:10.1016/j.seppur.2009.06.025.

[7] E. Sahinkaya, N. Dursun, Sulfur-oxidizing autotrophic and mixotrophic denitrification processes for drinking water treatment: Elimination of excess sulfate production and alkalinity requirement, Chemosphere. 89 (2012) 144–149. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.05.029.

[8] E. Sahinkaya, N. Dursun, Use of elemental sulfur and thiosulfate as electron sources for water denitrification, Bioprocess Biosyst. Eng. 38 (2014) 531–541. doi:10.1007/s00449-014-1293-3.

[9] F. Di Capua, Sulfur-based denitrification of organic-deficient, acidic, low temperature and heavy metal contaminated waters in fluidized-bed reactors, Universite Paris-Est, UNESCO-IHE, 2016.

[10] A. Ghosh, K. Pakshirajan, P.K. Ghosh, N.K. Sahoo, Perchlorate degradation using an indigenous microbial consortium predominantly Burkholderia sp., J. Hazard. Mater. 187 (2011) 133–139. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.130.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Bazı Şehirlerden Toplanan Şebeke Sularında Perklorat Varlığı

Perchlorate Existence in the tap water collected from several cities in South East Anatolia Region.

Deniz UÇAR[1]
Tülay YILMAZ[1]
Amine YÜCEL[1]
Erkan ŞAHİNKAYA[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Biyomühendislik Bölümü, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,

Özet

Perklorat (ClO_4^-), perklorik asitten elde edilen tuzlardır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan içme sularına karışabilen perklorat vücutta tiroit bezlerinin iyot bağlamasını engelleyerek vücuttaki tiroit hormonlarının konsantrasyonunu düşürmektedir. Sonuç olarak bazal metabolizmaya bağlı birçok hastalığı tetiklemektedir. Yapılan çalışmalar Dünyada ve Türkiye'de çeşitli doğal ortamlarda perklorat bulunduğunu göstermektedir. Ülkemizde yapılan iki çalışmada Hatay ve İç Anadolu Bölgelerinde bazı şehirlerde perklorat analizleri yapılmış ve sağlık için tehdit etmeyecek konsantrasyonlarda perklorata rastlanmıştır. Bu çalışmada ise Güneydoğu bölgesinde Diyarbakır, Mardin, Gaziantep ve Şanlıurfa'dan toplanan şebeke sularında perklorat varlığı araştırılmış ve sonuçların sağlık açısından tehdit oluşturabilirliği mevcut standartlara göre yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Perklorat, şebeke suları, kromotografik yöntemler, bazal metabolizma.

Abstract

Perchlorate (ClO_4^-) is the salts derived from perchloric acid. It may be reached to drinking water from natural and anthropogenic sources, reduces the concentration of thyroid hormones in the body by inhibiting the iodine binding of thyroid glands. As a result, many diseases due to basal metabolism are triggered. Studies indicate that perchlorate found in various natural environments in the world and in Turkey. In our country two studies are conducted for Hatay region and Central Anatolian Cities. Perchlorate was found in concentrations that would not threaten health. In this study, the presence of perchlorate in the tap waters collected from Diyarbakır, Mardin, Gaziantep and Şanlıurfa in the southeastern region was investigated and the results were interpreted according to the current standards

Keywords:

Perchlorate, tap water, chromatographic methods, basal metabolism.

1. Giriş

Perklorat tiroit bezlerinin iyot bağlamasını engelleyerek vücuttaki tiroksin hormonlarının konsantrasyonlarında azalmaya sebep olmaktadır. Bunun sonucunda ise bazal metabolizma hızı düşmektedir[1]. Birçok ciddi sağlık sorunu, bazal metabolizma hızının azalmasıyla tetiklendiğinden, içme sularından perkloratın varlığının araştırılması oldukça önemlidir. Doğal ve antropojenik kaynaklardan içme sularına karışan perklorat, NH_4ClO_4 formuyla hava yastığı, havai fişek gibi bazı ürünlerde, füze – roket gibi askeri silahlarda ve bazı ilaç endüstrilerinde (hipertiroidizm tedavisinde) kullanılmaktadır. Perklorat, doğal yollardan ise atmosferde ozon ile klor gazlarının reaksiyonu neticesinde oluşmaktadır. Ayrıca ClO_4^- kurak bölgelerde bulunan nitrat yataklarında da bulunabilmektedir (Atacama Çölü/Şili). Perklorat yüksek çözünürlük ve düşük adsorpsiyon özellikleri göstermektedir. Örnek olarak amonyum perkloratın sudaki çözünürlüğü 200 g/L olup içme sularına kolaylıkla karışabilmektedir[2]. İçme sularında perklorat varlığının potansiyel olumsuz etkileri nedeniyle ABD'de bulunan Ulusal Bilim Akademisi (NAS) bir rapor düzenlemiş ve referans dozu için 0.7 µg ClO_4^-/kg vücut ağırlığı olarak bildirmiştir[3]. EPA ise bu değeri güvenlik katsayısı ile çarpıp (x10) bir kişinin ortalama 70 kg ve günde 2 litre su içeceği kabulü ile 24.5 µg/L olarak bildirmiştir. Perklorat bu değer ile EPA'nın aday kirleticiler listesinde yer almakta olup şu ana kadar uygulanması zorunlu bir standart belirlenememiş olması bilim çevrelerince, perklorat arıtımının milyarlarca dolara mal olacağı şeklinde yorumlanmaktadır [4]. Bu süreçte ABD'de bulunan bazı eyaletler kendi 1 ile 18 arasında değişen standart değerlerini belirlemişlerdir (Tablo 3.1).

Tablo 1. Bazı ABD eyaletlerinde uygulanan perklorat sınır değerleri(Srinivasan and Sorial, 2009).

Eyalet	Değer (µg/L)	Standart Tipi	Yıl
California	6	MKK	2007
Massachusetts	2	MKK	2006
Texas	4	İSED	2002
Arizona	14	STRS	2003
Nevada	18	ES	2005
New Mexico	1	İSTS	2006
	5	İSPS	
New York	18	KBD	2008

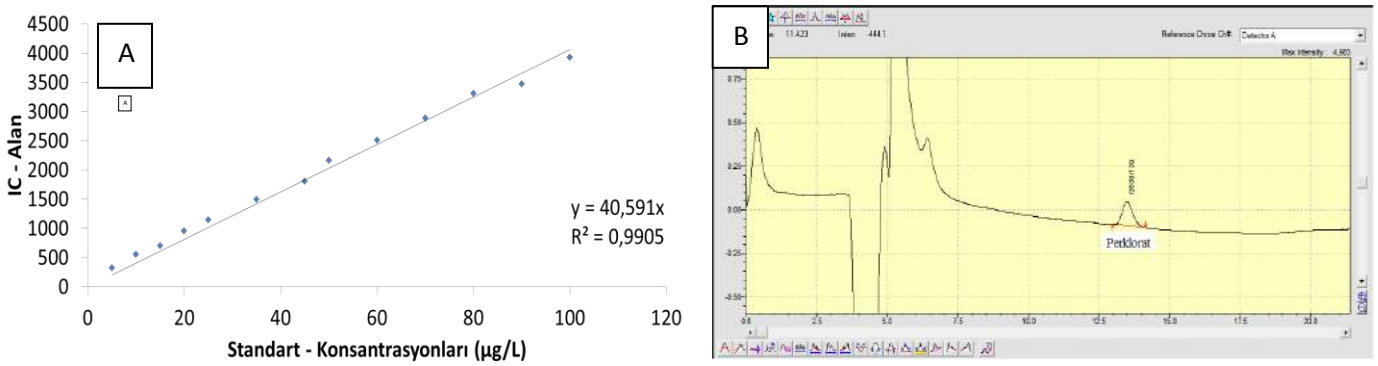
*MKK: Maksimum kirletici seviyesi; İSED: içme suyu eylem seviyesi; STRS: sağlık temelli rehberlik seviyesi; ES: eylem seviyesi; İSTS: içme suyu tarama seviyesi; İSPS: içme suyu planlama seviyesi; KBD: kamu bildirim düzeyi. Perkloratın mevcut bu olumsuz özellikleri nedeni ile içme sularında ve diğer gıda ürünlerindeki mevcudiyeti araştırılmalıdır. Bu amaçla ülkemizde ve dünyada çalışmalar yapılmıştır[2].

Arbi ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada gıdalarda ve içeceklerdeki perklorat miktarları araştırılmıştır[5]. Bu çalışmaya göre Avrupa'da analiz edilen gıda ürünlerinde perklorat konsantrasyon oldukça düşük çıkarken Türkiye'de üretilen üzüm yaprakları ile Polonya'da üretilen mantarlarda en yüksek perklorat oranları elde edilmiştir. Ülkemizdeki perklorat varlığı için yapılan bir diğer çalışma Sungur ve ekibi tarafından yapılmış olup gıda ürünlerinde 0.236–1.218 µg/L; sütte 0.30±0.01 ile 0.94±0.02 µg/L arasında değişen oranlarda; içme suyunda 0.44±0.03 µg/L ve sulama suyunda da 0.59±0.03 µg/L perklorat tespit edilmiştir[6]. Yapılan bir diğer çalışmada ise Ankara, Isparta, Istanbul, Kayseri, and Sakarya'dan şebeke suyu örnekleri toplanmış ancak bulunan perklorat konsantrasyonları 1 µg/L'nin altında tespit edilmiştir[7]. Ancak halen ülkemizde diğer bölgeler için benzer kapsamlı taramalar yapılmamıştır. Bu çalışma ile Mardin, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Gaziantep'ten temin edilen şebeke suyu numunelerinde perklorat araştırılmış ve sonuçlar güncel standartlar ile kıyaslanmıştır.

2. Yöntem

Çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 4 ilden içme suyu örnekleri toplanarak perklorat araştırılmıştır. Bu amaçla Diyarbakır, Mardin, Gaziantep ve Şanlıurfa'dan içme suyu örnekleri toplanmıştır. Herbir şehirden toplanan örnek sayısı Erdemgil ve arkadaşlarının çalışmasında tarif edildiği gibi şehirlerdeki halka açık su sebillerinin sayısı ile orantılı olarak toplanmıştır[7]. Örnek toplama ve saklama koşulları için USEPA'nın 6850 numaralı metodu kullanılmıştır. Toplamda 36 adet su numunesi toplanmış olup bu sayının 6 adedi Diyarbakır'dan; 16 adedi Gaziantep'ten; 7 adedi Mardin ve 7 adedi de Şanlıurfa'dan toplanmıştır. Numuneler 0.45 mikron enjektör uçlu filtrelerden geçirilerek toplanmış ve laboratuvarda analiz öncesinde -20 °C de saklanmıştır.

Analizlerde kullanılmak üzere perklorat standardı SIGMA-ALDRICH'ten temin edilen $ClO_4{}^*H_2O$ ile hazırlanmıştır. Analizler Shimadzu Prominence marka iyon kromotografi sistemi ile baskılanmış iletkenlik dedektörü ile (supressed conductivity) yapılmıştır. Cihazda DIONEX IonPac AS20 (2x250 mm) ve AG20 (2x50 mm) kolonu kullanılmış olup kromotografik şartlar: 30 mM KOH mobil faz; 0.25 ml/dk akış oranı; 30 °C kolon sıcaklığı ve 50 µL enjeksiyon hacmi şeklindedir. Elde edilen perklorat piki ve bu piklerin alanları ile elde edilen kalibrasyon grafiği aşağıda şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. A) kalibrasyon grafiği, B) Shimadzu iyon kromotografi sisteminde elde edilen perklorat piki

3. Sonuçlar

Çalışmada analiz edilen bazı numunelerde düşük konsantrasyonlarda (sağlık açısından tehdit oluşturmayacak seviyede) perklorata rastlanmıştır. Diyarbakır ili için analiz edilen 6 numunenin 4 tanesinde 2.04 – 5.96 µg/L konsantrasyonlarda perklorata rastlanmıştır. Tüm şehir için ise ortalama 2.71±2.17 µg/L konsantrasyonda perklorat bulunmuştur. Mardin ili için ise analiz edilen 7 numuneden 2 tanesinde perklorat tespit edilmiş olup bu konsantrasyonlar 2.45 ile 3.38 µg/L'dir. Tüm şehirden alınan 7 numune için ise ortalama konsantrasyon değeri 0.83±1.45 µg/L'dir. Son olarak Gaziantep ili için toplanan 16 numuneden 3 tanesinde perklorat tespit edilmiş olup konsantrasyonlar 1.13 ile 2.32 µg/L arasında değişmektedir. Tüm şehir için ise ortalama değer 0.29 mertebesinde olup standart sapma 0.67 µg/L'dir. Şanlıurfa ili için ise toplamda 7 adet numune toplanmış olup bu numunelerde perklorat tespit edilmemiştir(Tablo 2).

Tablo 2. Şehirler bazında tespit edilen perklorat konsantrasyonları

Şehir	Konsantrasyon (µg/L)	Standart Sapma	Numune Sayısı
Gaziantep	0.29	0.67	16
Şanlıurfa	-	-	7
Mardin	0.83	1.45	7
Diyarbakır	2.71	2.17	6

1997 yılına kadar sadece gravimetrik ve spektrofotometrik yöntemler ile 100 µg/L mertebesine kadar ölçülebilen perklorat günümüzde, gelişen analitik metotlar ile 1 µg/L'den daha düşük konsantrasyonlarda ölçülebilmektedir (EPA method 314.0 – 314.1). Bu sayede birçok ülkede mevcut kirliliklerin varlıkları ve boyutları tespit edilmiş ve giderim yöntemleri üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Ancak perklorat henüz Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği, ülkemiz TS266 ve EPA'ya ait içme suyu standartlarında yer almamaktadır ABD'de bulunan Ulusal Bilim Akademisi (NAS) perkloratın potansiyel olumsuz sağlık etkileri için bir rapor düzenlemiş ve referans dozu için 0.0007 mg ClO_4^-/kg vücut ağırlığı olarak bildirmiştir [3]. EPA ise bu değeri bir kişinin ortalama 70 kg ve günde 2 litre su içeceği kabulü ile 24.5 µg/L olarak bildirmiştir. Bu bağlamda araştırmaya konu olan 3 il içinde tespit edilen kirlilik seviyeleri tehdit oluşturabilecek seviyenin çok altında bulunmuştur. Ülkemizde şu ana kadar yapılan çalışmalarda içme sularında ve çeşitli gıda ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda perklorata rastlanmıştır. Sungur ve Sangun (2011), tarafından yapılan bir çalışmada Hatay bölgesinde çeşitli ortamlarda (toprak, meyve, sebze sut, balık ve su) perklorat izlenmiş ve tüm örneklemelerde perklorata rastlanmıştır. Perklorat konsantrasyonu bu bölgeden alınan yiyeceklerde ortalama olarak 0.218 – 0.236 µg/kg mertebelerinde iken, sütte, 0.30 – 0.94; içme sularında, 0.44 ± 0.03 µg/L; sulama sularında 0.59±0.03 µg/L ve balık örneklerinde ise 0.38±0.01 – 0.61±0.01 µg/kg mertebelerinde tespit edilmiştir. Çalışmada, örneklemeler Hatay ili çevresinde bulunan farklı coğrafyalardan (Samandağ, Kırıkhan, Reyhanlı, Amik Ovası, Erzin, Dörtyol, Altınözü, Yayladağı) alınmış olup sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Ancak Amik Ovası'ndan alınan numunelerdeki perklorat miktarı diğerlerine nazaran daha da yüksek bulunmuştur. Yazarlar bu durumu, perklorat kullanımının olduğu havaalanının bu bölgede bulunuyor olmasına yorumlamışlardır [6]. Perklorat uçak motorlarında kullanılan yakıtlar için bir oksidant olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalar ışığında, çok daha yoğun havacılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği İstanbul, Ankara, İzmir gibi şehirlerin havaalanları yakınlarında daha yüksek konsantrasyonlarda perklorata rastlamak mümkün olabilir. Yapılan başka bir çalışmada ise Ankara, Isparta, Istanbul, Kayseri, and Sakarya illerinden alınan çeşme sularında perklorat araştırılmış ve sonuçlar 0.3 µg/L'nin altında bulunmuştur(Erdemgil et al., 2016). Perklorat konsantrasyonları kaygı verici seviyelerin çok altında bulunmasına rağmen ülkemizde yüksek perklorat kontaminasyonunun varlığına işaret eden bulgular da mevcuttur. Bu bağlamda Kanada'da yapılan bir çalışmada dünyanın her yerinden çeşitli gıda ürünlerinde perklorat araştırılmış ve Avrupa'da en yüksek perklorat konsantrasyonları Türkiye'den giden asma yaprakları (6.195±0.064 µg/kg) ve Polonya'dan giden mantarlarda (5.670±0.255 µg/kg) bulunmuştur.

Yapılan çalışmalar doğal perkloratın kurak bölgelerde klor türevlerinin ozon veya ozonun fotokimyasal ürünlerini içeren yollarla oksidasyonu neticesinde oluştuğunu göstermektedir [8]. Bu bağlamda Tuzgölü havzası yeraltı sularında perklorata rastlama potansiyeli vardır. Bu bölge ayrıca Türkiye'nin endemik Guatr bölgesidir[9].

4. Referanslar

1. Ucar D, Cokgor EU, Sahinkaya E, Cetin U, Bereketoglu C, Calimlioglu B, Goncu B, Yurtsever A (2017) Simultaneous nitrate and perchlorate removal from groundwater by heterotrophic-autotrophic sequential system. Int Biodeterior Biodegradation 116:83–90 . doi: 10.1016/j.ibiod.2016.10.017
2. Srinivasan R, Sorial GA (2009) Treatment of perchlorate in drinking water: A critical review. Sep Purif Technol 69:7–21 . doi: 10.1016/j.seppur.2009.06.025

3. Tikkanen MW (2006) Development of a drinking water regulation for perchlorate in California. Anal Chim Acta 567:20–5 . doi: 10.1016/j.aca.2006.03.087
4. Eilperin J (2008) EPA Unlikely to limit perchlorate in tap water. Washington Post
5. El Aribi H, Le Blanc YJC, Antonsen S, Sakuma T (2006) Analysis of perchlorate in foods and beverages by ion chromatography coupled with tandem mass spectrometry (IC-ESI-MS/MS). Anal Chim Acta 567:39–47 . doi: 10.1016/j.aca.2006.03.012
6. Sungur A, Sangün MK (2011) Ion chromatographic determination of perchlorate in foods consumed in Hatay region. Food Chem 126:326–331 . doi: 10.1016/j.foodchem.2010.10.068
7. Erdemgil Y, Gözet T, Can Ö, Ünsal İ, Özpınar A (2016) Perchlorate levels found in tap water collected from several cities in Turkey. Environ Monit Assess 188:158 . doi: 10.1007/s10661-016-5161-2
8. Catling DC, Claire MW, Zahnle KJ, Quinn RC, Clark BC, Hecht MH, Kounaves S (2010) Atmospheric origins of perchlorate on mars and in the atacama. J Geophys Res E Planets 115:1–15 . doi: 10.1029/2009JE003425
9. Erdoğan MF, Kamel N (1996) Türkiye'nin Değişik Coğrafi Bölgelerinden Gelen Hastalarda Ötiroid Guatr Etiyolojisindeİyot Eksikliğinin Önemi. Turkiye Klin J Med Sci 16:364–369

Özet

Bu çalışmada yaş baza göre nem içeriği %87.18 olan Dragun arum(Dranculus) bitkisi yapraklarının kurutma karakteristikleri deneysel olarak araştırıldı. Bu amaçla Siirt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuarında tasarlanan konveksiyon tipi bir kurutucu kullanıldı. Deneylerde üç farklı hava sıcaklığı(40, 55 and 70 ºC) ve üç farklı hava hızı(0.5, 0.8 and 1.2 m/s) kullanıldı. Elde edilen veriler ile Dragun arum(Dranculus) bitkisi yapraklarına ait kuruma eğrileri çizildi ve kurutma havası koşullarının kuruma işlemine etkisi belirlendi.

Anahtar kelimeler:

Kurutma; nem içeriği; sıcaklık; hava hızı; Dragun arum*(Dranculus)* bitkisi.

Abstract

In this study, drying characteristics of the leaves of Dragun arum(Dranculus) plant with initial moisture content 87.18% wet basis were experimentally investigated. For this purpose, a convection type dryer designed in the Mechanical Engineering Department laboratory of Siirt University was used. Three different air temperatures (40, 55 and 70 ºC) and three different air velocity (0.5, 0.8 and 1.2 m/s) were used in the experiments. Drying curves of the leaves of Dragun arum(Dranculus) plant were drawn by using obtained data and effect of drying air to drying process was determined.

Keywords:

Drying; moisture content; temperature; air velocity; Dragun arum*(Dranculus)* plant.

Dragun arum(Dranculus) Bitkisi Yapraklarının Kurutulması İşlemi İçin Deneysel Bir Çalışma

An Experimental Study for Drying Process of the Leaves of Dragun arum(Dranculus) Plant

Yunus Emre GÖNÜLAÇAR[1]
Asım BALBAY[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye,
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye,

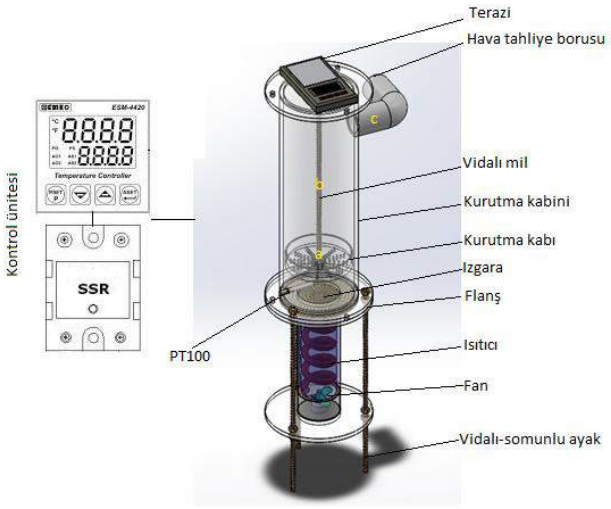
1. Giriş

Kurutma, insanoğlunun yerleşik hayata geçişinden beri meyve ve sebzeleri korumak için bir gıda muhafaza yöntemi olarak kullanılmaktadır. [1]. Kurutmada amaç, meyve ve sebzelerin su niceliğini azaltmak, su aktivitesini düşürmek ve böylece biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları minimize etmektir [2]. Ayrıca kurutma işlemi, ürünlerin kütlesini ve hacmini azaltarak taşınmasını ve depolanmasını da kolaylaştırmaktadır [3]. Literatürde kurutma işlemi için güneşleme, sıcak hava verme, dondurma, vakumlama, mikrodalgama gibi metotlar mevcuttur. Güneşle kurutma işlemi, doğal bir kaynak kullanması nedeniyle ucuzdur ve en yaygın uygulanan yöntemdir [4]. Ancak, bu teknik hava şartlarına bağlıdır ve kirlilik, mikrobik saldırı gibi dezavantajlara sahiptir [5]. Bu nedenle günümüzde ürünlerin kalitesini artırmak için güneş kurutma tekniği yerine, sıcak hava ile kurutma gibi endüstriyel kurutma yöntemleri tercih edilmektedir [6–14]. Bu çalışmada Dragun arum(Dranculus) isimli bitkinin kurutulmasında Siirt Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuvarlarında tasarlanan ve imal edilen PID dijital kontrollü ve SSR devreli konveksiyon tip bir kurutma sistemi kullanılmıştır. Elde edilen verilerle Dragun arum bitkisi yapraklarına ait kuruma grafikleri çizilmiş ve kurutma havası şartlarının kurutma işlemine etkisi araştırılmıştır.

2. Yöntem

Siirt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuarında tasarlanmış ve imal edilmiş olan konvektif tip kurutma sisteminin şematiği şekil 1'de verildiği gibidir. Bu konvektif kurutma sistemi kontrol, ısıtıcı, kurutma kabini ve ölçüm üniteleri olmak üzere dört üniteden oluşmaktadır. Kurutma kabini 100 mm çaplı ve 350 mm uzunluklu düşey şeffaf yalıtımlı bir borudan oluşmaktadır. Bu şeffaf borunun tam ortasına düşey vidalı bir mil (M6) kullanılarak kurutma tepsilerinin aşağı-yukarı hareket etmesine izin vermektedir. Kurutma kabini içinde tek bir kurutma tepsisi ile kurutma yapılmasına ek olarak birden fazla kurutma tepsisi ile kurutma işlemine de izin verebilmektedir. Kurutma tepsilerinin, kurutma kabini içerisinde istenilen yükseklikte sabitlenebilmesi de mümkündür. Kurutma tepsileri delikli bir yapıya sahip olup havanın kurutulacak ürünle teması maksimum düzeydedir. Taze havanın kurutma kabini içinde dağılımını sağlamak ve ısıtıcı-fan ünitesinden gelen sıcak havanın kurutma

kabinine zarar vermesini engellemek amacıyla iki flanşın arasına metal bir ızgara yerleştirilmiştir. Kurutma kabini, PT100 sıcaklık sensörü, PID kontrollü ESM4420 cihazı ve SSR ile kontrol edilmektedir. Kurutulan üründe zamana bağlı olarak oluşan kütle kaybının ölçülmesi için %1 hassasiyetli dijital terazi kullanılmaktadır. Kurutulacak ürünlerin kütle kayıplarının hassas olarak ölçülebilmesi için fanın çok kısa süreli olarak durdurulması ve ölçümden hemen sonra aktif hale getirilmesi daha hassas sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Dragun arum(Dranculus) bitkisi yaprakları, 105 °C'deki fırında 6 saat tutularak nem içeriği %87.18 olarak belirlenmiştir. Dragun arum(Dranculus) bitkisi yapraklarının kurutulması işleminde üç farklı sıcaklık(40, 55 ve 70 °C) ve üç farklı hava hızı(0.5, 0.8 ve 1.2 m/s) kullanılarak kütle değişimi-zaman grafikleri elde edilmiştir. Her deneyde yaklaşık olarak 30 gram kadar dragun arum yaprağı kullanılmıştır.



Şekil 1. Kururtma Sistemi

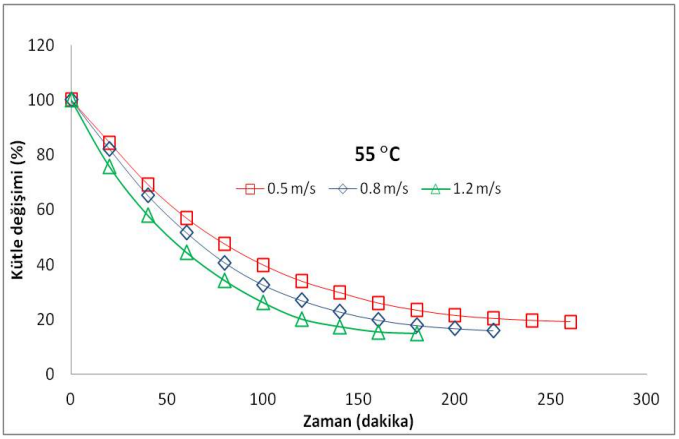
Dragun arum(Dranculus) bitkisi(Şekil 2-a), halk arasında yılan yastığı ismi ile anılmasının yanı sıra danaayağı, buzağı otu, eşek kulağı, yılan fidanı, yılan ekmeği, fil kulağı, gavur pancarı gibi değişik isimlerle de isimlendirilmektedir. Bir çok hastalık için şifa kaynağı olan bu bitkinin yaprakları kullanılarak yöresel olarak çorbası da yapılmaktadır. Dragun arum(Dranculus) bitkisi, kurutma öncesi yaprakların hazırlanış şekli ve kurutma sonrası durumu Şekil 2'de verildiği gibidir.

a. Dragun arum(Dranculus) bitkisi b. Kurutma öncesi c. Kurutma sonrası

Şekil 2. Dragun arum (Dranculus) bitkisi ve kurutma işlemi

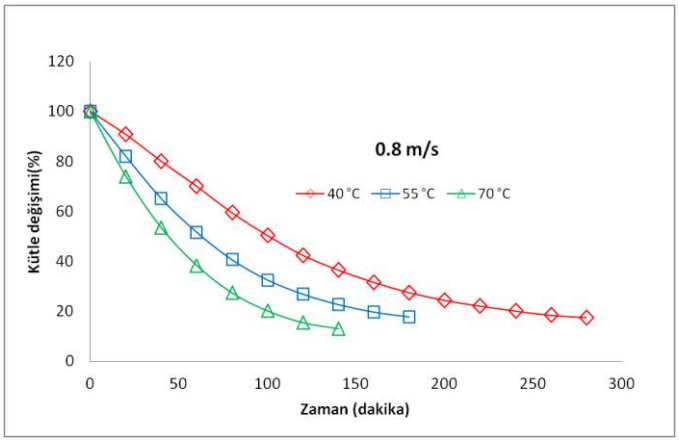
3. Bulgular ve Tartışma

Farklı hava hızlarına ve sabit hava sıcaklığına bağlı olarak dragun arum bitkisi yapraklarının kurutulması esnasında kütle değişimi Şekil 3'te verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kurutma havası hızının arttırılması kütle transferini az da olsa artırmıştır. Aynı sıcaklık ve farklı hava hızı değerlerinde havanın hızı arttıkça kuruma süresinin azaldığı gözlenmiştir. Kurutma havası hızının artması ile havanın yaprak yüzeyi ile birim zamandaki temas miktarı arttığından, kuruma süresi azalmaktadır. İlk aşamalarda hava hızı kuruma hızında daha çok etkili iken, daha sonraki sürelerde gittikçe azalmaktadır. Ancak hava hızının hava sıcaklığına bağlı olarak değişimi kuruma hızını etkilemekte ancak hava hızının sürekli olarak arttırılması kurutma hızını aynı oranda etkilememektedir.



Şekil 3. Sabit hava sıcaklığında hava hızının etkisi

Farklı hava sıcaklıklarına ve sabit hava hızına bağlı olarak dragun arum bitkisi yapraklarının kurutulması esnasında kütle değişimi Şekil 4'de verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kurutma havası sıcaklığının arttırılması kütle transferini de artmıştır. Sıcaklığın arttırılması, dragun arum bitkisinin yapraklarının daha kısa sürede kurumasına neden olmuştur. Yaklaşık 30 gramlık yaprak için 70 °C, 55 °C ve 40 °C ile yapılan kurutmada kuruma süresi sırasıyla 150 dakika, 200 dakika ve 300 dakika civarındadır. 40 °C'de yapılan kurutma ile 55 °C'de yapılan kurutma arasındaki kurutma hızı; 55 °C'de yapılan kurutma ile 70 °C'de yapılan kurutma arasındaki kurutma hızı etkisinden daha düşüktür.



Şekil 4. Sabit hava hızında hava sıcaklığının etkisi

4. Sonuç

Bu çalışmada, Siirt yöresinde yetişen Dragun arum (Dranculus) bitkisinin konvektif bir kurutucu ile kurutulması deneysel olarak araştırılmıştır. Araştırmada havanın farklı koşulları ile kurutma deneyleri yapılmış ve elde edilen veriler grafikler halinde gösterilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kurutma hava sıcaklığı ve hava hızı arttıkça bitkinin kuruma hızının arttığı ve dolayısı ile kuruma süresinin azaldığı görülmüştür. En kısa kuruma süresi 70 °C sıcaklıkta ve 1.2 m/s hava hızında gerçekleşmiştir. Kurutma havası sıcaklığının arttırılması kütle transferini de hızlandırmaktadır. Kurutma işleminde hava hızı, kurutma süresine bağlı olarak etkisi değişmektedir. İlk aşamalarda hava hızı daha çok etkili iken, daha sonraki sürelerde kuruma hızı gittikçe azalmaktadır. Hava hızının hava sıcaklığına bağlı olarak değişimi kuruma hızını etkilemesiyle beraber hava hızının sürekli olarak arttırılması kurutma hızını aynı oranda etkilememektedir.

Bu çalışmadan elde edilen datalar kullanılarak literatürde var olan matematiksel modellerle veya yapay sinir ağları gibi bilgisayar programları ile modellenmesi düşünülmektedir.

5. Referanslar

[1] Doymaz I. An experimental study on drying of green apples. Dry Technol 2009;27:478–85. doi:10.1080/07373930802686065.

[2] Akpinar E, Midilli A, Bicer Y. Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling. Energy Convers Manag 2003;44:1689–705. doi:10.1016/S0196-8904(02)00171-1.

[3] Chkir I, Amine M, Ayed L, Azzouz S. Food and Bioproducts Processing Effects of air drying properties on drying kinetics and stability of cactus / brewer ' s grains mixture. Food Bioprod Process 2014;94:10–9. doi:10.1016/j.fbp.2014.12.003.

[4] Doymaz I, Kocayigit F. Effect of pre-treatments on drying, rehydration, and color characteristics of red pepper ('Charliston' variety). Food Sci Biotechnol 2012;21:1013–22. doi:10.1007/s10068-012-0132-z.

[5] Pehlivan, Dursun, Toğrul İ. Modelling of drying kinetics of single apricot _. J Food Eng 2003;58:23–32.

[6] S.Motri 1. Convective drying kinetics of prickly pear seeds\n. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol 2013;6:35–42.

[7] Putra RN, Ajiwiguna TA. Influence of Air Temperature and Velocity for Drying Process. Procedia Eng 2017;170:516–9. doi:10.1016/j.proeng.2017.03.082.

[8] Doymaz I. Convective drying kinetics of strawberry. Chem Eng Process Process Intensif 2008;47:914–9. doi:10.1016/j.cep.2007.02.003.

[9] Doymaz I. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. J Food Eng 2004;61:359–64. doi:10.1016/S0260-8774(03)00142-0.

[10] Planini M, Tomas S, Bili M. Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying 2004;64:97–102. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.09.016.

[11] Chinenye NM. Effect of Drying Temperature and Drying Air Velocity on the Drying Rate and Drying Constant of Cocoa Bean. Manuscript 2009;XI.

[12] Sacilik K, Elicin AK, Unal G. Drying kinetics of ??ryani plum in a convective hot-air dryer. J Food Eng 2006;76:362–8. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.05.031.

[13] Balbay A, Sahin O, Ulker H. Modeling of convective drying kinetics of pistachio kernels in a fixed bed drying system. Therm Sci 2013;17:839–46. doi:10.2298/TSCI110307040B.

[14] Vega A, Fito P, Andrés A, Lemus R. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). J Food Eng 2007;79:1460–6. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.028.

Özet

Sanayinin geliştiği ilk günden bugüne, enerji ihtiyacı tüm dünyada artış göstermektedir. İnsanların konforlu ortamları için her geçen gün daha fazla enerji kullanmak zorunda kalınmaktadır. Türkiye'nin 2016 yılında ithalatının %30' u enerji ürünleri için gerçekleşmiştir. Avrupa'da binalarda kullanılan enerji, toplam enerjinin yaklaşık %40'ı civarındadır. Bir konutun soğutulması için gerekli enerji miktarı soğutma yüküne göre hesaplanır ve bu nedenle yük hesabı oldukça önemlidir. Soğutma yükünün hesabının doğru yapılması ve bir sistem için uygun olması sistemin performansı açısından etkilidir. Soğutma yükü hesaplarına etki eden değişkenlerin sayısı çok fazladır ve genellikle bu değişkenlerin kesin olarak tanımlanması zor olup, bunların daima birbiri ile karmaşık bir ilişkisi vardır. Soğutma yükünü meydana getiren pek çok bileşenin değeri, yirmi dört saatlik zaman dilimi içinde önemli seviyede değişir. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan soğutma yükü hesap yöntemi kullanarak örnek bir konutun soğutma yükü Elazığ, Antalya, Erzurum ve Edirne illeri için hesap edilmiş ve soğutma yükü üzerindeki değişkenlerin etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Enerji ihtiyacı, soğutma yükü

Abstract

Energy demand has performed an increase all over the world since the first development of the industry. More energy is being used day by day for the comfort of human. The 30% of Turkey's imports in 2016 were realized for energy products. The energy used for buildings in Europe is approximately 40% of the total energy. The amount of energy required for cooling of a building is calculated according to the cooling load and therefore cooling load calculation is very important. The amount of energy required for cooling a building is calculated according to the cooling load and therefore the load calculation is very important. The correct calculation of the cooling load and its suitability for a system is effective for the performance of the system. The number of variables affecting the cooling load calculations is large and these variables are often difficult to define precisely and always have a complicated relationship with each other. The value of many components that form the cooling load varies considerably within the twenty-four hour period. In this study, the cooling load of a sample house for Elazığ, Antalya, Erzurum and Edirne was calculated by using the widely used cooling load calculation method and the effects of the variables on the cooling load were investigated.

Keywords:

Energy demand, cooling load.

Bir Konutun Türkiye'nin Farkli İklim Şartlari İçin Soğutma Yükü Analizi

Cooling Load Analysis of A Building For Turkey's Different Climate Conditions

Aynur UÇAR[1]
Duygu EVİN[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye,

1. Giriş

Yapılarda ısısal konforu ve enerji korunumunu sağlamaya yönelik çalışmalar, genellikle soğuk dönemde ısıtma enerjisini içermektedir. Ancak konu ısıtma ile sınırlı olmayıp havalandırma ve soğutma unsurlarının bir arada ele alınıp değerlendirilmesini gerektirmektedir. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde, uzun süren sıcak dönemde ısı girdilerinin fazla oluşu nedeniyle mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise enerji kullanımı yönünden çok daha fazla giderlere neden olmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı yaklaşımı ile enerji tüketimini en aza indirmek amaçlanmaktadır [1].

Günümüzde yaşam alanlarında konfor şartlarının sağlanması gerekmektedir. Bunun için iklimlendirme uygulamaları üzerine araştırmalar artmış ve bu sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Küresel ısınmanın da etkisi ile birlikte dünya üzerindeki sıcaklıkların artmasına bağlı olarak insanların soğutma ihtiyacı hisside artmaktadır. Soğutma ihtiyacını karşılamak için kullanılan iklimlendirme sistemlerinde enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin gün geçtikçe daha pahalı hale gelmesiyle ekonomik açıdan iklimlendirme sistemleri dezavantajlı hale gelmektedir. Bu bakımdan iklimlendirme sistemleri için uygun tasarımlar yapılması gereklidir. Böylece doğru yapılmış bir tasarım ile birlikte konfor şartının sağlanması ile işletme maliyetleri de düşürülebilir [2]. Özellikle soğutma yükü hesaplarını doğru hesaplayabilmek için, tasarımcılar bilgisayar programları kullanmaktadır. Bu tür programlar kullanıcının girdiği yapı elemanlarının özelliklerini kullanarak iletim ve taşınım ile ısı kazançlarını, güneşten gelen ısı kazançlarını, aydınlatma, insan ve elektrikli cihazlardan gelen duyulur ve gizli ısıları ayrı ayrı hesaplayabilmektedir.

Bu çalışmada örnek bir konutun Elazığ, Antalya, Erzurum ve Edirne illeri için saatlik soğutma yükü hesaplanarak karşılaştırılması yapılmıştır. Soğutma yükü hesabı geliştirilen MATLAB bilgisayar programı ile yapılmıştır.

2. Yöntem

2.1.Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi

Bu yöntemde, soğutma yükü; her odanın duvar, döşeme, kapı ve tavanlarından olan ısı kazancına bağlı olarak yaz koşulları için uygun CLTD (Cooling Load Temperature Difference) değerleri ve U toplam ısı geçiş katsayısı kullanılarak hesaplanır. CLTD değerleri yapı bileşenleri için, hem güneş enerjisinden olan ısı kazancını, hem de sıcaklık farkından dolayı iletimle olan ısı geçişini içerdiği için, tek adımda yapı bileşenlerinden kaynaklanan soğutma yükü hesabı yapılabilmektedir.

2.1.1. Dış Duvar ve Çatıdan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Dış duvar ve çatıdan olan ısı kazancı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$q_{duv} = U.A.CLTD \quad (1)$$

Burada, U toplam ısı geçiş katsayısı ($W/m^2°C$), CLTD soğutma yükü sıcaklık farkı (°C) ve A toplam yüzey alanını (m^2) göstermektedir. CLTD değerleri, soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır. Dış ortam sıcaklığı 30°C değerinden fazla olduğu durumlarda düzeltilmiş CLTD değeri için;

Çatı için;

$$CLTD_d=[(CLTD+LM).YR+(28-T_R)+(T_0-30)F \quad (2)$$

Dış duvar için;

$$CLTD_d=[(CLTD+LM).YR+(28-T_R)+(T_0-30) \quad (3)$$

Burada, LM soğutma yükü sıcaklık farkı düzeltme değeri, YR yüzey rengine bağlıdır ve duvarlarda koyu renkli yüzeyler için 1, orta renkli yüzeyler için 0,83 ve açık renkli yüzeyler için 0,63 değerindedir. Çatılarda koyu renkli yüzeyler için 1, açık renkli yüzeyler için 0,5 değerindedir [3]. T_R iç tasarım sıcaklığı (°C), T_0 ortalama dış hava sıcaklığı ve F çatılar için hava akımı faktörüdür. Hava akımı yoksa 1, varsa 0,75' dir.

2.1.2. Pencerelerden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Pencerelere düşen güneş ışınımı, mahal içine girip, içindeki yüzeylerde yutulduktan sonra zaman içerisinde ortam havasına geçer. Pencereden iletim ve taşınımla olan ısı kazancı,

$$q_{ilet,pen} = U_{pen}.A_{pen}.(T_d – T_i) \quad (4)$$

Burada; T_d dış hava sıcaklığı, T_i iç hava sıcaklığı ve U camın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)'dır.

Güneş enerjisinin içeri girmesi ve emilmesi ile kazanılan güneş enerjisi ısı kazancına bağlı soğutma yükü şu şekilde hesaplanır:

$$q_{gün,pen} = A_{pen}.SC.SHGF.CLF \quad (5)$$

Burada, A Pencerenin net cam alanı (m^2), SHGF maksimum güneş enerjisi ısı kazancı faktörü (W/m^2) ve SC gölgeleme katsayısıdır.

2.1.3. Aydınlatma Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Genellikle elektriksel aydınlatmadan olan anlık ısı kazancı miktarı şu şekilde hesaplanır

$$q_{el}=W.F_{ul}.F_{sa} \quad (6)$$

Burada, W toplam aydınlatma gücü, F_{ul} kullanma faktörü olup, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır.

2.1.4. İnsanlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

İnsanlardan olan ısı kazancı duyulur ve gizli ısı olarak dikkate alınır. Gizli ısı direkt soğutma yükü olarak alınır. Fakat duyulur ısı ışınım ve taşınım olarak ayrıldığı kabul edilir.

Duyulur ve gizli ısı

$q_{duy}=N.q_d.CLF$ (7)

$q_{giz}=N.q_g$ (8)

Burada N insan sayısı, q_d kişi başına duyulur ısı kazancı ve q_g kişi başına gizli ısı kazancıdır.

2.1.5. Cihazlardan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Soğutma yükü hesabında, bütün cihazlardan (elektrikli, gazlı veya buharlı) olan ısı kazancı göz önüne alınmalıdır. Cihazların günlük kullanım saatleri dikkate alınarak soğutma yükü hesaplanmaktadır. Her cihaz için bir kullanım faktörü ayrı olarak tanımlanmaktadır. Bu faktör cihazın gün içinde kullanım oranını belirtmektedir ve kullanım saatinin 1 gün için 24 saate oranıdır.

2.1.6.Havalandırma ve Enfiltrasyondan Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

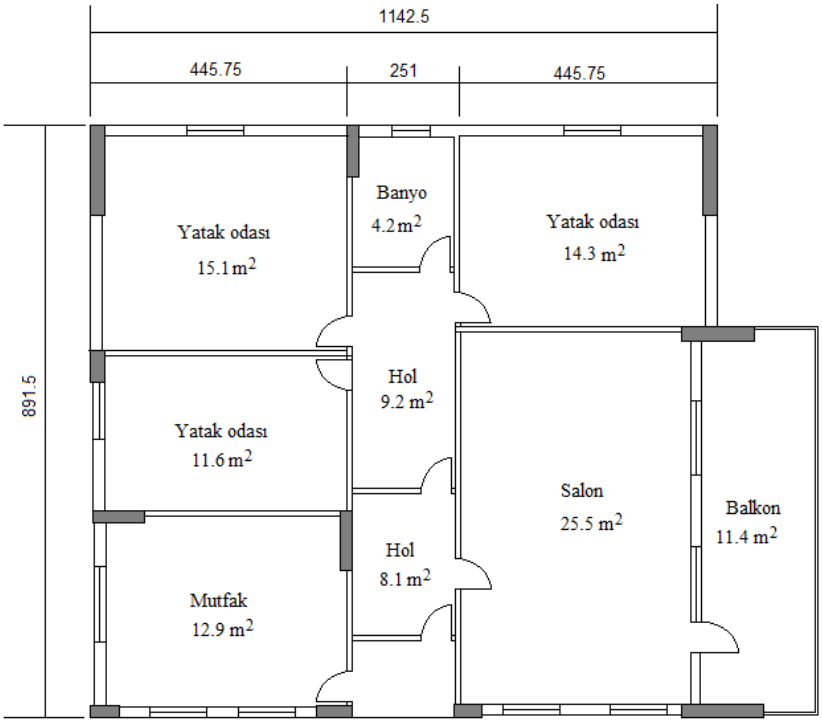
Dış hava belli bir miktar iç ortama girmek zorundadır. Çünkü ortamda minimum düzeyde dış hava bulunmalıdır. Enfiltrasyon ile olan ısı kazancı sızıntı hava debisi, dış sıcaklık ve iç sıcaklık farkına bağlı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$Q_e = \rho V C_p (T_d - T_i)$$

Burada Q_e enflitrasyon ile olan ısı kazancı (W), *V* hacimsel debiyi (m^3/h), C_p özgül ısıyı, ρ havanın yoğunluğunu (kg/m^3), T_d dış hava sıcaklığını (^oC) ve T_i ise iç ortam sıcaklığını (^oC) göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, her biri Türkiye'nin farklı dört derece gün bölgesinden olmak üzere dört il seçilmiştir. Bu iller: Elazığ (38°), Antalya (36°), Edirne (41°) ve Erzurum (39°). Soğutma yükü hesabında 21 Temmuz hesap günü olarak kabul edilmiştir. İç tasarım koşulları, 24°C ve iç hava nem oranı (w_i) 0,0102 kg/kg olarak alınmıştır. Dış tasarım koşulları ise 30°C ve dış hava nem oranı(w_d) 0,0167 kg/kg olarak kabul edilmiştir. Günlük sıcaklık aralığı, Elazığ 12°C, Antalya 11.5°C, Edirne 14.4°C ve Erzurum 15.7 °C hesaplamada kullanılmıştır. Soğutma yükü hesaplanacak konut, 3 metre yüksekliğinde tek katlı olup, pencereler 1.5mx1m, tuvalet ve banyo penceresi 0.5mx1m kapılar ise 1mx2 m boyutundadır. Şekil 1'de örnek konutun mimari yapısı gösterilmektedir. Hesaplamalarda MATLAB bilgisayar programı kullanılmıştır.



Şekil 1. Seçilen örnek konutun kat planı

Aydınlatma olarak 20W gücünde 9 adet tungsten lamba ile 16:00'dan 20:00'a kadar aydınlatma yapılıyor. Lambalar serbest asılı ve ortam hava akımı orta şiddettedir. Konutta 5 kişi yaşadığını ve 08:00'dan 20:00'a kadar hafif iş çalışması yaptığı kabul edilmiştir. Binada dört tip duvar ve çatı tipi seçilmiştir. Bu seçilen duvar, çatı ve pencere tipleri ve özellikleri Tablo 1,2 ve 3'de sırasıyla verilmektedir.

TABLO 1. Binada kullanılan duvar tipleri ve özellikleri [4]

Grup No	U (W/m^2K)	Duvarı oluşturan malzemeler	k (W/mK)	R (W/m^2K)
B	0.66	100 mm düz tuğla 50 mm izolasyon 100 mm yüksek yoğunlukta beton 20 mm sıva veya 20 mm alçı	1.333 0.043 1.731 0.727	0.076 1.173 0.059 0.026
C	0.96	100 mm düz tuğla 100 mm kil kiremit 25 mm izolasyon 20 mm sıva veya 20 mm alçı	1.333 0.571 0.043 0.727	0.076 0.352 0.587 0.026
D	1.40	100 mm düz tuğla 100 mm düşük yoğunlukta beton 25 mm izolasyon 20 mm sıva veya 20 mm alçı	1.333 0.381 0.043 0.727	0.076 0.266 0.587 0.026
E	1.81	100 mm düz tuğla 100 mm düşük yoğunlukta beton 20 mm sıva veya 20 mm alçı	1.333 0.381 0.727	0.076 0.266 0.026

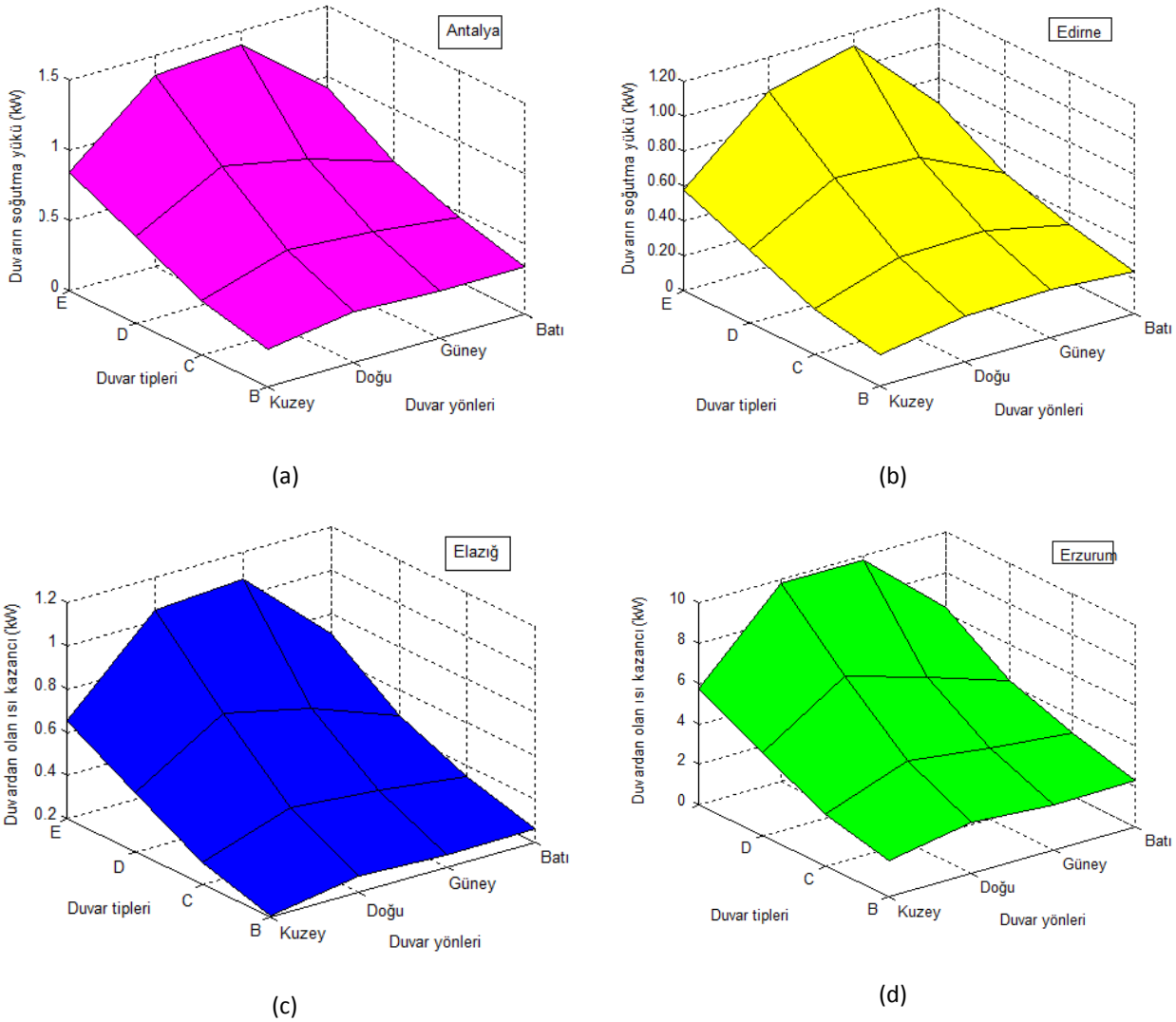
TABLO 2. Binada kullanılan çatı tipleri ve özellikleri [4]

Çatı No	U (W/m^2K)	Duvarı oluşturan malzemeler	k (W/mK)	R (W/m^2K)
5	0.619	12 mm cüruf veya taş 10 mm keçe 50 mm izolasyon 25 mm tahta	1.436 0.190 0.043 0.121	0.009 0.050 1.173 1.760
6	0.897	12 mm cüruf veya taş 10 mm keçe 150 mm düşük yoğunlukta beton	1.436 0.190 0.173	0.009 0.050 0.860
7	0.738	12 mm cüruf veya taş 10 mm keçe 25 mm izolasyon 62 mm tahta	1.436 0.190 0.043 0.121	0.009 0.050 0.587 0.524
8	0.715	12 mm cüruf veya taş 10 mm keçe 200 mm düşük yoğunlukta beton	1.436 0.190 0.173	0.009 0.050 1.173

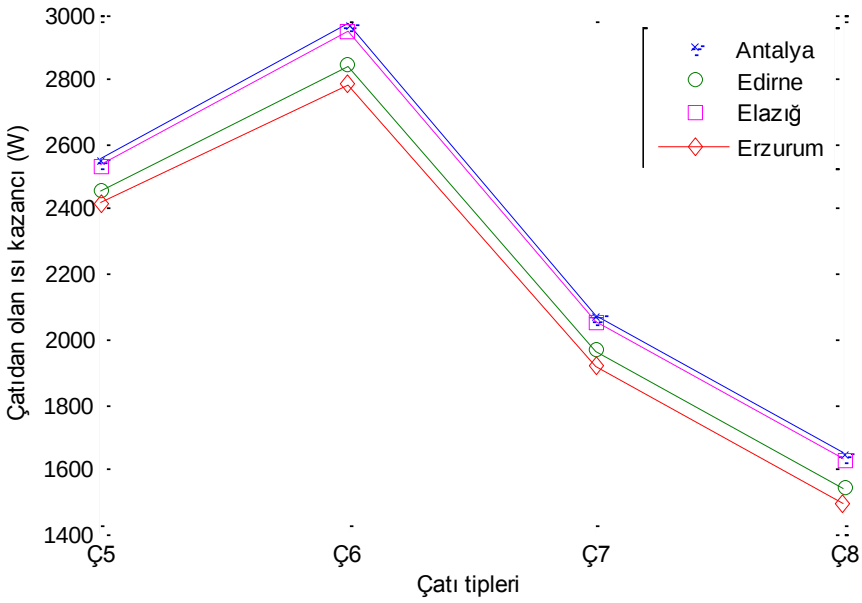
TABLO 3. Binada kullanılan pencere tipleri ve özellikleri [5,6]

Pencere tipleri	U (W/m^2K)	Gölge katsayısı (SC)
Çift çamlı pencere (iç gölgeli)	3.3	0.60
Çift çamlı pencere (iç gölgesiz)	3.7	0.82
Tek çamlı pencere (iç gölgeli)	4.6	0.39
Tek çamlı pencere (iç gölgesiz)	5.9	1.00

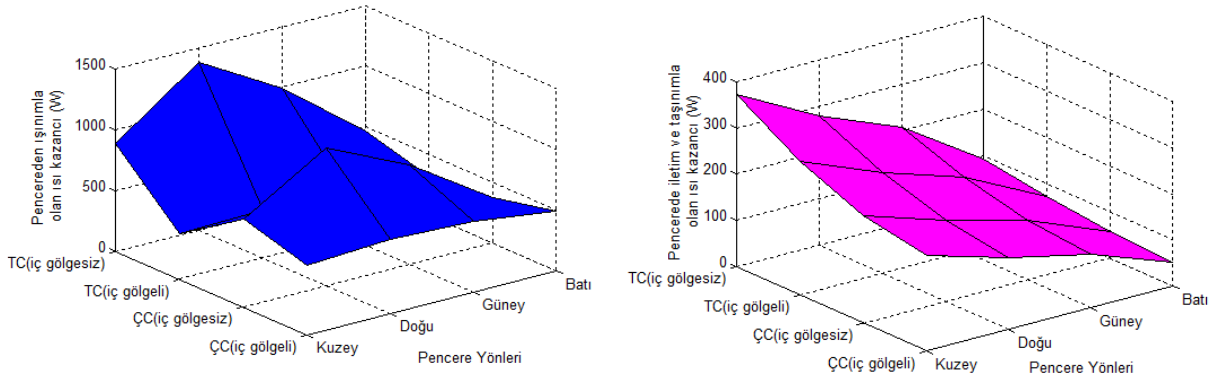
Şekil 2'de örnek konutun dört il için duvarlardan olan ısı kazancının duvar tiplerine ve yönlerine göre değişimi gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi ASHRAE CLTD metoduna göre hesaplanan duvardan olan ısı kazancı E duvar tipi için en yüksek değere ulaşırken, B duvar tipi için en düşük değer olarak elde edilmiştir. Doğu ve güney yönlerinde duvardan olan ısı kazancı artarken, kuzey yönünde ısı kazancı değerleri daha düşük değerde olmaktadır. İncelenen dört il için çatıdan olan ısı kazancının çatı tiplerine göre değişimi Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi, en düşük ısı kazancı 8 numaralı 200 mm kalınlıklı hafif yoğunluklu beton çatı tipi için elde edilmiştir. En yüksek değerler ise, 6 numaralı 150 mm kalınlıklı hafif yoğunluklu beton çatı tipi için hesaplanmıştır.



Şekil 2. İncelenen dört il için duvarlardan olan ısı kazancının duvar tiplerine ve yönlerine göre değişimi



Şekil 3. İncelenen dört il için çatıdan olan ısı kazancının çatı tiplerine göre değişimi



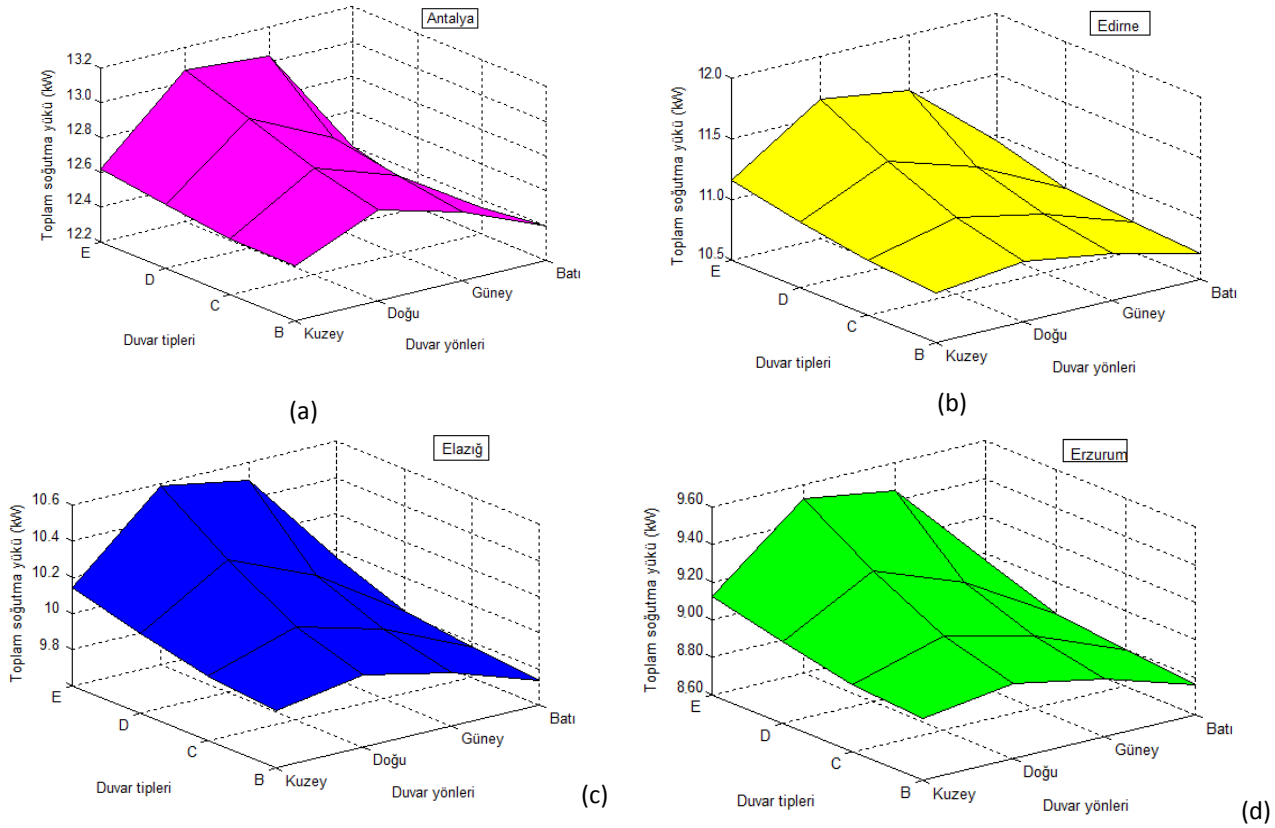
(a) (b)

Şekil 4. Pencerelerden (a) ışınım ve (b) iletim ve taşınımla olan ısı kazancının pencere tipleri ve yönlere göre değişimi (Elazığ ili için)

Ortamda kullanılmış elektronik aletlerin kullanıldıkları zaman harcadıkları elektrik değişiklik göstermektedirler. Bu ev için ütü, elektrik süpürgesi, bulaşık makinesi, çamaşır makinesi televizyon, bilgisayar, buzdolabı ve fırın gibi cihazlar için duyulur ve gizli ısı olarak ısı kazançları hesaplanmıştır. Konutun iç yük kazançları Tablo 4'de verilmektedir. Şekil 4'de pencerelerden (a) ışınım ve (b) iletim ve taşınım ile ısı kazancının dört pencere tipi için değişimi verilmektedir. En yüksek ısı kazancının tek camlı ve iç gölgesiz pencere tipi için elde edilirken, en düşük ısı kazancı çift camlı ve iç gölgesiz pencere tipi için elde edilmiştir.

TABLO 4. Konut iç yük kazançları (kW)

Yük Tipi	Isı kazancı (kW)
Aydınlatma	0.676
İnsanlar (Duyulur Isı)	0.748
İnsanlar (Gizli Isı)	1.275
İnsanlar (Toplam Isı)	2.023
Cihazlar (Duyulur)	0.290
Cihazlar (Gizli Isı)	1.642
Cihazlar (Toplam Isı)	1.9325



Şekil 5. İncelenen dört il için örnek konutun toplam soğutma yükünün duvar tiplerine ve yönlerine göre değişimi

Seçilen örnek konutun dört il için hesaplanan toplam soğutma yükünün duvar tiplerine ve yönlerine göre değişimi Şekil 5'de gösterilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi, güneye ve doğuya bakan duvar ile batıya ve kuzeye bakan duvarlar arasında soğutma yükü açısından belirgin farklılıklar görülmektedir. Elazığ ilinde, doğuya bakan duvar için 1.058 kW soğutma yüküne ihtiyaç duyulurken, kuzeye bakan duvarda bu değer 0.211 kW'a kadar düşmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, dört farklı iklim kuşağından dört il seçilmiştir. Bu iller Elazığ, Erzurum, Antalya ve Edirne olup, bulundukları konum itibariyle güneşlenme sürelerinin ve günlük sıcaklık aralıklarının farklı olması sebebiyle soğutma yükleri farklı değerler çıkmıştır. Ayrıca farklı malzemelerden yapılı dört farklı tip duvar çatı seçilerek, soğutma yüküne etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmadan da anlaşıldığı üzere soğutma yükü hesaplamalarında duvar ve çatıda kullanılan malzemelerdeki değişikler soğutma yükü üzerinde önemli olup, enerji tasarrufu açısından dikkate alınmalıdır. Bu nedenle doğru malzeme seçimi oldukça önemli olmaktadır. Ayrıca, sıcak dönemin soğuk döneme oranla daha uzun olduğu iklim bölgelerinde daha fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulduğu sonuçlardan görülmektedir.

5. Referanslar

[1] Firuze İlgin ERKMEN , Gülay ZORER GEDİK. örnek bir konutun farklı yöntemlerle hesaplanan soğutma yüklerinin karşılaştırılması: antalya ve diyarbakır örneği. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl 6 Sayı:11Bahar 2007/1 s.143-163

[2] Muammer ÖZGÖREN Kadir ERDOĞAN Ali KAHRAMAN Özgür SOLMAZ. Model bir konutun soğutma yükünün dinamik hesaplanması: İzmir örneği. X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ – 13/16 NİSAN 2011/İZMİR

[3] Sertaç ERTEM Konut dışı yapılarda iklimlendirme santrallerinin tasarımı Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[4]ASHRAE Fundamentals Handbook;1989. Air Conditioning Cooling Load, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta , chapter 26, pp. 1-62

[5] ASHRAE Fundamentals Handbook;1989. Fenestration, AmericanSociety of Heating, RefrigerationandAir-ConditioningEngineers, Inc., Atlanta, chapter 27, pp. 1-38

[6] Genceli, O.F. (Editör);1998. ASHRAE Temel El Kitabı, Pencere Tasarımı, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik Yayın No:2, Bölüm 27, Cem Ofset, İstanbul.

Özet

Bu çalışmada, küresel grafitli dökme demirlerin üzerine akımsız nikel-bor kaplama yapılarak kaplama üzerine yapılan adhesif aşınma davranışının etkisi incelenmiştir. Küresel grafitli dökme demirlerin üzerine akımsız nikel-bor kaplama işlemi 90°C sıcaklıkta 1 saat, 2 saat ve 4 saat olarak uygulandı. Akımsız nikel bor kaplama işlemi sonrasında aşınma testlerine geçildi. Adhesif aşınma testleri, 20N, 40N ve 60N yükler altında, 1800m kayma mesafesinde 30 dakika süre ile gerçekleştirildi. Deneysel sonuçlar artan kaplama süresi ile kaplama kalınlığının ve aşınma direncinin arttığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Adhesiv aşınma, Küresel grafitli dökme demir, Akımsız nikel kaplama

Abstract

In this study, the effect of adhesive wear behavior on the coating by using nickel-boron plating on spherical graphite cast iron was investigated. A non-current nickel-boron coating process on spherical graphite cast irons was applied at 90°C for 1 hour, 2 hours and 4 hours. After the electroless nickel boron coating process, abrasion tests were started. Adhesive wear tests were carried out under 20N, 40N and 60N loads for 30 minutes at a sliding distance of 1800m. The experimental results showed that the coating thickness and wear resistance increased with increasing coating time.

This study examines Model-Free Control Method which is based on a local model for controller design.

Keywords:

Adhesive wear, Ductile cast iron, Electroless nickel coating.

Akımsız Nikel-Bor Kaplanmış Küresel Grafitli Dökme Demirin Adhesif Aşınma Davranışı Üzerine Kaplama Süresinin Etkisi

Effect Of Coating Time On Adhesive Wear Behavior of Electroless Nickel Coated Ductile Cast Iron

[1]Hüseyin DALGIÇ
[2,3]Ferhat GÜL

[1]Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Amasya
[2]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malz. Müh. Böl. fgul@gazi.edu.tr
[3]Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Amasya, ferhat.gul@amasya.edu.tr

1. Giriş

İçerisinde %2' den çok karbon, %1 ile %3 aralığında silisyum ve bunlarla birlikte fosfor ve kükürt bulunan demir alaşımına dökme demir denir [Cavcar,1996]. Dökme demirler, esas olarak toplamda % 10'a kadar karbon, silisyum, kükürt, fosfor ve manganezin yanı sıra değişen miktarda molibden, krom, nikel, bakır ve vanadyum içeren kompleks bir alaşımıdır [Çolak, 2018]. Bu alaşımlar dökme demirlerin korozyon, sertlik dayanımı gibi özelliklerini iyileştirmek amacıyla katılırlar [Cavcar,1996].

Küresel grafitli dökme demir (KGDD), dökümden önce ergiyik demire çok küçük miktarda magnezyum veya seryum gibi küreleştirici ilaveler yapılarak aşılama işlemi sonucu karbonun grafit küreleri şeklinde oluştuğu dökme demir türüdür. KGDD'ler, gri dökme demirlerin başlıca avantajları olan düşük ergime derecesi, iyi akışkanlık ve iyi işlenebilirlik özelliklerine sahip olmasının yanı sıra çeliğin mühendislik açısından avantajı olan yüksek mukavemet, süneklik ve tokluk gibi özelliklere de sahiptir. Bu sebeple dökme demir grubu içerisinde en çok tercih edilen malzemelerdir [Karadeniz ve Barutçu, 2017].

Tablo 1. KGDD malzemesinin kimyasal kompozisyonu [Fernandino, 2015].

Element	C	Si	Mn	Cr	Cu	Sn	P	S	Mg
%	3,32	2,36	0,31	0,058	0,62	0,007	0,02	0,012	0,033

Akımsız nikel kaplamanın ortaya çıkışı konusunda karşımıza ilk olarak Brenner ve Riddel isimli iki araştırmacı çıkmaktadır. Bu araştırmacıların elektrolitik nikel kaplama banyolarında istenmeyen oksidasyon ürünlerini hipofosfit ile temizlenmek istemeleri sırasında ilave nikel toplandığına tanık olmaları akımsız kaplama fikrinin ortaya ilk çıkış noktası olarak görülmektedir. Nikelin hipofosfitle redüklenebileceği daha önce başka araştırmacılar tarafından gösterilmiş olsa da akımsız kaplamaların endüstriyel uygulamalara uyarlanması Brenner ve Riddel' in bu keşfi ve sonrasında gerçekleştirmiş oldukları araştırmalar sonucunda olmuştur.

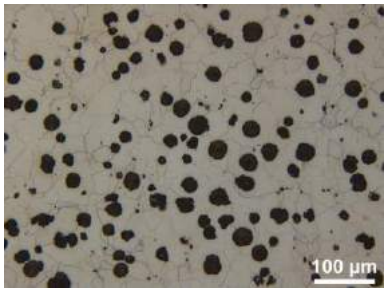
Akımsız nikel kaplamaları özgün ve üstün kılan en önemli özelliklerinin başında, parça geometrisine bağlı olmaksızın tüm yüzeylerde eş kalınlıkta ve homojen kaplamaların elde edilmesi gelmektedir. Kaplamalar sadece iletken yüzeylerde değil aynı zamanda yalıtkan malzemeler üzerinde de uygulanabilir. Yüksek aşınma ve korozyon dirençleri, yüksek sertlik değerleri ve ısıl işlemle sertliklerinin arttırılma olanakları, yüksek elektrik dirençleri ve kaygan yüzey özellikleri akımsız nikel kaplamaların diğer üstün özellikleri olarak sıralanabilir. Tüm bu özellikler akımsız kaplamaların özellikle son yıllarda kaplama endüstrisinde önemli bir yer edinmesine imkan tanımıştır ve bu konuda gerçekleştirilen çalışmalara gösterilen ilgi her geçen gün artmaya devam etmektedir Akımsız nikel biriktirmenin döküm, çelik, alüminyum, bakır, plastik vb birçok malzemenin bitirme işleminde ticari olarak büyük önemi vardır. Elektrolit kaplamalara alternatif oluşturabilecek olan akımsız nikel kaplamalar, nikel katmanlar ve fosforlu veya borlu alaşımlar şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Akımsız nikel kaplamalar, nikel tuzları içeren çözeltiye daldırılan numunelerin yüzeyleri üzerinde nikel iyonlarının katalitik reaksiyonlar sonucu nikel metaline redüklenerek birikmesi sonucu elde edilirler [Eraslan,2010].

Aşınma önemli bir kavram olmasına rağmen hak ettiği ilgiyi yeni görmeye başlamıştır. Aşınma, çeşitli makine ve teçhizatın kullanımı esnasında ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu konu makina tasarımında çok önemlidir.

Aşınma katı yüzeylerde mekanik etkinin bir sonucu olarak, malzeme kaybı olarak tanımlanabilir. Bir aşınma sisteminde ana malzeme; aşınan, karşı malzeme; aşındıran, yük ve harekat aşınmanın temel unsurlarıdır [Okay, 2006]

2. Yöntem

Bu çalışmada Tablo 1'de bileşimi verilen küresel grafitli dökme demir malzeme üzerine akımsız nikel bor kaplama uygulanmıştır. Uygulanan akımsız nikel bor kaplama parçalar 6mm çapında ve 35mm uzunluğundadır. Akımsız nikel bor yapılan lamel grafitli dökme demirin mikro yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneyde kullanılan küresel grafitli dökme demirin mikroyapısı

Akımsız nikel kaplama yapılacak numuneler üzerine ilk önce ön işlem uygulanmıştır. Bu uygulanan ön işlemin amacı uygulanan akımsız nikel bor kaplamanın yüzeye tutundurmasını sağlamaktır. Ön işlemler şu sırayla uygulanmıştır.

1. 800 zımpara kullanılarak akımsız nikel bor kaplama yapılacak yüzeyleri zımparalamak,

2. Saf su kullanılarak n umune yüzeylerini durulamak,

3. %50 HCl asit çözeltisine numuneleri daldırmak,

4. Numuneleri durulamak,

5. Akımsız nikel bor kaplama işlemini uygulamak.

6. Kaplama yapılan numuneleri saf su ile durulamak.

Numuneler üzerine uygulanan akımsız nikel bor kaplama bileşikleri ve kullanılan miktarlar aşağıdaki Tablo 3' de gösterilmiştir

Tablo 2. Akımsız nikel bor kaplama için u ygulanan banyo bileşikleri

Nikel Klorür	20g
Sodyum Borhidrür	0.8g
Etilendiamin	59g
Sodyum Hidroksit	20g
Kurşun Nitrat	0.0145g
Ph	12 14
Kaplama zamanı	4 saat
Kaplama sıcaklığı	85ºC
Banyo toplam hacmi	1000 ml

Yukarıda verilmiş olan kimyasal bileşimlerin hepsi ayrı ayrı saf su ile çözünür. Çözünme işlemi sonrasında bileşiklerin hepsi behere koyuldu. Behere konulan bileşimlerin üzerlerine saf su konularak 1000 ml hacmine tamamlandı. Kaplama işlemi gerçekleştirilir.

Cam beherin içine manyetik balık koyuldu. Manyetik balık dakikada 400 rpm hızında döndürülerek kaplandı. Kaplama işlemi 90ºC'de 1 saat, 2 saat ve 4 saat olarak uygulandı. Kaplama işlemi sonunda numuneler kaplama banyosundan çıkarıldı. Banyodan çıkarılan numuneler saf su da durulandı. Numuneler adhesiv aşınma testine hazır hale getirildi.

Akımsız nikel kaplama işlemi numunelere adhesiv aşınma işlemine geçildi. Adhesiv aşınma işlemi 90ºC'de 1 saat, 2 saat ve 4 saat akımsız nikel bor kaplama işlemi uygulanan küresel grafitli dökme demirler üzerine uygulandı. Bu uygulama 6mm çapında ve 35mm uzunluğundaki numuneleri aşınma cihazına bağlayarak altta dönen disk üzerine koyarak aşınma miktarları incelendi.

Şekil 2. Akımsız nikel bor kaplama işlemi

Şekil 3. Adhesiv aşınma işlemi

Kaplamasız ve kaplama işlemi yapılmış numuneler üzerine 20N, 40N ve 60N yükler, 1 m/s kayma hızında 30 dakika boyunca toplam 1800 m kayma mesafesinde adhasif aşınma testi uygulandı. Aşınma testi öncesi ve sonrası aseton ile temizlenen ve kurulunan numunelerin 0,1 mg hassasiyete sahip hassas terazi ile tartımları gerçekleştirildi. Aşınma öncesi ve sonrası kayıp, aşınma kaybı olarak alınmıştır.

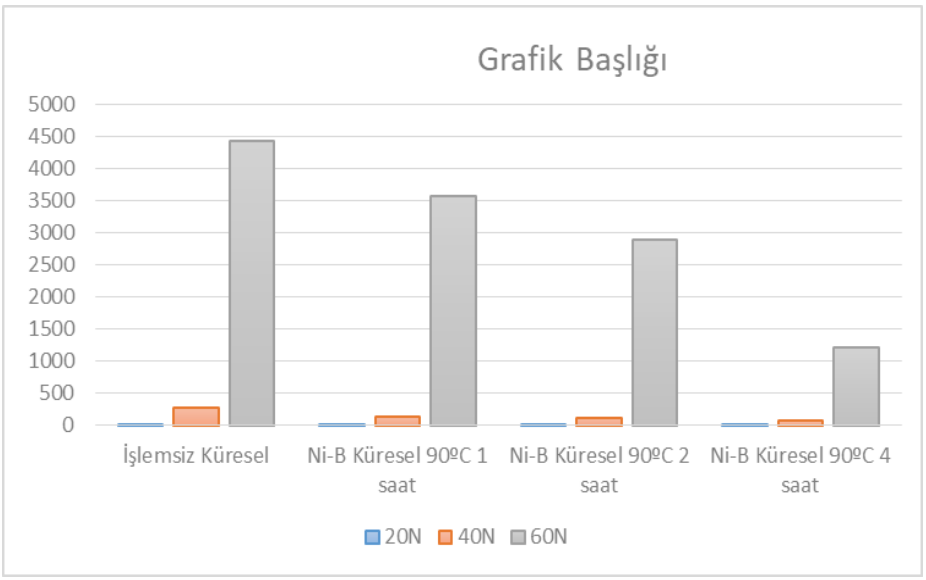
3. Bulgular ve Tartışma

Küresel grafitli dökme demirler üzerine yapılan kaplamasız ve akımsız nikel bor kaplama ve adhesiv aşınma işleminde numunelerin aşınma miktarları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Adhesiv aşınma miktarları

Malzeme	20N	40N	60N
İşlemsiz Küresel	13,7	264,4	4428
Ni B Küresel 90ºC 1 saat	10,9	134,3	3558
Ni B Küresel 90ºC 2 saat	10,2	115	2886
Ni B Küresel 90ºC 4 saat	10	70	1213

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen değerler Tablo 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Buna göre tablo ve şekilde görülen küresel grafitli dökme demir malzemenin, akımsız nikel kaplama işlemi ile aşınmaya karşı daha üstün özellikler gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 4. İşlemsiz ve 1 saat, 2 saat ve 4 saat olarak 90 ºC'de uygulanan akımsız Ni B kaplanmış küresel grafitli dökme demirlerde uygulanan yüke bağlı olarak aşınma kaybının değişimi

Elde edilen aşınma sonuçlarına göre küresel grafitli dökme demirin, akımsız nikel kaplama işlemi ile 20N yük için aşınma kaybında yaklaşık sırasıyla % 30 oranında bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunun yanında 40N yük uygulamasında bu değerin yaklaşık olarak %40 oranında bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. 60N uygulamasında ise aşınma oranında büyük bir değişiklik olmuştur.

4. Sonuç

Yüzey işlemleri küresel grafitli dökme demire başarı ile uygulandı. Söz konusu değerlerin belirtilen kaplama süresi ve sıcaklığında oluşan kaplama kalınlığına göre değişim göstermesi beklenmektedir.

5.Referanslar

Barış Ateş, 2013. Katı Çözelti Sertleşmesinin Küresel Grafitli Dökme Demirin Dönel Eğmeli Yorulma Davranışına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Diego O. Fernandino, Adrian P. Cisilino, Roberto E. Boeri, 2015. Determination of Effective Elastic Properties of Ferritic Ductile Cast Iron by Computational Homogenization, Micrographs and Microindentation Tests, Mechanics of Materials 83 (2015), 110 121

Erdal Karadeniz, Murat Çolak, Fadıl Barutçu, 2017. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt6, Sayı 1, (2017), 275 282

Faik Okay, 2006. Pvd Yöntemi ile Tin Kaplı Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Adhesiv Aşınma Davranışının İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Melike Mihran Cavcar, 1996. Dökme Demirler ve Dökme Demirlerin Kaynağı, Oerlikon Kaynak Elektrodları ve Sanayi

Murat Çolak, Metin Uçurum, Mehmet Çınar, Ümit Atıcı, 2018. GG25 Gri Dökme Demir Malzemesinin Üretiminde Bulanık İstatiksel Proses Kontrolünün Uygulanması, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, (2018), 427 437

Sinem Eraslan, 2010. Akımsız Ni B Kaplama Sistemlerine W İlavesinin Kaplama Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Özet

Enerji toplumların sosyal ve ekonomik refahlarının artması için gerekli olan önemli bir faktördür. Dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Günümüzde, fosil enerji kaynakları tüketim oranının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynakları ile etkin ve ucuz ısı depolama sistemlerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalar artmıştır. Bu çalışmada Diyarbakır ilinde bulunan bir güvenlikçi kabininin Mart ve Nisan aylarında ısıtılması amaçlanmıştır. Bu amaçla bir güneş enerjisi depolamalı bir ısıtma sistemi imal edilmiştir. Sistemde iki adet düzlemsel havalı güneş kolektörü kullanılmıştır. Güneş enerjisinin depolanması amacıyla ahşap duvarlı ve polietilen köpüğüyle yalıtılmış bir ısı deposu hazırlanmıştır. Kolektörde ısınan hava, depodan geçirilerek şişelerdeki suyun ısınması sağlanmaktadır. Kabinin ısıtılması zamanında ise, depodan geçirilen soğuk hava ısıtılıp kabine aktarılmaktadır. Bu çalışmada ayrıca enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Deney sonuçlarından, termodinamiğin birinci yasasına göre sistemin Mart ayında ortalama verimi % 24.04 olarak tespit edilirken, nisan ayı için % 48.38 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Enerji depolama; Güneş enerjisi; Enerji analizi; Ekserji analizi

Abstract

Energy is an important factor for increasing the social and economic welfare of societies. Most of the energy consumed in the world is obtained from fossil sources. Today, research on the development of efficient and inexpensive heat storage systems with renewable energy sources has increased in order to reduce the consumption of fossil energy sources. In this study, it is aimed to heat a security cabin in Diyarbakır in March and April. For this purpose, a heating system with a solar energy storage is manufactured. Two flat-plate air solar collectors are used in the system. In order to store the solar energy, a heat storage tank with a wooden wall and insulated by polyethylene foam was prepared. The air heated in the collector is passed through the tank and the water in the bottles is heated. In case of heating of the cabin, the cold air passed through the tank is heated and transferred to the cabin. In this study, energy and exergy analysis were also performed. Using the experimental results, the average efficiency of the system was determined as 24.04% in March and 48.38% in April, according to the first law of thermodynamics.

Keywords:

Energy storage; Solar energy; Energy analysis; Exergy analysis

Güneş Enerjisi Depolamalı Bir Isıtma sisteminin Isıl performansının incelenmesi

Investigation of Thermal Performance of a Heating System with Solar Storage

Aynur UÇAR[1]
Abdurrahman ORAL[2]
Duygu EVİN[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye,
[2]Bismil Meslek Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye,

1. Giriş

Artan dünya nüfusu ve yasam kalitesinin yükselmekte oluşu enerji ihtiyacında ve tüketim hızında ciddi bir artışa sebep olmaktadır. Bu artışın fosil yakıtların kullanımında yoğunlaşması sonucu, oluşması milyonlarca yıl alan yakıtlar, insanlık tarihine göre çok kısa sayılabilecek bir süre içerisinde hızla tükenmektedir. Son yüzyıl içerisinde oluşan bu aşırı kullanım nedeni ile sınırlı olan fosil yakıt kaynaklarındaki azalma tehlikeli seviyelere ulaşmıştır. Dünyada tüketilen enerjinin %90'ına yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Fosil kaynaklar içerisinde de en çok kullanılanı petroldür. Fosil yakacaklar, bugünkü oranda kullanılmaya devam edilirse yakın gelecekte tükenmeye başlayacaktır. Günümüzde, fosil enerji kaynakları tüketim oranının azaltılması, dünyadaki fosil enerji kaynaklarının gelecek yıllarda tükenmesinin önlenmesi ve günümüz enerji kaynakları varlığının korunması amaçlarına yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile etkin ve ucuz ısı depolama sistemlerinin geliştirilmesine yönelik yoğun araştırmalar sürdürülmektedir. Türkiye coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Yazın bol bulunan güneş enerjisinin mevsimlik depolanarak, ihtiyaç olduğunda binaların ısıtılması için kullanmak büyük enerji tasarrufu sağlayabilir. Türkiye'de son 10- 15 yıl içinde mevsimlik güneş enerjisi depolama üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Güneş enerjisi; yeryüzünde çelik tanklarda, mağaralarda, kayalara açılmış dikey kuyularda, yeraltında çelik tanklarda, toprağa gömülü dikey ve yatay borularda, yeraltında beton tanklarda mevsimlik depolanmaktadır.

Bu çalışmada Diyarbakır ilinde 2014 yılının mart ve nisan ayları için kurulan güneş enerjisi depolamalı bir ısıtma sisteminin ısıl analizi deneysel olarak incelenmiştir.

2. Yöntem

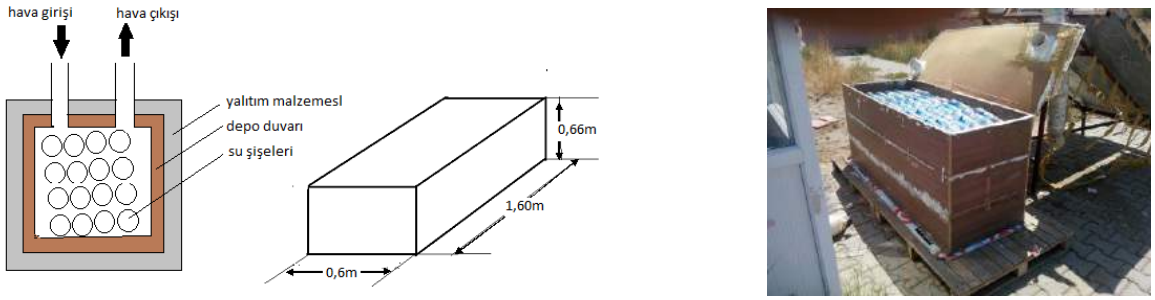
Bu çalışmada kurulan güneş enerjisi depolamalı ısıtma sisteminin deney düzeneği, 3.36 m² yüzey alanlı güneş kolektörü, 0.6336 m³ hacimli ısı deposu ve ısıtılacak mahalden oluşmaktadır. Güneş kolektöründen elde edilen ısı enerjisi, depo içerisinde bulunan şişeler içerisindeki 390 litre suya depolanarak güvenlikçi kabininin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Deney düzeneğinin prensip şeması ve genel görüntüsü şekil 1 de verilmektedir.

Güneş ışınımının toplanmasında, 0.89x1.89 m² ebatlarında 2 adet havalı tip düzlemsel

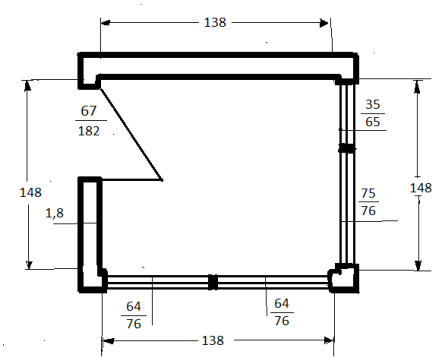
(a) (b)

Şekil. 1. Güneş enerjisi depolamalı ısıtma sisteminin (a) prensip şeması, (b) genel görüntüsü

güneş kolektörü kullanılmıştır. Kolektörler yatayla 34.36°'lik açı yaparak ve yönleri güneye bakacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Isı deposu 0.6x0.66x1.60 ölçülerinde 0.6336 m³ hacminde, 0.0315m kalınlığında, ahşap bir malzemeden yapılmıştır. Depo etrafı 0.024m kalınlığında polietilen köpüğü ile yalıtılmıştır. Isı depolama materyali olarak depo içerisine yatay yönlü üst üste dizilmiş 260 adet 1.5 litrelik plastik su şişesinden faydalanılmıştır. Depo üzerinde açılmış olan 0.11m çaplı 2 adet menfeze bağlanan 0,11m çaplı borular vasıtası ile depoya hava giriş çıkışı sağlanmaktadır. Deponun ölçüleri ve görünümü şekil 2' de verilmektedir. Isıtılan ortam 1.416x1.516x2.44 m³ ölçülerinde bir güvenlikçi kabinidir. Kabin içinin taban ölçüleri 1.38x1.48 m² ve yüksekliği 2.36 metredir. Kabinin tavanı ve 4 duvarı 18 mm kalınlığında PVC lambri isimli bir malzemeden, zemini ise, 8 mm kalınlığında polietilen köpüğü ve 75 mm kalınlığında donatısız betondan yapılmıştır. Kabinin ayrıntılı ölçüleri şekil 3'de verilmektedir.



Şekil. 2. Isı deposunun (a) detayları, (b) görünümü



Şekil. 3.Kabinin ölçüleri

Güneş kolektöründen sağlanan faydalı ısı enerjisi Q_k ,

$$Q_k = \eta_k \, A_k \, I_e \tag{1}$$

veya

$$Q_k = m_h . c_p . (T_{kog} - T_{koç}) \tag{2}$$

eşitlikleriyle hesaplanır. Burada I_e değeri eğik yüzeyin birim alanına gelen toplam güneş ışınımıdır.

Güneş kollektöründen ısı deposuna olan ısı transfer miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$$\dot{Q}_t(t) = \dot{m}_1 \rho \, c_p \left[T_i(t) - T_o(t) \right] \tag{3}$$

Isı deposunda depolanan ısı transfer miktarı, güneş kollektöründen ısı deposuna aktarılan ısı transferi miktarı ile ısı deposundan çevreye olan kayıp ısı miktarı arasındaki farka eşittir ve aşağıdaki bağıntıdan bulunur;

$$\dot{Q}_s(t) = \dot{Q}_t(t) - \dot{Q}_l(t)$$

Burada Q_l ısı deposundan olan kayıp ısı miktarıdır ve

$$\dot{Q}_l(t) = U A_s \left[T_m(t) - T_s(t) \right] \tag{4}$$

Sistemin depolama periyodu için enerji verimi, ısı deposuna giren ısı miktarının ısı deposundan kaybolan ısı miktarına oranıdır ve

$$\eta_{c,total}(t) = \frac{\dot{Q}_s(t)}{\dot{Q}_l(t)} \tag{5}$$

eşitlikten hesaplanır. Isı deposunda çekilen ısı miktarı ise aşağıdaki eşitlikten bulunur;

$$\dot{Q}_d(t) = \dot{m}_2 \rho \, c_p \left[T_o(t) - T_i(t) \right] \tag{6}$$

Isı deposuna güneş kollektöründen aktarılan ekserji miktarı (Dincer and Rosen, 2001),

$$\dot{E}x(t) = \dot{Q}_t(t) - T_{os} \dot{m}_1 \rho \, c_p \ln \frac{T_i(t)}{T_o(t)} \tag{7}$$

Isı deposunda tutulan ekserji miktarı, ısı deposuna aktarılan ekserji miktarı ile ısı deposundan kaybolan ekserji miktarı arasındaki farka eşittir ve

$$\dot{E}x_s(t) = \dot{E}x_t(t) - \dot{E}x_l(t) \tag{8}$$

eşitlikten bulunur. Isı deposundan kaybolan ekserji miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır;

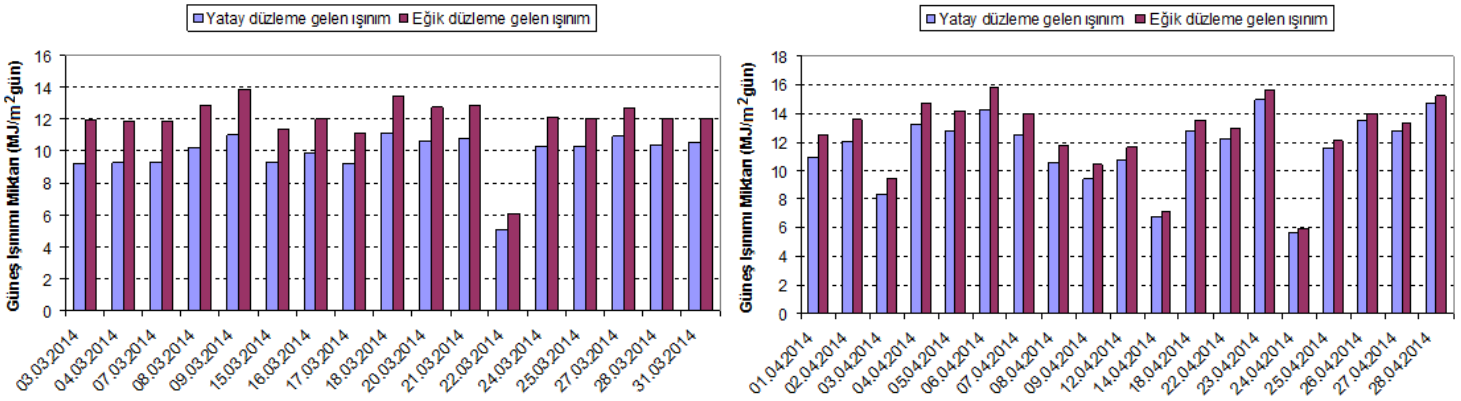
$$\dot{E}x_l(t) = \dot{Q}_l(t) \left[\frac{T_s(t)}{T_m(t)} \right] \tag{9}$$

Ekserji verimi,

$$\eta_{exergy,net}(t) = \frac{\dot{E}x_s(t)}{\dot{E}x_t(t)} \tag{10}$$

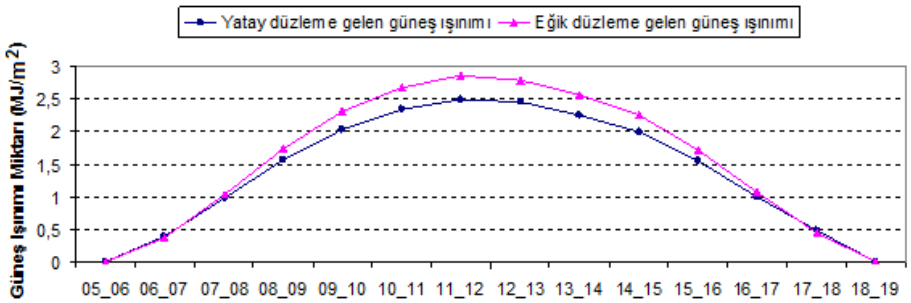
3. Bulgular ve Tartışma

Kabinin ısı kaybı hesabı, Türk Standartlar Enstitüsü Kurumu'nun TS 825 Binalarda Isı Yalıtım standardına göre yapılmıştır. Ayrıca, Mart ve Nisan aylarında çalışan sistemimiz için Diyarbakır ili için güneş kolektörünün optimum eğim açısı hesaplanmıştır ve ortalama optimum eğim açısı 34.36° olarak belirlenmiştir. Şekil 4'te Diyarbakır ili için Mart ve Nisan aylarında yatay ve eğik düzleme gelen güneş ışınım değerleri gösterilmektedir. 34.36° eğimli kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı yatay yüzeye gelen ışınım miktarından daha fazla olduğu görülmektedir. Bu artışın en yüksek değeri 1 Mart tarihinde % 29.97 olurken 30 Nisanda % 3.19 en düşük değerde olmuştur. Mart ve Nisan aylarında bu değer ortalama % 14.43 olarak bulunmuştur. Yatay ve eğik yüzeye gelen güneş ışınım değerlerinin saatlik değişimi Şekil 5'de gösterilmektedir. Grafikden görüldüğü gibi yatay ve eğik yüzeye gelen güneş ışınımı değerleri gün ortasında en yüksek değere ulaşmaktadır.

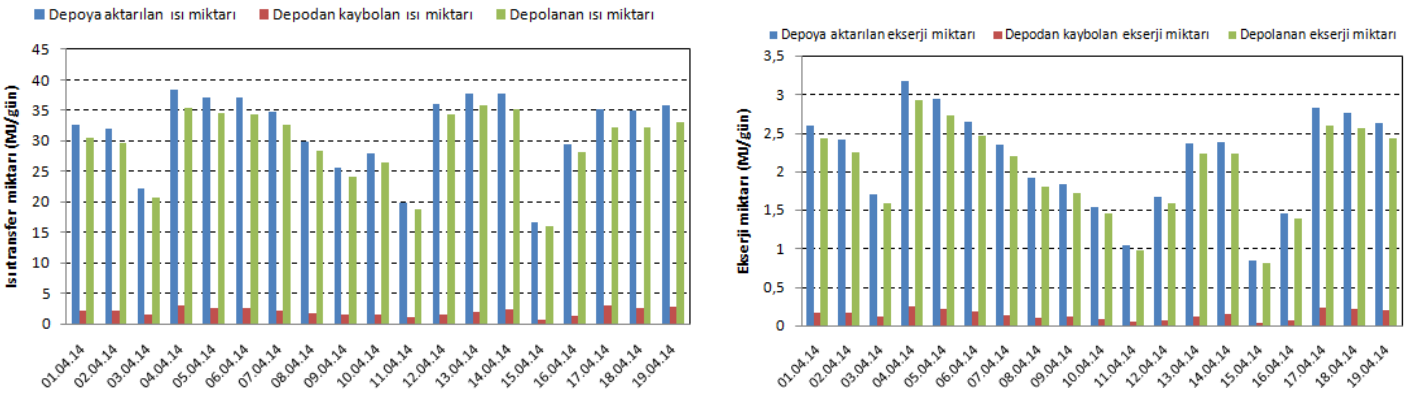


(a) (b)

Şekil. 4.Diyarbakır ili için, (a) Mart ve (b) Nisan aylarında yatay ve eğik düzleme gelen güneş ışınım değerleri (MJ/m²gün)



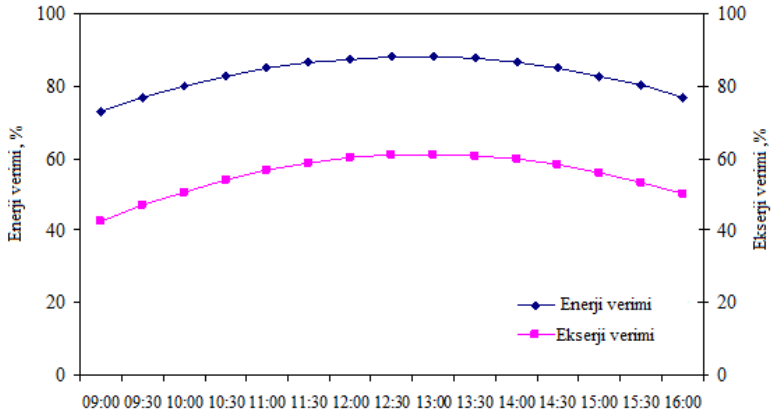
Şekil. 5.Yatay ve eğik yüzeye gelen güneş ışınım değerlerinin saatlik değişimi



(a) (b)

Şekil. 6. Isı deposuna aktarılan, depolanan ve kaybolan enerji ve ekserji miktarlarının günlük değişimi

Depoya aktarılan, deponun duvarlarından dışarıya kaybolan ve depolanabilen enerji ve ekserji miktarları Şekil 6'da verilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi, ısı deposunda depolanan ısı miktarı 15.9 ile 35.2 MJ/gün arasında değişirken, depolanan ekserji miktarı 0.81 ile 2.92 MJ/gün arasında değişmektedir. Nisan ayında depoya aktarılan günlük ortalama ısı transfer miktarı 31.6 MJ/gün iken, depoya aktarılan ekserji miktarı 2.16 MJ/gün olmaktadır.



Şekil. 7.Sistemin enerji ve ekserji veriminin saatlik değişimi

Sistemin enerji ve ekserji veriminin saatlik değişimi Şekil 7'de gösterilmektedir. Enerji ve ekserji verimi güneş kollektöründe ısınan havanın sıcaklığına bağlıdır ve bu nedenle akışkan sıcaklığı arttıkça her iki verimde artmaktadır. Şekilden görüldüğü gibi, enerji verimi %42 ve %61 arasında değişirken, ekserji verimi %42 ve %61 arasında değişmektedir.

Tablo 1. Nisan ayı için kabin içi sıcaklığın 21°C'nin üzerinde tutulabildiği süre boyunca kabinin toplam ısı ihtiyacı

Tarih	Ortalama Dış Sıcaklık (°C)	Ortalama İç Sıcaklık (°C)	İç Referans Sıcaklığı (°C)	Toplam Isıtma Süresi (sn)	Kabinin toplam Isı İhtiyacı (MJ)	Kabine Aktarılan Toplam Isı Miktarı (MJ)	Isı Deposu Deşarj Süresi(saat)
01.04.2014	9.44	21.96	21.00	11700	10.038	11.681	3.25
02.04.2014	9.36	24.23	21.00	15300	13.218	17.112	4.25
03.04.2014	11.35	23.19	21.00	13800	9.883	14.149	3.83
04.04.2014	10.62	24.37	21.00	19800	15.253	22.238	5.50
05.04.2014	16.76	25.55	21.00	22800	7.174	25.787	6.33
06.04.2014	17.37	25.97	21.00	24000	6.466	24.026	6.66
07.04.2014	14.57	26.86	21.00	25800	12.312	25.593	7.16
08.04.2014	16.26	24.75	21.00	21300	7.493	20.373	5.91
09.04.2014	15.92	24.62	21.00	19200	7.239	17.362	5.33
12.04.2014	15.96	24.3	21.00	27600	10.324	18.762	7.66
14.04.2014	15.43	22.97	21.00	17400	7.193	13.056	4.83
18.04.2014	15.83	24.9	21.00	31500	12.087	23.881	8.75
22.04.2014	13.17	23.55	21.00	18000	10.460	16.661	5.00
23.04.2014	15.95	26.13	21.00	32100	12.031	27.874	8.91
24.04.2014	15.94	23.71	21.00	19800	7.435	13.006	5.50
25.04.2014	18.86	24.44	21.00	39900	6.337	19.821	11.08
26.04.2014	9.90	24.01	21.00	19500	16.064	21.884	5.41
27.04.2014	16.54	25.49	21.00	22500	7.447	25.365	6.25
28.04.2014	17.51	25.80	21.00	23700	6.138	23.683	6.58

Tablo 1'de Nisan ayı boyunca kabininin toplam ısı ihtiyaçları ve kabine aktarılan toplam ısı miktarları verilmektedir. Isıtma yapıldığı süre boyunca kabine aktarılan toplam ısı miktarı, kabinin toplam ısı ihtiyacından daha fazla olduğu için kabinin ısı ihtiyacının karşılanma oranı tüm günler için % 100 olmuştur. Ayrıca, ısı deposunun deşarj süreleri 3.25 ile 11.08 saat arasında değişmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına göre yapılan hesaplamalarda ve deneyden elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Mart ve nisan aylarında çalışan sistem için kolektörün optimum eğim açısı 34.36° olarak hesaplanmıştır. Böylece yatay eksene gelen güneş ışınımından, mart ayı için ortalama % 21.21, nisan ayında ise % 8.37 artış sağlanmıştır. Mart ayında 17:00 ile 20:00 saatleri arasında kabinin ısı ihtiyacının karşılanma oranı ortalaması % 97.88 olarak tespit edilmiştir. Nisan ayında, kabin içi sıcaklığın 21°C nin üzerinde tutulabildiği ortalama ısıtma süresi 6.22 saat olabilmiştir. Termodinamiğin birinci yasasına göre sistemin Mart ayında ortalama verimi % 24.04 olarak tespit edilirken, nisan ayı için % 48.38 olarak tespit edilmiştir. Termodinamiğin ikinci yasasına göre sistemin mart ayında ortalama verimi % 1.18 olarak tespit edilirken, nisan ayı için % 2.33 olmuştur.

5. Referanslar

[1] Duffie, J.A. and Beckman, W.A. 1991. Solar Engineering of Thermal Prosesses. J.Willey and sons, N.Y.

[2] Badescu, V. 2002. First and second law analysis of a solar assisted heat pump based heating system. Energy Conversion and Management 43: 2539–52.

[3] Bakirci, K. 2012. General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 6149–6159.

[4] Dincer, I. and Rosen, M.A. 2001. Thermal energy storage, system and applications, Willey.

[5] Ozgener, O. and Hepbasli, A. 2005. Experimental performance of a solar assisted ground-source heat pump greenhouse heating system. Energy and Buildings 37: 101–10.

[6] Öztürk, H.H. and Başçetinçelik, A. 2003. Energy and Exergy Efficiency of a Packed-bed Heat Storage Unit for Greenhouse Heating. Biosystems Engineering 86: 231–245.

Özet

Bu çalışmada farklı çamur yaşlarında tasarlanmış aktif çamur üniteleri için oluşan fazla çamur yönetimi senaryoları tartışılmıştır. Çamur yaşı aktif çamur sistemlerinde reaktör boyutu, oksijen gereksinimi günlük tesisten uzaklaştırılması gereken fazla çamur ve hidrolik bekletme süreleri gibi önemli tasarım kriterlerine doğrudan etki etmektedir. Düşük çamur yaşlarında tesisten uzaklaştırılması gereken çamur miktarı artarken, yüksek çamur yaşlarında günlük atılması gereken çamur miktarı azalmaktadır. Çamur tasfiyesinin yoğunlaştırma ve susuzlaştırma şeklinde yapıldığı tesislerde çamur tasfiyesi maliyetleri çamur yaşının yükseltilmesi ile düşürülebilirken, bu durum havalandırma havuzunda UAKM konsantrasyonunun artmasına ve dolayısı ile oksijen ihtiyacının ve reaktör hacminin artmasına sebep olmaktadır. Çamur tasfiyesinin anaerobik çürütücülerde yapılması durumunda ise düşük çamur yaşları çok daha biyogaz üretimi için yüksek substrat sağlamaktadır. Bu nedenle çamur yaşının bu süreçlere nasıl etki ettiğinin araştırılması için 2-23 gün çamur yaşı için farklı aktif çamur üniteleri tasarlanmış ve çamur yaşının bu parametrelere nasıl etki ettiği yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Aktif çamur, çamur yaşı, çamur tasfiyesi, işletme maliyetleri

Abstract

In this study, sludge management scenarios for active sludge units designed at different sludge ages were discussed. The sludge age has a direct impact on important design criteria such as reactor size, oxygen demand, and excess sludge and hydraulic holding times which should be removed from the daily plant in activated sludge systems. While the amount of sludge that should be removed from the plant at low sludge ages increases, the amount of sludge that needs to be disposed daily decreases at high sludge ages. In the facilities where sludge disposal is carried out as condensation and dewatering, the costs of sludge disposal can be reduced by increasing the sludge age, which in turn leads to an increase in the concentration of UACM in the ventilation pool and thus the increase in oxygen demand and reactor volume. In the case of sludge disposal in anaerobic digesters, low sludge ages provide a much higher substrate for biogas production. Therefore, different active sludge units were designed for the sludge age of 2-23 days to investigate how the sludge age affects these processes and how the sludge age affects these parameters was interpreted.

Keywords:

Activated sludge, sludge age, sludge disposal, operational costs

Aktif çamur ünitelerinde çamur yaşı ile fazla çamur ilişkisi

The relationship between sludge age and excess sludge in activated sludge units

Dilek ERKAN[1]
Özlem DEMİR[1]
Deniz UÇAR[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Aktif çamur üniteleri atıksularda bulunan çözünmüş ve biyolojik parçalanabilir kirleticilerin mikroorganizmalar tarafından oksitlenerek uçucu son ürünlere ve mikroorganmizma bünyesine geçerek su ortamından uzaklaştırılmasını sağlayan atıksu arıtma üniteleridir[1]. Bu ünitelerde mikroorganizmalar oksijen varlığında organik karbonu okside ederken bu karbonun bir kısmını CO_2 olarak atmosfere salarlar ve bir diğer kısmını da yeni hücreler oluşturarak ($C_5H_7NO_2$ basit formülü ile gösterilen) çamura dönüştürürler[2]. Oluşan çamur ise günlük olarak sitemden uzaklaştırılır[3]. Kararlı hal durumunda işletilen aktif çamur ünitelerinde atıksuyun oluşturabileceği kadar mikroorganizma günlük olarak atılır. Bu bağlamda reaktördeki çamurun tamamının yenilenmesi için geçen süre çamur yaşı olarak adlandırılır. Çamur yaşı önemli bir tasarım kriteri olup günlük sistemden uzaklaştırılması gereken çamur miktarına doğrudan etki etmektedir[4].

Sistemden çamur uzaklaştılması için çamur tasfiyesi gerekmekte olup bu süreç çamurun öncelikle yoğunlaştırılması ardından susuzlaştırılması esasına dayanmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak arıtıma çamurları öncelikle bir yoğunlaştırıcı kimyasal ile (genellikle polielektrolit) yoğunlaştırılıp ardından çeşitli susuzlaştırma yöntemleri ile kurutulduktan sonra tesisten uzaklaştırılmaktadır[5].

Bu bağlamda yüksek çamur yaşları, mikroorganizmaların sistemde daha uzun sürelerde tutulmasını gerektirdiğinden günlük uzaklaştırılan miktarlarını ve dolayısı ile çamur tasfiyesi maliyetlerini azaltmaktadır. Öte yandan düşük çamur yaşlarında ise sistemden daha yüksek miktarlarda çamur çekilmekte olup çamur tasfiyesi maliyetleri artmaktadır. Ekonomik bir işletme süreci için çamur yaşının çeşitli değerleri için çamur tasfiyesi maliyetlerinin araştırılması önemlidir. Bu kapsamda bu çalışmada 2 ile 23 çamur yaşları, 21 farklı aktif çamur sisteminden günlük olarak atılabilecek çamur miktarları hesaplanmış olup oluşabilecek çamur miktarlarının tasfiye maliyetleri her bir çamur yaşı için hesaplanmıştır.

2. Yöntem

Çalışmada kurgusal bir evsel atıksu kullanılmıştır. Atıksuyun toplam giriş KOİ değeri 500 mg/L olup biyolojik parçalanabilir KOİ miktarı 450 mg/L'dir. Diğer özellikleri ve işletim parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Parametre	Kısaltma	Değer	Birim
Toplam giriş KOİ	C_{T1}	500	mg/L
Toplam giriş biyolojik parçalanabilir KOİ	C_{S1}	450	mg/L
Toplam giriş çözünmüş inertKOİ	S_{I1}	25	mg/L
Toplam giriş çökelebilir inertKOİ	X_{I1}	40	mg/L
Mikroorganizma ölüm sabiti	b_H	0.15	gün^{-1}
Mikroorganizma dönüşüm katsayısı	Y_H	0.64	Mg hücre KOİ/mg KOİ
Atıksu debisi	Q	10000	m^3/gün
Nüfus	N	5000	
Çökelebilir mikrobiyal ürün oluşum sabiti	f_{EX}	0.20	-
Çözünebilir mikrobiyal ürün oluşum sabiti	f_{ES}	0.05	-
Reaktör AKM konsantrasyonu	X_{SS}	4000	mg/L
KOİ'nin AKM'ye dönüşüm oranı	iss	0.9	kg AKM/kg KOİ
1 m^3 çamur için dekantör enerji ihtiyacı		0.8	kWh/m^3
Elektrik birim maliyeti		0.3940	TL/kWh
Polielektrolit kullanım oranı		%0.4	
Polielektrolit kilogram maliyeti		17	TL/kg
Diğer giderler (Personel, bakım vs)			Diğer maliyetlerin %50'si olarak kabul edilmiştir.
Metan gazının enerjiye dönüşüm oranı		2.9	kWh/m^{3}methane

Aktif çamur ünitelerininden günlük uzaklaştırılacak çamur miktarlarının hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

1) Çamur Yaşı (θ_X)

Çamur yaşı 2-23 gün arasında seçilmiştir. Formülü ise

$$\theta_x = M_{XT}/P_{XT} \quad (1)$$

Şeklindedir.

Burada

M_{XT}: Reaktördeki toplam kütle miktarı (kg)

P_{XT}: Günlük atılan toplam çamur miktarı (kg/gün)

2) Y_{NH}- Net Verim Sabiti (mg hücre KOİ/mg KOİ)

$$Y_{NH} = \frac{Y_H}{1 + b_H\theta_X} \quad (2)$$

Formülünden hesaplanır.

Y_H: Mikroorganizma dönüşüm katsayısı mg hücre KOİ/mg KOİ

b_H: Mikroorganizma ölüm sabiti gün^{-1}'dir.

3) Günlük Oluşan Çamur Bileşenleri:

$$P_{XT} = P_{XH} + P_{XP} + P_{XI} \quad (3)$$

$$P_{XH} = C_{S1} \cdot Q \cdot Y_{NH} \quad (4)$$

$$P_{XP} = C_{S1} \cdot Q \cdot Y_{NH} \cdot f_{EX} \cdot b_H \cdot \theta_X \quad (5)$$

$$P_{XI} = X_{I1} \cdot Q \quad (6)$$

Formüleri ile bulunur.

Burada;

P_{XT}: Bir günde oluşan toplam çamur (kg/gün)

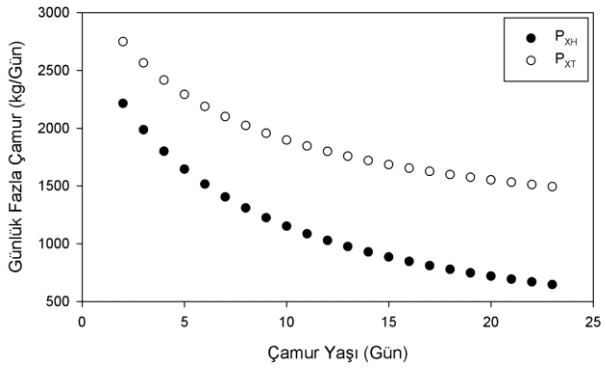
P_{XH}: Bir günde oluşan hetetrofik mikroorganizma aktif çamuru (kg/gün)

P_{XP}: Bir günde oluşan mikrobiyal ürünler (kg/gün)

P_{XI}: Bir günde oluşan inert maddeyi ifade etmektedir (kg/gün).

3. Sonuç

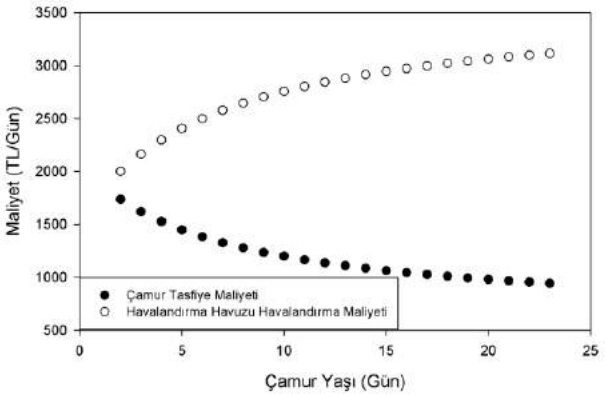
Şekil1'de farklı çamur yaşları için günlük fazla çamur miktarları sunulmuştur. Şekilde sunulduğu üzere, θx , 2 iken, 2515 kg/gün aktif çamur üretimi hesaplanırken, çamur yaşı 23'e çıktığında bu değer 647 kg/gün değerine düşmektedir. Bu değerler reaktördeki heterotrofik mikroorganizmaları temsil etmektedir (aktif çamur). Bu mikroorganizmaların ortama saldıkları mikrobiyal ürünler ile inert maddelerin de eklenmesi ile toplam çamur miktarı ortaya çıkmaktadır. Farklı çamur yaşları için toplam çamur miktarı ise 2 ve 23 değerleri için sırasıyla 2748 ve 1497 kg/gün'dür.



Şekil 1. Çamur Fraksiyonları.

Artan çamur yaşı günlük olarak atılabilecek fazla çamur miktarlarını etkilediği gibi havalandırma havuzu hacmine ve havalandırma havuzuna sağlanması gereken oksijen miktarına da doğrudan etki etmektedir. Artan çamur yaşı sistemde daha fazla mikroorganizma tutulması ile sonuçlandığından bu mikroorganizmaların oksijen ihtiyaçlarının reaktöre sağlanması gerekmektedir. Bu durumda artan çamur yaşı (1) günlük olarak atılması gereken çamur miktarını ve bu süreçteki maliyetleri düşürürken, havalandırma havuz hacmi gibi ilk yatırım maliyetlerini ve havalandırma havuzuna sağlanması gereken oksijen miktarı gibi işletim maliyetlerini arttırmaktadır. Şekil 2'de çamur arıtım maliyetleri ile

havalandırma havuzundaki oksijenlendirme maliyetleri artan çamur yaşları için kıyaslanmıştır.



Şekil 2. Çamur yaşı-klasik yaklaşım maliyeti

Şekil 2'ye göre, çamur yaşı yükselirken günlük çamur bertaraf maliyetleri azalır ancak havalandırma havuzu işletim maliyetleri de artmaktadır. Çamur yaşı 2'den 23'e çıkarılması ile havalandırma havuzundaki işletim maliyetleri 2003 TL/gün'den 3115 TL/gün'e yükselmektedir. Çamur yaşının 23'e çıkarılması durumunda çamur tasfiyesi maliyetlerinde 793 TL/gün'lik tasarruf edilmesine rağmen havalandırma havuzunda ise 1112 TL/gün'lük ekstra işletim maliyeti söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak çamur yaşının arttırılmasının artan işletme maliyetine sebep olduğu anlaşılmaktadır.

4. Referanslar

1. Özdemir S, Uçar D, Çokgör EU, Orhon D (2014) Extent of endogenous decay and microbial activity in aerobic stabilization of biological sludge. Desalin Water Treat 52: . doi: 10.1080/19443994.2013.816876
2. Orhon D, Babuna FG, Karahan O (2009) Industrial wastewater treatment by activated sludge. IWA Publishing
3. Orhon D (1997) Modeling of Activated Sludge Systems
4. Kargi F, Uygur A (2002) Nutrient removal performance of a sequencing batch reactor as a function of the sludge age. Enzyme Microb Technol 31:842–847
5. Lee CH, Liu JC (2000) Enhanced sludge dewatering by dual polyelectrolytes conditioning. Water Res 34:4430–4436

MUŞ Merkez ve İlçelerinin Hayvansal Kaynaklı Kirlilik Yükü Hesabı

Calculation of Pollution Load Originating from Animals of Muş Center and Districts

AYŞEGÜL DEMİR YETİŞ[1]
RABİA BÜŞRA TEKE[2]
RECEP YETİŞ[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye,
[2] Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye,

Özet

Ülkemizde, su kaynaklarının korunması adına AB (Avrupa Birliği) Su Çerçeve Direktifi ile "AB toprakları üzerindeki yerüstü sularının, kıyı sularının ve yeraltı sularının kirlenmesinin önlenmesi" kapsamında su kütleleri üzerinde havza bazında çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla su kaynaklarının kalite ve miktar yönünden korunması için su kütleleri üzerinde baskı oluşturan yayılı ve noktasal kirlilik yüklerinin hesaplanması gerekmektedir. Yayılı kirlilik kaynaklarından biri olan hayvansal atıklar uygun olmayan şartlarda biriktirildiğinde oluşan sızıntı suları, yerüstü ve yeraltı sularını kirleterek kalitesini bozmakta ve kullanılamaz duruma getirmektedir. Bu çalışmada Muş merkez ve ilçeleri için yayılı kirlilik baskısını değerlendirmek üzere hayvansal kaynaklı kirlilik yükü hesabı yapılmıştır. Kirlilik yükü hesabı için 2017 yılına ait ilçe bazlı üç kategoride (büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı) hayvan sayıları kullanılarak yıllık yayılı TN (toplam azot) ve TP (toplam fosfor) yükleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak Muş ili ve ilçelerinde TN ve TP kirlilik yükünün en fazla olduğu ilçe Bulanık ilçesi, en az olduğu ilçe ise Hasköy olarak tespit edilmiş ve su kütlelerine olan etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Hayvansal kirlilik yükü, yayılı kirleticiler, toplam azot, toplam fosfor, Muş.

Abstract

Basin-based studies are being carried out on water bodies in the context of "Prevention of pollution of surface waters, coastal waters and groundwaters on EU territory" with the EU (European Union) Water Framework Directive for the protection of water resources in our country. For this purpose, in order to protect water resources in terms of quality and quantity, it is necessary to calculate the diffuse and point pollution loads, which put pressure on the water bodies. Animal wastes, which are one of the spreading sources of pollution, accumulate in unhealthy conditions, and the leaking water contaminates the surface and groundwater and disrupts the quality and makes them unusable. In this study, animal pollution was calculated to evaluate diffuse pollution pressure for Mus centers and districts. The annual spread TN (total nitrogen) and TP (total phosphorus) loads were calculated by using animal numbers in three district-based categories (bovine, ovine and poultry) for 2017 for the calculation of the pollution load. As a result, in the province of Mus and the districts where TN and TP pollution load is highest, the district of Bulanık is determined as Haskoy and the impact on water bodies is evaluated.

.**Keywords:**

Animal pollution load, diffuse pollution, total nitogen, total phosphorus. Mus.

1. Giriş

Tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerdeki artış su kullanımını artırarak su kaynakları üzerinde baskı oluşturmakta dolayısıyla kullanılabilir su miktarında azalma meydana gelmektedir [1]. Su kaynaklarının kalitesinin korunması, AB (Avrupa Birliği) Su Çerçeve Direktifi ile "AB toprakları üzerindeki yerüstü sularının, kıyı sularının ve yeraltı sularının kirlenmesinin önlenmesi" kapsamında su kütleleri üzerinde havza bazında çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda Yerüstü su kaynaklarının kalitesinin iyileştirilmesi, korunması ve ekosistemin devamlılığının sağlanması hedeflenmektedir. Bundan dolayı SÇD'nin temel amacı; yerüstü, yeraltı, kıyı ve geçiş sularının korunması için yasal çerçevenin ortaya konularak, su ve kirlenmesinin önlenmesi, sürdürülebilir su kullanımlarının sağlanması, su ekosistemlerinin kalitesinin iyileştirilmesi ve sel, kuraklık gibi afetlerden gelebilecek etkilerin azaltılması için bir programın oluşturulmasıdır [2].

Noktasal ve yayılı kirleticiler su kaynaklarında kirlilik baskısı oluşturan kaynaklar olarak iki başlık altında toplanabilmektedir. Bilinen tek noktadaki atıkların sebep olduğu kirleticiler noktasal kirleticiler olup, bilinmeyen ve belirli bir kaynağı olmayan, yayılı haldeki atıklardan kaynaklanan kirleticiler ise yayılı kirleticiler olarak ifade edilmektedir. Noktasal kirleticiler, evsel atık sular (kanalizasyon şebekesine bağlı olanlar), endüstriyel kirleticiler, katı atıklar (düzenli depolama tesisleri sızıntı suları) ve madencilik faaliyetleri olarak sıralanabilmektedir. Yayılı kirleticiler ise arazi kullanımı, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, atmosferik taşınım, yerleşim ve kırsal alanlardan gelen yüzeysel akışlar, foseptiklerden ve düzensiz (vahşi) katı atık sahalarından kaynaklanan kirleticilerdir [3;4]. Yayılı kirlilik kaynaklarından biri olarak değerlendirilen hayvansal atıklar, yüzeysel sulardan taşınarak yer altı sularında ve kıyı sularında birikmektedirler. Böylelikle su kaynaklarının kalitesi bozulmakta ve kullanılamaz duruma gelmektedir. Ayrıca yayılı kirlilik kaynakları; sedimantasyon, bulanıklık, çözünmüş oksijenin tükenmesi, alg patlamaları ve balık ölümleri yoluyla su kaynaklarındaki yaşamı tehdit etmektedir[1;5]

Hayvan atıkları katı (%15–30 kuru madde) ve sıvı (%4–8 kuru madde) fazlarından meydana gelmektedir. Ayrılan katı kısım kompostlaştırmada, ahır tabanını oluşturmada ve gübre olarak satmak amacıyla kullanılmaktadır.[6] Hayvan atıklarının neden olduğu TN ve TP birim yüklerinin bir ortamda yayılması hayvanların kategorisine, türüne, beslenme alışkanlıklarına, ağırlıklarına ve gübreleme özelliklerine bağlı olarak büyük oranda değişiklik gösterir [7]

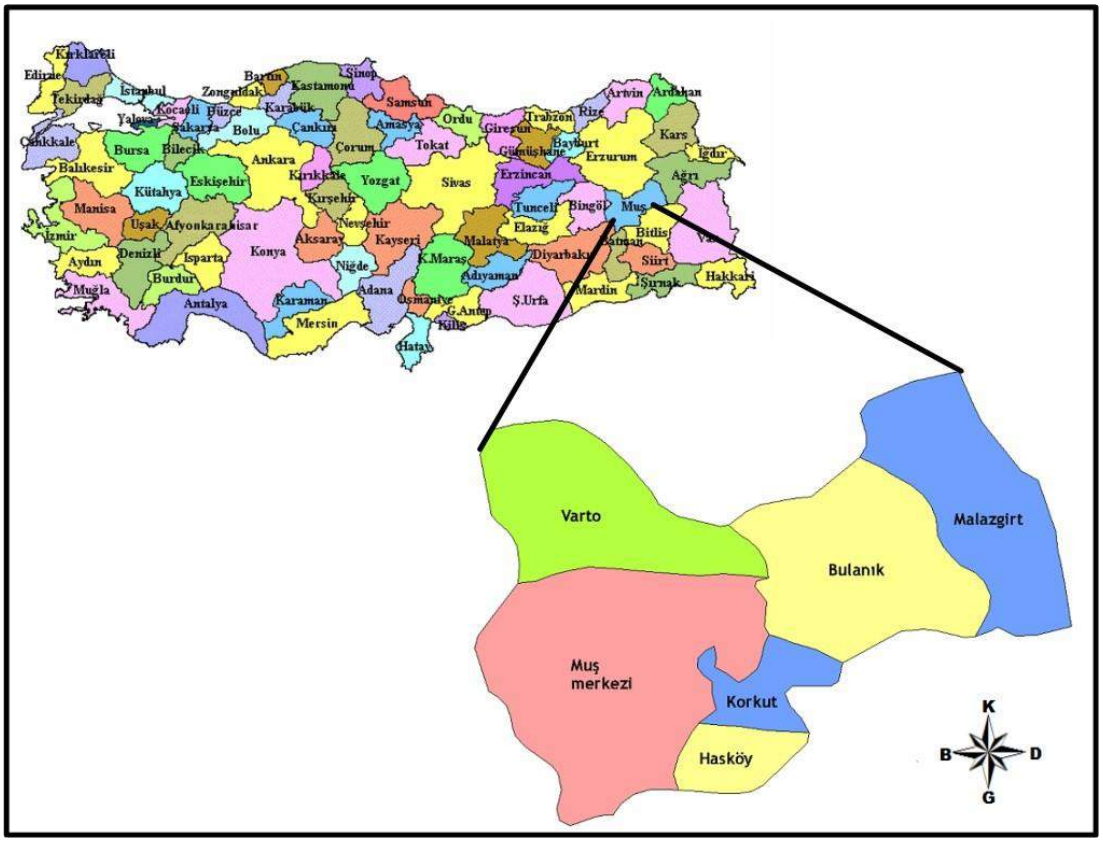
Hayvansal atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden biri de sulara karışan azot ve fosfor gibi besi maddelerinin ekolojik dengeyi etkileyerek ötrofikasyona sebep olması ve su kalitesini bozmasıdır. Birçok yüzey suyunda fosfor ötrofikasyonu sınırlayıcı besin olarak kabul edilmektedir [5;7]. Ülkemizde tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı yerlerde bu kirleticilerin konsantrasyonlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada zengin yeraltı ve yerüstü suyu potansiyeli olan, temel geçim kaynağı olarak tarımın ve özellikle hayvancılığın yoğun yapıldığı Muş merkez ve ilçeleri için yayılı kirletici kaynaklarından biri olan hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan TN ve TP yükleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Muş ili; Merkez ilçesi dahil olmak üzere Varto, Bulanık, Korkut, Hasköy ve Malazgirt ilçesiyle birlikte 6 ilçeye sahiptir (Şekil 1). İlde ekonomik yapı temelde tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Muş'ta hayvancılık, tarım kesiminin en önemli alt sektörü olup, çoğunlukla meraya dayalı olarak yapılmaktadır. Muş ili Türkiye yüzölçümünün %1.1'ini kaplar ve ilin yüz ölçümü 8196 km^2'dir [8]

Muş ilinde genel olarak mera hayvancılığı yapılmakta olup büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı yetiştiriciliği yaygındır. Ancak bunlar içerisinde en fazla küçükbaş hayvancılık yapıldığı görülmektedir. Muş iline ait 03.10.2018 tarihli Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) alınmış hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre il geneline bakıldığında; en fazla büyükbaş hayvan sayısının 108.93 adet ile Bulanık, en fazla küçükbaş hayvan sayısının ise 481.087 adet ile Muş Merkeze ve en fazla kümes hayvanı sayısının ise 83.417 adet ile Malazgirt ilçelerinde olduğu görülmektedir. En az büyükbaş hayvan sayısı Korkut, en az küçükbaş hayvan sayısı Malazgirt ve en az kümes hayvanı sayısı ise yine Korkut ilçelerindedir [9]



Şekil. 1. Muş İli ve İlçelerine ait lokasyon haritası

TABLO 1. MUŞ İLİ VE İLÇELERİNİN 2017 YILI HAYVAN SAYILARI, [9]

Yerleşim Yeri	Cins (Adet)		
	Büyükbaş	Küçükbaş	Kümes Hayvanı
Merkez	65.613	481.087	40.889
Bulanık	108.938	153.571	56.720
Malazgirt	63.866	44.832	83.417
Varto	27.765	221.383	27.714
Korkut	22.058	102.014	4.475
Hasköy	23.931	46.480	7.750
Toplam	312.171	1049.367	220.965

İlçelere göre TÜİK tarafından yıllık üç kategoride (büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanı) yayınlanan 2018 yılı hayvan sayıları (Tablo 1) ve Tablo 2'de yeralan birim hayvan yükleri ile çarpılarak hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Hayvansal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin alıcı ortama ulaşmasında katsayı olarak azot için %15, fosfor için %5 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca hayvan ağırlıkları; büyükbaş hayvan için 500 kg, küçükbaş hayvan için 45 kg ve kümes hayvanı için 2 kg olarak kabul edilmiştir. Hayvan sayıları havzada kalan ilçelere eşit olarak dağıtılmıştır [1;5].

TABLO 2. HAYVANCILIK FAALİYETLERİNDEN KAYNAKLANAN YAYILI YÜK KATSAYILARI

[10;11;12]

Hayvan kategorisi	büyükbaş	küçükbaş	Kümes hayvanı
TN (kg/hayvan/yıl)	8,2	1	0,06
TN (kg/ton hayvan ağırlığı/gün)	0,30	0,42	0,52
Alıcı ortama ulaşan TN	0,15	0,15	0,15
TP (kg/hayvan/yıl	0,91	0,05	0,008
TP (kg/ton hayvan ağırlığı/gün)	0,10	0,06	0,22
Alıcı ortama ulaşan TP	0,05	0,05	0,05

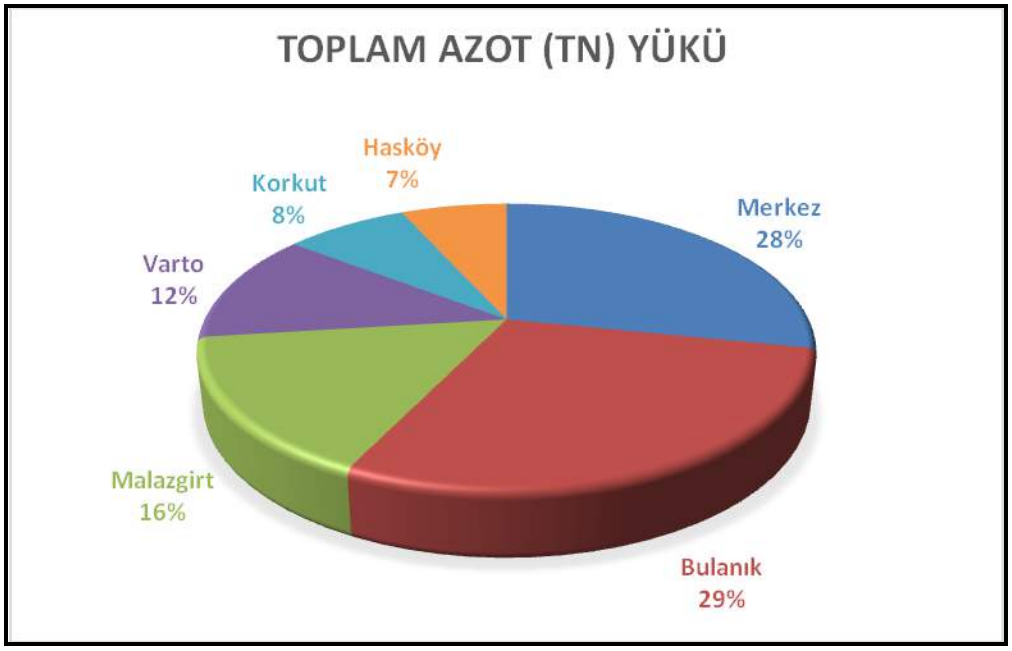
3. Bulgular ve Tartışma

Muş ili merkezi ve ilçelerinde hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan TN yükünün en fazla olduğu ilçe Bulanık ilçesi %29 (157,540 ton/yıl), en az olduğu ilçe ise Hasköy %7 (36,525 ton/yıl); TP yükünün en fazla olduğu ilçe yine Bulanık %32 (5,636 ton/yıl), en az olduğu ilçe ise %7 ile Hasköy ve Korkut ilçeleridir (1,210 ton/yıl). İlçe bazlı hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik yük miktarları Tablo 3'de, TN yüküne ait dağılım Şekil 2'de, TP yüküne ait dağılım ise Şekil 3'de gösterilmektedir. İl genelinde TN yükü 543,412 ton/yıl ve TP 16,918 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

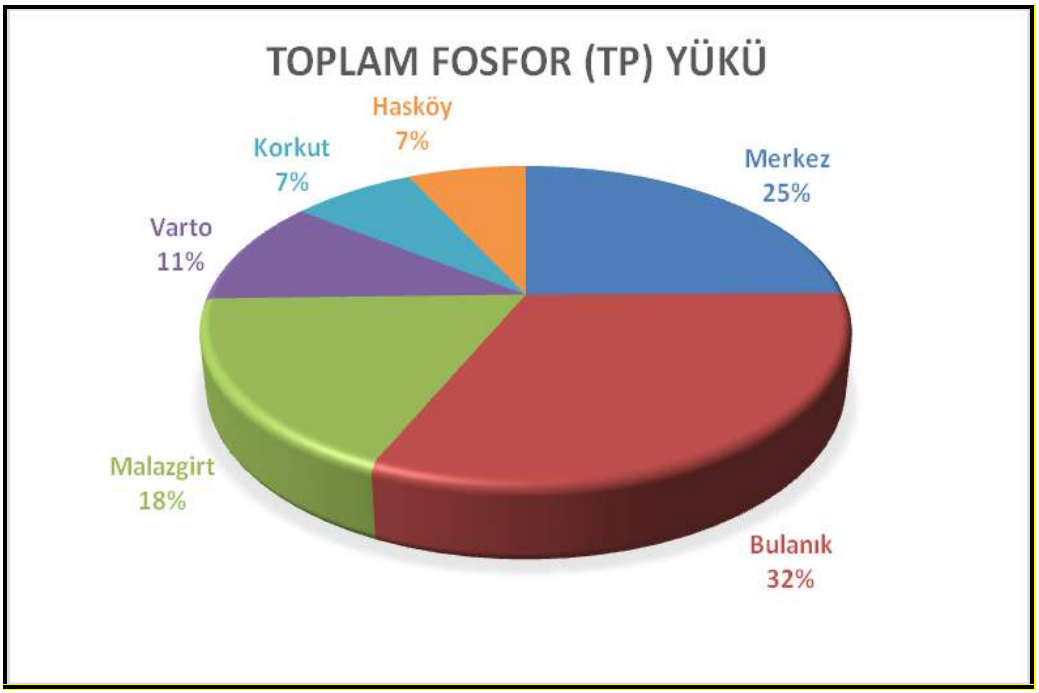
TABLO 3 MUŞ İL MERKEZİ VE İLÇELERİNE AİT HAYVANCILIK FAALİYETLERİNDEN KAYNAKLANAN KİRLİLİK YÜKLERİ

Yerleşim Yeri	Cins (Adet)	
	Toplam TN Yükü (ton/yıl)	Toplam TP Yükü (ton/yıl)
Merkez	153,235	4,204
Bulanık	157,540	5,636
Malazgirt	86,031	3,051
Varto	67,608	1,828
Korkut	42,474	1,260
Hasköy	36,525	1,210
Toplam	543,412	16,918

Hayvancılık faaliyetleri sonucunda oluşan TN ve TP yükleri yerüstü sularına yüzeysel akış ve yeraltı sularına ise sızma yoluyla taşınmaktadır [1;5]. Dolayısıyla hayvansal atıklardan kaynaklanan yayılı kirleticiler TN ve TP yükleri de su kütleleri için önemli kirletici kaynaklar olmaktadırlar [3] Fırat Havzası'nın baskı etki analizinde yayılı kirletici kaynak olarak hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan azot, fosfor, pestisit kirliliği ve sediment kayıpları gibi baskı unsurları; yüzeysel akış, erozyon ve yapay akışlar yoluyla su kaynaklarına ulaşmaktadır. Genel olarak bu kirlilik yükleri yeraltı su kaynaklarını etkilemelerinin yanında en çok bilinen ve önemli olan yerüstü su kütlelerini de etkilemektedir. Muş ili ve ilçe sınırları arasında en yoğun hayvancılık faaliyeti Bulanık ilçesinde yapılmaktadır. İlçede kültür balıkçılığının yapıldığı Alparslan-1 barajı Bulanık Ovası sulak alanları ulusal öneme haiz sulak alan olarak geçmiş olup ve bu kirletici kaynaklardan etkilenmektedir. Bunun yanı sıra ilçenin Güneydoğusunda yer alan ve bir Lav Set Gölü olan Haçlı Gölü de hayvansal kaynaklı kirleticilerden etkilenmektedir. Muş merkezde gerçekleştirilen hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan TN ve TP yükleri ise merkez içerisinden geçen ve Elazığ sınırında Fırat nehri ile birleşen Murat nehrini etkilemektedir. Ayrıca "Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi" (2015) Projesi kapsamında yapılan çalışmada Murat köprüsü yakınındaki izleme noktasında toplam fosfor değeri II. sınıf kalitede tespit edilmiştir [3].



Şekil. 2. Muş İli Merkez ve İlçelerinin hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı TN yükü



Şekil. 3. Muş İli Merkez ve İlçelerinin hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı TP yükü

4. Sonuç

Hayvancılık özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan hayvansal atıkların bir kısmı, tarımda doğal gübre olarak kullanılırken; geri kalan kısmı ise kontrolsüz bir şekilde depolanmakta ya da boş arazilere gelişi güzel bir şekilde dökülmektedir. Dolayısıyla, Fırat ve Dicle Havzası'nda hayvan atıklarından kaynaklanan yayılı TN ve TP yükleri havzaya gelen önemli kirletici kaynaklar arasında yer alır. Bu nedenle korunan ve önemli yerüstü su kaynaklarını ve zengin yeraltı su potansiyeline sahip olan Muş ili ve ilçeleri için hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik yükü hesaplaması gerekliliği ortaya çıkmıştır. TÜİK'ten alınan 2017 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları, hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı yük katsayıları kullanılarak TN ve TP yükleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonuçlarına göre TN ve TP yükünün sırasıyla %29 ve %32 ile en fazla olduğu ilçe Bulanık ilçesidir. TN ve TP yüklerinin en az olduğu ilçeler ise sırasıyla %7 ile Hasköy ve Korkut ilçeleridir. İl genelinde TN yükü 543,412 ton/yıl ve TP 16,918 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu veriler Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı yatırım programına teklif edilen projeler arasında bulunan "Fırat ve Dicle Havzası Yönetim Planı Projesi" için altlık oluşturması açısından da önem arz etmektedir. Muş ili ve ilçeleri için ileriki dönemlerde yapılacak olan başta hayvancılık faaliyetleri olmak üzere yayılı kirlilik kaynaklarının ve kirlilik yüklerinin azaltılmasına yönelik yönetim ve planlama stratejilerinin geliştirilmesi sağlanmış olacaktır. Ayrıca havzanın Muş ve çevresindeki yerüstü suları için özellikle de Muş Murat Nehri ve yeraltı suları açısından geniş çaplı yayılı ve noktasal kirletici kaynakların etkileri araştırılmalı ve detaylı periyodik izleme çalışmaları yapılmalıdır.

5. Referanslar

[1] Yontar, B., 2009. Aras Havzası'nda Yayılı Kirletici Kaynakların Belirlenmesi ve Yönetim Önerileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 117 s.

[2]. Orhon, A. K. 2015. Yerüstü Sularında Bulunan Tehlikeli Maddelere İlişkin Çevresel Kalite Standartlarının Geliştirilmesine Yönelik Metodoloji. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

[3] TOB, 2015. Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye'de Havza Bazinda Hassas Alanlarin ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporu, Cilt 1.

[4] Adalı,N. 2014. Su Kirliliği Açısından Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi İle Hassas Alanların Yönetimine İlişkin Esaslar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi. Ankara.

[5] Biçer, C.A., 2011. Göl Alt Havzaları Bazında Yayılı Kaynaklardan Oluşan N Ve P Yükünün Tahmini: Burdur Havzası Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 103 s.

[6] Uğurluoğlu, A., 2009. Kısıtlı Veri Durumunda Yayılı Kaynaklardan Su Kaynaklarına Gelen N ve P Yüklerinin Tahmini: Çoruh Havzası Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı,: Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi

[7] Akdoğan, Z., Küçükdoğan, A., Güven, B. 2015. Yayılı Kirleticilerin Havzalardaki Taşınım Süreçleri: Antibiyotikler, Ağır Metaller ve Besi Maddeleri Üzerine Modelleme Yaklaşımları. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 1: 21-31

[8] Anonim,2018 http://www.mus.gov.tr/cografi-yapi-mus

[9] TÜİK, 2018. İlçelere Göre Büyükbaş, Küçükbaş ve Kanatlı (Tavuk) Hayvan Sayıları (Erişim tarihi: 03.10.2018).

[10] Agricultural Statistics, 2001. Animal Waste, Wyoming Agricultural Statistics Service, 2001 Wyoming Agricultural Statistics. www.wyomingbusiness.org/pdf/energy/biomass3.pdf, alındığı tarih 12.01.09.

[11] Andreadakis, A., Gavalakis, E., Kaliakatsos, L., Noutsopoulos, C. and Tzimas, A., 2007. The Implementation of the Water Framework Directive (WFD) at the River Basin of Anthemountas with Emphasis on the Pressures and Impacts Analysis, Desalination, 210, 1-15.

[12] Öztürk, İ. 2008. Büyük İstanbul İçmesuyu Projesi II. Merhale Melen Sistemi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı, Nihai Rapor, İTÜ, İstanbul.

Özet

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinin ve ilçelerinin hayvan sayılarına göre oluşan atık miktarları, bu atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ele alınarak oluşabilecek enerji miktarı ve yakıt tasarruf miktarları belirlenmiştir. 2018 yılına ait ilk 6 ay verileri Şanlıurfa il geneli için büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı sırasıyla 336898, 2098174 ve 682251 adettir. Bu hayvanlardan oluşan atık miktarları hesaplandıktan sonra Agro-Waste projesi kapsamında belirtilen oranlar ile kullanılabilir atık miktarı büyükbaş için 2176698 (ton/yıl), küçükbaş için 223665 (ton/yıl) ve kanatlı (tavuk) için 20263 (ton/yıl) olarak elde edilmiştir Toplam olarak Şanlıurfa'da hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık olarak 86,38 milyon m3/yıl olarak tespit edilmiştir. Siverek ilçesinin hayvan sayısının fazla olmasından dolayı biyogaz potansiyeli 24 milyon m3/yıl değeri ile en yüksek olduğu ilçedir. Elde edilecek toplam biyogaz ile yaklaşık olarak 360 milyon TL değerinde gazyağından, 146 milyon TL değerinde doğalgazdan, 187 milyon TL değerinde elektrik enerjisinden, 133 milyon TL değerinde kömürden ve 179 milyon TL değerinde odundan tasarruf edileceği hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Şanlıurfa, hayvansal atık, biyogaz üretimi, enerji potansiyeli.

Abstract

In this study, the amount of waste generated according to the animal numbers of the province of Sanliurfa and the number of animals, the amount of energy that can be generated and the amount of fuel savings that can be obtained by considering the biogas potential that can be obtained from these wastes are determined. The data of the first 6 months of 2018 for the province of Sanliurfa in the number of bovine, ovine and poultry (chickens) are 336898, 2098174 and 682251 respectively. After calculating the amount of waste produced from these animals, the amount of waste that can be used in the scope of the Agro-Waste project can be used for the bovine: 2176698 (ton / year), for the ovine for 223665 (ton / year) and for the poultry (chicken) 20263 (ton / year). In total, the amount of biogas that can be produced from animal wastes in Sanliurfa is approximately 86.38 million m3 / year. Due to the high number of animals in Siverek district, it has the highest biogas potential with a value of 24 million m3 / year. The total biogas to be obtained is estimated to be approximately 360 million TL worth of gas oil, 146 million TL worth of natural gas, 187 million TL worth of electricity, 133 million TL worth of coal and 179 million TL worth of wood will be saved.

Keywords:

Sanliurfa. animals waste, biogas production, energy potantial words.

Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli: Şanlıurfa Örneği

Biogas Potential from Animal Waste: A Case Study for Sanliurfa Province

Ayşegül DEMİR YETİŞ[1]
Recep YETİŞ[2]
[1] Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitlis
[2] Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Çevre Sağlığı Bölümü, Bitlis

1. Giriş

Her geçen gün artan dünya nüfusu, beraberinde gelen teknolojik yenilikler ve yaşam standartlarının yükselmesi, enerji gereksinimi ve talebini arttırmaktadır. Mevcut enerjinin toplumun talebi karşılayamaması sonucu yeni enerji kaynaklarının arayışına girmemize neden olmuştur [1]. Dünya geleceği açısından çok büyük öneme sahip olan enerji aynı zamanda ekonomik gelişimin de merkezidir. Şu an kullanılan enerji kaynakları; fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji kaynakları olarak sıralanabilmektedir [2].

Ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede de enerji ihtiyacı fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Dünyanın yıllık enerji sarfiyatı yaklaşık olarak 400 EJ'dür ve bunun da ortalama %80'nin fosil yakıtlardan karşılandığı bilinmektedir. Özellikle 20. yüzyıl fosil yakıtların çok sık bir şekilde kullanılması, ozon tabakasında tahribata, asit yağmurlarının sık görülmesine ve küresel ısınmanın artışına neden olmuştur. Ayrıca bu yakıtların tükenebilir olması alternatif enerjiye olan rağbeti arttırmıştır [3;4]. Alternatif enerji kaynakları içerisinde doğa dostu ve zamanla tükenmeyen (yenilenebilir) güneş ve rüzgâr enerjisi tercih edilmektedir [5]. Son dönemlerde hayvansal atıklar ve organik çöplerin kullanıldığı biyogaz üretim reaktörleri önem kazanmıştır. Sürdürülebilir biyoenerji üretiminin artması, fosil yakıtlara olan rağbeti azaltacak ve bu yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğini azaltmış olacaktır [6].

Yenilenebilen enerji kaynakları içerisinde biyogaz enerjisinin maliyet açısından ekonomik ve çevre dostu olması günden güne önem kazanmıştır [3;7]. Biyogaz üretimi hem atık yönetimi ve atıkların bertarafı açısından; hem de proses son ürünü olarak elde edilen organik atıkların tarımsal gübre olarak kullanılması açısından önemli bir yöntemdir [1]. Biyokütlelerden biyogaz eldesi, birçok ülkede enerji tasarrufunun yanı sıra sürdürülebilir kalkınmaya da katkı sağlar ve sera gazı yayılımlarını azaltır [8]. Biyogaz; evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, orman ürünleri ve hayvan gübresi gibi organik atıklardan meydana gelen yanıcı bir gaz karışımı olup dönüştürülmüş enerji kaynağı olarak da tanımlanabilir [9]. Biyogaz, oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından pH, sıcaklık, karıştırma gibi parametrelerin uygun olmasına bağlı olarak organik maddelerin, metanlaştırma süreci sonunda oluşur ve içeriğinde metan (CH_4), azot (N_2), karbondioksit (CO_2), amonyak (NH_3), hidrojen sülfür (H_2S), hidrojen (H_2) ve karbonmonoksit (CO) gazları bulunmaktadır [10].

Ülkemiz hayvansal ve bitkisel üretim bakımından yüksek bir potansiyele sahiptir ancak üretim sonucunda oluşan atıklar biyogaz üretiminde değerlendirilmemekte olup, ya tarımsal alanlarda gübre olarak kullanılmakta ya da doğrudan yakılmaktadır. Günümüzde biyogaz üretiminin önemi anlaşılmış

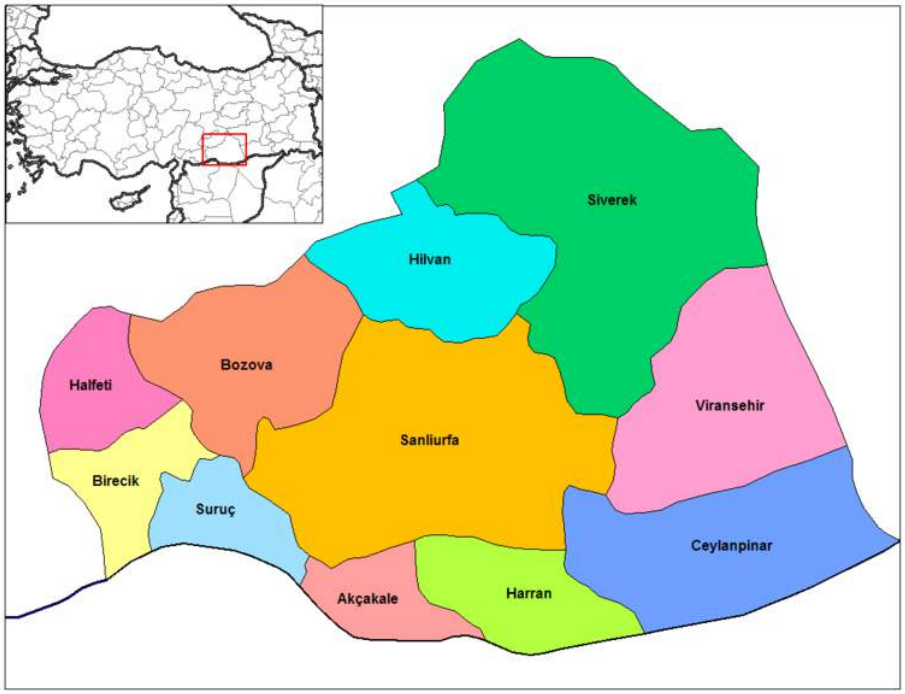
ve çalışmalar hız kazanmıştır. Biyogaz üretim çalışmaları ilk olarak tavuk çiftliklerinde denenmiş ardından da büyük ve küçükbaş çiftliklerinde çalışmalara devam edilmiştir [13].Bu tesislerin kurulması ve işletilmesi; kırsal kesimlerde ve köylerde hayvansal atıkların daha sağlıklı ve verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Ayrıca ısınma, yemek pişirme, aydınlanma için de elde edilen bu enerji kullanılarak ekonomiye katkı sağlanmaktadır [11].

Bu çalışmada; Şanlıurfa ilinde ilçe bazlı var olan toplam hayvan sayısına göre 2018 yılı 1. Dönemi (ilk 6 ay) için biyogaz ve enerji potansiyeli, gübre ve yakıt tasarrufu hesabı yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Şanlıurfa ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer almakta olup, yüzölçümü 18.584 km²'lik bir alana sahiptir. İlin Eyyübiye, Haliliye, Karaköprü, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Halfeti, Harran, Hilvan, Siverek, Suruç ve Viranşehir olmak üzere 13 ilçesi bulunmaktadır (Şekil 1). Karasal iklim hakim olup, gece-gündüz ve yaz-kış ortalama sıcaklıkları arasındaki büyük farklar bu şehirde belirgin olarak görülmektedir. Yıllık sıcaklık farkı zaman zaman 40°C'yi aşar. Şehrin ana geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır [12].



Şekil 1. Şanlıurfa İli ve İlçeleri

2.2. Yöntem

Çalışmada incelenen Şanlıurfa ilinin hayvan sayısı Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı yetkililerinden alınmıştır. Hayvan sayısı verileri 2018 yılının 1.dönemine ait olup Şanlıurfa Merkez ve ilçelerini kapsamaktadır. Çalışma üç aşamada yapılmıştır, ilk aşamada hayvan atığının belirlenmesi ve toplam atık miktarının hesaplanması, bir sonraki aşamada kullanılabilir atık miktarlarının hesaplanması, en son aşamada ise ortaya çıkan kullanılabilir atık miktarından elde edilebilecek toplam biyogaz miktarlarının hesaplanması yapılmıştır. Ayrıca toplam biyogaz potansiyelini belirleyebilmek için aşağıdaki kabuller ve araştırma bulguları kullanılmıştır. Bunlara göre Şanlıurfa'daki 2018 yılının 1. döneminde toplam hayvan sayısından elde edilebilecek; gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli hesaplanmıştır.

Gübre ile ilgili kabuller (Agro-Waste);

Büyükbaş hayvanlar için 9.94 ton/yıl, küçükbaş hayvanlar için 0.82 ton/yıl, kanatlı (tavuk) hayvanlar içinse 0.029 ton/yıl gübre elde edildiği ve bu gübrelerden büyükbaş hayvan için % 65, küçükbaş için % 13 ve kümes hayvanları için % 99'u kullanılabilir atık olduğu kabul edilmiştir.

Biyogaz ile ilgili kabuller (Agro-Waste);

1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m^3 biyogaz, 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m^3 biyogaz, 1 ton kanatlı (tavuk) hayvan gübresinden 78 m^3 biyogaz elde edildiği kabul edilmiştir alınmıştır.

Biyogazın elektrik enerjisine ve diğer yakıtlardan elde edilen enerjiye eşdeğeri olarak yapılan kabuller;

1 m^3 biyogazın sağladığı ısı miktarı; 0.63 L gaz yağına, 3.47 kg oduna, 0.43 kg bütan gazına, 4.7 kWh elektriğe ve 0.8 L benzine eş değerdir [3,10].

3. Bulgular Ve Tartışma

Şanlıurfa ve ilçelerinde halkın ana geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği daha yaygın olup yüksek oranda mera hayvancılığı yapılmaktadır. Tüm ilçelerin büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının dağılımı Tablo 1'de sunulmuştur. Buna göre vilayet geneline bakıldığında; en çok büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı Siverek'te, en fazla kanatlı sayısı Haliliye ilçesinde bulunmaktadır. Ayrıca en az büyükbaş hayvan sayısı Karaköprü, en az küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı da Bozova ilçesinde bulunmaktadır.

TABLO 1. BİTLİS MERKEZ VE İLÇELERİ BAZINDA HAYVAN SAYISI (31.12.2017)

Cins (Adet)	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Akçakale	20466	95657	10360
Birecik	14417	31111	16056
Bozova	14316	17473	9255
Ceylanpınar	22796	254711	10812
Eyyübiye	25029	121251	97000
Halfeti	12750	24200	13780
Haliliye	53119	139942	183059
Harran	6391	43235	46275
Hilvan	14588	106037	14465
Karaköprü	7027	40491	68128
Siverek	88593	806037	59961
Suruç	7763	19370	55600
Viranşehir	49643	398659	97500
TOPLAM	336898	2098174	682251

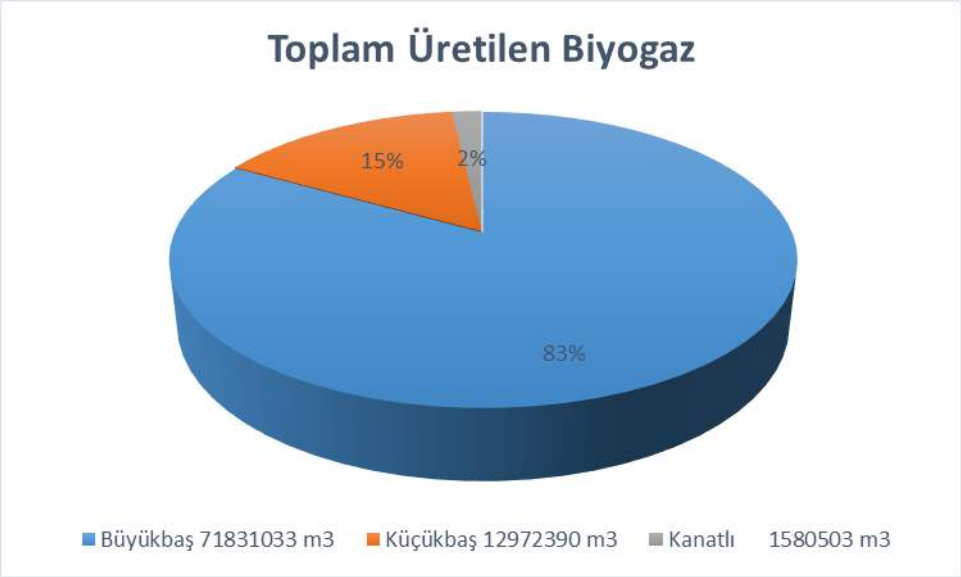
Bu çalışma Şanlıurfa ilininin hayvan sayıları göz önüne alınarak hayvansal atık potansiyeli ve kullanılabilen atık miktarları hesaplanmıştır (Tablo 2). Kullanılabilen atık miktarı toplamda 2420626 ton/yıl olarak tespit edilmiştir.

TABLO 2. TOPLAM ATIK VE KULLANILABİLİR ATIK MİKTARLARI

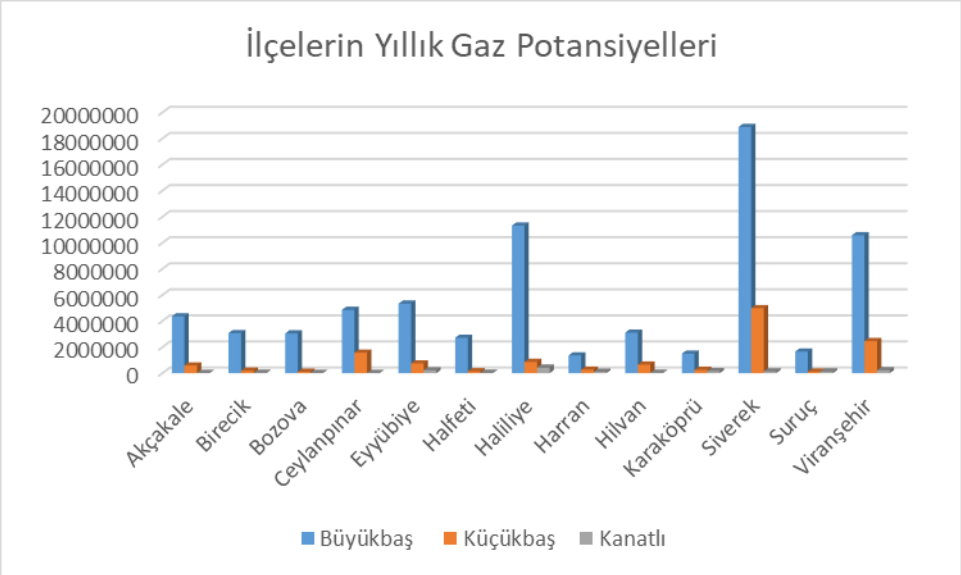
Cins	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Hayvan Sayısı	336898	2098174	682251
Kabul ton/yıl	9,94	0,82	0,03
(Toplam Atık ton/yıl)	3348766	1720503	20468
Kullanılabilen Atık (ton/yıl)	2176698	223665	20263

Kullanılabilir atık miktarı hesaplamalarına göre elde edilebilecek biyogaz potansiyeline ait grafik Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre Şanlıurfa ve

ilçelerinin hayvancılıktan elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin %83'ünü büyükbaş, %15'ini küçükbaş ve %2'lik kısmını da kanatlı hayvan oluşturmaktadır. İlçe bazında bir değerlendirme yapıldığında büyükbaş hayvanlardan elde edilebilen yıllık biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçe Siverek, en az olduğu ilçe ise Karaköprü'dür. Küçükbaş hayvandan elde edilebilen yıllık biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçe Siverek, en az olduğu ilçe Suruç'tur. Kanatlı hayvandan elde edilen yıllık biyogaz potansiyeli en fazla olan ilçe Haliliye olup potansiyelin en düşük olduğu ilçe Bozova olarak tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Hayvancılıktan elde edilebilecek toplam gaz miktarı



Şekil 3. İlçelere ve hayvan dağılımlarına göre gaz potansiyelleri

1 m^3 biyogaz ele alındığında 5000 kcal enerji elde edilebilmekte olup; diğer yakıtlarla karşılaştırılması yapıldığında 4.70 kWh elektrik, 1.46 kg kömür, 0.62 L gazyağı, 3.47 kg odun, 1.18 m3 doğalgaz ile eşdeğerdir [5]. Toplam biyogaz miktarı ile diğer yakıtlardaki eşdeğer karşılığı Tablo 3'te verilmiştir.

TABLO 3. TOPLAM BİYOGAZ MİKTARININ DİĞER YAKITLARDAKİ KARŞILIĞI

İlçeler	Biyogaz m^3	Doğalgaz m^3	Elektrik kWh	Kömür kg	Gazyağı L	Odun kg
Akçakale	4979045	5875273	23401513	7269406	3087008	17277287
Birecik	3303440	3898059	15526169	4823023	2048133	11462938
Bozova	3181830	3754559	14954599	4645471	1972734	11040948
Ceylanpınar	6460278	7623128	30363306	9432006	4005372	22417164
Eyyübiye	6310889	7446849	29661179	9213898	3912751	21898785
Halfeti	2900012	3422014	13630058	4234018	1798008	10063043
Haliliye	12614969	14885664	59290355	18417855	7821281	43773943
Harran	1737158	2049847	8164644	2536251	1077038	6027939
Hilvan	3799466	4483370	17857492	5547221	2355669	13184149
Karaköprü	1906421	2249577	8960178	2783374	1181981	6615280
Siverek	24011651	28333748	112854757	35057010	14887223	83320427
Suruç	1903736	2246409	8947561	2779455	1180317	6605965
Viranşehir	13275230	15664772	62393583	19381836	8230643	46065049
TOPLAM	86384126	101933269	406005393	126120824	53558158	299752918

2018 yılının 1 dönemine ait verilere göre yıllık üretilebilen 86,38 milyon m^3 biyogazın enerji eşdeğerindeki diğer yakıtlara tekabülü Türk Lirası cinsinden Tablo 4'te görülmektedir. Biyogazın üretimi ve kullanılmasıyla diğer enerji kaynaklarından, en yüksek maliyetli 360 milyon TL değerinde gazyağı ile en düşük maliyetli 133 milyon TL değerinde kömür yakıtından tasarruf edileceği hesaplanmıştır.

TABLO 4. Tasarruf miktarları

	Tasarruf miktarı (milyon) TL
Doğalgaz (m^3)	146643749
Elektrik (kWh)	187249687
Kömür (kg)	133688074
Gazyağı (L)	360981986
Odun (kg)	179851751

Bir ev içerisinde bulunan enerji verimliliği yüksek; bulaşık makinası, buzdolabı, çamaşır makinası, fırın, televizyon, elektrik süpürgesi, ütü, davlumbaz, bilgisayar, el blenderi, su ısıtıcı, saç kurutma makinası gibi cihazlar ve aydınlatma için aylık gerekli elektrik enerjisi 149,9 kWh, standart ev eşyalarının kullanımındaki tüketim ise 233,9 kWh olarak belirlenmiştir [13]. Buna göre bir konutun kullandıkları cihazlara göre günlük elektrik ihtiyacı yaklaşık 4,9 kWh ve 7,8 kWh arasında değiştiği kabulüne göre en az 5940 en fazla 9270 konutun elektrik ihtiyacı hayvansal atıklardan elde edilebilir.

4. Sonuç

Bu çalışmada Şanlıurfa ilindeki toplam hayvan sayısına göre 2018 yılı 1. dönemi için biyogaz, enerji potansiyeli ve yakıt tasarrufu hesabı yapılmıştır. Biyogaz potansiyeli büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlar için sırasıyla 71831033 m^3/yıl, 12972590 m^3/yıl ve 1580503 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır. Toplam olarak Şanlıurfa'da hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık olarak 86,38 milyon m^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Siverek ilçesinin hayvan sayısının fazla olmasından dolayı biyogaz potansiyeli 24 milyon m^3/yıl değeri ile en yüksek olduğu ilçedir. Elde edilecek toplam biyogaz ile yaklaşık olarak 360 milyon TL değerinde gazyağından, 146 milyon TL değerinde doğalgazdan, 187 milyon TL değerinde elektrik enerjisinden, 133 milyon TL değerinde kömürden ve 179 milyon TL değerinde odundan tasarruf edileceği hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam biyogaz enerji miktarı ile bütün ilin enerji ihtiyacını karşılamasa da enerji verimliliği yüksek ev eşyalarının kullanıldığında 9270, standart ev eşyaları kullanıldığında 5940 konutun elektrik enerji ihtiyacını karşılayarak kar elde edilebilir. Bu sayede hem ithal edilen enerjiye karşılık alternatif bir enerji çeşidi ortaya çıkacak, hem katı atıklar güvenli bir şekilde bertaraf edilerek çevre sorunları önlenmiş olacak ve hem de gaz üretiminden sonra elde edilen organik malzeme gübre olarak kullanılacaktır.

5. Referanslar

[1] Tınmaz, K. E. 2017. Trakya bölgesinde hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sayısal haritaların oluşturulması. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23(6), 762–772..

[2] Karaca, C. 2017. Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilebilir Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi YIL/YEAR, 22(1), 34–39.

[3] Altıkat, S. ve Çelik, A. (2012). Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli Biogas Potential from Animal Waste of Iğdır Province. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der, 2(1), 61–66.

[4] Yokuş, İ. ve Avcıoğlu, A. O. (2012). Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi içinde (ss. 488–498). Samsun.

[5] Gümüşçü M., Uyanık S., (2010). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi. Tesisat Mühendisliği (MMO), 16 (118), 59-65.

[6] İÇDR,2016.T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Bitlis İl Çevre Durum Raporu.

[7] Kaya, D., Çankakılıç, F., Dikeç, S., Baban, A., Güneş, K., (2005). Türkiye'de tarımsal atıkların değerlendirilmesi rehberi, LIFE 03 TCY/TR/000061 proje raporu, Tubitak.

[8] Özer, B.(2017). Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey. Energy 139 (2017) 1144e1152. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.052

[9] Ergür, H. S. ve Okumuş, F. (2010). Cost and Potential Analysis of Biogas in Eskisehir. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergis, 2(15), 155–160.

[10] Baran, M. F., Lüle, F. ve Gökdoğan, O. (2017). Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli Energy Potential Can Be Produced by Animal Waste of Adiyaman Province. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(3), 245–249.

[11] Ulusoy, Y., Unal, H. ve Alibaş, K. (2009). Bursa İli Karacabey İlçesinde Örnek Bir Biyogaz Tesisinin Kurulabilirliği İçin Tarımsal ve Gıda Artıklarının Enerji Potansiyeli. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi tarımsal mekanızasyon ulusal kongresi içinde (ss. 109–115). Isparta.

[12] Yetiş, R., Atasoy A. D., Demir Yetiş, A., Yeşilnacar, M. İ., 2018. Balıklıgöl Havzası Su Kaynaklarının Nitrat ve Nitrit Seviyelerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(1), ss. 47-54.

[13] Yumurtacı, Z., Dönmez, A.H. 2013. "Konutlarda Enerji Verimliliği," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 637, s.38-43

Kinoanın Süt Ürünlerinde Kullanımı

The Use of Quinoa in Dairy Products

Leyla EREN KARAHAN[1]
Ali Mücahit KARAHAN[2]
Mehmet KÖTEN[3]
Pelin DÖLEK-EKİNCİ[4]

[1]Gıda Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,
[2]Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,
[3]Gıda Mühendisliği Bölümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye,
[4]Şanlıurfa Ticaret Borsası, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Bu çalışmada Kinoanın fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri ile süt ve süt ürünlerinde uygulama alanları üzerinde durulmuştur. Tahıl benzeri bir ürün olan Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), içerdiği proteinler, lipidler, besinsel lifler, vitaminler, mineraller ve olağanüstü bir şekilde dengeli oranda esansiyel amino asitleri içermesinden dolayı yüksek bir beslenme değerine sahiptir. Kinoa ayrıca saponinler, fitosteroller, fitoekdisteroidler dahil olmak üzere yüksek miktarda sağlık açısından yararlı fitokimyasallar içermektedir ve İnsanlarda metabolik, kardiyovasküler ve gastrointestinal sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Birçok ülkede süt ürünlerinin formülasyonlarında besinsel değeri ve duyusal kaliteyi artırmak için çeşitli tahıl ve tahıl benzeri ürünlerin ve bunların bileşenlerinin kullanımı yaygındır.

Anahtar kelimeler:

Kinoa; süt ve süt ürünleri; fonksiyonel özellik; fizikokimyasal özellik.

Abstract

In this study, physicochemical and functional properties of quinoa and its application areas in dairy products are emphasized. Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.), A cereal-like product, has a high nutritional value due to the proteins, lipids, dietary fibers, vitamins, minerals and essential amino acids in the balance. Quinoa also contains phytochemicals that are highly beneficial in health, including saponins, phytosterols, phytochdisteroids, and are known to have positive effects on metabolic, cardiovascular and gastrointestinal health in humans. In many countries, the use of various cereal and grain-like products and their components to increase nutritional value and sensory quality is common in dairy formulations.

Keywords:

Quinoa; milk and dairy products; functional properties, physicochemical properties.

1. Giriş

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Amerika'daki prehispanik dönemi uygarlıklarının geleneksel tahıl ürünü olup, ekonomik ve kültürel anlamda önemli bir hammadde olarak kullanılmıştır. Kinoa, Amaranthaceae ailesine ait bir bitkidir. Yapılan arkeolojik kazılarda MÖ 5000 yıl öncesine ait kinoa kalıntılarına rastlanılmıştır [1]. Kinoa Güney Amerika'da konuşulan dile göre supha, suba, jupha, ve dahue gibi farklı isimlerle anılmaktadır[2][3].

Kinoa, insan yaşamı için gerekli olan tüm amino asitleri sağlayan birkaç bitkiden biridir ve özellikle lizin bakımından zayıf olan tahıl proteinlerinin aksine, quinoa proteinleri yüksek kaliteli proteinler olarak kabul edilir. Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO)'nun verilerine göre Kinoanın amino asit dengesinin mükemmel olduğu ve thionic amino asitleri ve lizin bakımından zengin olduğu ve lizince fakir olan diğer tahılların aksine yüksek kaliteli protein içerdiği kabul edilmektedir [4].

Son yıllarda Türkiye'de ve dünyada görülen sağlık sorunlarına paralel olarak fonksiyonel yiyecek ve içeceklere olan talep artmıştır [5]. Genel olarak süt ürünleri ve özellikle de fermente süt ürünleri tüketimi, son yıllarda sağlıkla ilgili yararlı etkileri nedeniyle farklı beslenme ve tıbbi araştırmalara konu olmuştur [6][7]. Tahıl ve tahıl benzeri ürünlerin veya buların bileşenlerinin Süt ve süt ürünlerine eklenmesinin nedenlerinden birincisi duyusal özellikleri olumlu yönde geliştirmek ve ikincisi ise, eklendikleri ürünlerin mineral, vitamin, protein veya yağ içeriğini zenginleştirerek besin özelliklerinin iyileştirilmesidir [8][9].

2. Kinoanın Besinsel Özellikleri

Tahıllar, bireyin enerji ve protein ihtiyacının yaklaşık yarısını karşılayarak, insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Buğday, mısır, pirinç, arpa, yulaf, çavdar ve sorgum insan ve hayvan diyetinde dünyanın en önemli besinleridir. USDA'nın 2014 yılı verilerine gore 14.12% protein, 6.07% toplam lipid, 64.16% karbonhidrat ve 7% diyet lif içermektedir. Kinoa ve diğer tahılların besinsel değerleri Tablo 1'de verilmiştir [10].

Kinoa tohumu Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Mn ve Zn yönünden zengin; Na yönünden fakirdir [11][12]. A, B, C, D, E, K vitaminleri bakımından iyi bir kaynaktır. Esansiyel aminoasitlerin tamamını içermesi dolayısıyla kinoa lisin, sistein ve methionin aminoasitleri açısından zengindir [13].

TABLO 1. Tahıl ve kinoanın besinsel değerleri (g/100g kurumaddede)

Bileşen	Kinoa	Pirinç	Arpa	Buğday	Mısır	Çavdar	Sorgum
Lipid (g)	6,07	0,55	1,3	2,47	4,74	1,63	3,46
Protein (g)	14,12	6,81	9,91	13,68	9,42	10,34	10,62
Kül (g)	2,7	0,19	0,62	1,13	0,67	0,98	0,84
Lif (g)	7,0	2,8	15,6	10,7	7,3	15,1	6,7
Karbonhidrat (g)	64,16	81,68	77,72	71,13	74,26	75,86	72,09
Enerji (kcal)	368	370	352	339	365	338	329

Kinoanın protein içeriği %8-22 arasında olabilmektedir [14]. Esansiyel aminoasitleri oldukça dengeli bir oranda içeren kinoa, protein kalitesi bakımından da süt proteinine yakın değerdedir [15][16] ve bütün esansiyel amino asitleri tohumunun içerisinde bulundurmaktadır. Özellikle lisin (4.8 g/100 g) ve treonin (3.7 g/100 g protein) içeriği kinoada yüksek oranda iken buğday ve mısır gibi tahıllarda düşük oranda bulunmaktadır [17][18]. Tahıllardan farklı olarak kinoada depo proteinleri albümin ve globülindir ve bunlar toplam proteinin %80'ini oluştururlar [19]. İmmünolojik, Western Blot veya Elisa teslerine göre kinoa proteinlerinin çölyak hastaları için toksik olmadığı ortaya konmuştur [20][21][22][23][24].

Kinoa nişastasıda amiloz düşük miktarda bulunmaktadır (genellikle %10'un altında), %4-20 arasında değişim göstermektedir [25][26][27][28]. Bu nedenle kinoa nişastası amiloz içeriğine bağlı olarak nispeten düşük fakat geniş bir jelleşme sıcaklığı aralığına (57-71^{o}C) sahiptir [26].

Doymamış yağ asitlerinin içeriği toplam yağ asitleri miktarının yaklaşık% 82.7-85.0'idir. Kinoadaki başlıca yağ asitleri linoleik (% 50'den fazla), oleik (% 20'den fazla) ve palmitik asitlerdir (% 8) [19][16][29][30].

Karotenler, riboflavin (vit B2), tokoferoller (vit E) ve folik asit kinoada bol miktarda bulunur [29].Kinoada bulunan tokoferol fraksiyonları, α-tokoferol, β-tokoferol ve ϒ-tokoferollerdir [19][29].

Kinoadaki toplam diyet lif oranı %10'dur ve bunun % 78'i galakturonik asit, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve glukozdan oluşan çözünmeyen diyet lif, '%22'si ise glikoz, galakturonik asit ve arabinozdan oluşan çözünen diyet liflerdir [31].

Polifenoller kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi oksidatif stresle ilişkili hastalıkları azalttığı bilinen biyoaktif bileşiklerdir [32]. Kinoa tohumlarında en fazla bulunan polifenoller quercitin (36,7 µmol/100g kurumaddede) ve kaempferol (40,2 µmol/100g kurumaddede) glikozitleridir [33].

3. Kinoanın Süt Ürünlerinde Kullanımı

Tüketicilerin gıdaların sağlık üzerine etkilerinin olduğu bilincinin artmasıyla, fonksiyonel ürünlerin üretiminde ve tüketiminde artışlar meydana gelmiştir. Fonksiyonel gıdalar besinsel değerlerinin yüksek olmasının yanında aynı zamanda vücuttaki bir veya daha fazla hastalık riskini azaltarak sağlık ve refahı artıran biyolojik olarak aktif bileşenler içerirebilmektedirler [34].

Bir çok araştırmacı hastalık ve hastalık risklerinin hedef alındığı fonksiyonel gıdaları üretirken aynı zamanda duyusal ve tekstürel sorunların da düzeltilmesi konusunda çalışmalar yapmıştır/yapmaktadır. Literatürde süt ürünleri ile ilgili olarak yoğurt konusunda çalışmalara rastlanmaktadır.

Yapılan bir çalışmada 28 günlük depolama sürecinde yoğurtların %3 oranına kadar kinoa ununun katılması fermentasyon kinetiğine herhangi bir etkisinin olmadığı ve kontrol yoğurttakine benzediği tespit edilmiştir [35]. Farklı oranlarda kinoa ununun uygulandığı başka bir çalışmada ise optimum oranın %0,6 olabileceği ve bu koşulda yüksek viskozite, düşük serum ayrılması ve düzenli gözenekli protein ağı oluşumunun oluştuğu gözlemlenmiştir[36].

4. Sonuç

Kinoa ununun yüksek besin değerine sahip olması ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip olması sebebiyle süt ve süt ürünlerine katılması fonksiyonel özellikleri geliştirme açısından avantaj sağlamaktadır. Dünyada hastalıkların artmasıyla beraber fonksiyonel gıdaların çeşitliliğinin arttırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır ve süt ürünlerinin kinoa ile zenginleştirilmesi konusunda daha fazla çalışma yapılmalıdır. Özellikle kinoa ile zanginleştirilmiş süt ürünlerinin depolama süresince yağ asitleri ve antioksidan aktivitesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

5. Referanslar

[1] Capparelli, A., Pochettino, M.L., Lema, V., López, M.L., Andreoni, D., Ciampagna, M.L., et al. 2015. The contribution of ethnobotany and experimental archaeology to interpretation of ancient food processing: Methodological proposals based on the discussion of several case studies on *Prosopis* spp., *Chenopodium* spp. and *Cucurbita* spp. from Argentina. Vegetation History and Archaeobotany, 24, 151–163.

[2] Maradini Filho, A.M., Pirozi, M.R., Da Silva Borges, J.T., Pinheiro Sant'Ana, H.M., Paes Chaves, J.B., Dos Reis Coimbra, J.S. 2015. Quinoa: nutritional, functional and antinutritional aspects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.

[3] Jancurova, M. 2009. Quinoa-a review. Czech J. Food Sci. 27 (2), 71-79.

[4] Maradini Filho, A.M., Pirozi, M.R., Da Silva Borges, J.T., Pinheiro Sant'Ana, H.M., Paes Chaves, J.B., Dos Reis Coimbra, J.S. 2015. Quinoa: nutritional, functional and antinutritional aspects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.

[5] Corbo, M.R., Bevilaqua, A., Petruzzelli, L., Casanova, F.P., Sinigaglia, M. 2014. Functional beverages: the emerging side of functional foods. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 13, 1192–1206.

[6] Pang, G., Xie, J., Chen, Q. and Hu, Z. 2012. How functional foods play critical roles in human health. Food Sci. Human Wellness 1, 26–60.

[7] Weerathilake, W.A.D.V., Rasika, D.M.D., Ruwanmali, J.K.U. and Munasinghe, M.A.D.D. 2014. The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. Int. J. Sci. Res. Pub. 4: 1–10.

[8] ZARE, F., BOYE, J.I., ORSAT, V., CHAMPAGNE, C. and SIMPSON, B.K. 2011. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. Food Res. Int. 44: 2482–2488.

[9] Zare, F., Champagne, C.P., Sımpson, B.K., Orsat, V. and Boye, J.I. 2012. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. LWT Food Sci. Technol. 45: 155–160.

[10] USDA, 2015. United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference Release, 28 (Basic Reports).

[11] Johnson, D.L. 1990. New Grains and Pseudograins. In: Advances in New Crops, Proc. the First National Symp. New Crops: Research, Development, Economics - Indianapolis, IN, October 23-26, 1988, J. Janick and J.E. Simon (eds.), p. 122-127, Timber Press, Portland, Oregon.

[12] James, L.E.A. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Chapter 1: Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Advances in Food and Nutrition Research, 58: 1-31.

[13] Johnson, R. and Aguilera, R. 1980. Processing Varieties of Oilseeds (Lupine and Quinoa), In: Report to Natural Fibers and Foods Commission of Texas, 1978-1980 (Reported by D. Cusack, 1984, The Ecologist 14: 21-31.

[14] Valencia-Chamorro S.A. 2003. Quinoa. Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Amsterdam: Academic Press.

[15]Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz,K.J. & Johnson, D.L. 1993. Compositionand protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*, 70, 303-305.

[16]Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S.E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodiumpallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1-2): 179-189.

[17] Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. 2005. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: An interesting and underexploited andine food plant. Food Chemistry, 92(1): 125–132. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.008.

[18] Wright, K. H., Pike, O. A., Fairbanks, D. J., & Huber, C. S. 2002. Composition of Atriplex hortensis, sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds. Journal of Food Science, 67(4): 1383–1385. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002. tb10294.x.

[19] Kozioł, M.J. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). J. Food Comp. Anal. 5: 35–68.

[20] Berti, C., Riso, P., Monti, L.D., Porrini, M. 2004 In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of glüten-free foods and their glüten counterparts. Eur. J. Nutr. 43:198-204

[21] Gianfrani, C., Rossi, M. 2011. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from glüten-free grains in relation to celiac disease. Mol. Nutr. Food Res. 55: 1266-2127

[22] De Vincenzi, M., Silano, M., Luchetti, R., Carratu, B., Boniglia, C., Pogna, N.E. 1999. Agglutinating activity of alcohol-soluble proteins from quinoa seed flour in celiac disease. Plant Food. Hum. Nutr. 54: 93-100

[23] Mickowska, P., Socha, D., Urminska, D., Cieslik, E. 2013. Immunodetection, electrophoresis and amino acid composition of alcohol soluble proteins extracted from grains of selected varieties of pseudocereals, legumes, oat, maize and rice. Cereal Res. Commun. 41: 160-169.

[24] Penas, E., Uberti, F., di Lorenzo, C., Ballabio, C., Brandolini, A., Restani, P. 2014. Biochemical and immunochemical evidences supporting the inclusion of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as a gluten-free ingredient. Plant Food. Hum. Nutr. 69: 297–303.

[25] Atwell, W.A., Patrick, B.M., Johnson, L.A., Glass, R.W. 1983. Characterization of quinoa starch. Cereal Chem. 60, 9–11.

[26] Lindeboom, N., Chang, P., Falk, K., Tyler, R. 2005. Characteristics of starch from eight quinoa lines. Cereal Chem. 82, 216–222.

[27] Praznik, W., Mundigler, N., Kogler, A., Pelzl, B., Huber, A., Wollendorfer, M. 1999. Molecular background of technological properties of selected starches. Starch/Staerke 51, 197–211.

[28] Tang, H., Watanabe, K., Mitsunaga, T. 2002. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. Carbohydr. Polym. 49: 13–22.

[29] Ruales, J., Nair, B.M. 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. Food Chem. 48: 131–136.

[30] Vidueiros, S., Curtim, R., Dynerm, L., Binaghi, M., Peterson, G., Bertero, H., Pallaro, A. 2015. Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. J. Cereal Sci. 62: 87–93.

[31] La Mothe, L., Srichuwong, S., Reuhs, B., Hamaker, B. 2015. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. Food Chem. 167, 490–496.

[32] Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Remesy, C. and Jimenez, L. 2005. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45, 287–306.

[33] Gallagher, E., Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H. and Arendt, E. K. 2010. Polyphenolcomposition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chemistry, 119, 770–778.

[34] Mohammadi, R., and A. M. Mortazavian. 2011. Review article: Technological aspects of prebiotics in probiotic fermented milks. Food Rev. Int. 27:192–212.

[35] Casarotti, S.N., Carneiro B.M., and Penna, Ana Lúcia B. 2014. Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. Journal of Dairy Science Vol. 97 No. 10, 2014

[36] Codin A.G.G., Franciuc , S.G., and Mironeasa, S. 2016. Rheological characteristics and microstructure of Milk yogurt as influenced by quinoa flour addition. Journal of Food Quality 39: 559–566.

Türkiye'deki Boşanma Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Mekansal İstatistiksel Yöntemler ile İrdelenmesi

Investigation of Divorce Data with Spatial Statistical Methods aided Geographic Information Systems in Turkey

Mehmet Ali DERELİ[1], Nizar POLAT[2]

[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye,
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Toplumun en temel yapı taşlarından olan aile kurumu, evlilik kararıyla gerçekleşmektedir. Bu birlikteliğin farklı nedenler doğrultusunda sürdürülememesi, eşlerin birbirinden ayrılmasını yani boşanma olayını ortaya çıkarmaktadır. Son yüzyıldan itibaren aile kavramının temel sorunları incelendiğinde, en önemli problemin geçimsizlik olgusu olduğu görülmektedir.

Türkiye genelinde boşanma sayıları Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından her yıl kurumun internet adresinden yayınlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında TÜİK sitesinden ülkemiz genelinde boşanma verileri temin edilmiş ve bu verilere göre analizler gerçekleştirilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan ArcGIS programı yardımı ile boşanma istatistikleri nüfusa göre normalize edilerek sonuçlar elde edilmiştir. Ülkemizin en önemli sosyal problemlerinden biri olan boşanma olgusu, illlere göre değerlendirilmiş ve mekansal istatistiksel yöntemler ile birlikte verilerin analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, analizler sonucunda kritik değerlere ulaşan iller için, ailenin sağlamlılığının korunması ve mevcut eksikliklerden arındırılarak evliliğin devamının sağlanması amacıyla karar vericilere öncül bilgiler sunulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler:

Aile; Mekansal İstatistik; CBS, ArcGIS

Abstract

The family institution, which is one of the most basic building blocks of society, takes place with the decision of marriage. The fact that the spouses cannot continue the marriage due to different reasons reveals the divorce. When the main problems of the concept of family have been examined since the last century, it is seen that the most important problem is incompatibility.

Turkey Statistical Institute (TSI) has published by the organization's web site the number of divorces every year in Turkey. Within the scope of this study, divorce data were obtained from TSI and analyzes were performed according to the data. With the ArcGIS program which is Geographic Information System (GIS) software, divorce statistics were normalized according to population and results were obtained. Divorce phenomenon, one of the most important social problems of our country, has been evaluated according to provinces and the data are analyzed together with spatial statistical methods. As a result, it is aimed to provide the preliminary information to the decision-makers for the provinces that have reached the critical values as a result of the analyzes, in order to maintain the solidity of the family and to ensure the continuity of the marriage

Keywords:

Family; Spatial Statistic; GIS; ArcGIS.

1. Giriş

Aile, bir toplumun en küçük birimini oluşturan, tarihi ve sosyolojik bir gerçekliktir. Çeşitli sosyolojik gelişmelerden sonra, devletin örgütlenmesi ve hukuk kuralları koymaya başlaması ile ailenin de hukuk düzeni içine girmesi sağlanmış, evlenme işlemi gibi, evliliklerin sona erdirilebilmesini sağlayan boşanmanın da hukuk kuralları ile gerçekleşmesi sağlanmıştır. Bu çalışma bir uygulamalı araştırma olarak planlanmış ve üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama ön hazırlık aşamasıdır. Bu aşamada, boşanma kavramı, mevcut bilgiler ışığında tanımlanmış, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. İkinci aşama araştırma ve uygulama aşamasıdır. Bu aşamada, Boşanma İstatistik verileri TUİK sitesinden alınarak Microsoft Excel'de gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımı ile nüfusa göre normalize edilerek analizi yapılmıştır. Üçüncü aşama değerlendirme aşamasıdır. Bu aşamada, Boşanma İstatistikleri araştırmasında elde edilen bilgiler çeşitli çözümleme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuç olarak belirtilmiştir. Son aşamada mekânsal istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Mekânsal analizler genellikle coğrafi verinin dağılımını ve dağılımındaki kümelenme ve trendleri belirlemede kullanılmaktadır. Coğrafi verilerin analizinde kullanılan mekânsal analizler, birinci dereceden analizler ve ikinci dereceden analizler olarak iki farklı grupta kategorize edilmektedir. Bunlardan birinci dereceden analizler, verilerin mekandaki değişimini incelerken, ikinci dereceden analizler ise veriler arasındaki konumsal kovaryansları incelemektedir. Bu nedenle birinci dereceden analizler (kernel yoğunluk analizi, kayan alanlar teknikleri gibi) verilerdeki değişim ile global ve bölgesel trendleri bulmayı hedeflerken, ikinci dereceden analizler, veriler arasındaki mekânsal bağımlılığı ve mekânsal bağımlılığın değişimini (mekânsal oto korelasyon) bulmayı hedeflemektedir [1-3]. Boşanma verilerini de coğrafi bir veri olarak kabul ettiğimizde, bu verilere ilişkin mekânsal analizler, mekânsal oto korelasyon yöntemleri ile de belirlenebilmektedir. Mekânsal ve zamansal analizler sonucunda, eğitim alanları ve dini alanların olduğu bölgelerde sıcak bölgeler (hot spots) ve soğuk bölgeler (cold spots) belirlenmiştir [4].

2. Yöntem

Çalışma kapsamında mekânsal otokorelasyon yöntemlerinden Getis Ord Gi* ve Moran's I teknikleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Mekânsal otokorelasyon yöntemleri, verilerin hem
bulundukları konum ile hem de birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyen yöntemlerdir. Boşanma verilerinin bulundukları konumlardaki ilişkileri, oluşturulan w ağırlık matrisi aracılığı ile hesaplanmaktadır. Ağırlık matrisleri, verilerin konumları arasındaki ilişkiyi ya da benzerlikleri mesafeye / komşuluğa / sınırdaşlığa / vb. bağlı olarak modellemektedir [4]. Verilerin modellenmesinde mekânsal otokorelasyon yöntemlerinden Getis Ord Gi* ve Moran's I tekniklerinin kullanıldığı literatürde birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır [5-7].

2.1. Getis Ord Gi*

Getis Ord Gi* istatistikleri sıcak bölge analizleri (hot spot) olarak da bilinir [8]. Bu yöntemde veri kümesindeki her bir değer için Getis Ord Gi* istatistiği hesaplanmaktadır. ArcGIS yazılımında sonuç olarak Gi* istatistiği, z (standart değer) ve p (güvenirlik) değerlerini üretmektedir. 1990'ların ortalarında geliştirilen bu yöntem, yaygın olarak salgın ve yağış modellemede, aynı zamanda tarımsal faaliyetlerde de kullanılmaktadır [9-10]. Gi* istatitistik aracı, veriler arasındaki komşuluk ilişkilerini dikkate alarak hesaplamalar gerçekleştirmektedir. Getis-Ord Gi* metodu, her bir veriye ait özellik değerleri ile, komşusu olduğu verinin özelliklerini karşılaştırarak değerler üretmektedir. Böylece çalışma alanı içindeki veriler analiz edilerek, nerelerde yüksek ve düşük değerlerin kümelendiği belirlenebilmektedir [2].

ArcGIS yazılımı, Gi* istatistiğinde her bir veri kümesi için bir z değeri hesaplamaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı bir pozitif z skorları için, daha yüksek z skoru, yüksek değerlerin daha yoğun kümelendiği anlamına gelmektedir. Aynı şekilde istatistiksel olarak anlamlı negatif yüksek z skorları için, düşük değerlerin kümelendiği anlamına gelmektedir. Getis-Ord Gi* istatistik değerinin hesaplanması eşitlik 1'de gösterilmektedir.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=0}^{n} w_{i,j}x_j - \bar{X}\sum_{j=0}^{n} w_{i,j}}{S\sqrt{\frac{\left[n\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}\right)^2\right]}{n-1}}} \qquad (1)$$

Burada x_j, j nesnesi için öznitelik değeri, $w_{i,j}$ i ve j nesneleri arasında mekânsal ağırlık matrisi, n özelliklerin sayısı olarak ifade edilmektedir. Formülde $\bar{X}$ ve S değerleri eşitlik 2' de verilmiştir.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{n} \qquad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

2.2. Anselin Local Moran's I (LISA) Mekansal Otokorelasyon yöntemi

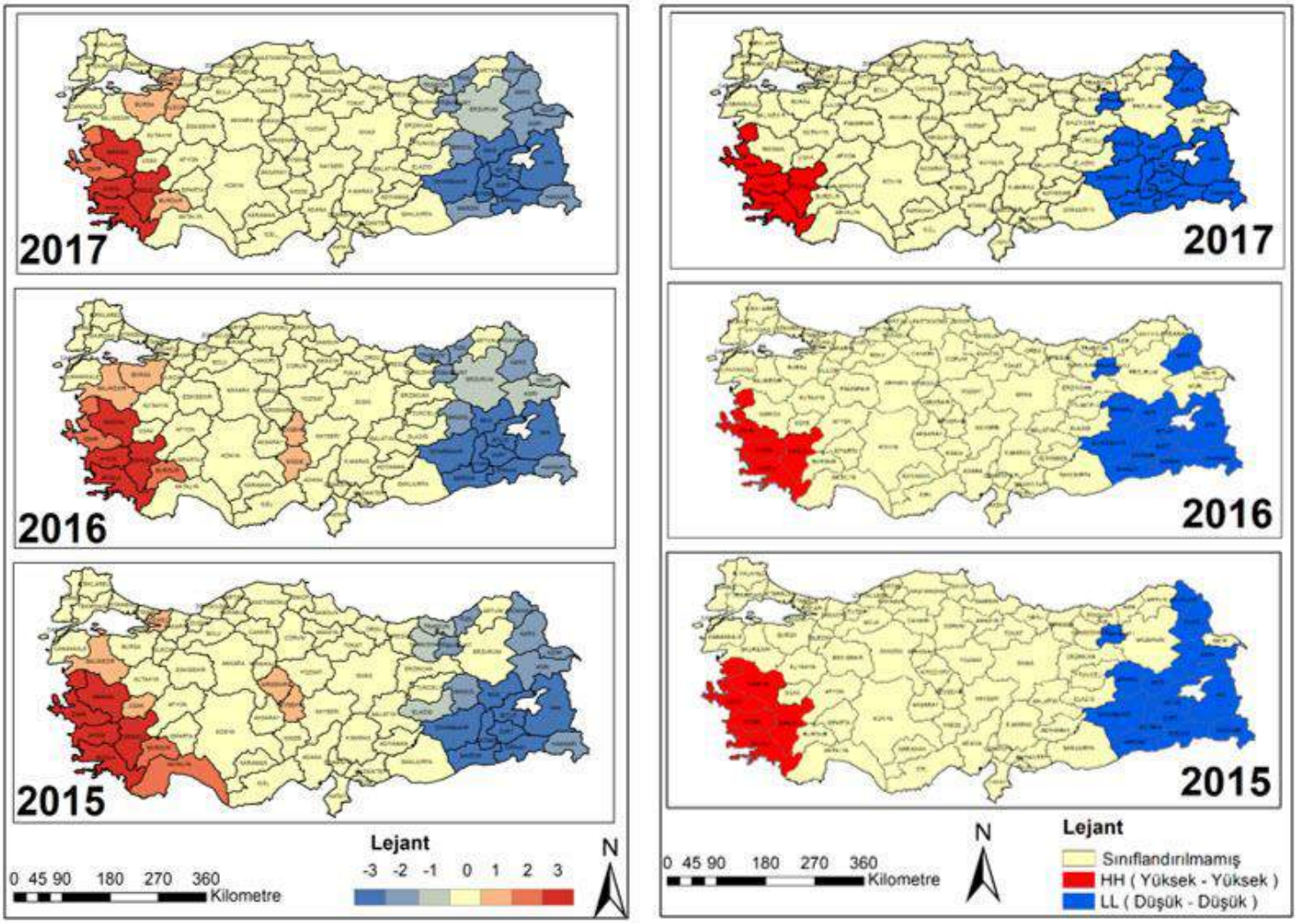
Bu çalışmada kullanılan diğer mekânsal otokorelasyon yöntemi de Moran's I yöntemidir. [11] tarafından önerilen indis verilerin mekânsal otokorelasyonunu belirlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [8]. Mekânsal otokorelasyon yöntemleri, ilgilenilen veriler arasındaki mekânsal bağımlılığı belirlemek ve veri özelliklerine göre kümelenmelerin istatistiksel olarak önemini araştırmak için kullanılmaktadır [12]. Moran's I olası değerlerinin aralığı, -1 ile +1 arasında değişmektedir. Pozitif değerler, benzer değerlerin konumsal kümelenmesini (sıcak ya da soğuk nokta), negatif değerler ise farklı değerlerin kümelenmesini göstermektedir (ayrık nokta). Moran's I değerinin sıfır değerine yakın olması, veri dağılımının rastlantısal desen gösterdiği anlamına gelmektedir [12]. Moran's I indeksi genel ölçekli olup, çalışma alanının dağılımının mekâna bağlılık düzeyini ölçerken, alan içerisindeki dağılımın nerelerde kümelendiğini göstermemektedir [13]. Bu sebeple bölgesel ölçekteki dağılımın mekânsal analizini yapabilmek için Anselin yerel Moran's I endeksi geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilmiş görüntüler Anselin Local Moran's I yöntemi ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

2015, 2016 ve 2017 yılları boşanma verileri için Getis Ord Gi* ve Anselin Local Moran's I (LISA) mekânsal istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Çalışma sonucunda Tablo 1'de bulunan istatistiksel değerler elde edilmiştir. 2015-2017 yılları için hem Getis Ord Gi* hem de Moran's I değerlerinin, % 95 güvenilirlik düzeyine göre anlamlı olduğu (p değeri) Tablo 1'de görülmektedir.

TABLO 1. Mekânsal İstatistiksel Yöntem Sonuç değerleri

	Getis Ord Gi*		Moran's I		
Yıllar	**Z değeri**	**P değeri**	**I değeri**	**Z değeri**	**P değeri**
2015	2.5400	0.011	0.7026	7.9679	0.000
2016	2.2326	0.025	0.6725	7.6385	0.000
2017	2.2280	0.026	0.6526	7.4135	0.000



Şekil 1. Getis Ord Gi* ve Anselin Local Moran's I Analiz Sonuçları. Solda: Getis Ord Gi* görüntüsü, Sağda: Anselin Local Moran's I görüntüsü

Şekil 1 incelendiğinde Gi * istatistikleri ve LISA sonuçlarının, hemen hemen aynı il ve bölgeleri kümelenmiş olarak gösterdiği görülmektedir. Ancak, iki model arasında da bazı küçük farklılıkların olduğu anlaşılmaktadır. Bu iki yönteme göre, ülkenin doğu ve batı kısımları birbirinin tersi tepkiler vermektedir. Batı kısımda bulunan İzmir, Aydın, Denizli ve Muğla illerinin boşanma verilerine göre sıcak bölgeler olduğu, doğu kısımda bulunan Diyarbakır, Batman, Siirt, Şırnak, Van, Hakkari, Mardin, Bitlis, Muş, Bingöl, Bayburt ve Kars illerinin ise soğuk bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Temel istatistikler incelendiğinde ise 2015 yılında 131830, 2016 yılında 126164 ve 2017 yılında ise toplam 128411 boşanma olayının gerçekleştiği görülmektedir. Boşanma verileri Akıl Hastalığı, Pek Fena Muamele, Zina, Terk, Cürüm ve Haysiyetsizlik, Geçimsizlik, Bilinmeyen ve Diğer gibi nedenler altında toplanmıştır. Bu nedenlerden, geçimsizlik sebebi en fazla boşanma sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. Sonuç

Toplumun en küçük ve en temel yapı taşı taşlarından olan aile hayatının sona ermesi, bu çalışmada değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları irdelendiğinde ülkemizin doğusu ve batısı arasında boşanma analizlerinin birbirinin tersi sonuçlar gösterdiği görülmüştür. Bu olgunun birçok sosyal, kültürel, maddi ve manevi yanının olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Aile olgusunun sağlam temeller üzerine oturtulması ile birlikte boşanma olaylarının en aza indirgenmesi, ülke siyasetinin en temel konularından biri olması gerekmektedir. Ülkemizin geleceği olan gençlerin, aile olayları içerisinde kaybolmaması ülkemizin refahı, gelişmişliği, istikrarı açısından önemlidir. Bu kapsamda boşanma olaylarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelinde mekânsal istatistiksel yöntemlerle incelenmesi karar vericiler açısından oldukça önemlidir. Yılık ortalama 130000 boşanma, üzerinde durulması ve bu sayının azaltılması için gerekli tedbirlerin alınması gereken bir sayıdır. Son yüzyılda kullanımı oldukça yaygınlaşan mekânsal istatistiksel yöntemler, mevcut verilerin kümelenip kümelenmediğini, ya da verilerin dağınık ya da rastgele olup olmadığını göstermektedir. Bu kapsamda yapılan bu çalışmada, ülkemizin ege bölümünde boşanma sayılarının tehlike gösterdiği (sıcak nokta), doğu ve güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise boşanma sayılarının bir tehlike göstermediği (soğuk nokta) anlaşılmıştır. Diğer bölgelerde ise boşanma sayıları ortalama değerleri göstermektedir.

5. Referanslar

[1] Gatrell, C. A., Bailey, T. C., Diggle, P. J., Rowlingson, B. S. 1996. Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. Trans Inst Br Geogr. 21: 256-274.

[2] Dereli, M. A. 2016. Trafik kaza kara noktalarının belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli mekânsal istatistiksel metotlar ile bir model geliştirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Harita Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi.

[3] Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., Gullu, M. 2008. Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. Accident; Accident Analysis & Prevention. 40: 174–81.

[4] Prasannakumar, V., Vijith, H., Charutha, R., Geetha, N. 2011. Spatio-temporal clustering of road accidents: GIS based analysis and assessment. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 21: 317–325.

[5] Khan, G., Qin, X. Noyce, D. A. 2008. Spatial analysis of weather crash patterns. Journal of Transportation Engineering. 134: 191-202.

[6] Steenberghen, T., Dufays, T., Thomas, I., Flahaut, B. 2004. Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgian example. International Journal of Geographical Information Science. 18: 169-181.

[7] Truong, L. T., Somenahalli, S. V. 2011. Using GIS to identify pedestrian-vehicle crash hot spots and unsafe bus stops. Journal of Public Transportation. 14: 99–114.

[8] Getis, A., Ord, J. K. 1992. The analysis of spatial association by Use of distance statistics. Geographical Analysis. 24: 189–206.

[9] Chopin, P., Blazy, J. M. 2013. Assessment of regional variability in crop yields with spatial autocorrelation: banana farms and policy implications in Martinique. Agric. Ecosyst. Environ. 181: 12–21.

[10] Rud, R., Shoshany, M., Alchanatis, V. 2013. Spatial–spectral processing strategies for detection of salinity effects in cauliflower, aubergine and kohlrabi. Biosyst. Eng. 114: 384–396.

[11] Moran, P. 1948. The interpretation of statistical maps. Journal of the Royal Statistical Society. 10: 243–51

[12] Blazquez, C. A., Celis, M. S. 2013. A spatial and temporal analysis of child pedestrian crashes in Santiago, Chile. Accident Analysis & Prevention. 50: 304–311.

[13] İlçi, V. 2013. Trafik Kaza Kara Noktalarının Mekânsal İstatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi : Afyonkarahisar - Konya Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

İnek ve Koyun Sütünden Üretilen Şanlıurfa Sadeyağı (Urfa Yağı)'nın Renk Özellikleri

Color Properties of Sanlıurfa Sadeyagi (Urfa Yagi) Produced from Ewes' and Cows' Milk

Dilek Yokuş[1]
Huriye Gözde Ceylan[2]
Ahmet Ferit Atasoy[1]

[1]Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Harran University, 63010 Sanlıurfa, Turkey
[2]Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Adıyaman University, 02040 Adıyaman, Turkey

Özet

Bu araştırmada, Şanlıurfa ilinde üretilen ve tüketilen inek ve koyun sadeyağları materyal olarak kullanılmıştır. Koyun sütünden üretilen Sanlıurfa sadeyağlarının L, a* ve b* değerleri sırası ile 71.23 ± 0.03 ve 90.70 ± 0.53, -1.90 ± 0.06 ve -3.57 ± 0.05, 10.21 ± 0.05 ve 19.70 ± 0.04 aralığında bulunmuştur. İnek sütünden elde edilen sadeyağların L*, a* ve b* değerleri ise sırası ile 75.01 ± 0.36-85.14 ± 0.50, 1.71 ± 0.02-8.74 ± 0.06, 24.30 ± 0.07-44.43 ± 0.02 aralığında tespit edilmiştir. Koyun sütünden üretilen örneklerin ortalama L*, a*, b* değerleri 83.17 ± 0.87, -2.63 ± 0.08, 15.58 ± 0.57 iken, inek sütünden üretilen örneklerin ortalama L*, a* ve b* değerleri 80.51 ± 0.63, 5.39 ± 0.41 ve 33.83 ± 1.30'dur. Ayrıca koyun sütünden üretilen Şanlıurfa sadeyağlarının ortalama L* değeri inek sadeyağından istatistiksel olarak yüksek, a* ve b* değerleri ise düşük bulunmuştur.*

Anahtar kelimeler:
Şanlıurfa sadeyağı; sadeyağ; ghee; koyun sütü; inek sütü; renk.

Abstract

In this study, ewes' and cows' sadeyag was collected from Sanlıurfa local market and color characteristics of samples were researched. L, a* and b* values of ewes' sadeyag respectively were found to be 71.23 ± 0.03 and 90.70 ± 0.53, -1.90 ± 0.06 and -3.57 ± 0.05, 10.21 ± 0.05 and 19.70 ± 0.04. L*, a* and b* values of cows' sadeyag were determined 75.01 ± 0.36-85.14 ± 0.50, 1.71 ± 0.02-8.74 ± 0.06, 24.30 ± 0.07-44.43 ± 0.02. The average L*, a*, b* values of ewes' samples were 83.17 ± 0.87, -2.63 ± 0.08, 15.58 ± 0.57, the average L*, a*, b* values of cows' samples were 80.51 ± 0.63, 5.39 ± 0.41 and 33.83 ± 1.30. Moreover, the average L* value of the Sanlıurfa sadeyagı produced from ewe's milk was found to be statistically higher than the cow's, while a* and b* values were found to be lower.*

Keywords:
Şanlıurfa sadeyagı; sadeyag; ghee; ewes' milk; cows'milk; color.

1. Introduction

Sadeyag (butter oil) is a popular dairy product in eastern and southeastern regions of Anatolia. There are similar products to sadeyag in Asia, Middle East and Africa. It is known as "ghee" in India, "maslee" or "samn" in Middle East, and "roghan" in Persia. However, it is known as ghee in the international literature [1]. Ghee production is generally an application for the preservation of milk fat in warm countries. Ghee is a highly resistant product because of its low moisture content and antioxidant content. It has a semi solid texture, light yellow color, pleasant flavor and taste as well as it is a product rich in fat [2].

There is no standard production method of sadeyag and it is mostly prepared with traditional methods by local farmers. The cows, ewes' and goats' milks are used as raw material in production of sadeyag. Traditionally, it is obtained by manually churning of cream or ayran, melting of butter and then clarifying of butter. It is widely used in traditional Turkish desserts such as baklava, kadayıf [3].

Sadeyag has gained a commercial value especially in Sanlıurfa region and for this reason it is also referred to such as "Urfa yagi", "Sanlıurfa yagi" or "Urfa sadeyagi" [1]. Sadeyag is produced from sheep milk butters in the pastures of the Sanlıurfa region. In 2018, it has been obtained a geographical indication as "Sanlıurfa sadeyagi (Urfa yagi)" [4]. Nowadays, production of Sanlıurfa sadeyagı remains incapable because of decreasing of animal husbandry, high price and increasing demand by the baklava sector. This causes an increasing in imitation and adulteration in Sanlıurfa sadeyagi.

The studies about sadeyag are very limited. The physical and chemical properties, color properties of sadeyag obtained from unpasteurized and pasteurized

sheep's milk were investigated by Özkanlı and Kaya [5]. In other study [6], the some chemical, microbiological and color properties of sadeyag were researched. However, there were no studies investigating the color properties of ewes' and cows' Sanlıurfa sadeyagi. In this study, it is aimed to investigate the color characteristics of ewes' and cows' Sanlıurfa sadeyagi (Urfa yagi).

2. Material and Methods

15 ewes' and 15 cows' sadeyag collected from Sanlıurfa in the spring season of 2016 were used as material. Samples has been collected the large area as possible.

Color values of samples were determined using Hunter Lab instrument (color Quest XE, UK). Lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*) values of samples were measured [7]. To determine the difference between species, null hypothesis significance test by using SPSS packet program were performed.

3. Result and Discussions

The color characteristics of cows' and ewes' Sanlıurfa sadeyagi (Urfa yagi) are demonstrated in Table I. While the L^* values of ewes' sadeyag were in the range of 71.23 ± 0.03 and 90.70 ± 0.53, cows' sadeyag L^* values were in the range of 75.01 ± 0.36 and 85.14 ± 0.50. L^* value of samples (especially sheep samples) were found in a wide range. This issue is due to lack of a standard production method. There is not much information about the color values of sadeyag in literature. L^* value of sadeyag was reported in the range of 71.23-90.27 by Turkish Patent and Trademark Authority [4]. It is seen that our results were within these limits. While our results were similar to those reported by Mendez-Cid et al. [8] for cows' butter, they were higher those reported by Krause et al. [9] and Özkanlı and Kaya [5]. Also, the average L^* values and the difference between the mean color values of cows' and ewes' samples are shown in Table II. The mean L^* values of ewes' samples were as 83.17 ± 0.87. The average L^* values of cows' sadeyag were found to be 80.51 ± 0.63. Moreover, the mean L^* values of ewes' samples were higher than cows' samples and this difference was statically significant ($P<0.05$). Sensory analysis of Sanlıurfa sadeyagi was performed in order to determine its sensory difference from others [4]. It was expressed by panelists that the Sanlıurfa sadeyagi had a lighter color.

TABLE I. Color characteristics of cows' and ewes' samples

Samples	L^* values		a^* values		b^* values	
	Ewes' samples	Cows' samples	Ewes' samples	Cows' samples	Ewes' samples	Cows' samples
1	78.00 ± 0.55	77.13 ± 0.18	-2.88 ± 0.04	**8.74 ± 0.06**	19.52 ± 0.04	43.09 ± 0.06
2	79.80 ± 0.22	78.50 ± 0.14	-2.58 ± 0.22	8.29 ± 0.06	14.19 ± 0.06	41.61 ± 0.05
3	85.62 ± 0.55	78.48 ± 0.16	-2.75 ± 0.03	3.91 ± 0.02	15.73 ± 0.01	27.10 ± 0.05
4	83.10 ± 0.15	**75.01 ± 0.36**	-2.67 ± 0.02	7.70 ± 0.06	**19.70 ± 0.04**	**44.43 ± 0.02**
5	85.52 ± 0.14	**85.14 ± 0.50**	-3.20 ± 0.06	5.79 ± 0.17	10.99 ± 0.06	33.50 ± 0.06
6	87.95 ± 0.30	78.81 ± 0.42	-2.73 ± 0.04	6.58 ± 0.04	11.29 ± 0.03	38.55 ± 0.08
7	84.76 ± 0.47	84.36 ± 0.13	-2.18 ± 0.02	2.46 ± 0.03	19.42 ± 0.03	25.40 ± 0.03
8	85.95 ± 0.38	80.08 ± 0.28	-2.32 ± 0.06	8.31 ± 0.02	15.21 ± 0.03	42.45 ± 0.08
9	**71.23 ± 0.03**	84.68 ± 0.55	-2.67 ± 0.04	2.81 ± 0.03	17.72 ± 0.03	26.95 ± 0.11
10	77.08 ± 0.06	81.98 ± 0.24	-2.19 ± 0.03	3.74 ± 0.02	13.47 ± 0.05	28.42 ± 0.03
11	84.70 ± 0.60	77.80 ± 0.45	-2.83 ± 0.04	3.69 ± 0.03	17.41 ± 0.02	**24.30 ± 0.07**
12	85.15 ± 0.02	83.35 ± 0.38	-2.35 ± 0.05	**1.71 ± 0.02**	18.06 ± 0.08	26.28 ± 0.08
13	**90.70 ± 0.53**	84.55 ± 0.30	**-1.90 ± 0.06**	5.78 ± 0.04	**10.21 ± 0.05**	34.52 ± 0.10
14	84.18 ± 1.14	75.27 ± 0.03	-2.61 ± 0.04	6.75 ± 0.02	14.20 ± 0.04	39.54 ± 0.09
15	83.78 ± 0.43	82.62 ± 0.39	**-3.57 ± 0.05**	4.57 ± 0.02	16.63 ± 0.03	31.31 ± 0.14

TABLE II. Color characteristics of cows' and ewes' samples (mean ± standard deviation, n=15)

	Ewes' samples	Cows' samples	Significant level
L^* values	83.17 ± 0.87	80.51 ± 0.63	*
a^* values	-2.63 ± 0.08	5.39 ± 0.41	***
b^* values	15.58 ± 0.57	33.83 ± 1.30	***

*Significant at P<0.05.
*** Significant at P<0.001.

a^* values were found in the range of -1.90 ± 0.06 and -3.57 ± 0.05 for ewes' samples, and 1.71 ± 0.02 and 8.74 ± 0.06 for cows' samples, respectively. Turkish Patent and Trademark Authority [4] reported that a^* values of sadeyag were in the range of -1.895 and -3.565. In particular, a^* values of the ewes' samples were quite close to these limits. Tahmas Kahyaoğlu [10] stated that a^* values of cows' and ewes' butter were in the range of -3.70 and -3.79, -3.84 and -3.65, respectively. In other study [11], a^* values of cows' yayik butters were found between -3.23 and -3.70. On the other hand, the average a^* values of ewes' and cows' sadeyag were -2.63 ± 0.08 and 5.39 ± 0.41, respectively. The mean a^* values of cows' sadeyag were fairly higher than ewes samples (P<0.001). While all of the a^* values of ewe samples were negative range, all of the a^* values of cow samples were positive range. It is known that the +a* and -a* value refers to the red and green color intensity, respectively [12]. Based on this approach, it can be said that the ewes' sadeyag were in the green color range.

The minimum and maximum b^* values of ewes' sadeyag were 10.21 ± 0.05 and 19.70 ± 0.04. Also, b^* values of cows' sadeyag were found to be between 24.30 ± 0.07 and 44.43 ± 0.02. The b^* values of the samples change within wide ranges. This can be attributed to the lack of a standard production method or feeding of animal. $+b^*$ values refer to the intensity of the yellow color (12). $+b^*$ value indicates the presence of a yellow color in sadeyag. Similar results were obtained for b^* value of traditional Tunisian butter [13]. Our results for cows' samples were higher those reported by Simsek [11] for yayik butter obtained by cows' milk. It was stated that b^* values of cows' and ewes' butters were 18.48-20.45 and 10-28-10.84, respectively [10]. Also, the mean b^* values of ewes' and cows' sadeyag were found as 15.58 ± 0.57 and 33.38 ± 1.30. There were statistically significant difference between mean b^* values of ewes' and cows' samples (P<0.001). The cows' Sanlıurfa sadeyagi was dark yellow than ewes' samples. Yellow color is due to carotenes and xanthophyll.

4. Conclusion

In this study, color properties of cows' and ewes' sadeyag collected from Sanlıurfa regions were investigated. It was determined that color features of samples (especially L^* and b^* values) have a wide margin. In addition, the color characteristics of cows' and ewes' milk Sanlıurfa sadeyag were found quite different. It has been detected that cows' sadeyag has a darker and more yellowish color than ewes' sadeyag. There is no standard quality for sadeyag, which is traditionally produced by local producers. There are many different types of sadeyag in the local market due to factors such as season, animal species and feeding of animal. For this reason, it is considered that the official standard for Sanlıurfa sadeyagi should be generated. Moreover, standard values should be created according to animal species.

Acknowledgments

This study was supported financially by the coordination of scientific research projects of Harran University (HUBAK Project No: 16024).

5. References

[1] Atasoy, A.F. and Türkoğlu, H. 2010. A study on investigation of free fatty acid contents of Sade Yag (Urfa Yagi) produced and marketted in Sanliurfa. Journal of the Faculty of Agriculture of Harran University, 14: 9-12.
[2] Kirazcı, A. and Javidipour, I. 2008. Some chemical and microbiological properties of ghee produced in Eastern Anatolia. International Journal of Dairy Technology, 61: 300-306.

[3] Kaya, A. 2000. Properties and stability of butter oil obtained from milk and yoghurt. Nahrung, 44: 126-129.

[4] Turkish Patent and Trademark Authority. 2008. Official geographical indication, designation of origin and traditional speciality guaranteed bulletin. Ankara, Turkey.

[5] Özkanlı, O. and Kaya, A. 2007. Storage stability of butter oils produced from sheep's non-pasteurized and pasteurized milk. Food Chemistry, 100: 1026-1031.

[6] Fındık, O. and Andiç, S. 2017. Some chemical and microbiological properties of the butter and the butter oil produced from the same raw material. Food Science and Technology, 86: 233-239.

[7] Queirós, M.S., Grimaldi, R. and Gigante, Mirna, L. 2016. Addition of olein from milk fat positively affects the firmness of butter. Food Research International, 84: 69-75.

[8] Méndez-Cid, F.J., Centeno, J.A., Martínez, S.,and Carballo, J. 2017. Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butterduring storage: Effects of temperature and addition of salt. Journal of Food Composition and Analysis, 63: 121-132.

[9] Krause, A.J., Miracle, R.E., Sanders, T.H., Dean, L.L. and Drake, M.A. 2008. The Effect of Refrigerated and Frozen Storage on Butter Flavor and Texture. Journal of Dairy Science, 91: 455-465.

[10] Tahmas Kahyaoğlu, D. 2014. The determination of volatile compounds, oxidation stability and some quality characteristics of butters produced from cow, sheep and goat milk during storage period. PhD. Thesis. Atatürk University, Erzurum, Turkey. 68-72 pp.

[11] Simsek, B. 2011. Studies on the storage stability of yayik butter. J. Verbr. Lebensm., 6: 175-181.

[12] Tosun, F. 2016. Effect of exopolysaccharide producing lactic cultures on quality characteristics of butter, churn butter and cream (kaymak). PhD Thesis, Erciyes University, Kayseri, Turkey. 55-56 pp.

[13] Samet-Bali, O., Ayadi, M.A. and Attia, H. 2009. Traditional Tunisian butter: Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. Food Science and Technology, 42, 899-905.

Makina Mühendisliğinde Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Kullanımı ve Bir Örnek Uygulama

The use of Augmented Reality Technology in Mechanical Engineering and A Case Study

Vehbi BALAK[1]
Murat KISA[1]
Mehmet MİMAN[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi (AGT), bir ortamdaki nesnelerle, bilgisayar tarafından oluşturulan sanal nesnelerin, ortamda bulunan kullanıcı tarafından bir arada bulunma algısını sağlayan bir bilgisayar teknolojisidir. Gerçek nesneler ile sanal nesneler bir karışım oluşturur. Ortaya çıkan karışım, gerçeği değiştirmek yerine gerçeği tamamlar; onu yazılı ve görsel nesnelerle zenginleştirerek artırılmış olarak kullanıcıya sunar. Geçtiğimiz on yıl boyunca modern mikroişlemcilerin ve bilgisayarların gelişmesi; sanal 3B verilerin elde edilmesini, bunların kişisel bilgisayarların yanı sıra mobil cihazlarda bile parmaklar ile kolaylıkla kontrol edilmesini sağlamıştır. Bu bildiride,, makine mühendisliği alanında AGT uygulamaları ve Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde teknik resim dersinde yapılmış olan uygulama ele alınmıştır. Uygulama sonucunda yapılan ankette, öğrenciler bu uygulamayı benimsemiş ve gelecek yıllarda kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca dönem sonunda yapılan değerlendirme sonucu akademik başarılarında istatistiksel olarak anlamlı artış tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Artırılmış gerçeklik teknolojisi; makine mühendisliği; 3B model; teknik resim dersi

Abstract

Augmented Reality Technology (AGT) is a computer technology that enables the perception of coexistence of virtual objects created by the computer with objects in an environment. It composes a mix of virtual objects with real objects. The resulting mixture, instead of changing the truth, completes it and provides the user by enriching it with written and visual objects. The development of modern microprocessors and computers over the past decade enabled the virtual 3D data to be obtained, easily manipulated, even on mobile devices as well as on personal computers.
In this article, AGT applications in the field of mechanical engineering and the implementation in the technical drawing course in the Mechanical Engineering Department of the Faculty of Engineering of Harran University are discussed. In the survey conducted as a result of the application, students adopted this practice and stated that they should be used in the next years. In addition, a statistically significant increase in academic achievement was found at the end of the term.

Keywords:

Augmented reality technology; mechanical engineering; 3B model; technical drawing course

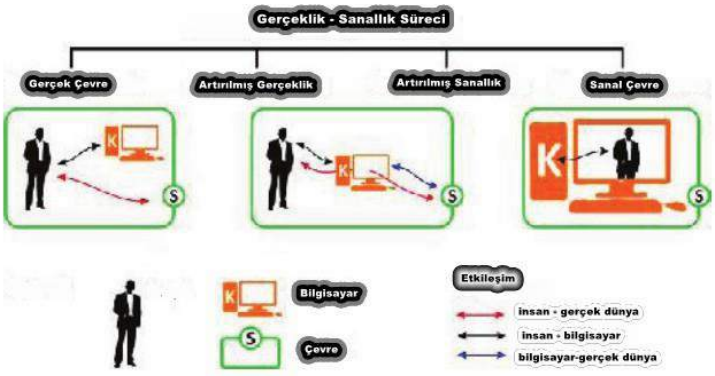
1. Giriş

Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi (AGT), bir ortamdaki nesnelerle, bilgisayar tarafından oluşturulan sanal nesnelerin, ortamda bulunan kullanıcı tarafından bir arada bulunma algısını sağlayan bir bilgisayar teknolojisidir[1]. Gerçek nesneler ile sanal nesneler bir karışım oluşturur. Ortaya çıkan karışım, gerçeği değiştirmek yerine gerçeği tamamlar; onu yazılı ve görsel nesnelerle zenginleştirerek artırılmış olarak kullanıcıya sunar[2]. Geçtiğimiz on yıl boyunca modern mikroişlemcilerin ve bilgisayarların gelişmesi; sanal 3B verilerin elde edilmesini, bunların kişisel bilgisayarların yanı sıra mobil cihazlarda bile parmaklar ile kolaylıkla kontrol edilmesini sağlamıştır[3].

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin eğitim, eğlence, tıp, mühendislik veya sanat gibi birçok farklı alanda büyük potansiyele sahip olduğu kanıtlanmıştır [4].

[5] 'e AGT'nin üç temel unsuru: (1) gerçek ve sanal dünyayı birleşimi, (2) gerçek zamanlı etkileşim ve (3) ve 3B sanal nesnelerin bulunmasıdır. AGT, bir kullanıcının gerçek dünya ile olan algısını ve etkileşimini artırır. Sanal nesneler, kullanıcıların kendi duyuları ile doğrudan tespit edemediği bilgileri gösterir. Sanal nesneler tarafından aktarılan bilgiler, bir kullanıcının gerçek dünyadaki görevleri gerçekleştirmesine yardımcı olur[6]

1994'te Paul Milgram ve Fumio Kishino, Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) sürekliliğini tanımladılar. Şekil 1. Artırılmış gerçeklik, Sanal Ortam (VE) veya Sanal Gerçeklik (SG) deneyiminin bir varyasyondur. AR, kullanıcının sanal ve gerçek dünya ortamlarını eşzamanlı olarak görebildiği ve deneyimlediği her iki ortamla ilgilenirken SG, gerçek dünyadaki gerçekliğe değinmeden kullanıcıları tamamen sanal dünyaya çeker. [7]



Şekil. 1. Gerçeklik-sanallık süreci

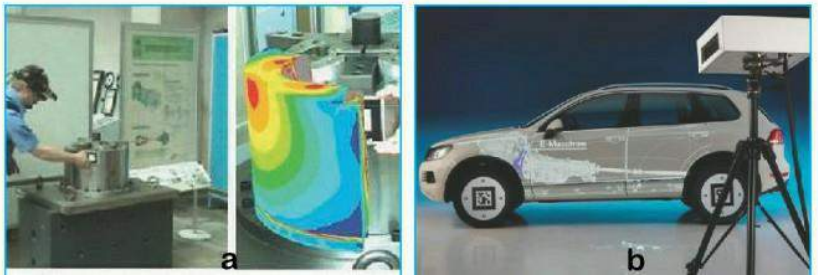
Şimdiye kadar, araştırmacılar gerçek ve sanal görüntüleri harmanlamaya odaklanmışlardır. AGT nin sadece görme değil, ses, koku ya da dokunma gibi tüm duyulara hitap etmesi için çalışmalar yapılmaktadır [8].

2. AGT' nin Makine Mühendisliğinde Uygulama Alanları

Tüm mühendislik dallarında projelendirme aşamasında hazırlanmış olan 3B modellerin sunumunda kullanılmaktadır. Bununla birlikte başka makine olmak üzere mimarlık ve inşaat gibi mühendislik dalları ile mühendislik eğitiminde de kullanılmaktadır.

AGT, mekanik yük, parçalara veya komple yapıya ilişkin ısı dağılımı ve ısıtma ile ilgili görsel 3D bilgilerinin görüntülenmesi için kullanılabilir. Şekil 2a' da görüldüğü gibi, mekanik bir parça boyunca ısı dağılımını tanımlamak için bir artırılmış gerçeklik uygulaması kullanılmıştır. Bu "sanal" bilgi, kullanıcının taşıdığı ekipman ve gözlüklerle görülebilir [9].

AGT'nin en önemli kullanım alanlarından birisi makine montajıdır Şekil 3. Montaj sırasında montaj kılavuzları, sanal ortamlar veya sabit ekranlar ile çalışmak yerine, bir tablet veya akıllı telefon aracılığıyla montaj aşamaları montaj yerinde izlenerek montaj gerçekleştirilir[12]. İyi AGT yazılımının endüstriyel pazar için yaptığı en önemli şey, optik, lazer tarama veya ölçüm gibi optik veya mekanik sensörleri bağlamak ve bir kullanıcının dijital CAD verilerini canlı görünüme yerleştirmesine izin vermek için bu konumlandırma verilerini almaktır. Alınan bu CAD verileri gerçek üretim ortamında ürünlerin üzerine bindirilir ve onlar hakkında görsel bilgiler elde edilmesini sağlar[11]. Şekil. 2b.



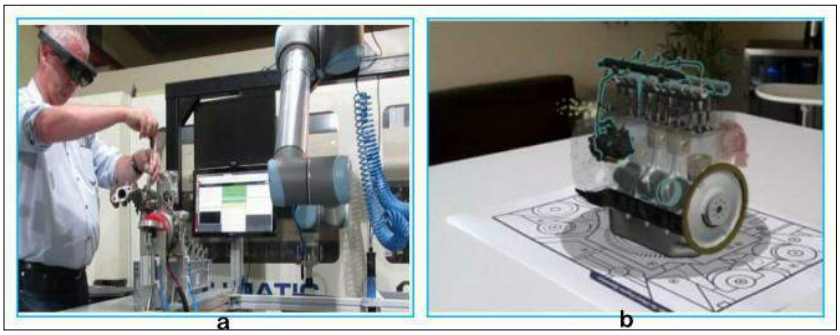
Şekil 2a. Isı dağılımının parça üzerinde izlenmesi b. Otomobilin aktarma organlarının konumu

Şekil 3. Bakım sırasında bir aracın AGT yardımıyla montaj sıralarını takibi (video için burayı tıklayınız)[14]

AGT montaj sırasında işçinin yapacağı işlemler bir gözlük ile yansıtılır bu şekilde işçi ile montaj robotu arasındaki iletişimi sağlanarak montaj gerçekleştirilir[14]. Şekil 4.a

AGT kullanarak bir dizel motorun çalışma prensipleri detaylı olarak öğretilmektedir. Şekil 4b. Resimlerin bağlı olduğu videoları izlemek için resim yazılarındaki yeri tıklayınız.

AGT' nin Makina mühendisliği eğitiminde de ders materyalleri hazırlamak için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır[10]. Şekil 5a' da sürtünme konusu, şekil 5b' de is teknik çizimde kullanımı ile ilgili video bağlantıları yer almaktadır.



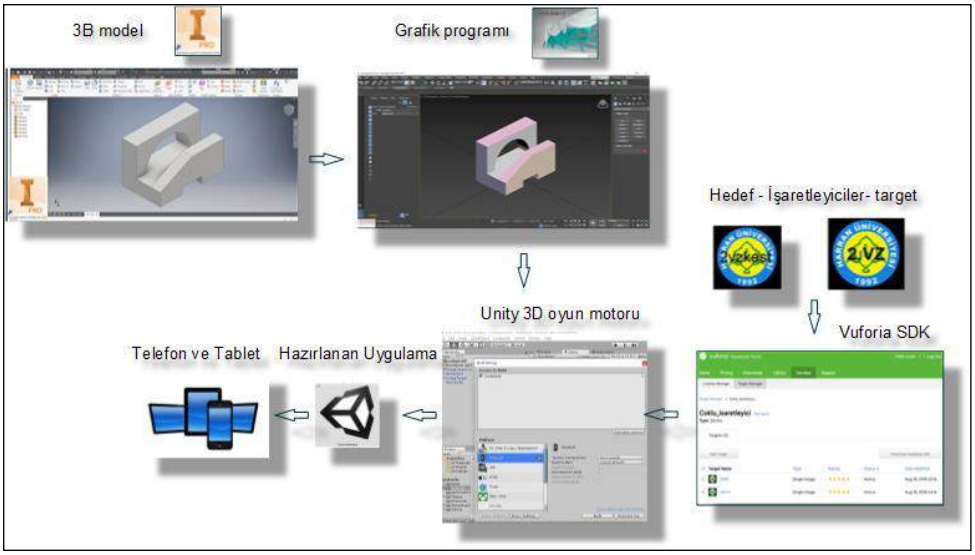
Şekil 4.a. Montaj robotu işçi işbirliği (burayı tıklayınız)[15] b. Dizel motorun çalışması (burayı tıklayınız)[16]

Şekil 5.a. AGT yardımıyla Sürtünme konusu (burayı tıklayınız)[17] b. AGT'nin teknik çizimde kullanımı (burayı tıklayınız)[18]

3. Yöntem,

3.1 AG eğitim materyallerinin hazırlanması

Bu bölümde AGT' nin makina mühendisliği eğitiminde kullanımı konusunda yapmış olduğumuz örnek çalışma ele alınmıştır. Bu çalışmada teknik resim dersinde kullanmak üzere eğitim materyali hazırlamak için izlenen yöntem Şekil 6 da gösterilmiştir.



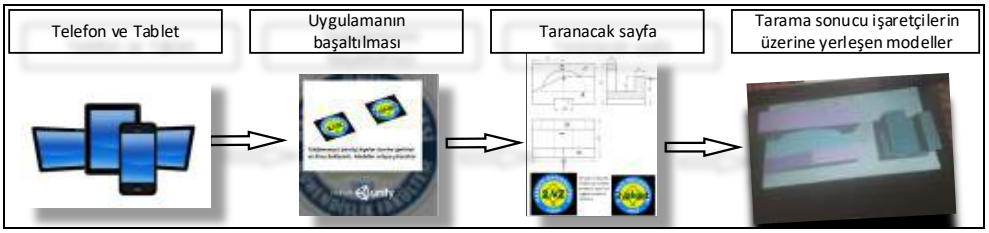
Şekil 6 AGT kullanarak material hazırlama işleminin aşamaları

3B olarak modellenecek parça Autodesk Inventor CAD programında 3B olarak modellenir. Grafik programı Autodesk 3DSmax'a aktarılır. Burada yüzey dokusu ve ışıklandırma atanır. Grafik programında FBX formatına dönüştürülen modeler Unity 3D oyun motorunda sahneye eklenir. Diğer yandan modellerle eşleşecek ve kamera ile izlenecek resimler ücretsiz Vuforia SDK (yazılım geliştirici)

platformuna aktarılır. Burada işlenenene görüntüler bir paket olarak oyun motoruna aktarılır. Oyun motorunun sahnesinde modeler ve hedef resimler eşleştirilir. Kullanılacak ortama (Android, IOS, Windows… vs) uygun olarak bir uygulama paketi halinde dosyaya dönüştürülür.

3.2 AG Materyalinin Kullanımı

Hazırlanan bu material öğrencilerin akıllı telefonu veya tabletlere yüklenir. Uygulama paketi başlatılır. kamerası kağıt üzerindeki işaretleyici olarak tanımlanan resmin üzerinde akıllı telefon veya tablet tutulur. Bir süre sonar resmi atanan 3B model ortaya çıkar. Bu modeler işaretçilerin üzerine yerleşir. Bu şekilde öğrenci, kağıt üzerindeki parka görünüşleri (ön, üst ve solyan) ile parçanın üç boyutlu modeli arasında ilişki kurabilir. Kağıdı çevirerek modele tüm yönlerden bakabilir. Üç görünüşte algılayamadığı derinlikleri modelin üzerinde kolaylıkla algılayabilir.



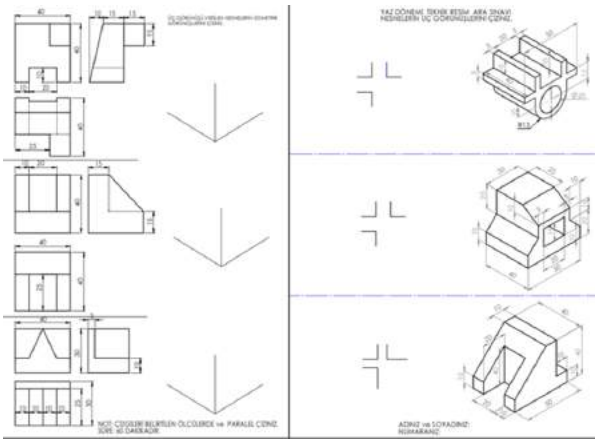
Şekil 7 Hazırlanan materialin kullanma adımları

2015-2016 öğretim yılı yaz döneminde teknik resim dersinde AGT kullanılmıştır. Şekil 8 . Öğrencilere bu uygulama konusunda anket yapılmış ve akademik başarılarına etkisi araştırılmıştır. Şekil. 9

Şekil 8. Teknik resim dersinde AG uygulamasının kullanımı

Dersi alan öğrencilerin tamamı bu dersi daha önceki dönemlerde almış ve başarısız olmuş öğrencilerden oluşmaktadır. Bu öğrencilerin daha önceki dönemlerde teknik resim dersinde almış oldukları puanlar belirlenmiştir. Öğrenciler, akıllı telefonlarına yükledikleri Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi uygulamasını, sınıf içinde ve ev ödevlerini yaparken kullanmıştır. Dönem içinde iki ara sınav notu, dönem sonunda ise bir final sınavı notu verilmiştir. Birinci sınav notu, sınıfta yapılan sınavdan alınan not, ikinci sınav notu ise her hafta verilen ev ödevlerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Öğrenciler hem birinci sınavda hem de ev ödevlerinde Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi uygulamasını kullanmışlardır. Vize sınav soru örneği şekil de verilmiştir. Bu sorularda işaretçi-izlenici olarak görünüşler atanmıştır. Dönem içinde verilen ev ödevleri, bu çalışma kapsamında hazırlanmış olan ekler bölümündeki uygulama kitabında yer almaktadır. Öğrencilerdeki akademik başarı durumundaki gelişmeyi belirlemek amacıyla final sınavında telefonlarına yüklemiş oldukları Artırılmış Gerçeklik uygulamasının kullanılmasına izin verilmemiştir.

Şekil 9. Teknik resim dersinde AGT uygulamasına katılan öğrenciler

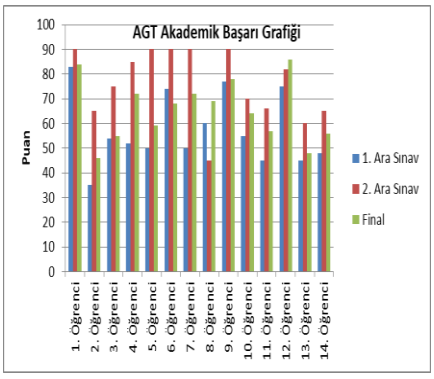


Şekil 10. Dönem içinde yapılan sınavlarda sorulan örnek sorular

4. Bulgular ve Tartışma

TABLO I. Akademik Başarı Çizelgesi

Akademik Başarı Notları				
Öğrenci	1. Ara Sınav	2. Ara Sınav	Final	Başarı Notu
1. Öğrenci	83	90	84	85
2. Öğrenci	35	65	46	47.6
3. Öğrenci	54	75	55	58.8
4. Öğrenci	52	85	72	70.6
5. Öğrenci	50	90	59	63.4
6. Öğrenci	74	90	68	73.6
7. Öğrenci	50	90	72	71.2
8. Öğrenci	60	45	69	62.4
9. Öğrenci	77	90	78	80.2
10. Öğrenci	55	70	64	63.4
11. Öğrenci	45	66	57	56.4
12. Öğrenci	75	82	86	83
13. Öğrenci	45	60	48	49.8
14. Öğrenci	48	65	56	56.2
Ortalama	**57.36**	**75.93**	**65.29**	**65.83**



Şekil 11. AGT uygulamasına katılan öğrencilerin akademik başarı grafiği

2015-2016 öğretim yılı yaz dönemi açılan teknik resim dersinde AGT ile hazırlanan materyaller kullanıldı. 4 hafta süren ders döneminde her hafta her biri 2 saat süren AGT uygulaması yapıldı. Dönem sonunda dersi alan öğrencilerin dönem için yapılan ara sınav , ödevler ve dönem sonundaki final sınavında aldıkları notlar değerlendirildi. Çizelge ve grafik olarak sunuldu. Çizelge 1' de görüldüğü gibi öğrencilerin 1. Ara sınav not ortalaması 57.36

2.sınav sonucu 75.93 bulunmuştur. İlk sınavın düşük olmasının nedeni öğrencilerin bu teknolojiye yeni adapte olmaya başlamaları şeklinde

yorumlanabilir. İkinci ara sınav, dönem içinde veriler ödevlerin ortalaması alınarak değerlendirildi. Öğrenciler ödevlerini yaparken telefonlarına yükledikleri AG uygulamasını kullandı. Sürenin uzun olması ve çok sayıda ödev yapılması ve bu süre zarfında öğrencilerin AG uygulamasını kullanarak ödevlerini başarı ile yapması sonucu puanlarında artış olmuştur. Final sınavında öğrencilere, AG uygulamasının kalıcı fayda sını belirlemek amacıyla telefonlarını kullanmalarına, dolaysıyla AG uygulamasından yararlanmalarına izin verilmemiştir. Bu yüzden final sınav not ortalaması düşük olmuştur. Öğrencilerin başarı not ortalaması 1. ara sınava göre artış göstermiştir. Öğrencilerin dersi tekrar alan ve önceki dönemlerdeki notlarının en az 55 olduğu dikkate alınırsa tüm öğrencilerin başarı notlarında bir artış meydana gelmiştir. Öğrencilerin akademik başarılarındaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla sınav sonuçlarına ilişkin Normal dağılım testi ve ANOVA testleri yapıl mıştır. Normal dağılım testinde sınav sonuçları dağılımları Çizelge 1.' de görüldüğü gibi ($p>0.05$) normal karakteristik gösterdiğinden parametric testlerden tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. ANOVA test sonucuna göre sınav ortalamalarındaki artışın istatistiksel olarak anlamlı nucuna göre Çizelge 3' te görüldüğü gibi sınav ortalamaları arasındaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) görülmektedir.

TABLO II . Sınav sonuçlarına ilişkin Normal dağılım testi değerleri

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
SınavTürü	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1.Vize	.208	14	.102	.914	14	.179
2.Vize	.193	14	.167	.873	14	.046
Final	.121	14	.200*	.964	14	.783

TABLO III. Sınav sonuçlarına ilişkin tek yönlü ANOVA test değerleri

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2431.476	2	1215.738	6.405	.004
Within Groups	7403.000	39	189.821		
Total	9834.476	41			

TABLO IV . Teknik resim dersinde AGT kullanımı konusunda öğrenci görüşleri

1. Öğrenci:	Güzel bir uygulama. İleriki derslerde öğrencilere faydası olacağını düşünüyorum.
2. Öğrenci:	Faydalı bir uygulamadır.
3. Öğrenci	Bence güzel bir uygulama. Şekli zihinde canlandırmada zorlanan arkadaşlar için çok faydalı olacağından eminim. Derse olan ilgiyi arttıracağına inanıyorum.
4. Öğrenci:	Teknik resim derslerinde kullanılmasını tavsiye ederim. Dersin daha iyi anlaşılmasını sağlar.
5. Öğrenci:	AG Teknolojisi programı daha ayrıntılı olabilir. İzometrik görünüşte parçalar farklı renklerde gösterilse daha faydalı olur düşüncesindeyim.
6.öğrenci	Yaz okulu başlamadan önce izometrikleri çizmekte çok zorlanıyordum. Verilen ödevleri AGT uygulamasını kullanarak artık kendim de yapabiliyorum.
7.Öğrenci:	Görüş bildirmemiştir
8.Öğrenci:	Çok güzel bir uygulama. Normal derslerde de kullanılmalıdır. Beyin gücünün gerçekleşmesinde yardımcı olur.
9.Öğrenci:	Faydalı olduğunu düşünüyorum. Canlandırma açısından bana göre çok faydalı.
10.Öğrenci:	Bana etkisi az oldu ama şekli algılamamızı sağladı
11.Öğrenci:	Benim en büyük sıkıntı çektiğim konu izometrik çizimdi. AGT uygulamasını kullandıktan sonra %80 e kadar kafamda çizimi nasıl çizerim, üç boyutlu nasıl düşünürüm sorularıma faydası oldu.
12. Öğrenci:	AGT teknolojisi iyi olabilir, özellikle dersi ilk defa alanlar için. Ben çok kullanmadım. Çünkü dersi iyi dinledim ve kendimi derse verdim. Dersten kaçmadım.
13. Öğrenci:	Algılamada kolaylık sağlıyor. Kullanılmalıdır.
14.Öğrenci	Teknik Resim dersine bakışımı ve ilgimi değiştirdi. Dersi öğrenmede önemli etken oldu. Çok başarılı bir yöntem olduğunu düşünüyorum.

Teknik resim dersinde AGT kullanımı konusunda dönem sonunda öğrencilerin görüşleri alınmıştır [13]. Çizelge 4' te görüldüğü gibi öğrencilerin çoğu AGT uygulamasını faydalı bulmuş ve gelecek yıllarda da kullanılması konusunda görüş bildirmişlerdir.

5. Sonuç

AGT nin teknik resim dersinde kullanılması, günümüz dijital teknolojisine aşina olan öğrencilerde derse ilgiyi, motivasyonu ve başarıyı artırmıştır. Diğer yandan lisede teknik resim dersi almamış veya genetik olarak uzamsal görselleştirme becerisi düşük olan öğrenciler 2 boyutlu görünüşleri verilen parçaları zihinlerinde canlandırmada büyük zorluk yaşamaktadır. Ayrıca izometrik görünüşü verilen bir parçanın iki boyutlu görünüşlerini çıkarma ve parçaların kesitlerini oluşturma gibi konular da bu öğrencilere zor gelmektedir. AGT uygulaması ile parçaların derinlikleri daha iyi algılanmakta, detaylar kolayca farkedilmekte ve öğrenci parka ile etkileşim kurabilmektedir. Öğrenci görüşleri ve elde edilen akademik başarı sonuçları AGT'nin makina mühendisliği eğitimine dijital bir eğitim aracı olarak büyük katkılar sağlayacağını göstermiştir.

Gelecek dönemlerde AGT'nin sadece teknik resim dersinde değil, diğer derslerde de derse ilgiyi, motivasyonu ve başarıyı artıracağı için önemli bir eğitim aracı olarak ile kullanımı yaygınlaşacaktır.

6. Referanslar

[1] Murru, G., Fratarcsngeli, M., Empler, T., Augmented Visualization on Handheld Devices for Cultural Heritage, Practical Augmented Visualization on Handheld Devices for Cultural heritage, in: V. Skala (Eds.), WSCG 2013 - Communication Papers Proceedings, University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic, 2013, pp. 97-103.

[3]Pejić P., Rizov T., Krasić S., Stajić B. Augmented Reality Application In Engineering SMAT2014-AEM37 Science and Management of Automotive and Transportation Engineering, 23-25 of October, 2014 Craiova, Romania

[4] Petar, P., Sonja, K., Nenad, J., The application of augmented reality in the presentation of existing architectural facilities, 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics, moNGeometrija 2014, Vlasina, Serbia,

[5] R.T.Azuma, "A Survey of Augmented Reality", Teleoperatorsand Virtual Environments, 355-385, 6, 4 August 1997. [11] P. Milgram, F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays", IEICE Transactions on Information Systems, 77 (12), 1321-1329, 1994.

[6] Tashko, R., Risto, T., Technical vizualization in the process of vehicle identification using augmented reality, 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics, moNGeometrija 2014, Vlasina, Serbia, 2014, pp. 51-60.

[7] Alcimar, S., Edgard, L., Adriano, A., Alexandre, C., Virtual and Augmented Reality: A New Approach to Aid Users of Myoelectric Prostheses, Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges, 2012.

[8] Golabchi, A., Akula, M., Kamat, R., Leveraging BIM for Automated Fault Detection in Operational Buildings, The 30th Int. Symp. on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2013), Montreal, Canada, 2013

[9] Doil, F., Schreiber, W., Alt, T., Patron, C., Augmented Reality for manufacturing planning, Proceedings of the workshop on Virtual environments, Zurich, Switzerland, ACM, New York, 2003.

[10] Hirosuke, H., Yohei, M., Augmented Reality- based Support System for Teaching Hand-drawn Mechanical Drawing, Procedia - Social and Behavioral Sciences 103, 2013., pp. 174.-180.

[11] Tallyn, E., Frohlich, D., Linketscher, N., Signer, B., Adams, G., Using paper to support collaboration in educational activities, In Proceedings of the conference on computer support for collaborative learning, 2005, pp. 672–678.

[12] Bannos, M., Botella, C., Rubio, I., Quero, S., Garcıa, A., Alcaniz, M., Presence and emotions in virtual environments: the influence of stereoscopy, CyberPsychology and Behavior 11(1), 2008, pp. 1–9.

[13]Balak, V. , KISA, M. . (2016). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Teknik Resim Eğitimi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 1 (2), 17-26. Retrieved from http://dergipark.gov.tr/humder/issue/28977/309951

[14] https://www.youtube.com/watch?v=P9KPJlA5yds, 24.09.2018

[15] https://www.eonreality.com/portfolio-items/augmented-reality-assembly-assistance/?portfolioCats=611 24.09.2018

[16]https://www.eonreality.com/portfolio-items/augmented-reality-diesel-engine-training/?portfolioCats=611, 24.09.2018

[17] https://www.youtube.com/watch?v=M4qZ0GLO5_A&t=11s, 24.09.2018
[18] https://www.youtube.com/watch?v=AW_mvjcyxk0, 24.09.2018

Özet

Karşılaştığı sorunlara mazeret yerine çözüm üretmesi beklenen mühendislerden, sistem ve kavramları zihinlerinde canlandırarak analitik düşünmesi ve hızlı bir şekilde sonuca gitmesi beklenir. Bu nitelikleri sağlayan en önemli beceri, uzamsal görselleştirme becerisi olarak ifade edilen nesne ve kavramları zihinsel olarak üç boyutlu görselleştirme becerisidir. Bu çalışmada bu becerinin önemi ve geliştirilmesi için yapılan çalışmalar ve sonuçları ele alınmıştır. Ayrıca 2017-2018 öğretim yılı güz döneminde Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliğinde teknik çizim dersi alan öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Mühendislik eğitimi; uzamsal görselleştirme becerisi ; Purdue uzamsal görselleştirme testi.

Abstract

Engineers who are asked to produce solutions instead of excuses for the problems they face, are expected to think analytically and quickly come to the conclusion by visualizing the systems and concepts in their minds. The most important skill that provides these qualities is the ability to mentally visualize objects and concepts that are expressed as spatial visualization skills. In this study, the importance and development of this skill and its results are discussed. In addition, the spatial visualization skills of the students who took technical drawing courses in the Mechanical Engineering Department of the Harran University Faculty of Engineering in 2017-2018 fall semester were investigated.

Keywords:

Engineering education; spatial visualisation skill; Purdue spatial visaulisation test.

Mühendislik Eğitiminde Uzamsal Görselleştirme Becerisinin Önemi ve Geliştirilmesi

The Importance and Development of Spatial Visualization Skill in Engineering Education

Murat KISA[1]
Vehbi BALAK[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1.Giriş

Üç boyutlu uzamsal görselleştirme becerilerinin geliştirilmesi veya iyileştirilmesi, genellikle mühendislik eğitiminin en önemli amaçlarından biri olarak gösterilmektedir. Tarihsel olarak, mühendislik öğrencilerinin uzamsal becerileri, birkaç dönem süren klasik teknik çizim derslerinin bir yan ürünü olarak gelişme göstermekteydi. Mühendislik müfredatı zamanla geliştikçe, geleneksel teknik resim derslerine CAD, tasarım ve yaratıcılık gibi ek konuları dahil edilmiştir. El ile çizim tekniğindeki cetvel, pergel, gönye gibi klasik çizim araçlarının kullanımı yerini, serbest el çizimi ve / veya bilgisayar uygulamalarına büyük ölçüde veya tamamen bırakmıştır. Bu evrimsel süreç boyunca, teknik resim eğitimindeki amaçlar değişmiştir. Bu derslerde 3-boyutlu uzamsal becerilerin geliştirilmesine daha fazla önem verilmiştir, ancak kendileri oldukça gelişmiş becerilere sahip olan birçok teknik resim eğitmeni, uzamsal becerileri anlamada ya da etkin bir şekilde nasıl geliştirilebileceğine dair resmi bir eğitim almamıştır [1]. Sorby, uzamsal beceriler üzerine yapılan araştırmaları incelemiş ve bu konu ile ilgili çeşitli soruları yanıtlamıştır. Yazar ayrıca teknik çizim eğitimcilerinin, öğrencilerin bu becerilerini geliştirmek uygulayabileceği yöntemleri açıklamıştır.

Turgut M. ve ark.[2] araştırmalarında uzamsal yetenek kavramı yerine, uzamsal görselleştirme, görsel-uzaysal yetenek, uzamsal kavrama yeteneği ve üç boyutlu görselleştirme ifadelerinin birbirlerinin yerlerine kullanıldığını belirtmişlerdir.

Eğitim psikolojisi konusunda araştırmalarda uzamsal beceri ile uzamsal yetenek arasındaki fark; uzamsal yeteneğin doğuştan ve genetik olduğu, uzamsal becerinin ise eğitim ile geliştirilebileceği şeklinde ifade edilmektedir. Üniversite seviyesindeki öğrenciler için daha önce eğitim alıp almadıkları ve hangi öğrencinin doğuştan uzamsal görselleştirme yeteneğine sahip olduğu bilinmediği için bir çok kaynakta uzamsal yetenek ile uzamsal beceri birbirinin yerine kullanılabilmektedir[1].

Uzamsal becerilerin tanımı konusunda, 19320 ve 30 lu yıllardan beri yapılan eğitim psikolojisi alanındaki çalışmalarda kesin uzlaşma sağlanamamıştır. Kahle [3], uzamsal görselleştirmenin bir nesneyi ya da deseni hayal gücünde manipüle etme kabiliyeti olarak ifade etmiştir. Linn ve Petersen [4], uzamsal yeteneğin bilginin şekillerle oluşturulmasına, gösterilmesine, dönüştürülmesine ve hatırlanmasına karşılık gelen yetenek olduğu tarafından belirtmiştir. Salthouse ve ark [5], uzamsal görselleştirmeyi, nesnelerin zihinde döndürülmesi, katlanması, yeniden konumlandırılması

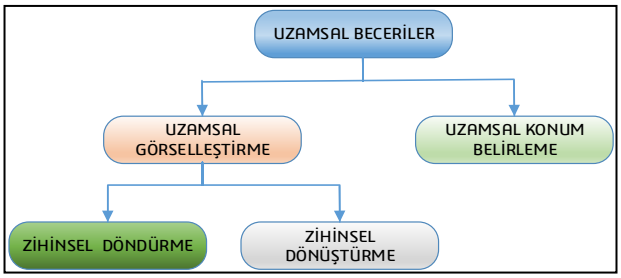
veya başka bir şekle dönüştürülmesinin gerekli olması halinde yeni konumunun nasıl ortaya çıkacağını zihinde canlandırılması olarak ifade etmiştir Clements [6], uzamsal görselleştirme yeteneğini imge kavramı üzerinden açıklamış ve imgenin sadece zihinde oluşturulan bir resim olmadığını, daha soyut bir kavram olduğunu, iki ve üç boyutlu nesnelerin imgelerini oluşturabilme , bu imgeleri değiştirebilme ve kullanabilme yeteneği olarak tanımlamıştır.. İmge; duyularla alınan, bir uyaran söz konusu olmaksızın, bilinçte beliren nesne ve olaylar, hayal, imaj olarak tanımlanmaktadır (TDK. Sözlük say. 1076)[42].

Maier [7], uzamsal becerilerin; Uzamsal Algılama, Uzamsal Canlandırma, Zihinsel Döndürme, Uzamsal İlişkilendirme ve Uzamsal Konumlandırma olarak isimlendirilen beş elemandan oluştuğunu belirtmiştir. Tartre [8], McGee'nin [9] daha önceki çalışmalarını incelemiş ve uzamsal becerileri nesnelerin zihinde uç boyutlu görselleştirmesi ve yönlendirilmesi şeklinde iki bileşenden oluştuğunu belirtmiştir. Uzamsal görselleştirme bileşeni, bir nesnenin zihinsel olarak hareket etmesini , uzamsal yönlendirme bileşeni ise nesne uzayda sabit kalırken, bakış açısını zihinsel olarak hareket ettirme olarak ifade edilmektedir. Uzamsal görselleştirme bileşeni daha sonra zihinsel döndürme ve zihinsel Dönüştürme olarak iki bileşene ayrılmıştır., Zihinsel döndürme ile, nesnenin tümü uzayda döndürülerek farklı konuma getirilirken, zihinsel dönüştürme ile, nesnenin sadece bir kısmı döndürülerek farklı bir konuma getirilir. Uzamsal becerilerin sınıflandırılması Şekil 1'de gösterilmiştir.

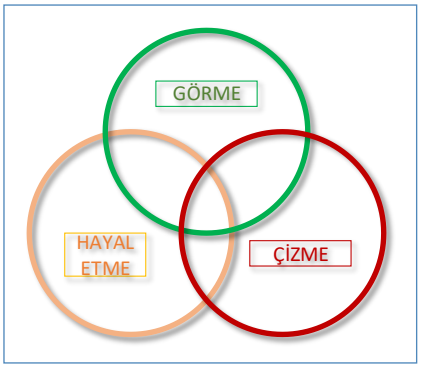
Halen, uzamsal yetenekler üzerine yakın zamanda yapılan çalışmalarda , araştırmacıların çoğu oryantasyonu ölçmek için kullanılan araçların rotasyonu ölçmek için kullanılanlara benzer olmasından dolayı bu farkın bulunmadığını göstermiştir (Hegarty ve Waller, 2004)[10].

Gonzales ve ark. [11] yaptıkları çalışmada, Carroll'un[12] önerdiği iki faktöre (uzamsal dönme ve uzaysal görselleştirme) üçüncü bir bileşeni, uzamsal yönelimi eklemiştir. Bu yazarlar tarafından yürütülen çalışmalara göre, birçok yazar doğru olduklarına rağmen, mekansal yönelim ve uzaysal rotasyon aynı değildir.

Uzamsal beceriler ile yakından ilgili bir kavram ise görsel düşüncedir. McKim [13], görsel düşüncenin üç tür imge tarafından yerine getirildiğini belirtmiş ve bunları; Görülenler, Akıl gözüyle hayal edilenler ve Çizilenler olarak ifade etmiştir. Uzmanlar, görsel düşünceyi meydana getiren üç bileşenin birbirleriyle etkileşim içinde olduğunu Şekil 2'de gösterilen şemaya benzetmektedir. Görme ve çizme arasındaki etkileşimi "görme çizimi kolaylaştırır, çizim ise görmeyi canlandırır." Şeklinde ifade etmişlerdir. Yine şekildeki şemada çizme ve hayal etme arasındaki etkileşim “çizim hayal gücünü uyarır ve ifade eder, hayal etme ise çizim için malzeme sağlar”. Görme ile hayal etme arasındaki etkileşim “ hayal etme görmeyi yönlendirir ve filtrelerken, görme ise hayal etme için malzeme temin eder” . Üç çemberin ara kesitinin olduğu bölge yani görme, hayal etme ve çizmenin bir araya geldiği anda en yoğun görsel düşünme eylemi yaşanmaktadır Bennett[14].



Şekil 1. Uzamsal becerilerin sınıflandırılması



Şekil 2. Görsel düşünmenin elemanları

1.1 Uzamsal Becerilerin Geliştirilmesi

Piagetian teorisine göre, mekansal beceriler üç aşamada gelişir. İlk aşamada topolojik beceriler kazanılır. Topolojik beceriler öncelikle iki boyutludur ve çoğu çocuk tarafından 3-5 yaşına kadar elde edilir. Bu becerilerle, çocuklar bir nesnenin başkalarına olan yakınlığını, bir gruptaki sırasını ve onun muhafaza edilmesini ya da daha geniş bir çevre tarafından korunmasını tanıyabilirler. Bulmacaları bir araya getirebilen çocuklar genellikle bu beceriyi kazanmışlardır. Gelişimin ikinci aşamasında, çocuklar, üç boyutlu nesnelerin görselleştirilmesini ve farklı bakış açılarından neye benzeyeceğini veya uzayda döndürüldüklerinde veya dönüştürüldüklerinde nasıl görüneceklerini algılar. Çocukların çoğu, tipik olarak, gündelik yaşam deneyimlerine aşina oldukları nesneler için bu beceriyi ergenlik tarafından kazanırlar. Bu beceriyi kazanmamış lise ve hatta üniversitedeki birçok öğrenci bu aşamada nesneleri görselleştirmede zorluk çeker. Üçüncü aşamada insanlar alan, hacim, mesafe, taşıma, döndürme ve yansıma gibi kavramları zihinlerinde canlandırabilirler. Bu aşamada kişi duygularıyla algıladığı bu ölçüm kavramlarını birleştirebilir.

Bazı kişilerin yüksek uzamsal beceriye sahip olması, bazılarının bu becerilerinin gelişmemiş olması konusunda bir çok teori bulunmaktadır.

Üç boyutlu nesnelerin bu becerilerin geliştirilmesinde önemli bir faktördür. (McKim, 1980[13]; Sorby & Baartmans, 1996[15]; Sorby ve Gorska, 1998[16]; Field, 1994[17]; Bowers). ve Evans, 1990)[18]. Pek çok araştırmacı, iyi gelişmiş uzamsal becerilere sahip olan öğrencilerin okul öncesi etkinliklerini tespit etmek için çalışmalar yapmışlardır (Leopold ve ark., 1996[19]; Medina ve ark., 1998[20]; Deno, 1995[21]. Her çalışma biraz farklı sonuçlar vermiş olsa da, göz-el koordinasyonu gerektiren etkinliklerin bu becerileri geliştirmeye yardımcı olduğu belirlenmiştir.

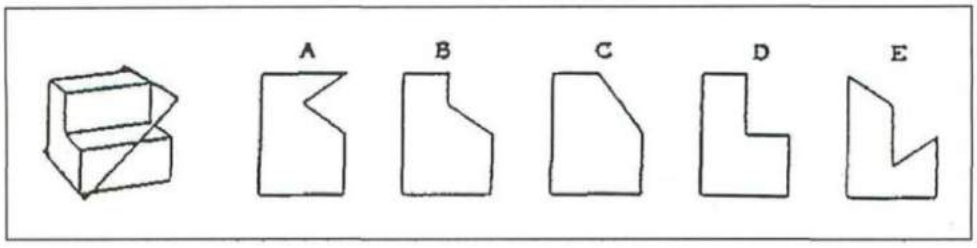
Sorby[22], Uzamsal becerileri geliştirdiği tespit edilen faaliyetleri

1. Çocuklukta Legolar ile oynamak,
2. Ortaokul veya lisede çizim ve mekanik dersleri almak,
3. Üç boyutlu bilgisayar oyunları,
4. Bazı spor türlerine katılmak,
5. Matematik derslerinde başarılı olmak.

1.2 Uzamsal Becerilerin Ölçümü

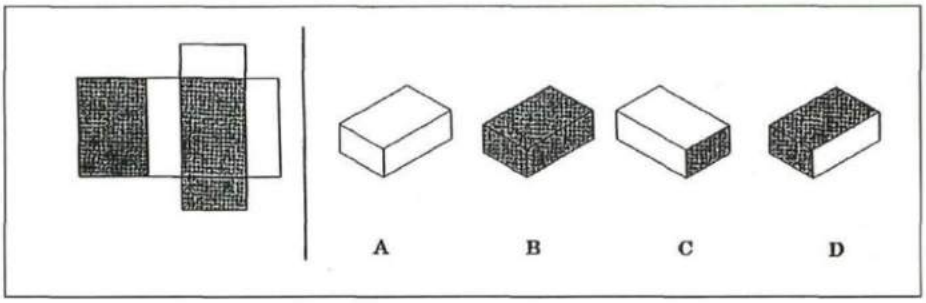
Birçok uzamsal beceri testi, kişinin gelişim düzeyinin ilk iki aşamasındaki beceri düzeylerini değerlendirmek için geliştirilmiştir (Likert, 1970)[23]. Bu testler, esas olarak 2 boyutlu testlerdir (Oltman ve ark. 1971)[24] ve çoğu mühendislik eğitiminde kullanılmamaktadır (Sorby, 1998)[25].

Gelişimin ikinci aşamasına ait , kişinin projektif beceri seviyelerini değerlendirmek için tasarlanmış çok sayıda test vardır. Bunlar 3 boyutlu testler olduğundan, bu araçları kullanarak mühendislik eğitiminde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Zihinsel Kesim Testi (MCT) (CEEB, 1939)[] ilk kez ABD'de bir üniversite giriş sınavı için geliştirilmiş ve 25 maddeden oluşmaktadır. Sınavdaki her problem için, öğrencilerden beş alternatif arasından doğru sonucu veren kesiti seçmeleri beklenir. MCT'den örnek bir problem Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil. 3 MCT (Zihinsel Kesme Testi) testinden bir örnek soru

Diferansiyel Yetenek Testi: Uzay İlişkileri (DAT: SR) (Bennett ve ark., 1973)[26] 50 maddeden oluşmaktadır. Öğrencilerden İki boyutlu verilen modelin katlanması sonucu dört alternatiften doğru olan nesneyi seçmeleri istenmektedir. Bir çalışmada (Medina ve ark., 1998)[20], DAT: SR üzerinde bir öğrencinin elde ettiği puanın, mühendislikte çizim dersindeki başarının en önemli belirleyicisi olduğu, diğer üç uzaysal görüntüleme testine (MCT dahil) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. DAT: SR'den bir örnek, Şekil 4'te gösterilmiştir.

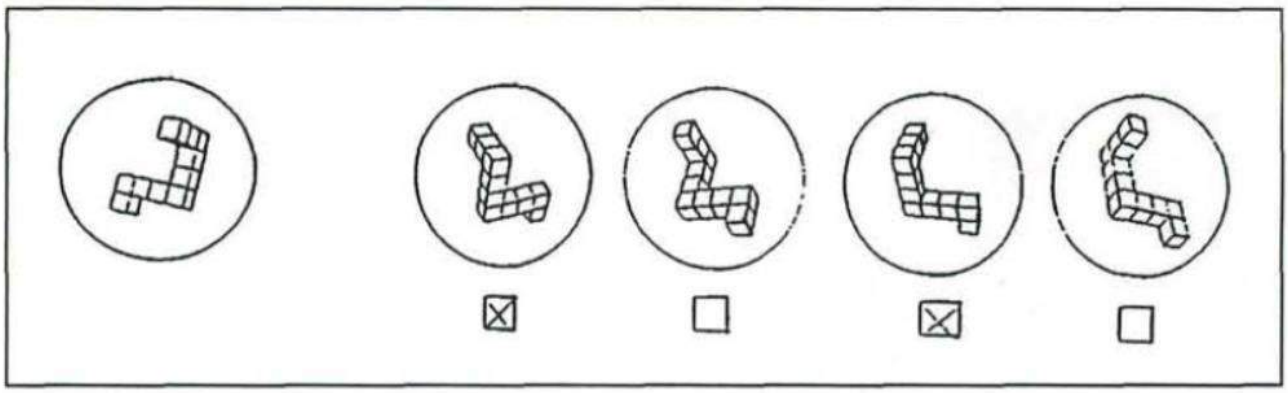


Şekil. 4 DAT:SR (Diferansiyel Yetenek Testi: Uzay İlişkileri) testinden bir örnek

Zihinsel döndürmelerle ilgili olarak, kişinin beceri seviyelerine çeşitli testler geliştirilmiştir. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi: Döndürme (PSVT: R), Guay tarafından geliştirilmiş ve 30 maddeden oluşmuştur(Guay, 1977)[27]. Bu testle, öğrenciler, bir nesnenin belirli bir kurala göre döndürülmesini kavradıktan sonra, aynı kuralı ikinci bir nesneye uygular ve bu nesnenin alacağı yeni konumu verilen seçeneklerden belirlemesi istenir . Michigan Üniversitesi' nde yapılan bir araştırmaya göre mühendislik öğrencileri arasında uzamsal becerileri ölçmede en etkili testin Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi olduğu belirlenmiştir (Gimmestad, 1989)[28]. Şekil 6, PSVT'nin bir örnek sorusunu göstermektedir.

Zihinsel Döndürme Testi (MRT) (Vandenberg & Kuse, 1978)[29], bir kişinin görselleştirme becerisini ölçmek için kullanılan bir başka testtir . Vandenberg ve Kuse tarafından geliştirilmiştir ve 20 sorudan oluşmaktadır. Her sorunun, iki doğru cevabı vardır. Öğrencilerden, cevaplardan hangi ikisinin verilen modele ait döndürülmüş görüntüleri yansıttığını tanımlamaları istenir. MRT'den örnek soru Şekil 5'te gösterilmiştir.

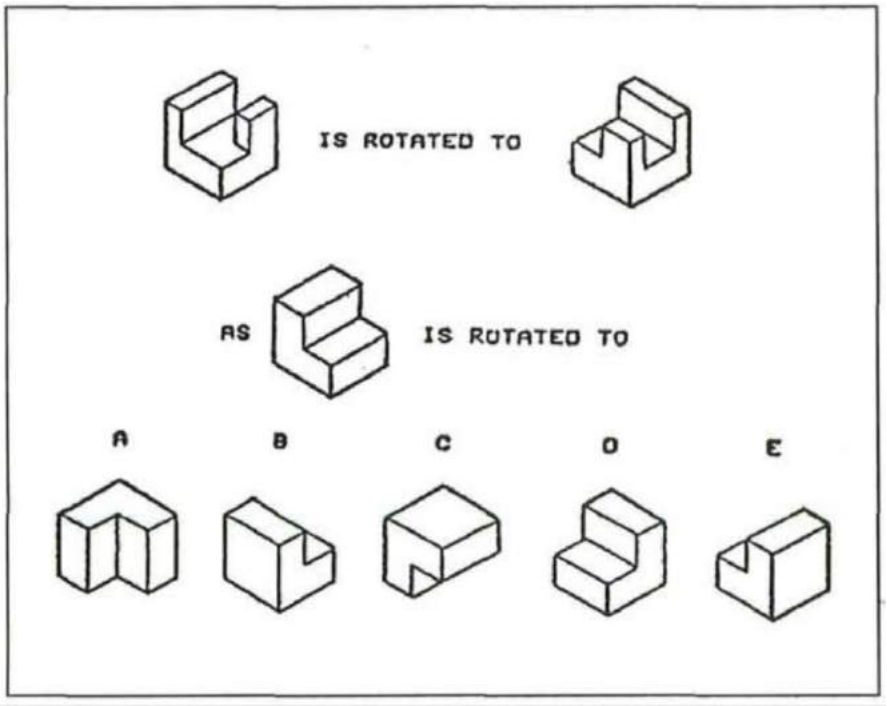
Bir kişinin döndürülmüş katıları görselleştirme yeteneğini değerlendirmek için tasarlanmış üçüncü bir test Gittler (1998)[30] tarafından geliştirilen 3Dimensional Cube (3DC) testidir. Bu test, 18 sorudan oluşmaktadır Her soruda, üç tarafta görünür kalıpları olan bir ölçüt küpü bulunur. Öğrencilere, ölçüt küpünün altı tarafının her birinde farklı desenleri olduğu söylenir. Öğrenciler, uzayda döndürülen küpün bir görünümünü temsil eden altı seçenek arasından seçim yapar. Bu testte iki de ilave seçenek vardır. Bunlardan biri "Cevabı bilmiyorum" diğeri ise " hiç biri doğru değildir" seçenekleridir. Şekil. 7 Bu test zaman-sınırlı bir test değildir, çünkü bu, uzamsal beceri düzeylerinin ölçülmesiyle hız ve güç arasında bir karışıklığa yol açabilir (normalde testin tamamlanması 15 ila 40 dakika arasında sürer). 3DC testinden bir örnek problem gösterilmektedir.



Şekil 5. MRT (Zihinsel Döndürme Testi) bir örnek soru

1.3 Uzamsal Görselleştirme Becerisi Mühendislik öğrencileri için önemi

Yıllar boyunca uzamsal görselleştirmede çeşitli eğitim araştırmaları yapılmıştır. 1964 yılında, Smith (1964)[31] uzamsal görselleştirme konusunda yaptığı araştırmada 84 farklı dalda uzamsal becerilerin önemli olduğunu belirtmektedir. Maier (1994)[32], mühendislik gibi teknik mesleklerde uzamsal görselleştirme becerileri ve zihinsel döndürme yeteneklerinin özellikle önemli olduğu sonucuna varmıştır. McKim (1980)[33], görsel olarak düşünme yeteneğinin sadece sanatçılar için değil, aynı zamanda bilimsel ve teknik kariyerlerde de önemli olduğuna işaret etmektedir. 1950'lerde, Grinter Raporu (1955)[34] olarak bilinen mühendislik eğitimi reformu hazırlanmıştır. Bu raporda mühendislik eğitiminde teknik çizimin hem bir iletişim biçimi hem de analiz ve sentez için bir araç olduğu bu dersteki başarının mesleki başarı için bir ölçü olduğu belirtilmekte ve mühendislerin güçlü uzamsal becerilere sahip olması ve fikirlerini serbest el çizimleri ile aktarabilme özelliğine sahip olması gerektiği belirtilmiştir Bu rapor neredeyse yarım yüzyıl önce yazılmış olmasına rağmen, mühendislik eğitimiyle ilgili yorumları bugün hala doğruluğunu korumaktadır(Sorby, 1990)[35] . Ferguson(1992)[36], Francesco di Giorgio, Leonardo da Vinci, Georg Agricola ve Mariano Taccola gibi önce sanatçıların mühendis olduklarını belirtmektedir.



Şekil 6. PSVT:R (Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi:Döndürme) bir örnek soru

1.4 Mühendislik Eğitiminde uzamsal Görselleştirme becerilerini artırmak

Bazı çalışmalar, uzamsal becerileri artırmak için hazırlanmış olan bilgisayarda hazırlanmış üç boyutlu modellerin uzamsal görselleştirme becerilerinin gelişmesine katkı sağladığını göstermiştir. Ancak, Michigan Teknik Üniversitesinde (MTU) yapılan araştırmada bilgisayarda oluşturulan üç boyutlu modellerin uzamsal becerilerin gelişmesine katkısının , serbest el çizimi ile yapılan klasik derslerde kazanılan uzamsal becerilerden fazla olmadığı belirlenmiştir (Sorby ve Gorska, 1998)[37]. Sorby (1999)[1] çalışmasında, MTU bilgisayar destekli çizim dersi alana öğrenciler ile el ile çizim yapan öğrenci gruplarına uzamsal görselleştirme testi uygulamış, sonuçları değerlendirdiğinde el ile çizim yapan öğrencilerin uzamsal becerilerinin CAD programı ile çizim yapanlardan daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Yazar , uzamsal becerileri geliştirmek için 3 boyutlu modellerin mutlaka serbest el ile kağıt üzerine çizilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Uzamsal becerilerin geliştirilmesi için öğrencilerin elle dokunacakları ve özellikle kesilmiş , ahşaptan veya plastikten yapılmış somut modellere ihtiyaç vardır McKim(1980)[33].

Ahşap veya tahtadan yapılmış modeller kalabalık sınıflar için sayı ve çeşit bakımından yetersiz kalmakta ve tüm öğrencilerin bunları sırayla kullanması zaman almaktadır. Ayrıca bu modellerin kullanımı ders saatleri ile sınırlı kalmaktadır. Günümüzde sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanarak hazırlanan dijital modellere öğrenciler dokunabilmekte, parmakları ile hareket ettirebilmekte ve döndürerek tüm detaylarına bakabilmektedir. Öğrencilerin telefonlarına yüklenen bu dijital modeller ders saatleri dışında da kullanılabilmektedir.

Uzamsal görselleştirme konusunda çok önemli çalışmalar yapmış olan Sorby(1999)[1] , bu becerilerin gelişmesinde teknik çizim dersinde dokunulabilir modellerin kullanılması gerektiğini, sonra bu modellerin izometrik görünüşlerinin çizilmesini sonra imalat görünüşlerinin çıkarılmasını en son aşamada ise görünüşlerden parçanın izometik resminin çizilmesini önermektedir.

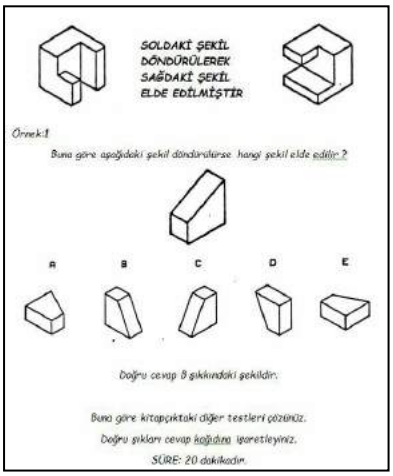
1993'ten beri Michigan Technical Üniversitesi'nde yeni başlayan mühendislik öğrencilerine dönem başında Sorby ve Ekibi tarafından PSVT-R testi uygulanmakta, testten %60 'ın altında başarı gösteren öğrencilere 10-14 saat uzamsal görselleştirme becerisini geliştirme eğitimi verilmekte ve eğitim sonucu test başarısı düşük olan öğrenciler teknik resim dersini alamamaktadır Metz (2013)[38].

2. Yöntem

Mühendislik alanında büyük önem taşıyan bu özelliğin Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde 2017-2018 güz döneminin başında teknik resim dersini alan öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerileri araştırılmıştır.

Toplam 60 öğrenciye Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi uygulanmıştır. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi (PSVT-R) Ön Test-Son Test PSVT-R ölçüm aracı 30 çoktan seçmeli soru içermekte ve 30 soru aynı formatı takip etmektedir. Testte her sorunun belirli bir zorluk bulunmaktadır. Test, doğru yanıtların yüzdesi alınarak puanlanır. Örneğin, 30 sorudan 24'ünü doğru olarak cevaplayan bir öğrencinin başarı puanı yüzde 80 olarak değerlendirilmektedir (Thorten, 2014)[39]. Ault ve John (2010) tarafından yapılan araştırmaya göre, PSVT-R'deki ortalama puan yüzde 75'dir. Ayrıca, Sorby ve Veurink (2010)[41] tarafından yapılan çalışmalarda yüzde 60'ın altında bir puanın başarısız olduğu düşünülmüştür.

Öğrencilere, test başlamadan önce PSVT-R testini nasıl cevaplandıracaklarına dair bilgiler verilmiştir. Testte örnek olarak verilen iki soru , 30 sorunun nasıl çözüleceğini dair ipucu vermektedir. Şekil.7 test kitapçığındaki örnek soru sayfası ve teste katılan öğrenciler gösterilmiştir.



Şekil.7. Uzamsal görselleştirme test kitapçığının örnek soru sayfası ve teste katılan öğrenciler

Öğrencilerin analitik işlemlerini kısıtlamak için zaman sınırlaması getirilmiştir PSVT-R testini cevaplamak için 20 dakikalık bir zaman sınırı konmuştur (Bodner & Guay, 1997)[43]. 20 dakikalık süreden sonra öğrencilerden kalemlerini bırakmaları istenmiş ve cevap kağıtları ve kitapçıklar toplanmıştır..

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan testin istatistiksel değerlendirmelerine ait sonuçlar Tablo 1 ve Tablo2 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Uzamsal Görselleştirme Testine İlişkin Normallik Testi Sonuçları

			Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	N	X	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kızlar	8	11	.223	8	.200*	.867	8	.142
Erkekler	43	13.4	.115	43	.183	.951	43	.063*

Normallik testleri (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk) sonucuna göre test sonuçlarının dağılımının normal olduğu belirlenmiştir. (*p>0.05) Bu durumda Parametrik testlerlem T test ve Levene's testleri uygulanmış ve sonuçlar aşağıdaki tablo 2 de gösterilmiştir.

Tablo 2 Uzamsal Görselleştirme Testine İlişkin Bağımsız Örneklem Testi Sonuçları

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Varyansların eşitliğine göre	.979	.327*	-1.114	49	.271
			-1.436	13.240	.174*

Uzamsal görselleştirme testi 8 i kız, 43 erkek toplam 51 öğrenciye uygulanmıştır. Test sonuçları SPSS 22.0 programında istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bağımsız örneklem parametrik testlerden elde edilen sonuçlara göre gerek Levene varyansların eşitliği, gerek se Ortalamaların eşitliği T-Testlerindeki anlamlılık değerlerine göre (p=0.327 >0.05 ve p=0.174>0.05) kızların uzamsal görselleştirme becerileri ile erkeklerin uzamsal görselleştirme becerileri arasında Tablo 2 de görüldüğü anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

30 sorudan oluşan testte başarı ortalaması kızlarda 11 doğru cevap iken erkeklerde 13.4 olmuştur. Bir öğrencinin uzamsal görselleştirme becerisinin kabul edilebilir seviyede olması için 30 sorudan 17 tanesini yani %60 'ının doğru cevaplandırılması gerekmektedir. Yapılan Purdue Uzamsal Görselleştirme testi sonucu kızlar 11, erkekler ise 13 soruya doğru cevap vermişler. Bu durumda öğrencilerin dönem başındaki uzamsal görselleştirme becerisi seviyelerinin ortalamanın altında kaldığı tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Uzamsal görselleştirme becerileri konusunda çok farklı görüşler olmasına rağmen, bu becerilerin mühendislikte başarı için önemli olduğu kabul edilmektedir. Uzamsal beceri seviyelerini değerlendirmek için birçok test aracı vardır. Uzamsal becerileri geliştirmek için serbest el çizimleri, elle tutulan modellerin kullanımı, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinden yararlanılması ve mühendislik fakültelerinde birinci sınıftaki ders içeriklerinin yeniden düzenlenmesi gereklidir. Uzamsal yetenekleri düşük olan öğrenciler, dönem başında tespit edilmeli ve bunlar için uzamsal görselleştirme becerilerini geliştiren özel programlar düzenlenmeli[1], sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik gibi son yıllarda popüler olan teknolojilerden faydalanılmalıdır.

2017-2018 öğretim yılı güz döneminde Makine mühendisliği bölümünde teknik resim dersini alan öğrencilerin uzamsal görselleştirme beceri seviyesini kontrol etmek amacıyla yapılan test sonucu, öğrencilerin yeterli seviyede olmadığı belirlenmiştir. Diğer yandan kız öğrencilerin uzamsal görselleştirme beceri seviyeleri ile erkek öğrencilerin beceri sevileri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Gelecek dönemlerde öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerinin geliştirilmesi için özel programlar hazırlanması ve dijital teknolojiden faydalanarak eğitim materyallerinin derslerde kullanılması planlanmaktadır.

5. Referanslar

[1]Sorby, S. A. (199). Development of 3-D spatial isualization skills. Engineering Design Graphics Journal, 21-32. 63(2)
[2]Turgut, M., Cantürk-Günhan, B. ve Yılmaz, S.e-Journal of New World Sciences Academy Education Sciences, 1C0025, 4, (2), 317-326.
[3] Kahle, J. B. (1983). The disadvantaged majority: Science education for women. AETS Outstanding Paper for 1983, Burlington, NC, Carolina Biological Supply Company
[4]Linn, M.C., & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. Child development, 56, 1479-1498.
[5]Salthouse, T.A., Babcock, R. L., Skovroned, E., Mitchell, D.R.D., & Palmon, R. (1990). Age and experience effects in spatial visualization. Developmental Psychology, 26(1), 128-36.
[6]Clements, Douglas. (1999). Geometric and spatial thinking in young children. University at Buffalo, State University of New York 66-
[7]Maier, P. H. (1994). Raeumliches vorstellungsvermoegen. Frankfurt a.M.,Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang.
[8]Tartre, L.A. (1990). Spatial skills, gender, and mathematics. In E. H. Fennema & G. C. Leder (Eds.), Mathematics and Gender, (pp. 27-59). New York, NY: Teachers College Press.
[9]McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. Psychological Bulletin, 86(5), 889-918.
[10]Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence, 32(2), 175-191.
at the European Space for Higher Education. European Journal of Engineering Education, 36(5), 505-512. Retrieved October 20, 2018 from https://www.learntechlib.org/p/110431/.
[11]Gonzalez, A.M.M Carrera, C.C., , J.d.l.T. &. Perez, J.L.S., Cantero (2011). Engineers' Spatial Orientation Ability Development
[12] Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies. Cambridge University Press.
[13]Mc Kim, R. H. (1980). Experiences in visual thinking. Boston, MA: PWS Publishers.
[14]Bennett, G.K., Seashore, H. G, & Wesman, A. G. (1973). Differential aptitude tests, forms S and T. New York: The Psychological Corporation.
[15]Sorby, S. A. & Baartmans, B. J. (1996). A course for the development of 3-D spatial visualization skills. Engineering Design Graphics Journal, 60 (1), 13-20.
[16]Sorby, S. A. & Gorska, R. A. (1998). The effect of various courses and teaching methods on the improvement of spatial ability. Proceedings of the 8th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry, Austin, TX, 252- 256.
[17]Field, B. W. (1994). A course in spatial visualization. Proceedings of the 6th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry, Tokyo, Japan, 257-261.
[18]Bowers, D. H. & Evans, D. L. (1990). The role of visualization in engineering design. Proceedings of the NSF Symposium on [4]Roca-
[19]Leopold C, Sorby, S. & Gorska, R. (1996). Gender differences in 3-D visualization skills of engineering students. Proceedings of the 7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Andrzej Wyzykowski, et. al., Editors, Cracow, Poland, 560-564.
[20]Medina, A. C, Gerson, H. B. P., & Sorby, S. A. (1998). Identifying gender differences in the 3-D visualization skills of engineering students in Brazil and in the United States. Proceedings of the International Conference
[21]Deno, J. A. (1995). The relationship of previous experiences to spatial visualization ability. Engineering Design Graphics Journal, 5-17
[22]Sorby, Sheryl & Veurink, Norma & Dulaney, Alana& Casey, Beth. (2013). The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students. Learning and Individual Differences. 26. 2029. 10.1016/j.lindif.2013.03.010.
[23]Likert, R. (1970). The revised Minnesota paper form board test manual. New York: The Psychological Corporation.
[24]Oltman, P.K., Raskin, E. & Witkin, H. A. (1971). Group embedded figures test. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
[25]Sorby S. , 31 for Engineering Education 1998, Rio de Janeiro, Brazil. the improvement of spatial ability Proceedings of the 8th InternationalConference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry, Austin, TX, 252256.
[26]Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1973). Differential aptitude test: Forms S and T. New York, NY: The Psychological Corporation
[27]Guay, R. B. (1977). Purdue spatial visualization test: Rotations. West Lafayette, IN, Purdue Research Foundation.
Modernization of the Engineering Design Graphics Curriculum, Austin, TX, 89-94.

[28]Gimmestad, B. J. (1990). Gender differences in spatial visualization and predictors of success in an engineering design course. Proceedings of the National Conference on Women in Mathematics and the Sciences, St. Cloud, MN, 133-136.
[29]Vandenberg, S. G, & Kuse, A.R. (1978). Mental rotations, a group test of three dimensional spatial visualization. Perceptual and Motor Skills, 47, 599-604.
[30]Gittler, G., & Glueck, J. (1998). Differential transfer of learning: Effects of instruction in descriptive geometry on spatial test performance. Journal for Geometry and Graphics, 2(1), 71-84.
[31]Smith, I. M. (1964). Spatial ability-Its educational and social significance. London: University of London.
[32]Maier,P.H. 1994 ,Raeumliches vorstellungsvermoegen, Lang,Frankfurt a. M., Berlin, Bern, New York,Paris, Wien.
[33]Mc Kim, R. H. (1980). Experiences in visual thinking. Boston, MA: PWS Publishers.
[34]Summary of the Report on Evaluation of Engineering Education Reprinted from Journal of Engineering Education, September, 1955 pp. 25-60.
[35]Sorby, S.A., "Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students", International Journal of Science Education, Vol. 31, No. 3, pp. 459-480, 2009.
[36]Ferguson, E. S. (1992). Engineering and the mind's eye. Cambridge, MA: The MIT Press
[37]Sorby, S. A. & Gorska, R. A. (1998). The effect of various courses and teaching methods on the improvement of spatial ability. Proceedings of the 8th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry, Austin, TX, 252256.
[38] (www.asme.org/wwwasmeorg/media/ResourceFiles/Career%20Education/TeachersAcademics/0413MEM_Psychology_of_Insight.pdf)
[39]Thornton, T. R.2014, Understanding How Learner Outcomes Could be Affected through the Implementation of Augmented Reality in an Introductory Engineering Graphics Course, Dissertation of Doctoral, North Carolina State University [38]Salthouse, T.A., Babcock, R. L., Skovroned, E., Mitchell, D.R.D., & Palmon, R. (1990). Age and experience effects in spatial visualization. Developmental Psychology, 26(1), 128-36.
[40]Ault H., John S., 2010, Assessing and Enhancing Visualization Skills of Engineering Students in Africa: A Comparative Study June Engineering Design Graphics Journal 74(2):12-20
[41]Sorby S. A , Veurink N., 2012, Comparison of Spatial Skills of Students Entering Different Engineering Majors Michigan Technological University, Engineering Design Graphics Journal (EDGJ) Copyright Fall 2012, Vol. 76, No. 3 ISSN: 1949-9167
[42]http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5bcacd0aad9465.02305742
[43]Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The purdue visualization of rotations test. The Chemical Educator, 2, 1-18.
[44]CEEB Special Aptitude Test in Spatial Relations, developed by the College Entrance Examination Board, USA, (1939).

Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Makina Mühendisliği Birinci Sınıf Öğrencilerinin Uzamsal Görselleştirme Becerisine Etkisi

The Effect of Virtual Reality Technology on the Spatial Visualization Skill of First-year students of Mechanical Engineering

Murat KISA [1]
Vehbi BALAK[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Bu çalışmada, sanal gerçeklik teknolojisinin makine mühendisliği birinci sınıftaki öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisine etkisi araştırılmıştır. 2017-2018 güz döneminin başında deney ve kontrol grupları oluşturulmuştur. Sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak hazırlanan eğitim materyalleri sadece deney grubu ile yapılan teknik çizim dersinde kullanılmıştır. Hem deney, hem de kontrol grubuna dönem başında ve sonunda Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi uygulanmış ve deney grubuna anket yapılmıştır. Test sonuçlarının değerlendirmesi sonucu sanal gerçeklik teknolojisinin öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme sağladığı tespit edilmiştir. Yapılan anket sonucu öğrenciler; bu teknolojinin derse ilgilerini ve motivasyonlarını artırdığını, klasik olarak işlenen teknik resim dersinde kavramakta zorluk yaşadıkları konuları kavrama konusunda yararlı olduğunu, gelecek yıllarda da kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Anahtar kelimeler:

Sanal gerçeklik teknolojisi; Uzamsal görselleştirme becerisi; Teknik çizim dersi

Abstract

In this study, the effect of virtual reality technology on the spatial visualization skill of first- year students of mechanical engineering is investigated. At the beginning of the 2017-2018 fall semester, experimental and control groups were formed. The training materials prepared using virtual reality technology were used only in the technical drawing course with the experimental group. Purdue Spatial Visualization Test was applied to both experimental and control groups at the beginning and end of the period and the experimental group was surveyed. As a result of the evaluation of the test results, it has been determined that virtual reality technology provides a statistically significant improvement in students' spatial visualization skills. As a result of the survey, students; stated that this technology has increased their interest and motivation to the course, it is useful in understanding the subjects which they have difficulty in grasping in the classical technical drawing course, and it should be used in future years.

Keywords:

Virtual reality technology; Spatial virtualization skill; Technical drawing course

1. Giriş

Bu çalışmada sanal gerçeklik teknolojisi kullanarak eğitim materyali hazırlama, makine mühendisliği birinci sınıftaki öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, deney(f=36) ve Kontrol(f=34) gruplarına Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi (PSVT:R)[1] 2017-2018 öğretim yılı güz dönemi başında ve sonunda uygulanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca öğrencilerin bu teknoloji hakkında görüş ve önerilerini almak amacıyla deney grubuna anket düzenlenmiştir.

Uzamsal görselleştirme becerisi, mühendislerin mesleğinde ve akademik ortamda gerçekleştirdikleri görevleri yapabilmeleri için çok önemlidir. Bu beceri, mühendislik alanında akademik performansın önemli bir göstergesidir (Yue, 2002)[2]. uzamsal beceriler mühendislik çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir unsurdur. Bu özellik, öğrencilerin soyut düşünme becerilerini geliştirmeyi ve problemleri formülize etmede ve çözmede büyük yarar sağlamaktadır (Adanez ve Velasco, 2002)[3].

Mühendislik öğrencilerinin uzamsal becerilerinin belirli bir seviyede olması, mühendislikte okutulan dersleri anlamada çok önemlidir (Martin-Gutierrez et al., 2015)[4]. Bazı üniversiteler, bilginin arttırılması için belirli konularda sıfır dersler de denilen giriş dersleri sunmaktadır. Ancak, bu becerilerin geliştirilmesine yönelik müfredat içerikleri yeterli değildir (Garcia-Dominguez el al., 2015).[5]

Bazı yazarlar (Wigfield ve ark., 2007[6]; Zimmerman ve Martinez-Pons, 1990[7]) mühendislik alanında uzamsal görselleştirme becerisi ile akademik performans arasında doğrudan bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Burton ve Dowling (2009)[8], görselleştirme yeteneğinin üç boyutlu şekilleri anlama ve onları zihinsel olarak dönüştürme yeteneği olarak anlaşıldığını - öğrencilerin akademik başarısının önemli bir göstergesi olduğunu belirlemiştir. Bu durum ayrıca Potter(2006)[9] ve arkadaşları tarafından da desteklenmiştir. Her iki çalışma da, mühendislik alanında uzamsal yetenekler ile akademik performans arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir. Mühendislik öğrencilerinin okulu bırakma oranları, özellikle üniversitenin ilk yılında hâlâ güncel bir problemdir (Sheppard ve Jennison, 1997)[10]. Akademik kariyerin başlangıcında çok sayıda problemle karşılaşan öğrenciler, mühendislik programından vazgeçebilir ve terk edebilirler (Sorby, 2009)[11]. Sorby'ye (2009a)[12] göre, düşük uzamsal beceriye sahip öğrencilerin mühendislik bölümlerini bırakma riski

yüksektir.

Uzamsal becerilerin eksikliğini gidermek için farklı kurslar, eğitim alıştırmaları ve çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir (Rafi et al.,2008; Sorby, 2009). [13]. Mühendislik alanında görsel düşünce, hem birbiriyle iletişim aracı olarak hem de kişisel akıl yürütme aracı olarak kullanılır.

Mühendislikte teknik resim derslerinde, kâğıt-kalem-temelli alıştırmalarda, öğrencilerin sıkıntı, motivasyon eksikliği ve ilgi çekici bulmaması nedeniyle bunları yapmada büyük zorluk yaşamaktadır. Bu nedenle, uzamsal görselleştirme yeteneklerin geliştirilmesi için ders içeriği ve uygulanan yöntemler, eğitim faaliyetlerinden sonra bile, öğrencilerin dikkatini çeken faaliyetler ve araçlarla desteklenmelidir. Buna ek olarak, görevlerin bir rutin haline gelmemesi ve öğrencilerin kursa ve teknolojiye olan ilgilerinin azalması için, eğitimin farklı süreli egzersizler veya farklı eğitim senaryoları sunması gereken kısa bir süre olması gerekir.(Gutierrez J.M ve ark., 2017)[14]

İspanya'da, tüm mühendislik dallarında eğitim müfredatı, mühendislik öğrencilerinde geliştirilmeleri gereken temel bir gereksinim olan uzamsal görselleştirmenin geliştirilmesini sağlayan programları içermektedir(İspanya Resmi Gazetesi, 2009)[15]

2. Yöntem

Sanal Gerçeklik Teknolojisi kullanarak hazırladığımız materyallerin teknik resim dersinde kullanımı ve uzamsal görselleştirme becerilerine etkilerinin araştırıldığı bu yarı deneysel çalışmada, deney-kontrol gruplu ön-son test modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada öğrenciler Deney(f=36) ve Kontrol (f=34) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Deney grubuna teknik resim dersinde perspektif görünüşten izdüşüm görünüşleri oluşturma, izdüşüm görünüşlerden perspektif oluşturma ve kesit oluşturma konularının ele alındığı haftalarda haftada ikişer saat olmak üzere uygulama yaptırılmıştır. Kontrol grubu bu uygulamaya katılmamıştır.

Tablo 1. Deney ve Kontrol Öğrenci Gruplarının Dağılımı

	Kız Öğrenci	Erkek Öğrenci	Toplam
Deney Grubu	3	33	36
Kontrol Grubu	6	28	34
Toplam	9	51	60

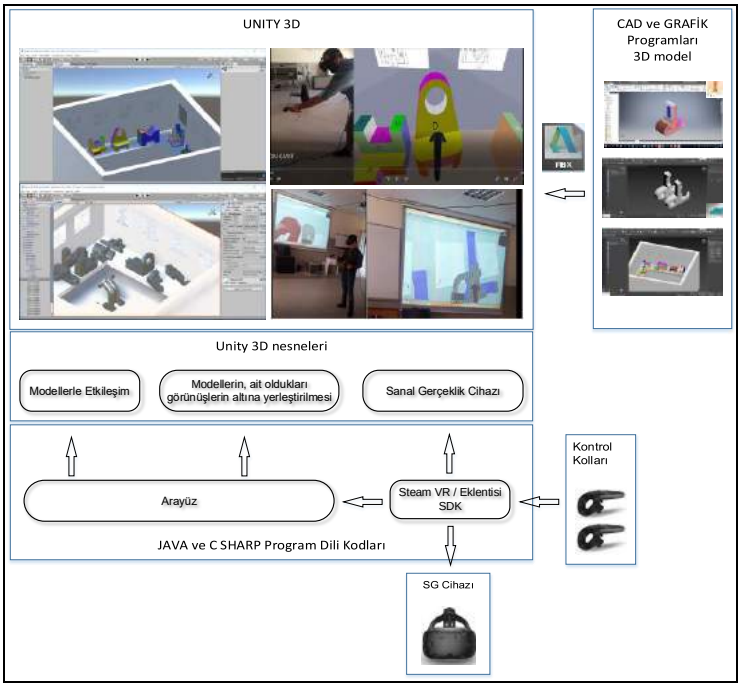
.

Materyal olarak; Autodesk Inventor CAD yazılımı, Autodesk 3Ds Max grafik yazılımı ve Unity 3D oyun motoru yazılımı kullanarak sanal gerçeklik platformu için iki adet sanal sınıf oluşturulmuştur. Materyal hazırlama işlem adımları şekil 1 ve oluşturulan sanal gerçeklik sınıfları şekil 2 de görülmektedir.

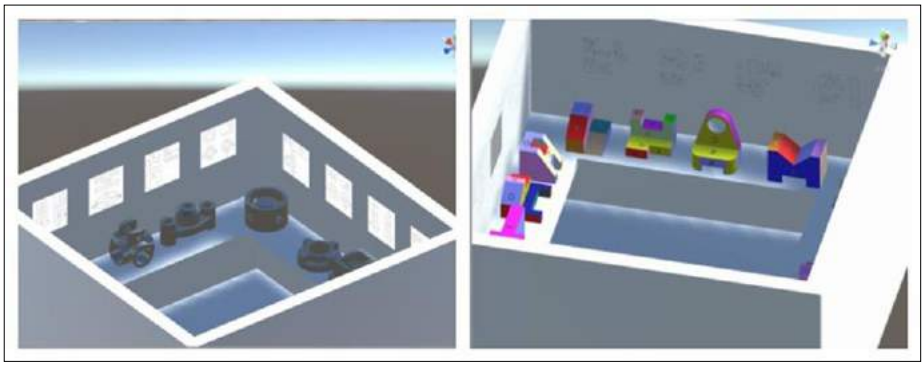
Dijital oyunların hazırlanmasında kullanılan platformlara oyun motoru denmektedir. Unity 3D en çok kullanılan bu oyun motorlarından biridir. CAD ve grafik programlarında hazırlanmış olan modelleri genellikle FBX dosya formatında Unity 3D oyun motoruna aktarılır. Bu format türünde kaydedilen dosyalar, dosyanın hazırlandığı ortamlarda modellere atanmış olan ışık, yüzey dokusu, animasyon vs. gibi tüm özelliklerin başka ortamlara taşınmasına imkan vermektedir. Unity 3D oyun motorunun sahne olarak isimlendirilen bölümüne yerleştirilen bu modeller ve modellerin bulunacağı ortamlara gerçek hayatta sahip olmaları istenen fiziksel özellikler atanır. Hız, ivme, yerçekimi, esneklik, çarpışma, düşme, aydınlık, yağmur, sis, vs. gibi gerçekte sahip olması gereken fiziksel özellikler kazandırılır. Modellerin birbirleriyle ve çevreyle iletim kurması sağlanır.

Kullanıcıların modeller ile iletişim kurmaları ve ortamı kontrol etmeleri Csharp, Java ve Boo program dilleri ile hazırlanmış kodlar ile sağlanmaktadır. Unity 3D oyun motorunda çok çeşitli ortamlar için uygulamalar (asset) hazırlanabilmektedir. Bunlar arasında Android ve IOS işletim sistemlerinin kullanıldığı akıllı telefonlar, tabletler, Oyun konsolları, Google cardboard, Oculus Rift, HTC Vive sanal gerçeklik cihazları, Windows, Mac, Web, ...vs ortamlardır. Şekil 1 görüldüğü gibi Autodesk Inventor programında hazırlamış olan 3 boyutlu modeller Autodesk 3DS Max grafik programında yüzey dokusu atandıktan sonra FBX formatında Unity 3D oyun motoruna aktarılmıştır. Oyun motoru sahnesine oda modeli ve 20 adet parça modeli yerleştirilmiştir. Bu modeller sanal odadaki tezgahın üzerine karışık şekilde konumlandırılmıştır, Odanın duvarlarına modellerin iki boyutlu izdüşüm görünüşleri yerleştirilmiştir. Sahneye sanal gerçeklik cihazının elemanları (kamera, platform ve kontroller) eklenmiştir. HTC Vive sanal gerçeklik gözlüğünün Unity 3D eklentisi olan Steam VR SDK ortama aktarılmıştır. Kullanıcının ortamdaki nesnelerle iletişimini sağlamak için Şekil de görüldüğü gibi C Sharp ve Java dillerinde hazırlanmış kodlar nesnelere atanmıştır.

2017-2018 öğretim yılı güz döneminde teknik resim dersini alan öğrencilerden tarafsız atama yöntemiyle deney ve kontrol grubu oluşturulmuştur. Deney ve kontrol gruplarına ait bilgiler Tablo 1' de verilmiştir.



Şekil. 1. Sanal gerçeklik materyali hazırlama iş akış şeması



Şekil. 2. Sanal gerçeklik materyali hazırlama iş akış şeması

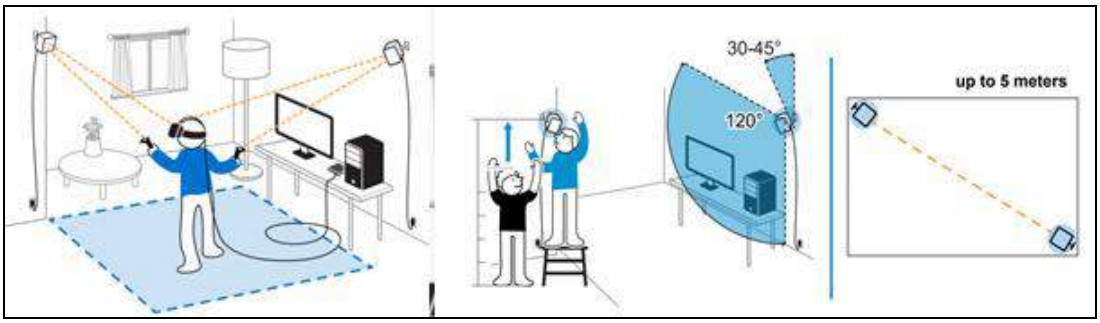
```
private GameObject collidingObject;
private GameObject objectInHand;

private SteamVR_Controller.Device Controller
{
    get { return SteamVR_Controller.Input((int)trackedObj.index); }
}

void Awake()
{
    trackedObj = GetComponent<SteamVR_TrackedObject>();
}


public void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    SetCollidingObject(other);
}

public void OnTriggerStay(Collider other)
{
    SetCollidingObject(other);
}

public void OnTriggerExit(Collider other)
{
    get { return SteamVR_Controller.Input((int)trackedObj.index); }
}

void Awake()
{
    trackedObj = GetComponent<SteamVR_TrackedObject>();
}

private void Update()
{
    if (Controller.GetAxis() != Vector2.zero)
    {
        Debug.Log(gameObject.name + Controller.GetAxis());
    }

    if (Controller.GetHairTriggerDown())
    {
        Debug.Log(gameObject.name + " Trigger Press");
    }

    if (Controller.GetHairTriggerUp())
    {
        Debug.Log(gameObject.name + " Trigger Release");
    }
```

Şekil. 3. Sanal gerçeklik ortamındaki nesnelerle iletişim kurmak için kullanılan C sharp Kodları

Hazırlanan uygulama, bilgisayara bağlanan Şekil. 4' te gösterilen HTC Vive sanal gerçeklik gözlüğünde test edilmiş ve exe dosyası olarak kaydedilmiştir. Hazırlanan dosya, grafik özellikleri yüksek ekran kartına ve donanım özelliklerine sahip bilgisayara yüklenmiştir.

HTC Vive sanal gözlüğü, kontrol kolları bilgisayara bağlandıktan sonra , köşeğen uzunluğu 5 metre olan bir alanın iki çapraz köşesine yerleştirilen baz istasyonları vasıtasıyla kullanıcının hareketleri izlenebilmektedir Şekil. 5. Öğrenciler kontrol kollarını kullanarak bu alanda serbestçe dolaşabilmektedir.

Şekil. 4. Sanal gerçeklik gözlüğü, kontrol kolları ve baz istasyonları

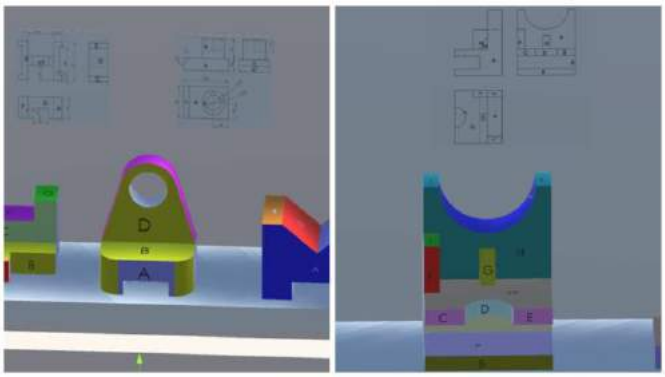


Şekil. 5. Kullanıcının hareket alanı ve baz istasyonlarının konumu.

Öğrenciler serbestçe hareket edebilecekleri bir sınıfta toplanmış ve HTC Vive sanal gerçeklik gözlüğünü ve kontrol kollarını sırayla kullanmışlardır. Bir öğrenci kullanırken diğer öğrencilere, sandalyede bilgisayardan projektörle perdeye yansıtılan öğrencinin sanal ortamdaki hareketlerini izlettirilmiştir. Modeller sanal ortamdaki tezgahın üstüne rastgele yerleştirilmiştir. Öğrencilerden kontrol kollarını kullanarak modelleri kavramaları, ortam içinde dolaşarak duvarlarda modele ait izdüşüm görünüşlerini bulmaları ve modeli görünüşün altındaki tezgahın üzerine yerleştirmeleri istenmiştir. Bir öğrenci tüm modelleri ait oldukları görünüşlerin altına yerleştirdikten sonra HTC Vive gözlük ve kontrol kolları bir sonraki arkadaşı tarafından kullanılmıştır. Bu esnada bilgisayardaki uygulama yeniden başlatılmış modellerin başlangıçtaki dağınık hallerine dönmeleri sağlanmıştır. Şekil 6' da uygulama esnasında modelleri kavrayan öğrenci ve hareketlerini perdede izleyen öğrenciler görülmektedir.

Şekil.6 . Teknik resim dersinde yapılan modeli kavrayan öğrenci ve izleyen öğrenciler

Şekil 7'de görüldüğü gibi içerisinde üç boyutlu modellerin ve duvarlarında bu modellere ait üç görünüş ve kesit görünüşlerin bulunduğu dijital ortamda iki adet sanal sınıf oluşturulmuştur. Model yüzeyleri renklendirilmiş ve harflendirilmiştir



Şekil.7 . Teknik resim dersinde yapılan modeli kavrayan öğrenci ve izleyen öğrenciler

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Uzamsal Görselleştirme Becerisini Ölçme (UGT) Testinden Elde edilen Verilerin Analizi

Tablo2. Deney ve Kontrol Gruplarının İlk Test – Son Test Sonuçları Normallik Dağılımı (Kolmogorov-Smirnov - Shapiro-Wilk Testi)

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
UGT testleri	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Deney Grubu İlk Test	.119	31	.200*	.961	31	.312
Deney Grubu Son Test	.127	33	.193	.976	33	.667
Kontrol Grubu İlk Test	.131	21	.200*	.950	21	.346
Deney Grubu Son Test	.151	25	.144	.935	25	.111

Tablo 2 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarına ait verilerde bulunan en küçük anlamlılık değeri p=0.111, hem Kolmogorov-Smirnov hem de Shapiro-Wilk testine göre p (sig.) =0.111 > 0.05 olduğu için dağılım normal karakterdedir. Bu durumda veriler parametrik testler (T-Testi ,Varyans Analizi, , Pearson Korelasyonu gibi) ile analiz edilebilir. PSVT:R testinden elde edilen veriler T-testi ile analiz edilmiştir.

3.1.1 Hipotez 1

Uzamsal görselleştirme testi sonucu deney grubu son test ortalamaları ile deney grubu ilk testi puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Bu hipotezi araştırmak amacıyla deney grubu son test sonuçları ile deney grubu ilk test sonuçlarına, eşleştirilmiş T-testi uygulanmıştır.

Tablo 3. Deney Grubu Uzamsal Görselleştirme Testine ilişkin Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları

Gruplar	N	X̄	SS	Sd	t	p
Deney Son Test	28	16.5	6.77	27	1.976	0.058*
Deney İlk Test	28	14.57	6.40			

0.05<*p=0.058<0.10

Tablo 3' te görüldüğü gibi T-Testi sonucunda anlamlılık p=0.058 bulunmuştur. 0.05< P=0.058 <0.10 sınırda anlamlılık (Kul, 2014) . Bu değere göre iki testin ortalamaları arasındaki fark , sınırda anlamlılık olarak ortaya çıkmıştır. Bu durumda Hipotez 1 red edilir. Öğrencilerin Sanal Gerçeklik Teknolojisi kullanmaları sonucunda uzamsal görselleştirme becerilerindeki artış istatistiksel olarak sınırda olmakla birlikte anlamlı olarak nitelendirilebilir.

Tablo 4 P Anlamlılık Değerlerinin Yorumlanması (Kul, 2014)[16]

P değeri Sig. (istatistiksel anlamlılık)	Yorumu
0.01<=p<0.05	İstatistiksel anlamlılık
0.001<=p<0.01	Yüksek düzeyde istatistiksel anlamlılık
p<0.001	Çok yüksek istatistiksel anlamlılık
0.05<=p<0.10	Anlamlılık eğilimi(sınırda anlamlılık)
p>0.10	Fark tesadüften ileri gelmiştir Sonuç İstatistiksel olarak anlamlı değildir

3.1.2 Hipotez 2

Uzamsal görselleştirme testi sonucu kontrol grubu son test ortalamaları ile kontrol grubu ilk testi ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Bu hipotezi araştırmak amacıyla kontrol grubu son test sonuçları ile kontrol grubu ilk test sonuçlarına eşleştirilmiş T-testi uygulanmıştır.

Tablo 5. Kontrol Grubu Uzamsal Görselleştirme Testine ilişkin Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları

Gruplar	N	$\bar{X}$	SS	Sd	t	p
Kontrol Son Test	12	12.25	4.37	11	1.976	0.818*
Kontrol İlk Test	12	12.50	4.25			

*p>0.10

Tablo 5' te görüldüğü gibi T-Testi sonucunda anlamlılık p=0.818 bulunmuştur. P=0.818 >0.10 istatistiksel olarak anlamsızdır (Kul, 2014). Bu durumda Hipotez 2 doğru olarak kabul edilir. Kontrol grubu öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana gelmemiştir.

3.1.3 Hipotez 3

Uzamsal görselleştirme testi sonucu; deney grubu ilk test ortalamaları ile kontrol grubu ilk testi puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Bu hipotezi araştırmak amacıyla deney grubu ilk test sonuçları ile kontrol grubu ilk test sonuçlarına gruplardaki öğrenci sayıları farklı olduğu için Bağımsız örneklemT-testi uygulanmıştır.

Tablo 6' da görüldüğü gibi T-Testi sonucunda anlamlılık p=0.248 bulunmuştur. P=0.248>0.10 istatistiksel olarak anlamsızdır (Kul, 2014) .Bu durumda Hipotez 3 kabul edilir. İstatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmaması dönemin başında deney ve kontrol

grubu öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerilerinin birbirlerine yakın olduğunu ve öğrenciler arasında uzamsal beceri bakımından anlamlı bir farklılığın olmadığı göstermektedir

Tablo 6. Deney ve Kontrol Grubu İlk Uzamsal Görselleştirme Testine ilişkin Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları

Gruplar	N	X̄	SS	Sd	t	p
Deney İlk Test	31	14	6.40	50	1.168	0.248*
Kontrol İlk Test	21	12.14	4.20			

p > 0.05

3.1.4. Hipotez 4

Uzamsal görselleştirme testi sonucu; deney grubu son test verileri ile kontrol grubu son test verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Bu hipotezi araştırmak amacıyla deney grubu son test sonuçları ile kontrol grubu ilk test sonuçlarına gruplardaki öğrenci sayıları farklı olduğu için Bağımsız Örneklem-testi uygulanmıştır.

Tablo 7. Deney ve Kontrol Grubu Son Uzamsal Görselleştirme Testine ilişkin Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları

Gruplar	N	X̄	SS	Sd	t	p
Deney Son Test	33	16,27	6.82	56	1.168	0.029*
Kontrol Son Test	26	12.76	4.41			

*p < 0.05

Tablo 7' de görüldüğü gibi Bağımsız örneklem T-Testi sonucunda anlamlılık p=0.029 bulunmuştur. P=0.029<0.05 olduğu için sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır (Kul, 2014) .. Bu durumda Hipotez 4 ret edilir.

4. Sonuç

Sanal gerçeklik teknolojisi kullanarak hazırlanan ders materyalleri 2017-2018 güz döneminde Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi teknik resim dersinde kullanılmıştır. Bu teknolojinin birinci sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerilerine etkisi, mühendislik seviyesindeki öğrencilere uygulanan Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi ile ölçülmüştür. Dönem başında ve dönem sonunda yapılan testler sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Sanal gerçeklik teknolojisini kullanan deney grubu öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerisinde, kullanmayanlara göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana gelmiştir.

Ayrıca, sanal gerçeklik teknolojisinin öğrenciler üzerinde etkisini belirlemek amacıyla yapılan ankette, öğrenciler bu teknolojinin derste bir eğitim materyali olarak kullanılmasının ilgilerini çok çektiğini, dersin daha ilgi çekici hale geldiğini, çok faydalı olduğunu ve gelecek yıllarda da derslerde kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak Sanal Gerçeklik Teknolojisinin kullanımı öğrencilerin uzamsal becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme sağlamasının yanı sıra öğrencilerin motivasyonunu artırarak dersin daha ilgi çekici hale gelmesini, teknik resim konularının daha iyi kavranılmasını sağlamıştır.

Bu teknolojinin sadece teknik resim dersinde değil diğer derslerde de kullanılması büyük yararlar sağlayacaktır.

5. Referanslar

[1]R. B. Guay, Spatial ability measurement: A critique and an alternative. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA (ERIC Document Reproduction Service No. ED189166),1980.

[2]Yue, J. (2002). Spatial visualization skills at various educational levels. Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Session 2438

[3]Adánez, G.P., & Velasco, A.D. (2002). Predicting academic success of engineering students in technical drawing from visualization test scores. Journal of Geometry and Graphics, 6(1), 99–109.

[4]García-Domínguez, M; Sanjuán-Hernanpérez, A.; Roca-González, C.; Romero-Mayoral, J. & MartínGutiérrez, J. (2015). ImprovingtheTeaching-Learning Process of Graphic EngineeringStudents Through Strengthening of their Spatial Skills. International Journal of Engineering Education.Publishing:Tempus Publications, 31(3), 814-828

[5]Martin Gutierrez, J., Garcia Dominguez, M., & Roca Gonzalez, C. (2015). Using 3D virtual technologies to train spatial skills in engineering.International Journal of Engineering Education, 31(1), 323-334.

[6]Wigfield, A., & Eccles, J. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. Developmental Review, 12, 265-310.

[7]Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M.(1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. American Educational Research Journal, 23(4), 614-628.

[8]Burton, L. J., & Dowling, D. G. (2009). Key factors that influence engineering students' academic success: A longitudinal study. In Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium (REES 2009) (pp. 1-6). University of Melbourne

[9]Potter, C., Van Der Merwe, E., Kaufman, W., & Delacour, J. (2006). A longitudinal evaluative study of student difficulties with engineering graphics. European Journal of Engineering Education, 31(02), 201-214.

[10]Sheppard, S., & Jennison, R. (1997). Freshman engineering design experiences and organizational framework. International Journal of Engineering Education, 13, 190-197.

[11]Sorby, S. A. (2009a). Assessment of a" new and improved" course for the development of 3-D spatial skills. Engineering Design Graphics Journal, 69(3), 6.

[12]Sorby, S. A. (2009b). Developing 3-D spatial visualization skills. Engineering Design Graphics Journal, 63(2), 21-32

[13]Rafi, A., Samsudin, K., & Said, C. (2008). Training in spatial visualization. The effects of training method and gender. Educational Technology & Society, 11(3), 127-140.

[14]Gutierrez J.M,. González C. R.-, Dominguez M.C.,- 2017, Virtual Technologies to Develop Visual-Spatial Ability in Engineering Students Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, SPAIN ,EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education ISSN 1305-8223 (online) 1305-8215 (print) 13(2):441-468 DOI 10.12973/ eurasia.2017.00625a

[15]Spanish Official State Gazette. (2009). /http://www.boe.es/boe/dias/2009/02/18S Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. Computer Graphics and Applications, 21(6), 34-47.

[16]Kul, S. 2014. İstatistik Sonuçlarının Yorumu: P Değeri Ve Güven Aralığı Nedir? Bulletin of Pleura / Plevra Bülteni . Vol. 8 Issue 1, p11-13. 3p.

Özet

Bu çalışmanın amacı, konut tipi betonarme bir yapının taşıyıcı sistem maliyetini henüz proje detayları belirlenmemişken, ön tasarım aşamasında, tahmin etmeye yardım edecek matematiksel formüller bulmaktır. Formül elde etmek için beton sınıfı, zemin emniyet gerilmesi, yapının yüksekliği, alanı gibi parametreler kullanılmıştır. Ayrıca önemli bir maliyet parametresi olan temel tipi de yardımcı sayısal değişkenler sayesinde modellere dahil edilmiştir. Bu tahmin parametrelerine çeşitli değerler atanarak oluşturulan 162 adet betonarme proje ticari bir tasarım programı aracılığıyla çözümlenerek bir veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri kümesi genetik programlama esaslı bir esnek hesaplama yöntemiyle formülüze edilmiştir. Beton, donatı ve kalıp metrajları için elde edilen formüllerin analiz sonucu elde edilen değerlere yakın sonuçlar verdikleri görülmüştür.

Anahtar kelimeler:

Genetik programlama; Esnek hesaplama; Metraj; Tahmin.

Abstract

The aim of this study is to generate mathematical formulations that help to estimate the cost of the structural system of a residential type reinforced concrete structure before project details are not yet determined. In order to obtain the formula, parameters such as concrete class, bearing capacity of soil, height and area of the building, were used. In addition, the foundation type, which is an important cost parameter, is included in the models with the help of dummy numerical variables. A total of 162 reinforced concrete projects were evaluated by assigning various values to these estimation parameters. A data set was obtained after running the designs through a commercial design program. This data set is introduced to a soft computing method based on genetic programming. It was observed that the formulas obtained for the concrete, reinforcement and mold quantity take off gave results close to the results obtained from the analysis.

Keywords:

Genetic programming; Soft computing; Quantity take off; Estimation.

Konut tipi betonarme yapıların taşıyıcı sistem maliyetlerinin esnek hesaplama yöntemiyle tahmin edilmesi

Estimation of the structural system costs of residential type reinforced concrete buildings by soft computing method

Kasım MERMERDAŞ[1]
Ismail GÜNEŞ[1,2]

[1] İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]Şanliurfa Büyükşehir Belediyesi, Şanlıurfa, Türkiye

1. Giriş

Esnek hesaplama, kompleks bir problemin incelenmesi, modellenmesi ve analizi için yapay zeka teknolojilerinden biri olan makine öğrenmesine dayalı matematiksel bir yöntemdir. Esnek hesaplamanın temelinde yatan fikir, insan zekâsının bilişsel yaklaşım modelini oluşturmaktır. Esnek hesaplama, kavramsal bilincin makinelerde kurulması yoluyla gerçekleştirilir. Esnek hesaplama, belirsizlik, kesinlik göstermeyen durumlar, kısmi doğruluk ve yaklaşım konularında katı hesaplama yöntemlerinin aksine daha toleranslıdır. Esnek hesaplama, bulanık mantığın kurucusu Lotfi A. Zadeh tarafından önerilmiştir. [1]. "Esnek hesaplama, kolay işlenebilirlik, sağlamlık ve düşük çözüm maliyetleri elde etmek için belirsizlik ve kararsızlıkların toleransından faydalanan çeşitli yöntemlerin toplamıdır. Temel bileşenleri; bulanık mantık, sinirsel programlama ve olasılık teoremleridir. Esnek hesaplamanın temelinde yatan fikir, insan zekâsının bilişsel yaklaşım modelini oluşturmaktır. Esnek hesaplamanın rol modeli ise insan zekâsıdır. [1].

Esnek hesaplama yöntemleri; bulanık mantık, genetik algoritma, koloni zekâsı, arı koloni optimizasyonu, sinir ağları ve makine öğrenme algoritmaları gibi bileşenlerinden oluşur.

Metraj, bir inşaat projesini tamamlamak için gerekli olan malzemelerin ve işçiliğin ayrıntılı bir şekilde hesaplanmasıdır. Yapım işinde maliyetlerin doğru şekilde hesaplanması süre ve bütçe gibi kaynakların yönetilmesi açısından çok büyük bir öneme sahiptir [2]. Bunların yanı sıra ön projelendirme aşamasında, fizibilite çalışması sürecinde maliyet ile ilgili elde edilebilecek veriler, iş sahibi, yüklenici ve tasarımcı açısından çok yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada genetik programlama esaslı bir esnek hesaplama yöntemi kullanılarak konut tipi yapıların taşıyıcı sistem maliyetlerinin ön tasarım aşamasında tahminini sağlayacak matematiksel bir model elde edilmesi amaçlanmıştır. Tahmin edilecek parametreler beton, kalıp ve donatı metrajı olarak belirlenmiştir. Tahmin faktörleri ise yapının yüksekliği (h), yapının alanı (A), kullanılacak temel tipi (T), beton sınıfı (fck) ve zemin emniyet gerilmesi olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin çeşitli kombinasyonlarıyla 162 adet proje çözüm yapılmıştır. Betonarme çözümlerde güvenliği sağlayan en küçük kesit boyutları kullanılmıştır. Elde edilen çözümlerden bulunan veriler kullanılarak bir yazılım

yardımıyla yukarıda bahsedilen metraj kalemlerini tahmin etmeye yarayan formüller elde edilmiştir.

2. Yöntem

Tahmin modelleri geliştirmek için kullanılan veri kümesi Tablo 1'de gösterilen parametrelerin kombinasyonu ile oluşan 162 adet projenin çözülmesiyle elde edilmiştir. Yapılan çözümlemelerde bütün taşıyıcı elemanların kesitleri her bir denemede aynı olmayıp, farklılık göstermektedir. Yapının kat yüksekliği, oturum alanı ve temel tipi, kullanılan beton sınıfı ve zemin emniyet gerilmesi değerlerinin değişkenliğinden ötürü bu farklılık ortaya çıkmıştır. Ayrıca bazı kombinasyonlarda projenin emniyetli çözümüne ulaşılamadığı için iptal edilmiştir (17 adet iptal) . Böylelikle beton, donatı, ve kalıp metrajlarıyla ilgili 145'er adet veri elde edilmiştir.

Yapılan çözümlemelerde taşıyıcı sistemin en küçük kesitlerde olmasına dikkat edilerek analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları en düşük maliyette güvenlik şartını sağlayan çözümleme elde edilene kadar deneme yanılmalar yapılmıştır. Çalışılan her bir projede, o proje için belirlenen parametreler programa işlendi. Programda mevcutta bulunmayan bazı parametreler "Yapı Ağacı" sekmesi yardımıyla programa işlenmiştir (Şekil 1).

Yapılan analizlerde Tablo 1'deki değişkenlerin dışında kalan parametreler sabit kullanılmıştır. Bunlar;

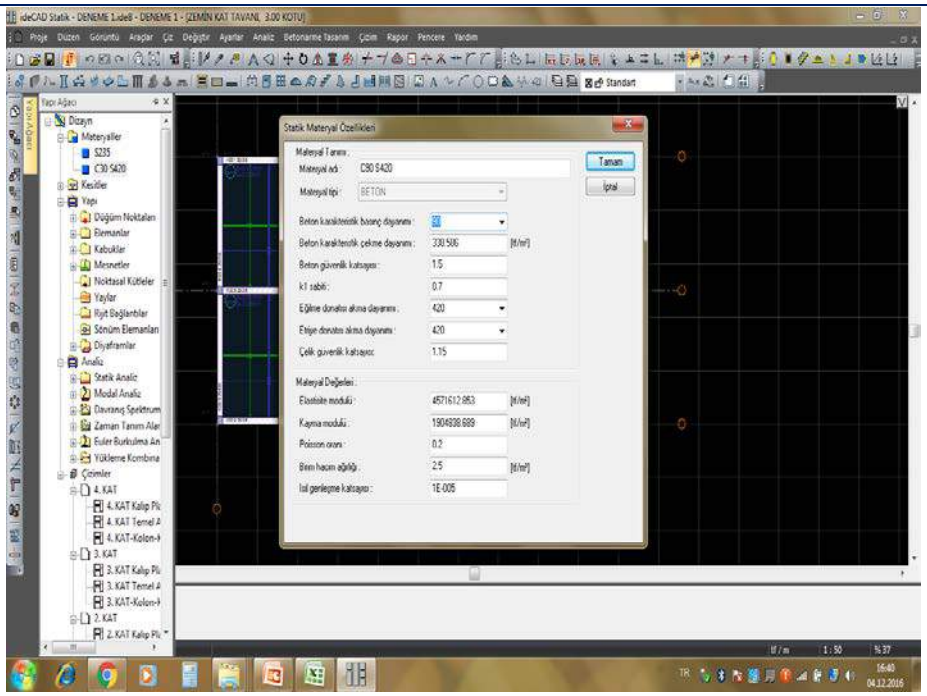
- Tüm çalışmalarda deprem bölgesi 3 olarak seçilmiştir.
- Analiz tipi olarak "Mod Birleştirme Yöntemi" kullanılmıştır.
- Hedeflenen performans düzeyi "hemen kullanım" olarak seçilmiştir.
- Deprem aşılma olasılığı, 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tasarım depremi) olarak seçilmiştir.
- Deprem yönetmeliği olarak "2007 Deprem Yönetmeliği" kullanılmıştır.
- "Idecad Betonarme 8" programının alt yapısında bulunan mevcut yönetmelikler kullanılmıştır.

TABLO I KULLANILAN TAHMİN PARAMETRELERİ

Tahmin parametresi	Atanan değerler
T: Temel Tipi	Tekil temel için 1 Sürekli temel için 2 Radye temel için 3
A: Alan (m^2)	200 300 400
h: Yapı yüksekliği (m)	15 30 45
σ_z: Zemin emniyet gerilmesi (kgf/cm^2)	1.5 3.5
f_{ck}: Beton sınıfı	30 60 90

Elde edilen 145 adet veri genetik programlama tabanlı esnek hesaplama yöntemi olan genetik ekspresyon programlama metodunu kullanan GeneXprotools.5.0 isimli yazılım yardımıyla modellenmiştir. GEP'te tahmin faktörleri öncelikle sabit uzunlukta tanımlanır daha sonra şekilleri ve boyutları doğrusal olmayacak şekilde belirlenir [3]. GEP'in en önemli avantajı doğaları gereği açık bir yapıya sahip olmasıdır. Ancak bunların içerisinde en önemlileri; kromozomların, basit, lineer kompakt, nispeten küçük ve kolayca işlenebilir (yeniden birleşim, mutasyon ve çoğalma) olmasıdır [4]. Bunun yanında GEP modelinin diğer veri odaklı tekniklere göre güçlü yönlerinden birisi de fiziksel olayları yöneten ilişkiler arasındaki açık formülleri üretebilmesidir [5].

GEP'te bağıntı elde etmek için kullanılan veriler eğitim ve test kümesi olarak iki kısma ayrılmıştır. Eğitim kümesindeki veriler modeli oluşturmak için kullanırken test kümesindeki veriler de modelin performansını kontrol etmiştir.



Şekil 1. Yapı Ağacı Sekmesinden Programa Parametre Tanımlama işlemi

3. Bulgular ve Tartışma

GEP programından beton, donatı ve kalıp metrajının tahmini için elde edilen bağıntılar sırasıyla Denklem 1, Denklem 2 ve Denklem 3'te gösterilmişlerdir. Bu formüllerle elde edilen değerlerin gerçek metraj verileriyle karşılaştırmaları Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 de gösterilmiştir. Grafikler çizilirken test ve eğitim setindeki örnekler birleştirilmiştir. Belirleyicilik katsayısı (R2) veri kümesinde bulunan bütün değerler için belirtilmiştir.

Beton metrajı için elde edilen formül;

$$B = B_1 \times B_2 \times B_3 \tag{1}$$

$$B_1 = \sqrt{A} - \left(3.346954 + \sqrt{\cos(T) + \sigma_z}\right) \tag{1a}$$

$$B_2 = \ln\left(\sqrt[3]{A + T \times h - f_{ck} - 19.204468}\right) \tag{1b}$$

$$B_3 = \sin\left(\frac{A}{T}\right) + h \tag{1c}$$

Donatı metrajı için elde edilen formül;

$$D = D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \quad (2)$$

$$D_1 = \frac{5.384155}{(18.470336 + h + A) \times \sqrt[3]{\frac{f_{ck}}{A}}} \quad (2a)$$

$$D_2 = \log\left(\ln\left(\log(A)\right) \times \sqrt[6]{f_{ck}}\right) \quad (2b)$$

$$D_3 = \sqrt[9]{\tan(\sqrt[3]{T})} \quad (2c)$$

$$D_4 = h - \sin(T) - \tanh(\sigma_z) - \tan(3.598908 \times h) \quad (2d)$$

$$D_5 = A - \frac{f_{ck}}{\tan(T) \times A + 1.763886} \quad (2e)$$

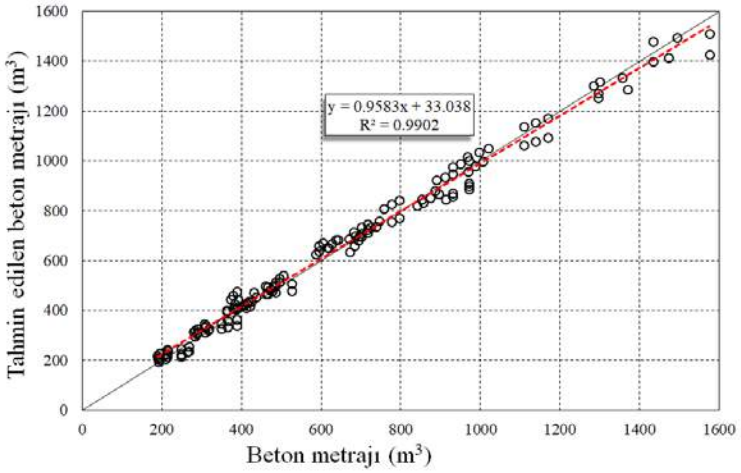
Kalıp metrajı için elde edilen formül;

$$K = K_1 + K_2 + K_3 \quad (3)$$

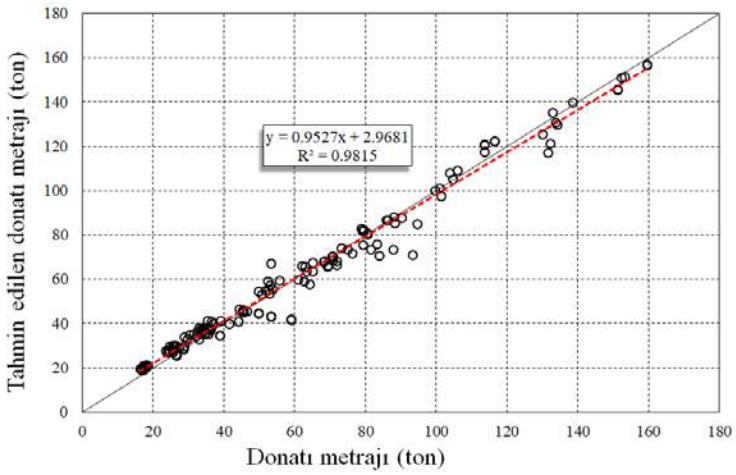
$$K_1 = \sigma_z - \left(\sqrt{f_{ck}} - 6.632507 \times h\right) \times \cos\left(h + A\right) \quad (3a)$$

$$K_2 = -\left(8.643402 \times T + A + f_{ck}\right) \times \cos(A + 8.467102) - T \quad (3b)$$

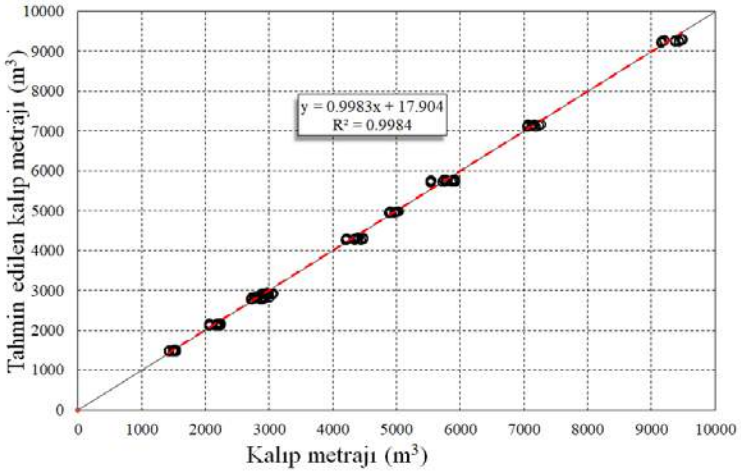
$$K_3 = 0.534501 \times h \times A \quad (3c)$$



Şekil 2. Hedef beton metrajı değerleri ile önerilen formülden elde edilen beton metrajı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 3. Hedef donatı metrajı değerleri ile önerilen formülden elde edilen donatı metrajı değerlerinin karşılaştırılması



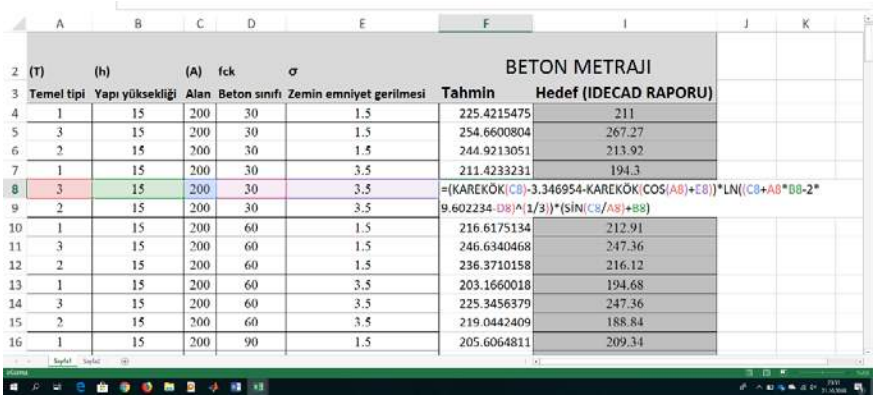
Şekil 4. Hedef kalıp metrajı değerleri ile önerilen formülden elde edilen kalıp metrajı değerlerinin karşılaştırılması

Kalıp, beton ve donatı metrajları için elde edilen R^2 değerleri 0.998, 0.990 ve 0.982 olarak belirlenmiştir. Bu değerler her ne kadar yüksek görünseler de önerilen tahmin modelinin performansını tek başına değerlendirmede kullanılamayacakları aşikardır. Nitekim donatı metrajı verileri incelendiğinde (Şekil 3) yüksek belirleyicilik katsayısı değerine rağmen yer yer bazı veri değerlerinin dağınık oldukları ve açıortay doğrusundan uzakta oldukları görülmektedir. Bundan dolayı, ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) değerleri hesaplanmıştır (Denklem 4). Bu değerler beton metrajı için 5.52, donatı metrajı için 7.62, kalıp için ise 1.92 olarak hesaplanmıştır. Yani, önerilen tahmin modelleri içerisinde Denklem 3 en güçlü tahmin modeli olarak belirlenmiştir.

$$OMYH = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\left|X_{i,t} - X_{i,h}\right|}{X_{i,h}} \times 100\right)}{n} \quad (4)$$

Burada $X_{i,t}$, formülden tahmin edilen değer, $X_{i,h}$ hedef veya gerçek değer, n örnek sayısını göstermektedir.

Önerilen denklemler her ne kadar karmaşık görünseler de uygun bir programa aktarılarak veya kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilerek pratik olarak faydalanılabilirler. Buna bir örnek olarak beton metrajının hesaplanması için kullanılan denklemin (Denk. 1) MS Excel sayfasındaki formülasyonu Şekil 5'te verilmiştir. Burada kullanıcı ilgili sütunlara 5 adet tahmin parametresini girerek beton metrajı ile ilgili fikir sahibi olacaktır



	A	B	C	D	E	F	I	J	K
2	(T)	(h)	(A)	fck	σ	BETON METRAJI			
3	Temel tipi	Yapı yüksekliği	Alan	Beton sınıfı	Zemin emniyet gerilmesi	Tahmin	Hedef (IDECAD RAPORU)		
4	1	15	200	30	1.5	225.4215475	211		
5	3	15	200	30	1.5	254.6600804	267.27		
6	2	15	200	30	1.5	244.9213051	213.92		
7	1	15	200	30	3.5	211.4233231	194.3		
8	3	15	200	30	3.5	=(KAREKÖK(C8)-3.346954-KAREKÖK(COS(A8)+E8))*LN((C8+A8*B8-2*			
9	2	15	200	30	3.5	9.602234-D8)^(1/3))*(SİN(C8/A8)+B8)			
10	1	15	200	60	1.5	216.6175134	212.91		
11	3	15	200	60	1.5	246.6340468	247.36		
12	2	15	200	60	1.5	236.3710158	216.12		
13	1	15	200	60	3.5	203.1660018	194.68		
14	3	15	200	60	3.5	225.3456379	247.36		
15	2	15	200	60	3.5	219.0442409	188.84		
16	1	15	200	90	1.5	205.6064811	209.34		

Şekil 5. Önerilen beton metrajı denkleminin MS Excel programı yardımıyla kullanılması örneği

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir

- Bir esnek hesaplama yöntemi olan GEP ile konut tipi yapıların taşıyıcı sistem maliyeti yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Böylece proje henüz ön tasarım aşamasındayken bile taşıyıcı sistem maliyetleri ile ilgili fikir sahibi olunabilmektedir.
- Burada önerilen denklemler kullanılarak taşıyıcı sistem maliyeti, elde edilen metraj değerlerinin ilgili birim fiyatlarla çarpılarak toplanmasıyla yaklaşık olarak hesaplanabilir.
- Önerilen tahmin modelleri içerisinde en yüksek korelasyon ve en düşük OMYH değeri kalıp metrajı formülünden elde edilmiştir.
- Önerilen karmaşık denklemler bilgisayar yardımıyla kolaylıkla çözülebilmektedir.
- Burada sunulan yöntem, veri girişi yapılırken tahmin parametrelerinde herhangi bir işlem yapılmadığından kullanıcılar açısından oldukça basit bir araç olarak değerlendirilebilir

Yukarıdaki bulgulara ek olarak söz konusu yöntemin daha da faydalanılabilir bir hale gelmesi için şunlara dikkat edilebilir;

- Veri kümesi oluşturulurken kullanılan bazı kısıtlar kaldırılarak daha genel modeller elde edilebilir. Örneğin; bütün deprem bölgeleri için çözümleme yapmak.
- Döşeme veya perde gibi diğer yapısal parametreler de tahmin parametreleri olarak dikkate alınıp model geliştirilebilir.
- Mevcut tahmin parametrelerinde daha fazla ara değer alınarak çözümleme yapılabilir.
- Kullanıcı dostu ara yüz geliştirilerek, kompleks gibi görünen bağıntıların uygulayıcılar ve araştırmacılar tarafından daha rahat kullanması sağlanabilir.

5. Referanslar

[1] Zadeh, L.A. 1994, Soft computing and fuzzy logic. IEEE Software, 11, 48–56

[2] Türkmen M., Tekeli H., Kuyucular A., 2006, Betonarme Bina Maliyetlerinin Zemin Sınıfı – Kat Adedi Ve Düzensizlik İle Değişimi. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi 21(1-2), 57-65

[3] Ferreira C., 2001, Gene expression programming; an adaptive algorithm for solving problems. Complex Syst;12(2)87-129.

[4] Gümüş, V., Şimşek, O., Soydan, N. G., Aköz, M. S., Yenigün K., 2016, Adana istasyonunda buharlaşmanın farklı yapay zeka yöntemleri ile tahmini. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 7(2):309-318

[5] Aytek A., 2009, Co-active neurofuzzy inference system for evapotranspiration modeling. Soft Computing, 13(7), 691-700

Kentsel Katı Atık Yönetimi : Karaköprü Belediyesi Geri Dönüşüm Proje Uygulaması

Urban Solid Waste Management : Karaköprü Municipality Recycling Project Application

Metin BAYDİLLİ[1]
Hakki GÜLŞEN[2]
Mehtap YÜCEL[3]
Fatma GÜLLÜOĞLU SONEKİNCİ[4]

[1]Karaköprü Belediyesi, Belediye Başkanı, Şanlıurfa, Türkiye,
[2] Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[3]Karaköprü Belediyesi, Çevre Koruma Birimi, Şanlıurfa, Türkiye,
[4]Karaköprü Belediyesi, Çevre Koruma Birimi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Geçmişten günümüze hızla artan nüfus ile birlikte oluşan çevresel kirlilik yaşamı olumsuz etkilemektedir. Evsel ve endüstriyel olarak oluşan çöpler tümüyle atıklarla birlikte atıldığında içinden çıkılmaz bir hal almaktadır. Bununla beraber kaynağında atıklar ve çöpler ayrıştırıldığı zaman oluşan devasa kirlilik minimize edilebilmektedir.
Bu çalışma Karaköprü Belediyesi ve GAP İdaresi'nin iş birliği ile oluşturulmuş ve Kalkınma Bakanlığı'nın maddi desteği sağlanmış olup, Karaköprü ilçesinde bulunan tüm özel ve resmi olmak üzere kurum, kuruluş ve okullara geri dönüşüm kutuları verilmiştir. Aynı zamanda büyük market zinciri niteliğinde bulunan tüm marketlerin önlerine de kafes tarzı kumbaralar yaptırılmıştır. Hemen ardından geri dönüşüm eğitimleri verilip, bu kutular aracılığı ile geri dönüşüme ilçe olarak katkı sağlanmıştır. Daha sonrasında atığın toplama aşamasında ise belediyemizin anlaşmalı olduğu firma aracılığıyla tüm atıklar endüstriyel ortamda geri dönüşüme kazandırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Karaköprü Belediyesi, Geri Dönüşüm Projesi, Geri Dönüşüm Eğitimi.

Abstract

The environmental pollution that occurs with the rapidly increasing population growth from the past to the present affects the life negatively. Domestic and industrial wastes are completely discharged with waste. However, when the wastes and wastes are separated from the source, the enormous pollution generated can be minimized.
Karaköprü Municipality and a joint project of the GAP Administration will be able to return to all private and public institutions, institutions and schools in the district of Karaköprü. In the markets which are the biggest market chain of all markets, piggy bank has been built to the markets. Recycling trainings were given immediately and the district contributed to recycling through these boxes. Then, in the collection stage of the waste, all the wastes were recycled in the industrial environment through the contracted firm of our municipality.

Keywords: Karaköprü Municipality, Recycling Project, Recycling Training.

1. Giriş

Teknoloji ve sanayileşmenin gelişmesine bağlı olarak gelişen hızlı kentleşme ve sonrasındaki nüfus artışı, hem Türkiye içinde hem de bütün dünyada insan faaliyetlerinin çevre üzerinde meydana getirdiği ezici ve yıkıcı etkisini hızla artırmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de artan pazarlama ve üretim faaliyetleri, doğal kaynaklarımızın daha yoğun olarak kullanımını kaçınılmaz hale getirmiştir. Sürekli artan tüketim ve üretim gerçeği ile birlikte oluşan çöp dışındaki atıklar, hem zararlı içerik hem de miktar nedeniyle insan sağlığını ve çevreyi tehdit eden içinden çıkılmaz boyutlarda sorunlara yol açmaktadır [1].

Türkiye'de atıkların durumuna bakıldığında; atık kompozisyonundaki asıl değişkenlik daha çok atığın içindeki cam, karton, kağıt, metal, plastik gibi ambalaj atıklarının artmasından kaynaklanmaktadır. Cam, kağıt, karton, metal, plastik gibi geri kazanılabilen katı atıkların kaynağında ayrı toplanarak bu malzemelerin ekonomiye tekrar kazandırılması katı atık yönetiminin esas amacını oluşturmaktadır. Sağlıklı, ekonomik ve sürdürülebilir bir katı atık yönetim sistemi için, geri kazanılabilen atıkların diğer atıklarla karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve organize bir sistem ve yapı içerisinde geri kazanım sürecinin gerçekleştirilmesi gerektirmektedir.

1983 yılında çıkartılan 2872 Sayılı Çevre Kanununda, 2006 yılında değişiklik yapılarak atıkların kaynağında ayrı toplanması zorunlu hale getirmiştir. Atıkların toplanması konusundaki sorumluluklar ise 2004 yılındaki 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile 2005 yılındaki 5393 sayılı Belediye Kanununda paylaştırılmıştır. Bu düzenlemelere göre; belediyeler, atıkların toplanması ve bertarafından sorumlu olan kurumlardır. Ancak, oluşturulan düzenlemeler çerçevesinde büyükşehir belediyelerinde atıkların toplanması konusunda ilçe ve ilk kademe belediyeleri sorumlu iken, bertarafı büyükşehir belediyelerinin sorumluluğuna bırakılmıştır.

Ambalaj atıkları yönetim planının sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi için:

- Belediye, tüketici ve piyasaya süren firma üçgeninin beraber, bilinçli ve ortak hareket ediyor olabilmesi gerekmektedir. Tüm paydaşlar bu sorumluluk bilincinde olmalıdır.
- Lisanslı işletmeler plana uygun toplama güzergâhları oluşturmalı, atık üreticileri bu plana uygun olarak atıklarını biriktirip sisteme vermelidir [2].

2. Yöntem

2.1 Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm olayı; daha önce kullanılmış olan, toplanıp, işlenen, yeniden üretilen ve kullanılan materyallerle oluşan bir süreçtir [3]. Başka bir tanımlamaya göre; ham maddeden yeni ürünler elde edilecekse, kullanılmış bu parçaları ve oluşturan kısımları yeni bir ürüne dönüştürmektir [4]. Geri dönüşüm düşüncesiyle; yeni hammaddelerin oluşturulması ve bunların yeni ürünlere dönüştürülmesi yerine doğal kaynakların korunması ve enerji tasarrufu elde edilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin; 1 ton kâğıdın geri dönüşümünden, kâğıt hamuru için 17 ağacın kesilmesine engel olunurken, 3 adet eni ve boyutu aynı olan şantiyeyi doldurmak için boş arazi kullanılmasına gerek kalmazken, saatte 4,200 kilovatlık enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bir evin ortalama olarak 6 aylık enerjisi ve 26.000 litrelik su tasarrufu sağlanabilmektedir [5].

2.2 Türkiye'de Geri Dönüşüm

1970'lerden bu yana Türkiye'de katı atık; sanayileşme, kentleşme ve turizm faaliyetlerinden dolayı önemi gittikçe artan bir çevre sorunu haline gelmiştir. Evsel katı atığın ortalama kişi başına düşen miktarı günlük yaklaşık 1 kilogramdır [6]. Türkiye'de 1990'lardan bu yana katı atıkların geri kazanımı ve dönüşümü önemli bir gelişme kat etmiştir. Hükümete bağlı olmayan organizasyonlar ve yerel yönetimler bu çevresel konuda halkın farkındalığının artırılmasında bir araç görevi görmüştür. Plastik, metal, kağıt ve pet şişe gibi atıkların ayrı toplatılması hususunda birçok proje hayata geçirilmiştir. Dahası, yüksek seviye teknolojisi ile çalışan geri dönüşüm tesisleri ve yenilenebilir katı atık çeşitleri üretilmektedir [7]. Yenilenebilir maddeler şu şekilde sıralanmaktadır: Plastik (plastik konteynırları, manavdaki kese kâğıtları, diğer ambalajlar), piller; araba pilleri, kâğıt (beyaz ofis kâğıdı, karton, gazete, telefon defteri, kutu), alüminyum, cam, çelik, araba lastiği ve motor yağı gibi atıklardır [8].

2.3 Karaköprü Belediyesi Geri Dönüşüm Projesi

Karaköprü ilçesi 13 mahalleye sahip olup toplamda son nüfus sayımında nüfusu 170899 kişiye dayanmıştır. Toplamda merkez sınırları içerisinde 13 mahalleye sahip olan Karaköprü hızla artan nüfusu ile atık miktarının da artmasına sebep olmuştur.Karaköprü Belediyesi'nin "Çevre Koruma Birimi" tarafından "Geri Dönüşüm Projesi'' sürdürülebilir bir şekilde am balaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması sisteminin oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Karaköprü Belediyesi–Çorlu Ambalaj Ltd. Şti. arasında ikili protokol yapılmış ve Mart 2017'den itibaren bu proje yürütülmektedir. Buna göre: Toplamda 2 adet sıkışmalı ve 1 adette normal kasaya sahip araçlarla ve 10 kişilik personelle Karaköprü İlçesinde bulunan tüm atık kumbaralarından ve geri dönüşüm kutularından biriken atıklar toplanmaktadır (Resim 1). Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanabilmesi için; uygun özellikte kumbaralar kullanarak geri kazanım noktaları oluşturmaktır.

Resim 1. Belediye ile anlaşmalı atık toplama firmasının toplama ekipmanları

2.3.1 Geri Kazanım Noktaları (Atık Kafes Sistemi)

Bu geri dönüşüm projesi'nde amaç; Karaköprü'de bulunan vatandaşlara evlerinde ve işyerlerinde ambalaj atıklarını kaynağında diğer atıklardan ayrı biriktirmeleri, biriktirdikleri bu malzemeleri merkezi noktalarda uygun kafesler ile oluşturulacak geri kazanım noktalarına getirmelerinin sağlanmasıdır. Bunun için amaca uygun kafes tarzı kumbara ve konteynerler dış mekânlara yerleştirilmektedir. Karaköprü Belediyesi Çevre Koruma Birimi tarafından toplamda 40 adet kafes şeklinde kumbara Karaköprü ilçesi sınırları içerisinde bulunan büyük çaplı marketlerin önüne bırakılmıştır (Resim 2).

Resim 2. Kafes tarzı geri dönüşüm kumbaraları

2.3.2 İç ve Dış Mekan Geri Dönüşüm Kutuları

Geri Dönüşüm Projesi kapsamında evler ve İşyerleri için kumbara (kafes) tarzı sistemler kullanılırken Karaköprü İlçesi sınırları içerisinde yer alan tüm kurum, kuruluş ve okullara iç ve dış mekan olmak üzere üçlü geri dönüşüm kutuları bırakılmıştır. Toplamda 2 çeşit olmak üzere 200 adet iç mekan üçlü geri dönüşüm kutuları ve 100 adette üçlü dış mekan olmak üzere toplamda 300 adet üçlü geri dönüşüm kutuları dağıtılmıştır (Resim 3). Bunlar da yine geri dönüşüm projesine destek olması amacıyla Karaköprü Belediyesi ve GAP İdaresi tarafından 2 milyon TL hibe alınarak dağıtımına başlanmıştır.

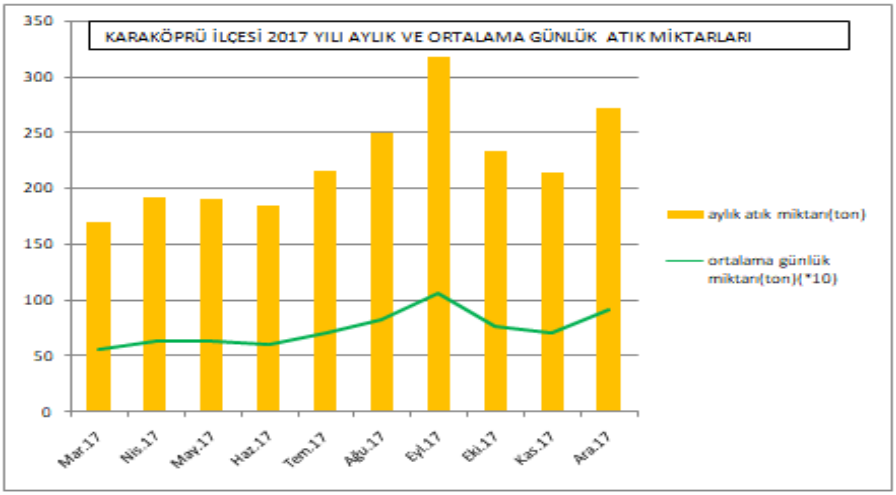
Resim 3. İç ve dış mekan geri dönüşüm kutuları

Son olarak ta Karaköprü Belediyesi'nin desteği ile 3000 adet plastik mavi kutu dağıtımı ilçe sınırları içerisinde bulunan özel ve kamu tüm kurum ve kuruluşlara dağıtılmıştır (Resim 4).

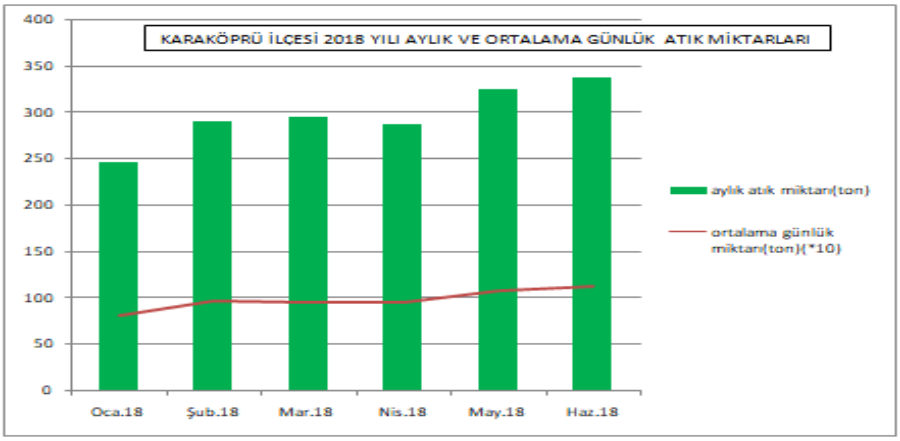
Resim 4. Geri Dönüşüm Projemizden önce dağıtılan plastik mavi atık kutuları

3. Bulgular ve Tartışma

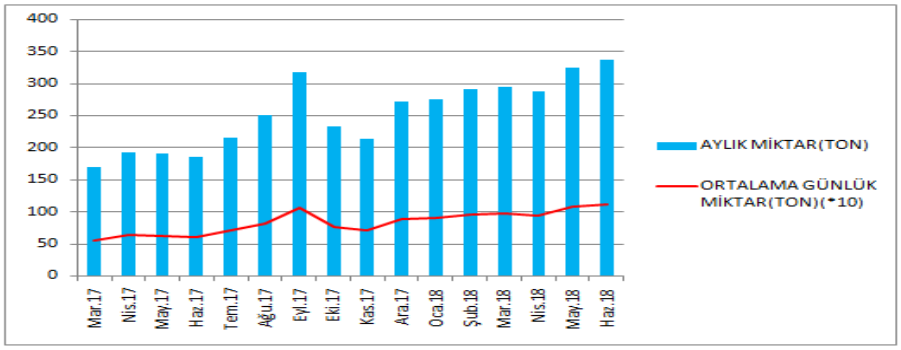
Karaköprü Belediyesi, Çevre Koruma Birimi tarafından oluşturulan "Geri Dönüşüm Projesi" kapsamında anlaşmalı olan atık toplama firmasının aylık atık verileri üzerine bir çalışma yapılmıştır. 2017 Mart ayından başlayarak 2018 Haziran ayına kadar olan 15 aylık bir süreyi kapsayan bu çalışmada aylık ve günlük olarak ortalama atık miktarları hesaplanmış ve yıllık ve mevsimlik bazda veriler elde edilmiştir. Aşağıdaki grafiklerde büyük marketler önündeki kafes tarzı sistemlerde toplanan geri kazanılabilen ambalaj atıkların aylık bazda ton olarak miktarları verilmiştir (Grafik 1, Grafik 2 ve Grafik 3).



Grafik 1. Karaköprü Belediyesi 2017 yılı Aylık Geri Kazanılabilen Atık Miktarı (ton/ay)



Grafik 1. Karaköprü Belediyesi 2018 yılı Aylık Geri Kazanılabilen Atık Miktarı (ton/ay)



Grafik 3. Karaköprü Belediyesi 2017-2018 Aylık Geri Kazanılabilen Katı Atık Miktarları (ton/ay)

Tablo 1. 2017 ve 2018 yılları aylık ve günlük ortalama atık miktarları (ton).

Aylar	Atık Miktarı (ton/ay)	Atık miktarı (ton/gün) (*10)
Mart 2017	170	56
Nisan 2017	192	64
Mayıs 2017	190	63
Haziran 2017	185	61
Temmuz 2017	215	71
Ağustos 2017	250	83
Eylül 2017	318	106
Ekim 2017	233	77
Kasım 2017	214	71
Aralık 2017	272	90
Ocak 2018	275	91
Şubat 2018	290	96
Mart 2018	294	98
Nisan 2018	287	95
Mayıs 2018	324	108
Haziran 2018	337	112

*Günlük atık miktarı hesaplanırken değerler 10 ile çarpılmıştır.

Geri kazanılabilen atık miktarlarının hesaplaması yapıldığında, 2017 eylül ayında atık miktarında gözle görülür bir şekilde atık miktarının, okullar açıldığı için ve insanların şehir dışından dönüşlerinden dolayı ciddi bir artış gösterdiği gözlenmekte, sonrasında ise 2018 yılındaki aylara bakıldığında sürekli artan bir grafik dikkat çekmektedir (Grafik 3 ve Tablo 1).
Geri Dönüşüm Projesi kapsamında geri dönüşüm bilincinin aşılanması için Karaköprü ilçesi sınırlarında bulunan bütün okullara ve belli başlı kamu kurumlarına geri dönüşüm eğitimi verilmektedir (Resim 5). Atığın kaynağında ayrıştırılması üzerine verilen eğitimde geri dönüşüm temalı boyama kitapçıkları ve yine bulunla beraber boyama kalemleri ve yine çoçuklar için diş fırçası ve diş macunu gibi hediyeler öğrencilere dağıtılmaktadır.

Resim 5. Proje Kapsamında Yapılan Geri dönüşüm eğitimi ve Seminer Çalışmaları.

4. Sonuç

Atıklar; çevresel ve ekonomik açıdan incelenmesi ve değerlendirilmesi gereken bir konudur. Katı atıklar, tehlikeli atıklar, ambalaj atıklar, özel atıklar ve tıbbi atıklar gibi birçok türü olan günlük olarak kullanılan ürünlerin tüketilmesiyle gelişigüzel olarak oluşan bu atıkların toplanması, taşınması, bertarafı ve bunların yönetimi oldukça önem ve dikkat gerektirmektedir.

Bu çalışmada; sağlıklı ve kaliteli bir çevre, doğal kaynakları koruma ve enerji tasarrufu, geri dönüşüm bilincinin oluşması ve geri kazanılabilen atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Karaköprü Belediyesi, Çevre Koruma Birimi olarak ilk olarak geri dönüşüm ekipmanları ilgili kurum, kuruluş ve okullara verilmiştir. Projenin sürekliliği ve devamı için okullarda öğrencilere geri dönüşüm eğitimleri verilmiştir. Halkın atık konusundaki farkındalığını artıracak eğitim programlarının uygulanması bu eğitimlerin davranışa dönüştürülmesi ve artan bilinçle yerel yönetimleri hem atık hem de geri dönüşüm konusunda harekete geçirmekte yardımcı olmalıdır.

Sonuç olarak yapılan çalışmada verilere bakılacak olursa; 2017 yılı için aylık ortalama atık miktarı 223,9 ton iken, 2018 yılı için bu rakam 301,1 ton'dur. Yine 2017 yılı için ortalama günlük atık miktarı; 7,46 ton iken 2018 yılı için bu rakam 10,03 ton olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı için toplamda atık miktarı 10 aylık (Mart2017-Aralık2017) dönemde 2239 ton atık elde edilirken, 2018 yılı için toplamda atık miktarı 6 aylık (Ocak2018-Haziran2018) dönemde 1807 ton atık geri kazanılarak hem enerji tasarrufuna, hem doğal kaynakların korunmasına hem de ekonomiye katkı sağlanmıştır.

5. Referanslar

[1] Kaçtıoğlu, S., Şengül, Ü. (2010). Erzurum Kenti Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Tersine Lojistik Ağı Tasarımı ve Bir Karma Tam Sayılı Programlama Modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24, 1.

[2] Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği, RG.05.07.2008 tarih ve 26927 Sayı.

[3] Schultz, P.W., Oskamp, S. and Mainieri, T. (1995). Who Recycles and When? A Review of Personal and SituationalFactors. Journal of Environmental Psychology, 15, 105-121.

[4] Salustri, F. A. (2005). Design Forthe Environment.URL:http://deed.ryerson.ca/y/pub/Dcl/DesignForEnvironmentV100.doc

[5] Cravers, R. (1988). On The Capital Paper Trail, Environmental Action, 20, 27-29.

[6]Ozhan, E. (2005). PAP/RAC: Coastal Area Management in Turkey. Priority Actions Programme Regional Activity Centre Split. URL:http://medcoast.org.tr/publications/cam%20in%20turkey.pdf

[7] Ministry of Environment (2002). National Report on Sustainable Development Ministry of Republic of Turkey.

[8] Bayraktar, F.S. (2006). Social Responsibility Projects As a Marketing Strategy: A Recycling Approach from the Consumer's Perspective. T.C. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme A.B.D. Üretim Yönetimi ve Pazarlama (İng). Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Meteorolojik veriler için yüksek verimli bir sıkıştırma algoritması

A high efficient compression algorithm for meteorological data

Mehmet Hadi SUZER[1]
Nurettin BEŞLİ[2]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Uzun süreli veri kaydedici cihazların maliyet ve performansını etkileyen başlıca faktörler işlem gücü, ihtiyaç duyulan hafıza ve birim veri başına enerji tüketimidir. Meteorolojik verilerin kaydedildiği istasyonlarda ise cihaz maliyeti yanında işletme maliyetleri de büyük öneme sahiptir. Bu tür istasyonlar çoğunlukla yerleşim yerleri dışında elektrik şebekesi ve altyapısının bulunmadığı, kara yoluyla ulaşımın kolay olmadığı bölgelerde kurulmaktadır. Bu durumda istasyonun kayıt kapasitesi ve kaydedilmiş verileri merkeze iletme süresi ile istasyonun enerji tüketimi önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada, meteoroloji istasyonlarında kullanılan data-logger cihazının sınırlı olan kayıt kapasitesini daha verimli kullanmak amacıyla sensörlerden okunan ve merkeze aktarılan veri miktarını azaltacak anlık ve düşük işlem maliyetli bir veri sıkıştırma algoritması öneriyoruz. Önerdiğimiz algoritmanın sıkıştırma performansı gerçek meteorolojik veriler kullanılarak gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Meteorolojik İstasyonu, İklimsel Veri, Sıkıştırma.

Abstract

Major factors affecting cost and performance of long term recording devices are processing power, storage needed and energy consumption per unit data. As for stations recording meteorological data, operating costs are highly important beside device costs. These stations are usually established at rural areas in which overland access is not easy and there may be no electrical infrastructure at all. In such cases, storage capacity, latency of data forwarding to some center and energy consumption of the station becomes important. In this study, we propose a data compression algorithm which will efficiently use the limited storage capacity of data-logger devices employed in meteorological stations and increase energy efficiency by reducing latency in data transmission. Compression performance of the proposed algorithm is shown using real-world meteorological data.

Keywords:

Meteorological Station, Climatic data, Compression.

1. Giriş

Meteorolojik veriler çevre ve yaşam şartları üzerindeki etkileri sebebiyle yüzyıllar boyunca kayıt altına alınmıştır. Ulaştırmadan turizme, tarımdan enerji üretim ve tüketimine hayatımızın her alanında iklim verileri ve tahminleri önemli yer tutmaktadır. Günümüzde algılayıcı teknolojileri ve kayıt sistemlerinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesiyle meteoroloji istasyonlarının sayısı hızla artmıştır. Sadece kamu ve özel araştırma kurumları değil farklı alanlarda birçok işletme ve yatırımcı meteorolojik verileri kullanmaktadır. Meteorolojik veriler tarımda rekolte hesabında, hava tahminlerinde ve enerji tüketim planlanmasında kullanılmaktadır.

Meteorolojik verilerin kullanıldığı diğer bir alan da rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin yatırım, işletme ve üretim tahmin süreçleridir. Küresel ölçekte yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelim devlet politikaları haline gelmiştir [1], [2], [3]. Bu durumun doğal bir sonucu olarak meteoroloji istasyonlarının önemi bir kat daha artmıştır. Meteoroloji istasyonlarının sağladığı veriler fizibilite raporları hazırlanmasının yanı sıra enerji üretim santrallerinde santral veriminin anlık izlenmesinde de kullanılabilmektedir. Ek olarak, ulusal elektrik üretim ağına (enterkonnekt) bağlı yenilenebilir enerji santrallerinin üretim kapasitelerinin tahmini ile ileriye yönelik (day ahead) üretim planlamasının yapılması sağlanmaktadır [4], [5], [6].

Meteoroloji istasyonları çoğunlukla yerleşim yerleri dışında elektrik şebekesi ve altyapısının bulunmadığı, kara yoluyla ulaşımın kolay olmadığı bölgelerde kurulmaktadır. Bu sebeple bu istasyonların insan müdahalesi olmadan yıl boyunca çalışır halde kalmaları gereklidir. İstasyonların uzun süre aktif kalmaları ise büyük oranda enerji kaynaklarını ve kalıcı hafızalarını verimli kullanmaları ile mümkündür.

Meteoroloji istasyon sistemleri genellikle algılayıcılar, veri ölçme ve kaydetme cihazları olan data-loggerlar, enerji sağlayıcı batarya ve bataryayı dolduracak fotovoltaik (PV) panel ile şarj regülatöründen oluşmaktadır. Ek olarak, kaydedilen verilerin merkeze iletilmesi amacıyla mobil iletişim için küresel sistem (Global System for Mobile Communication, GSM) ağının erişilebilir olduğu bölgelerde makineden makineye (Machine to Machine, M2M) veri iletişimi GSM radyo modemi üzerinden sağlanmaktadır.

Meteoroloji istasyonlarında tarih ve saat, sıcaklık, güneş ışınımı, rüzgar hızı ve yönü, atmosferik basınç, nem, yağış miktarı, güneşlenme süresi gibi verilerin anlık ve minimum/maksimum değerleri ihtiyaca bağlı olarak bir ila on dakikalık aralıklarda yıl boyunca kayıt altına alınır [7], [8]. İstasyonda bulunan data-logger cihazının kalıcı hafızasında saklanan bu verilerin büyüklüğü ise veri adedi, ölçme sıklığı, veri çözünürlüğü ve verinin temsil edilme metodu ile alakalıdır.

Bu çalışmada data-logger cihazının sınırlı olan kayıt kapasitesini daha verimli kullanacak ve data-logger ile aktarıcı radyonun enerji verimliliğini arttıracak bir veri sıkıştırma algoritması

önerilmektedir. Çalışmamızda data-logger üzerinde önemli oranda bir işlemci yoğunluğuna sebep olmayan, saklanacak verinin sıklığını ve çözünürlüğünü azaltmayan kayıpsız bir sıkıştırma algoritması geliştirilmiştir. Bunun sonucunda data-logger üzerinde saklanacak verinin boyutu küçülecek ve bu verinin merkeze iletilmesi de daha kısa sürede yapılabilecektir. Tek bir veri bitinin radyo aracılığıyla iletilmesi için harcanan enerjinin sıkıştırma esnasındaki tek bir işlem için harcanan enerjiden 1000 kat daha fazla olduğu ([9]) düşünüldüğünde, aynı miktarda sıkıştırılmamış verinin saklanması ve merkeze iletilmesine kıyasla istasyonun enerji gereksinimi önemli oranda düşecektir. Yaptığımız çalışmalarda önerdiğimiz algoritma ile ortalama %228'e varan veri sıkıştırma oranlarına ulaşılmıştır.

Ham fiziksel verilerin sıkıştırılması çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Shannon, bir veri kaynağının içerdiği bilginin ölçüsünü ve bu bilgiyi temsil edecek ortalama bit sayısını Entropi olarak tanımlamıştır [10]. Entropi aynı zamanda bir veri kaynağı için en uygun (optimal) sıkıştırma oranını da belirlemektedir. Huffman, Lempel ve Ziv ham verilerin kodlanmasına yönelik metotlar önermişlerdir ([11], [12], [13], [14]). Literatürde, bu kodlama teknikleri ve benzerleri kullanılarak, kablosuz algılayıcı ağları, nesnelerin ağı (Internet of Things) ve data-logger aygıtları için sıkıştırma algoritmaları geliştirilmiştir ([9], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24]). Çalışma alanımıza yakınlığı göz önünde bulundurularak seçilen bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Vecchio ve diğerleri Nesnelerin Ağı (Internet of Things, IoT) aygıtları için kayıpsız veri sıkıştırması yapabilen, böylelikle çoğunluğu pille çalışan bu aygıtlarda enerji tasarrufu yaparken düşük işlemci ve hafızaya ihtiyaç duyan, Kayıpsız Entropi Sıkıştırması (Lossless Entropy Compression, LEC) algoritmasının [19] bir türevini önermişlerdir [23]. Çalışmamıza benzer olarak, analog dijital çevirici (ADC) girişlerinden alınan ham ikilik verilerin farkı alınmış ve bu farklar sıkıştırmaya tabi tutulmuştur. LEC algoritması ve türevleri sıkıştırma yaparken verilerin istatistiksel özelliklerinden yararlanmakta, bu amaçla kodlama tabloları oluşturup en çok görülme ihtimali olan verileri en düşük uzunlukta kodlamaktadır. Yaptığımız çalışmada ise kodlama tablolarına ihtiyaç duyulmadığı gibi sıkıştırma işleminin yalınlığı sebebiyle hem hafıza hem de işlemci üzerinde önemli bir yoğunluğa ve dolayısıyla da enerji harcamasına yol açmadan yüksek sıkıştırma oranlarına ulaşılmıştır.

Kolo ve diğerleri kablosuz algılayıcı ağlarında kullanılmak üzere Uyarlamalı Kayıpsız Veri Sıkıştırması (Adaptive Lossless Data Compression, ALDC) algoritmasını sunmuşlardır [20]. Bu çalışmada kablosuz algılayıcılar tarafından ölçülen fiziksel büyüklüklere ait ham veriler sıkıştırma işlemine tabi tutulmuş, böylelikle önemli sistem kaynaklarının daha verimli kullanılması hedeflenmiştir. Bu algoritma ölçülen verilerin bir pencere aralığı kadar biriktirilip blok olarak sıkıştırmaya tabi tutulmalarına dayanmaktadır. Bu işlem sıkıştırma oranı açısından başarılı olmakla birlikte başarının derecesi pencere aralığının büyüklüğüyle doğru orantılı olup yüksek başarı için algılayıcının büyük miktarda hafıza ve işlemci kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu da algoritmanın ölçeklenebilirliğini (scalability) azaltmaktadır.

Marcelloni ve diğerleri kablosuz algılayıcı ağları için Kayıpsız Entropi Sıkıştırması (Lossless Entropy Compression, LEC) algoritmasını sunmuşlardır [19]. Bu algoritma ile algılayıcı cihazlarının enerji ihtiyacının azaltılması amaçlanmıştır. Çalışmada ham veriler arasındaki farkların istatistiksel özellikleri göz önünde bulundurularak veri kodlama tabloları bilgisayarda hazırlanmış ve bu tablolar ölçülen verileri sıkıştırmada kullanılmıştır.

Schoellhammer ve diğerleri kablosuz algılayıcı ağlarında iklimsel veriler için kaynak gereksinimi düşük olan bir sıkıştırma algoritması sunmuşlardır [18]. Algoritma yeterince küçük bir örnekleme aralığında iklimsel verilerin lineer değiştiği varsayımından yola çıkarak kayıplı bir sıkıştırma yapmaktadır. Sıkıştırma kayıplı olduğundan ve varsayımlara dayandığından yüksek hızlı değişen rüzgâr yönü gibi verilerde zayıf performans sergileyecektir.

Pradhan ve diğerleri Yoğun bir Mikro-algılayıcı Ağda Dağıtık Sıkıştırma (Distributed Compression in a Dense Micro-Sensor Network) çalışmasını sunmuşlardır [17]. Bu çalışmada algılayıcılar ölçtükleri ham verileri birbirleriyle haberleşme zorunluluğu olmadan sıkıştırmaktadır. Ancak sıkıştırma her bir algılayıcıda ölçülen verilerin aralarındaki istatistiksel özelliklerden yola çıkarak kayıplı olarak gerçekleştirilmektedir.

Craft özellikle hafıza aygıtlarının veri kapasitesinin geliştirilmesi amacıyla yüksek hızlı donanımda uygulanan genel amaçlı kayıpsız sıkıştırma algoritmaları üzerinde bir çalışma sunmuştur [15]. Uyarlamalı Lempel-Ziv [12] algoritmalarının iki türü, LZ1 ve LZ2 algoritmalarından yola çıkılarak ALDC sıkıştırma metodu geliştirilmiştir. Bu algoritma her ne kadar veri akışı (stream) üzerinde çalışsa da veri istatistiklerini çıkarabilecekleri bir veri tabanına ihtiyaç duyarlar. Bu durumda hem veri tabanı için ek hafızaya, hem de veri tabanı işlemleri için ek işlemci gücüne ihtiyaç duyarlar.

2. Yöntem

Veri toplamada en önemli aşamalardan biri verinin sıkıştırılarak depolanmasıdır. Veriler, algılayıcı ağındaki verilerden bir sunucu bilgisayarın günlük kayıtlarına kadar büyük bir çeşitlilik göstermektedir. İşlem yükü ağır ve sıkıştırma oranı yüksek algoritmalar kişisel veya sunucu bilgisayarlar gibi işlem kapasitesi yüksek olan cihazlar üzerinde kullanılabilmektedir. Bu tarz algoritmaların (bzip, compress, lzo, ppmd, zlib) enerji harcamaları ve sıkıştırma performansları Barr ve diğerlerinin bir çalışmasında ortaya konulmuş ([9]), ayrıca bu algoritmaların veri iletiminde harcanan enerjiyi düşürebileceği de gösterilmiştir. Ancak algılayıcı ağları ve meteoroloji istasyonlarında işlem gücü sınırlı düşük enerji tüketimli cihazlar bulunmaktadır. Bu tür cihazlarda işlemci gücünün sınırlı olması, kullanılacak sıkıştırma

algoritmalarının yalın olmasını gerektirir. Bu sebeple genel sıkıştırma algoritmaları yerine, verinin türü ve değişim hızı göz önünde bulundurularak özelleşmiş algoritmalar tercih edilmelidir.

2.1. Kodlama teknikleri

Pratikte veri kodlama ve sıkıştırma amacıyla çok sayıda yöntem kullanılmaktadır.

Huffman Kodlama Tekniği [11]: Bir karakter kümesindeki karakterleri temsil edecek ikilik kodlar seçilirken, kod uzunlukları karakterlerin kümede bulunan kopyalarının toplam sayısı ile ters orantılı olacak şekilde belirlenir. Böylelikle en fazla sayıda kopyası olan karaktere en kısa kod verilirken, en az sayıda kopyası olan karaktere en uzun kod verilir. Kodlar benzersiz seçildiklerinden kodlanmış veriden orijinalini oluşturmak her zaman mümkündür.

Aritmetik Kodlama Tekniği: Huffman kodlamasında bir karakter en az bir bitle temsil edilirken aritmetik kodlama en yüksek sıklığa sahip karaktere bir bitin basit kesiri kadar kodla temsil imkânı vermektedir. Aritmetik kodlama tekniğinin uygulanmasında çok miktarda çarpma ve bölme işlemi kullanılmaktadır. Bu sebeple kodlama ve kod çözme işlemlerinde, Huffman kodlamasına kıyasla, yüksek işlemci gücü gerektirmektedir.

Lempel-Ziv Kodlama Teknikleri [12]: Bu kodlama tekniğinde Huffman kodlamasından farklı olarak tek tek sembollerin yanı sıra aynı dizgiye sahip sembol grupları da tek bir kodla temsil edilirler. Böylelikle bazı şartlar altında Huffman kodlamasına göre daha az kodla daha fazla karakteri temsil imkânı sağlanmaktadır.

Yukarıda listelenen kodlama teknikleri kullanılarak LZ77 [12], LZ78 [13], [14], Prediction with Partial Match (PPM) [25], Burrows-Wheeler Transform (BWT) [26] gibi çeşitli sıkıştırma algoritmaları geliştirilmiştir.

2.2. Önerdiğimiz sıkıştırma tekniği

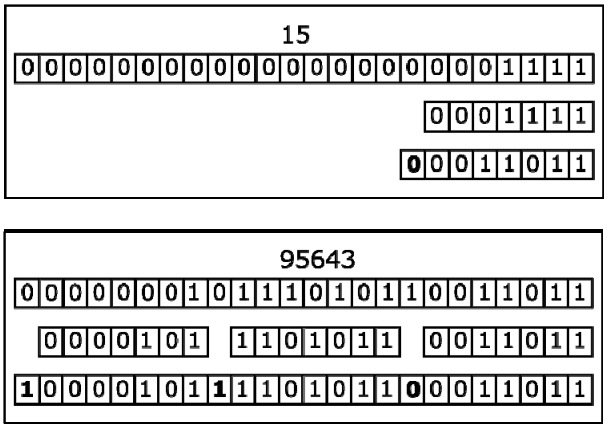
Meteorolojik verilerden seçilmiş olan sıcaklık, nem, güneş ışınımı, basınç, rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı grafikleri sunacağımız algoritmanın etkinliğini göstermemiz için bir deney seti teşkil etmektedir. GAP-YENEV Meteoroloji İstasyonunda ölçülen gerçek verilerden [27] seçilmiş yaklaşık 1 haftayı kapsayan 1000 örnek deneylerimizde kullanılmıştır. Söz konusu meteorolojik veriler en düşüğü basınç ve en yükseği rüzgâr yönü olmak üzere farklı değişim hızlarına sahiptir. İklimsel veriler zamana göre yavaş değişen, hızlı değişen ve anlık darbeler şeklinde değişen sinyaller olarak gruplandırılabilir [21]. Verilerin bu özellikleri göz önüne alınarak iki aşamalı bir sıkıştırma algoritması geliştirilmiştir.

1. *Ardışık örneklerin farkını alma*: Bu aşamada analog algılayıcı çıkışlarından alınan ve Analog Dijital Çevirici (ADC) tarafından ham dijital veriye dönüştürülen fiziksel niceliklerin ardışık örneklerinin farkı alınır ve verinin asıl değeri yerine kullanılır. Örneklerin farkını almanın temel amacı bir sonraki aşamadaki kodlama işleminden önce verilerin genliğinin küçültülerek daha yüksek sıkıştırma oranlarına ulaşmaktır. Kaydedilen ardışık farklar arasında oluşan bağımlılığı azaltmak için her 1000 örnekten sonra algoritma baştan başlatılır.
2. *Değişken uzunlukta kodlama*: Ham veriler hafıza aygıtlarına ikilik (binary) düzende veya metin (ASCII) olarak sabit uzunlukta veya değişken uzunlukta saklanabilirler. Değişken uzunlukta saklama durumunda verilerin geri okunurken anlamlı olabilmesi için ardışık her iki veri arasına bir ayırıcı (separator) konulması gerekir. Örneğin ham durumda 95643 sayısı 17 bitlik, 15 sayısı ise 4 bitlik ikilik sayıya karşılık gelir. Tablo 1 bu iki sayının sabit ve değişken uzunluklarda ikilik ve ASCII gösterimle kapladıkları hafıza alanlarını göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere ASCII temsil ikilik temsile göre daha fazla hafızaya ihtiyaç duyarken sabit uzunlukta temsil ise değişken uzunlukta temsile kıyasla daha fazla hafıza alanına ihtiyaç duymaktadır.

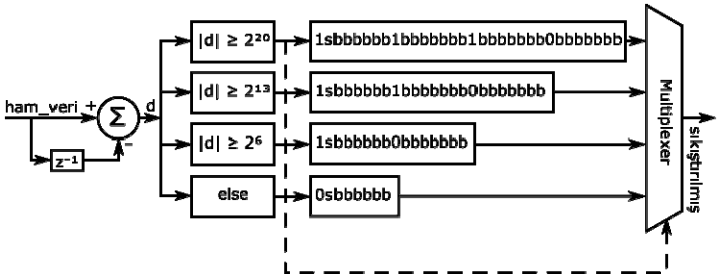
Birinci aşama sonunda genlikleri ve dolayısıyla standart sapmaları küçültülen verileri sıkıştırmak için kayıpsız bir sıkıştırma tekniği olan değişken uzunlukta kodlamaya [11] dayalı bir algoritma kullanılacaktır. Önerdiğimiz algoritmada sayılar en küçük 8 bit en büyük 32 bit alanlara sığdırılır. Ayırıcı olarak sadece 1 ila 4 bitlik alana ihtiyaç duyulur. Bu durumda örneğin 15 sayısı 8 bit yer kaplarken, 95643 sayısı 24 bit yer kaplar (Şekil 1).

Fark alma ve sıkıştırma işlemleri her örnek için anlık (on the fly) gerçekleşir, yani veri kaydedilmeden hemen önce sıkıştırmaya tabii tutulur. Bu kodlama tekniği detaylı olarak Şekil 2'de verilmiştir. Önerilen algoritma, kaydedilmiş verilerin topluca sıkıştırılmasını öngören algoritmalara ([9] , [20]) göre oldukça hızlı ve düşük işlem gücü gerektirir ve enerji verimliliğine önemli oranda katkıda bulunur. Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta şudur: Meteorolojik verilerin anlık kaydedilmesi bir veri akışı (data stream) oluşturur, bu durumda veri, ancak akış üzerinde çalışabilecek bir kodlama algoritması kullanılarak sıkıştırılabilir.

Değişken uzunlukta kodlama tekniği ardışık örneklerin farkı üzerinde uygulandığında kayıpsız olarak çok yüksek sıkıştırma oranlarına ulaşabilmektedir. Önerilen sıkıştırma algoritmasının verimi aşağıdaki örnekte açıklanmıştır.



Şekil 1: İki farklı sayının önerdiğimiz algoritma ile kodlanması



Şekil 2: Sıkıştırma algoritmasının blok diyagramı

TABLO 1: Sayısal kodlama metotları

Metot	95643	Bit	15	Bit
Sabit İkilik	0x1759B	24	0x00000F	24
Sabit ASCII	00095643	64	00000015	64
Değişken ASCII	95643,	48	15,	24
Değişken İkilik	0x85EB1B	24	0x0F	8

Data-logger cihazının her bir analog girişi 24 bit çözünürlüğe sahip olsun. Normalde tüm analog değerler en az 24 bitlik ikilik biçiminde saklanır. Bu durumda 16 kanal girişi olan bir data-logger cihazı, 1000 ölçüm için 1000 x 16 x 3 = 48kByte (en az) veri saklama alanına ihtiyaç duyar. Oysaki gerçek veriler üzerinde ([27]) algoritmamız uygulandığında ardışık örnekler arasındaki farkın sıfıra yakın olduğu görülmüş ve fark değerinin 24 bit değil sadece 8 bitlik bir sayıyla temsili durumunda 1000 * 16 * 1 = 16 kByte saklama alanına ihtiyaç duyulacağı hesaplanmıştır. Sıkıştırma oranı en iyi durumda yaklaşık %300 olacaktır. Üstelik algoritma herhangi bir ek tablo kullanmadığı gibi çarpma ve bölme gibi işlemlere de ihtiyaç duymamaktadır. Bu sebeple işlem karmaşası o kadar düşüktür ki 8 bitlik bir mikrodenetleyici bile bu algoritmayı kullanarak sıkıştırma işlemi yapıp veriyi saklayabilir.

3. Bulgular ve Tartışma

Önerdiğimiz çalışmanın değerlendirilmesi amacıyla kayıt altına alınmış gerçek meteorolojik veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ölçülen büyüklükler 2015 yılının tamamına ait tarih, saat, güneş ışınımı, sıcaklık, nem, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, basınç ve toplam yağış değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleridir. Gösterim amaçlı olarak bu verilerden altı tanesi Tablo 2 ve Tablo 3'de kullanılmıştır.

Değerlendirmeye alınan fiziksel büyüklüklerin ham ve ardışık örnekler arasındaki farklarına ait aritmetik ortalama ve standart sapmaları hesaplanarak Tablo 2'de gösterilmiştir. Örnekler 10 dakikada bir alınmış olup toplamda 1000 örnek üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Bu da kabaca 01.01.2015 - 07.01.2015 tarihleri arasındaki 1 haftalık bir ölçüm aralığına denk gelmektedir. Ayrıca 2015 yılının tamamı için hesaplamalar yapılıp sonuçların benzerliği teyit edilmiş, ancak grafik ve tabloların kolay anlaşılması için bir haftalık veriler kullanılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere ardışık örnekler arasındaki farkların ortalaması sıfıra yakın olup standart sapmaları ham verilere kıyasla büyük miktarda düşüş göstermektedir. Esasen bir sonraki aşamada uygulanan sıkıştırma algoritmasının başarısında standart sapmanın düşmesinin payı çok büyüktür.

TABLO 2: İstatistiksel ölçümler

Büyüklük	Ortalama		Standart Sapma	
	Ham	Fark	Ham	Fark
Güneş Işınımı	6088	0	12287	3084
Sıcaklık	7386	-6	2289	231
Nem	9057	1	1130	110
Rüzgâr Yönü	14103	16	8001	6385
Rüzgâr Hızı	283	-1	200	53
Basınç	95333	-2	476	15

TABLO 3: Sıkıştırma performansı

Büyüklük	Ham (byte)	Sıkıştırılmış (byte)	Sıkıştırma (%)
Güneş Işınımı	3000	1432	209
Sıcaklık	3000	1027	292
Nem	3000	1281	234
Rüzgâr Yönü	3000	1985	151
Rüzgâr Hızı	3000	1184	253
Basınç	3000	1003	299
Toplam	18000	7912	228

Tablo 3'de yine değerlendirmeye alınan fiziksel büyüklüklerin 24 bit çözünürlükte alınmış örneklerinin hafıza ihtiyaçları hesaplanmış olup, önerdiğimiz algoritmanın uygulanması sonucunda kayıpsız sıkıştırılmış olan verilerin hafıza ihtiyaçları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3 birlikte göz önünde bulundurulduğunda standart sapması düşük olan verilerin benzer oranda daha düşük hafıza gereksinimine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, standart sapması en düşük olan Basınç değerlerinin %299 ile en yüksek sıkıştırma oranına sahip olduğu görülmektedir. Aşırı derecede değişken olan rüzgâr yönü verilerinin standart sapması en yüksek değerde olduğu halde %151 gibi bir sıkıştırma oranı yakalanmış, toplamda ise ortalama olarak %228 düzeyinde bir sıkıştırma oranı yakalanmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada meteorolojik veriler üzerinde anlık çalışan yüksek verimli bir sıkıştırma algoritması önerilmiştir. Literatür araştırmamızda gördüğümüz kadarıyla bu algoritma düşük işlem yoğunluğu, az miktarda işlem ve kalıcı hafıza kullanımı, enerji duyarlı olması ve akan veri üzerinde anlık çalışabilmesi yönünden özgün bir çalışmadır. Gerçek veriler üzerinde yaptığımız hesaplamalarda görüldüğü gibi algoritmamız hızlı veya yavaş değişen her türlü iklimsel veri üzerinde %228 gibi yüksek bir ortalama sıkıştırma performansı sergilemektedir. Özellikle yavaş değişen verilerde sıkıştırma oranı çok daha yüksek olabilmektedir (%299).

Önerdiğimiz algoritmanın akan veri üzerinde çalışabilme yeteneği göz önünde bulundurulduğunda anlık veri aktarımı yapan algılayıcılar için uygun olduğu açıktır. Bu tür algılayıcıların düşük işlem ve hafıza kapasiteli olduğu düşünüldüğünde verileri uzun süreli saklayıp tüm veri üzerinde daha yüksek yetenekli bir sıkıştırma algoritması çalıştırmaları uygun olmayacaktır. Hızla gelişen Nesnelerin Ağı (Internet of Things) ve Bluetooth Low Energy (BLE) gibi yeni nesil teknolojiler, bu ağlarda bulunan cihazların sürekli iletişim halinde bulunmasını gerektirmektedir. Bu iletişimde akan verinin sıkıştırılması veri bandı, işlemci gücü, ana hafıza gibi sistem kaynaklarında önemli oranda tasarruf sağlayacaktır.

5. Referanslar

[1] Aquila G, Pamplona EO, Queiroz AR, Junior PR, Fonseca MN. 2017. "An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the brazilian experience". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 1090-1098.

[2] Kannan N, Vakeesan D. 2016. "Solar energy for future world: - a review". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 1092-1105.

[3] Lipp J. 2007. "Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom". Energy Policy, 35(11), 5481-5495.

[4] Huang J, Thatcher M. 2017. "Assessing the value of simulated regional weather variability in solar forecasting using numerical weather prediction". Solar Energy, 144, 529-539.

[5] Corea FVG, Callejo MAM, Regidor MPM, Sancho MTM. 2016. "Forecasting short-term solar irradiance based on artificial neural networks and data from neighboring meteorological stations". Solar Energy, 134, 119-131.

[6] Fernandez EF, Talavera D, Almonacid FM, Smestad GP. 2016. "Investigating the impact of weather variables on the energy yield and cost of energy of grid-connected solar concentrator systems". Energy, 106, 790-801.

[7] Popa M, Iapa C. 2011. "Embedded weather station with remote wireless control". 19th Telecommunications Forum (TELFOR) Proceedings of Papers, 297-300.

[8] Zhang J, Pu R, Yuan L, Huang W, Nie C, Yang G. 2014. "Integrating remotely sensed and meteorological observations to forecast wheat powdery mildew at a regional scale". IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7, 4328-4339.

[9] Barr KC, Asanovic K. 2006. "Energy-aware lossless data compression". ACM Transactions on Computer Systems, 24, 250-291.

[10] Shannon CE. 1948. "A mathematical theory of communication". Bell System Technical Journal, 27(3), 379-423.

[11] Huffman DA. 1952. "A method for the construction of minimum redundancy codes". Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 40, 1098-1101.

[12] Ziv J, Lempel A. 2006. "A universal algorithm for sequential data compression". IEEE Transactions on Information Theory, 23, 337–343.

[13] Ziv J. 1978. "Coding theorems for individual sequences". IEEE Transactions on Information Theory, 24, 405-412.

[14] Ziv J, Lempel A. 1978. "Compression of individual sequences via variable-rate coding". IEEE Transactions on Information Theory, 24, 530-536.

[15] Craft DJ. 1998. "A fast hardware data compression algorithm and some algorithmic extensions". IBM Journal of Research and Development, 42, 733-745.

[16] Kovac M. 1998. "Efficient data compression algorithm for data loggers, measurement equipment and remote data analysis applications". Southeastcon 98 IEEE Proceedings, 47–48.

[17] Pradhan SS, Kusuma J, Ramchandran K. 2002. "Distributed compression in a dense microsensor network". IEEE Signal Processing Magazine, 19, 51-60.

[18] Schoellhammer T, Greenstein B, Osterweil E, Wimbrow M, Estrin D. 2004. "Lightweight temporal compression of microclimate datasets". 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, 516-524.

[19] Marcelloni F, Vecchio M. 2008. "A simple algorithm for data compression in wireless sensor networks". IEEE Communications Letters, 12, 411-413.

[20] Kolo JG, Shanmugam SA, Lim DWG, Ang LM, Seng KP. 2012. "An adaptive lossless data compression scheme for wireless sensor networks". Journal of Sensors.

[21] Ono K, Terada T, Tsukamoto M. 2012. "A ubiquitous data logger that selects an efficient data compression method". 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 778–782.

[22] Shcherbakov I, Weis C, Wehn N. 2012. "A high-performance fpga-based implementation of the lzss compression algorithm". IEEE 26th International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops PhD Forum, 449–453.

[23] Vecchio M, Giaffreda R, Marcelloni F. 2014. "Adaptive lossless Entropy compressors for tiny iot devices". IEEE Transactions on Wireless Communications, 13, 1088–1100.

[24] Febrian H, Hilwadi H, Desta Y, Muhammad AT. 2016. "Design and implementation of data logger using lossless data compression method for internet of things". International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT).

[25] Cleary JG, Teahan WJ, Witten IH. 1995. "Unbounded length contexts for ppm". Data Compression Conference, DCC '95. Proceedings, 52–61.

[26] Burrows M, Wheeler DJ. 1994. "A block-sorting lossless data compression algorithm". Technical Report, HP Labs.

[27] Harran Üniversitesi Gap-Yenev Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Araştırma ve Uygulama Merkezi, Meteoroloji İstasyonu, 2018. Osmanbey Kampüsü, Şanlıurfa. http://gapyenev.harran.edu.tr.

Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak Sunucularda DDoS Saldırılarının Tespiti ve Analizi

Detection and Analysis of DDoS on Servers Using Machine Learning Techniques

Cihat GÜRMEN[1]
İbrahim Berkan AYDİLEK[2]

[1]Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[1]cihatgurmen@harran.edu.tr, [2]berkanaydilek@harran.edu.tr

Özet

İnternetin günlük hayatın bir parçası haline gelmesi ile birlikte e-bankacılık, e-ticaret, e-sağlık, e-devlet vb. gibi elektronik hizmetlerin sayılarında gün geçtikçe artışlar meydana gelmektedir. Bu elektronik hizmetlerin artması ile birlikte bu hizmetleri kullanan kurum, kuruluş, işletme ve kullanıcı sayılarında da ciddi artışlar olmaktadır. Kullanılan bu gibi sistemlere, kötü niyetli kişiler tarafından saldırılar gerçekleştirilmek istenebilmektedir. Hayati öneme sahip bilgilerin değiştirilmesi, silinmesi veya tahrif edilmesi, yetkisiz kişilerin bilgisayar sistem hizmetlerinin engellenmesi, durdurulması veya kullanıcıların izni olmadan yetkisiz olarak internet ağ paketlerinin dinlenme girişimleri siber saldırı olarak adlandırılmaktadır. Bilişim sistemlerine yönelik yapılacak siber saldırıların önceden tespit edilmesi ve siber ataklara karşı önceden tedbir alınmasının önemi gün geçtikçe artan bir çalışma alanı olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, saldırı türleri, makine öğrenmesi teknikleri ile saldırı tespit sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanımı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır. Çalışmanın amacı olarak NSL-KDD veri seti kullanılarak makine öğrenmesi yöntemleri ile sunuculara yönelik yapılan DDoS saldırı türlerinin tespitinin yapılması ve sınıflandırma tekniklerinin performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Saldırı Tespit Sistemleri, Makine Öğrenmesi, Siber Saldırılar, KDD Cup99 veri seti

Abstract

As the Internet becomes a part of daily life, there is an increase in the number of electronic services like e-banking, e-commerce, e-health, e-government etc. By increasing in these electronic services, there are serious increases in the number of institutions, establishments, enterprises and users using these services. On such systems, it may be desirable to perform attacks by malicious people. The attempt to change, erase or distort vital information, prevent or stop computer system services from unauthorized persons, and attempt to rest from unauthorized Internet network packets without the permission of users is called a cyber attack. The importance of pre-determination of cyber attacks on information systems and taking precautionary measures against cyber attacks continues to be a growing field of studies. In this study, information about the types of attack, the techniques of machine learning and the development and use of intrusion detection systems are presented. The aim of this study was to determine the types of DDoS attack for the servers and to evaluate the performance of classification techniques by using NSL-KDD datasets.

Keywords:

Intrusion Detection Systems, Machine Learning, Cyber Attacks, KDD Cup99 data set

1. Giriş

Yapılan son araştırmalara göre 2018 yılı itibari ile Dünya'da yaklaşık olarak 4,02 milyar civarında insanın interneti kullandığı ve bunun dünya nüfusunun %53'üne tekabül ettiği ifade edilmektedir [1]. İnternetin günlük hayatımızın her alanına girmesi ile beraber ağ ve bilgi güvenliğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Finans, bankacılık, eğitim, kültür, eğlence gibi birçok alanda sunucular üzerinde 7/24 ilkesine uygun olarak e-uygulamalar kullanılmaktadır. Web uygulamaların artması, doğru orantılı olarak kullanıcı sayısını da artırmaktadır. Güvenlik yönünden kritik sistemlerin internet ortamına taşınması ve günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olması, bu sistemlere yapılan saldırıları da artırmaktadır [2]. Tüm dünyaya açık olan sistemlerde verilerin yok edilmesinden, değiştirilmesinden, izinsiz erişimlerden veya bu verilerin ifşa edilmesine karşı gerekli koruyucu tedbirlerin alınarak bilgi güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. İnternet ve bilgisayar tabanlı sistemler üzerinden gelen saldırıları engellemek amacı ile geleneksel yöntemler olarak adlandırılan güvenlik duvarı, anti virüs gibi yazılımsal ve donanımsal birçok araç kullanılmaktadır. Ancak bu önlemler tek başına bazen yeterli olmamakta ve ilk defa ortaya çıkan, daha önce karşılaşılmamış saldırılara karşı bir cevap vermekte bazen yetersiz kalabilmektedirler. İnternet ağındaki hareketleri analiz etmek ve anormal davranışları tespit etmek ve geleneksel koruma yöntemlerinin eksikliklerini gidermek için Saldırı Tespit Sistemleri (STS), güvenliğinin sağlanmış olduğu düşünülen sistem veya iç ağlara, istenilmeyen ya da beklenilmeyen bağlantı taleplerini tespit etmek için kullanılan yöntemlerdir. STS, internet ortamından gelen yeni erişim taleplerinin normal bir istek mi yoksa bilgisayar korsanı vb. kötü niyetli bir anormal istek olup olmadığını tespit etmek için bilgisayar bilimleri makine öğrenmesi teknik ve yöntemlerinden faydalanmaktadır. Makine öğrenmesi teknikleri ile STS çalışmaları kapsamında, Güven [16] tarafından STS üzerinde yapılan bir incelemeye göre ülkemizde zeki saldırı tespit sistemlerine yönelik yeterli çalışmalar bulunmadığı belirtilmiştir. Yıldırım ve ark. [18] yapay sinir ağları ile ağ üzerinde saldırı tespiti paralel optimizasyonu çalışmasında kullandığı yapay sinir ağı makine öğrenmesi tekniği ile test verileri %90 üzerinde başarı sağlandığı belirtilmiştir. Özgür ve Erdem [19] saldırı tespit sistemlerinde kullanılan kolay erişilen makine öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması kapsamında yapmış olduğu deneyler sonucu test verisi üzerinde en iyi doğruluk oranını %92 ile çok katmanlı yapay sinir ağı makine öğrenmesi tekniği olduğunu tespit edilmiştir. Kaya ve Yıldız [10] STS kapsamında yapmış olduğu makine öğrenmesi teknikleriyle saldırı tespiti: karşılaştırmalı analiz çalışmalarının sonucunda elde edilen sonuçlara göre DOS, Bilgi

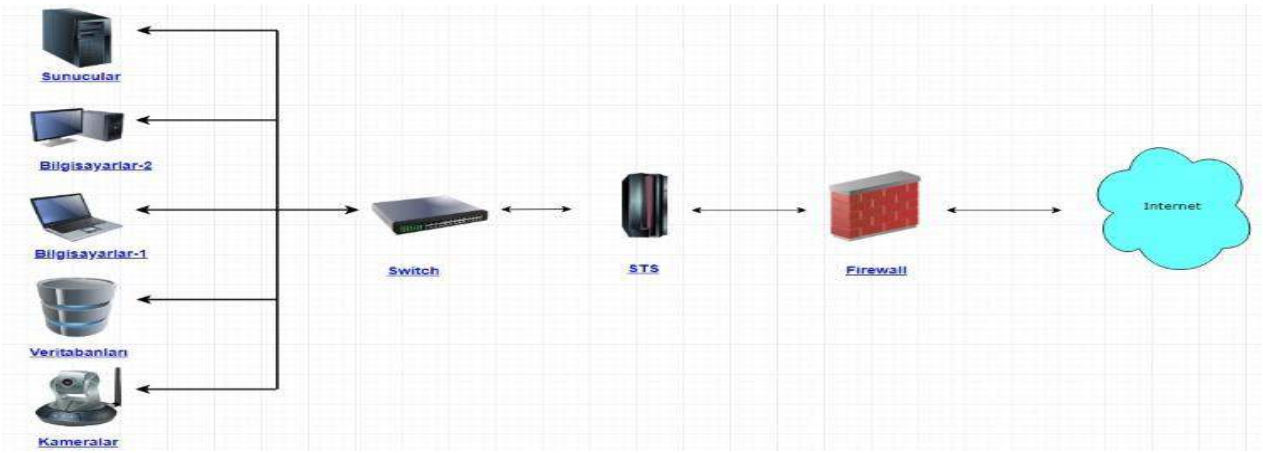
tarama, R2Lve U2R saldırı türlerinde yapay sinir ağlarının başarılı olduğu gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu çalışmada internet ortamında hizmet veren uygulamaların barındırıldığı sunuculara yönelik yapılan DDoS saldırı türlerinin makine öğrenmesi sınıflandırma teknikleri ile tespiti ve kullanılan algoritmaların başarı oranlarının mukayesesi üzerinde durulmaktadır.

2. Siber saldırı türleri ve tespit sistemleri

Günümüzde birçok kurum ve kuruluşun bilişimi uzmanları, bilgisayar sistemlerini ve önemli verileri bilgisayar korsanlarından ve zararlı yazılımlardan korumak için internet ağlarında imza tabanlı olarak çalışan anti virüs programlar, güvenlik duvarı veya saldırı tespit araçları gibi uygulamaların bir veya birkaçını yazılımsal, donanımsal olarak kullanarak bilgi güvenliğini sağlamaya çalışmaktadırlar. Sadece bir güvenlik duvarı ya da anti virüs yazılımına güvenmek verileri ve bilgisayar tabanlı çalışan sistemleri korumak için çoğu zaman yetersiz kalmaktadır [10]. Özellikle zero-day attack (sıfırıncı gün saldırısı) dediğimiz saldırı türleri ilk defa gerçekleştiğinde bahsi geçen sistemlerin veritabanlarında bu saldırı türlerinin kimlik bilgileri bulunmadığından dolayı, ilgili sistemlerin güvenliğini sağlayacak uygulamalar (anti virüs programları, güvenlik duvarları vb.) bu saldırıları engellemekte başarılı olamamaktadır.

Bu sebeple; söz konusu saldırı türleri, aktif çalışan sistemlerde oldukça büyük hasarlara yol açabilmektedir. İşte bu noktada sistemlere daha önce tanımlanmamış bir siber saldırı türü söz konusu olduğu zaman, bu saldırıların davranışlarının STS tarafından iyi bir şekilde analiz edilip modellemesi yapıldığında önceden bazı türdeki saldırı tespitinin yapılması mümkün olabilmektedir.

Bilgi güvenliği araştırmalarına sıkça konu olan STS bir alarm sistemi olarak görev yaparak, internet ağ yapılarını koruyan son terminal olma görevini üstlenmektedirler. Yani saldırgan bu saldırı tespit kalkanını da aşarsa neredeyse tüm sistemi bile ele geçirme yetkisini elde edebilmektedir. STS genelde ağ mimarisinde, ağın arka bağlantı noktasında kullanılmaktadır. Böylelikle, diğer uygulamalar tarafından tespit edilemeyen zararlı erişim talepleri STS ile analiz edilerek gerekli tespitler yapılmaya çalışılır. STS kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde STS' nin saldırı önleme özelliklerinin bulunmadığını, sistem yöneticilerine haber veren alarm, uyarı sistemleri olarak işlem yaptıkları görülmektedir.



Şekil 1. Örnek STS Mimarisi

Şekil 1'de gösterildiği gibi STS ağın arka noktasına entegre edilerek ağ saldırılarının tespiti için kullanılabilmektedir. Bilgisayar sistemlerini ele geçirip yetkili olmadığı bilgilere erişmek, sistemin işleyişini aksatmak ya da sistemi hizmet veremez hale getirmek amacıyla kötü niyetli kişiler tarafından gerçekleştirilen tüm faaliyetler saldırı olarak tanımlanır [2]. Saldırı faaliyetini gerçekleştiren kişiler saldırgan (attacker, hacker) olarak nitelendirilmektedir. Saldırganlar maddi menfaat sağlama, ek kaynaklara ihtiyaç duyma, reklam veya propaganda yapma ya da merak amaçlı olarak bu faaliyetleri yürütmektedirler.

Günümüzde sistem ve ağlara yönelik olarak yapılan siber saldırı türleri genel olarak Hizmet Engelleme (DOS), Yönetici Hesabı Ele Geçirerek Yerel Ağda Oturum Açma (R2L), Bilgi Tarama (Probe), Kullanıcı Hesabının Yönetici Hesabına Yükseltilmesi (U2R) olmak üzere Şekil 2'de gösterildiği üzere 4 ana kategoriye ayrılmaktadır [2].

Şekil 2. Siber Saldırı Türleri

- **Hizmet Engelleme (Denial of Service (DoS)):** Özellikle sunucu üzerinde hizmet veren sistemlerin bant genişliğini sahte erişim istekleri ile sömürerek, hizmetlerin servis dışı kalmasına sebep olan saldırı türüdür. Günümüzde bu saldırının şiddetini artırmak için birçok kaynaktan tek hedefe yapılan dağıtık DDoS saldırılarına dönüşmüştür.
- **Lokal (Yerel) Ağda Oturum Açma (Remote to Local (R2L)):** Yerel ağda oturum açma saldırısı olarak bilinir. Bu saldırı tipinde, saldırgan sistemler üzerinde tam yetkiye sahip yönetici oturum hesabını kontrol altına alarak yerel ağda bulunan sistemleri ele geçirmeye çalışır.
- **Admin (Yönetici) Hesabına Yükseltme (User to Root (U2R)):** Bu saldırı tipinde saldırgan elde ettiği kullanıcı hesabını yönetici hesabına yükselterek erişim üzerinde tam yetki elde etmeye çalışır.
- **Bilgi Taraması (Probe):** Saldırganlar tarafından çeşitli scriptler ve yazılım araçları kullanılarak, saldırı yapılacak sistem hakkında bilgi toplamaya çalışır.

Bu çalışmamızda birden fazla bilgisayarın hedef olarak belirlenen bir sunucunun veya internet ağının hizmet dışı bırakılması, kullanılabilirliğinin ortadan kaldırılması amacı ile birçok farklı lokasyondan eş zamanlı olarak gerçekleştirilen DDoS saldırılarının tespiti üzerinde durulmaktadır. DDoS saldırıları sitenin hizmet verdiği trafiğe yönelik üst üste gereksiz istekler yapılarak uygulamanın erişilebilirliği ortadan kaldırılır ve site hizmet bant genişliği kapasitesi doldurularak bağlantılarda ciddi sorunlara yol açmaktadır.

STS türleri incelenirken 2 başlık altında değerlendirilmektedir. İmza Tabanlı ve Anomali Tabanlı STS.

- **İmza Tabanlı STS:** Bu STS türünde, sistemlere yapılan saldırlar imza altına alınarak bir veritabanına kayıt edilirler. Böylelikle daha sonra gelen hizmet talepleri, öncelikle veritabanındaki kayıtlar ile karşılaştırılıp kontrol edilerek gelen talebin saldırı olup olmadığı tespit edilir. Bu tür STS genellikle server kısımlarında tutulur ve ağ trafiği buraya yönlendirilerek tüm ağın trafik kontrolü burada gerçekleştirilir.

- **Anomali Tabanlı STS**: Bu sistemlerde öncelikle normal davranışları temsil eden kullanıcı profilleri tanımlanır. Daha sonra sisteme dahil olan yeni talepler normal kullanıcı profili veya saldırgan kullanıcı profili olarak ilgili sınıflara dahil edilir. Bu yöntemde karşılaşılan en büyük problem, normal sistem özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesidir. Sistemin hatalı,eksik veya yetersiz modellenmesi durumunda tehdidi oluşturmayan yeni erişim talepleri yanlışlıkla saldırı olarak değerlendirileceği gibi anormal talepler de normal bir istek olarak kabul edilebilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri ise yeni saldırıların tespit edilebilir olmasıdır [3]. Bu çalışmada Anomali Tabanlı STS üzerinde durulacaktır.

2.1. Çalışmada kullanılan makine öğrenmesi sınıflandırma teknikleri

Makine öğrenmesi algoritmaları, veri örüntülerinin öğrenilmesinde kullanılmaktadır. Yapay zekanın bir alt alanı olup bilgisayarların hesaplama yeteneklerinden faydalanarak sınıflandırma problemlerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [4].

STS'de en çok kullanılan bazı sınıflandırma yöntemleri; Destek vektör makineleri, K-en yakın komşu algoritması, Bayes sınıflama, Yapay sinir ağları, Derin öğrenme tabanlı yöntemler, Karar ağaçlarıdır [10].

2.1.1. Bayes sınıflama

Sınıflandırma işlemleri için sisteme daha önce tanımlanmış eğitim verileri bulunmaktadır. Bayes sınıflama olasılık hesapları doğrultusunda sisteme yeni gelen bilinmeyen verilerin sınıfını belirlenmeye çalışılır [5].

2.1.2. K-en yakın komşu algoritması

Denetimsiz öğrenme yöntemlerinden biri olup, bölümleme işlemi sonunda farklı sınıflar elde edilir. Sınıf benzerliklerinin maksimum ve sınıflar arası benzerliklerinin minimum olmasını hedeflenir [6]. Bu yöntemde sisteme dahil olan yeni bilinmeyen veri ile mevcut sınıflara ait veriler arasında genellikle Öklid teorisi kullanılarak uzaklık hesaplaması yapılır. Yeni veri hangi sınıftaki verilere daha yakın ise o sınıfa dahil edilir.

2.1.3. Yapay sinir ağları

İnsan beyninin taklit edilerek bilgisayarlara yeni sonuçlar çıkarabilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve bu işlemleri otomatik olarak yapabilme yeteneğinin kazandırılması işlemidir. Yapay sinir ağları (YSA) farklı ağırlık değerlerine sahip birbirine bağlanmış birçok yapay sinir hücresinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Tek bir nöron sadece doğrusal problemleri için tercih edilirken, daha fazla sınıf etiketine sahip veriler için çok katmanlı yapay sinir ağları (Multi Layer Perceptron-MLP) tercih edilmektedir. Verilerin sınıflandırmasındaki performansından dolayı STS'de sıklıkla kullanılmaktadır [7]. YSA' da mevcut veriler ile eğitilen sistem, gelen yeni isteklerin değerlendirilmesinde kullanılarak söz konusu talebin iyi niyetli olup olmadığının tespiti nöronların ağırlık hesaplamaları ile belirlenir.

2.1.4. Destek Vektör Makineleri

Denetimli bir öğrenme modeli olan Destek vektör makineleri (DVM), makine öğrenmesi sürecinde bulunan örüntülerin tanınması ve analizleri, sınıflama, aykırı değer belirleme ve rastgele değerlerin modellenerek sonuçlarının tahminini (regresyon) yapabilen istatistiksel öğrenme teorisine dayanan denetimli bir öğrenme modelidir [2]. Eğitim verisi üzerinde öğrenme yaparak veri setine dahil olacak yeni veriler üzerinde doğru tahmin yapma ve çıkarımlar elde etme yöntemi olup yapısal risk minimizasyonuna dayanarak, verilerin yapısına bağlı olarak doğrusal ve hiper-düzlem olarak verileri sınıflandırmaya çalışır.

2.1.5. Karar Ağaçları

Bu sınıflandırma yönteminde veriler tekrarlı olarak gruplara ayrılır ve en sonunda etiketlenir. Sürekli olarak düğümlerin entropi denilen öğrenme enformasyonunun maksimum olarak elde edilmesine çalışılır. Karar ağaçları, eğitim ve test işlem süreçlerinin hızlı ve basit olması, elde edilen sonuçların yorumlanmasının kolay ve etkin olmasından dolayı sınıflandırma işlemlerinde oldukça sık kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir [9, 10].

2.2. Siber Saldırılarının Tahmin Edilmesi için Kullanılan Veri Seti

Günümüzde birçok STS araştırmasında DARPA, DARPA' nın daha sonra geliştirilmiş versiyonu olan KDD'99 ve KDD'99'un iyileştirilmiş ve mükerrer kayıtlarının çıkarıldığı NSL-KDD veri setleri kullanılmaktadır [11, 12]. Veri seti elde etmek için ağların gözlemlenmesi zor ve oldukça masraflı bir iş olmasından dolayı bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan veri setleri çoğunlukla simülasyon ortamları ile elde edilmiş olan ve herkese açık sunulan veri setleri kullanılmaktadır. Bu şekilde tüm herkesin kullanımına açık veri setlerinin kullanılmasındaki en büyük etken STS' de veri setlerinin elde edilmesindeki zorluk ve yüksek maliyetten kaynaklanmaktadır. Bu veri setleri algılayıcı (sniffer) denilen ağ dinleyiciler ile elde edilir ve ağ hakkında genel bazı bilgileri toplayabilmektedirler. Kullanılan veri setleri hem STS performansının belirlenmesinde hem de ağ trafiğinde dolaşan veri paketlerinin doğru bir şekilde analiz edilip bunların saldırı olup olmadığına karar verilmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada daha önce Amerikan Hava Kuvvetleri network yapısına benzer bir yapıya sahip simülasyon ortamı ile elde edilmiş DARPA'98 veri setinin geliştirilmiş versiyonu olan KDD'99 veri setinin iyileştirilmiş ve anlamsız olan kısımlarının çıkarılmış türü olan NSL-KDD veri seti kullanılmıştır. KDD'99 4 farklı türde saldırı sınıfını içerir. Her saldırı türü veri kümesindeki çeşitli nitelikler ile tanınır. Tablo 1, KDD'99 veri setindeki saldırı sınıflarını ve Tablo 2 KDD'99'daki her bir DoS saldırı tipinin en ilgili özelliklerini göstermektedir [13]. 41 adet niteliğin bulunduğu NSL-KDD Cup'99 veri seti; KDD'99 veri setinin nitelik ve ön işleme yapılmış, KDD veri setinin seçilmiş kayıtlarından oluşan ve KDD Cup'99 eksikliklerini tamamlamaya çalışan STS çalışmalarında sıkça kullanılan bir veri setidir [14].

Tablo 1. KDD'99 veri seti saldırı sınıfları [15]

Saldırı Sınıfı	**Saldırı İsmi**
DoS	Land, Smurf, Neptune, Teardrop, Back, Pod
R2L	Ftp_write, Imap, Guess_pass, Spy, Multihope,Phf, Warezclient, Warezmaster
U2R	Rootket , Perl, Buffer_overflow, Loadmodule
Probe	Nmap, Ipsweep, Portsweep

NSL-KDD veri seti KDD'99 veri seti ile temel nitelikler bakımından benzerdir. Bu nedenle KDD'99 içerisinde bulunan DoS saldırılarına ait özellikler NSL-KDD veri setinde de bulunmaktadır.

Tablo 2. KDD'99 veri seti DoS saldırı nitelikleri [15]

Sınıf Etiketi	**İlgili Nitelikler**
Land [15]	7
Smurf [15]	2, 3, 5, 23, 24, 27, 28, 36, 40, 41
Neptune [15]	4, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 35, 38, 39
Teardrop [15]	8
Back [15]	10, 13

- **Land:** Uzakta olan ana bilgisayarın aynı kaynak ve hedefe sahip bir UDP paketi gönderdiği hizmet reddi saldırısıdır [16]. Saldırı yapılacak hedef ve kaynak makineler aynı olduğundan saldırıya maruz kalan taraf kendisinin gönderdiği istekleri alır ve bu işlem hizmet çökene kadar devam eder.
- **Neptune:** Hedef bilgisayarda açık bağlantı noktaları bularak bir veya daha fazla bağlantı noktasındaki (porttaki) hizmetlerin engellenmesi saldırılarıdır [16].
- **Teardrop:** Yanlış şekilde bölünmüş UDP paketlerinin bazı sistemlerin yeniden başlatılmasına neden olan hizmet engelleme saldırısıdır [16].
- **Back:** Bir istemcinin apache web sunucusuna çok sayıda geriye doğru talep olarak yorumlanan ters eğik çizgi içeren (\) bir URL isteği ile hizmet engelleme saldırı türüdür [16].
- **Smurf:** Bu saldırı türünde saldırgan tarafından hedef sunucuya ping atması için istekte bulunur. Sunucu tarafından ağa gönderilen ping mesajı hedef makineden geliyormuş sağlanarak, ağda bulunan tüm makineler hedef sunucuya ping mesajları atmaya başlar ve ağ trafiği bu talepleri karşılayamaz duruma gelmesidir [17].

Yapılan çalışmalar Windows 7 Professional 64 bit işletim sistemine sahip, Intel i3-4160 çekirdekli işlemci ve 8 GB Ram Belleğe sahip masaüstü bilgisayar ortamında WEKA 3.8 uygulaması ile test edilerek algoritmaların değerlendirme ve performans ölçümleri ele alınmıştır. Algoritmaları değerlendirme ve sınıflama eğitimi için 10 katlamalı çapraz doğrulama kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları kullanılarak DDoS saldırılarının tespiti ve başarı oranlarını belirlemek için Weka yazılımı ile 125.973 adet kaydın bulunduğu NSL-KDD eğitim veri seti ile sistem eğitilmektedir. Daha sonra 22.544 adet kaydın bulunduğu NSL-KDD test verileri, eğitilmiş olan sınıflayıcı model üzerinde farklı sınıflandırma teknikleri kullanılarak DDoS saldırı tahminleri yapıldı. Sınıflandırma algoritmalarının test veri seti üzerinde geçen süre saniye cinsinden olup, sınıflayıcı modelin oluşturulma süreleri hesaplanmamıştır. Yapay sinir ağında kullanılan MLP algoritması için gizli katman düğüm sayısı 4 düğümlü olarak, K-en yakın komşu sınıflandırması için kullanılan IBK algoritması için komşuluk sayısı 7 tek sayısı olarak seçilmiştir. Yapılan deneyler sonunda elde edilen başarı oranları ve sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. KAYA [2] tarafından saldırı tespit sistemlerinde makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılması ve karşılaştırmalı performans analizi tez çalışmasında da Tablo 3'te gösterilen sınıflandırma teknikleri başarılı bir şekilde kullanılmış söz konusu akademik çalışmada genel saldırı türlerinin tespiti üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada ise DDoS saldırı türünün detayları anlatılarak, makine öğrenmesi teknikleri ile DDoS saldırı türlerinin tespit başarısı üzerinde durulmuştur.

Tablo 3. Makine Öğrenmesi Teknikleri Sınıflandırma Başarı Oranları

Sınıf Etiketi	**Bayes (Naive Alg.)**		**K-en yakın komşu (IBK Alg.)**		**Yapay sinir ağları (MLP Alg.)**		**Destek vektör makinesi (SMO Alg.)**		**Karar ağaçları (J48 Alg.)**	
	Başarı Oranı (%)	**Süre (sn.)**	**Başarı Oranı (%)**	**Süre (sn.)**	**Başarı Oranı (%)**	**Süre (sn.)**	**Başarı Oranı (%)**	**Süre (sn.)**	**Başarı Oranı (%)**	**Süre (sn.)**
Land	43,107	00,92	43,107	312,72	**56,924**	63,11	43,107	56,79	43,107	62,96
Smurf	70,981	64,72	76,038	215,41	72,294	83,28	42,304	245,06	**79,369**	59,33
Neptune	75,124	65,94	**75,231**	493,37	73,283	58,05	41,089	145,09	73,425	73,93
Teardrop	43,058	66,82	43,058	399,13	**56,924**	66,03	43,058	67,53	43,058	63,56
Back	**56,967**	71,64	44,504	471,48	44,491	115,46	43,076	63,20	44,490	64,42
Ortalama	57,847	54,01	56,388	378,42	***60,783***	77,18	42,527	115,53	56,690	64,84

DDoS saldırı sınıfının altında bulunan Land saldırısının tespitinde en iyi tespit performansı %56,924 ile Yapay sinir ağı sınıflandırma algoritması olmuştur. Smurf DDoS saldırısının tespitinde en iyi performansı gösteren algoritma %79,369 ile Karar ağacı sınıflandırma algoritması olmuştur. Neptune DDoS saldırısının tespitinde en iyi başarı oranını %75,231 ile K-en yakın komşu algoritması olmuştur. Teardrop DDoS saldırısın tespitinde tüm sınıflandırma algoritmaları aynı başarı oranını yakalasa da test veri seti ile oluşturulan modelin gerçekleşme süresi daha kısa olan Karar ağacı algoritması zaman açısından daha performanslı olduğu tespit edilmiştir. Son olarak Back DDoS saldırısının tespitinde kullanılan Bayes algoritması %56,967'lik başarı oranı ile en iyi performansı gösteren algoritma olmuştur. Genel olarak ise ortalama en iyi başarı oranını %60,783 olarak yapay sinir ağı algoritması tarafından elde edilmiştir.

4. Sonuç

STS, bilgisayar sistemlerindeki ağ trafiğini denetleyerek normal ya da anormal davranışları ayırt eden ve saldırı olarak kabul ettiği anormal davranış olması durumunda bu davranışın kullanıcı sistemi üzerindeki etkisini sistem yöneticisine bildiren sistemler olarak bilinmektedir. Bu kapsamda sistem erişimlerini engellemeye çalışan DDoS saldırılarının tespiti oldukça önemlidir. Bu çalışmada yapılan deneylerde KDD'99 veri setinin geliştirilmiş türü olan NSL-KDD veri seti kullanılmış ve makine öğrenmesi sınıflama teknikleri olan, Bayes sınıflama algoritması olan Naive Bayes, K-en yakın komşu algoritması olan IBK, Yapay sinir ağı algoritması olan Multilayer Perceptron algoritması, Destek vektör makineleri algoritması olan SMO algoritması, Karar ağacı algoritması türü olan J48 algoritmaları tarafından DDoS ataklarının algılanması başarı ile sağlanmıştır. Elde edilen genel sonuçlarda DDoS saldırılarının tespitinde yapay sinir ağlarının diğer sınıflandırma tekniklerine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

5. Referanslar

[1] Bayrak H. , 1 Şubat 2018, 2018 Internet kullanımı ve sosyal medya istatistikleri, https://dijilopedi.com/2018-internet-kullanimi-ve-sosyal-medya-istatistikleri/, Son erişim tarihi 01.09.2018, s. 1

[2] Kaya Ç. , 2016, Saldırı tespit sistemlerinde makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılması: Karşılaştırmalı performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, s. 6

[3] Axelsson S. , 2000, Intrusion detection systems: A survey and taxonomy, Department of Computer Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. p. 5

[4] Michie D. , Spiegelhalter D. J. and Taylor C. C. , 1994, Machine learning neural and statistical classification, New York: Ellis Horwood Limited, p. 10

[5] Usta R. , 2014, Naîve bayes sınıflandırma algoritması", https://kodedu.com/2014/05/naive-bayes-siniflandirma-algoritmasi/ , Son erişim tarihi 06.10.2018

[6] Çalışkan S. K. ve Soğukpınar İ. , 2009, KxKNN: K-Means ve K-en yakin komşu yöntemleri ile ağlarda nüfuz tespiti, EMO Yayınları, p. 121-122

[7] Bitter C. , Elizondo D. A. and Watson T. , 2010, Application of Artificial Neural Networks and related techniques to intrusion detection, IJCNN, p. 12

[8] Vapnik V. , 1998 , Statistical Learning Theory, IEEE Transactions on Neural Networks, 10: 988-999

[9] Witten I. H. and Frank E. , 2011, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Third Edition), Morgan Kaufmann Publication, p. 664

[10] Kaya Ç., Yıldız O. , 2014, Makine öğrenmesi ile saldırı tespiti: Karşılaştırmalı analiz, Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 3: 89-104

[11] Catania C. A. and Garino C. G. , 2012, Automatic network intrusion detection: Current techniques and open issues, Computers & Electrical Engineering, 38 (5): 1062-1072

[12] Hubballi N. and Suryanarayanan V. , 2014, False alarm minimization techniques in signature-based intrusion detection systems: A survey, Computer Communications, 49: 1-17

[13] Noureldien A. N. and Izzedin M. Y. , 2016, Accuracy of machine learning algorithms in detecting DoS attacks types, Scientific & Academic Publishing, 6(4): 89-92

[14] Tavallaee M. , Bagheri E. , Lu W. and Ghorbani A. A. , 2009, A detailed analysis of The KDD Cup 99 data set, CISDA, p. 53-58

[15] Adetunmbi A. O. , Adeola S. O. and Daramola O. A. , 2010, Analysis of KDD'99 intrusion detection dataset for selection of relevance features, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, Francisco, USA, Vol I WCECS pp. 20-22

[16] Güven E. N. , 2007, Zeki saldırı tespit sistemlerinin incelenmesi, tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, s. 100
[17] Oksuz P. M. , "DDoS Saldırısı Nedir ve Nasıl Korunulur?" , *https://yazilimportal.com/dos-sald%C4%B1r%C4%B1s%C4%B1-nedir-ve-nas%C4%B1l-korunulur-e1c6f4895cfd , Son erişim tarihi 06.10.2018*
[18] Yıldırım M. Z. , Çavuşoğlu A. , Şen B. ve Budak İ. , 2014, Yapay sinir ağları ile ağ üzerinde saldırı tespiti ve paralel optimizasyonu, Akademik Bilişim 2014, s. 671-677
[19] Özgür A. ve Erdem H. , 2012, Saldırı Tespit Sistemlerinde Kullanılan Kolay Erişilen Makine Öğrenme Algoritmalarının Karşılaştırılması, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 5-2:41-48

Özet

Azo boyaları, azo fonksiyonunu (N = N-) içeren organik boyar maddelerdir. Tekstil endüstrisinde çok fazla renk imkânı ve stabilite sağlaması ve düşük maliyetli olması sebebi ile tercih sebebidir. Arıtılmadan doğaya deşarj edilen azo boyaları ise güneş ışığının geçişini engelleyerek fotosentetik dengeyi bozmasının yanı sıra toksik ve kanserojendir. Azo boyaları mikroorganizmalar tarafından genellikle anaerobik koşullar altında indirgenebilirler. Ancak azo boyaları mikroorganizmalar üzerinde toksik etkilere sebep olabildiğinden bir elektron taşıyıcı ile hücre dışında boya indirgemesi bu toksik etkileri yok edebilmektedir. Bu süreçte sülfat indirgemesi sonucunda oluşan sülfür gibi inorganik bileşikler kullanılabilinir. Bu amaçla bu çalışmada etanol beslemeli sülfat indirgeme reaktörü ile sülfat sülfüre okside edilmiş ve oluşan sülfür elektron taşıyıcı olarak kullanılarak ayrı kesikli reaktörlerde azo boyalarının gideriminde kullanılmıştır. Kesikli denemelerde giriş boya konsantrasyonu, sülfür konsantrasyonu ve reaksiyon zamanının etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Azo boya indirgemesi, tekstil atıksuları, sülfür, elektron taşıyıcı

Abstract

Azo dyes are organic dyestuffs containing azo function (N = N-). It is preferred due to its high cost and color stability and low cost in textile industry. Azo dyes which are discharged to the nature without any treatment, are toxic and carcinogenic as well as disturbing the photosynthetic balance by preventing the passage of sunlight. Azo dyes are usually reduced by microorganisms under anaerobic conditions. However, since azo dyes can cause toxic effects on microorganisms, the reduction of dye outside the cell with an electron carrier can destroy these toxic effects. In this process, inorganic compounds such as sulfur can be used as a result of sulfate reduction. For this purpose, this study was oxidized to sulphate sulfide with ethanol fed sulfate reduction reactor and was used to remove azo dyes in separate batch reactors using sulfur as the electron carrier. The effects of influent dye concentration, sulfur concentration and reaction time on batch assays were investigated.

Keywords:

Reduction of azo dyes, textile effluents, sulfide, electron carrier

Hücre Dışı Azo Boya Oksidasyonu: Biyojenik Sülfür ile Kesikli Reaktörlerde Azo Boyalarının İndirgenmesi

Extracellular Azo Dye Oxidation: Reduction of Azo Dye in Batch Reactors with Biogenic Sulfide

Dilan TOPRAK[1]
Özlem DEMİR[1]
Deniz UÇAR[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Azo boyaları bir ya da daha fazla azo grubu içeren boyar maddelerdir ve çeşitli avantajlarından dolayı tekstil endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Uygun arıtım yapılmadan alıcı ortamlara deşarj edilen azo boyaları güneş ışığının derinlere geçişini engelleyerek fotosentetik aktiviteyi olumsuz etkiler. Bu boyar maddeler aynı zamanda akut toksik etkilere de sahip olup ciddi çevresel sorunlara neden olmaktadırlar[2]. Bazı azo boyaları, toksik kanserojen ve mutajenik özelliktedir[3–6].

Atıksulardan azo boyalarının giderilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Esas olarak bu boyar maddenin su ortamından giderilmesini sağlayan adsorpsiyon ya da membran ayrımı gibi olan giderim metotları ikincil bir kirlilik yaratması gibi ciddi dezavantajlara sahiptir. Boyar maddelerin nihai bertarafını sağlayan parçalama yöntemlerinde ise bu maddeler öncelikle aromatik amin gruplarına daha sonra da zararsız oksidasyon yan ürünlerine dönüşerek bertaraf olurlar. Bu süreç mikroorganizmalar tarafından başarılı bir şekilde yürütülmektedir[7]. Anaerobik koşullarda *azoreductase* enziminin yardımı ile boyar maddeler elektron alıcı gibi davranabilir ve bu sayede azo bağı kırılabilir. Bu süreç bir karbon ve elektron alıcının varlığına ihtiyaç duyar[8]. Genellikle organik maddelerin kullanıldığı bu süreçte oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları elektron taşıyıcılar ile gerçekleşir. Elektron taşıma zincirindeki moleküller ile gerçekleşen bu taşıma sülfat indirgeme sürecinin son ürünü olan sülfür gibi inorganik bileşikler ile de gerçekleşebilir.

Bu sayede organik maddenin oksidasyonu sırasında mikroorganizmalar azo boyalarının toksik doğasından korunmuş olurlar. Oluşan sülfür ise azo boyalarının indirgeneceği bölmeye harici olarak taşınabilir ve azo bağlarının kırılması sağlanabilir.

Biyolojik indirgeme prosesinde, birçok parametre (temas süresi, pH ve başlangıç sülfür konsantrasyonu gibi) boya indirgeme sürecine etki eder. Bu bağlamda bu çalışmada sülfür ile azo boyalarının gideriminde etki eden parametreler kurulan kesikli reaktörlerde değerlendirimiştir. Etki eden parametrelerin optimum koşullarının belirlenebilmesi için Box Benken istatistik deney tasarımı modeli kullanılmıştır.

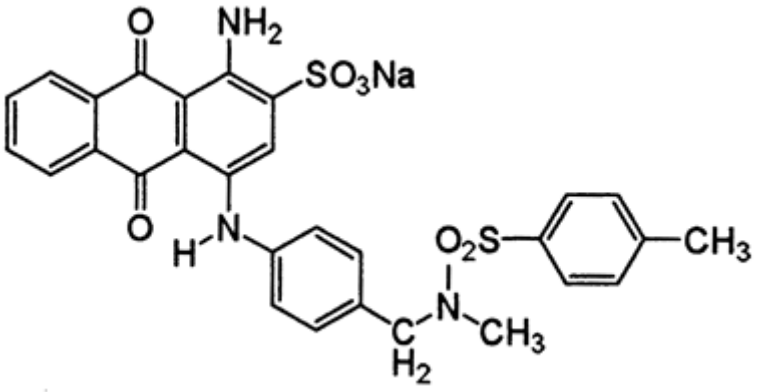
2. Yöntem

1. Sülfidojenik Biyoreaktör

Çalışmada kullanılan sülfür yukarı akışlı bir anaerobik sülfat indirgeme reaktöründe üretilmiştir. Reaktör bir Bardenfo prosesinin anoksik tankından alınan çamur ile aşılanmış ve sıcaklık kontrollü bir odada 35 °C'de işletilmiştir. 400 ml aktif yatak hacmine sahip olan reaktör destek tabaka için 2-3 mm'lik akvaryum kumu ile doldurulmuştur. Reaktör sentetik bir atıksuya beslenmiş olup 2000 mg/L sülfat ve 1340 mg/L başlangıç KOI değerine sahiptir. Hidrolik bekleme süresi tüm süreç boyunca 12 saatte tutulmuştur.

2. Boya Giderimi Çalışmaları

Acid Blue 264 (CAS#: 39315-90-7) boyası çalışmada kullanılmıştır. Boyaya ait moleküler yapı Şekil 1'de sunulmuştur. Asit Blue 264'ün 1000 mg/L'lik stok çözeltisi hazırlanmış ve kesikli boya giderim denemeleri bu stok çözeltiden seyreltilerek yapılmıştır. Sülfür içeren anaerobik reaktör çıkış suyu sülfür konsantrasyonu ölçüldükten sonra bir enjektör ile kesikli reaktörlere hedeflenen konsantrasyonu sağlayacak şekilde verilmiştir. Reaktörlere sülfür içeren reaktör çıkış suyu, stok çözelti ve gerekli miktarda su eklenerek 250 ml'lik hacimlerde reaktörler kurulmuştur. Optimum kontakt zamanını bulabilmek için reaktörler 1 ile 72 saat arasında değişen sürelerde (Box Behnken modeli tarafından belirlenmiştir) teste tabi tutulmuşlardır.



Şekil. 1. Acid Blue 264'e ait kimyasal yapı (**Moleküler Formül:** $C_{29}H_{28}N_3NaO_6S$; Moleküler Ağırlık: 569.58/597.64)

Sülfürün etkisinin belirlenebilmesi için 1 ile 60 mg/L aralığında sülfür eklenmiştir.

Analitik Yöntemler

Anaerobik reaktörden haftada üç defa numune alınmıştır. Sülfat, sülfür ve KOİ analizlerinden önce filtreler 0.45 0.45 µm enjektör filtrelerden geçirilmiştir. Toplam çözünmüş sülfür Cord Ruwisch tarafından 1985 yılında tarif edilen yönteme göre spektrofotometre ile (Shimadzu UV-1601) ölçülmüştür Sülfat ise türbidimetrik olarak (420 nm) ölçülmüştür. KOİ ve Alkalinite analizleri Standart Metotlarda tarif edildiği şekilde yapılmıştır[9]. KOİ analizlerinden H2S'in giderilmesi için önce numuneler konsantre H2SO4 ile asitlendirilmiş ve sonrasında 5 dakika boyunca N2 gazı ile havalandırılmıştır. Boya konsantrasyonu UV Spektrofotometre'de 643 nm'de oluşturulan kalibrasyon eğrisi ile ölçülmüştür.

3. Sonuçlar

Organik bir elektron donörünün bulunması durumunda, sülfat, sülfat indirgeyen mikroorganizmalar ile sülfüre

indirgenir. Etanol oksidasyonunun ve sülfat indirgemenin yarı reaksiyonları Reaksiyon 1,2 ve 3'de görülmektedir.

$C_2H_5OH + 3\ H_2O \rightarrow 2\ CO_2 + 12H^+ + 12\ e^-$ (1)

$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \rightarrow H_2S + 4H_2O$ (2)

$2C_2H_6O + 3SO_4^{2-} + 2\ H^+ \rightarrow 2H_2O + 4\ HCO_3^- + 3H_2S$ (3)

Eşitlik 3'e göre, sülfat etanolün oksidasyonu ile indirgenir. Sonuç olarak, sülfür ve alkalinite üretilir. Bu eşitliğe göre okside edilen etanol için 1.11 g sülfür üretilmektedir. Çalışmada üç farklı aşamada sülfür üretimi yapılmış ve 1. 2 ve 3. Periyotlarda 315±22 mg/L, 425±35 ve 451±87 mg/L sülfür üretilmiştir. Üretilen bu sülfür kesikli boya giderimi çalışmaları için kullanılmıştır.

Kesikli çalışmalar için Box Behnken istatistiksel modeli kullanılmıştır. Bu modelde bir olaya etki eden bağımsız değişkenlerin değişim aralıklarındaki belirli değerlerin kullanılması ile (model tarafından sunulan) sistem optimizasyonu yapılmaktadır. Sülfür ile boya indirgemesi sürecinde sürece etki eden parametreler (1) sülfür konsantrasyonu, (2) boya konsantrasyonu ve (3) zaman'dır. Bu değerler ile kurulan modelde test edilmesi öngörülen aralıklar, gözlemlenen ve model tarafından tahmin edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Deneme	X1 (Boya)	X2 (Zaman)	X3 (Sülfür)	**Gözlemlenen**	**Tahmin Edilen**
1	55.00	1.00	1.00	**16.62**	25.09
2	55.00	60.00	72.00	**43.23**	34.76
3	55.00	30.50	36.50	**89.92**	80.09
4	55.00	1.00	72.00	**69.17**	61.32
5	55.00	30.50	36.50	**78.94**	80.09
6	10.00	30.50	1.00	**2**	-8.71
7	100.00	30.50	1.00	**65**	59.39
8	55.00	30.50	36.50	**78.5**	80.09
9	10.00	60.00	36.50	**23.17**	26.03
10	100.00	60.00	36.50	**74.02**	71.78
11	100.00	1.00	36.50	**70.97**	68.11
12	55.00	30.50	36.50	**80.49**	80.09
13	55.00	60.00	1.00	**55.43**	63.28
14	10.00	1.00	36.50	**15.85**	18.09
15	10.00	30.50	72.00	**9.75**	15.36
16	100.00	30.50	72.00	**32.31**	43.02
17	55.00	30.50	36.50	**79.61**	80.09

Sülfürün, sonuçlara göre, boya gideriminde başarılı bir şekilde kullanılabileceği bulunmuştur.. Bu çalışmada göre optimum koşullar Box Behnken modeli ile belirlenmiş ve aşağıda sunulmuştur. Boya 75 mg/L, Sülfür 40 mg/L, Zaman 30 Saat ve bu koşullarda yapılan tahmine göre giderim oranı %86 olarak tespit edilmiştir.

4. Referanslar

1. Chang JS, Chen BY, Lin YS (2004) Stimulation of bacterial decolorization of an azo dye by extracellular metabolites from Escherichia coli strain NO3. Bioresour Technol 91:243–248 . doi: 10.1016/S0960-8524(03)00196-2
2. Vandevivere PC, Bianchi R, Verstraete W (1998) Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of emerging technologies. J Chem Technol Biotechnol 72:289–302 . doi: 10.1002/(SICI)1097-4660(199808)72:4<289::AID-JCTB905>3.0.CO;2-#
3. Barrera-Díaz CE, Lugo-Lugo V, Bilyeu B (2012) A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr(VI) reduction. J Hazard Mater 223–224:1–12 . doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.04.054
4. Ucar D, Armağan B (2012) The removal of reactive black 5 from aqueous solutions by cotton seed shell. Water Environ Res 84:323–327
5. Uçar D (2014) Adsorption of Remazol Black RL and Reactive Yellow 145 from Aqueous Solutions by Pine Needles. Iran J Sci Technol Trans Civ Eng 38:147–155
6. Yurtsever A, Sahinkaya E, Aktaş Ö, Uçar D, Çınar Ö, Wang Z (2015) Performances of anaerobic and aerobic membrane bioreactors for the treatment of synthetic textile wastewater. Bioresour Technol 192:564–573 . doi: 10.1016/j.biortech.2015.06.024
7. Stolz a. (2001) Basic and applied aspects in the microbial degradation of azo dyes. Appl Microbiol Biotechnol 56:69–80 . doi: 10.1007/s002530100686
8. Pandey A, Singh P, Iyengar L (2007) Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. Int Biodeterior Biodegradation 59:73–84 . doi: 10.1016/j.ibiod.2006.08.006
9. APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC, USA

Derin Öğrenme ile Metin Üretme

Text Generation by Deep Learning

Buket KAYA

Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye,
bkaya@firat.edu.tr

Özet

Özgün metin üretme ile ilgili ilk çalışmalar, eldeki verileri belli bir formata sokarak yayınlama amaçlıydı. Bu konudaki en bariz örnek, spor müsabakaları hakkındaki analiz raporlarıdır. Bununla birlikte bir konu hakkındaki genel geçer bilgilerle derlenmiş bir özgün metin hazırlamak, bilim adamlarının da ilgilendiği bir konu haline gelmiştir. Her ne kadar derin öğrenme özgün metin üretiminde kullanılmış olsa da Türkçe dili ile akademik yayın veri havuzu veri seti kullanılarak özgün metin üretme işleminin yapılması ve başarı oranlarının karşılaştırılması daha önce yapılmamıştır. Bu çalışmada Türkçe dili için Wikipedia TR ve yüzbinlerce akademik yayınla oluşturulan veri havuzu kullanılarak, belirli bir konu hakkında özet bilgi/özgün içerik oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışmada, LSTM ile metin üretme yapılmış, sonuçlar karşılaştırmalı olarak detaylı şekilde paylaşılmıştır. Önerilen yöntemin başarı testi için orijinal ve makine tarafından oluşturulan metinlerin bir karışımı, gerçek kullanıcılara sunularak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçların başarı oranı kesinlik, anma ve F-ölçütü ile verilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Metin üretme; özetleme; derin öğrenme.

Abstract

Initial stuides on original text generation aimed at publishing the given data by putting in a certain format. The most obvious example of this is the analysis reports on sporting events. However, preparing an original text compiled with general information about a subject has become a subject of interest to scientists as well. Although deep learning was used previously for original text generation, so far Turkish text generation and comparison of the success rates have not been done by using the academic publication data repository dataset. In this study, it was tried to create summary information / original content about a specific subject by using Wikipedia TR for the Turkish language and the data pool created with hundreds of thousands of academic publications. In the study, texts were generated with LSTM, which was previously proposed, and the results are comparatively shared in detail. The success rate of the results is given with precision, recall, and f-measure.

Keywords:

Text generation; summarization; deep learning.

1. Giriş

Geçmiş zamanlarda, bir konuda bilgi edinmek isteyen araştırmacı, güvendiği veri kaynaklarındaki ilgili maddenin, varsa açıklamalarına bakarak araştırmasını yapmaktaydı. Bugün gelinen noktada, konulardaki en güncel bilgiler çoğu zaman belirli yazar gruplarının yazdığı klasik ansiklopedilerden, internet kullanıcılarının bağımsız olarak geliştirebileceği dijital ansiklopedilere dönüşmüştür. Aynı zamanda belli bir konu özelinde oluşturulmuş web siteleri, internet kullanıcılarının bilgileri ve derlemeleri, araştırmacılar için birincil veri kaynağı olmaya adaydır. Son olarak kullanıcıların çoğunlukla kendi isimleri ile oluşturdukları kişisel bloglarında paylaştıkları bilgiler de araştırmacılar için çok önemli kaynaklardır. İnternet, birçok bilim insanı için halen güvenilir olmayan veya akademik olarak doğru kabul edilmeyecek kaynaklardan oluşmasına rağmen günümüzde nerdeyse tüm akademik çalışmalarda atıf yapılan kaynakların önemli bir bölümünü internet kaynaklarının oluşturduğu görülebilir.

İnternet kaynakları dışında, geçmiş 10 yıla oranla günümüzde çok daha fazla yayınevi, çok daha fazla yayıncı ve aynı konuyu ele alan çok daha fazla eser vardır. Bir araştırmacının, interneti hariç tuttuğu haliyle bile herhangi bir konudaki tüm yazılı kaynakları taraması, birçok bilim dalı için zaman planlaması açısından mümkün değildir.

İnternet, yaklaşık 10 milyar sayfayı kapsadığı tahmin edilen ve her geçen gün yüz binlerce yeni sayfanın daha oluşturulduğu bir platformdur. Bir taraftan araştırma yaparken diğer taraftan da basılı yayınların tamamını taramak mümkün değildir. Çünkü her araştırmacının zamanı kısıtlıdır. Bundan dolayı internette ve basılı akademik yayınlarda tarama yapabilen ve derleme yaparak özgün bir metin oluşturan bu çalışma birçok araştırmacının araştırma süreçlerini hızlandıracaktır. Metinsel veriler içerisinde metin veri madenciliği veya bilgi keşfi olarak da bilinen metin incelemesi; yazılı belgelerden ilginç ve önemsiz olmayan kalıpları veya bilgiyi çıkarmak ve ayırt edilebilir önemli kısmını belirlemek anlamına gelir.

Çalışmada birçok veri setinden yararlanılmıştır. Veri seti belirlenirken günlük hayatta kullanılan veriler için Wikipedia seçilmiştir. Akademik yayınlar içinse hem *IEEE* ve *Sobiad* gibi akademik veri havuzları hem de *Meetup* gibi belli bir olayı/grubu tanımlayan küçük metinlerden oluşan havuz kullanılmıştır. Çalışmanın başarısı anket yöntemi ile ölçülmüştür. Anketler iki tip hazırlanmıştır ve ilk üretim hali de, küçük düzeltmeler yapılmış hali de kullanıcıya sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar kesinlik, anma ve F-ölçütü metriklerine göre değerlendirilmiştir. Özellikle 3. tip anketin (%5 oranında düzeltilmiş metinlerden oluşan) başarı oranları çok yüksek çıkmıştır.

Çalışma aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır. İlk bölümde metin madenciliği ve doğal dil işleme ile ilgili bilgi verilmektedir. İkinci bölüm benzer çalışmaları içermektedir ve doğal dil işleme ve veri madenciliği ile ilgili daha önce yapılmış öne çıkan çalışmaları kısaca anlatmaktadır. Çalışmada kullanılan veri kaynağı ve verilerin alınma şekli üçüncü bölümde ifade edilmiştir. Dördüncü bölüm önerilen özetleme modelinin tasarımını ve sonuçlarını sunmaktadır. Beşinci bölümde metin üretim modeli detaylı şekilde açıklanmış, çalışmada yer alan fikir ve düşünceler tartışılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar verilmektedir.

2. İlgili Çalışmalar

Metin madenciliği ile ilgili ilk çalışmalar 1970'li yıllara dayansa da 1990'lardan sonra hız kazanmıştır. Yapılan öncü çalışmalardan biri 1995 yılında Reynolds ve Rose [1] tarafından yapılan metin tabanlı konuşan spikeri tespit etmeyi öneren metottur. 1999 yılında Chakrabarti ve arkadaşları [2] web linkleri üzerinde çalışmalar yaparak web üzerinde metin işlemeyi yapan öncü araştırmacılardan olmuşlardır. Lee ve arkadaşları 1997 yılında vektör modelini kullanarak ilk doküman puanlama metotlarından birini önermişlerdir [3]. Hahn ve Mani 2000 yılında yaptıkları otomatik özetleme bildirisi ile birçok konuda öncü olan özetleme amaçlı metin işleme metodunu önermişlerdir [4].

Doğal dil işleme ile ilgili çalışmalar da 2000'li yıllardan itibaren hız kazanmıştır. 2002 yılında Gomez-Perez ve Corcho semantik web alanında çalışmalar yaparak web üzerindeki metni anlamsal olarak analiz etmişlerdir [5]. Hussein ve arkadaşları yaptıkları çalışmada interaktif diyalog üretmek için metin içinden soru cevap yapabilen bir model önermişlerdir [6]. Gadag ve Sagar akademik alanda özgünlüğün sağlanması için ilk şart olarak gösterilen "başka kelimelerle açıklama" hususuna odaklanmış ve yaklaşımlarını karşılaştırmalı olarak vermiştir [7].

Doğal dil işleme ile özgün metin üretimi, İngilizce dilleri dışındaki dillerle de çalışılmıştır. Bu çalışmalardan en öne çıkanı Zhang ve Lapata tarafından yapılan ve Neural Networklerin kullanıldığı Çince şiir üretimi ile ilgili çalışmadır [8]. Araujo ve arkadaşları "SINotas" isimli metodlarında, Portekizce için doğal dil işleme ile metin üretme yöntemi önermişlerdir [9]. Zhang ve Lapata çalışmada ne söylemek gerek "What to say?" ve nasıl söylemek gerek "How to say?" soruları ile verilerden elde ettikleri sonuçları birleştirerek bir metin üretmeye çalışmışlardır. Diğer birçok çalışmada olduğu gibi veri setini n-gram mantığıyla ayırmışlardır.

Metin üretiminin çalışıldığı bir başka alan ise şarkı sözü üretimidir. Potash ve arkadaşları [10], son yıllarda, özellikle "RAP" türü olmak üzere, şarkıların artan lirik öğelerini besleyerek program ile otomatik Rap şarkısı üretilebilecekleri bir çalışma yayınlamıştır. Bu çalışmayı ilgili çalışmalar arasında öne çıkaran en önemli nokta, şarkıların müzik altyapısını ritim şeması ile ifade edebilmesi ve metinde kafiyelerin uyumuna dikkat etmesidir. Silva[11] önerdiği yöntem ile NLP tekniklerini kullanarak terapi hizmeti verip verilemeyeceğini tespit etmiş ve NLP tekniklerinin Sağlık bilimleri alanında da kullanılabileceğini önermiştir. Silva'nın çalışmasındaki özgün noktalardan biri bu iş için Markov modelini kullanması ve kendi kendini besleyen bir sistem oluşturmasıdır. Ito ve Hagiwara [12] yaptıkları çalışmada Google'ın n-Gram veritabanını kullanarak kelime frekanslarından bir sözlük oluşturmuş ve bu sözlüğü kullanarak belirli hazır şablonlar üzerinden özgün metin üretimi yapmışlardır.

Markov modeli daha önce birçok farklı alanda kullanılmıştır. Stultz ve arkadaşları [13] proteinleri sınıflandırmada, Rabiner [14] ise ses tanımada kullanmışlardır. Markov modelini, Müngen ve Kaya [15] sosyal ağlarda, Aas ve Eikvil [16] metin sayfası tespitinde, Szymanski ve Ciota [17] ise metin üretiminde kullanmıştır.

Szymanski ve Ciota [17] yaptıkları çalışma ile öğrenme sürecinde oluşturulan önceki değerlerin, k dizisi temel alınarak belirli bir konumda, bir değer oluşma ihtimalini tahmin eder. Öğrenme vektöründe uzunluğu (k + 1) olan kelimelerin oluşma sayısı hesaplanır. Aynı k karakterle başlayan diziler bir bağlam oluşturmuşlardır.

Perikos ve Hatzilygeroudis [18] [19] yaptıkları çalışmada doğal dil cümlelerinin otomatik, anlamlı ve sözdizimsel olarak doğru ifadelerini üretebilme konusunu ele almışlardır. Dil cümlelerinin derin analizini gerçekleştiren ve bunlarla ilgili ifadeler üreten bir metodoloji ve araç sunmuşlardır. Önerdikleri yöntem, genel olarak cümlenin bağımlılık ağacının yapısal kısımlarını eşdeğer bir forma dönüştürmektedir. Cümlecik kelimeleri eşanlamlıları ve zıt anlamlıları ile değiştirmektedir. Özellikle çevrimiçi alışverişlerdeki tüketici görüşleri, insanlar için önemli bir bilgi kaynağıdır ve günlük karar alma sürecinin temel bir parçasıdır. Bartoli ve arkadaşları [20], ürün incelemelerinde yanlış incelemeler yazarak inceleme dolandırıcılığı yapan kötü niyetli kişileri tespit etmeye çalışmıştır. Bartoli ve arkadaşları yüzlerce yanlış restoran değerlendirmesini çok hızlı bir şekilde, otomatik olarak üretme olasılığını bulmaya çalışmıştır. Bu

işlemi yaparken de ilk olarak, istenen derecelendirmeye ve restoran kategorisine göre otomatik olarak restoran yorumları üreten bir yöntem önermişlerdir.

Dünyada milyonlarca spor taraftarı ve izleyicisi vardır. Her gün aynı anda onlarca spor organizasyonu canlı olarak yayınlanmaktadır. Spor organizasyonu bittikten kısa süre sonra spor haber makalesi yazmak ve yayınlamak da kullanıcı memnuniyeti için önem arz etmektedir. Liu ve arkadaşları [21] , önerdikleri yöntem ile spor organizasyonunun zaman çizelgesinde oluşan önemli olayları, kurallara uygun olarak oluşturulan metin içine yerleştirmektedirler. Bir diğer ifade ile oluşturulan şablondaki değişkenleri spor organizasyonun içerisinden aldıkları gerçek değerler ile doldurarak bir metin üretmektedirler.

3. Veri Kümesi

Çalışmada birçok farklı veri havuzu kullanılmıştır. Bunlardan ilki Wikipedia özgür ansiklopedisidir. Wikipedia ansiklopedisinden 358 bini Türkçe olmak üzere 5.9 milyon madde; başlıkları, konusu ve anahtar kelimeleri ile birlikte kendi veritabanımıza yüklenmiştir. Sobiad Atıf Dizini, Türkiye merkezli 500'den fazla hakemli akademik dergiyi, 220.000'den fazla akademik makaleyi kapsayan hakemli bir sosyal bilimler indeksidir. Kapsadığı tüm dergileri tam metin olarak kapsadığı için de aynı zamanda akademik makale veritabanıdır. Dergipark, Türkiye'de yayın yapan 1050 dergiyi içeren, devlet destekli büyük bir veritabanıdır. Dergipark'ta bulunan 250.000 den fazla akademik makale ve bildirinin tam metin içerikleri ve metadataları da indirilip veritabanımıza yüklenmiştir. Bunların yanında web örümceğimiz yaklaşık 1 milyon Türkçe Web sayfası bulup indekslemiştir. Toplanan verinin Türkçe kısmı yaklaşık 1 milyon 780 bin civarındadır.

Bilgisayar Bilimleri ve Elektik-Elektronik mühendisliği konusunda öncü kuruluşlardan biri olan IEEE'nin sadece kendi desteklediği konferans ve dergilerin olduğu IEEE Explorer sitesi verilerine göre her yıl yaklaşık 240.000 yeni bildiri/makale IEEE Explorer indeksine yüklenmektedir. Bu çalışmada ayrıca IEEE'de "data mining" anahtar kelimeli konferanslarda yayınlanan bildirilerden alınan ve 58.862 adet özeti içeren bir veriseti daha oluşturulmuştur. Özellikle bir konuya odaklanılmasının sebebi sistemin testlerde hızlı çalışması ve sistem başarısının daha rahat ortaya koyulabilmesidir.

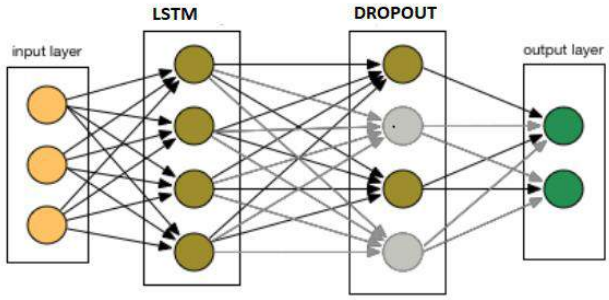
Çalışmada önerilen yöntemin başarı oranı hesabının, sadece akademik yayınlarla yapılan testler ile sınırlı kalmaması için bir veri seti de Meetup sosyal ağından oluşturulmuştur. Bunun için 82.228 etkinliğin tanıtım kısmında yer alan ve genelde 1 paragraflık olan açıklamalar toplanmıştır. Yine, belirli bir konuya odaklanılması, hızlı test edilebilmesi ve sistem başarısının daha rahat ölçülebilmesi için teknoloji konulu etkinlikler temel alınmıştır. Teknoloji ve Bilgisayar bilimleri konuları dışında bir verisetinde de testler yapılmak istenmiş bunun için de Pubmed Veritabanı kullanılmıştır. Pubmed'de, 'Epilepsy' anahtar kelimesi ile arama yapılmış ve sadece özeti olan eserler filtrelenmiştir. Sonuçlar arasından, epilepsi konusundaki 4500 eserin özeti derlenmiş ve veri kümesi olarak sisteme tanımlanmıştır.

Önerilen yöntemleri hem İngilizce dili dışında bir dilde test etmek hem de basılı yayınlardaki performansını görmek için Diyanet İşleri Başkanlığı'na bağlı Dini Yayınlar Genel Müdürlüğünün 5 adet açık erişimli kitabı indirilip birleştirilmiştir. Böylece Türkçe dilinde ve basılı olarak yayınlanmış eserlerin olduğu bir verisetinde daha test yapılmıştır.

4. Tekrarlayan Sinir Ağlarıyla Metün Üretimi

Metin üretme ile ilgili ciddi miktarda çalışma yapılmış ve birçok farklı model önerilmiştir. Aslında en iyi durum, hem problemin altında yatan fonksiyonu öğrenebilecek kadar büyük hem de genelleme yapabilecek kadar küçük bir graf kullanan modeli önermektedir. Çünkü daha küçük bir model problemi iyi öğrenemeyebilir, diğer taraftan ideal modelden daha büyük bir model de ezberler, iyi bir genelleme yapamaz ve daha karmaşık bir yapıya sahip olur. Bu nedenle çalışmamızda, tekrarlayan yapay sinir ağlarının, hem zaman karmaşıklığı hem modelin büyüklüğü hem de optimizasyonu açısından en başarılı yöntem olacağı düşünülmüştür.

Metin üretme ve dil tespiti gibi geleneksel sınıflandırma metodlarının zorlandığı bir problemde tekrarlayan sinir ağlarının kullanımı durum sayısının tespit edilemeyecek kadar çok olduğu olay döngülerinde başarılı sonuç vermesi açısından önemlidir. Tekrarlayan sinir ağları ile metin üretme işi de hangi kelimeden sonra hangi kelimenin gelebileceği gibi sonsuz durum ile ifade edilebileceği için LSTM için uygun bir problemdir. Uygulama Tensorflow kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma da Şekil 1'deki gibi 4 katmanlı bir LSTM-RNN tanımlanmıştır.



Şekil 1. 4 katmanlı LTSM-RNN ağı

Sinir ağımız Giriş, LSTM, Dropout ve Çıkış katmanından oluşacaktır. Giriş katmanı sözcük sırasını girdi olarak alır. LSTM katmanı, bir ağdaki zaman dizilerine ve dizi verilerine destek sağlayan tekrarlayan bir sinir ağı (RNN) katmanıdır. Katman, eğitim sırasında uzun diziler boyunca gradyan akışını geliştirmeye yardımcı olabilecek ilave etkileşimler gerçekleştirir. LSTM katmanları, uzun vadeli bağımlılıkları (uzak zaman adımlarından gelen bağımlılıklar) öğrenmek için çok uygundur. Dropout giriş öğelerini belirli bir olasılıkla, rastgele şekilde, sıfır olarak ayarlar. Çıktı katmanı, çıktı olarak mümkün olan en iyi kelime olasılığını hesaplar. Diğer sinir ağları gibi bizde de tüm bağlantılar ağırlık olarak kullanılmaktadır. Önerilen modeldeki sinir ağının LSTM katmanı 3 bölümden oluşmaktadır.

Giriş olarak çeşitli değişkenler vardır. Bunlardan bazıları kendisinden önce gelen kelime, yazı türü, başlık olup olmadığı gibi bilgilerdir. Aktivasyon fonksiyonu olarak da 0-1 Step fonksiyonu kullanılmıştır. Çünkü ilgili kelimenin gelip gelmeyeceğine dair iki çıktı vardır ve çıktılardan sadece biri seçileceği için hangisinin seçildiği, sonucun hangisine yakın olacağı ile bulunacaktır.

Sonuçların doğruluğunu arttırmak, en iyi ağırlık ve bias değerlerini bulmak ile ilgilidir. Bundan dolayı sinir ağlarında eğitim yapılırken ağırlıklar ve bias değerleri değiştirilerek en ideal değerler bulunacaktır. Bu işlem yapılırken sinir ağlarının verdiği sonuçlar ile gerçek sonuçlar karşılaştırılarak hatalar bulunacaktır. Epoch değerinin, başarı oranı %80 civarlarını bulana kadar arttırılması planlanmaktadır.

5. Uygulama Sonuçları

Her ne kadar LSTM-RNN ile metin madenciliği daha önce çalışılmış olsa da bu bildiri de yöntem ve veri kümesi farklıdır. Bu nedenle diğer çalışmalarda da yapıldığı gibi üretilen metinlerin sonuçları anket yöntemi ile değerlendirilmiştir. Yapılan deneysel sonuçlar kapsamında LSTM-RNN ile üretilen 1250 adet çıktının her biri en az 3 kişiye sorulmak üzere 27 farklı kişiye verilmiştir. Her yöntem uygulanmadan önce öğrenme süreci denilen veri setinin sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Veri setinin doğru seçilmesi ve sisteme yüklenmesi problemin çözümü için önemli bir adımdır. Tablo 1'de veri setleri ile ilgili bazı bilgiler ve veri setlerindeki verilerin öğrenme sürecinin aldığı zaman verilmiştir.

Tablo 1. Veri setleri ve öğrenme zamanları

Veri Seti	Doküman Miktarı	Karakter Sayısı	Kelime Sayısı	LSTM-RNN Öğrenme Süresi
Sobiad	220 Bin	1 Milyar	200 Milyon	348 Saat
IEEE	58.836	27 Milyon	4 milyon	135 dk
Meetup	82.228	45 Milyon	7.4 Milyon	250 dk
Pubmed	4500	180 Milyon	25 Milyon	1000 dk
Basılı Yayınlar	5	994 Bin	141 Bin	10 dk
Wikipedia TR	358 Bin	282 Milyon	43 Milyon	1410 dk
Wikipedia Eng	5.9 Milyon	4 Milyar	645 Milyon	35 gün
Dergipark	250 Bin	1 Milyar	203 Milyon	362 Saat
TR Derleme	Türkçe Dökümanlar	Eğitim verileri birleştirilmiştir		
Eng Derleme	İngilizce Dökümanlar	Eğitim verileri birleştirilmiştir		

Veri setleri içinde Türkçe ve İngilizce olanlar birleştirilip yeni bir set yapılmıştır. TR Derleme veri setinde Dergipark, Sobiad, Basılı Yayınlar ve Wikipedia TR varken; Eng Derleme veri setinde IEEE, Wikipedia Eng, Meetup ve Pubmed vardır. Öğrenme süreleri değerlendirildiğinde doküman adedinden çok kelime adedinin önemli olduğu ve çeşitliliği daha az kelime adediyle öğrenilmesinin daha uzun sürdüğü Tablo 1 de gösterilmiştir. Öğrenme işlemi her veri seti için bağımsız olarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte Türkçe ve İngilizce veri setlerinin birleştirildikten sonra da bir test yapılmıştır. LSTM-RNN'nın yavaş olma nedeni öğrenen bir sistem olmasıdır. Ayrıca çıkan sonuçlara göre geri dönüp (tekrarlayan şekilde bir önceki katmana bağlanır) işlemi tekrarlaması milyonlarca iterasyon gerektirmektedir. Öte yandan, RNN uzun mesafeli ilişkileri takip ettiği için daha tutarlı ancak hem hafıza hem işlem sayısı olarak daha maliyetlidir.

Değerlendirme yapılırken birden fazla başarı oranı belirlenmiştir. Başarı oranları ve karşılaştırma çizelgesi Tablo 2'de verilmiştir.

Başarı Oranı 1: Üretilen metnin doğal metin olup olmadığı katılımcılara sorulmuştur.

Başarı Oranı 2: Kullanıcılara 4 ayrı metin verilmiştir ve bu metinlerden biri bilgisayar tarafından üretilen metindir. Kullanıcılardan, bu 4 seçenekten hangisinin üretilen metin olduğunu bulması istenmiştir.

Başarı Oranı 3: Başarı oranı 2 testinde yapıldığı gibi anket yapılmış ama bu kez ankette birden fazla metine yer verilmiş ve kullanıcıdan üretilmiş metinleri seçmesi istenmiştir. Ayrıca ikinci testten farklı olarak bu testteki metinler en fazla %5 oranında olacak şekilde düzeltilerek ankete eklenmiştir. Tüm başarı oranları F-Ölçütü ile verilmiştir.

LSTM ile önerilen sistemin başarı oranları Tablo 2'de sunulmuştur. LSTM-RNN'nın başarılı olmasının başlıca nedeni katmanlar arası geri besleme yaptığı ve birçok defa çıkan sonuçlara göre geçmiş katmanları iyileştirdiği için uzun ilişkileri daha iyi tespit edip öğrenme verisine eklemesidir.

Tablo 2. Veri seti ve başarı oranları

Veri Seti	Anket Yöntemi	**Doğruluk**	**Anma**	**F-Ölçütü**
Sobiad	Başarı Oranı 1	0,583	0,903	0,708
	Başarı Oranı 2	0,641	0,794	0,709
	Başarı Oranı 3	0,674	0,801	0,732
IEEE	Başarı Oranı 1	0,850	0,902	0,875
	Başarı Oranı 2	0,798	0,878	0,836
	Başarı Oranı 3	0,790	0,840	0,814
Meetup	Başarı Oranı 1	0,865	0,874	0,869
	Başarı Oranı 2	0,824	0,881	0,851
	Başarı Oranı 3	0,805	0,794	0,799

6. Sonuç

Çalışmada, özgün metin üretilirken belli bir yapıya bağlı kalmaması için büyük miktarda ve çeşitli bir veri toplanmıştır. Bu veriler filtrelenip derin öğrenme yöntemi kullanılarak metin oluşturulmaya çalışılmıştır. Öğrenme sürecinde, gazeteler gibi günlük basın araçları, akademik yayınlar, dijital ansiklopediler ve sosyal ağlardaki açıklamalar gibi çok farklı veri kaynağından veri alınıp teste tabi tutulmuştur. Böylece önerilen yöntemlerin farklı amaçlar için farklı veri setlerinde kullanıldıkları zaman da başarı oranlarının nasıl değiştiği gösterilmiştir. Farklı kelime sayıları ve farklı özelliklerde oluşturulan metinler anket yöntemi ile karşılaştırılmış ve LSTM-RNN ile başarılı ve doğal dile daha yakın metin üretilebildiği kanıtlanmıştır. Üretilen metin üzerinde yapılan bazı düzeltmeler ile metnin orijinal metinlerden ayrılamayacak kadar doğal olduğu deneysel sonuçlarda görülmüştür. Bir sonraki çalışmada veri setlerinin kategorik olarak ayrılması, bu şekilde düzenlenmiş veri setlerine aynı yöntemlerin tekrar uygulanması ve bu şekilde başarı oranlarının ciddi şekilde arttırılması planlanmıştır.

7. Referanslar

[1] D. A. Reynolds and R. C. Rose, “Robust Text-Independent Speaker Identification Using Gaussian Mixture Speaker Models,” IEEE Trans. Speech Audio Process., vol. 3, no. 1, pp. 72–83, 1995.

[2] S. Chakrabarti et al., “Mining the Web’s link structure,” Computer (Long. Beach. Calif)., vol. 32, no. 8, pp. 60–67, 1999.

[3] D. L. Lee, H. Chuang, and K. Seamons, “Document ranking and the vector-space model,” IEEE Softw., vol. 14, no. 2, pp. 67–75, 1997.

[4] U. Hahn and I. Mani, “The challenges of automatic summarization,” Computer (Long. Beach. Calif)., vol. 33, no. 11, pp. 29–36, 2000.

[5] A. Gómez-Pérez and O. Corcho, “Ontology languages for the semantic web,” IEEE Intell. Syst., vol. 17, no. 1, pp. 54–60, 2002.

[6] H. Hussein, M. Elmogy, and S. Guirguis, “Automatic English question generation system based on template driven scheme,” Int. J. Comput. Sci. Issues, vol. 11, no. 6, p. 45, 2014.

[7] A. Gadag and B. M. Sagar, “A review on different methods of paraphrasing,” in 2016 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer and Optimization Techniques (ICEECCOT), 2016, pp. 188–191.

[8] X. Zhang and M. Lapata, “Chinese poetry generation with recurrent neural networks,” in Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), 2014, pp. 670–680.

[9] R. P. A. De Araujo, R. L. De Oliveira, E. M. De Novais, T. D. Tadeu, D. B. Pereira, and I. Paraboni, “SINotas: the Evaluation of a NLG Application,” in Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC, 2010.

[10] P. Potash, A. Romanov, and A. Rumshisky, “Ghostwriter: using an LSTM for automatic RAP lyric generation,” in Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2015, pp. 1919–1924.

[11] Y. De Silva, “Automated and self-learning sentence generation methodology for stammer patients by means of Natural Language Generation smart speech therapist for stammer,” in Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPES), 2016 International Conference on, 2016, pp. 736–741.

[12] N. Ito and M. Hagiwara, “Natural language generation using automatically constructed lexical resources,” in Neural Networks (IJCNN), The 2011 International Joint Conference on, 2011, pp. 980–987.

[13] J. V White, C. M. Stultz, and T. F. Smith, “Protein classification by stochastic modeling and optimal filtering of amino-acid sequences.,” Math. Biosci., vol. 119, no. 1, pp. 35–75, 1994.

[14] L. R. Rabiner, “A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition,” Proc. IEEE, vol. 77, no. 2, pp. 257–286, 1989.

[15] A. A. Müngen and M. Kaya, “Mining quad closure patterns in Instagram,” in 2016 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2016, pp. 939–944.

[16] K. Aas and L. Eikvil, “Text page recognition using grey-level features and hidden Markov models,” Pattern Recognit., vol. 29, no. 6, pp. 977–985, 1996.

[17] G. Szymanski and Z. Ciota, "Online text generation using Markov models", Proc. of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, 2004.

[18] I. Perikos and I. Hatzilygeroudis, “Recognizing emotion presence in natural language sentences,” Commun. Comput. Inf. Sci., vol. 384, pp. 30–39, 2013.

[19] I. Perikos and I. Hatzilygeroudis, “Recognizing emotions in text using ensemble of classifiers,” Eng. Appl. Artif. Intell., vol. 51, pp. 191–201, 2016.

[20] Bartoli, Lorenzo, Medvet, Morello, and Tarlao, “‘Best Dinner Ever!!!’: Automatic Generation of Restaurant Reviews with LSTM-RNN,” in Web Intelligence (WI), 2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on, 2016.

[21] M. Liu, Q. Qi, H. Hu, and H. Ren, “Sports news generation from live webcast scripts based on rules and templates,” in Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 10102, 2016, pp. 876–884.

Özet

Sosyal ağlar, toplulukları ve aralarındaki ilişkileri modellemek ve görselleştirmek için kullanılan önemli yapılardan biridir. Büyük ve karmaşık sistemleri sosyal ağlar şeklinde modelleyerek yapılarını daha anlaşılır hale getirmek, bağlantılarını ve değişimlerini analiz etmek mümkündür. Bununla beraber, toplulukların yapısını daha anlaşılır kılmak, ağ yapısını geliştirmek ve değişimini gözlemlemek amacıyla bilgi çıkarımı yöntemleri kullanılmaktadır. Bilgi çıkarımı yöntemleri kullanarak, değişik kaynaklardan elde edilen, henüz bilinmeyen bilgileri ve bağlantıları elde etmek mümkündür.

Akademik topluluklar hızlı ve sürekli büyüyen topluluklara örnektir. Sosyal ağ yapıları ve bilgi çıkarımı yöntemleri akademik toplulukların analizinde sıkça kullanılan önemli yöntemlerdendir.

Bu çalışmada DBLP bibliyografik veritabanı sosyal ağ şeklinde modellenmiş ve analiz edilmiştir. Yazar, konu, yayın yeri, anahtar kelime ve kategori önerileri yapan çevrimiçi tavsiye sistemi geliştirilmiş, verilerin zamansal değişimleri gözlenmiş ve bulunan analiz sonuçları grafiklerle görsel hale getirilmiştir. Ayrıca ağ içerisinde bilinmeyen, eksik olan anahtar kelimeler ve ACMCCS kategori bilgileri tespit edilerek veriler sınıflandırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Sosyal Ağlar; DBLP; ACM CCS; Bilgi Çıkarımı ve Getirimi

Abstract

Social networks are one of the important structures used to model and visualize communities and their relationships. By modeling large and complex systems in the form of social networks, it is possible to make their structures more understandable and to analyze their connections and changes. In addition, in order to make the structure of the communities more understandable, to improve the structure of the network and to observe its change, information retrieval and extraction methods are used. By using information retrieval and extraction methods, it is possible to obtain information and connections that are not yet known from different sources.

Academic communities are examples of rapidly growing communities. Social networking structures and methods of information retrieval and extraction are important methods used in the analysis of academic communities.

In this study, DBLP bibliographic database is modeled and analyzed as social network. An online referral system was developed for the author, subject, publication, keyword and category suggestions, temporal changes of the data were observed and the results of the analysis were visualized with graphs. In addition, unknown, missing keywords in the network and ACMCCS category information were identified and the data were classified.

Keywords:

Social Networks; DBLP; ACM CCS; Information Extraction and Retrieval.

DBLP as social network: classification by subject, analysis and visualization

Öskan BARUTÇUOĞLU[1]
Mehmet KAYA[2]

[1] Department of Computer Engineering, Fırat University, Elazığ, Turkey,
[2] Department of Computer Engineering, Fırat University, Elazığ, Turkey

1. Introduction

Social networks arise as a result of the interactions between living or non-living beings such as people, animals, plants, institutions and organizations, events etc. These interactive networks also create very large data sources called ”Big Data”. For this reason, data sources can be analyzed by using different Social Network Analysis Techniques [1] in order to examine the behaviors of the assets in the network, to determine the quantitative and qualitative properties, to obtain meaningful information and to increase the decision-making power of individuals or organizations.

Formally, a social network is defined as G = (V, E) graph. V is the set of entities (nodes) within the social network and E is the set of edges representing the relationships (friendship, liking, working together, etc.) between these nodes.

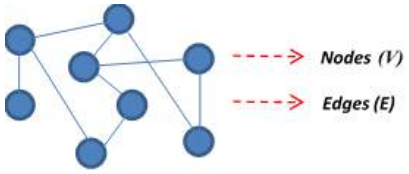


Figure.1. Example of a social network structure

Social network analysis provides useful information about complex systems. Entities in the complex network structure and the relations between them, the continuity and temporal changes of these relations can be monitored. Thus, healthier evaluations and comparisons are made.

The concept of social networking was initially limited to friendship sites. Nowadays, it is seen that many complex real world systems such as community discovery [2-3], referral systems [4], author and researcher networks [5], anomaly detection [6] can be modeled as social network.

One of these areas is the communities of authors and researchers. There are millions of scientists working in different fields such as science, literature, philosophy, history, health, psychology, etc. and thousands of scientific works (articles, papers, books, etc.) are published every year. Authors may work with many people on different subjects and often include excerpts from other authors in their work on similar subjects. Finally, the resulting works are published in different congresses, conferences, books and journals.

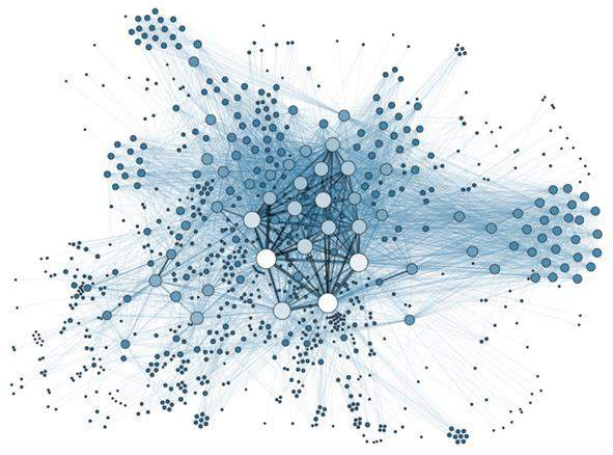


Figure.2. Visualization of a social network that has big data

The increasing number of scientists and scientific publications in time has led to the formation of very large academic databases. Knowing what kinds of studies other researchers have done is important. It is necessary to make detailed literature reviews and to take other academic studies as reference and to shape our own studies accordingly. For this reason, academic databases have become an attractive research topic.

Literature scans were initially quite laborious and time consuming. Today, thanks to the scientific studies on academic databases and the convenience provided by internet technology,, literature scans give faster and more accurate results online.

It is necessary to analyze these data sources with various scientific methods in order to examine the structure of academic communities and interactions between them, to obtain information about the communities and to observe their development and change. For this reason, modeling of academic communities as social networks is very convenient.

In this study, the structure and characteristics of social networks are discussed. Working principles of social networking models applied to academic databases is mentioned. A study offering online academic advice system (ATS) was revealed. As a data source, the ever-growing DBLP (Digital Bibliography and Library Project) database, an academic database related to computer science, was used. DBLP is modeled as a network. It is aimed to develop an online referral system that makes suggestions from the DBLP network by making the author, research interest, publication, subject, venue, keyword and category suggestions. The structure and temporal changes of the connections in the DBLP network were observed. The results and data obtained from the network are visualized to interpret the relations meaningfully and more easily. Information extraction and retrieval methods have been applied to identify unknown keywords and ACMCCS (The 2012 ACM Computing Classification System) categories in the network. After these inferences, it was aimed to identify the communities in the DBLP network by keywords and ACMCCS categories. The consisting networks are visualized as graphs

2. Related Works

The number of databases and services containing bibliographic data is increasing. Thanks to these services, publications and authors related to a special topic, citations , index values, social networks and graphics, summaries and full texts are easily obtained. Here are some of the most widely used bibliographic databases and services:

- Google Scholar
- Microsoft Academic Research
- DBLP computer science bibliography
- Research Gate
- Science Direct
- ACM Digital Library
- ArnetMiner
- IEEE Xplore
- PubMed
- Semantic Scholar
- CiteSeerX

Google Scholar offers a variety of ways to investigate the academic literature in detail and extensively [7]. Scans from many different sources can be made from a single interface.

ResearchGate is a researcher social network that enables scientific output, knowledge and skills to be accessible and shared [8]. In 2008, Ijad Madisch, It was founded by physicist Dr. Ijad Madisch, Dr. Sören Hofmayer and computer scientist Horst Fickenscher.

S2 (Semantic Scholar) is an artificial intelligence-based search engine that focuses on semantic and textual understanding. It is actively developed by AI2 (The Allen Institute for Artificial Intelligence). S2 analyzes publications using machine learning and artificial intelligence techniques. This way, it can find features such as pictures, quotes and keywords in an effective and fast way [9].

Jie Tang ve ark. [10] developed a system called ArnetMiner and conducted studies on the acquisition and analysis of an academic social network. The ArnetMiner has a five-part architecture consisting of *Information Extraction*, *Integration, Storage and Access, Search* ve *Mining*. An automatic search system that can find information about the authors such as name, phone, address, work place, picture, web address from the internet has been developed. DBLP bibliographic database was used to obtain publications.

Tony Le ve Du Zhang [11 developed an indexing system and web interface for the discovery and classification of computer science related bibliographic records, called *DBLPminer*. Publications in DBLP are classified according to the titles. The classification structure is based on the ACMCCS (ACM Computing Classification System).

Information extraction and retrieval methods are used in all these studies. Information retrieval is the activities of obtaining information in desired structure from sources that do not have a regular structure. For example; extracting topics from a text is an information retrieval process [12]. Methods of stemming are frequently used in information retrieval processes. Stemming is one of the most obvious way to generalize texts [13]. The most widely used stemming algorithm developed for English language is Porter Stemming Algorithm. It was found in 1980 by M.F. Porter [14]. In this study, Snowball Stemmer is used which has solved some disadvantages in the original Porter Algorithm.

Various measures have been developed to determine the similarity measures between texts or words with the help of text mining and natural language processing techniques. These measures are frequently used in information retrieval processes. In some methods which determine the similarity ratios between texts or words, the stems of the words are found first, then the similarity measurements are calculated [15]. In a study by Wael H. Gomaa and Aly A. Fahmy in 2013, they listed similarity measures under three main headings:

- String-Based Similarity
- Corpus-Based Similarity
- Knowledge-Based Similarity

3. Data Sets

Three different data sources were used in study: ACMCCS categories, DBLP bibliographic data source and keywords data retrieved from AASN (ArnetMiner Academic Social Network).

DBLP is a very comprehensive bibliographic database of nearly 4.2 million publications, 2.1 million authors, 5400 conferences and 1584 magazines related to computer science and engineering [17]. In this study, DBLPv9 in ArnetMiner which can be downloaded from https://aminer.org/citation [18] is used.

Keywords indicate what topics are relevant to publications. Multiple keywords can be used in publications. The AASN data set is used to identify the authors' research interests and the keywords that publications may be relevant to. In this data set, there are keywords and research interests that the authors relate to. It can be downloaded as text file at https://aminer.org/aminernetwork [19].

ACM (Association for Computing Machinery) classifies the publications in its own library according to a six-level hierarchical tree called ACMCCS (The 2012 ACM Computing Classification System). ACMCCS has six-level hierarchical tree structure that includes category headings related to computer science, which can be used in semantic web applications. ACMCCS category headings are available in xml file format at https://www.acm.org/publications/class-2012 [20].

In this study, category headings in ACMCCS are used to classify the publications according to their categories. Once the categories of publications are identified, it is necessary to determine the degree of relevance for each category. Relevance degrees are a measure of the strength and accuracy of links between publications and categories. ACM uses 3 types of relevance degree: *High Relevance, Medium Relevance* and *Low Relevance.*

4. System Architecture

Three basic stages are presented. The first is the simplification and integration of academic community data from different sources. The data obtained from the DBLP, ACMCCS and AASN sources were transferred to the database where the system was running. Tables for publications, authors, keywords, ACMCCS categories and venues were created.

In the second stage, the entities in the academic community and their relations were examined. For this purpose, the community is modeled as a network. Publications, authors, venues, keywords, and ACMCCS categories create nodes in the network, while relationships between them (publication ownership, author association, subject relevance, etc.) form the edges in the network. The relations between the publications, keywords and ACMCCS categories were found by using information extraction and retrieval methods.

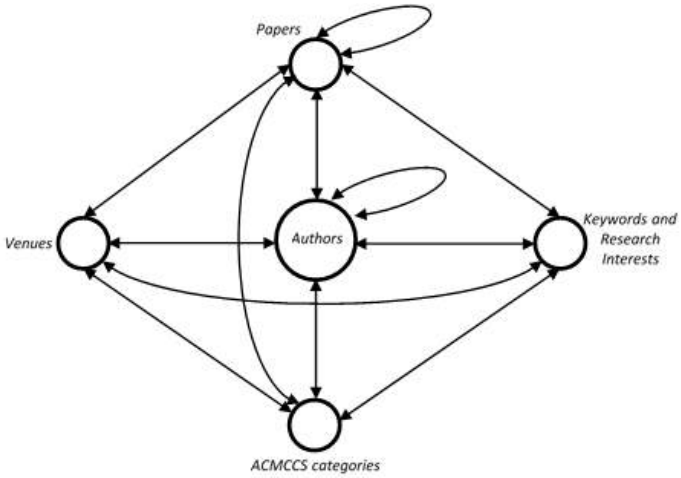


Figure.3. Nodes and links in the DBLP network

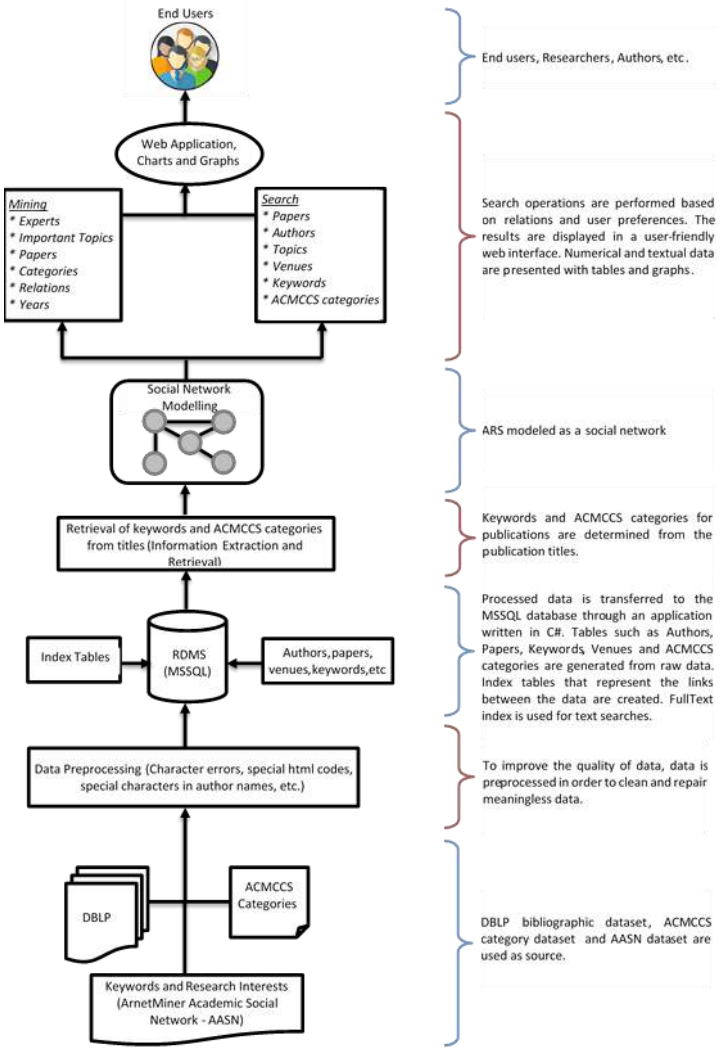


Figure.4. Architecture of the system and process steps

Keywords related to the publications have been identified. For this purpose, the stem values of publication titles and keywords were found and then similarity measures between them were calculated. Relations are established between similar titles and keywords. The following similarity measure is used:

n(x) as stem word count of x value,

$$B(x,y) = \begin{cases} 0 & , \ n(x) < n(y) \\ Overlap\ Coefficient & , \ n(x) \geq n(y) \end{cases}$$

$$Overlap\ Coefficient = \frac{|X \cap Y|}{min(|X|,|Y|)}$$

Overlap Coefficient is a similarity measure expressed as the ratio of the intersection size of two data sets to the smallest size data set.

Publications classified according to the ACMCCS categories. The stem words of publication titles and category headings were found and then the similarity measurements between them were calculated. ***F1 Score*** used as a similarity measure. The parameter "***p"*** is the value of precision and the parameter "***r"*** is the value of recall.

$$B(x,y) = F_1\ Score = 2\ \frac{pr}{p+r}$$

$$p(x,y) = \frac{Intersection\ Count\ of\ Stems}{Stem\ Count\ of\ Category\ Headings} = \frac{|x \cap y|}{|y|}$$

$$r(x,y) = \frac{Intersection\ Count\ of\ Stems}{Stem\ Count\ of\ Paper\ Title} = \frac{|x \cap y|}{|x|}$$

After calculating the similarity measures, the relevance degrees (high, medium or low) of the ACMCCS categories were found. According to these relevance degrees, a publication is included in a maximum of 6 categories. Finally, an online web application has been developed where the results obtained can be queried, monitored and reported.

5. Application Results

Table 1 shows the number of nodes in the network.

Table 1. The nodes in the DBLP network

Node	Count
Authors	1.916.484
Venues	12.674
ACMCCS Categories	2466
Keywords	3.875.029
Papers	3.502.655

Of the keywords found, 38% consists of two words (social network, semantic web, etc.), 41% three words (ratio vegetation index, vegetation coverage calculation, etc.) and 21% four words (computer vision symmetry detection, telecom web services communication, etc).

Table 2 shows some relations that occur in the DBLP network.

Table 2. Some connections in the DBLP network

Relation	Count
Papers - Authors	10.217.395
Papers – References (Papers)	8.581.624
Papers – Keywords	134.481.228
Papers – ACMCCS Categories	20.107.531

63% of all posts matched at least one keyword, while other posts didn't match any keywords. Almost all of the matching publications (%99.99) are matched with two-word keywords, 69% with three-word keywords, and 20% with four-word keywords. From the links between the publications and ACMCCS categories, 94% has low relevance degree , 60% has medium relevance degree and 2% has high relevance degree.

A web application that runs at http://www.dblp.site developed. In this application, the results of the study on the authors, publications, venues, keywords and ACMCCS categories are presented. Relationships and temporal changes were observed. The results were visualized with graphics and co-author graphs were formed. The topics related to the authors, publications, venues and categories are shown with cloud graphs.

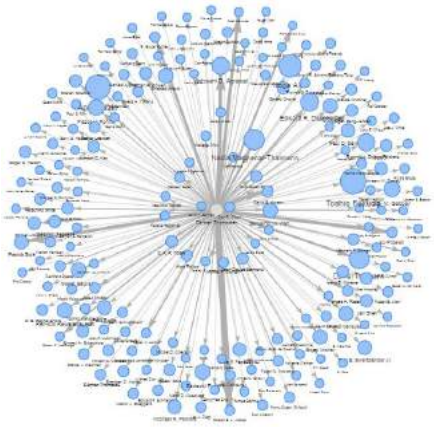


Figure.5. A sample of co-author networks

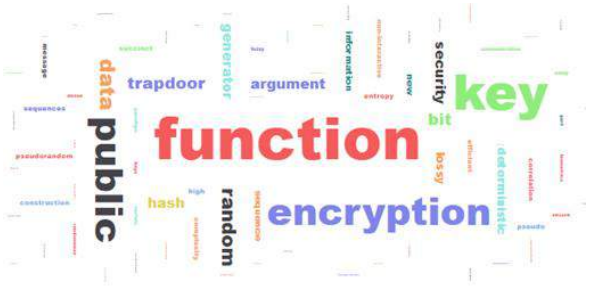


Figure.6. Cloud graph of keywords for the references of a publication

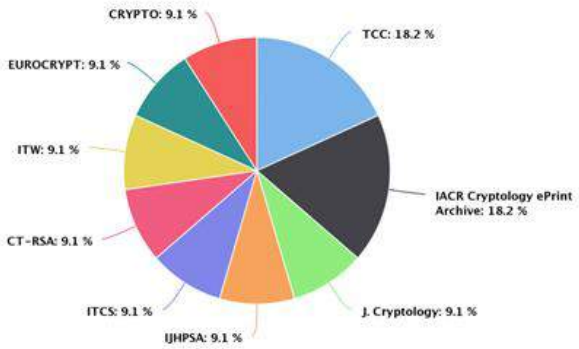


Figure.7. Venues of the cited papers for an example paper

6. Results

Social networks are rapidly developing and become a popular research topic. So, networks of academic communities and their structures have been mentioned in this study. The studies examining the academic communities by using different data sources are discussed and the methods they used are explained. The benefits of modeling complex and large systems with social networks are mentioned. Information extraction and retrieval methods applied to improve the structure of social networks are explained.

In this study, it is aimed to establish a relationship between the academic data obtained from different sources, to model these data as a network and to make more precise and detailed results from the inquiries. For this purpose, ACMCCS and AASN datasets are used to obtain various data missing or unknown in DBLP. ACMCCS is a system for classifying publications in the field of computer science. The ASN data source contains keywords related to publications. Normalization is applied on these data obtained from different sources.

DBLP is modeled as a network. The nodes in the network (authors, publications, venues, keywords and categories) and connections have been identified. The proportional distribution of these nodes and connections within the network has been observed. Information Retrieval methods are used to improve connections in the network or to identify unknown new connections. The stemming algorithms used in information

extraction and retrieval processes are described. Snowball Stemmer is applied to DBLP data. The DBLP data is classified according to the ACMCCS categories and keywords derived from the AASN data set. Finally, an ATS (Academic Advice System) was created. An online application has been developed in which data and analysis are questioned, visual graphs and association networks are created. This web application serves at http://www.dblp.site domain.

7. References

[1] John Scott, 2017. Social Network Analysis 4th Edition. Sage Publications, s.57-188.

[2] Fortunato, S., 2010. Community detection in graphs. Physics reports, 486(3), s.75-174.

[3] Fortunato, S., and Castellano, C., 2007. Community structure in graphs. arXiv preprint arXiv:0712.2716.

[4] Frank Edward Walter, Stefano Battiston and Frank Schweitzer. A model of a trust-based recommendation system on a social network, Autonomous Agents and Multi Agents Systems, February 2008, Volume 16, Issue 1, pp 57-74

[5] Yizhou Sun, Rick Barber, Manish Gupta, Charu C. Aggarwal and Jiawei Han, Co-author Relationship Prediction in Heterogeneous Bibliographic Networks, 2011 International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining

[6] David Savage, Xiuzhen Zhang, Xinghuo Yu, Pauline Chou and Qingmai Wang, 2014, Anomaly detection in online social networks, Social Networks 39, s.62-70

[7] https://scholar.google.com/intl/en-US/scholar/about.html , 17 Mayıs 2018

[8] https://www.researchgate.net/about , 17 Mayıs 2018

[9] Hamilton McCulloh, Semantic Scholar Utilizes Artificial Intelligence Methods to Transform Scientific Search for Computer Scientists, Seattle November 2015

[10] Jie Tang, Jing Zhang, Limin Yao and Juanzi Li., Extraction And Mining of an Academic Social Network, Proceeding WWW '08 Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, pages 1193-1194

[11] Tony Le and Du Zhang, DBLPminer: A Tool For Exploring Bibliographic Data, 2015 IEEE 16th International Conference on Information Reuse and Integration

[12] http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2010/10/01/bilgi-getirimi-ve-cikarimi-information-retrieval-and-extraction/ , 30 Mayıs 2018

[13] Metzler D., Dumais S., Meek C., (2007) Similarity Measures for Short Segments of Text. In: Amati G., Carpineto C., Romano G. (eds) Advances in Information Retrieval. ECIR 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4425. Springer, Berlin, Heidelberg

[14] M.F. Porter., "An algorithm for suffix stripping", 1980, Program, Vol. 14 Issue: 3, pp.130-137, https://doi.org/10.1108/eb046814

[15] Wael H. Gomaa and Aly A. Fahmy., A Survey of Text Similarity Approaches, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 68– No.13, April 2013

[16] https://dblp.uni-trier.de/faq/What+is+dblp.html , 17 Mayıs 2018

[17] https://aminer.org/citation , 15 Ocak 2018

[18] https://aminer.org/aminernetwork , 15 Ocak 2018

[19] https://www.acm.org/publications/class-2012 , 17 Mayıs 2018

[20] Wen-tau Yih and Christopher Meek., Improving Similarity Measures for Short Segments of Text, American Association for Artificial Intelligence, 2007

Veri Analizi Araçları Kullanarak Eklemli Şekilleri Şekil Bileşenlerini Bulmadan Temsil Etme

Using Data Analysis Tools to Form a Representation for Articulated Shapes without Extracting Shape Components

Aslı GENÇTAV[1]
Sibel TARI[1]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Özet

Bu çalışmada eklemli şekilleri temsil etmek üzere şekil bileşenlerini bulmayı gerektirmeyen yeni bir temsil önerilmektedir. Öncelikle her bir şekil noktasından yerel şekil bilgisi toplanarak yüksek boyutlu bir öznitelik uzayı oluşturulmakta ve sonrasında her bir şekil noktasının kalan noktalara göre özgünlüğünü ölçmek üzere veri analizi yapılmaktadır. Elde edilen özgünlük değerleri hem yerel hem de global şekil bilgisini kodlamaktadır. Şekiller çoklu şekil ölçekleri vasıtasıyla hesaplanmış özgünlük değerlerinin histogramları ile temsil edilmektedir.

Anahtar kelimeler:

Şekil temsili; RPCA.

Abstract

In this work, we propose a new representation for articulated shapes, which does not involve extracting shape components. We first form a high-dimensional feature space by collecting local shape information from each shape point and then perform data analysis to measure the distinctness of each shape point from the remaining points. The obtained distinctness values encode both local and global shape information. We represent shapes via histograms of the distinctness values computed via multiple shape scales.

Keywords:

Shape representation; RPCA.

1. Giriş

Şekil temsili bilgisayarla görme ve görüntü işleme gibi pek çok alanda uygulaması olan önemli bir araştırma konusudur. Şekil temsili için geliştirilmiş pek çok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan eklemli uzuvlara sahip şekilleri temsil etmek üzere uygun olan yapısal temsiller şekil bileşenlerini bulmayı ve bulunan bileşenler arasındaki ilişkileri bir çizge ile modellemeyi gerektirmektedir. Ancak şekil bileşenlerinin bulunması ve aralarındaki ilişkilerin modellenmesi zorlu bir problemdir. Dahası şekillerin yapısal temsilleri aracılığıyla karşılaştırılması ileri düzeyde algoritmaları gerekli kılan iki çizge arasında eşleme bulma problemini beraberinde getirmektedir.

Biz bu çalışmada eklemli şekilleri temsil etmek üzere veri analizi araçlarından yararlanan ve şekil bileşenlerini bulmayı gerektirmeyen özgün bir yöntem sunmaktayız. Öncelikle her bir şekil noktasındaki yerel şekil bilgisi bir şekil ölçeği referans alınarak yüksek boyutlu bir öznitelik vektörü ile kodlanmaktadır. Daha sonra oluşturulan çok boyutlu öznitelik uzayında gürbüz temel bileşen analizi (Robust Principal Component Analysis) ile noktaların birbirlerine göre korelasyonu ve farklılıkları belirlenmekte ve her bir nokta için bir özgünlük değeri hesaplanmaktadır. Elde edilen özgünlük değeri hem yerel hem de global bilgi içermektedir. Yerel bilgi içermektedir çünkü her bir noktadaki öznitelik vektörü söz konusu nokta ve çevresi arasındaki etkileşimin ürünüdür. Global bilgi içermektedir çünkü öznitelik vektörleri şeklin tamamını ilgilendiren bir şekil ölçeği referans alınarak oluşturulmaktadır ve gürbüz temel bileşen analizi şekil noktalarının hepsine birden aynı anda uygulanmaktadır. Önerdiğimiz şekil temsili betimleyici ve birbirini tamamlayan birden fazla şekil ölçeği referans alınarak elde edilen özgünlük değerleri histogramlarından meydana gelmektedir. Bir şekil ölçeğini referans alarak yerel şekil bilgisini kodlamamız yöntemimizin döndürme, ölçekleme ve eklemli uzuvların hareketlerine bağlı dönüşümlere karşı gürbüz olmasını sağlamaktadır. Bulgular ve Tartışma bölümünde şekil gruplama problemi üzerinde önerdiğimiz şekil temsilini kullanarak elde ettiğimiz deneysel sonuçlar sunulmaktadır.

2. Yöntem

Öncelikle her bir şekil noktasını o noktadaki geometrik bilgiyi kodlayan yüksek boyutlu bir öznitelik vektörü ile temsil etmekteyiz. Öznitelik vektörlerini bir şekil ölçeğine bağlı olarak oluşturduğumuz için birden fazla ölçek kullanarak şeklin çoklu karakterizasyonunu elde etmekteyiz. Daha sonra her bir ölçekte elde ettiğimiz yüksek boyutlu öznitelik uzayında noktaların diğer noktalara göre özgünlüğünü veri analizi araçlarından gürbüz temel bileşen analizini kullanarak hesaplamaktayız. En sonunda şekil temsili için birden fazla ölçekte elde ettiğimiz özgünlük değerlerinin normalleştirilmiş histogramlarını kullanmaktayız.

a. Yüksek Boyutlu Öznitelik Uzayının Oluşturulması

Verilen 2B bir şekil için her bir piksele (x, y) ait 30 boyutlu bir öznitelik vektörü $f^{x,y} \in R^{30}$ hesaplamaktayız. Tüm öznitelik vektörlerinin k. bileşeninde $(1 \leq k \leq 30)$ yer alan değerleri hesaplamak üzere bir lineer sistem çözmekte ve elde edilen değerlere normalleştirme işlemi uygulamaktayız. Çözdüğümüz lineer sistemde her bir piksele ait öznitelik değeri $u_k^{x,y}$ o pikselin dörtlü komşuluğunda yer alan piksellerin öznitelik değerleri ile aşağıdaki gibi ilişkilendirilmektedir.

$$u_k^{x,y} = \frac{{\rho_k}^2}{4\rho_k + 1}\left(1 + u_k^{x-1,y} + u_k^{x+1,y} + u_k^{x,y-1} + u_k^{x,y+1}\right)$$

$u_k^{x,y}$ değerleri sadece şekil pikselleri için çözülmekte ve şekle ait olmayan piksellerde 0 alınmaktadır. $f_k^{x,y}$ değerlerini elde etmek üzere $u_k^{x,y}$ değerlerini tüm piksellere ait $u_k^{x,y}$ değerlerinin maksimumuna bölerek normalleştirme işlemi uygulamaktayız. ρ_k her bir pikselin dörtlü komşuluğunda yer alan piksellere öznitelik değerleri cinsinden bağımlılığını belirleyen skaler bir parametredir. Bu parametreyi çeşitlendirerek pikseller ve çevreleri arasında değişik derecelerde etkileşimleri kodlayan bir yığın öznitelik değeri elde etmekteyiz. ρ_k değerlerini her bir bileşen için $\rho_k = k \times \rho^*$ olarak belirlemekteyiz. Burada ρ^* pikseller ve çevreleri arasındaki maksimum etkileşimi temsil etmektedir.

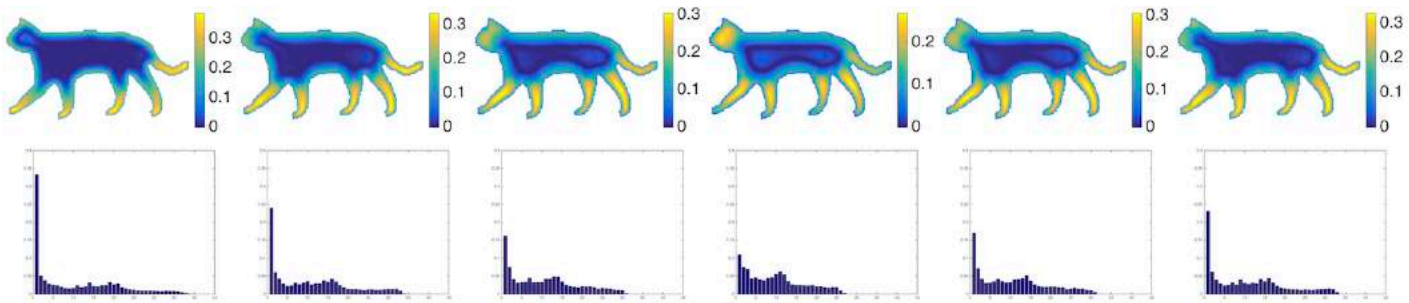
b. Özgünlük Değerlerinin Hesaplanması

Öznitelik vektörlerini satırları pikselleri sütunları öznitelik bileşenlerini temsil eden $D \in R^{m \times 30}$ matrisi olarak düzenlemekteyiz. Veri analizi araçlarından gürbüz temel bileşen analizini [5] kullanarak D matrisini $L + S = D$ olacak şekilde $L \in R^{m \times 30}$ ve $S \in R^{m \times 30}$ bileşenlerine ayırmaktayız. Burada düşük mertebedeki L matrisi pikseller arasındaki korelasyonu kodlarken seyrek S matrisi pikseller arasındaki farklılıkları kodlamaktadır. S matrisindeki her bir satırın normunu alarak her bir pikselin diğer piksellere göre farklılığını temsil eden bir özgünlük değeri elde etmekteyiz.

c. Çoklu Özgünlük Histogramlarının Oluşturulması

Farklı şekilleri aynı ölçekte temsil etmek üzere öznitelik vektörlerinin (dolayısıyla özgünlük değerlerinin) bağlı olduğu ρ^* değerini ortak bir şekil ölçeği cinsinden belirlemekteyiz. Betimleyici ve birbirini tamamlayan iki şekil ölçeğini (R ve G) temel alarak şeklin çoklu karakterizasyonunu elde etmekteyiz. Burada R şekil gövdesinin yarıçapını temsil ederken G şeklin uzuvları arasındaki maksimum uzunluğu temsil etmektedir. R şeklin her bir noktasının en yakın sınır noktasına olan uzaklığını veren uzaklık dönüşümünün maksimum değeri olarak hesaplanmaktadır. G ise şeklin sınır noktaları arasındaki ikili jeodezik uzaklıkların maksimum değeri olarak hesaplanmaktadır. İki nokta arasındaki jeodezik uzaklık noktaları şekil üzerinden birbirine bağlayan en kısa yolun uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Şeklin çoklu karakterizasyonunu elde etmek üzere ρ^* değerini $2R$, $3R$, $4R$, $G/1.5$, $G/2$, $G/2.5$ olarak seçmekteyiz. Burada R ölçeğinin katsayılarının birden büyük G ölçeğinin katsayılarının birden küçük seçilmesinin nedeni bu iki ölçeğin sırasıyla pikseller arasında olması gereken etkileşim genişliği için bir alt limit ve bir üst limit vermesidir.

Şekil 1 (üst)'te örnek bir şekil için 6 farklı ölçekte elde ettiğimiz özgünlük değerleri gösterilmektedir. Özgünlük değerlerinin dağılımı ve sayısal aralığı seçilen ölçeğe göre değişmektedir. Önerdiğimiz şekil temsili Şekil 1 (alt)'ta örneklendiği gibi çoklu ölçeklerde elde edilen özgünlük değerlerinin normalleştirilmiş histogramlarından oluşmaktadır. Histogram hesabı için her bir sütunun genişliğini 0.01 olarak belirlemekteyiz. Her bir histogramı sütunlardaki değerlerin toplamı 1 olacak şekilde lineer olarak normalleştirmekteyiz.



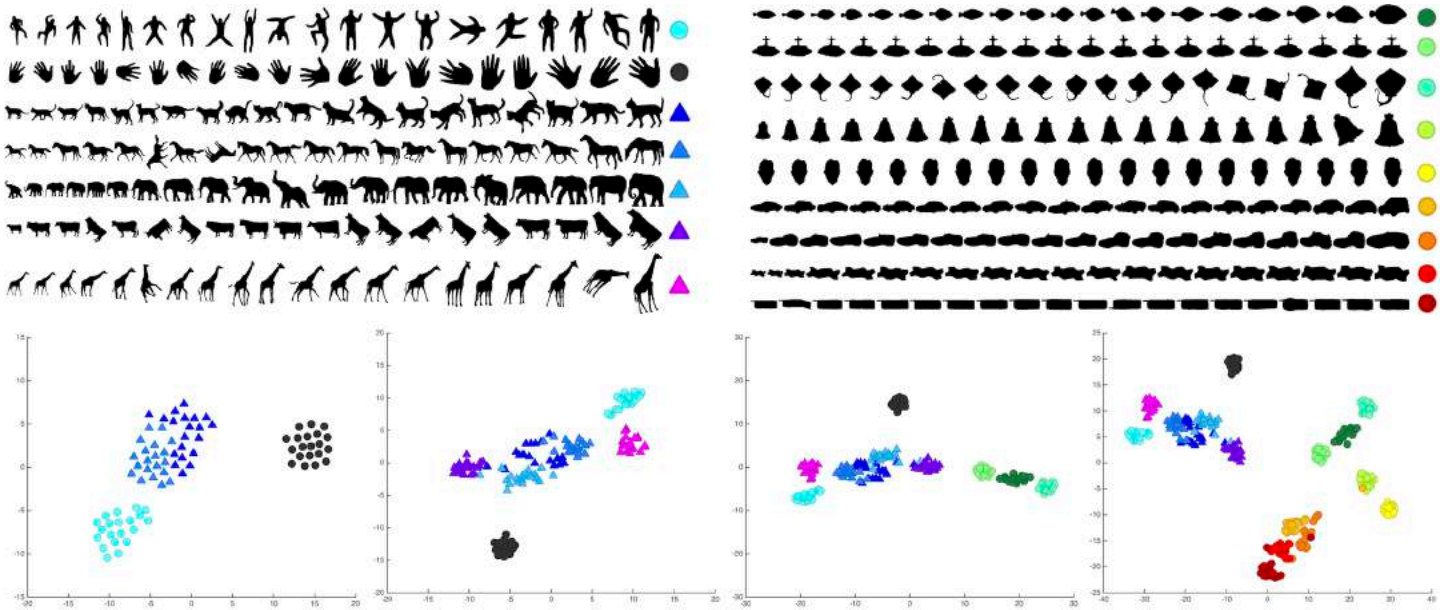
Şekil 1. Örnek bir şekil için sırasıyla 2R, 3R, 4R, G/1.5, G/2, G/2.5 ölçeklerinde elde ettiğimiz özgünlük değerleri (üst) ve normalleştirilmiş histogramları (alt).

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde önerdiğimiz şekil temsilini kullanarak elde ettiğimiz şekil gruplama sonuçları sunulmaktadır. N elemandan oluşan bir şekil veri kümesini gruplamak üzere öncelikle şekiller arasındaki ikili uzaklıkları (benzemezlikleri) hesaplamaktayız. İki şekil arasındaki uzaklığı hesaplamak üzere altı farklı ölçekte elde ettiğimiz özgünlük histogramları arasındaki uzaklıkların ağırlıklı ortalamasını almaktayız. İki histogram arasındaki uzaklığı birbirine karşılık gelen sütunlar arasındaki farkların mutlak değerlerinin toplamı olarak belirlemekteyiz. R'nin bağlı olduğu şekil gövdesi G'nin bağlı olduğu şekil uzuvlarına göre daha güvenilir olduğundan R'ye bağlı ölçeklerde elde edilen uzaklıkları G'ye bağlı ölçeklerde elde edilen uzaklıklara göre üç kat daha fazla ağırlıklandırmaktayız.

Elde ettiğimiz NxN uzaklık matrisinin satırları N şekilden her birini bileşenleri diğer şekillere olan uzaklıklardan oluşan N boyutlu bir öznitelik vektörü ile ilişkilendirmemizi sağlamaktadır. Bu N tane N boyutlu öznitelik vektörünü etkili bir boyut indirgeme yöntemi olan t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) [7] kullanarak bir düzleme taşımaktayız.

Şekil 2'de her biri 20 şekilden oluşan 16 farklı şekil kategorisi [2] ve bunların değişik alt kümeleri için elde ettiğimiz t-SNE sonuçları gösterilmektedir. İlk gruplama sonucu insan, el, kedi ve at kategorilerini içermektedir. Aynı kategoriden şekillerin birlikte gruplandıkları kedi ve at gibi benzer kategoriden şekillerin birbirine yakın oldukları görülmektedir. İkinci deneyde ilk deneyde yer alan şekillere fil, inek ve zürafa şekilleri eklenmiştir. Yine aynı kategoriden şekillerin birlikte gruplandığı ve benzer kategoriden şekillerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Örneğin, fil kategorisi at ve kedi kategorisine inek kategorisi ise fil kategorisine yakın bulunmaktadır. Üçüncü deneyde ikinci deneyde yer alan şekillere balık, çeşme ve vatoz şekilleri eklenmiştir. Yeni eklenen kategoriler önceki kategorilerden farklı ve birbirine benzer olduğundan önceki kategorilerden uzakta ve birbirlerine yakın olarak konumlanmaktadır. Son deneyde zil, yüz, araba, ayakkabı, tuğla ve cep telefonu kategorileri eklenmiştir. Elde edilen gruplama sonucuna göre şekiller iki gruba ayrılmak istense eklemli şekillerin bir grubu (sol üstte) geriye kalan şekillerin ise diğer grubu (sağ ve altta) oluşturduğu gözlemlenmektedir. Elde edilen gruplama sonucuna göre şekiller üç gruba ayrılmak istense eklemli şekillerin bir grubu (sol üstte) balık, çeşme, vatoz, zil ve yüz şekillerinin diğer bir grubu (sağda) ve geriye kalan şekillerin de son grubu (altta) oluşturduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 2. Önerdiğimiz şekil temsilini kullanarak elde ettiğimiz t-SNE sonuçları. Soldan sağa gidildikçe şekil kategorisi ve sayısı artmaktadır.

Önerdiğimiz şekil temsilini Ion ve arkadaşları [4] tarafından sunulan ve eccentricity dönüşümünü temel alan şekil temsili yöntemi ile şekil gruplama problemi üzerinde karşılaştırmaktayız. Gruplama işlemini her iki temsil için de aynı şekilde gerçekleştirmekteyiz. Öncelikle şekiller arasındaki ikili uzaklıkları hesaplamakta ve oluşturulan uzaklık matrisini kullanarak t-SNE ile şekilleri bir düzleme aktarmaktayız. Daha sonra şekillerin düzlem üzerindeki Öklit uzaklıklarını temel alarak Affinity Propagation yöntemi [3] ile her bir şekil için bir grup numarası belirlemekteyiz. Affinity Propagation yöntemini uygularken istenen grup sayısını toplam kategori sayısına eşit olarak vermekteyiz.

Karşılaştırma için iki farklı veri kümesi kullanmaktayız. İlk veri kümesi [1] her biri 4 şekilden oluşan 14 kategori içermektedir. İkinci veri kümesi [2] ise her biri 20 şekilden oluşan 50 kategori içermektedir. Elde edilen gruplama sonucunu şekil kategorilerini temel alan kesin referans ile kıyaslamak üzere Normalized Mutual Information (NMI) ölçüsünü kullanmaktayız.

$$NMI = \frac{2\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(n_i^j/N)\log\left(\frac{(n_i^j/N)}{(n_i/N)(n^j/N)}\right)}{-\sum_{i=1}^{I}(n_i/N)\log(n_i/N) - \sum_{j=1}^{J}(n^j/N)\log(n^j/N)}$$

Burada I grup sayısını, J kategori sayısını, n_i grup i'de yer alan şekil sayısını, n^j kategori j'de yer alan şekil sayısını, n_i^j grup i ve kategori j'de yer alan şekil sayısını temsil etmektedir. Gruplama sonucu kesin referansa benzedikçe NMI değeri artmaktadır ve kesin referans ile aynı olduğunda NMI değeri 1 olmaktadır.

Tablo I'de önerdiğimiz şekil temsili ve eccentricity yöntemi [4] kullanılarak elde edilmiş gruplama sonuçlarına ait NMI değerleri gösterilmektedir. Her iki veri kümesi için de önerdiğimiz şekil temsili daha iyi performans göstermektedir. Ayrıca ilk veri kümesi için kesin referansa yakın bir sonuç elde etmekteyiz.

TABLO I. ŞEKİL GRUPLAMA SONUÇLARININ NMI DEĞERLERİ CİNSİNDEN KARŞILAŞTIRILMASI.

	veri kümesi 1	**veri kümesi 2**
Önerdiğimiz şekil temsili	0.9678	0.8381
Eccentricity [4]	0.8227	0.7413

Literatürde yer alan ve yapısal şekil temsili kullanan gruplama yönteminin [6] bu iki veri kümesi üzerinde elde ettiği NMI değerleri sırasıyla 0.9734 ve 0.8096 olarak sunulmuştur. Bu sonuçlara göre önerdiğimiz şekil temsilini kullanarak ilk veri kümesinde benzer, ikinci veri kümesinde ise daha iyi bir performans elde etmekteyiz.

4. Sonuç

Bu çalışmada eklemli şekilleri temsil etmek üzere şekil bileşenlerini bulmayı gerektirmeyen yeni bir yöntem sunulmuştur. Önerilen yöntem bir şekil ölçeğini temel alarak şekil noktalarını çok boyutlu öznitelik vektörleri ile temsil etmeye ve her bir şekil noktasının diğer noktalara göre özgünlüğünü gürbüz temel bileşen analizi kullanarak belirlemeye dayanmaktadır. Betimleyici ve birbirini tamamlayan şekil ölçekleri tanımlanarak kullanılmış ve şeklin çoklu karakterizasyonu elde edilmiştir. Önerdiğimiz şekil temsili farklı ölçeklerde hesaplanan özgünlük değerlerinin normalleştirilmiş histogramlarından meydana gelmektedir. Şekil gruplama sonuçlarını elde etmek üzere t-SNE kullanılmıştır. Yöntemimiz şekil gruplama problemi üzerinde hem nitel hem de nicel olarak değerlendirilmiştir. Yöntemimiz iki farklı veri kümesi üzerinde yapılan gruplama deneylerinde eccentricity dönüşümüne dayanan yönteme [4] göre daha iyi performans göstermiştir.

5. Acknowledgements

Bu çalışma TUBITAK-112E208 projesi kapsamında yapılmıştır. Ek olarak, Aslı Gençtav TUBITAK 2211/C numaralı burs programı ile desteklenmiştir.

6. Referanslar

[1] Aslan, C.; Tari, S. 2005. An axis-based representation for recognition. International Conference on Computer Vision, ICCV.

[2] Baseski, E.; Erdem, A.; Tari, S. 2009. Dissimilarity between two skeletal trees in a context. Pattern Recognition, 42: 370-385.

[3] Frey, B.J.; Dueck, D. 2007. Clustering by Passing Messages Between Data Points. Science, 315: 972-976.

[4] Ion, A.; Artner, N.M.; Peyre, G.; Kropatsch, W.G.; Cohen, L.D. 2011. Matching 2D and 3D articulated shapes using the eccentricity transform. Computer Vision and Image Understanding, 115: 817-834.

[5] Lin, Z.; Chen, M.; Ma, Y. 2010. The augmented Lagrange multiplier method for exact recovery of corrupted low-rank matrices. arXiv preprint arXiv:1009.5055.

[6] Shen, W.; Wang, Y.; Bai, X.; Wang, H.; Latecki, L. 2013. Shape clustering: Common structure discovery. Pattern Recognition, 46: 539-550.

[7] van der Maaten, L.; Hinton, G. 2008. Visualizing High-Dimensional Data Using t-SNE. J. Mach. Learn. Res., 9: 2579-2605.

Özet

Bazı tarihi yapılarda bulunan payandalar bu yapıların önemli yapısal bileşenlerindendir. Bu çalışmada dünya mimarlık tarihinde önemli iki tarz olan Osmanlı ve Gotik Mimarilerindeki payandalar kısaca incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Osmanlı Mimarisi, Gotik Mimarisi, Payandalar

Abstract

Buttresses which exist in some historical structures are among the important structural components of these structures. In this study buttresses in Ottoman and Gothic architectures which are two important types in world architecture have been investigated concisely.

Keywords:

Ottoman architecture, Gothic architecture, buttresses

Osmanlı Selatin Camilerindeki Ve Gotik Katedrallerindeki Payanda Sistemlerine Genel Bir Bakış

A General Look to the Buttress Systems in Ottoman Selatin Mosques and Gothic Cathedrals

Rabia İZOL[1]
M. Arif GÜREL[1]
Recep Kadir PEKGÖKGÖZ[1]
Fatih AVCİL[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

İnsanoğlunun çeşitli medeniyet evrelerinde inşa ettiği, bugün insanlık mirası olarak korunup gelecek nesillere güvenle aktarılması gereken yapılara tarihi yapılar adı verilir. Dünya mimarlık tarihinde Mısır, Yunan, Romanesk, Pers, Gotik, İnka ve Osmanlı mimarileri önemli mimari tarzlar olarak ortaya çıkmıştır.

Osmanlı imparatorluğu dünya tarihinde önemli izler bırakmış bir imparatorluktur. İmparatorluktan günümüze çok önemli yapılar kalmıştır. Bunların başında hiç şüphesiz camiler yer almaktadır. İhtişamlarıyla dikkat çeken camiler birçok araştırmacının ve tarihi yapı meraklılarının ilgisini çekmiş ve çekmektedir. 16. yüzyılda Osmanlı cami mimarisi Mimar Sinan ile zirveye ulaşmıştır. Osmanlı mimarisindeki camilere bakıldığında en dikkat çeken camiler Selatin camileridir. Selatin camileri Padişahlar veya aile fertleri tarafından yaptırılan camilerdir. Bu camilerin en güzel örnekleri Bursa, Edirne ve İstanbul gibi imparatorluğa başkentlik yapmış şehirlerde bulunmaktadır. Bursa Ulu Camii, Edirne Selimiye Camii ve İstanbul'daki Süleymaniye Camii Selatin camilerine verilebilecek en güzel örneklerdir. Şekil 1a)'da Süleymaniye Camisinin genel bir görünüşü görülmektedir. Duvarlar, ayaklar ve sütunlar, payandalar, kemerler ve kubbeler bu yapılardaki ana taşıyıcı bileşenlerdir.

Gotik mimarisi 12. yüzyılın ortasında Fransa'da St. Denis Bazilikası'nın Başrahibi Suger'in bazilikanın yeniden yapılandırılmasını istemesiyle yeni bir mimari tarz olarak ortaya çıkmştır. Bu yeni tarz öylesine etkileyiciydi ki bütün Avrupa'ya yayılarak Batı mimarlığına 300 yıldan fazla hükmetmiştir. Suger, kalın duvarlar ve bunlara bitişik payandaların bulunduğu, pek yüksek olmayan, sade ve kasvetli bir havaya sebebiyet veren küçük pencerelerin hakim olduğu Romanesk mimarisinin aksine, devasa boyuttaki pencerelerin bulunduğu, oldukça yüksek, ferah bir ibadet mekanı yapma isteğiyle Gotik mimarinin ilk örneği olarak St. Denis Bazilikası'nı yeniden düzenletmiştir. Dikeylik ve aydınlığın vurgulanmış olduğu Gotik katedrallerinde narin kolonlar, uçan payandalar, sivri kemerler ve kaburgalı tonozlar bu mimari tarzı diğer tarzlardan ayıran en önemli öğelerdir. Şekil 1b)'de Gotik mimarisinin en güzel örneklerinden biri olan Mallorca Katedralinin genel bir görüntüsü verilmiştir.

Şekil 1. a) Süleymaniye Camisinin [1], b) Mollarca katedralinin genel görüntüleri [2]

2. Yöntem

Bu başlık altında Selatin camilerindeki ve Gotik Katedrallerindeki payandaların öz bir karşılaştırılması yapılmıştır. Payandalar hem Osmanlı Selatin Camilerinde hem de Gotik Katedrallerinde önemli yapısal elemanlar arasındadır. Payandalar; duvarların düzlemlerine dik dayanımlarını arttırmak amacıyla duvarlara bitişik veya uçan payandalarda olduğu gibi ayrık inşa edilen destek elemanlarıdır.

Selatin Camileri incelendiğinde payandaların duvarlarla birleşik halde inşa edilmiş oldukları görülmektedir. Bu bakımdan Osmanlı Camilerindeki payandalar Romanesk Mimarisindeki yapıların payandalarına benzemektedir. Şekil 2a)'da Süleymaniye Camisinin kıble duvarındaki payandalar görülmektedir. Camilerde uçan payandalar sadece kubbe kasnaklarını desteklemek amacıyla kullanılmıştır. Bu uçan payandalar boyut olarak Gotik katedrallerindeki uçan payandalara göre oldukça küçüktür.

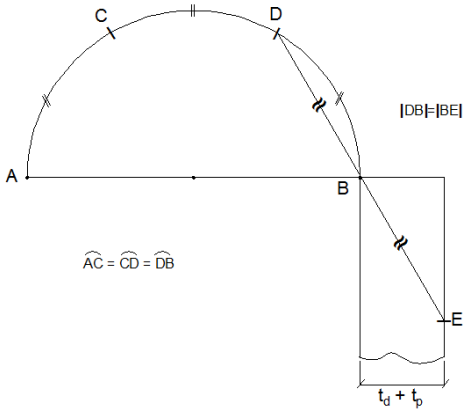
Gotik katedrallerine bakıldığında ise payandaların hemen her durumda uçan payandalar (flying buttresses) şeklinde oldukları görülmektedir. Şekil 2b) Notre Dame Katedralinin birkaç uçan payandası göstermektedir. Uçan payandaların katedral tonozlarından aldıkları yatay itki kuvveti diğer uçlarında kendileriyle bitişik inşa edilmiş olan ve çoğu zaman üstlerinde ağırlık kuleleri bulunan büyük duvar payandalarına (wall buttress, pier buttress) iletilir. Şekil 1b)'de Mallorca Katedralinin devasa duvar payandaları açıkça görülmektedir. Son derece yüksek katedrallerin inşa edilebilmiş olması uçan payandalar sayesinde olmuştur.

(a) (b)

Şekil 2. a) Süleymaniye Camisinin kıble duvarı payandaları (Yazarlar) , b) Notre Dame Katedralinin (Paris) uçan payandaları [3]

Santiago Huerta' nın bir makalesinde [4], Gotik katedrallerinde duvar, kolon, payanda, kule gibi elemanların boyutlandırılma esasları üzerinde durmuştur. Özellikle payandaların nasıl boyutlandırıldığını ayrıntılı olarak ele almıştır. Payandaların boyutlandırılması konusunda bahsettiği esaslardan biri şöyledir: Örneğin çapraz tonoz ile örtülmüş bir katedralde tonozu taşıyan duvar ve ona bitişik payanda sisteminde toplam kalınlığı belirlemek için öncelikle tonoz kesitini üç eşit yaya bölen noktalar belirlenir (Şekil 3). Daha sonra bu noktalardan biri (D) ile tonozun mesnet bölgesinin iç taraftaki noktasını (B) birleştiren doğru parçası aynı uzunlukta kendi doğrultusunda dışa doğru uzatıldığında duvar + payanda sisteminin dış kenarının sınırı (E) elde edilmiş olmaktadır. Böylece duvar + payanda sisteminin toplam kalınlığı ($t_d + t_p$) belirlenmiş olmaktadır.

Huerta'nın yukarıda bahsedilen makalesinden ve başka çeşitli çalışmalardan anlaşılmaktadır ki, katedrallerde çeşitli elemanlar için uygulanmış olan boyutlar birçok durumda söz edilen boyutlandırmada esas alındıkları belirtilen bağıntılarla uyuşum içindedir. Dolayısıyla bağıntıların inşa aşamasında uygulanmış oldukları anlaşılmaktadır.



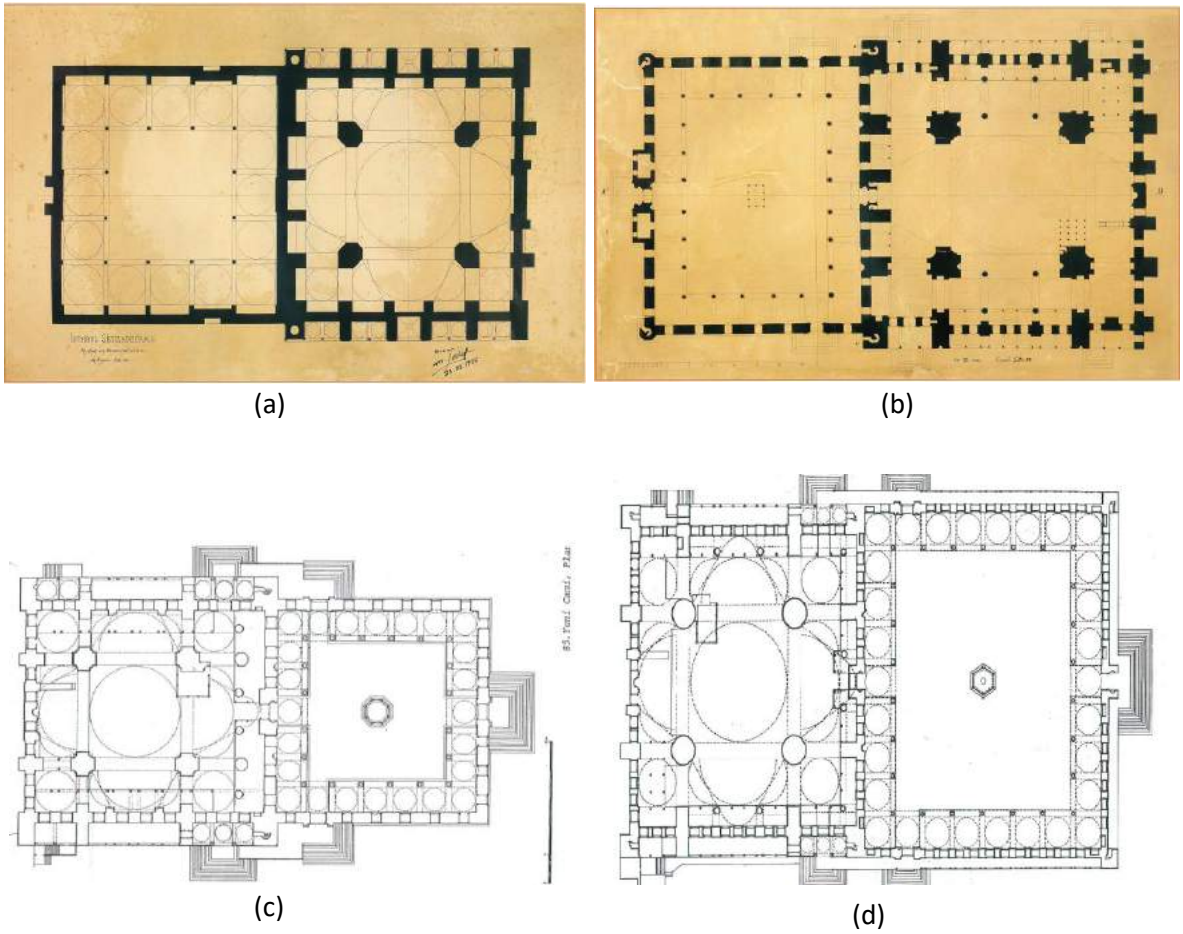
Şekil 3. Gotik mimarisinde duvar + payanda toplam kalınlığının belirlenmesinde kullanılmış olan esaslardan biri (**).

Gotik Katedrallerinde taşıyıcı elemanların nasıl boyutlandırıldığını konu edinen yukarıdaki gibi çalışmalar mevcut olmasına karşılık Osmanlı Selatin Camilerinde elemanların (ayaklar (payeler) ve payandalar gibi) boyutlandırılmasında belirli esaslara uyulup uyulmadığına dair bir kaynağa maalesef rastlanamamıştır. Bu konuda bir kaynağa rastlanamamış olmasına rağmen Osmanlı Camilerinde de ayak ve payanda gibi taşıyıcı elemanların belirli esaslara uyularak boyutlandırılmış oldukları düşünülmektedir. Aşağıdaki bölümde yalnızca plandaki geometrik ölçüler üzerinden gidilerek bazı Selatin Camilerinde aks boyutu ve payandaların aks doğrultusundaki boyutu arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bu sayede Camilerin geometrik ölçüleri ile payandaların boyutları arasında bir ilişki olup olmadığı anlaşılmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Osmanlı Mimarisinin dört şaheser camisi dikkate alınmıştır. Bunlar Şehzade Camii, Süleymaniye Camii, Eminönü Yeni Camii ve Sultan Ahmet Camiidir. Şehzade ve Süleymaniye Camileri Mimar Sinan'ın eserleridir. Yapımı oldukça uzun süren (65 yıldan fazla) Eminönü Yeni Camiinin inşasında zaman içinde üç mimar görev almış ve bunlardan üçüncüsü olan Mimar başı Mustafa Ağa tarafından tamamlanmıştır. Sultan Ahmet Camisi ise Mimar Sedefkâr Mehmet Ağa'nın eseridir.

Burada yapılan incelemede bahsedilen dört caminin hem kıble hem de kıbleye dik doğrultudaki birer aksı dikkate alınıp, aks boyutu ve aks üzerindeki payandaların aks doğrultusundaki boyutu Şekil 4'de gösterilen planlardan ölçülmüş ve aralarındaki ilişkiye bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo1'de sunulmuştur. Belirtmek gerekir ki bu sonuçlar yaklaşık değerlerdir. Çünkü sonuçlar Şekil 4'de verilen planlardan yapılabilen ölçümlere dayanmaktadır. Daha hassas sonuçlar yerinde alınacak ölçülerden elde edilebilir.



Şekil 4. Dört Selatin Camisine ait planlar: a) Şehzade Camii [5], b) Süleymaniye Camii [5] c) Yeni Cami [6], d) Sultan Ahmet Camii [6]

TABLO 1. DÖRT SELATIN CAMISINDE KIBLE VE KIBLEYE DIK DOĞRULTUDAKI TOPLAM PAYANDA BOYUTU / BU DOĞRULTUDAKI AKS BOYUTU ORANLARI

	Kıble doğrultusundaki toplam payanda boyutu / bu doğrultudaki aks boyutu	**Kıbleye dik doğrultudaki toplam payanda boyutu / bu doğrultudaki aks boyutu**
Şehzade Camii	**0.177**	**0.256**
Süleymaniye Camii	**0.214**	**0.312**
Yeni Cami	**0.098**	**0.237**
Sultan Ahmet Camii	**0.189**	**0.264**

Tablo 1' deki değerler incelendiğinde ele alınan camilerin dördünde de kıbleye dik doğrultuda toplam payanda boyutu / aks uzunluğu oranının kıble doğrultusundakinden daha büyük olduğu görülmüştür. Bununla birlikte camilerde kıble doğrultusunda yerleştirilmiş diğer payandalar da dikkate alındığında, her iki doğrultudaki toplam payanda boyutu / aks uzunluğu oranlarının birbirlerine daha yakın oldukları tespit edilmiştir. Camiler içinde Yeni Cami'deki oranların en düşük, Süleymaniye'de ise en büyük oldukları görülmüştür.

4. Sonuç

Bu çalışmada Osmanlı Selatin Camilerindeki ve Gotik Katedrallerindeki payandalar genel olarak incelenmiştir. Gotik Katedrallerinde kolon, payanda, tonoz gibi elemanların boyutlandırılması ile ilgili çeşitli bağıntıların verildiği çalışmalara literatürde rastlanmaktadır. Katedrallerdeki boyutların birçok durumda söz edilen bağıntılarla uyuşum içinde oldukları, dolayısıyla bağıntıların inşa aşamasında uygulanmış oldukları gözlemlenmiştir. Buna karşılık Osmanlı Selatin Camilerinde ayak, kemer, payanda gibi elemanların nasıl boyutlandırıldığına dair herhangi bir kaynağa ne yazık ki rastlanamamıştır. Çalışmamızda sadece plandaki geometrik ölçüler esas alınarak camilerimizdeki payandaların boyutları ve bu payandaların bulundukları aksların uzunlukları arasında nasıl bir oran olduğu saptanmıştır. Görülmüştür ki ele alınan camilerin dördünde de kıbleye dik doğrultuda toplam payanda boyutu / aks uzunluğu oranı kıble doğrultusundakinden daha büyüktür. Bununla birlikte camilerde kıble doğrultusunda yerleştirilmiş diğer payandalar da dikkate alınırsa, her iki doğrultudaki toplam payanda boyutu / aks uzunluğu oranlarının birbirlerine daha yakın oldukları tespit edilmiştir. Camiler içinde Yeni Cami'deki oranların en düşük, Süleymaniye Camii'nde ise en büyük oldukları görülmüştür.

5. Referanslar

[1] https://wallscover.com/suleymaniye-mosque.html

[2] Mark R., 2018 Structural Experimentation in Gothic Architecture. American Scientist, Vol. 66, No. 5 (September-October 1978), pp. 542-550.

[3] https://www.askideas.com/25-beautiful-notre-dame-de-paris-flying-buttresses-pictures-and-images/

[4] Huerta S., 2012. Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design.pp. 163-195. ISBN: 978-3-7774-3901-3.

[5] Ödekan A., 2004. Yazıları ve Röleveleriyle Sedat Çetintaş. İTÜ Yayınevi, İstanbul, 79.

[6] Ahunbay Nayır Z., 1975. Osmanlı Mimarlığında Sultan Ahmet Külliyesi ve Sonrası. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul, 423.

Taban Suyu Derinlikleri İçin Grid Tabanlı Yeni Bir Optimizasyon Modeli Geliştirilmesi: Aşağı Seyhan Havzası Örneği

Developing a New Grid-Based Optimization Model for Groundwater Depths: An Application to the Lower Seyhan Basin

Ali Demir KESKİNER[1]
Mahmut ÇETİN[2]
Mehmet ŞİMŞEK[3]
Takanori NAGANO[4]
Sabri AKIN[5]

[1]Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye
[3]Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[4]Kobe Univercity, Graduate School of Agricultural Science, Kobe, Japan
[5]Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, tarımsal bir alan gridler yardımıyla matrislere dönüştürülerek Taban Suyu Derinliği (TSD) için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Amaç fonksiyonu, Ceza Puanı olarak adlandırılan TSD ölçümlerinin bilgi kaybını veren ortalama (M)+standart sapma (STD) istatistiğinin minimize edilmesidir. Araştırma, Aşağı Seyhan Ovasında 9 495 ha alanda yürütülmüştür. Araştırmada, 107 adet drenaj gözlem kuyusunda 3 yıl boyunca 12 kez ölçülen TSD verileri kullanılmıştır. Mevcut 107 kuyu seti ile (KD_107) havzada 12 dönem gözlemlenen TSD değerleri ve farklı Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının (KKD) aynı dönem TSD değerleri Ters Uzaklık Yöntemi (TUY) ile haritalanmıştır. Oluşturulan haritalar (havza matrisleri) arasında KD_107 havza matrislerinin 12 dönemini temsil eden M ve STD değerleri referans alınarak KKD'lerin bilgi kayıplarını veren CP=M+STD belirlenmiştir. Minimum bilgi kaybını veren 23 farklı KKD (kuyu seti) optimize edilmiştir. Mevcut 107 kuyu ile gözlem yapılan havzada; %3.0 tahmin hatası ($PE_{\%}$) test ölçütüne sahip 67 kuyu ile taban suyu gözlemlerine devam edilmesi önerilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Ceza puanı; Gözlem ağı; Grid tabanlı optimizasyon modeli.

Abstract

In this study, a new grid-based optimization model was developed by transforming the research area into matrices with the help of gridding. The objective function of the optimization procedure was to minimize the penalty point or penalty function (PF), i.e., PF=mean (M)+ standard deviation (STD), which was determined as the loss of information in GW depth measurements. To this end, the study was carried out in an area of 9 495 ha, located in the Lower Seyhan Plain. GW depth measurements in 107 drainage observation wells (NW_107) were done in three sequential hydrological years with the frequency of four times a year, and data were utilized in the study. GW depth data from drainage observation network (NW_107) and depths of different network combinations (NCW) of 107 drainage wells were mapped, in turn, by using Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation technique. The maps were dubbed as "basin matrices". The values of PF (PP=M+STD) for each combination were calculated by referencing M and STD of 12 data sets. In this regard, a total of 23 NCWs were resulted in minimum PF values, and optimized accordingly. Overall results helped us to recommend that NCW_67 network with the prediction error ($PE_{\%}$) of 3.0% might be adopted in GW monitoring process, rather than existing network consisting of 107 wells.

Keywords:

Penalty point; Observation network, A grid-based optimization model.

1. Giriş

Veri Yönetim Sistemi (VYS) uygulamalarının esasını, "Kayıt altına almazsanız, yönetemezsiniz" kavramı oluşturmaktadır. VYS, iyi planlanmış bilimsel araştırmaların sistematik veri toplama, işleme, yorumlama ve tasarım sürecini daha etkin kılmaktadır. Bu anlamda değerlendirildiğinde, VYS hidrolojik bilgi sisteminin bir parçası olup, veri politikası, ölçüm amaçlarının tanımlanması, gözlem ağı tasarımı, veri toplanması, verilerin işlenmesi, depolanması ve kullanıcıya sunulması olarak tanımlanır [1-2-3-4-5]. Gözlem ağı tasarımı, Veri Yönetim Sisteminin bir parçasıdır. Gözlem ağı ve bu ağın tasarımı, hidrolojik çalışmaların esasını teşkil eden en önemli unsurlardan biridir [6]. Gözlem ağında gözlem yapılabilecek çok sayıda nokta olması, her zaman arzu edilen bir durumdur. Ancak, yeryüzündeki her noktaya bir gözlem istasyonu kurma olanağı bulunmadığı gibi, her noktada gözlem yapmak da mümkün değildir [7]. Hidrolojik veri toplama ağı tasarımının ilk adımının minimum sayıda gözlem ağı kurulumu olmasına karşın, su kaynakları yönetimi planlamalarında minimum sayıdaki gözlem ağından elde edilen bilgiler planlama gereksinimini genellikle karşılayamamaktadır. Bu nedenle, ağ yoğunluğunun ihtiyaç dikkate alınarak optimize edilmesi daha rasyonel olmaktadır [8]. Matematiksel olarak optimizasyon; amaç fonksiyonunun maksimum veya minimum yapılmasıdır. Örneğin, kuyu dağılımlarının optimizasyonundaki amaç; makul bir maliyet, güvenirlik ve hassaslık açısından kendisinden beklenenleri karşılayan optimal ağ dağılımı ve optimal ölçü planına sahip ağların tasarlanması olabilir [9]. Ancak, ülkemizdeki uygulamalara bakıldığında, gözlem ağlarının azaltılarak veri sağlamaya yönelik yapılan rasyonel ağ tasarımında tamamen doğaçlama bir yol izlendiği de dikkati çekmektedir. Bu nedenledir ki, Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu toplantılarında [10], hidrolojik çalışmalarda gözlem ağı optimizasyonunun öncelikli çalışma konularından biri olması gerektiği vurgulanmaktadır. Zira, gözlem ağlarında optimizasyon yapılmadan uzun yıllar boyunca çok

sayıda noktada gözlemlerin sürdürülmesi, izleme ve değerlendirme programlarının devam ettirilmesi işletme maliyetlerini artırmaktadır. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığının gözlem ağları izleme maliyeti, yılda 100 milyon dolara yaklaşmaktadır [11-12].

Sulu tarım yapılan kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, *Taban Suyu Derinliği* (*TSD)* gözlem ağının izleme ve değerlendirme çalışmalarının etkinliğine bağlıdır [13-14]. Dolayısıyla, taban suyu gözlem kuyularının bir alan üzerindeki optimal sayılarının ne olması gerektiği uygulayıcılar tarafından sürekli olarak irdelenmekte; özelliklede maliyet etkinliği ve veri kalitesi hususunda sıkça sorulara maruz kalınmaktadır. Pratikte *TSD* gözlem ağlarının izleme ve değerlendirilmesi, her biri ortalama 100 ha alana hizmet eden taban suyu gözlem kuyuları aracılığı ile yapılmaktadır [15-16]. Bu bağlamda ülkemizde, DSİ tarafından uygulamaya konulan ölçütlerden öteye gidilemediği ve ayrıntılı çalışmaların yapılmadığı görülmektedir. Özellikle sulamaya açılmış olan işletme alanlarında bazen çok sayıda bazen de kısıtlı sayıda taban suyu gözlem kuyusu kullanılarak taban suyunun nicelik ve niteliğine yönelik gözlemler yapılmaya devam edilmekte; elde edilen gözlemler kullanılarak üzerinde çalışılan taban suyu özellikleri haritalanmaktadır. Bu haritalar irdelenerek, bazı sonuçlara varılmaya çalışılmaktadır. Ancak, izlemeye alınan gözlem noktalarının yeterliliği bir yana, optimal sayısı hakkında sürekli bir arayış içinde olunduğu [17] dikkati çekmektedir. Bu ise, gözlem ağı kuyu dağılımlarının optimize edilmesinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Mevcut literatür incelendiğinde, işletmeye açılmış tarımsal havzalardaki taban suyu gözlem ağının optimize edildiği çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Nitekim topoğrafyanın homojen sayılabileceği oldukça düz olan alanlarda, *TSD* ölçüm ağı tasarımına yönelik geçerli bir yöntemin de geliştirilmediği görülmüştür. Gözlem ağlarının oluşturulmasında genel olarak doğaçlama bir yol izlenmektedir. Ayrıca, konuyla ilgili yeterli kaynağa/bilgiye erişilmesinde de sıkıntılarla karşılaşılmaktadır. Bu noktadan hareketle, farklı yaklaşımlar kullanılarak gözlem ağındaki optimum kuyu dağılımlarının tasarımına ihtiyaç duyulduğu açıktır.

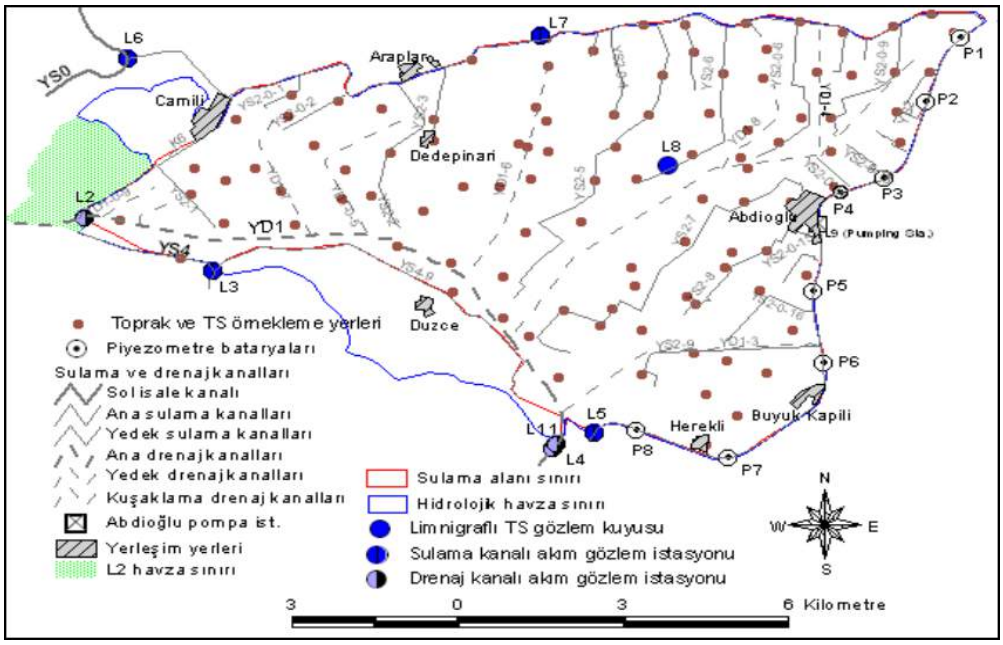
Bu araştırma ile:

1. Topoğrafyanın düz olduğu alanlarda taban suyu derinlikleri için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modeli algoritmasının geliştirilmesi,
2. Geliştirlen model kullanılarak, taban suyu derinliklerinin gözlenmesinde bilgi kaybını en aza indirecek olan optimum taban suyu gözlem kuyu sayısının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Araştırma alanı üzerinde rastgele dağılım gösteren drenaj gözlem kuyularında ölçülen *Taban Suyu Derinlik* (TSD) gözlemleri, temel materyal olarak alınmıştır. Şekil 1'de gösterilen Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında bulunan 107 adet TS gözlem kuyusundan 2011, 2012 ve 2013 hidrolojik yıllarında toplam 12 dönemde gözlenen TSD veri setleri ile çalışılmıştır [18].



Şekil 1. Çalışma alanında drenaj gözlem kuyularının dağılımı

3. Yöntem

Bu çalışmada, grid tabanlı bir optimizasyon modeli geliştirilerek çalışma alanındaki taban suyu gözlem kuyu sayılarının (Şekil 1) önemli bir bilgi kaybına neden olmadan azaltılma olanakları araştırılmıştır. Geliştirilen bu optimizasyon yöntemi; bir alanın gridler yardımıyla matrislere dönüştürülerek amaç fonksiyonunun gözlenen veriler esas alınarak simülasyon ile çözümlenmesi olarak tanımlanabilir. Amaç fonksiyonunun çözümlenmesinde, *C Sharp* programlama ve *SQL* veri tabanı sorgulama dilleri kullanılarak kodlar hazırlanmıştır.

3.1 Kuyu Kombinasyonlarının Oluşturulması

N, R birer doğal sayı ve *R≤N* olmak üzere, *N* elemanlı bir kümenin *R* elemanlı alt kümelerinin her birine o kümenin *R'*li kombinasyonu denir. *N* elemanlı bir kümenin *R* elemanlı alt kümelerinin sayısı Eşitlik 1 ile deyimlenir [19].

$$C(N,R)=\binom{N}{R}=\frac{N!}{(N-R)!\,R!} \qquad 1$$

3.2 Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği (TUY)

Bu yöntem; *"Birbirine yakın olan nesneler, birbirinden uzak olan nesnelere göre birbiriyle daha fazla ilişkilidir"* varsayımını [20] esas alır. Tahmin edilecek noktaya yakın olan noktalara daha fazla ağırlık atanmak sureti ile yakın noktaların kestirimdeki etkisi ya da ağırlığı arttırıldığından yöntemin adı *Ters Uzaklık Yöntemi* [21]. Eşitlik 2 'de verilen denklem takımıyla kestirilebilir.

$$\left.\begin{aligned} d_{i0} &= \sqrt{(x_0-x_i)^2+(y_0-y_i)^2} \\ w_i &= \frac{d_{i0}^{\,-p}}{\sum_{i=1}^{n} d_{i0}^{\,-p}},\ \sum_{i=1}^{n} w_i = 1,\quad a=\sum_{i=1}^{n} w_i g_i \end{aligned}\right\} \qquad 2$$

Burada *n,* tahminde kullanılan gözlem sayısını (n=12); d_{i0}, gözlenen nokta ile tahmin edilen nokta (x_0 , y_0) arasındaki Öklid uzaklığını (m); (x_0, y_0), tahmin edilen noktanın koordinatını (UTM, m); (x_i, y_i), gözlenen noktanın koordinatını (m); w_i, gözlenen noktanın ağırlık değerini; *p,* mesafenin artmasıyla gözlem noktası ağırlığını azaltan bir tam sayıdır. TS çalışmalarında genellikle p=2 alınmaktadır [20]; *a,* kestirilen *TSD* değerini; g_i, gözlenen TS derinliğini göstermektedir.

3.3 Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi *(GTOY)* İle Taban Suyu Derinliği Kombinasyon Kuyu Dağılımlarının *(KKD)* Optimizasyonu

Grid Tabanlı Optimizasyon Yöntemi (GTOY) amaç fonksiyonu çözüm algoritması aşağıda özetlenmiştir. GTOY ile ilgili matematiksel eşitlikler [22]'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Algoritma şu sıra ile uygulanır:

1. *KD_107* olarak adlandırılan havzadaki mevcut 107 kuyudan oluşan *Kuyu Dağılım (KD)* kümesinin koordinat değerleri elde edilir; 1000x1000 m çözünürlükte havza matrisi üretilir. Havza matrisi gridlerinin merkezi esas alınarak, gridlere koordinat değerleri atanır.
2. Havza matrisinin her gridinin temsil edeceği *TSD* değerleri; her gride en yakın *KD_107* 'ye ait 12 kuyunun *TSD* değerleri kullanılarak *Ters Uzaklık Yöntemi (TUY)* ile kestirilir.
3. TS derinlik gözlemi yapılan 12 dönem için bu kestirimler ayrı ayrı yapılır ve 12 döneme ilişkin 12 adet *KD_107* havza matrisi elde

edilir.

4. Bu havza matrisi gridlerinin temsil ettiği *TSD* değerleri ile 12 dönemin *ortalama (M)* ve *standart sapma (STD)* elde edilerek; havza matrisleri *(grid esaslı haritaları)* hesaplanır.
5. Mevcut 107 kuyunun; 1, 2, 5, 10, ..., 100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulur.
6. Bu alt kümelerde yer alan kuyular, mevcut 107 kuyu listesinden gözlemleri ile birlikte seçilir ve hesaplamalara dahil edilmez. Geriye kalan, hesaplamalarda kullanılacak gözlem ağı dağılımına ise *Kombinasyon Kuyu Dağılımı (KKD)* adı verilir. Oluşturulan her *KKD* için tıpkı *KD_107*'de olduğu gibi 12 döneme ait havza matrisleri elde edilir.
7. Elde edilen *KKD* havza matrislerinin, 12 döneme ait *ortalama (KKD_M)* ve *standart sapma (KKD_STD)* havza matrisleri hesaplanır.
8. *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisleri ile *KKD_M* ve *KKD_STD* havza matrislerinin grid bazında farkları ve bu farka ilişkin mutlak değerleri hesaplanır. Bu hesap sonucunda, *KKD*'lerin *Ortalama Hata (Fark_M$_{k'}$)* ve *Standart Sapma Hata (Fark_STD$_{k'}$)* havza matrisleri elde edilir.
9. Bu matrislerin havza sınırı içerisindeki gridlerine atanan hata değerleri her bir grid için toplanır; *Fark_M$_{k'}$* ve *Fark_STD$_{k'}$* havza matrisleri tek bir skalara indirgenerek *M$_{k'}$* ve *STD$_{k'}$* değeri elde edilir.
10. *KKD*'yi temsil eden bu iki havza matrisinin *M$_{k'}$* ve *STD$_{k'}$* değerleri birbiriyle toplanarak *KKD'*ye ait *M$_{k'}$+STD$_{k'}$* istatistiği elde edilir. Bu istatistik, toplam hata veya ceza puanı (*CP$_{k'}$=M$_{k'}$+STD$_{k'}$*) olarak adlandırılır. Toplam hata puanı, her bir simülasyon için hesaplanır.
11. Her farklı *KKD*'nin simülasyonu sonucunda en küçük Toplam Hata-Ceza Puanı *(CP$_{k'}$)'ne* sahip *KKD*'ler; 12 döneme ait gözlemlenen veriler ile hesaplanan *Kontrol_M* ve *Kontrol_STD* havza matrisine benzeyen (optimize edilen) *KKD*'ler olarak belirlenir. Bu aşamaya kadar açıklanan algoritma, *C Sharp* programlama ve *SQL* veri tabanı sorgulama dilleri kullanılarak kodlanır. Proglamlanan bu algoritma kodları çalıştırılarak 23 adet *KKD* optimize edilir.
12. *Adım 11*'in sonunda elde edilen, optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi için oniki dönem ortalamalarını (mevsimsel etkinin ortalamasını) temsil eden *Kontrol_M* ve optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrislerinin hipsometrik analizleri yapılır. Hipsometrik analiz ve eğriler yorumlanarak, veri kaybına neden olmayan optimal gözlem kuyu sayısı belirlenir.

3.4 TSD Hipsometrik Eğrilerinin Grafiksel Analizi

Hipsometrik eğriler yükseklik/alan dağılımını tanımlamaktadır [23]. Bu eğriler, taban suyu tuzluluğu ve derinliğine de uyarlanabilmektedir [13]. Her farklı kombinasyon alt kümesi için optimize edilen *KKD'*lerin taban suyu derinliği *KKD_M* hipsometrik eğrileri çizilir. Bu eğriler, 107 kuyudan oluşan ve kontrol olarak kabul edilen 12 dönem için 1000x1000 m çözünürlükte hesaplanan taban suyu derinliği *Kontrol_M* hipsometrik eğrisi ile grafiksel olarak karşılaştırılır.

3.5 Bilgi Kaybının Belirlenmesi

Kontrol_M havza matrisinin her bir gridini temsil eden *TSD* değerleri esas alınarak, optimize edilen *KKD*'lerin *KKD_M* havza matrisleri *TSD* değerleri tahmin hatalarının belirlenmesinde *PE$_{\%}$ (Oransal Yüzde Tahmin Hatası)* Eşitlik 3 kullanılmıştır [24].

$$PE_{\%} = b^{-1}\sum_{i=1}^{b}\left|\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{\hat{Y}_i}\right|100 \qquad 3$$

Burada $\hat{Y}_i$, Kontrol_M_107 havza matrisinin havza sınırı içerisindeki her bir gridi için tahmin edilen TSD değeri; Y_i, KKD_M havza matrisinin havza sınırı içerisindeki her bir gridi için tahmin edilen TSD değeri; b, havza sınırı içerisindeki toplam veri sayısıdır.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1 Gözlem Noktaları Kombinasyon Sonuçları

Analizler, her bir kombinasyon için seçilen bin adet kuyu kombinasyon setinde yapılmıştır. Analizlerin ilerleyen aşamasında, C(107,2), C(107,5), C(107,10), C(107,15), C(107,20), C(107,25) ve C(107,30)'lu kombinasyonlarının eleman sayıları <1000 bulunmuştur. Bu nedenle, bu kombinasyonlar için 1000 adet alt kümeye ihtiyaç duyulmamıştır. Optimize edilen C(107,1)'li *KKD*'nin (*Simülasyonun Ceza*

Puanı ($CP_{k'}$) istatistikleri hesaplanmış ve bu istatistikler küçükten büyüğe doğru artan sırada dizilmiştir. İlk değer en küçük hatayı veren kuyuyu, son değer ise en büyük hatayı veren kuyuyu göstermiştir (Tablo 1). Bu sıralamaya göre kuyular arasında 1'li (48), 2'li (48-1), 5'li (48-1-76-14-27),...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulmuştur.

TABLO 1 *C(107,1)* alt kümelerinin Ceza Puanına *($CP_{k'}$)* göre sıralanması

S	Kuyu ID	$CP_{k'}$(m) (m)	S	Kuyu ID	$CP_k(m)_{,}$ (m)	S	Kuyu ID	$CP_k(m)_{,}$ (m)
1	***48***	***0.0927***	37	93	0.3378	73	10	0.4999
2	1	0.1121	38	97	0.3385	74	100	0.5375
3	76	0.1221	39	35	0.3393	75	65	0.5426
4	14	0.1346	40	87	0.3405	76	39	0.5497
5	27	0.1460	41	15	0.3415	77	4	0.5540
6	107	0.1626	42	94	0.3476	78	61	0.5607
7	41	0.1643	43	54	0.3494	79	49	0.5710
8	6	0.1772	44	42	0.3566	80	12	0.5719
9	45	0.1791	45	98	0.3570	81	67	0.5766
10	32	0.1804	46	99	0.3575	82	81	0.5932
11	26	0.1811	47	82	0.3617	83	3	0.6140
12	11	0.1829	48	55	0.3638	84	59	0.6211
13	92	0.1843	49	36	0.3673	85	91	0.6422
14	29	0.1894	50	34	0.3722	86	104	0.6431
15	86	0.1980	51	56	0.3756	87	33	0.6451
16	66	0.2043	52	46	0.3846	88	77	0.6536
17	37	0.2075	53	102	0.3882	89	21	0.6582
18	83	0.2161	54	7	0.4179	90	31	0.6888
19	16	0.2255	55	57	0.4235	91	38	0.7356
20	43	0.2322	56	106	0.4307	92	84	0.7643
21	62	0.2330	57	105	0.4308	93	44	0.7671
22	23	0.2421	58	24	0.4314	94	96	0.7676
23	53	0.2661	59	28	0.4384	95	70	0.7773
24	72	0.2735	60	17	0.4417	96	19	0.8342
25	22	0.2792	61	88	0.4428	97	90	0.8499
26	71	0.2865	62	52	0.4442	98	47	0.9089
27	89	0.2884	63	101	0.4499	99	5	0.9469
28	74	0.3032	64	25	0.4580	100	40	0.9581
29	79	0.3109	65	95	0.4597	101	78	1.0532
30	73	0.3111	66	58	0.4598	102	103	1.0816
31	63	0.3162	67	20	0.4609	103	75	1.1651
32	51	0.3192	68	69	0.4619	104	2	1.1998
33	8	0.3232	69	13	0.4680	105	60	1.3315
34	18	0.3234	70	80	0.4748	106	64	1.6919
35	68	0.3256	71	9	0.4797	***107***	***30***	***1.8621***
36	85	0.3276	72	50	0.4856			

4.2 Ters Uzaklık Enterpolasyon Tekniği Sonuçları

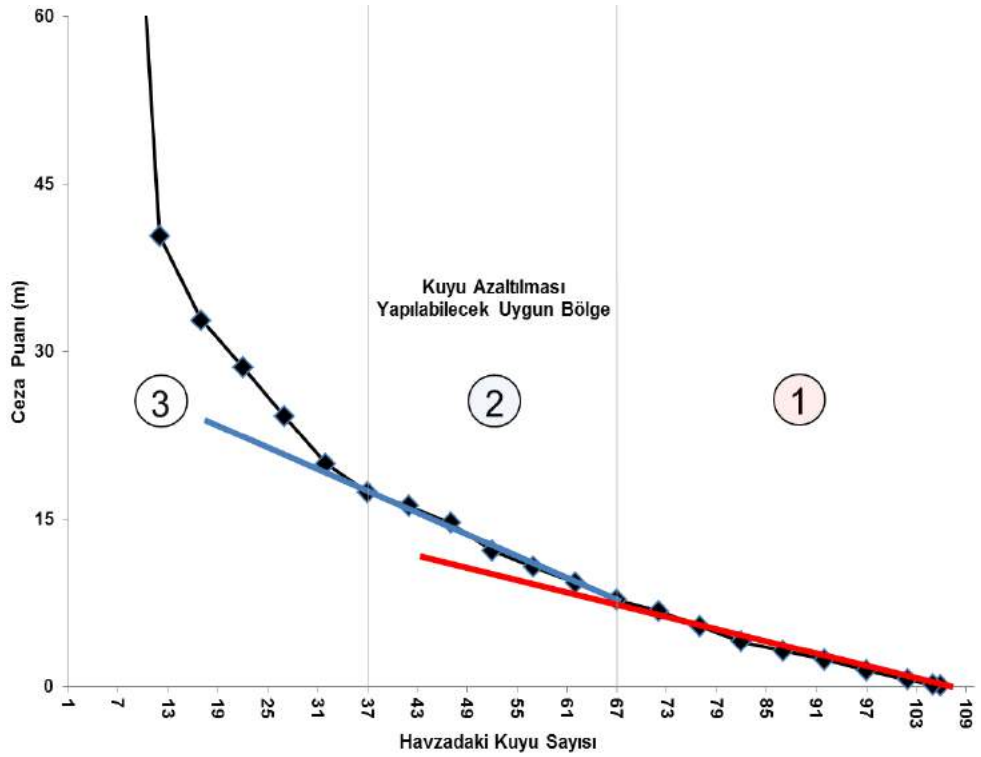
Her grid merkezine en yakın 12 kuyu kullanılarak grid merkez koordinatlarının bulunduğu piksel için taban suyu derinliği *(TSD)* ters uzaklık yöntemi *(TUY)* ile hesaplanmıştır. Tahminde kullanılan kuyuların azalmasına paralel olarak kuyuların aralarındaki uzaklığın artması; bilgi kaybı olarak tanımlanan *($CP_{k'}$-Toplam Hata=$M_{k'}$+$STD_{k'}$) Ceza Puanının* büyümesine neden olmuştur (Tablo 2). *TUY* ile yapılan *TSD* hesaplamalarında optimal kuyu mesafesinin ne olacağı konusunda bir bilgi elde etme olanağı yoktur. Ancak, ceza puanlarındaki artış üzerine kuyu aralıklarının da etkili olduğu söylenebilir. Bu sonuç, ters uzaklık yönteminin temel prensibi ile de paralellik arz etmektedir.

TABLO 2. Havzadaki kuyu sayısına bağlı Ceza Puanı *($CP_{k'}$)* değişimi

S	Kuyu Sayısı	$CP_{k'}$ (m)	S	Kuyu Sayısı	$CP_{k'}$ (m)
1	106	0.0927	13	52	12.1694
2	105	0.2048	14	47	14.6653
3	102	0.6216	15	42	16.1856
4	97	1.4665	16	37	17.4203
5	92	2.4177	17	32	19.9482
6	87	3.1940	18	27	24.2593
7	82	4.0269	19	22	28.6211
8	77	5.4234	20	17	32.8155
9	72	6.7929	21	12	40.3821
10	67	7.7900	22	7	100.5160
11	62	9.3291	23	1	181.7696
12	57	10.6966			

4.3 *GTOY* Sonuçları

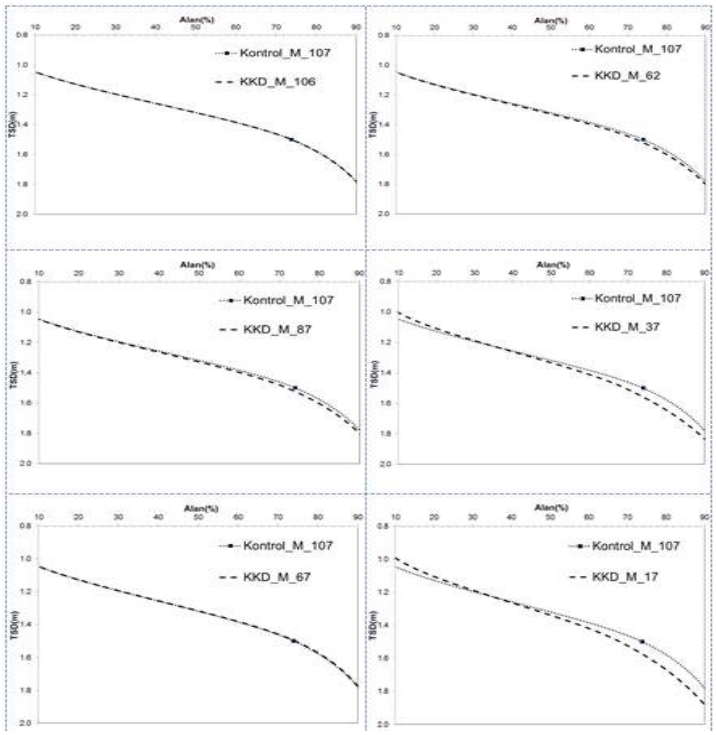
Optimize edilen C(107,1)'li *KKD*'nin simülasyon ceza puanı veya $M_{k'}+STD_{k'}$ istatistikleri küçükten büyüğe doğru artan sırada dizilerek (Tablo 1) kuyular arasında 1'li (48), 2'li (48,1), 5'li (48,1,76,14,27), 10'lu,...,100 ve 106'lı kombinasyon alt kümeleri oluşturulmuş ve optimize edilecek *KKD*'ler belirlenmiştir. *C(107,1)* kombinasyon alt kümelerinin mevcut 107 kuyudan çıkarılması sonucu elde edilen her farklı *KKD_106* için hesaplanan $CP_{k'}$'ler minimum hatayı veren kuyudan en büyük hata veren kuyuya doğru sıralanmıştır. En küçük $CP_{k'}$*'(0.0927 m)'* nü veren *KKD_106* kümesi 48 ID numaralı, *TS* gözlem kuyusunun gözlem ağından çıkarıldığı *KKD_106* olduğu bulunmuştur. Tablo 1'de verilen C(107,1) kombinasyon alt kümeleri kendi içerisinde $CP_{k'}$'lere göre büyüklük sırasına uygun alt kümeler oluşturulmaya devam edilmiştir. Elde edilen 35'li, 40'lı, 45'li,...100 ve 106'lı alt kümeler bir kez simüle edilerek 23 farklı KKD optimize edilmiştir. Tablo 2'de verilen her farklı *KKD*'ye karşılık gelen bilgi kaybını veren *Ceza Puanı* ($CP_{k'}$) değeri ile havzadaki kuyu sayısı Şekil 2'de karşılıklı olarak grafiklenmiştir. Havzadaki gözlem kuyu sayısının azalmasına bağlı olarak ceza puanının doğrusal olarak artış gösterdiği (Şekil 2 bir nolu bölge); bu artışın kuyu sayısının 37-67 arasında olduğu kesimlerde (iki nolu bölge) kuyu sayısındaki azalmaya paralel olarak hız kazandığı; havzada kalan kuyu sayısının 37 kuyudan daha az olduğu koşullarda ise eğrisel bir tavır izlediği belirlenmiştir.



Şekil 2. Havza matrisindeki kuyu sayısına bağlı bilgi kaybı

4.4 Taban Suyu Derinliği Hipsometrik Eğrilerinin Grafiksel Analiz Sonuçları

Optimal *KKD'* lerin *KKD_M* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrilerinin *Kontrol_M* havza matrisi hipsometrik eğrisinden kuyu sayısındaki azalmaya paralel homojen şekilde uzaklaşmaya başlaması *KKD_M_62* havza matrisi hipsometrik eğrisinden sonra olmuştur (Şekil 3). Bu kuyu setinin *(KKD_62*), Şekil 2'de iki nolu bölgeye düştüğü dikkat çekicidir.



Şekil 3. *KKD_M* havza matrisleri *TSD* hipsometrik eğrilerinin *Kontrol_M_107* havza matrisine göre değişimi

4.5 Kuyu Sayısındaki Azalmaya Bağlı Oransal Bilgi Kaybı

Değinildiği üzere yöntemin esası; havzadaki mevcut 107 kuyu *TSD* değerlerinin 12 dönem ortalaması olan ve mevsimsel etkinin ortalamasını ifade eden *Kontrol_M_107*'den, diğer *KKD_M*'lerin farkının en aza indirilmesidir. Hesaplamada; 12 döneme ait *KD_107* havza matrisi verileri ile hesaplanan *Kontrol_M_107* havza matrisi pikselleri *TSD* değerleri referans alınmıştır. Optimize edilen her farklı *KKD_M* havza matrisi piksel *TSD* değerleri ile *Kontrol_M_107* değerleri kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda; optimize edilen 23 farklı *KKD*'nin, *PE%* test ölçütleri değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

TABLO 3. *KKD_M* havza matrisleri *PE%* test ölçütleri bilgi kayıpları

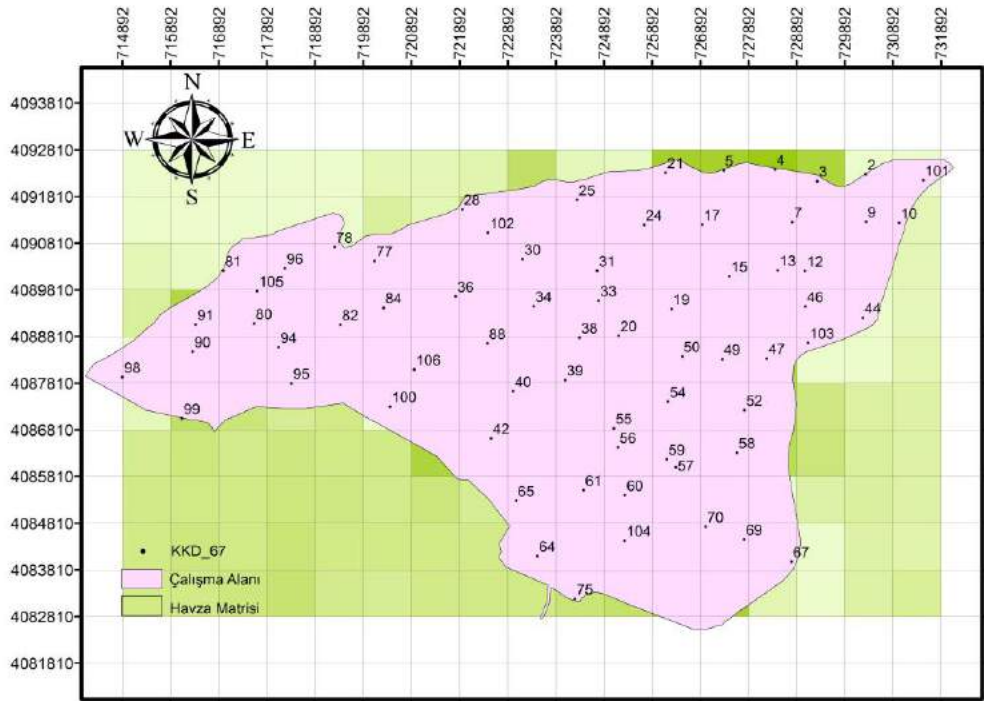
S	Havzadaki Kuyu Sayısı	PE%	S	Havzadaki Kuyu Sayısı	PE%
1	106	0.0	13	52	5.0
2	105	0.1	14	47	6.2
3	102	0.2	15	42	6.8
4	97	0.5	16	*37*	*7.3*
5	92	1.0	17	32	8.7
6	87	1.2	18	27	10.9
7	82	1.5	19	22	13.8
8	77	2.0	20	17	15.2
9	72	2.7	21	12	18.8
10	***67***	***3.0***	22	7	56.7
11	62	3.7	23	1	83.5
12	57	4.3			

5. Sonuç

Optimize edilen 23 adet *KKD*'nin optimal alt sınırının belirlenmesi için yapılan bütün analizlerin değerlendirilmesi sonucu; optimize edilen 23 *KKD* arasında 67 gözlem kuyusundan oluşan *KKD_67*'nin optimal kuyu dağılımı olduğu saptanmıştır (Tablo 4-Şekil 4).

TABLO 4. Optimize edilen *KKD_67 TSD* kümesinin öznitelik bilgileri

Kombinasyon	C(107,40)
Hesaplamalarda Havza Matrisinden Çıkarılan Kuyuların ID'leri	48,1,76,14,27,107,41,6,45,32,26,11,92,29,86,66,37, 83,16,43,62,23,53,72,22,71,89,74,79,73,63,51,8,18, 68,85,93,97,35,87
Hesaplamalarda Havza Matrisinde Bulunan Optimize Edilen *KKD_67 TSD* Kümesinin Kuyu ID'leri	2,3,4,5,7,9,10,12,13,15,17,19,20,21,24,25,28,30,31, 33,34,36,38,39,40,42,44,46,47,49,50,52,54,55,56,57, 58,59,60,61,64,65,67,69,70,75,77,78,80,81,82,84,88, 90,91,94,95,96,98,99,100,101,102,103,104,105,106
$CP_{k'}(m)=M+STD\ (m)$	7.7900



Şekil 4. *GTOY* ile optimize edilen *KKD_67 TSD* kümesinin havzadaki dağılımı

Mevcut 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan, taban suyu derinliği gözlemi yapılarak elde edilecek bilgi ile 67 adet kuyuda gözlem yapılarak elde edilecek bilginin birbirine oldukça yakın olacağı sonucuna varılmıştır. Bir başka ifade ile, gözlem kuyu sayısında %40 oranında azaltma yapılarak taban suyu gözlemi yapıldığında bir bilgi kaybı beklenmemektedir. Mevcut 107 drenaj gözlem kuyusu ile gözlem yapılan havzada, kuyu sayısı 67'ye düşürüldüğünde tahmin hatası *($PE_{\%}$)* %3.0 bulunmuştur. Sonuçta, %3.0 tahmin hatası ile 67 kuyu kullanılarak taban suyu gözlemlerine devam edilmesi önerilmiştir.

6. Referanslar

[1] Çetinkaya, C.P., Barbaros, F. ve Harmancıoğlu, N.B. 2002. Hidrometrik veri yönetimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 420-421-422 / 2002/4-5-6.

[2] Harmancıoğlu, N.B. ve Özkul, S. 2002. Hidrolojide; veri işlem, yorumlama ve tasarım. Seminer Notları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul..

[3] Ataseven, B. 2012. Nitel bilimsel araştırmalarda veri kalitesinin önemi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi, 33(2):543-564.
[4] Lutz, R., Ameri, P., Latzko ,T. and Meyer, J. 2014. Management of meteorological mass data with mongodb. Proceedings of the 28th EnviroInfo 2014 Conference, Oldenburg, September, 10-12, 2014, Germany.
[5] WMO.2014. World meteorological organization climate data management system specifications. Version. 1, No. 1131, Switzerland.
[6] Made Van Der, J. M. 1986. Design aspects of hydrological networks. The Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO, Proceedings and Information N:35.
[7] Çetin, M. 1996. Jeoistatistiksel yöntem ile nokta ve alansal yağışların saptanması ve stokastik olarak modellenmesi: Örnek havza uygulamaları. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Adana.
[8] WMO. 2008. World meteorological organization guide to hydrological practices. Version. 1, No. 168, Switzerland.
[9] Yetkin, M. 2008. GPS ağlarının optimal tasarımı ve robust istatistik yöntemlerin kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı-Yüksek Lisans Tezi, Konya.
[10] DSİ. 2013. Devlet su işleri Türkiye ulusal hidroloji komisyonu (TUHK) toplantısı. DSİ Etüt, Plan ve Tahsisler Dairesi Bşk., Ankara.
[11] USEPA. 2007. Groundwater monitoring network optimization frontier hard chrome (fhc) superfund site. Vancouver, Washington. U.S Environmental Protection Agency.
[12] Li, Y. and Hilton, A. B. C. 2007. Optimal groundwater monitoring design using an ant colony optimization paradigm. Environmental Modelling and Software, 22:110-116.
[13]Çetin, M. ve Kırda, C. 2003. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field ırrigated with low-quality water. Journal of Hydrology, 272:238-249.
[14] Topçu, S., Çetin, M., Kırda, C., Karaca, Ö.F., Efe, H. ve Sesveren, S. 2008. Sulamadan dönen suların tarımda kullanımının sürdürülebilirliği. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı, Nisan 10-11, Adana.
[15] DSİ. 1990. Devlet su işleri genel müdürlüğü teknik bülteni. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbası, 71:11-17.
[16] Kanber, R. ve Ünlü, M. 2008. 5. Dünya su forumu bölgesel hazırlık süreci devlet su işleri yurtiçi bölgesel su toplantıları sulama-drenaj konferansı. Bildiri Kitabı, 11 Nisan, Adana.
[17] Storck, P., Eheart, J.W. and Valocchi, A.J. 1997. A method for the optimal location of monitoring wells for detection of groundwater contamination in threedimensional heterogenous aquifers. Water Resources Research, 33(9):2081-2088.
[18] Çetin, M., İbrikçi, H., Berberoğlu, S., Gültekin, U., Karnez, E. ve Selek, B. 2012. Yarı kurak iklimli Akdeniz Bölgesi tarım alanlarında tuzluluk etkisini azaltmak için sulama randımanlarının analiz ve optimizasyonu (Medsalin). Proje Sonuç Raporu, Adana.
[19] Jothi, A.L. 2015. Financial mathematics. Himalaya Publishing House, Mumbai-India, 512p.
[20] Çetin, M. ve Diker, K. 2003. Assessing drainage problem areas by GIS: A case study in The Eastern Mediterranean Region of Turkey. Irrigation and Drainage, 52:343-353.
[21] Tunçay, T. 2010. Kapalı drenaj sisteminin etkinliğinde rol oynayan toprak özelliklerinin konumsal değişiminin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı-Doktora Tezi, Ankara.
[22] Keskiner, A.D. 2016. Taban suyu derinlikleri için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modeli geliştirilmesi ve bazı geleneksel istatistik yöntemlerle karşılaştırılması:Aşağı Seyhan Havzası örneği. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
[23] Chow, V. T., Maidment, D. R. and Ways, L. W. 1988. Applied hydrology. McGraw-Hill, Inc., Civil Engineering Series, New York, 572p.
[24] Mimikou, M. and Gordios, J. 1989. Predicting the mean annual flood and flood guantiles for ungaged catchments in Greece. Hydrological Sciences Journal, 34 (2) :169-184.

Özet

Son yıllarda kuraklık, iklim değişikliğiyle orantılı olarak önemli bir sorun haline gelmiştir. Kuraklık, şiddeti ne olursa olsun, ekosistemlerin ve insan toplumlarının karşı karşıya kaldığı en ciddi konulardan biridir. Bu nedenle, bölgenin kuraklığını belirlemek çok önemlidir. Bu çalışmada Fırat Havzasında bulunan E21A002 numaralı istasyona ait 1968 ile 2011 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılarak zamansal kuraklık değerleri hesaplanmıştır. Hidrolojik kuraklığın belirlenebilmesi için Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) yöntemi kullanılmıştır. 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerini dikkate alarak kuraklık indisleri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Hidrolojik kuraklık, akım kuraklık indeksi, Fırat havzası, Murat nehri

Abstract

Drought in recent years commensurable with the climate changes has become more of an issue. Regardless of its intensity it is one of the most serious matters that ecosystems and human societies confront. Therefore, it is very important to determine the drought of the region. In this study, temporal drought values were determined using the current data of station E21A002 in Euphrates basin between 1968 and 2011. The hydrological drought defines the significant decrease in water availability in all its forms occurring in the land phase of hydrological cycle. In this study Streamflow Drought Index are used to determine and asses the droughts for streamflow station of 2102, located in Euphrates basin, Turkey considering the 1, 3, 6 and 12-month time scales.

Keywords:

Hydrological drought, streamflow drought index, *Euphrates basin, Murat river*

Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi: Murat Nehri-Palu Örneği

Hydrological Drought Assessment: Case Study of Murat River-Palu

Veysel GÜMÜŞ[1]
M. Semih YILDIZ[1]
Oğuz ŞİMŞEK[1]
[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Kuraklık, değişen iklim koşullarında hemen hemen tüm iklim bölgelerinde ekolojik, ekonomik, sosyal, tarımsal, kültürel ve politik alanlarda farklı etkileri olan en karmaşık ve tekrar eden doğal afetlerden biridir. Kuraklığın daha iyi anlaşılabilmesi ve yönetilebilmesi için kullanılan ana araçlar kuraklık indisleridir. Kuraklık indislerinin belirlenebilmesi için yağış, sıcaklık, akış ve diğer hidrolojik değişkenleri kullanılır.

Son yıllarda, yağış anomalisi indeksi (the rainfall anomaly index-RAI) [1], Palmer kuraklık şiddeti indeksi (Palmer drought severity index-PDSI) [2], bitki nem indeksi (crop moisture index-CMI) [3], Kuraklık Alan İndeksi (drought area index-DAI) [4], Yüzey Suyu İhtiyaç İndeksi (surface water supply index-SWSI) [5], standartlaştırılmış kuraklık indeksi (standardized precipitation index-SPI) [6], toprak nemi kuraklık indeksi (the soil moisture drought index-SMDI) [7], ürüne özgü kuraklık indeksi (crop-specific drought index-CSDI) [8] ve standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indeksi (standardized precipitation evapotranspiration index-SPEI) [9], akım kuraklık indeksi-AKİ (streamflow drought index-SDI) [10] gibi çeşitli kuraklık indeksleri türetilmiştir.

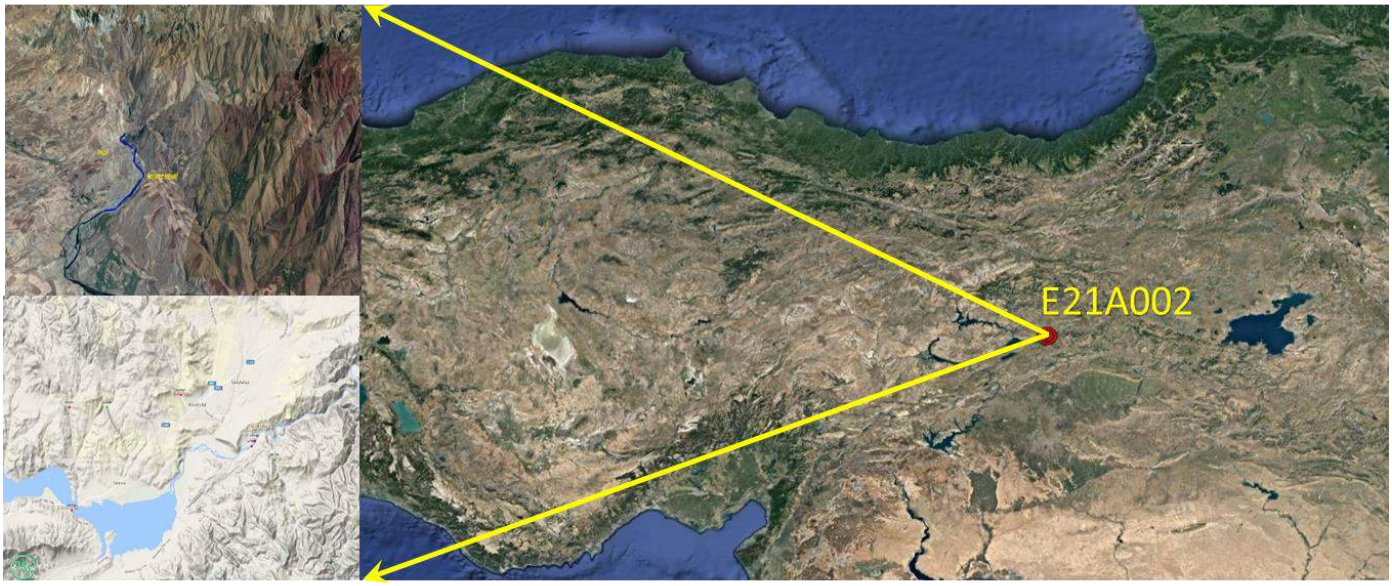
Gumus ve Algin [11], çalışmalarında Seyhan ve Ceyhan havzasında bulunan 14 yağış, 12 akım gözlem istasyonuna ait verilerini kullanarak kuraklık analizi yapmışlar. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde SYİ yöntemini, hidrolojik kuraklığın belirlenmesinde ise AKİ yöntemini kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda hidrolojik kuraklığın meteorolojik kuraklıktan bir yıl sonra meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışma kapsamında sadece aylık ortalama akım verilerini kullanarak hidrolojik kuraklık indisi hesaplayan akım kuraklık indeksi (AKİ) kullanılarak, Türkiye'nin en büyük su havzası olan Fırat Havzasında bulunan Murat Nehri üzerindeki E21A002 numaralı "Murat Nehri-Palu" istasyonunun kuraklık analizi yapılmıştır.

2. Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Fırat nehri, Karasu ve Murat Nehrinin Elazığ-Keban ilçesi yakınlarında birleşmesinden oluşur. Fırat Nehrinin, 1 170 km'si Türkiye'de, 1 765 km'si Suriye ve Irak'ta olmak üzere toplamda 2 935 km uzunluğundadır. Nehrin en önemli kolları Murat, Karasu, Tohma, Peri, Çaltı ve Munzur Çayları'dır. Bu çalışmada Fırat Havzası'nın Murat Nehri Alt Havzasında bulunan (Şekil 1) E21A002 numaralı Murat N.(Palu) akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Bu istasyona ait coğrafi bilgiler, drenaj alanı, yıllık ortalama akım ile gözlem süresi Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Tablo 1. Kuraklık analizi yapılan istasyona ait bilgiler

AGİ No	İstasyon Adı	Enlem (K)	Boylam (D)	Drenaj Alanı (km^2)	Yıllık Ortalama Akım (m^3/s)	Gözlem Süresi	Değerlendirme Süresi
E21A002	Murat N. (PALU)	38.44.57	40.08.04	25290.6	244,992	1968-2011	1968-2011

2.2. Akım Kuraklık İndeksi (AKİ)

Nalbantis [12] tarafından geliştirilen bu yöntem ile bir çalışma bölgesindeki hidrolojik kuraklık incelenebilmektedir. Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) aylık akım verileri ($Q_{i,j}$) kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada *i*, hidrolojik yılı, *j* ise Ekim-Eylül arasındaki zaman olarak tanımlanan hidrolojik yıl içerisindeki ayı temsil etmektedir. Kümülatif akım hacmi,

$$V_{i,j} = \sum_{j=3(k-1)+1}^{3k} Q_{i,j} \ , \ k = 1,2,3,4 \qquad (1)$$

$$V_{i,j} = \sum_{j=6(k-1)+1}^{6k} Q_{i,j} \ , k = 1,2 \quad (1)$$

$$V_{i,j} = \sum_{j=1}^{12} Q_{i,j} \quad (2)$$

Şeklinde hesaplanır. Denklem 1, 2 ve 3'te sırasıyla 3, 6 ve 12 aylık kuraklık indis değerleri hesaplanır. Denklemlerdeki *k*, referans periyodu ifade eder ve Denklem 1'de *k*=1 Ekim-Aralık (AKİ-3 Ekim), *k*=2 Ocak-Mart (AKİ-3 Ocak), k=3 Nisan-Haziran (AKİ-3 Nisan), k=4 ise Temmuz-Eylül (AKİ-3 Temmuz) dönemlerini temsil eder. Denklem 2'de *k*=1 ve *k*=2 sırasıyla ilk 6 ay (AKİ-6 Ekim) ve son 6 aylık (AKİ-6 Nisan) periyodları, Denklem 3 ise yıllık kuraklık indis değerini (AKİ-12) ifade eder.

Referans periyot *k* ve *i*'inci hidrolojik yıl için AKİ aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k}, \quad k = 1,2,3,4 \quad (3)$$

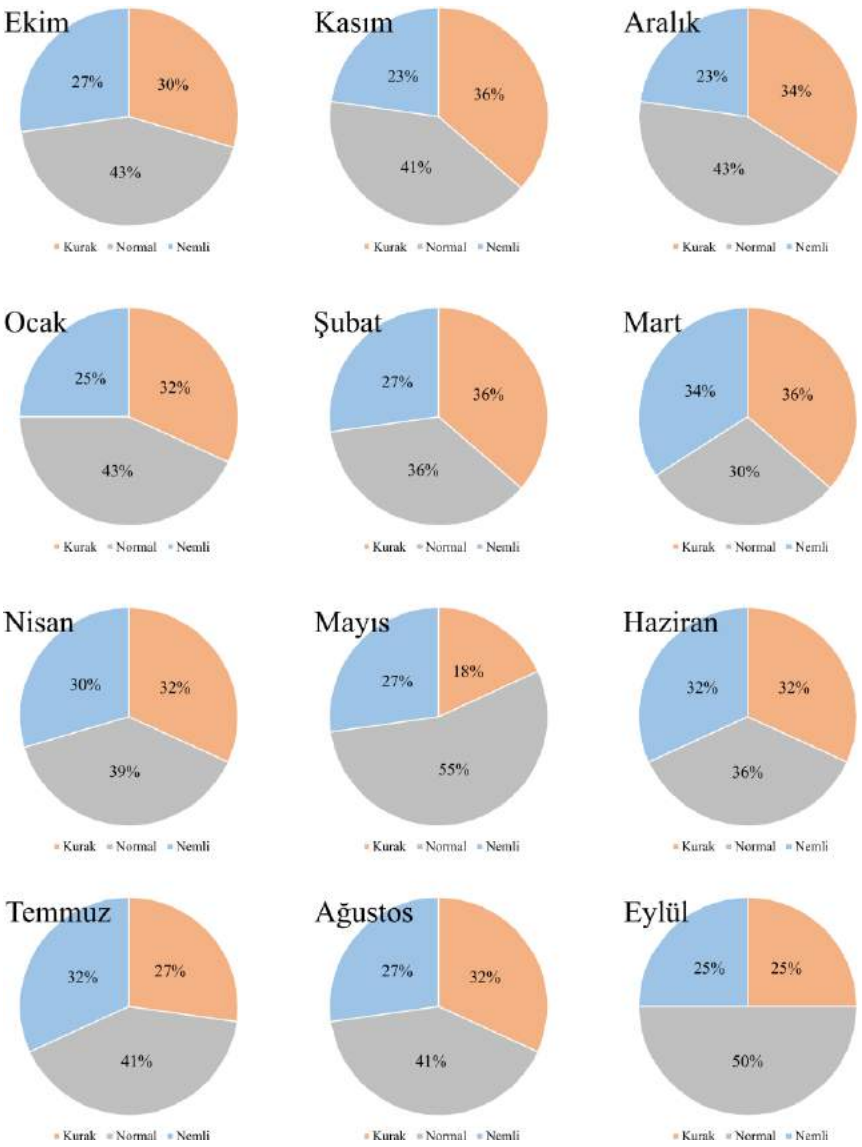
Burada, V_k ve S_k sırasıyla kümülatif akım hacimlerinin ortalamasını ve standart sapmasını temsil eder. AKİ değerleri Hong ve ark. [13] tarafından aşırı nemli ile aşırı kuraklık arasında değişen sekiz farklı sınıfta ifade edilmiştir. Bu sınıflandırma Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *AKİ değerlerinin sınıflandırması* [13]

AKİ Değeri	Sınıflandırma
AKİ≤-2	Aşırı Kurak (AK)
-2<AKİ≤-1.5	Şiddetli Kurak (ŞK)
-1.5<AKİ≤-1	Orta Kurak (OK)
-1<AKİ≤0	Hafif Kurak (HK)
0<AKİ≤1	Hafif Nemli (HN)
1<AKİ≤1.5	Orta Nemli (ON)
1.5<AKİ≤2	Şiddetli Nemli (ŞN)
AKİ>2	Aşırı Nemli (AN)

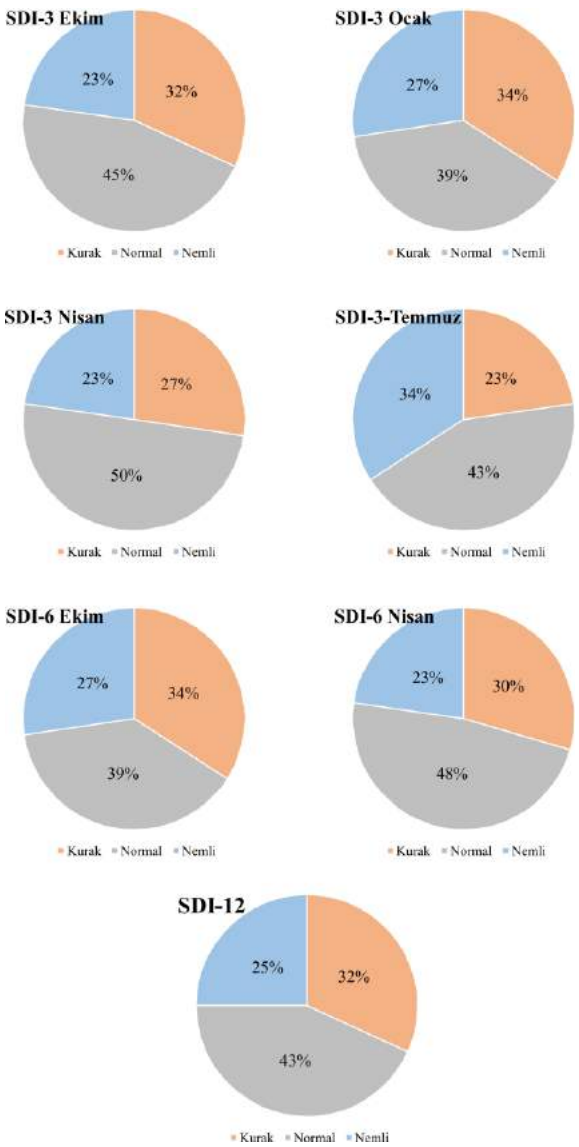
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında istasyonun aylık AKİ değerlerine göre dağılımları Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre aylık AKİ değerlerine göre %18 ile %36 değişmiştir. En yüksek kurak dönem %36 ile Kasım, Şubat ve Mart aylarında gerçekleşirken, en düşük kurak dönem ise %18 ile Mayıs ayında meydana gelmiştir. Nemli dönemler incelendiğinde ise en yüksek nemli dönem %34 ile Mart ayında, en düşük nemli dönem ise %23 ile Kasım ve Aralık aylarında hesaplanan AKİ değerleri ile elde edilmiştir. Ayrıca, sadece Mayıs ayında nemli dönem kurak dönemden fazla olmuştur. Geri kalan aylarda ise kurak dönem ile nemli dönem eşit olmuş ya da kurak dönem nemli dönemlerden fazla meydana gelmiştir.



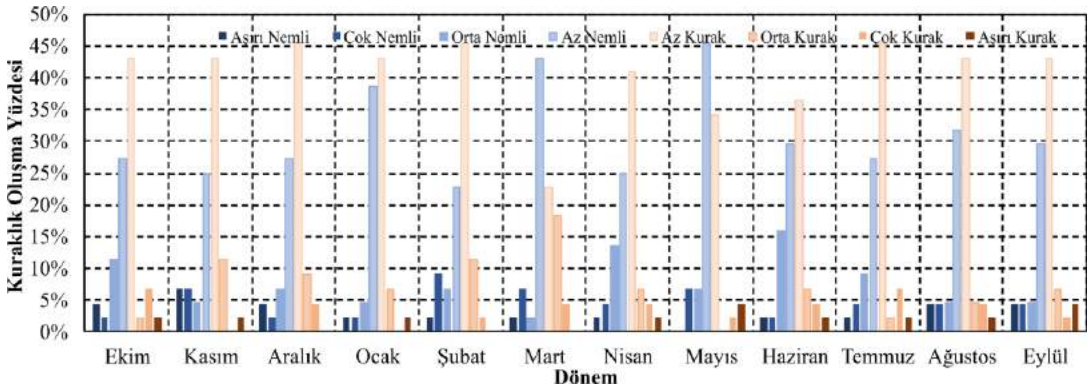
Şekil 2. E21A002 numaralı istasyonun aylık AKİ değerlerine göre kurak/nemli dönem dağılımları (AKİ≤-0.5=Kurak, AKİ≥-0.5=Nemli, 0.5>AKİ>-0.5=Normal)

Şekil 3'te verilen 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerinin kurak/nemli dönemlere incelendiğinde ise AKİ-3 değerlerinde en yüksek kurak dönemler %34 ile AKİ-3 Ocak'ta gerçekleşirken, en düşük kurak dönem AKİ-3 Temmuz'da %23 ile gerçekleşmiştir. AKİ-6 Ekim ve Aki-6 Nisan dönemleri için ise kurak dönem sırasıyla %34 ve %30 olmuştur.12 aylık değerlere göre hesaplanan AKİ-12'de ise kurak dönem %32 olarak belirlenmiştir.

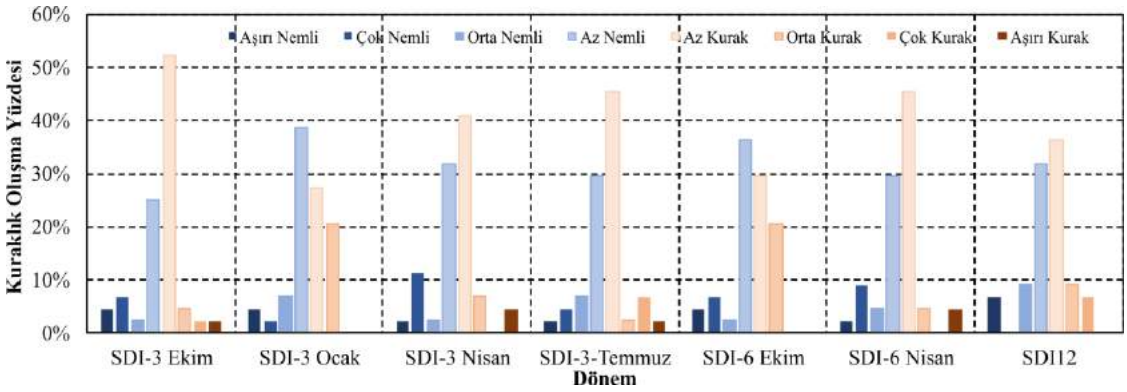


Şekil 3. E21A002 numaralı istasyonun 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerine göre kurak/nemli dönem dağılımları (AKİ≤-0.5=Kurak, AKİ≥-0.5=Nemli, 0.5>AKİ>-0.5=Normal)

Şekil 4 ve Şekil 5 sırasıyla aylık ve 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerine göre Kurak/Nemli meydana gelme oranlarını vermektedir. Buna göre aylık AKİ değerlerine göre en yüksek aşırı kurak dönem Mayıs ayında en yüksek aşırı nemli dönem ise Kasım ayında meydana gelmiştir. 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerine göre kurak/nemli dönemlerin meydana gelme oranları incelendiğinde ise AKİ-3 Nisan ve AKİ-6 Nisan dönemlerinde en yüksek aşırı kurak dönem meydana gelmiş, en yüksek nemli dönem ise AKİ-12'de belirlenmiştir.



Şekil 4. E21A002 istasyonuna ait aylık AKİ değerlerine ait Kurak/Nemli meydana gelme oranları



Şekil 5. E21A002 istasyonuna ait 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerine ait Kurak/Nemli meydana gelme oranları

4. Sonuç

Türkiye'nin doğusunda yer alan E21A002 numaralı Murat N.(Palu) akım gözlem istasyonuna ait akış değerleri Akım Kuraklık İndisi (AKİ) yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir

- Aylık akım verilerine göre en yüksek kurak dönem %36 ile Kasım, Şubat ve Mart aylarında gerçekleşirken, en düşük kurak dönem ise %18 ile Mayıs ayında meydana gelmiştir.
- 3, 6 ve 12 aylık AKİ değerlerinin kurak/nemli dönemlere incelendiğinde ise AKİ-3 değerlerinde en yüksek kurak dönemler %34 ile AKİ-3 Ocak'ta gerçekleşirken, en düşük kurak dönem AKİ-3 Temmuz'da %23 ile gerçekleşmiştir.
- AKİ-6 Ekim ve Aki-6 Nisan dönemleri için ise kurak dönem sırasıyla %34 ve %30 olmuştur.12 aylık değerlere göre hesaplanan AKİ-12'de ise kurak dönem %32 olarak belirlenmiştir.

Buna göre kuraklık gibi yıkıcı etkileri olan bir doğal afet ile mücadele edebilmek için sıcaklık, yağış, yüzey akışı, toprak nemi gibi ana iklimsel ve yağışsal değişkenler düzenli olarak izlenmeli ve normal değerlerden olan sapmalar gözlenerek incelenmesi faydalı olacaktır.

5. Referanslar

[1] Van Rooy, M., *A rainfall anomaly index independent of time and space.* Notos, 1965. **14**(43): p. 6.
[2] Palmer, W.C., *Meteorological drought*. Vol. 30. 1965: US Department of Commerce, Weather Bureau Washington, DC, USA.
[3] Palmer, W.C., *Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index.* 1968.
[4] Bhalme, H.N. ve Mooley, D.A., *Large-scale droughts/floods and monsoon circulation.* Monthly Weather Review, 1980. **108**(8): p. 1197-1211.
[5] Shafer, B. ve Dezman, L. *Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas*. in *Proceedings of the Western Snow Conference*. 1982. Colorado State University Fort Collins, CO.
[6] Mckee, T.B., Doesken, N.J., ve Kleist, J. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. in *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. 1993. American Meteorological Society Boston, MA, USA.
[7] Hollinger, S., Isard, S., ve Welford, M. *A new soil moisture drought index for predicting crop yields*. in *Preprints, Eighth Conference on Applied Climatology*. 1993. American Meteorological Society Anaheim, CA.
[8] Meyer, S.J., Hubbard, K.G., ve Wilhite, D.A., *A crop-specific drought index for corn: I. Model development and validation.* Agronomy Journal, 1993. **85**(2): p. 388-395.
[9] Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., ve López-Moreno, J.I., *A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index.* Journal of climate, 2010. **23**(7): p. 1696-1718.
[10] Nalbantis, I. ve Tsakiris, G., *Assessment of hydrological drought revisited.* Water Resources Management, 2009. **23**(5): p. 881-897.
[11] Gumus, V. ve Algin, H.M., *Meteorological and hydrological drought analysis of the Seyhan–Ceyhan River Basins, Turkey.* Meteorological Applications, 2017. **24**(1): p. 62-73.
[12] Nalbantis, I., *Evaluation of a hydrological drought index.* Eur Water, 2008. **23**(24): p. 67-77.
[13] Hong, X., Guo, S., Zhou, Y., ve Xiong, L., *Uncertainties in assessing hydrological drought using streamflow drought index for the upper Yangtze River basin.* Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2014. **29**(4): p. 1235-1247.

Şanlıurfa İstasyonuna Ait Hesaplanan Kuraklık İndis Değerlerinin Trend Analizi

Trend Analysis of Calculated Drought Indices in the Şanlıurfa Station

Veysel GÜMÜŞ[1]
Berivan AĞUN[2]
Oğuz ŞİMŞEK[1]
Kasım YENİGÜN[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli su havzalarından biri olan Fırat Havzası içerisinde yer alan Şanlıurfa istasyonuna ait Standart Yağış İndeksi (SYİ) değerlerinin trend analizi yapılmıştır. Ele alınan istasyona ait SYİ değerleri 1,3,6 ve 12 aylık dönemler için hesaplanmıştır. Trend varlığının belirlenmesinde, parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearmanın Rho testleri, trend eğimlerinin belirlenmesinde Sen'in trend eğim metodu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, SYİ değerlerinde azalan yönde trend olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Kuraklık, Standart Yağış İndeksi, Şanlıurfa meteoroloji istasyonu, Trend analizi.

Abstract

In this study, trend analysis of Standard Precipitation Index (SPI) values are made for Sanliurfa station which is located in Euphrates Basin, Turkey's major water basin. The SPI values of the station are calculated for the periods between 1,3,6 and 12 months. To determination of the trend, non-parametric Mann-Kendall and Spearman's Rho tests are used and Sen's trend slope method was used to determine slope of trend. As a result of the study, it is determined that there is a decreasing trend in the SPI values.

Keywords:

Drought, Standard Precipitation Index, Sanliurfa weather station, Trend analysis.

1. Giriş

Su, en küçük canlı organizmalar da dahil olmak üzere tüm canlıların biyolojik yaşamı ile diğer tüm faaliyetleri için gerekli olan, 3.7 milyar yıl öncesinden var olduğu bilinen ve yeryüzünde bir başka alternatifi olmayan hayati öneme sahip doğal yaşam kaynağımızdır. Aynı zamanda yaşamsal döngünün en önemli yapı taşlarından biridir. Tüm canlılar ve özellikle de insanoğlu için hayati öneme sahip olmasına rağmen bu kaynağın plansızca kullanılması ve kirletilmesi çeşitli sorunlara neden olabilmektedir ki bunların başında çevresel sorunların geldiği söylenebilir. Örneğin, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, kullanılabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından zaman içerisinde su kaynaklarında azalmaya; bu azalma da zaman zaman kuraklık ve kıtlığa neden olabilmektedir. Kuraklığın literatürde birçok tanımı olmakla birlikte en genel ve bilinen tanımı "Kurak olma durumu, kurak hava, yağışsızlık" şeklindedir (TDK). Kuraklığın birçok çeşidi olmakla birlikte kuraklık genel olarak meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar içerisinde meteorolojik kuraklık uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesidir. Tarımsal kuraklık, bitkinin kök bölgesinde büyüyüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak tanımlanmıştır. Hidrolojik kuraklık ise uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade etmektedir. Değişen iklim koşulları nedeniyle, yağışın yetersiz olması ile beraber, artan nüfusa paralel olarak gıda ve su gereksiniminin arttığı bilinen bir gerçektir. Buradan hareketle, iklimin en önemli elemanlarından olan yağış ile ilgili bilgilerin küresel iklimin karakterinin belirlenmesinde büyük bir öneme sahip olduğunu belirtmek gerekir. İklimin genel yapısını anlayabilmek için elde edilen yağış verileri hem mekânsal hem de zamansal bazda incelendiğinde yağışla ilgili önemli ipuçları vermektedir. Kuraklık pek çok bilimsel çalışmaya konu olmuştur ve araştırmacılar bu doğal afetin olumsuz etkilerini azaltmak için çözüm önerilerini sunarken çeşitli zorluklarla karşılaşmışlardır. Kuraklığın ne zaman başladığı, ne kadar süreceği ve şiddeti ile etki alanının genişliği gibi soruların mutlak bir cevabının olmaması bu zorlukların başında gelmektedir. Bunun yanı sıra hayati derecede öneme sahip su kaynakları konusunda yeterli bilince sahip olunmaması ve yeteri kadar farkındalık oluşturulamaması bu zorlukları daha da perçinleştirmektedir. Şimşek ve ark. [1],

Antakya ve İskenderun meteoroloji istasyonlarına ait 1970-2010 yılları arasındaki ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama rüzgar hızı ve toplam yağış verilerinin mevsimsel ve yıllık trend analizini yapıp, belirlenen anlamlı trendin eğimini Sen'in eğim metodunu kullanarak bulmuşlardır. Çalışmada, trend analizinde parametrik olmayan Mann Kendall ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmış, trendin başlangıç yılları ise Mann Kendall Mertebe Korelasyon ile belirlenmiştir. Sonuç olarak %95 önem aralığında Antakya istasyonu için ortalama sıcaklıkta artan, ortalama rüzgar hızında azalan, İskenderun istasyonunda ise ortalama sıcaklıkta artan yıllık ortalama nemde azalan ve yıllık toplam yağışta artan yönde anlamlı bir trend belirlenmiştir. Oğuztürk ve Yıldız [2], 1950-2007 yılları arasındaki aylık yağış verileri ile Standart Yağış İndeksi (SYİ) metodunu kullanarak Kırıkkale istasyonundaki kuraklık karakteristiklerini belirleyerek kuraklığın analizini yapmışlardır. Sonuç olarak farklı zaman dilimlerine ait kuraklıklar incelenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Partal [3], Türkiye'de yağış verilerinin trend analizini "Mann Kendall" ve "Sen'in T" testi metotları ile belirlemiştir. Türkiye'deki yağışın trendini belirlemek için kış ayları ve Eylül ayı ile yıllık ortalamada dikkate alınması gereken trendlerin belirlenmesiyle araştırma sonuçlandırılmıştır. Oruç [4], Gap bölgesinde 1960-2015 yılları arasındaki 33 istasyondan alınan yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak Standard Yağış; Erinç ve De Mortanne indislerinden yararlanarak kuraklık analizini belirlemiştir. 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçeklerinde SYİ değerlerini hesaplayarak en kurak yılların 1971-1980 yılları arasında olduğunu ve kullanılan yöntemlere göre en kurak ilin Şanlıurfa ve en kurak istasyonun Akçakale istasyonu olduğunu belirtmiştir. Uzunkol [5], Seyhan ve Ceyhan havzalarında 1970-2011 yıllarında arasındaki 17 istasyonda yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak havzanın kuraklık analizini yapmıştır. Kuraklığı belirlemek için Erinç Kuraklık İndisi, UNCCD Kuraklık İndisi ve Standart Yağış İndeksi metotlarını kullanmıştır. Sonuç olarak başvurulan yöntemlerdeki neticelerin birbirleriyle koşullu olduklarını söylemiştir. Başak [6], Fırat havzasındaki beş şehre ait 20 gözlem istasyonunda alınan aylık yağış verilerini kullanarak SYİ metodu ile 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlere göre kuraklık ve yağışın dönemsel durumlarını belirlemiştir. Kuraklığın tahmini için Yapay Sinir Ağı (YSA) ile SYİ değerleri ile modeller yaratılıp elde edilen sonuçlara göre 1988-2004 yılları arasında 3, 6, 9 ve 12 aylık zamanlarda ele alınan dönemlerin çoğunun kurak geçtiğine dikkat çekmiştir. Tuğrul [7], 1959-2017 yılları arasındaki günlük yağış ve aylık yağış verilerini elde ederek Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Efektif Kuraklık İndisi ile kuraklığı günlük analiz ve aylık analiz olarak iki farklı şekilde incelemiştir. Sonuçta olarak kuraklık belirlenmesinde günlük ve aylık analizlerin farklı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Akyürek [8], Türkiye'de ki tüm havzalardan oluşan 107 akım gözlem istasyonundan trendi belirlemek için parametrik T testi ile parametrik olmayan Mann Kendall testini kullanarak yıllık ortalama akımların trend analizini yapmıştır. Sonuç olarak yapılan her iki testte de trendin azalan yönlerde olduğu tespit etmiştir.

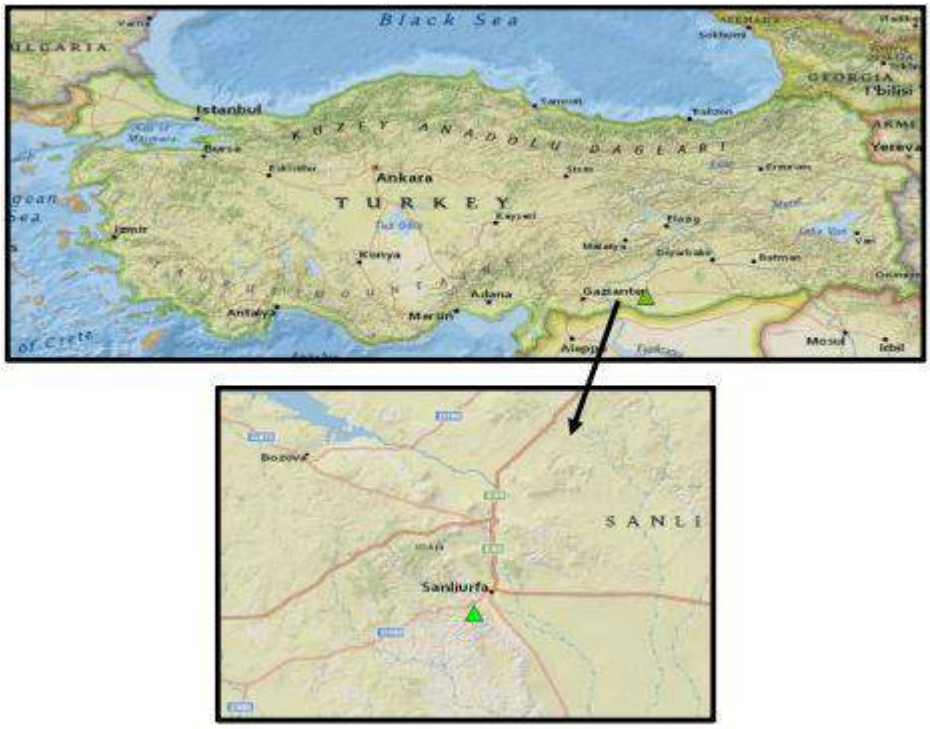
Bu çalışmada, 17270 Numaralı Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonu'nun 1938-2016 yılları arasında kesintisiz olarak ölçülmüş aylık yağış verileri (948 ay) kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemler için SYİ değerleri hesaplanmıştır. Farklı dönemlere ait hesaplanan SYİ değerlerinin kuraklık sınıflandırılması yapılarak Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonuna ait verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Kuraklık indisi değerlerinin trend analizi Mann-Kendall ve Spearman testleri ile belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışmaya konu olan Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonu, Fırat –Dicle Havzası ile Yukarı Mezopotamya ovalarının içinde yer aldığı 9 ili (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak) kapsayan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yürütülen GAP projesi bölgenin kalkınmasına zemin hazırlayan önemli bir projenin içerisinde yer almaktadır. Bu proje Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde var olan kaynakların değerlendirilip, bölgede yaşayan halka gelir kaynağı olan ve bölgeyi kalkındırarak gelişmişlik düzeyini yükselten, halkın istihdam alanını arttıran ulusal düzeyde ekonomik hedefleri olan bir projedir. GAP bölgesi olarak adlandırılan bu bölgenin güneyinde Suriye, güneydoğusunda Irak ile sınırı vardır. 57 000 km² yüz ölçümüne sahip olan bu bölge Türkiye'nin toplam yüz ölçümünün %7.5'ini, aynı zamanda Türkiye'nin sulanabilir arazilerinin de %20'sini oluşturmaktadır. Aşağı Fırat ve Dicle Havzalarında oluşan geniş ovalara sahiptir.

Şekil 1'de verilen 17270 Numaralı Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonu'nun 1938-2016 yılları arasında ölçülmüş aylık yağış verileri kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Yöntem

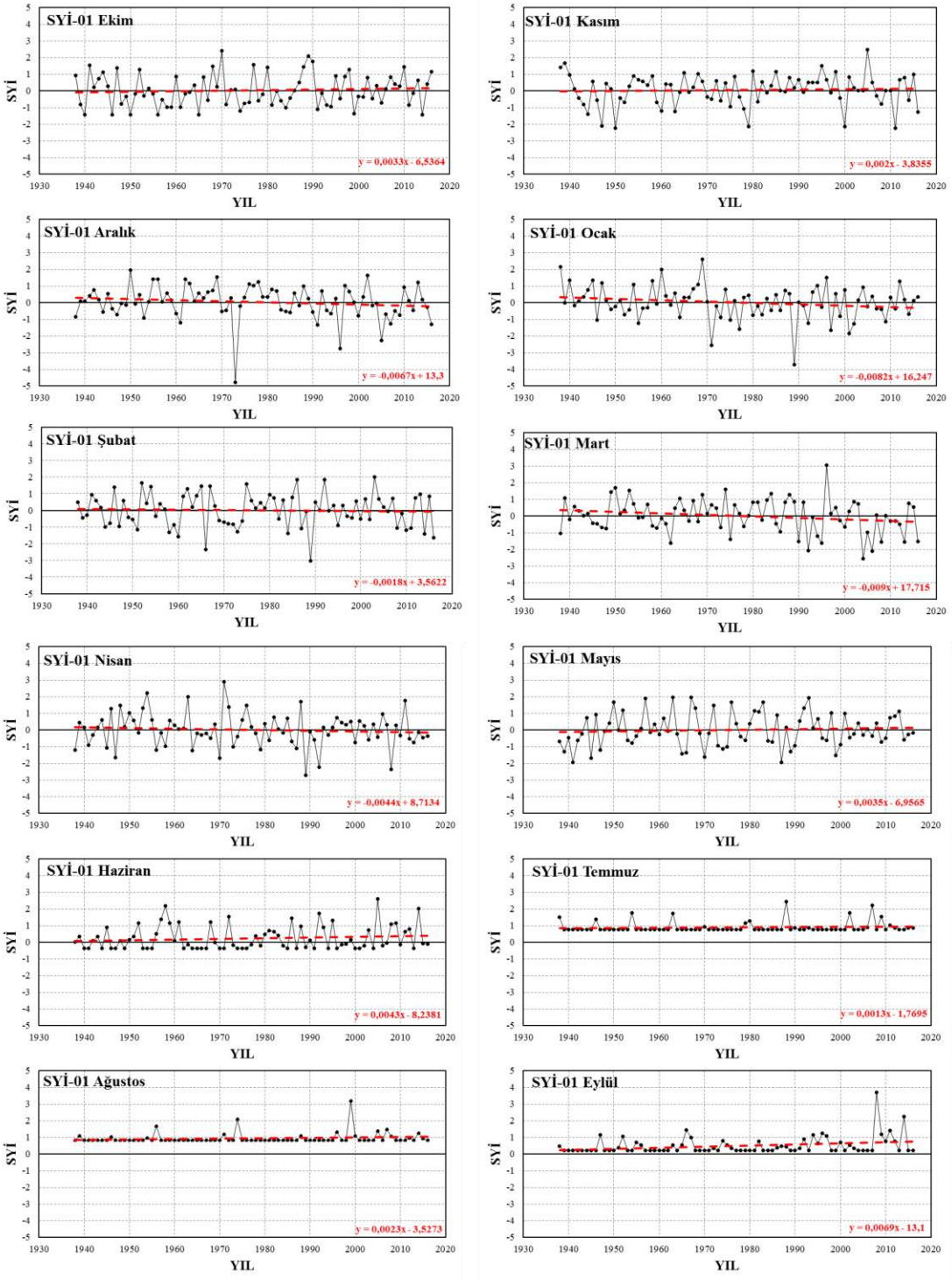
Çalışma kapsamında Şanlıurfa İstasyonuna ait aylık ortalama yağış verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi [9] kullanılarak kuraklık indisleri belirlenmiş ve belirlenen kuraklık indislerin eğilimleri parametrik olmayan Mann-Kendall [10, 11, 12] ile Spearman'ın Rho testleri [13] ile belirlenmiştir. Trend eğimleri Sen'in trend eğim metodu [14] ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

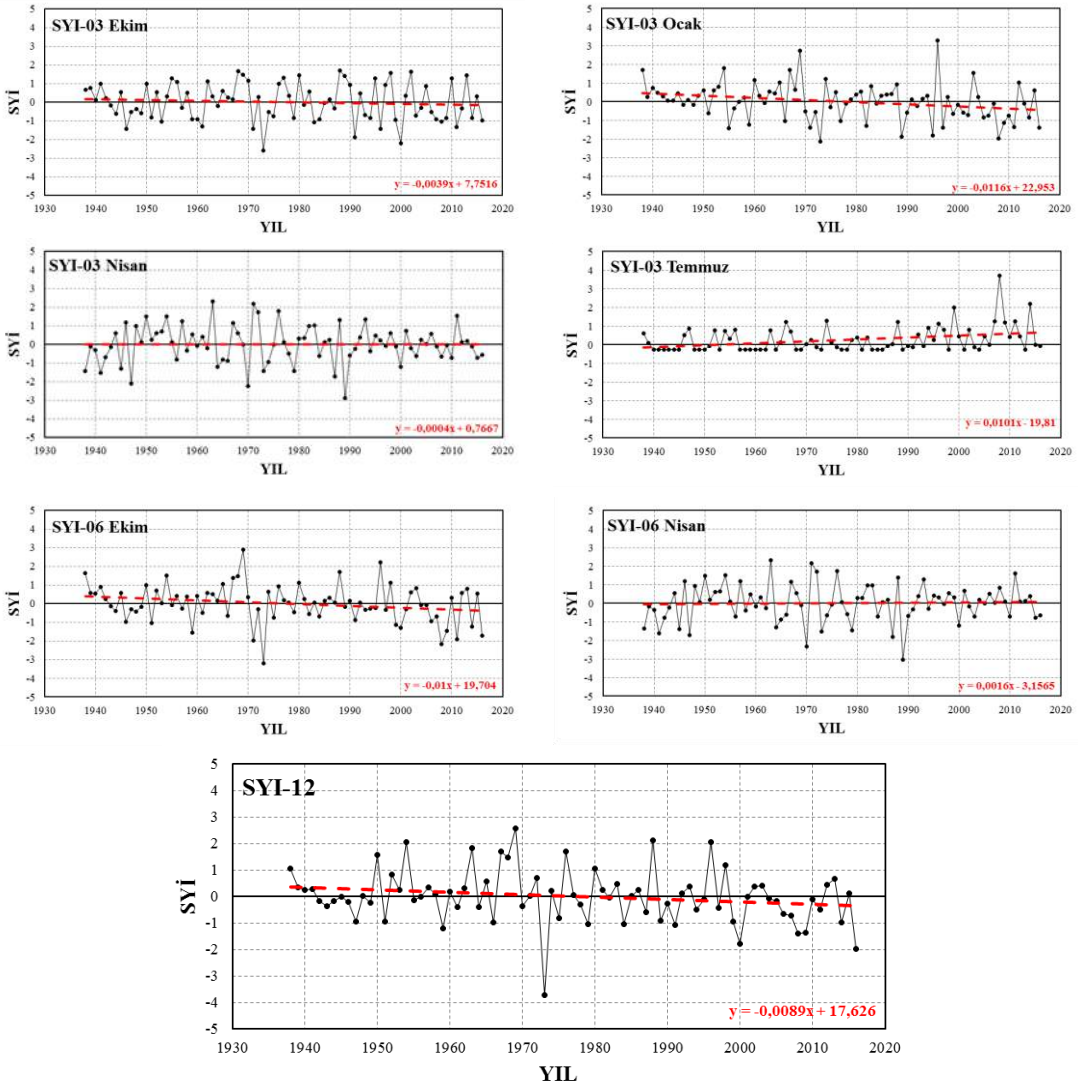
3.1. *Kuraklık analizi*

17270 Numaralı Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonu'nun 1938-2016 yılları arasında ölçülmüş aylık yağış verileri (948 ay) kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemler için SYİ değerleri hesaplanmıştır. Şekil 2'de Şanlıurfa İstasyonu'nun SYİ değerlerinin 1 aylık zamansal dağılımı verilmiştir. Şekil 2'ye göre en fazla "Aşırı Kurak" durum Kasım ayında beş yıl (1947, 1950, 1979, 2000, 2011) olacak şekilde görülmüştür. "Çok Kurak" ayların 1 aylık SYİ değerleri içindeki dağılımı incelendiğinde ise en fazla "Çok Kurak" dönem Mayıs ayında beş yılın (1941, 1945, 1970, 1987, 1999) "Çok Kurak" geçtiği görülmüştür.

Şekil 3'de 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin zamansal dağılımları verilmiştir. 3 aylık SYİ değerlerine ait grafikler incelendiğinde, SYİ-3 Nisan (1947, 1970, 1989) ayının üç yılı "Aşırı Kurak" olduğu belirlenmiştir. SYİ-3 Temmuz için "Aşırı Kurak" dönem hesaplanmamıştır. 6 aylık SYİ değerlerine ait grafikler incelendiğinde, SYİ-6 Ekim (1973, 2008) ve SYİ-6 Nisan (1970, 1989) yıllarının "Aşırı Kurak" olduğu görülmekte, 12 aylık SYİ değerlerine ait grafik incelendiğinde ise, 1973 yılı "Aşırı Kurak", 2000 ve 2016 yılları ise "Çok Kurak" olarak geçtiği açıkça görülmektedir.



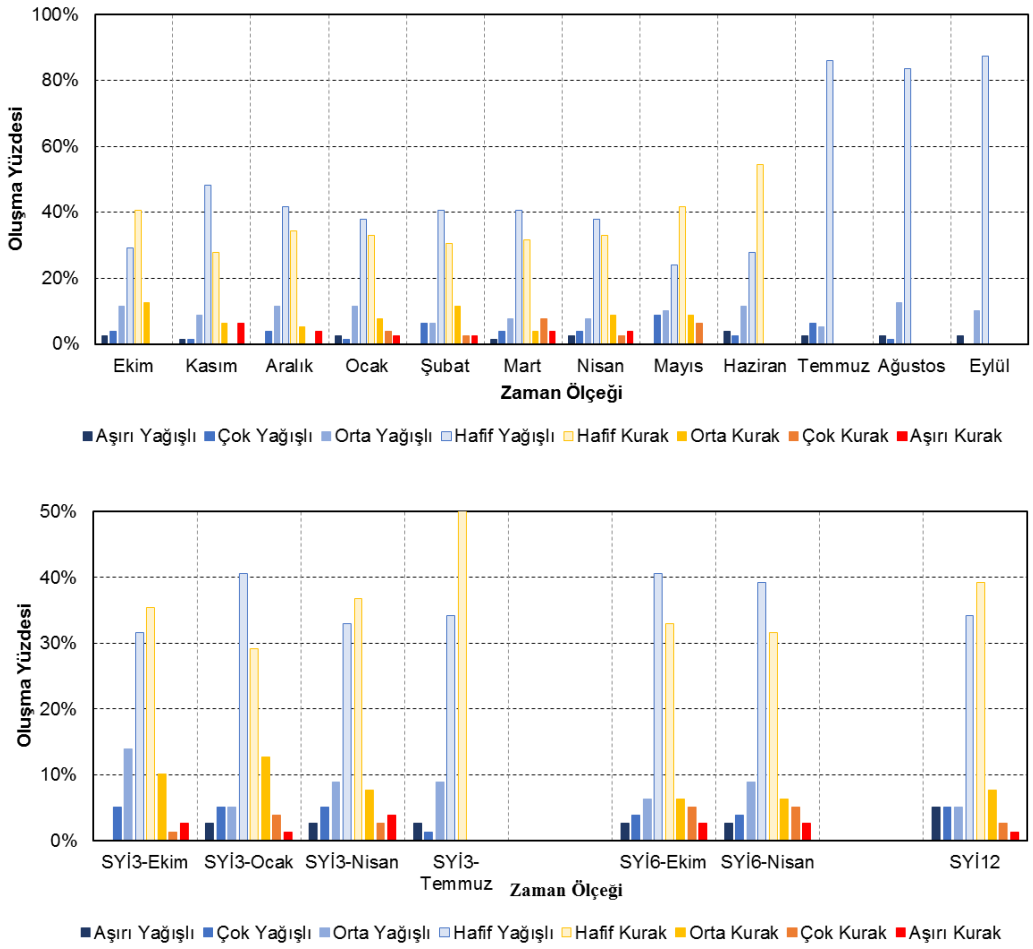
Şekil 2. Şanlıurfa İstasyonu'na ait SYİ-1 değerlerinin zamansal dağılımı.



Şekil 3. Şanlıurfa İstasyonu'na ait 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin zamansal dağılımları.

Şanlıurfa İstasyonu'na ait 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin oluşma yüzdeleri Şekil 4'de verilmiştir. Buna göre, aylık SYİ-1 değerlerine göre Ekim, Mayıs ve Haziran ayları için hesaplanan SYİ değerlerine göre, kurak geçen yıl oranı %50'den fazla olmuştur. En fazla kurak dönem %57 ile Mayıs ayında meydana gelmiştir. En yüksek kuraklığın oluştuğu aylardan biri olan Mayıs ayının %6'sı "Çok Kurak", %9 ile "Orta Kurak" ve %42'si "Hafif Kurak" olarak hesaplanmıştır.

Üç aylık SYİ değerleri incelendiğinde, en fazla kuraklık SYİ-3 Temmuz dönemi için %53 oluşma yüzdesiyle ortaya çıkmıştır. SYİ-3 Temmuzdan sonraki bir diğer en fazla kuraklık ise %51 oluşma yüzdesi ile SYİ-3 Ekim'dir. %4'ü "Aşırı Kurak", %3'ü "Çok Kurak", %8'i "Orta Kurak", %37'si "Hafif Kurak" olarak belirtilmiştir. En fazla "Hafif Kurak" ay ise SYİ-3 Temmuz için %53 olarak belirlenmiştir. Altı aylık SYİ değerlerine göre, SYİ-6 dönemleri için en fazla kurak dönem %47 SYİ-6 Ekim ayı olarak belirlenmiştir. En fazla "Aşırı Kurak" dönem oluşma yüzdesi ise %3 olarak görülmüştür. 12 aylık SYİ değerlerine göre ise "Aşırı Kurak", "Çok Kurak", "Orta Kurak" ve "Hafif Kurak" sırasıyla %1, %3, %8 ve %39 olmak üzere toplam kurak dönem oluşma yüzdesi %51 olarak belirlenmiştir. SYİ-12 değerleri incelendiğinde, 1973 ve 2016 yıllarında aşırı kuraklığın yaşandığı görülmektedir.



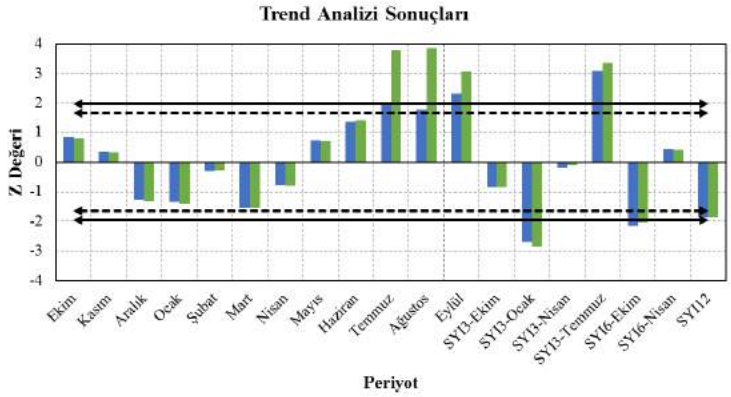
Şekil 4. Şanlıurfa İstasyonu'na ait 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin oluşma yüzdesi.

3.2. *Trend analizi*

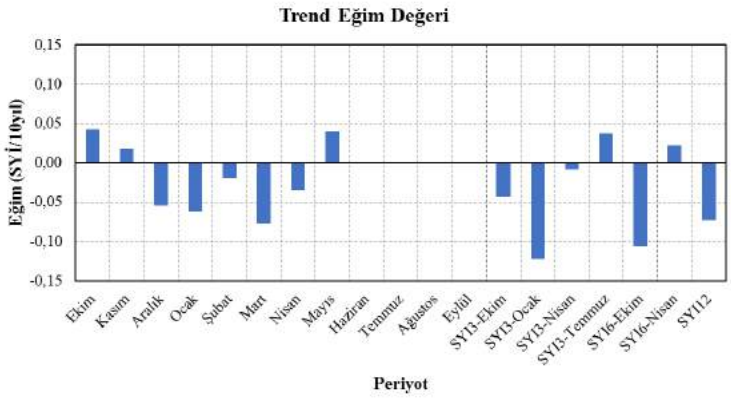
Şanlıurfa ilindeki meteoroloji istasyonun da SYİ değerlerinin trend analizi yapılmıştır. Elde edilen SYİ değerlerinde öncelikli olarak bir iç bağımlılığın olup olmadığına bakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre iç bağımlılık kontrol yapılmış kontrol sonucunda Şanlıurfa ilinde iç bağımlılık gözlenmediği belirlenmiştir.

Şekil 5'de SYİ3- Ocak, SYİ6- Ekim ve SYİ12 dönemleri için azalan yönde anlamlı trend varlığından bahsedilirken, SYİ3- Temmuz döneminde artan yönde anlamlı trend varlığına rastlanmıştır. Buna bakarak SYİ değerinin azaldığı yani Şanlıurfa istasyonunda kuraklığın arttığı şeklinde yorumlanabilir. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında anlamlı olarak artan yönde trend belirlenmiş olsa da geçmiş yıllarda neredeyse hiç yağışın oluşmamasından dolayı meydana gelen artışın istasyonun trend varlığı belirlenmesinde dikkate alınmamıştır.

Şekil 6'da Şanlıurfa istasyonuna ait SYİ değerlerinin trend eğilim değerleri ve Tablo 1'de aynı istasyona ait SYİ değerlerinin trend analiz sonuçları verilmiştir. Şekil 6 ve Tablo 1 incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlara göre, ele alınan 8 ayın 3'ünde artan yönde, 5'inde ise azalan yönde trend meydana geldiği ve SYİ değerlerinde en fazla artışın Ekim ve Mayıs ayında yılda 0.004, en fazla azalmanın ise Mart ayında yıllık -0.008 olduğu belirlenmiştir. 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin eğilimleri incelendiğinde ise en fazla azalmanın SYİ3-Ocak dönemin de yılda -0.012 yönde azalan bir eğimin olduğu görülmektedir. Genel olarak çizelgeyi incelediğimiz de azalan eğiliminde olduğu yani kuraklığın arttığını anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Şanlıurfa istasyonuna ait SYİ değerlerinin trend analizi sonuçları



Şekil 6. Şanlıurfa istasyonuna ait SYİ değerlerinin trend eğim değerleri

TABLO I. ŞANLIURFA İSTASYONUNA AİT SYİ DEĞERLERİNİN TREND ANALİZİ SONUÇLARI

Aylar	Mann-Kendall	Spearman	Trend Eğimi (SYİ/yıl)	Trend Eğimi (SYİ/10yıl)
Ekim	0.851	0.820	0.004	0.043
Kasım	0.360	0.326	0.002	0.018
Aralık	-1.270	-1.314	-0.005	-0.054
Ocak	-1.334	-1.409	-0.006	-0.062
Şubat	-0.284	-0.274	-0.002	-0.019
Mart	-1.545	-1.553	-0.008	-0.077
Nisan	-0.775	-0.793	-0.003	-0.034
Mayıs	0.754	0.724	0.004	0.040
Haziran	1.374	1.411	0.000	0.000
Temmuz	1.947	3.784	0.000	0.000
Ağustos	1.783	3.849	0.000	0.000
Eylül	2.320	3.066	0.000	0.000
SYİ3-Ekim	-0.855	-0.856	-0.004	-0.043
SYİ3-Ocak	-2.709	-2.852	-0.012	-0.123
SYİ3-Nisan	-0.191	-0.096	-0.001	-0.009
SYİ3-Temmuz	3.078	3.350	0.004	0.038
SYİ6-Ekim	-2.146	-2.033	-0.011	-0.106
SYİ6-Nisan	0.466	0.444	0.002	0.022
SYİ12	-1.863	-1.867	-0.007	-0.073

4. Sonuç

Bu çalışmada, Fırat Havzası içerisinde yer alan 17270 Numaralı Şanlıurfa Meteoroloji İstasyonu'nun 1938-2016 yılları arasında ölçülmüş aylık yağış verileri (948 ay) kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemler için Standart Yağış İndeksi(SYİ) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SYİ değerilerinin %95 güven aralığında trend analizi yapılmıştır. Trend varlığının belirlenmesinde, parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri, trend eğimlerinin belirlenmesinde Sen'in trend eğim metodu ve trend başlangıç yıllarının belirlenmesinde ise Mann-Kendall sıra korelasyon testi kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, SYİ3- Ocak, SYİ6- Ekim ve SYİ12 dönemleri için azalan yönde anlamlı trend varlığı görülürken, SYİ3-Temmuz döneminde artan yönde anlamlı trend varlığı belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, SYİ değerinin azalmasından Şanlıurfa istasyonunda kuraklığın arttığını açıkça göstermektedir. Ayrıca, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında anlamlı olarak artan yönde trend belirlenmiş olsa da geçmiş yıllarda neredeyse hiç yağışın oluşmamasından dolayı meydana gelen artışın istasyonun trend varlığı belirlenmesinde dikkate alınmamıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 17177 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP birimine teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Şimşek, O. Gümüş, V. Soydan, N. G. Yenigün, K. Kavşut, M. E. ve Topçu, E. 2013. Hatay ilinde bazı meteorolojik verilerin gidiş analizi. SDU International Journal of Technological Science. 5 (2):132-144.

[2] Oğuztürk, G. ve YILDIZ, O. 2014. Kırıkkale ilinde farklı zaman periyotları için kuraklık analizi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi. 6 (2): 19-25.

[3] Partal, T. 2002. Türkiye yağış verilerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye. 97 sayfa.

[4] Oruç, N. 2017. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale, Türkiye. 98 sayfa.

[5] Uzunkol, M. 2017. Seyhan ve Ceyhan havzalarının iklimi ve kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye. 135 sayfa.

[6] Başak, A. 2017. Aşağı Fırat Havzasında yapay zekâ yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye.

[7] Tuğrul, T. 2016. Güneydoğu Anadolu Projesi illerinin kuraklık analizinin günlük ve aylık efektif kuraklık indeksi kullanılarak karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye. 114 sayfa.

[8] Akyürek, M. 2003. Türkiye yıllık ortalama akımlarının trend analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye. 105 sayfa.

[9] McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Boston, American Meteorological Society. 17 (22): pp. 179-183.

[10] Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.

[11] Mann, H. B. 1945. Nonparametric Tests against Trend. Econometrica, 13(3): 245-259.

[12] Yu, Y.-S. Zou, S. and Whittemore, D. 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of Rivers in Kansas. Journal of Hydrology, 150 (1): 61-80.

[13] Yue, S. and Wang, C. 2002. The Influence of Serial Correlation on the mann–whitney test for detecting a shift in Median. Advances in Water Resources, 25 (3): 325-333.

[14] Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American statistical association, 63 (324), 1379-1389.

Ameliyathanelerin **Per**formanslar**ına Et**ki **E**den **Fa**ktörlerin **Bulanı**k **AHP ile Değerlen**dirilmesi

Evaluation of the Factors Affecting the Performance of Operating Room by Fuzzy AHP

Tamer EREN [1]
Şeyda GÜR [2]

[1,2] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,

Özetçe

Hastaneler çeşitli finansal baskılarla karşı karşıya kaldıklarında, en maliyetli alanlarından biri olan ameliyathanelerde önlenebilir masraflar için, operasyonları yeniden gözden geçirmekte ve bu alanlardan elde edilen verimi arttırmak istemektedirler. Ameliyathanelerin işleyişindeki en ufak aksamalar bile bir dizi verimsizliğe yol açabilmektedir. Minik görünmekle birlikte bu aksaklıkların hasta bakımı için geniş kapsamlı etkileri bulunmaktadır. Bir operasyonun zamanında başlayamaması, eksik ekipman parçasının gelmesi için harcanan birkaç dakika bile, bir ameliyathanenin verimliliğini ve pozitif katkı marjını sürdürme yeteneğini ciddi biçimde engelleyebilmektedir. Ameliyathanelerdeki standartlaştırılmış düzenler hem fiziksel ve zihinsel açıdan hata oranını hem de personel üzerindeki yorgunluğu azaltmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada ameliyathanelerin verimliliği üzerinde etkili olan kriterlerin değerlendirilmesi problemi ele alınmıştır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile, belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Ameliyathane, performans, bulanık analitik hiyerarşi prosesi

Abstract

When hospitals face a variety of financial pressures, they are reviewing operations for preventable costs in operating rooms, one of the costliest areas, and they want to increase the yield obtained from these areas. Even the slightest disruption in the working of the operating rooms can lead to a number of inefficiencies. These disruptions have a wide range of effects on patient care, although they seem small. Even if an operation cannot start on time, a few minutes spent for the missing piece of equipment, it can seriously hinder the efficiency of an operating room and its ability to maintain a positive contribution margin. Standardized layouts in operating rooms reduce both physical and mental error rates and fatigue on staff. Therefore, in this study, the problem of evaluating the criteria affecting the efficiency of the operating rooms was discussed. With the fuzzy analytic hierarchy process of multi-criteria decision-making methods, the determined criteria were weighted.

Keywords:

Operating room, performance, fuzzy analytic hierarchy process

1. Giriş

Performans değerlendirme süreçlerinde birçok faktör belirleyici rol oynamaktadır. İşletmelerin başarı derecesi olarak görüldüğü için, performans değerlendirme süreçlerinden elde edilen geri bildirimler ile sistemdeki aksaklıklar zamanında tespit edilebilmektedir [1]. Performans değerlendirme kavramı literatürde araştırmacıların farklı alanlarda ilgi odağı haline gelmiştir. Çok çeşitli uygulama alanlarına sahip olan bu problem tipi ile araştırmacılar, ele aldıkları örgütün başarısını değerlendirebilmektedir. Bu çalışmada ele alınan ameliyathanelerin performanslarını değerlendirme problemi literatürde son yıllarda ilgi görmeye başlamış bir konudur. Ameliyathaneler yüksek maliyetlerine rağmen aynı zamanda en yüksek gelir üreticilerinden biridir. Bir ameliyathanenin verimliliği üzerinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Sağlık sektöründe yaşanan değişmeler ile sağlık hizmeti veren kuruluşlar daha yüksek kalitede, daha düşük maliyette hizmet vermeye odaklanmışlardır.

Araştırmacılar daha çok ameliyathanelerin performansları üzerinde etkili olan faktörleri teorik açıdan ele alarak bu faktörler hakkında bilgi vermektedir. Yapılan literatür incelemesine göre [2], bu faktörlerin niceliksel olarak değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma görülmektedir. [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] hastane yöneticilerinin ameliyathanelerin verimliliklerini arttırma eğiliminde olduklarına dikkat çekmişlerdir. Ameliyathanede geçirilen zamanın oldukça değerli olduğuna ve yaşanabilecek gecikmelerin neden olabileceği olumsuzlukların verimsizliği azaltacağını belirtmişlerdir. Bahsedilen çalışmaların temel amacı verimlilik üzerinde olumlu ve olumsuz etkilerin nedenlerini belirlemeye yönelik olduğu görülmektedir. Ayrıca verimlilik üzerindeki olumsuz etkisi olan bu nedenlerin üstesinden gelmenin yollarını araştırmışlardır. [12], [13], [14], [15], [16], [17] hastanelerin verimliliğinin arttırılmasının ameliyathane verimliliğinin arttırılması ile bağlantılı olduğuna dikkat çekmişlerdir. Problem temel nedenlerini sistematik olarak tanımlayarak performansı arttırmaya yönelik araştırmalarına devam etmişlerdir.

Bu çalışmada ise literatürden farklı olarak ameliyathanelerin performansı, verimliliği üzerinde etkili olan faktörlerin karar verme problemleri açısından niceliksel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu performans değerlendirmesi üzerinde etkili olan sübjektif verileri niceliksel verilere aktarmada yardımcı olan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden (ÇÖKV) bulanık analitik hiyerarşi prosesi (BAHP) kullanılmıştır. Performans üzerinde etkili olan faktörleri belirlerken Lin vd. [18] çalışmasından yararlanılmış ve aynı zamanda hastane yöneticilerinin görüşlerine başvurulmuştur.

2. Yöntem

İnsan mantığı genel olarak, karar verirken içinde bulunduğu durumun avantaj ve dezavantajlarına göre strateji şekillendirmeye yönelik çalışmaktadır. Karar verme süreçlerinin karmaşıklığı düşünüldüğünde bulanık mantık bu noktada devreye girmektedir. Bulanık mantıkta faydalanılan araçlardan biri olan BAHP, hiyerarşik yapıdaki problemleri bulanık mantığa dayanarak çözmek için kullanılmaktadır [19]. Karar vericiler sabit değerlere nazaran aralıklı karar vermenin karmaşık problemleri daha rahat çözümleyebildiği kanısındadırlar. Bu çalışmada Chang [20] tarafından geliştirilmiş olan yaklaşım kullanılmaktadır. BAHP yöntemi literatürde farklı uygulama alanlarına sahiptir. Hamurcu ve Eren [21], Dinç vd. [22] ulaşımda, Aydın ve Eren [23] savunma sanayiinde kullanmışlardır.

Ameliyathanelerin performanslarına etki eden faktörlerin değerlendirilmesini ele alan bu çalışmada, uzmanlar aralıklı değerler ile karmaşık yapıya sahip bu probleme farklı bir bakış açısı ile yaklaşmışlardır. Hiyerarşik yapıya sahip olan bu faktörler, yöntemin çözüm adımları ile ağırlıklandırılmıştır. Böylece ameliyathaneler üzerinde etkili olan faktörlerin önem derecelerine ulaşılmıştır. Hastane yöneticileri açısından verimlilik üzerinde etkili olan olumlu ve olumsuz faktörlerin ne derece önemli olduğu belirlenmiştir. Bu faktörler açısından ameliyathanelerin performansları düşünüldüğünde ilerleyen çalışmalarda bu faktörleri dikkate alacak uygulamalar yapılabileceği öngörülmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Sağlık sektöründeki artan talep ile hastane yöneticileri verdikleri hizmet kalitesini arttırarak müşteri memnuniyetini en üst seviyeye çıkarmayı hedeflemektedir. Bunun için özellikle performans odaklı çalışan hastane yöneticileri öncelikle bu performansı etkileyen faktörleri belirlemeyi ve hangi faktörün ne derece önemli olduğunu bilmeyi istemektedirler. Hastanelerin en önemli birimleri arasında gösterilen ameliyathanelerin performansları üzerinde birden çok faktör etkilidir. Bu çalışmada da hastanelerin en önemli birimi olan ameliyathanelerin performansı üzerinde etkili olan faktörleri incelemeye odaklanılmıştır. Kırıkkale devlet hastanesinde yapılan uygulama ile kriterlerin belirlenmesi ve ne derece etkili olduklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Öncelikle performans üzerinde etkili olan faktörler belirlenmiştir. Bu faktörler belirlenirken Lin vd. [18] çalışması baz alınmıştır ve aynı zamanda hastane yöneticilerinin uzman görüşlerine başvurulmuştur. Hastanede ameliyathane görevlisi ve hastane yöneticileri bir araya gelerek kriterlerin hiyerarşik yapısı düzenlenmiştir. Tablo 1'de kriterlerin hiyerarşik yapısı ve çözüm sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları gösterilmektedir.

TABLO I. Kriterlerin hiyerarşik yapısı ve ağırlıkları

Ana Kriter		Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı	Ana Kriter		Alt Kriterler	Kriter Ağırlığı
Öğrenme ve büyüme (0)	**K1**	Bilişim sistemlerini uygulama kabiliyetleri	0,193	**Hasta (0,353)**	**K13**	Bekleme süresi	0
	K2	Çalışan güvenliği/refahı	0,225		**K14**	Operasyon zamanı	0
	K3	Personel memnuniyeti	0,225		**K15**	Ameliyat sonrası iyileşme süresi	0
	K4	İçsel iletişim	0,146		**K16**	Operasyon ekibi hakkında hasta memnuniyeti	0,225
	K5	Yetkili kişileri istihdamı	0,036		**K17**	Hasta şikâyeti	0,431
	K6	Takım çalışması	0,176		**K18**	Zamanda hastaya hizmet sunma yeteneği	0,338
İç süreçler (0)	**K7**	Sürekli iyileştirme yeteneği süreci	0		**K19**	Hastaların sorularına tepki verme yeteneği	0,006
	K8	Proses standartlaştırma kapasitesi	0	**Maliyet (0,647)**	**K20**	Çalışan başına geri dönüş	0,469
	K9	Hatalardan kaçınma yeteneği	0		**K21**	Tolerans/Ayrım	0,062
	K10	Hataları düzeltme zamanı	0		**K22**	Düşük maliyetli yönetim	0,469
	K11	İç ve dış iletişim	0,391				
	K12	Etkili bilgi sistemleri	0,609				

Hiyerarşik yapı 4 ana kriter ve 22 alt kriterden oluşmaktadır. Ana kriterler arasında öğrenme ve büyüme, iç süreçler, hasta ve maliyet kriterleri olduğu görülmektedir. İkili karşılaştırmalar matrislerinde, ameliyathane görevlisi ve hastane yöneticilerine bulanık önem ölçeğine dayanarak karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Tüm kriter ve alt kriterler için bu karşılaştırmaların yapılması istenmiştir. Yapılan karşılaştırma matrislerinden ana kriterler arasında olanı Tablo 2'de verildiği gibidir.

Tablo II. Ana kriterler arasındaki karşılaştırma matrisi

	ÖB	İS	H	MA
ÖB	**(1,1,1)**	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)
İS	(2/3,1,3/2)	**(1,1,1)**	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)
H	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	**(1,1,1)**	(3/2,2,5/2)
MA	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(2/5,1/2,2/3)	**(1,1,1)**

ÖB: Öğrenme ve Büyüme; **İS:** İç Süreçler; **H:** Hasta; **MA:** Maliyet

BAHP adımlarına göre bu matris için bulanık hesaplamalar şu şekilde yapılmıştır:

$\sum_{i=1}^{4} M_{g_i}^{1} = (2.352, 2.833, 3.567)$

$\sum_{i=1}^{4} M_{g_i}^{2} = (2.556, 3.250, 4.286)$

$\sum_{i=1}^{4} M_{g_i}^{3} = (4.667, 6.000, 7.500)$

$$\sum_{i=1}^{4} M_{g_i}^{4} = (7.400, 8.500, 9.667)$$

$$\sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{4} M_{g_i}^{j} = (16.975, 20.583, 25.019)$$

olarak hesaplanmıştır. Daha sonra kriterlerin ağırlıklarının hesaplanabilmesi için olabilirlik değerleri elde edilmiştir. Tablo 4'te olabilirlik değerleri verilmiştir.

Tablo IV. Olabilirlik değerleri

V(M1≥M2)	0,842	**V(M3≥M1)**	1
V(M1≥M3)	0,133	**V(M3≥M2)**	1
V(M1≥M4)	0	**V(M3≥M4)**	0,546
V(M2≥M1)	1	**V(M4≥M1)**	1
V(M2≥M3)	0,330	**V(M4≥M2)**	1
V(M2≥M4)	0	**V(M4≥M3)**	1

Bu değerler kullanılarak;

d $(M_1) = 0$;

d $(M_2) = 0$;

d $(M_1) = 0.546$;

d$(M_1) = 1$ hesaplanmıştır.

Bu değerlerin normalize edilmesi ile W ağırlık değerleri elde edilmiştir. Öğrenme ve büyüme kriteri altında yetkili kişilerin istihdamı, personel memnuniyeti, içsel iletişim gibi alt kriterler yer almaktadır. Ameliyathane çalışanlarının mesleki açıdan uzmanlaşmış olması ve bu uzman kişilerin bir arada çalışması, tüm durumlara profesyonel yaklaşımları arttırmaktadır. Bilgi aktarımlarının üst seviyelerde olduğu ekip çalışmasında bireysel tecrübelerden faydalanılması arttırılmak istenmektedir. Personel memnuniyetinin sağlanması ise personelden elde edilen verimin artması aynı doğrultudadır. İstekleri ve ihtiyaçları mantıklı bir şekilde karşılanan personeller işlerine karşı duyduğu sorumluluğun daha çok bilincinde olacaktır ve işini en iyi şekilde yapmak için çalışmasını sürdürecektir. İçsel iletişimi kuvvetli olan hastanelerde bilgi aktarımında sorun yaşanmamaktadır. Bu sebeple bilgi yetersizliğinden kaynaklanan olası aksaklıkların önüne geçilmesi sağlanmaktadır.

İç süreçler kriteri altında hatalardan kaçınma yeteneği, hataları düzeltme zamanı gibi alt kriterler yer almaktadır. Ameliyathanelerin operasyon öncesi ve sonrası süreçlerde olası aksaklıkların gerçekleşme oranının azaltılması hatalardan kaçınabilme yeteneği ile mümkündür. Aynı şekilde hatalara zamanında müdahale edebilme de süreçteki aksaklığı düzeltebilme açısından çok önemlidir.

Hasta kriteri altındaki bekleme süresi, zamanında hastaya hizmet sunma yeteneği gibi alt kriterler yer almaktadır. Ameliyathanelerdeki hastaların bekleme sürelerinin artması hasta memnuniyetsizliğine yol açmaktadır. Bekleme süresi arttıkça hastalık durumunun ilerlemesi gibi durumlar ile karşı karşıya kalınabilmektedir. Hastaya zamanında müdahale edebilmek adına hasta bekleme sürelerinin azaltılması önemli bir faktör olarak görülmektedir. Hastaya zamanında hizmet sunulması hasta memnuniyetini arttırdığından performansın artmasına da etki edecektir.

Maliyet kriteri altında çalışan başına geri dönüş gibi alt kriterler yer almaktadır. Gelir-gider kalemleri içerisinde en büyük orana sahip olan ameliyathanelerin mümkün olan en az maliyetle çalıştırılması istenmektedir. Aynı zamanda personelin yoğun emek harcamasından dolayı her bir çalışana tatmin edici oranda geri dönüşlerin sağlanması, personel memnuniyeti arttırdığı gibi performansı da arttırıcı etkiye de sahiptir.

4. Sonuç

Hastane birimleri açısından bakıldığında hem iş yükü hem de gelir/gider kalemleri açısından en önemli birimlerindendir. Ameliyathanelerin performanslarının arttırılması planlamalara, personele, personelin hazırlığına, ameliyatın performansına, ameliyathanenin hazırlığına ve benzeri etkenlere bağlıdır. Verimsiz ameliyathane yönetimi hastaların beklemelerine veya operasyonların iptaline neden olabilir. İyi yönetilen bir ameliyathane ise hasta merkezli sonuçların iyileşmesine ve hasta/personel memnuniyetinin artması ile sonuçlanır. Bu çalışmada ele alınan probleme göre bir ameliyathanenin performansına etki eden kriterlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bir ameliyathanenin verimliliği nasıl arttırılır, ameliyathanenin kullanımı nasıl iyileştirir sorularını etkileyen kriterlerin incelenmesi yapılmıştır. Bir ameliyathanenin performansını etkileyen faktörleri belirleyebilmenin ilk aşaması denetim olmaktadır. Bunun için ameliyathane kullanımı ile ilgili çeşitli performans kriterleri tanımlanmıştır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden BAHP yöntemi ile bu performans kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Hastanelerin en önemli birimleri arasında gösterilen ameliyathanelerin performanslarını etkileyen kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında ana kriterler arasından maliyet kriteri alt kriterler arasından ise etkili bilgi sistemleri ön plana çıktığı görülmektedir. Bir bütün olarak düşünüldüğünde hastanenin ameliyathanelerde en çok dikkate alması gereken faktör maliyettir. Çeşitli nedenlerden dolayı artan maliyetler hastanenin olumsuz açıdan etkilenmesine yol açmaktadır. Yöneticiler hem maliyetleri azaltmayı hem de kalitenin arttırılmasını eş zamanlı olarak gerçekleştirmek ister. Ameliyathane maliyetleri ise değer odaklı bakımı anlayabilmek için önemlidir ve yöneticiler minimum maliyetle bakım sağlanmasını amaçlamaktadırlar. Bir hastanede etkin bilgi sistemleri ile de denetim çok yönlü olarak sağlanabilmektedir. Bilgi yöneticiler tarafından, stratejik bir kaynak ve işletmelerin potansiyelini arttıran bir faktör olarak görülmektedir. Organizasyonel yapılar bilgi üreten ve paylaşımını sağlayan sistemlerin kurulmasını desteklemelidirler. Bu yüzden etkili bir şekilde kurulan bilgi sistemleri hastane yöneticilerinin ulaşmak istedikleri hedefler doğrultusunda yardımcı kararlar almayı sağlamaktadır. Geliştirdikleri bilgi sistemleri ile örgütlerine ilave değer katmaktadırlar.

Ameliyathanelerin performanslarına etki eden faktörlerin değerlendirilmesine yönelik bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Bu yüzden bu çalışma, ilerleyen çalışmalara performanslara etki eden faktörlerin etkilerini ölçümleyebilme açısından katkı sağlamaktadır.

5. Referanslar

[1] Fidan, O. 2016. Performance evaluation methods were compared with each other on a sectoral basis. M. Sc. Thesis, University of Hasan Kalyoncu, Gaziantep, Turkey. 94 pp.

[2] Gür, Ş., and Eren, T. 2018. Application of Operational Research Techniques in Operating Room Scheduling Problems: Literature Overview. Journal of Healthcare Engineering, 2018, 1-15.

[3] Friedman, D.M., Sokal, S.M., Chang, Y., and Berger, D.L. 2006. Increasing operating room efficiency through parallel processing. Annals of surgery, 243: 10.

[4] Weaver, S.J., Rosen, M.A., DiazGranados, D., Lazzara, E.H., Lyons, R., Salas, E., and King, H.B. 2010. Does teamwork improve performance in the operating room? A multilevel evaluation. The Joint Commission journal on quality and patient safety, 36: 133-142.

[5] Cima, R.R., Brown, M.J., Hebl, J.R., Moore, R., Rogers, J.C., Kollengode, A., and Team, S.P.I. 2011. Use of lean and six sigma

methodology to improve operating room efficiency in a high-volume tertiary-care academic medical center. Journal of the American College of Surgeons, 213: 83-92.

[6] Forse, R.A., Bramble, J.D., and McQuillan, R. 2011. Team training can improve operating room performance. Surgery, 150: 771-778.

[7] Porta, C.R., Foster, A., Causey, M.W., Cordier, P., Ozbirn, R., Bolt, S., and Rush, R. 2013. Operating room efficiency improvement after implementation of a postoperative team assessment. Journal of Surgical Research, 180: 15-20.

[8] Sandbaek, B.E., Helgheim, B.I., Larsen, O.I., and Fasting, S. 2014. Impact of changed management policies on operating room efficiency. BMC health services research, 14: 224.

[9] Bender, J.S., Nicolescu, T.O., Hollingsworth, S.B., Murer, K., Wallace, K.R., and Ertl, W.J. 2015. Improving operating room efficiency via an interprofessional approach. The American Journal of Surgery, 209: 447-450.

[10] Fong, A.J., Smith, M., and Langerman, A. 2016. Efficiency improvement in the operating room. journal of surgical research, 204: 371-383.

[11] Khan, M.A., Sheraz, M., and Ahmad, S. 2016. Operating Room (OR) Utilization and Efficiency. The Professional Medical Journal, 23(1): 6-9.

[12] Tagge, E. P., Thirumoorthi, A. S., Lenart, J., Garberoglio, C., and Mitchell, K. W. 2017. Improving operating room efficiency in academic children's hospital using Lean Six Sigma methodology. Journal of pediatric surgery, 52: 1040-1044.

[13] reddy Gunna, V., Abedini, A., and Li, W. 2017. Maximizing operating room performance using portfolio selection. Procedia Manufacturing, 10: 83-91.

[14] Thomsen, A. S. S., Bach-Holm, D., Kjærbo, H., Højgaard-Olsen, K., Subhi, Y., Saleh, G. M., and Konge, L. 2017. Operating room performance improves after proficiency-based virtual reality cataract surgery training. Ophthalmology, 124: 524-531.

[15] Hamid, M., Hamid, M., Nasiri, M. M., and Ebrahimnia, M. 2018. Improvement of operating room performance using a multi-objective mathematical model and data envelopment analysis: A case study. International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 29: 117-132.

[16] Zeng, Z., Xie, X., Menaker, H., Sanford-Ring, S. G., and Li, J. 2018. Performance evaluation of operating room schedules in orthopedic surgery. Flexible Services and Manufacturing Journal, 30: 198-223.

[17] Gür, Ş., Uslu, B., Eren, T., Akça, N., Yılmaz, A., Sönmez, S. 2018. Analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak hastanelerde ameliyathane performansının değerlendirilmesi. Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi. (Basımda).

[18] Lin QL., Liu L., Liu HC., Wang DJ. 2013. Integrating Hierarchical Balanced Scorecard with Fuzzy Linguistic for Evaluating Operating Room Performance in Hospital. Expert Systems with Applications, 40:1917-1924.

[19] Yılmaz, S. 2006. Application of AHP and fuzzy AHP to aircraft selection criterias. M. Sc. Thesis, University Yıldız Teknik, Istanbul, Turkey. 128 pp.

[20] Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research, 95: 649-655.

[21] Hamurcu M. and Eren T., 2018. Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım için Bulanık AHP Tabanlı VIKOR Yöntemi ile Proje Seçimi. NWSA Engineering Science, 13: 201-216.

[22] Dinç, S., Hamurcu, M. and Eren, T. 2018. Kentsel Ulaşımda AHP ve Bulanık AHP ile Tramvay Alternatiflerinin Seçimi. 1. International Conference on Intelligent Transportation Systems Banu – ITSC'18, s. 141-142, 19-21 April, 2018.

[23] Aydın, Y. and Eren, T., 2018. Hava Savunma Sanayii Alt Yüklenici Seçiminde Bulanık Mantık Altında Çok Kriterli Karar Verme Ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. Journal of Aviation, 2: 10-30.

Çizelgeleme Problemlerinin Nesnelerin İnterneti Açısından İncelenmesi ve Geliştirilmesi.

Review and Development of Scheduling Problems in Terms of Internet of Things.

Mehmet Emin AYDOĞDU[1]
Nurettin BEŞLİ[2]
Serkan KAYA[3]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[3]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Nesnelerin İnternetinin yaygınlaşmasıyla süreçlerin her seviyesinde veri toplanması ve bu verilere bağlı hızlı karar ve denetim çıkışları oluşturulması mümkün olmuştur. Endüstri alanında kullanıldığında elde edilecek verilerin analizi ile üretim planlaması optimize edilerek ciddi boyutlarda zaman, kaynak ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Endüstride yaygın olarak ortaya çıkan atölye tipi çizelgeleme problemleri bilgisayar işlem kapasitelerinin artmasıyla sezgisel yöntemler kullanılarak çözülmekte ve başlangıçta belirlenen sabit parametreler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Gerçek hayatta ise makinelerin bozulması veya kaynakların yetişmemesi gibi ek problemler oluşabilmektedir.

Çalışmamızda, üretimde kullanılacak olan makineler veya üretim bantlarının nesnelerin interneti ağına dâhil edilerek anlık durum verilerinin alınması, analiz edilmesi, esnek atölye tipi çizelgelemenin oluşturulması ve denetim bilgilerinin iletilmesini sağlayacak donanımsal ve yazılımsal alt yapısı tasarlanmıştır.

Yapılan benzetimlerde klasik çizelgeleme yöntemleriyle karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Nesnelerin İnterneti, Endüstri 4.0, Üretim Planlama, Çizelgeleme, Akıllı Makineler.

Abstract

With the spread of the Internet of Things, it has been possible to collect data at all levels of the processes and to create rapid decision and control outputs based on these data. it can optimize production planning by analyzing the data obtained from this network and save time, resources and energy in serious dimensions.

Workshop-type scheduling problems that are common in industry are solved by using Heuristic methods with increasing computer processing capacities and realized through fixed parameters determined at the beginning. In real life, additional problems may occur, such as failure of machines or failure of resources.

In our study, the hardware and software infrastructure which will be used in production to be used in the production of the machines or production lines to be taken into the Internet of Things, analysis of instant status data, creation of flexible workshop type scheduling and transmission of audit information are designed.

The comparisons were made with classical scheduling methods

Keywords:

Internet of Things, Industry 4.0, Production Planning, Scheduling, Intelligent Machines.

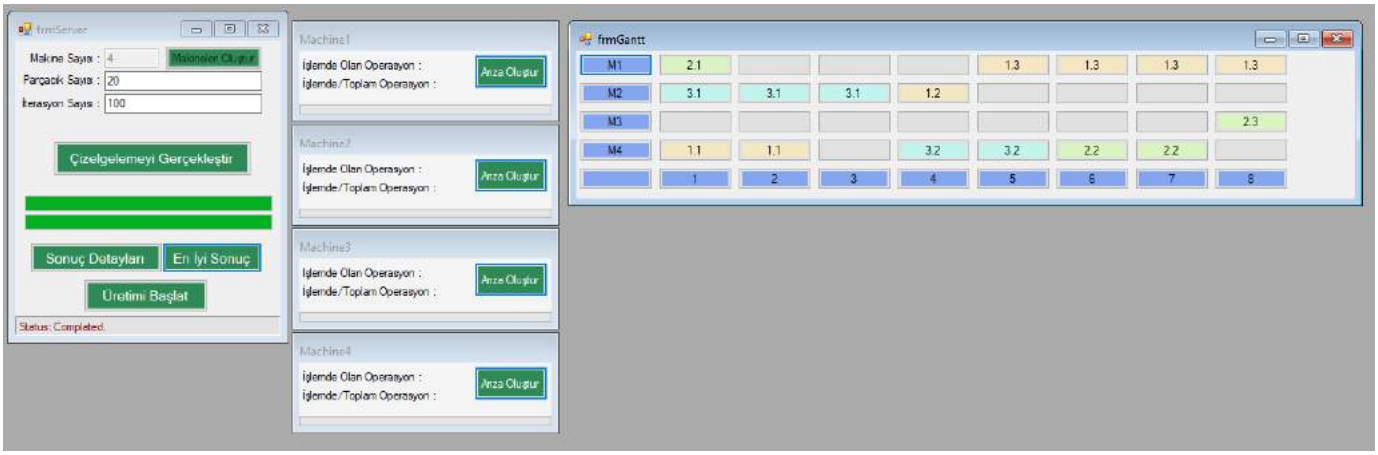
1. Giriş

Nesnelerin İnterneti konusunun hızlı bir şekilde hayatımıza girmesiyle birlikte sanayide de Endüstri 4.0 kavramı akıllı fabrikalara doğru giden yolu göstermektedir. Özelliklede üretim alanlarının geleceği açısından hayati önem arz etmektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun(BTYK) Şubat 2016 da yapmış olduğu 29. Toplantısında Endüstri 4.0 başlığı altında önemli kararlar alınmıştır[1]. Bu kapsamda siber fiziksel sistemler, yapay zekâ, sensör, robot teknolojileri, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, siber güvenlik ve bulut bilişim alanlarında yetkinliklerin artırılmasını hedefleyen Ar-Ge çalışmalarına hız verilmesi kararı alınmıştır. 2017 yılı içerisinde Bilim, Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından yayınlanan "Türkiye'de Sanayi Uygulamaları 4.0" başlıklı yazıda Endüstri 4.0 kavramının ülkemiz sanayisinin geleceği açısından çok önemli bir role sahip olduğu ve bu konularda ülkemizdeki tüm paydaşlar tarafından çalışmalar yapılması gerekliliğinden bahsedilmiştir[2]. Bakanlığın bu yazısı doğrultusunda Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği(TÜSİAD), "Sektörde Dijital Teknolojiler" konusuna odaklanmış, Ülkemizin bu alandaki ihtiyaçlarını belirlemek ve işletmelerin daha fazla teknoloji kullanmasına yardımcı olacak önlemler üzerine çalışmalar yaparak Aralık 2017 tarihli bir rapor yayımlamıştır. Bu raporda Üniversitelerimizde Endüstri 4.0 başlığı altında akademik çalışmalar yapılmasının gerekliliğinden ve öneminden bahsedilmiştir[3]. Bu sebeple bu gibi çalışmaların gelişerek arttırılması ülkemiz menfaatine olacağını düşünerek yapacağımız çalışmanın özellikle seri üretim yapan işletmelerde üretim planlama konusunun işlenmesi esnasında yaşanılacak problemlere çözüm önerileri getirmiş olacağız. Aynı zamanda işletmenin, Nesnelerin İnterneti teknolojilerini kullanarak Endüstri 4.0 a geçişini kolaylaştırmak amacıyla örnek bir uygulama geliştirmeyi planlamaktayız.

2. Materyal ve Yöntem

Çizelgeleme, belirli sayıdaki işlerin tamamlanabilmesi amacıyla elde bulunan kaynakların zamana bağlı olarak atanmasıdır. NP-zor problem olan çizelgeleme çözümlerinde en uzun işlem zamanı(LPT), en kısa işlem zamanı(SPT) ve en küçük teslim tarihi(EDD) gibi klasik yöntemler kullanılabilse de Meta sezgisel yöntemlerin gelişimiyle birlikte Genetik Algoritma, Fuzzy kontrol ve Parçacık Sürü Optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Ciddi boyutlarda zaman, kaynak ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Temmuz 2014 yılında Dr. Kaya'nın yayımlanan tezinde[4], Parçacık Sürü

Optimizasyonu(PSO) kullanılarak Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Algoritması geliştirilmiştir. Bu çalışmamızda ise geliştirilen PSO algoritması C# yazılım dili kullanılarak programlanmış ve otomasyon haline geliştirilmiştir. Optimum sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Mevcut algoritmada makine arızası, kaynak tükenmesi vb. gibi durumlar hesaba katılmadan sonuç elde edilmekteyken bu çalışmamızda ise dinamik olarak algoritmamız makinelerden herhangi birinin arızalanması ile oluşabilecek senaryolar için Nesnelerin İnterneti teknolojileri kullanılarak çözüm önerileri getirilmiştir. Geliştirmiş olduğumuz uygulamada sunucu bilgisayarı temsil eden sayfa üzerinde makine sayısı ve operasyon sayısı istenilen miktarlarda değiştirilebilmektedir. Yapılan ayarlamalar sonucunda yine sunucu bilgisayarı temsil eden sayfa üzerinde PSO algoritması çalıştırılır ve maksimum tamamlanma süresi hesaplanarak Gantt şeması görsel olarak oluşturulur. "Üretimi Başlat" butonu kullanılarak üretim makinalar üzerinde başlatılır. Makineler üzerinde bulunan "Arıza Oluştur" butonu ile herhangi bir makinede arıza üretilebilir. (Şekil 1)



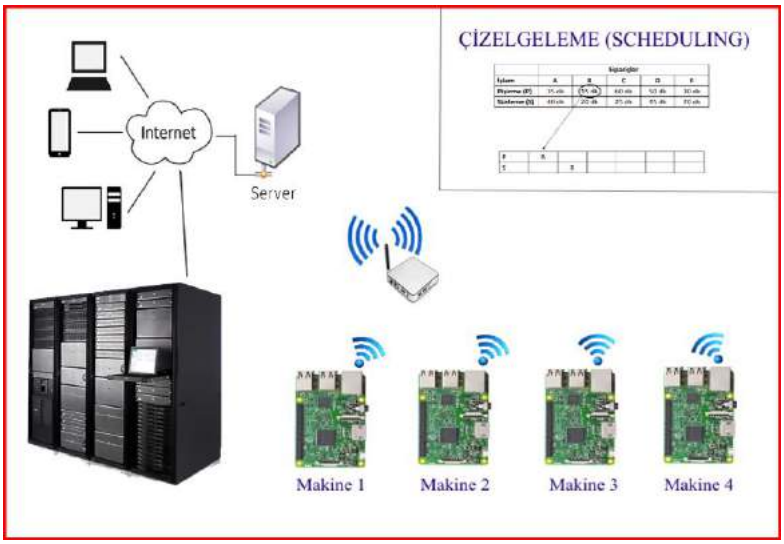
Şekil. 1. C# Yazılım Dili Kullanılarak Geliştirilen Otomasyon Görseli

4 Paralel makine, 3 İş ve 8 alt operasyondan oluşan örnek bir senaryo[4] ele alınmıştır(3x4x8). Her operasyonun farklı makinelerde farklı işlenme süreleri vardır. Makineler nesnelerin interneti teknolojileri kullanılarak akıllı hale getirilecek ve bir sunucu aracılığı ile birbirleriyle haberleşmeleri sağlanacaktır. Bu sayede sunucu üzerinde elde edilen çizelgeleme sonucu doğrultusunda makineleri üretim için başlatılacak ve gerek duyulması halinde durdurulabilecektir. Birinci senaryomuzda makinelerin üretim sonuna kadar çalıştığı ve planlanan sürede üretimin tamamlandığı düşünülerek sonuç elde edilmiştir. İkinci senaryomuzda ise üretim esnasında bir makinenin arızalanması ve geri kalan işlerin diğer makineler tarafından gerçekleştirilmesi amaçlanarak sonuç elde edilmiştir. İkinci senaryoda gerçekleştirilen işlem adımları Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo. 1. Arıza İçeren Üretim Süreci

1. Adım	Çizelgeleme işlemi ana sunucu üzerinde gerçekleştirilir.
2. Adım	Çizelgeme sonucuna göre makinelerin yapacakları iş tabloları, ilgili makinelere Nesnelerin İnterneti teknolojileri kullanılarak iletilir.
3. Adım	Ana sunucu üzerinden makinelere "BAŞLA" komutu gönderilerek üretimin başlaması sağlanır.
4. Adım	Üretime başlandıktan bir müddet sonra makinelerden biri her hangi bir nedenden dolayı devre dışı kalırsa ana sunucuya üretimin durduğunu belirten bir arıza komut iletir.
5. Adım	Ana sunucu diğer makineler üzerinde devam etmekte olan üretimin durmasını sağlayacak komutu göndererek üretimi durdur.
6. Adım	Ana sunucu, üretimi gerçeklememiş olan tüm operasyonları tekrar çizelgeleme işlemine tabi tutarak yeni bir sonuç üretir[6].
7. Adım	2. ve 3. Adımlar tekrarlanır.
8. Adım	Yeni bir arıza olmaması durumunda üretim planlandığı şekilde tamamlanır
9. Adım	Üretim süreci sonucunda bir rapor hazırlanarak internet ortamına aktarılır.

TÜBİTAK'ın 2016 yılında 1000 özel sektör kuruluşuyla yapmış olduğu çalışma, sanayimizin dijital olgunluk seviyesinin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında olduğunu, yani üretimde kullanılan çoğu makinenin bilgisayarlı(akıllı) makine olamadığını göstermektedir. Akıllı üretim makinelerinin maliyetlerinin yüksek olması nedeni ile mevcut makinelerin akıllı hale getirilmesi için yapılacak çalışmaların, Endüstri 4.0 a geçiş açısından firmalara kolaylık sağlayacağını düşünmekteyiz. Raspberry Pi(IoT uygulamaları yapmak için kullanabileceğiniz küçük ve ekonomik bir bilgisayardır.) mini bilgisayarı[5] bu amaçla kullanılabilmektedir. Geliştirmiş olduğumuz otomasyon üzerinde gerçekleştirdiğimiz senaryoları uygulamak için bir deney ortamı hazırlandı. Sanayide kullanılan akıllı makineleri temsil etmesi açısından Raspberry Pi mini bilgisayarı kullanmanın uygun olacağını düşündük. Bu cihazlardan örnek olarak 4 adet kullanılmıştır. Her cihaz bir üretim makinesini temsil etmektedir. Bu cihazlar birbirleriyle veya sunucu ile kablosuz ağ üzerinden haberleşmeleri sağlanmıştır. Oluşturulan bu deney ortamı Şekil 2'de gösterildiği gibi hazırlanmıştır.



Şekil. 2. Sanayide kullanılan makinaları temsil eden Raspberry Pi mini bilgisayarı ve sistem tasarımı

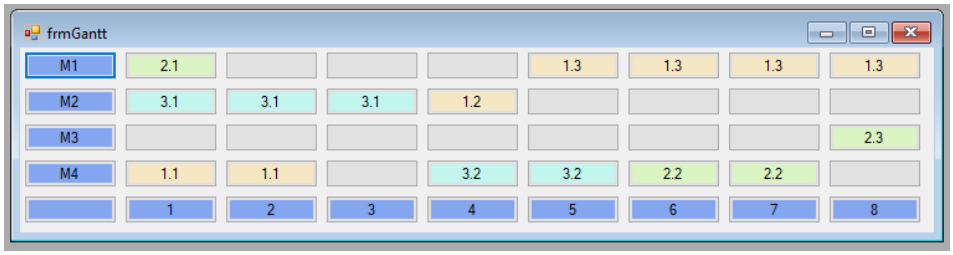
3. Bulgular ve Tartışma

Senaryomuzda bahsedilen 8 operasyonun makineler üzerindeki işlem süreleri Tablo 2 de verilmiştir. Aynı anda iki farklı iş(J1,J2,J3) üretilebilmekteyken her işin alt operasyonları kendi aralarında işlem sıraları bulunmaktadır (Ör: O1.1 üretilmeden O1.2 üretilemez).

Tablo. 2. Makine – Operasyon İşlem Süreleri

		M1	M2	M3	M4
J1	O1.1	4 dk.	7 dk.	3 dk.	2 dk.
	O1.2	3 dk.	1 dk.	3 dk.	5 dk.
	O1.3	4 dk.	5 dk.	6 dk.	7 dk.
J2	O2.1	1 dk.	3 dk.	4 dk.	6 dk.
	O2.2	4 dk.	5 dk.	3 dk.	2 dk.
	O2.3	6 dk.	2 dk.	1 dk.	3 dk.
J3	O3.1	8 dk.	3 dk.	4 dk.	5 dk.
	O3.2	4 dk.	3 dk.	6 dk.	2 dk.

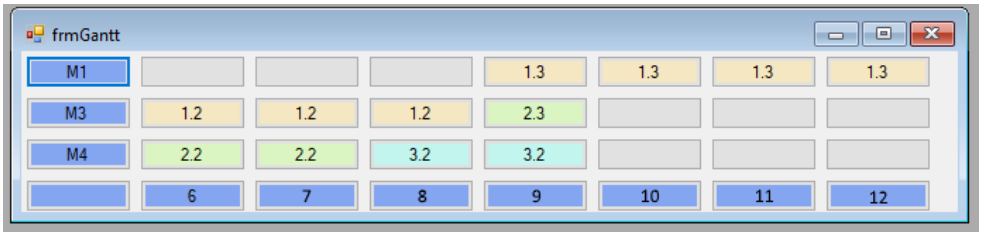
1000 iterasyon ve 50 parçacık kullanılarak gerçekleştirilen çizelgeleme sonucunda maksimum tamamlanma süresi 8 dakika bulunmuştur. Bulunan sonuca ait Gantt şeması Şekil 3 de gösterilmektedir.



Şekil. 3. Arıza Öncesi Oluşturulan Gantt Şeması

Birinci senaryomuzda makine arızası oluşmadığından üretim 8. dakika sonun da tamamlanmış olacaktır. Arıza oluşmuş olması durumunda üretim tamamlanmadan süreç sona erecektir.

İkinci senaryomuzda ise 4. dakikada Makine 2(M2) de arıza oluşturulmuştur. Oluşan arıza sonucunda ana sunucu üretimi durdurmuş, geriye kalan operasyonlar göz önünde bulundurularak çizelgelemeyi gerçekleştirmiş ve üretimi 6. dakika dan devam ettirmiştir. Yeniden hesaplanan sonuç geriye kalan operasyonların 7 dakika da M1,M3,M4 makinalarında tamamlanacağını göstermektedir. İkinci kez elde edilen Gantt şeması Şekil 4 de gösterilmektedir. Oluşan yeni sonuca göre üretim 12 dakikada tamamlanmıştır. Normal gerçekleşmesi gereken zamana göre 4 dakika gecikmeyle tamamlanmış olacaktır.



Şekil. 4.Arıza Sonrası Yeniden Oluşturulan Gantt Şeması

4. Sonuç

Klasik çizelgeleme yönteminde makinenin arızalanması veya devre dışı kalması göz önünde bulundurulmazken önerdiğimiz modelde Nesnelerin İnternet teknolojisi kullanılarak hem arızanın fark edilmesi sağlanmış hem de üretimin devamlılığı sağlanmış olacaktır. Gelecek çalışmalarda bu makineler üzerinde gerçekleşen tüm işlemlerin loğları tutularak ana sunucu üzerinde anlık raporlar oluşturulabilir. Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak analizleri gerçekleştirilip yöneticiye gelecek üretimlerin daha verimli gerçekleştirilmesi konusunda önermeler yapılabilir.

Raspberry Pi Mini bilgisayarı kullanılarak akıllı olmayan makineler akıllı hale getirilerek, Nesnelerin İnterneti ağına dâhil edilebilmesi sağlanabilir. Bu sayede küçük çaplı üretim firmalarının Endüstri 4.0 a geçişişini kolaylaştıracak uygulamalar geliştirilebilecektir.

5. Referanslar

[1] Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulunun(BTYK). “Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 29. Toplantısı” TÜBİTAK, Şubat 2016

[2] Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanı Dr. Faruk ÖZLÜ. “THE ADVENT OF TURKEY’S INDUSTRY 4.0 ” Turkish Policy Quarterly, Summer 2017

[3] TUSİAD “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği ” The Boston Consulting Group TÜSİAD-T/2017,12 – 589

[4] Serkan KAYA, Çok Amaçlı Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Geliştirilmiş Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Çözümüne Yönelik Model Önerileri, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-2014

[5] Xiaoyang Zhong and Yao Liang *. “Raspberry Pi: An Effective Vehicle in Teaching the Internet of Things in Computer Science and Engineering” Electronics 2016, 5, 56

[6] Fahmy S. A., Balakrishnan S., Elmekkawy T. Y., A generic deadlock-free reactive scheduling approach, International Journal of Production Research, 2009, 47, 5657-5676.

Çok Amaçlı Özdeş Paralel Makineli Çizelgeleme Problemlerinin Yerel Arama Algoritması İle Çözümü

Solution of Multi-Objective Identical Parallel Machine Scheduling Problems with Local Search Algorithm

Serkan KAYA[1]
İzzettin Hakan KARAÇİZMELİ[2]
[1,2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Aynı işi yapan birden fazla makinenin olduğu üretim ortamı paralel makine çizelgeleme problemi olarak tanımlanır. Paralel makine çizelgeleme problemleri tek makine çizelgeleme problemlerine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Paralel makine çizelgeleme problemleri, özdeş, benzer ve birbirinden bağımsız paralel makineler olmak üzere üç başlıkta toplanır. Öncelik kuralları çizelgeleme problemlerine kolaylıkla uygulanabilmelerinden dolayı tercih edilen klasik yöntemlerdir. Yerel arama algoritmaları genellikle diğer algoritmalar tarafından bulunmuş bir başlangıç çözümü ile çalışmaya başlar ve öncekinden daha iyi bir performans değerine ulaştığında sonlanır. Bu çalışmada, ortak teslim zamanlı ve hazırlık süresine sahip çok amaçlı özdeş paralel makine çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Ele alınan performans ölçütleri ortalama tamamlanma zamanı ve maksimum tamamlanma zamanıdır. Klasik öncelik kuralları ile elde edilen başlangıç çözümleri yerel arama algoritması ile geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar diğer sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve yerel arama algoritması ile elde edilen sonuçların klasik sıralama kurallarına göre daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Çok amaçlı çizelgeleme, Özdeş paralel makine, Yerel arama algoritması, öncelik kuralları.

Abstract

Production environments with multiple machines performing the same job are defined as parallel machine production environments. Parallel machine scheduling problems are more complex than single machine scheduling problems. Parallel machine scheduling problems are divided into three groups as identical, uniform and unrelated parallel machine scheduling problems. Dispatching rules are the preferred classical methods for solving such problems since they can be easily applied. Local search algorithms usually start with an initial solution found by other algorithms and terminate when they reach a better performance value than before. In this study, the solution of multi - objective identical parallel machine scheduling problem with local search algorithm is discussed. The performance measures dealed are the mean and maximum completion time. The initial solutions obtained by classical dispatching rules are developed with the local search algorithm. The results obtained by the local search algorithm are compared with the results obtained by dispatching rules and it has shown that the local search algorithm provide better results than classical dispatching rules.

Keywords:

Multi-objective scheduling, Identical parallel machine, Local search algorithm, Dispatching rules.

1. Giriş

Çizelgeleme genel olarak, bir işletmede belirli bir dönem aralığında yapılacak işlerin sıralarının ve sürelerinin belirlenmesi ve bu işlerin yapılabilmesi için kaynakların tahsis edilerek optimum üretim hedeflerini yakalama çalışmaları olarak tanımlanabilir. Pinedo (2008) çizelgelemeyi, belirli bir zaman sürecinde kaynakların işlere tahsis edilmesini ve bir veya daha fazla amacın optimizasyonunu hedefleyen, üretim ve hizmet sektörlerinin birçoğunda düzenli olarak kullanılan bir karar verme süreci olarak tanımlamıştır [1].

Çizelgeleme problemleri sınıflandırılırken temel alınan kriterlerden en önemlisi üretim ortamının türüdür. Günümüzde farklı yapı ve özelliklere sahip üretim ortamlarına rastlanmaktadır. Çizelgeleme probleminde ele alınan üretim ortamının türü, problemin kısıtlarını ve kaynakların özelliklerini etkileyecektir. Üretim ortamının çeşitliliğine göre çizelgeleme problemleri de çeşitlilik göstermektedir. Çizelgeleme problemi, tek makineli birden fazla işin sıralandığı problemlerden, çok makineli karmaşık atölye yapısının olduğu boyutlara kadar farklılıklar gösterebilmektedir.

Tek makineli çizelgeleme ortamı, sistemde sadece bir makinenin bulunduğu durumu ifade eder ve diğer çizelgeleme problemlerine göre en kolay problem sınıfı olarak tanımlanır. Tek makineli ortamda kullanılan yöntemler aynı zamanda daha karmaşık problemlerin çözümüne de ışık tutar. Paralel makine çizelgeleme problemleri işlerin sistemdeki m adet makine grubundan herhangi birinde işlenme durumunun olduğu problem sınıfına girer. Paralel makine çizelgeleme problemleri aslında tek makine çizelgeleme problemlerinin genelleştirilmiş halidir.

Bu çalışmada ortak teslim zamanına sahip hazırlık zamanlı özdeş paralel makine çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemin başlangıç çözümleri klasik sıralama kuralları ile yapıldıktan sonra elde edilen çözümleri geliştirmek için yerel arama algoritması kullanılmıştır. Yerel arama algoritmasının verimliliğini ölçmek için literatürdeki problem setleri ile çözümler gerçekleştirilmiş ve literatürdeki diğer sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın 2.kısmında özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerine, çizelgeleme problemlerinde kullanılan klasik öncelik kurallarına ve yerel arama algoritmasına değinilmiştir. Örnek problem çözümünden sonra 3. bölümde deneysel sonuçlar, çalışmanın 4. bölümünde sonuçlar verilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

2. Yöntem

2.1. Özdeş Paralel Makine Çizelgeleme

Paralel makineli çizelgeleme ortamları; özdeş, benzer ve birbirinden bağımsız olmak üzere 3 gruba ayrılır. Üretim ortamında, aynı hıza sahip aynı işi yapan makineler söz konusu ise özdeş paralel makineli çizelgeleme ortamı olarak nitelendirilir. Özdeş paralel makineli ortamda işlemlerden herhangi birisi herhangi bir makinede işlem görebilir. Üretim ortamında birbirinden farklı hızlara sahip makineler söz konusu ise benzer paralel makine üretim ortamı olarak nitelendirilir. Makine hızlarının işlere bağlı olarak değiştiği durumların olduğu üretim ortamları ise bağımsız paralel makine üretim ortamı olarak nitelendirilir.

Literatürde paralel makine çizelgeleme problemlerinin değişik versiyonları için oldukça yapılmış çalışma söz konusudur. Ruiz-Torres ve ark. (1997) iki amaçlı paralel makine çizelgeleme problemlerinin çözümü için pareto tabanlı tavlama benzetimi algoritması sunmuşlardır [2]. Min ve Cheng (1999) paralel makine çizelgeleme problemini toplam tamamlanma zamanı amaçlı olarak optimize etmek için genetik algoritma sunmuşlardır [3]. Silva ve ark. (2002) paralel makine çizelgeleme probleminin çözümü için karınca kolonileri algoritması sunmuşlardır [4]. Yazarlar amaç fonksiyonu olarak toplam tamamlanma zamanını ele almışlardır. Rajakumar ve ark. (2004) paralel makine çizelgeleme problemlerinin çözümünde rasgele, en kısa işlem zamanı ve en uzun işlem zamanı olmak üzere 3 farklı öncelik stratejisi tanımlamışlar ve çözümler elde etmişlerdir [5]. Çalışmaları sonucunda en uzun işlem zamanı stratejisinin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Sankar ve ark. (2005) aynı problemin aynı amaç fonksiyonlu çözümü için karınca kolonileri algoritmasına yerel aramayı adapte ederek daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir [6]. Toksarı ve Güner (2009) paralel makinelerde erken geç tamamlanma amaçlı problemin çözümü için matematiksel model ve bir algoritma sunmuşlardır [7]. Gomes ve ark. (2005) özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerinin çözümü için tamsayılı lineer programlama modeli sunmuştur [8]. Heady ve Zhu (1998) sıraya bağımlı hazırlık zamanlı özdeş paralel makine çizelgeleme probleminin erken geç teslim amaçlı çözümü için tamsayılı programlama modeli sunmuşlardır [9]. Shim ve Kim (2007) özdeş paralel makine çizelgeleme probleminin toplam gecikmeyi minimize amaçlı çözümü için dal sınır algoritması sunmuşlardır [10]. Anghinolfi ve Paolucci (2007) özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerinde toplam gecikmeyi minimize etme amaçlı melez tabu arama ve tavlama benzetimi algoritması sunmuşlardır [11]. Kaya ve ark. (2015) maksimum tamamlanma zamanı ve ortalama tamamlanma zamanı amaç ölçütlü olmak üzere ortak teslim tarihli özdeş paralel makine çizelgelemenin küçük boyutlu problemleri için karışık tamsayılı programlama modeli, büyük boyutlu problemlerinin çözümü için ise parçacık sürü optimizasyonu algoritması sunmuşlardır [12].

2.2. Çizelgelemede Kullanılan Öncelik Kuralları

Çizelgeleme problemlerinde sıralama yapılırken göz önünde bulundurulan basit kurallar öncelik kuralları olarak adlandırılırlar. Bu kurallara göre işlerin makinede sıralanması yapılır. Öncelik kuralları çizelgeleme problemlerine kolaylıkla uygulanabilmeleri ve uzun hesaplama süresi gerektirmediğinden dolayı tercih edilirler. Küçük boyutlu problemler için tatmin edici sonuçlar vermelerine rağmen, problem boyutu büyüdükçe bu kurallar iyi sonuç vermezler. Bu kuralların avantajı, anlaşılmasının ve uygulanmasının kolay olmasıdır. Dezavantajı ise, en iyi çözümü garanti etmemeleridir. Farklı çizelgeleme amaçları için farklı kurallar geliştirilmiştir[13]. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

İlk gelen ilk çıkar: Bu kurala göre serbest kalan ilk iş, makineye yüklenecek ilk iştir. Diğer bir ifadeyle, işlerin geliş sıralarına göre makinelere yüklenmeleri yapılır.

Son gelen ilk çıkar: Sisteme son gelen işin makineye ilk sırada yükleneceği kuraldır. Bu kuralda son işten başlayarak ilk çıkan işe kadar sıralama yapılır.

En kısa işlem süresi: Bu kuralda, her işe ait işlemler içerisinden en kısa işlem zamanına sahip olan işlem seçilir ve makineye ilk yüklenir. Makineye yüklenen iş, diğer işler arasından çıkartılarak, kalan işlemler için aynı adımlar takip edilir.

Ağırlıklandırılmış önem derecesi: Bu kuralda işler karar verici tarafından önem derecelerine göre ağırlıklandırılırlar. Ağırlık değeri en yüksek olan işin ilk gönderilmesi kuralına dayanır.

En uzun işlem süresi: En uzun işlem süresine sahip olan işin makineye ilk yüklendiği kuraldır. Paralel makine çizelgeleme problemlerinde toplam işlem süresini minimize etme amaçlı problemlerde daha çok tercih edilirler.

En erken teslim süresi: Bir makine boşaldığı zaman en erken teslim süresine sahip olan işin gönderildiği kuraldır.

En az kalan işlem sayısı: Bu kurala göre her iş için, işlem sayısı en az olan işin ilk olarak makineye yüklemesi yapılır.

En çok kalan işlem sayısı: Yüklenecek işler arasında en çok işleme sahip olan işin ilk yüklendiği kuraldır.

En kısa kalan işlem süresi: Herhangi bir zaman diliminde her bir işin kalan toplam işlem zamanlarından en kısa süreye sahip olanın makineye yüklendiği kuraldır.

En uzun kalan işlem süresi: Sistemde kalan işlerin, işlem sürelerinin büyükten küçüğe sıralanarak çizelgelemenin oluşturulduğu kuraldır. Kalan işlem süresi en uzun işler ilk önce bitirilerek kapasite kullanım oranı arttırılmaya çalışılır.

Rastsal seçim: Çizelgelenecek işler kümesinden rastsal olarak seçimin yapıldığı kuraldır. Diğer bir uygulama şekli, çizelgelenecek iş sayısı kadar rastsal üretilen sayıların küçükten büyüğe doğru sıralanarak karşılık gelen işin çizelgelenmesi şeklinde gerçekleştirilebilir.

2.3. Yerel Arama Algoritması

Yerel arama algoritmaları genellikle diğer algoritmalar tarafından bulunmuş bir başlangıç çözümle çalışmaya başlar ve daha iyi bir komşu çözüme taşınma yoluyla yinelemeli olarak çözümü geliştirir. Çözümü daha fazla geliştirebilecek hiçbir çözüm bulunamadığı takdirde algoritma bir yerel optimumda sonlanır[14].

Optimizasyon problemlerinde çözüm kümesi çok büyük bir küme olabilir. Bu durumda çözüm kümesi içerisinden bir alt küme seçilerek çözüm araştırılır. Böyle durumlarda ise yerel arama algoritmaları kullanılır. Yerel arama algoritması çözüm kümesinin alt kümesinde bir nokta belirler ve bu noktanın komşularını arar. Eğer aranan komşu çözümün uygunluk değeri, mevcut çözümün uygunluk değerinden daha iyi ise komşu çözüm mevcut çözüm olarak belirlenir.

Bir yerel arama algoritmasının etkili olabilmesi için hem yeni arama uzaylarını keşfedebilmesi hem de bilinen arama uzayında olabilecek çözümleri gezebilmesi gerekmektedir. Bu iki ihtiyaç birbiri ile çelişmektedir. Bu sebeple iyi bir yerel arama algoritması bu ikisini dengeleyebilmelidir. Sadece rastgele arama yapan bir algoritma yeni yerler keşfedebilirken, sadece tepe tırmanma algoritması yapan bir arama algoritması bilinen alanlarda gezmektedir.

Örnek Problem: 14 iş 3 makineden oluşan özdeş paralel makineli çizelgeleme ortamına ait problemin ortak teslim zamanı 100'dür. 14 işe ait işlem süreleri Tablo I.'de verildiği gibidir[15]. Örnek problemde ele alınan amaç fonksiyonları; maksimum tamamlanma zamanı (C_{max}) ve ortalama tamamlanma zamanı (C_{ort}) şeklindedir. Problemin çözümüne ait sonuçlar TABLO II.'de verilmiştir.

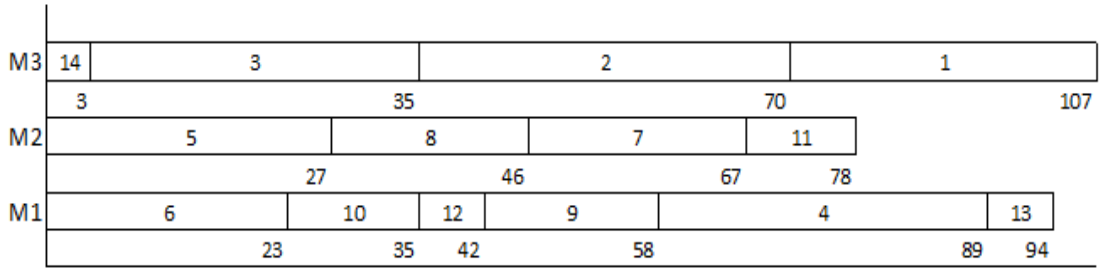
TABLO I. 14 İŞ 3 MAKİNE ÖZDEŞ PARALEL ÇİZELGELEME PROBLEM VERİLERİ

İşler	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}
İşlem zamanları	37	35	32	31	27	23	21	19	16	12	11	7	5	3

TABLO II. 14 İŞ 3 MAKİNE ÖZDEŞ PARALEL ÇİZELGELEME PROBLEM SONUÇLARI

Amaç Fonksiyonu	Jozefowska, 2007	Yerel Arama Çözümü
C_{max}	112	107
C_{ort}	63,21	55,29

Örnek problem sonucu Jozefowska (2007) tarafından C_{max} = 112 ve C_{ort} = 63,21 şeklinde bulunurken Yerel Arama algoritması ile elde edilen sonuç C_{max} = 107 ve C_{ort} = 55,29 şeklinde gerçekleşmiştir. Yerel arama algoritması ile elde edilen çözüme ait Gannt şeması Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil. 1. Örnek problemin yerel arama algoritması ile çözümünün Gannt diyagramı

3. Deneysel Sonuçlar

Çalışmada ele alınan ortak teslim ve hazırlık zamanlı özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerinin başlangıç çözümleri klasik öncelik kuralları ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yerel arama algoritması ile bu başlangıç çözümleri geliştirilmiştir. Algoritmanın verimliliği Sankar (2005) problem setleri ile test edilmiş elde edilen sonuçlar Sankar (2005) ve Küçük (2010) sonuçları [16] ile karşılaştırılmıştır. Her biri 9 işten oluşan 2 problem seti 2,3 ve 4 makinede olmak üzere toplam 6 adet küçük boyutlu problem çözülmüştür. Problem setlerine ait işlem süreleri Tablo III.'te, hazırlık süreleri Tablo IV. 'te ve her problem seti için teslim zamanları Tablo V.' te verilmiştir.

TABLO III. PROBLEM SETLERİNE AİT İŞLEM SÜRELERİ

İşler	İşlem Süreleri	
	Problem Seti 1	Problem Seti 2
J_1	7	7
J_2	7	5
J_3	6	3
J_4	6	8
J_5	5	6
J_6	5	6
J_7	4	8
J_8	4	9
J_9	4	4

TABLO IV. İŞLER ARASI HAZIRLIK SÜRELERİ

İş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	2	2	2	2	2	2	2
2	1	0	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	0	1	2	2	2	2	2
4	2	2	1	0	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	0	1	2	2	2
6	2	2	2	2	1	0	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	0	1	1
8	2	2	2	2	2	2	1	0	1
9	2	2	2	2	2	2	1	1	0

TABLO V. İŞLERİN TESLİM ZAMANLARI

Problem No	Makine Sayısı		
	2 Makine	3 Makine	4 Makine
1	22	14	10
2	26	16	12

Çözümler için geliştirilen yerel arama algoritması Matlab R2015 programlama dilinde kodlanmış ve Intel Pentium 5 işlemcili bilgisayarda çalıştırılmıştır. Altı problemden oluşan problem setlerinin öncelik kurallarından; en kısa işlem süresi, en uzun işlem süresi, ilk gelen ilk çıkar kurallarına göre çözümleri gerçekleştirilmiştir. Aynı problem setleri Küçük (2010) tarafından karınca kolonileri algoritması ile çözülmüştür. Bu çalışmada, çizelgelemede kullanılan öncelik kuralları bölümünde bahsedilen öncelik kuralları ile başlangıç çözümlerine yerel arama algoritması uygulanarak çözümler elde edilmiştir [16]. Elde edilen çözümler yukarıda sayılan 3 öncelik kuralı ve Küçük (2010) tarafından sunulan karınca kolonileri algoritmasının sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar TABLO VI.' da verilmiştir.

Çözüm sonuçlarına bakıldığında 1. problem setinin 2 makineli çizelgeleme problemi hariç diğer tüm problem setleri için yerel arama algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. 1. Problem setinde 2 makine çizelgeleme problemi için en kısa işlem süresi kuralı diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç vermişken, yerel arama 2. sırada iyi çözüm vermiştir. 3 makine probleminde C_{max} değeri için genelde aynı değer elde edilirken, C_{ort} değeri için en iyi sonuç yine en kısa işlem zamanı kuralı ile elde edilmiştir. 1. Problem setinin 4 makine problemi için her iki amaç fonksiyonunda yerel arama algoritması daha iyi sonuç vermiştir. 2. Problem setinin 2 makine problemi için yerel arama algoritması ile karınca kolonileri optimizasyon algoritması birbirine eşit en iyi sonucu vermiştir. 3 makine problemi için yerel arama algoritması yine başarılı sonuçlar verirken 4 makine probleminde yerel arama algoritması diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

TABLO VI. PROBLEM ÇÖZÜM SONUÇLARI

		En Kısa İşlem Süresi		En Uzun İşlem Süresi		İlk Gelen İlk Çıkar		Karınca Kolonileri Optimizasyonu		Yerel Arama	
		Cmax	Cort	Cmax	Cort	Cmax	Cort	Cmax	Cort	Cmax	Cort
Problem Seti 1	2 Makine	31	15,8	33	19,7	33	19,7	31	18,2	31	16,9
	3 Makine	21	11,8	20	13,5	20	13,3	20	13	20	13
	4 Makine	20	9,6	18	7,8	18	10,8	15	9,6	14	9,5
Problem Seti 2	2 Makine	39	18,5	37	23	36	20	34	21,7	34	21,7
	3 Makine	24	13	23	15,9	24	13,8	23		23	13,8
	4 Makine	22	10,6	20	12,6	19	11,1	19		18	10,8

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada ortak teslim zamanlı ve hazırlık zamanlı özdeş paralel makine çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için, klasik öncelik kuralları ile başlangıç çözümleri elde edilen çözümler yerel arama algoritması ile geliştirilmiştir. Sunulan algoritmanın etkinliği problem setleri ile ölçülmüştür. Yerel arama algoritmasının küçük boyutlu özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerinde etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bundan sonraki çalışmalarda, ortak teslim zamanına sahip hazırlık zamanlı özdeş paralel çizelgeleme problemlerinin büyük boyutlu problemlerinin yanı sıra gerçek yaşam problemlerinin çözümü gerçekleştirilecektir. Bu problem setlerinin diğer meta sezgisel algoritmalar ile çözümü planlanmaktadır. Aynı zamanda özdeş paralel makine çizelgeleme problemlerinin farklı teslim zamanlı ve hazırlık zamanının ihmal edildiği versiyonları için çalışmalar gerçekleştirilecektir. Ayrıca bu problemlerin çok amaçlı optimizasyonu için pareto optimal tekniğinin kullanılması planlanmaktadır.

5. Referanslar

[1] Pinedo, M. L. 2008. Scheduling Theory, Algorithms, and Systems. Third edition, Springer, New York.

[2] Ruiz-Torres, A. J. Enscore, E. E. and Barton, R. R. 1997. Simulated Annealing Heuristics for the Average Flow-Time and the Number of Tardy Jobs Bi-Criteria Identical Parallel Machine Problem. Computers and Industrial Engineering. 33:257–260.

[3] Min, L. and Cheng, W. 1999. A genetic algorithm for minimizing the makespan in the case of scheduling identical parallel machines. Artificial Intelligence in Engineering. 13: 399-403.

[4] Silva, C.A. Sousa, J.M. Runkler, T.A. Palm, R. and Sa da Costa, J.M. 2002. Scheduling in manufacturing systems using the ant colonies optimization algorithm. Proceedings of 5st Potuguese conference on automatic control, Portekiz, September 5-7.

[5] Rajakumar, S. Arunachalam, V.P. and Salladurai, V. 2004. Workflow balancing strategies in parallel machine scheduling. International Journal of advanced Manufacturing Technology. 23: 366-374.

[6] Sankar, S.S. Ponnambalam, S.G. Rathinavel, V. and Viveshvaren, M.S. 2005. Scheduling in parallel machine shop: An ant colony optimization Approach. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 276-280.

[7] Toksarı, M.D. Güner, E. 2009. Parallel machine earliness/tardiness scheduling problem under the effects of position based learning and linear/nonlinear deterioration. Computers&Operations Research. 36: 2394-2417.

[8] Gomes, M. C. Barbosa-Povoa, A. P. and Novais, A. Q. 2005. Optimal scheduling for flexible job shop operation. International Journal

of Production Research. 43: 2323 – 2353.

[9] Heady, R.B. and Zhu, Z. 1998. Minimizing the sum of job earliness and tardiness in a multimachine system. International Journal of Production Research. 36: 1619-1632.

[10] Shim, S. and Kim, Y. 2007. Scheduling on parallel identical machines to minimize total tardiness. European Journal of Operation Research. 177: 135-146.

[11] Anghinolfi, D. and Paolucci, M. 2007. Parallel machine total tardiness scheduling with a new hybrid metaheuristic approach. Computers & Operations Research. 34:3471-3490.

[12] Kaya, S. Akgöbek, Ö. Eren, T. 2015. The Solution with Particle Swarm Optimization of two Criteria Identical Parallel Machine Scheduling Problems. 16th International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics. Edirne. Turkey. 7-12 May 2015.

[13] Kaya, S. 2014. Çok amaçlı esnek atölye tipi çizelgeleme problemlerinin geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu ile çözümüne yönelik model önerileri. Doktora Tezi. Kocaeli Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği ABD, Kocaeli. Türkiye. 183s.

[14] Aarts. E. and Lenstra, J.K. 1997. Local Search in Combinatorial Optimization. Wiley & Sons. England.

[15] Jozefowska, J. 2007. Just-İn-Time Scheduling: Models and algorithms for computer and manufacturing systems. Springer Science. New York.

[16] Küçük, B. 2010. Özdeş Paralel Makineli Bir Üretim Sisteminin Karınca Koloni Algoritması İle Çizelgelenmesi. Doktora Tezi, İşletme Anabilim Dalı, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. 110s.

Özet

Belediyeler, yerleşim yerlerinin sınırları içinde yaşayan insanlara birçok alanda önemli hizmetler sunmakla yükümlüdürler. Bunlardan bazıları imar, su, kanalizasyon, ulaşım, çevre düzenlemesi ve çevre sağlığı, temizlik, katı atık, zabıta, itfaiye, acil yardım, şehir içi trafik, defin ve mezarlık hizmetleri, ağaçlandırma, park ve yeşil alanlar, konut, kültür ve sanat hizmetleridir. Belediyelerin, bu hizmetleri yerine getirmek için mali kaynaklarını en etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bu çalışmada, yerel yönetimlerin hizmetleri içerisinde yer alan ulaşım hizmetini etkin bir şekilde yerine getirmek için hangi üstyapı yol alternatifinin seçileceği Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Bulanık AHS; yerel yönetim; üstyapı.

Abstract

Municipalities are obliged to provide important services to people living within the borders of settlements in many areas. Some of them are development, water, sewage, transportation, landscaping and environmental health, cleaning, solid waste, municipal police, fire brigade, emergency assistance, urban traffic, cemetery, afforestation, parks and green areas, housing, culture and art. Municipalities should use their financial resources in the most efficient way to perform these services. In this study, the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) was used to evaluate for which pavement-road alternative would be chosen to carry out the transportation service in the services of local governments.

Keywords:

Fuzzy AHP; local governments; pavement.

Yol Üstyapı Tercihlerinin Bulanık AHS Yöntemi ile Belirlenmesi

Determination of Road Pavement Preferences by Fuzzy AHP Method

Ahmet SARUCAN[1]
M. Emin BAYSAL[1]
Orhan ENGİN[1]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.

1. Giriş

Ülkelerin gelişmişlik düzeyindeki artış hızına paralel olarak, karayolları araç sayılarında da artış olmaktadır. Bu durum yol üstyapı ihtiyacını da artırmaktadır. Bu ihtiyacı yerleşim yerleri sınırları içinde karşılamak ve bakımını sağlamak belediyeler tarafından yapılmaktadır. 5393 sayılı Belediye Kanununda; belde sakinlerinin mahalli müşterek nitelikteki ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan ve karar organı seçmenler tarafından seçilerek oluşturulan, idari ve mali özerkliğe sahip kamu tüzel kişisi belediye olarak tanımlanmaktadır [1].

Belediye Kanunu'nun 60 maddesinde belediye giderlerinden birinin "her türlü alt yapı, yapım, onarım ve bakım giderleri"ni karşılamak olduğu belirtilmiştir. Belediyelerin mali kaynaklarının sınırlı olması konunun önemini daha da arttırmaktadır. Bu nedenle bir yol üstyapı yatırımının proje ve inşaat safhalarında iyi çözümlerin üretilmesi gereklidir. Trafik yükünü taşımak üzere tesviye yüzeyine yerleştirilen tabakalı yol yapısına üstyapı denir [2]. Gerek yeni karayolu yapımında, gerekse üstyapı yenileme çalışmalarında üstyapı seçimi büyük önem taşımaktadır. Çünkü karayollarında üstyapı tipi seçimi, değişik ve çok sayıdaki kriterlere dayandırılması gereken kapsamlı bir konudur. Seçim yapılırken üstyapı tipleri teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılmaktadır ve ülke koşulları da dikkate alınmaktadır.

Üstyapılar, kaplama tabakasında kullanılan malzemelerin türlerine, özelliklerine ve yapım yöntemlerine göre rijit ve esnek olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadırlar. Taban zeminine, trafiğe, çevre koşullarına ve ekonomik hususlara bağlı olarak en uygun üstyapı tipi seçilir. Çimento betonuyla yapılan kaplamalarla oluşturulan üstyapıya rijit üstyapı ya da beton yollar denir. Yol kaplaması olarak betonun görevi, trafik yüklerini tabana iletmek ve bu sırada tabanın deforme olmamasını sağlamaktır. Bitümlü kaplama tabakalarıyla oluşturulan üstyapılara esnek üstyapı denir. Esnek üstyapı, tesviye sathıyla sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini, kaplama, temel ve alttemel tabakaları yoluyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup, stabilitesi, adezyon, tane sürtünmesi ve kohezyon gibi kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır [3].

Bu çalışmada, kriterlerin önem derecelendirilmesinde ve alternatiflerin kriterlere bağlı değerlendirilmesinde uzman görüşüne başvurularak, Bulanık AHS yöntemi ile en uygun yol üstyapı tipinin belirlenmesine çalışılmıştır.

2. Yöntem

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, kriterleri ve alternatifleri değerlendirmede sözel değişkenleri kullanma imkanını karar vericilere sunmaktadır. Bu sayede kesin olmayan verileri sayısallaştırarak etkin sonuçlar vermektedir. Bulanık ÇKKV yöntemleri çeşitli yol üstyapı faaliyetlerinde uygulanmıştır.

Yapılan bir çalışmada bulanık mantık kullanılarak kentsel üstyapı yollarının bakım ve iyileştirme öncelikleri; üstyapı koşulu endeksi, trafik hacmi, yol genişliği, iyileştirme ve bakım maliyeti gibi önemli kriterler yardımıyla belirlemişlerdir. Örnek olay olarak Tahran belediyesinin bazı caddeleri seçilmiş ve bu caddelere bir matematiksel model uygulanmıştır. Bu model, 131 bölümün önceliklendirilmesi için kullanılmıştır [4].

Diğer bir çalışmada ise yol üstyapı bakım ve onarım faaliyetlerinin önceliklendirmesi için, bulanık AHS ile bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada veriler uzman görüşlerine başvurularak elde edilmiştir. Bakım ve onarım faaliyetleri yol güvenliği, kaldırım yüzeyinin korunması, yolun işletim durumu ve standartları ve yol estetiği hedeflerini gerçekleştirecek şekilde planlanmıştır [5]. Üstyapı koşullarını değerlendirmek için ise AHS ve bulanık mantık teorisi bütünleştirerek kullanılmıştır. Pürüzlülük, sapma, yüzey bozulma, çentiklenme ve kayma direnci performans gösterge kriterlerine göre üstyapılar değerlendirilmiştir [6]. Tahran'da üç ana cadde için yapılan bir çalışmada üstyol bakım alternatiflerinin önceliklendirilmesi bulanık AHPS ve VIKOR yöntemlerini bütünleştirerek ele alınmıştır. Çalışmada; üstyol koşulu endeksi (PCI), trafik, zaman, üstyol genişliği, bakım ve onarım maliyetleri kriter olarak ele alınmıştır [7].

Bu çalışma ise belirlenen altı kriter ve farklı dört yol üstyapı alternatiflerinin değerlendirilmesine örnek teşkil etmektedir. Yol üstyapı tercihlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bulanık AHS, bulanık ÇKKV yöntemlerinden biridir. Çalışmada kriterleri değerlendiren 1 adet 6x6'lık ve alternatifleri değerlendiren 4x4'lük 6 adet bulanık karşılaştırmalar matrisi kullanılmıştır. Bulanık AHS yöntemi ile modellenen problem Buckley'in (1985) yaklaşımı aracılığıyla çözülmüştür [8, 9, 10]. Yaklaşım aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Adım 1: Karar vericinin görüşüyle M bulanık ikili karşılaştırma matrisi (1) elde edilir. Uzman görüşüne göre bu matris oluşturulurken Tablo 1'den yararlanılır.

$$M = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \cdots & l_{1k}, m_{1k}, u_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{k1}, m_{k2}, u_{k2} & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

TABLO I. AĞIRLIK MATRİSİ İÇİN DİLSEL ÖLÇEK [11]

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit önemli	(1, 1, 3)	(1/3, 1/1, 1/1)
Biraz daha fazla önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1/1)
Kuvvetli derecede önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesinlikle önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Adım 2: Her bir satırın geometrik ortalamaları (G_i) formül (2) yardımıyla hesaplanır.

$$G_i = (l_i, m_i, u_i) \quad (2)$$

Burada l_i (l_{i1} x l_{i2} x … x l_{ik})$^{1/k}$; m_i (m_{i1} x m_{i2} x … x m_{ik})$^{1/k}$; u_i (u_{i1} x u_{i2} x … x u_{ik})$^{1/k}$ olmaktadır.

Adım 3: Satırlar temelinde belirlenen bulanık geometrik ortalamalar toplamı (G_T) formül (3) yardımıyla hesaplanır.

$$G_T = \left(\sum_{i=1}^{k} l_i, \sum_{i=1}^{k} m_i, \sum_{i=1}^{k} u_i \right) \quad (3)$$

Adım 4: Satırlar temelinde hesaplanan bulanık geometrik ortalamanın normalleştirilme ile i. kritere ait bulanık değer formül (4) ile hesaplanır.

$$W_i = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{k} u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{k} m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{k} l_i} \right) \quad i = 1,2,\dots,k \quad (4)$$

Adım 5: Bulanık ağırlık (öncelik) değerleri formül (5) ile durulaştırılır.

$$F_i = \frac{[(u_{wi} - l_{wi}) + (m_{wi} - l_{wi})]}{(3 + l_{wi})} \quad (5)$$

2. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Bulanık AHS yaklaşımı Konya'nın yerel bir belediyesinin yol üstyapı seçim problemine uygulanmıştır. Belediye de çalışan bir uzman ile birlikte bölgenin ve belediyenin şartları da dikkate alınarak altı kriter ve dört alternatif belirlenmiştir.

2.1. Çalışmada Kullanılan Kriterler ve Alternatifler

Maliyet (K1): Üstyapı tipi seçiminin en önemli kriteri, uzun bir zaman dilimi, proje ömrü için hesaplanan toplam ekonomik maliyettir. Bir karayolunun gerçek ekonomik maliyeti, ilk inşaat maliyeti, proje ömrü süresindeki bakım maliyeti ve bakım işlemleri nedeniyle kullanıcı açısından ortaya çıkacak gecikme maliyetlerinin toplamıdır.

Bakım (K2): Trafik ve iklim koşulları yolun bozulmasına neden olan iki önemli kriterdir. Bu etkilere karşı koymak için bakım yapmak zorunludur. Optimum bir bakım programında en önemli öğe üstyapının durumunun iyice bilinmesidir. Ayrıca bakım yöntemi, arızanın nedeni ve yolun özelliğine göre seçilmelidir. Küçük veya büyük çapta onarım seçeneklerinden hangisinin gerekli olduğu saptanmalıdır.

İklim (K3): Hava sıcaklığı, Don olayı, Yağış Mevsimler arasında büyük farklar olan, kara iklimi hüküm süren bölgelerde, asfalt betonunun viskoelastik davranışlı bir malzeme olması sebebiyle, yazın tekerlek izi oluşmasına direnç gösteren, kışın ise çatlamayan bir bitümlü karışımın formüle edilmesi güçtür. Bu tip bölgelerde rijit üstyapıların kullanılması daha uygundur. Üstyapının oturduğu taban zemininin, dona karşı duyarlılığı, yolun inşaa edileceği bölgenin; donma indeksi, don penetrasyon derinliği ve hidrolik koşullar gibi hususlar değerlendirilerek üstyapıda dona karşı önlemin gerekli olup olmadığı araştırılmalıdır[2].

Hizmet Ömrü (K4): Hizmet ömrü boyunca oluşacak kalıcı deformasyonları minimum düzeyde tutmak istenmektedir [2]. Bir yol yapılırken, öngörülen hizmet ömrü, alınacak bakım önlemlerini saptamaya yarar. İleride değişiklik yapılması veya platformun genişletilmesi düşünülmüş ise daha düşük maliyetli bakım çalışmalarının seçilmesi gerekir. Yolun hizmet ömrü uzunsa, daha pahalıya mal olan bakım önlemleri dikkate alınır. Her iki halde de onarım işlerinin daha kısa zaman aralıklarında ve daha düşük maliyetlerle yapımına özen gösterilmelidir.

Trafik (K5): Trafik hacmi ve trafiğin yıllık artış oranı yüksek olan ayrıca trafik içindeki ağır taşıt miktarı fazla olan yollar için rijit üstyapılar daha uygundur. Düşük trafik artışları halinde, kademeli inşaata elverişli esnek üstyapı ile gelişen trafiğe cevap vermek mümkün olabilmektedir. Karayolu üzerinde seyreden taşıtların ağırlıkları, dingil sayılarına göre değişen büyüklüklerde, tekerlek bandajları aracılığıyla kaplama sathına iletilmektedir. Taşıtların hızlanma ve frenleme evrelerinde bandajla kaplama arasındaki sürtünmeye bağlı olarak oluşan yatay yükler de üstyapıya etkimektedir. Dingil yükleri, üstyapının kalınlığının saptanmasında göz önüne alınan en önemli hususlardan biridir. Dingil yükleri arttıkça, üstyapının kalınlığını artırmak ve daha kaliteli malzeme kullanmak gerekmektedir. [2].

Topoğrafya (K6): Yol üstyapı ve banketlerin oturduğu altyapı zemininin üst yüzeyi tesviye yüzeyi olarak tanımlanır. Yol üstyapılarında zemin ve tesviye yüzeyi önem arzetmektedir.

Bitümlü Kaplama (A1): Beton, katı bir kütle halinde birbirine bağlanmış granüle agrega olarak tarif edilir. Betonun çeşitli tipleri, beton yapmada kullanılan bağlayıcı maddelerin cinslerine göre tanımlanır. Betonun iki esas sınıfı vardır. Bitümlü beton ve portland çimentolu beton gibi. Bitümlü betonun üretiminde Üç tip bağlayıcı kullanılır. Bunlar; asfalt çimentosu, sıvı petrol asfaltı ve katranlardır. Sıcak karışım asfalt kaplama, asfalt çimentosu ile homojen olarak karışmış ve kaplanmış agregaların birleşmesinden oluşur. Agregaların kurutulması ve mükemmel bir karıştırma ve işlenebilirlik sağlamak için asfalt çimentosunu uygun akıcılığa getirilmesi amacı ile karıştırmadan önce her iki malzemenin de (agrega ve asfalt) ısıtılmaları gerekmektedir. Uygun sıcaklıklara kadar ısıtılarak, kurutulmuş ve yukarıdaki bağlayıcılardan birisiyle yine uygun bir sıcaklık ve sürede karışmış gradasyonlu agregaya "Bitümlü Sıcak Karışım" denir. Bu sıcaklık bitümlü sıcak karışımın kalitesine olan etkisi yanında, emniyetli çalışma yönünden de çok önemlidir.

Sathi Kaplama (A2): Sathi kaplamalar, yapıştırma tabakası üzerine granüler malzemeden oluşturulmuş temel ve alt temel tabakası üzerine oturan, herhangi bir yük taşıma kapasitesi bulunmayan, yol yüzeyinde düzgün yuvarlanma, yeterli kayma sürtünme katsayısı sağlayan, bunun yanında yüzeydeki suların alt tabakalara ulaşmasını engelleyen bir kaplama türüdür. Sathi kaplamalar, bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de, özellikle düşük trafik hacimli karayolu kesimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Beton Kaplama (A3): Yol kaplaması olarak betonun görevi, trafik yüklerini tabana iletmek ve bu sırada tabanın deforme olmamasını sağlamaktır. Bir beton kaplamanın davranışı, dökülen beton tabakaların özelliklerinin yanı sıra, kaplama altına serilen temel ve alt temel tabakalarıyla var olan taban zemininin özelliklerine bağlı olarak değişir.

Parke Taşı (A4): Beton kilit tasları; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ve beton parke makinesi vasıtasıyla üretilen yapı elemanlarıdır. Beton parke elemanların gerek dünyada gerekse ülkemizde kullanımının giderek artmakta olduğu ve daha da artacağı düşünülmektedir.

2.2. Yöntemin Uygulanması

Kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra Buckley yaklaşımının ilk adımı olan M bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 2'de görüldüğü gibi elde edilir.

TABLO II. YOL ÜSTYAPIMINI ETKİLEYEN KRİTERLERİN KENDİ ARASINDA BULANIK KARŞILAŞTIRILMASI

	Üstyapı Kriterleri	Üstyapı Kriterleri					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
M=	K1	(1, 1, 1)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)
	K2	(1/7, 1/5, 1/3)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
	K3	(1/9, 1/7, 1/5)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)	(1, 1, 3)	(1, 3, 5)
	K4	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
	K5	(1/9, 1/7, 1/5)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/3, 1, 1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)
	K6	(1/9, 1/9, 1/7)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1/5, 1/3, 1/1)	(1, 1, 1)

Formül (2) yardımıyla her bir satırın geometrik ortalaması ve formül (3) yardımıyla geometrik ortalamaların toplamı(G_T) Tablo 3'de hesaplanmıştır. Aynı tabloda formül (4) yardımıyla normalize edilen geometrik değerler ve formül (5) yardımıyla kriterlerin durulaştırılması (F_i) görülmektedir.

TABLO III. KRİTERLERİN GEOMETRİK ORTALAMASI VE TOPLAMI

Üstyapı Kriterleri	Geometrik Ortalama	Kriterlerin Bulanık Değeri	F_i
K1	(2,840; 4,333; 5,426)	(0,221; 0,506; 1,061)	0,349
K2	(0,723; 1,591; 2,435)	(0,056; 0,186; 0,476)	0,180
K3	(0,530; 0,868; 1,570)	(0,041; 0,101; 0,307)	0,107
K4	(0,447; 0,833; 1,710)	(0,035; 0,097; 0,334)	0,119
K5	(0,338; 0,602; 1,000)	(0,026; 0,070; 0,195)	0,070
K6	(0,237; 0,333; 0,723)	(0,018; 0,039; 0,141)	0,048
G_T	(5,115; 8,560; 12,864)		

Her bir kriter için dört yol üstyapı alternatifinin öncelik değerleri Buckley'in yaklaşımıyla yukarıdaki gibi hesaplanarak Tablo 4 elde edilir. Tablodan elde edilen değerlere göre yol üstyapı alternatiflerinin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

A1 = 0,349x0,386 + 0,180x0,091 + 0,107x0,129 + 0,119x0,257 + 0,070x0,299 + 0,048x0,064 = 0,220

A2 = 0,349x0,232 + 0,180x0,087 + 0,107x0,262 + 0,119x0,121 + 0,070x0,194 + 0,048x0,041 = 0,155

A3 = 0,349x0,112 + 0,180x0,274 + 0,107x0,438 + 0,119x0,411 + 0,070x0,485 + 0,048x0,358 = 0,235

A4 = 0,349x0,034 + 0,180x0,444 + 0,107x0,083 + 0,119x0,058 + 0,070x0,095 + 0,048x0,213 = 0,124

Bu sonuca göre sıralama A3>A1>A2>A4 şeklinde olmaktadır.

TABLO IV. SONUÇ DEĞERLERİ

Hedef	Üstyapı Kriteri	Öncelik Değeri	Alternatif	Öncelik Değeri
Yol Üstyapı Seçimi	K1	0,349	A1	0,386
			A2	0,232
			A3	0,112
			A4	0,034
	K2	0,180	A1	0,091
			A2	0,087
			A3	0,274
			A4	0,444
	K3	0,107	A1	0,129
			A2	0,262
			A3	0,438
			A4	0,083
	K4	0,119	A1	0,257
			A2	0,121
			A3	0,411
			A4	0,058
	K5	0,070	A1	0,299
			A2	0,194
			A3	0,485
			A4	0,095
	K6	0,048	A1	0,064
			A2	0,041
			A3	0,358
			A4	0,213

3. Sonuç

Bu çalışmada karayolu üst yapılarının değerlendirilmesinde ÇKKV yönteminden yararlanılmıştır. Problemde nicel ve nitel kriterleri aynı anda değerlendirebilen bulanık AHS yöntemi tercih edilmiştir. Uzman görüşüne başvurularak bulanık ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Öncelik değerleri Buckley'in yaklaşımıyla hesaplanmıştır. Yukarıdaki hesaplanan öncelik değerlerinden de görüleceği üzere en uygun üstyolu alternatifinin beton kaplama olduğu sonucuna varılmıştır. Beton kaplama üstyapıları; iklim, hizmet ömrü, trafik ve topoğrafya kriterleri içinde iyi bir alternatiftir. Olağanüstü dayanıma ve durabiliteye sahiptir. Beton kaplama üstyapılar aşınma direnci, hemen hemen hiç bakıma ihtiyaç duyulmadan ağır taşıtların geçişi altında bile uzun yıllar boyunca kullanımını sağlar. Maliyet kriterine göre bitümlü kaplama, bakım kriterine göre ise parke taşı üstyapı alternatifi ilk sırada yer almıştır.

Bu yöntemde sonuçların sağlıklı çıkabilmesi için karar vericilerin kriter ve alternatifleri değerlendirmede mümkün olduğunca objektif olmaları gerekir. Daha sonraki çalışmalarda, bu problem farklı bulanık ÇKKV yöntemleriyle çözülebilir ve bulunan sonuçların etkinliği kıyaslanabilir.

4. Referanslar

[1] Anonim. 2005. Belediye Kanunu, Kanun No.5393.

[2] A. Şenol. 2010. Karayolu yol üst yapısı. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notu.

[3] Sağlık, A. ve A. G. Güngör. 2008. Karayolları Esnek Üstyapılar Rojelendirme Rehberi. Ulaştırma Bakanlığı, Karayyolları Genel Müdürlüğü.

[4] Moazami, D., Behbahani, H. and R. Muniandy. 2011. Pavement rehabilitation and maintenance prioritization of urban roads using fuzzy logic. Expert Systems with Applications. 38: 12869–12879.

[5] Ouma, Y. O., Opudo, J. and S. Nyambenya. 2015. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for road pavement maintenance prioritization: methodological exposition and case study. Advances in Civil Engineering. 1-17.

[6 Sun, L. and W. Gu. 2011. Pavement condition assessment using fuzzy logic theory and analytic hierarchy process. Journal of Transportation Engineering. 648-655.

[7] Babashamsi, P., Golzadfar, A., Yusoff, N.I.M., Ceylan, H. and N. G. M. Nor. 2016. Integrated fuzzy analytic hierarchy process and VIKOR method in the prioritization of pavement maintenance activities. International Journal of Pavement Research and Technology. 9: 112–120.

[8] J. J. Buckley. 1985. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems. 17(3): 233–247.

[9] Kahraman, C., Süder, A. and İ. Kaya. 2013. Fuzzy multicriteria evaluation of health research investments. Technological and Economic Development of Economy 20(2): 210–226.

[10] H.Kart. 2012. Analitik hiyerarşi prosesi ile belediyelerin yapacağı karayolu üst yapılarının değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Lisanüstü Uygulama Projesi.

[11] Hsieh, T. Y., Lu, S. T. and G. H. Tzeng. 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. International Journal of Project Management. 22(7): 573–584.

Özet

Her bir işin her makinede işlenmesi gerektiği ancak programlama sırasının önemli olmadığı bir çizelgeleme problemi, açık atölye tipi çizelgeleme problemi (AATÇ) olarak tanımlanmaktadır. AATÇ problemi polinomsal zamanda çözümü olduğunu ispatlayamadığımız zor problem sınıfında yer almaktadır (NP-Zor). Bu çalışmada dağınık arama yöntemine dayalı, AATÇ problemlerinin çözümüne yönelik bir algoritma geliştirilmiştir. Evrimsel bir arama algoritması olan dağınık arama yöntemi, son yıllarda kombinatoryal optimizasyon problemlerini çözmede başarılı olmuştur. Literatürdeki açık atölye çizelgeleme, karşılaştırma problemleri önerilen algoritma ile çözülmüştür. Maksimum tamamlanma zamanının (makespan) minimize edilmesi, performans ölçütü olarak alınmıştır. Sonuç olarak dağınık arama yöntemine dayalı önerilen algoritmanın, AATÇ problemlerinin çözümünde iyi çözümler sunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Açık atölye tipi çizelgeleme, Dağınık arama yöntemi, Maksimum tamamlanma zamanı

Abstract

A scheduling problem where each job should be processed on each machine but the programming sequence is not important is defined as open shop scheduling problem (OSS). OSS problem is a difficult problem that we cannot prove its solution in polynomial time (NP-Hard). In this study, an algorithm has been developed to solve OSS problems based on scatter search method. The scatter search method, an evolutionary search algorithm, has been successful in solving combinatorial optimization problems in recent years. Open shop benchmarking problems in the literature are solved with the proposed scatter search algorithm. Minimize the makespan was taken as the performance criterion. As a result, it is determined that the proposed algorithm based on scattered search method provides good solutions in the solution of OSS problems.

Keywords:

Open shop scheduling, Scatter search method, Makespan

Açık Atölye Tipi Çizelgeleme Problemini Çözmek için Bir Dağınık Arama Yöntemi

A Scatter Search Method for Solving the Open Shop Scheduling Problem

M. Emin BAYSAL[1]
Taha DURMAZ[2]
Ahmet SARUCAN[1]
Orhan ENGİN[1]
[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi, Türkiye

1. Giriş

Üretim planlaması, mal ve hizmet üretimi için kaynakların, olayların ve süreçlerin yönetimi ve tahsisidir. Bir işletme, üretim planını kaynakların kullanılabilirliğine, müşteri siparişlerine ve verimliliklerine göre ayarlar. Üretim planlamasının amacı, müşteri ihtiyaçlarını en uygun maliyetli şekilde çalışırken mevcut kaynaklarla dengelemektir. Üretim planlamanın önemli bir aşamasını oluşturan çizelgeleme, bir üretim veya imalat sürecinde iş ve iş yüklerinin düzenlenmesi, kontrol edilmesi ve optimize edilmesi sürecidir. Çizelgeleme, bilim insanları tarafından görece oldukça ilgi gören bir alandır. Ancak açık atölye tipi çizelgeleme (AATÇ) problemi, nispeten daha az ele alınan atölye tipi çizelgeleme ve akış tipi çizelgeleme arasında yer alan "yumuşatılmış akış tipi problem" diyebileceğimiz tipik bir çizelgeleme problemidir[1].

AATÇ, m tane farklı işlem içeren n adet işin m tane farklı tezgâhta bir atölyede gerçekleştirilmesi için yapılan planlama sürecidir. İşlem sırasının bir önemi yoktur [2].

AATÇ problemlerine, küçük çaplı özel durumlara has optimal çözümler elde edilebilirse de, genel olarak boyut büyüdüğünde karmaşık ve NP-zor problemler oldukları için sezgisel çözüm önerileri literatürde yaygın yer tutmaktadır. Bu sezgiseller bazen tek başına bazen de karma ya da sıralı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Dağınık arama yöntemi de çözüm alternatiflerinden birisidir.

Dağınık arama, zor optimizasyon problemlerine başarıyla uygulanan bir metasezgisel ve global optimizasyon yöntemidir. Aynı zamanda yöntem, popülasyon ve çaprazlama kullanıldığı göz önüne alındığında evrimsel bir yöntemdir. Dağınık arama, Genetik algoritmalar gibi diğer evrimsel yöntemlerin aksine, sistematik tasarımlar ve yeni faydalı çözümler üretme yöntemi olarak önerilmektedir. Yöntemin temel kavramları ve prensipleri ilk olarak 1970'lerde önerilmiştir. Aynı yazar tarafından geliştirilen ve benzer kökenlere dayanan Tabu Arama'nın bir kardeşidir [1]. Ancak, karar kurallarını ve problem kısıtlarını birleştirmek için 1960'larda ortaya konulan formülasyonlar kullanılmıştır. Çeşitli optimizasyon problemlerinde etkili olduğu kanıtlanmış arama çeşitlendirme ve yoğunlaştırma stratejileri kullanır [3].

Çalışmanın organizasyonu şu şekildedir: Kısa giriş bölünden sonra, ikinci bölümde dağınık arama yöntemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, AATÇ problemleri hakkında bilgi verilmiş ve literatürdeki karşılaştırma problemlerinden 4x4 ve 3x3 lük problemlerin çözümü özet bir tabloda verilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise sonuçlar tartışılmıştır.

2. Yöntem

Dağınık arama meta sezgiselinin prensipleri ilk kez 1970'lerde tabu arama yönteminin de yazarı Fred Glover tarafından ortaya konulmuştur. Bu nedenle dağınık arama yönteminin diğer meta sezgisellere göre en önemli avantajı tabu arama meta sezgiselineine bağlı olması ve arama yönteminin iyileştirilebilmesidir. Dağınık arama yöntemi ırsi hafıza olarak ifade edilen güçlü bir hafızaya sahiptir. Bunun sayesinde arama sırasında bulduğu iyi çözümleri unutmaz ve yeni çözümler üretirken bu iyi çözümlerin özelliklerinden faydalanır. Ancak bu özellik tek başına yeterli değildir. Diğer yandan dağınık arama yönteminin etkinliği tabu aramasının uyarlanabilen hafızası ile artırılır [3,4].

Birinci bölümde belirtildiği gibi dağınık arama yöntemi literatüre iki yenilik getirmiştir. İlki çok amaçlı optimizasyon problemleri için az sayıdaki meta sezgisellerden birisi olmasıdır. İkincisi ise, dağınık arama yönteminde kalite ve farklılıklarına göre çözümler, referans kümesine eklenir. Yeni çözümler elde edebilmek için referans küme adı verilen bir kümedeki çözümleri birleştirir. Dağınık Arama yönteminin diğer evrimsel algoritma yöntemlerinden temel farkı, çözümü seçme yoludur. Dağınık Arama yönteminde sistematik olarak referans kümesinden iki ya da daha fazla çözüm seçilerek yeni sonuçlar üretilir. Yüksek kaliteli çözüm sayısı ref_1, farklı çözüm sayısı ref_2 ile gösterilir [3,5]. Yani;

Ref = ref_1+ref_2

Burada;

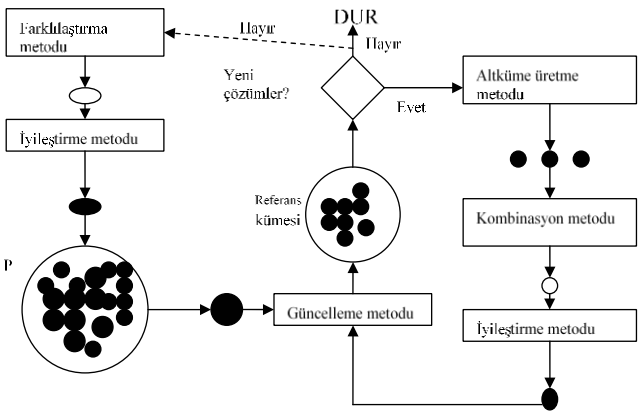
ref_1: yüksek kaliteli çözüm sayısı,

ref_2: farklı çözüm sayısı.

Başka bir ifade ile;

- Yüksek kaliteli çözümleri farklılaştırma stratejisi ile Optimal çözümlere ait gerekli bilgilerin elde edilmesi,
- Etkili bir birleştirme stratejisi ile birden çok çözümü eşanlı ele alıp yüksek kalite ve farklılıkları bir araya getirerek daha iyi çözümler elde etmesidir.[3,6].

Şekil 1'de Temel dağınık arama süreci şematik olarak gösterilmiştir [3,7].



Şekil 1. Dağınık arama sürecini oluşturan yöntemler[3,7]

Dağınık arama yönteminin psödo kodu ve algoritması aşağıdaki şekildedir [3,4].

Temel Dağınık Arama Yöntemi
Başla
Tekrar et
Popülasyon oluştur;
Referans kümesini üret;
Tekrar et
Tekrar et
3. Altkümeleri seç;
4. Altkümeleri birleştir;
5. Bileşenleri iyileştir;
5'e kadar
(Yeni Referans Küme Ölçütü);
6. Referans kümesini güncelle;
7.'ye kadar
(Yeni Popülasyon Ölçütü);
8.'e kadar
(Sonlanma Ölçütü);
Son.

Şekil 2. Dağınık arama yönteminin psödo kodu ve algoritma adımları

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelgeleme, üretim ve imalat işletmelerinde günlük baş edilmesi gereken problemlerdendir. Atölye tipi ve akış tipi çizelgeleme problemleri literatürde, AATÇ problemlerine nazaran daha çok çalışılmıştır [8]. Akış tipi çizelgeleme problemlerinde AATÇ problemlerinin aksine, işlerin tamamlanma sıraları önemlidir. AATÇ probleminin genel yapısı, Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. AATÇ probleminin genel yapısı

İş *(n)*	Tezgah*(m)* / İşlem Süresi					
	1	2	-	-	-	*m*
1	t_{11}	t_{12}	-	-	-	t_{1m}
2	t_{21}	t_{22}	-	-	-	t_{2m}
-	-	-	-	-	-	-
n	t_{n1}	t_{n2}	-	-	-	t_{nm}

n: iş sayısı; *m*: tezgah sayısı; t_{nm}: *n*. işinin *m*.tezgahtaki işlem süresi

Performans ölçütü Makespan minimizasyonu olan AATÇ problemleri aşağıdaki kabuller çerçevesinde çözüme ulaşır:

1. Herbir iş bağımsızdır,
2. En başta bütün işler, işleme hazır beklemektedir,
3. Tezgahlar her zaman kullanıma hazırdır,
4. Tezgahlarda sadece bir işlem gerçekleştirilebilir,
5. Başlayan işlem bitirilir,
6. Ara stok(iş parçası) depolama sıkıntısı yoktur,
7. Tezgahlar arası mesafeler gözönüne alınmaz yani taşıma süresi ihmal edilir,
8. İşlem süreleri önceden bellidir ve değişmez.

Dağınık arama yöntemi kullanılarak geliştirilen algoritma ile 4x4 ve 3x3 problemlerin çözüm sonuçları Tablo 2'de verilmektedir. Sonuçlara göre önerilen algoritma 3x3 problemlerde hiç zorlanmamış, 4x4 lük problemlerde önemsiz bir farkla en iyi çözüme yakınsamıştır.

Tablo 2. 4x4 ve 3x3 gp problemleri için 10'ar deneme sonrasında elde edilen sonuçlar[9,10]

Örnek Veri Seti	Tezgah&İş	Örnek No	İşlemci Süresi(sn)	*Sonuç Kalitesi (%)	Örnek Ort (%)
gp	4x4	0	1,473	100,000	99,852
	4x4	0	2,13	99,922	
	4x4	0	1,9	99,922	
	4x4	0	1,9	99,922	
	4x4	0	2,09	99,534	
	4x4	0	1,95	99,534	
	4x4	0	2,36	99,922	
	4x4	0	2,37	99,844	
	4x4	0	0,31	100,000	
	4x4	0	2,16	99,922	
gp	4x4	1	1,94	99,843	99,914
	4x4	1	0,093	100,000	
	4x4	1	1,87	99,686	
	4x4	1	1,092	100,000	
	4x4	1	0,102	100,000	
	4x4	1	2,48	99,843	
	4x4	1	0,084	100,000	
	4x4	1	2,05	99,921	
	4x4	1	2,02	99,921	
	4x4	1	2,06	99,921	
gp	4x4	2	1,7	99,230	99,645
	4x4	2	1,813	100,000	
	4x4	2	2,38	99,230	
	4x4	2	0,517	100,000	
	4x4	2	0,186	100,000	
	4x4	2	2,81	99,383	
	4x4	2	2,02	99,383	
	4x4	2	1,8	99,230	
	4x4	2	0,103	100,000	
	4x4	2	0,09	100,000	
**gp	3x3	0	0,042	100,000	100
	3x3	0	0,03	100,000	
	3x3	0	0,011	100,000	
	3x3	0	0,01	100,000	
	3x3	0	0,008	100,000	
**gp	3x3	1	0,021	100,000	100
	3x3	1	0,027	100,000	
	3x3	1	0,008	100,000	
	3x3	1	0,008	100,000	
	3x3	1	0,007	100,000	
**gp	3x3	2	0,007	100,000	100
	3x3	2	0,018	100,000	
	3x3	2	0,021	100,000	
	3x3	2	0,004	100,000	
	3x3	2	0,003	100,000	

* Bilinen en iyi çözüm/Elde ettiğimiz çözüm: En iyi çözüme yaklaşma

** Beş sonuçtan sonrası gösterilmemiştir

4. Sonuç

Bu araştırmada, açık atölye çizelgeleme probleminin çözümü için dağınık arama yöntemine dayalı bir algoritma önerilmiştir. Önerilen dağınık arama algoritması litertürde Guaret ve Prins'in karşılaştırma problemlerinden 4x4 ve 3x3'lük olanları üzerinde test edilmiştir. Performans ölçütü olarak maksimum tamamlanma zamanının toplamının minimize edilmesi alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen dağınık arama algoritmasının, açık atölye tipi çizelgeleme probleminin çözümü için etkili bir meta sezgisel yöntem olduğunu göstermektedir.

5. Referanslar

[1] Anand, E. and Panneerselvam, R., 2015, Literature Review of Open Shop Scheduling Problems, Intelligent Information Management, 7, 33-52. http://dx.doi.org/10.4236/iim.2015.71004.

[2] Baysal, M. E., Durmaz, T., Sarucan, A., Engin, O., 2012, Açık Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Kanguru Algoritması İle Çözümü, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27, 4, 855-864.

[3] Oktay S., Engin O., 2006, Endüstriyel Problemlerin Çözümünde Dağinik Arama Yöntemi: Literatür Araştırması, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma, 3,144-158.

[4] Cano, D.B., Santana, J.B., Rodriguez, C.C., Del Amo, I.J.G., Torres, M.G., Garcia, F.J.M., Batista, B.M., Perez, J.A.M., Vega, J.M.M., Martin, R.R. 2004, Nature-inspired Components of the Scatter Search, Technical Report.

[5] Lourenço, H., Marti, R., Laguna, M. 2000, Assigning Proctors to Exams with Scatter Search. In Computing Tools for Modeling, Optimization and Simulation: Interfaces in Computer Science and Operations Research, M. Laguna and J. L. González-Velarde, Eds. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 215--227.

[6] Fleurent, C., Glover, F., Michelon, P., Vali, Z. 1996, A Scatter Search Approach for Unconstrained Continuous Optimization. IEEE. 0-7803-2902-3.

[7] Sagarna, R., Lozano, J. A. 2006, Scatter Search in Software Testing, Comparison and Collaboration with Estimation of Distribution Algorithms. European Journal of Operational Research. Vol.169. 392-412.

[8] Türkeli, B., 2010, Solution of Bicriteria Open Shop Scheduling Problem with Genetic Algorithm and Tabu Search and Detailed Analysis of Results, Yüksek Lisans Tezi, Marmara University Institute For Graduate Studies In Pure And Applied Sciences, İstanbul.

[9] Guéret, C., Prins, C., 1999, A new lower bound for the open-shop problem", Annals of Operations Research, 92:165–83.

[10] Guéret, C., Ecole des mines de Nantes – Open shop problems [online], Nantes, Ecole des mines de Nantes, http://www.minesnantes.fr/en/Media/ Elements-Sites-Persos/Christelle-Gueret/Openshop/HardOSInstances [Ziyaret Tarihi: 3 Ocak 2011].

Hayvansal Süte Alternatif Bitkisel Süt

Alternative Vegeterian Milk to Animal Milk

Özge ÖZGÜL[1]
Mutlu Buket AKIN[1]

[1]Gıda Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Süt; diğer gıdalara oranla daha fazla yaşamsal besin ögeleri içerir. Bu besin ögeleri organizma tarafından kolayca alınabilecek ve sindirilebilecek şekilde olup, organizmanın gelişebilmesi için gerekli olan organik ve anorganik maddelerden oluşur. Hayvan memesinde süt bezlerinde sentezlenen ve yalnız sütte bulunan komponentler; laktoz, süt yağı, kazein, laktoglobulin ve laktalbumin'dir (Metin, 2010). Son zamanlarda hayvansal süt kaynaklı laktoz intoleransı, süt proteini alerjisi ve vejetaryen beslenme gibi durumların artmaya başlamasından ötürü bitkisel kökenli sütler popüler hale gelmiştir. Dünya nüfusunun da hızla artmasına rağmen sınırlı doğal kaynaklar hayvansal ve bitkisel proteinlerin gelişimi ve değişimine yönelik araştırmalar için zemin çalışmalarını oluşturmaktadır. Bu çalışmada da bitkisel sütlerle ilgili yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Bitkisel süt; protein; laktoz intoleransı.

Abstract

Milk; contains more vital nutrients than other foods. These nutrients can be easily absorbed and digested by the organism and they are consists of organic and inorganic substances which are necessary for the organism to develop. Components that are synthesized in milk glands and present only in milk; lactose, milk fat, casein, lactoglobulin and lactalbumin (Metin, 2010). Recently, due to the increase in animal milk lactose intolerance, milk protein allergy and vegetarian nutrition, the consumption of herbal origin milk has become popular. (kırmızı kısım). In this study, studies on herbal milk were reviewed.

Keywords:

Herbal Milk, Protein, Lactose intolerance.

1. Giriş

Süt; dişi memeli canlının yenidoğan yavrusunu beslemek için salgıladığı ve besin grupları içerisinde önemli bir yeri olan temel bir gıda maddesidir. Özellikle çocuklar tarafından sevilerek tüketilen sütün ABD Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından yapılan araştırmaya göre kişi başı tüketiminde kademeli bir düşüş olduğu belirlenmiştir [1]. Yapılan başka bir araştırmada, tüketicilerin yarısının fermente olmayan içecekleri satın aldığını ve tüketicilerin hayvansal olmayan sütlerin hayvansal sütlerden daha besleyici olduğunu düşündüklerini ortaya koymuştur [2]. Hayvansal süt kaynaklı bazı rahatsızlıkların (laktoz intoleransı, süt proteini alerjisi vs.) artması neticesinde anne-babaların çocukları için hayvansal olmayan süte yönelmeleri de süt tüketiminde düşüşe sebep olmuştur. Sonuç olarak; bitkisel süt pazarı ortaya çıkmakta ve tüketicinin de ilgisi ilgisi gün geçtikçe artmaktadır [3].

2. Bulgular ve Tartışma

İnek Sütü Protein Alerjisi (İSPA) erken çocuklukta en sık görülen besin alerjisidir. Süt çocuklarının %2-3'ünde görülür. Anne sütü ile beslenen bebeklerde annenin diyetinden bütün süt ve süt ürünleri çıkarılarak emzirmeye devam etmesi için teşvik edilmelidir. Fakat beslenme yetersizliği ve büyüme geriliği riskini en aza indirmek için uygun ikame önemlidir. Beslenmedeki hayvansal süt eksikliğinin giderilmesi için bitkisel süt ve bitkisel süt ürünlerinin kullanılması teşvik edilebilmektedir [4]. Laktoz intoleransı ise bazı bireylerde laktaz düzeyindeki azlık nedeniyle laktoz persistence olarak belirtilen laktozu metabolize etmekte güçlük çekmekte ve laktoz persistence sorunu olan çoğu kişi iki bardak süt yada daha fazlasını rahatlıkla tüketememektedir. Bireylerin bünyesinde laktaz enzimi eksikliğinden veya yokluğundan kaynaklanan laktoz intoleransı nedeniyle sütün tüketimi, bu rahatsızlığın görüldüğü bireylerde sınırlandırılmakta veya tüketilmemektedir. Laktaz enzimi yetersizliğinde laktoz hidrolize olmadığı için karında şişme, kramp, mide gazı, diyare gibi semptomlar oluşabilmektedir. Ayrıca laktoz intoleranslı çocuklarda daha ağır durumlarda su kaybı ve elektrolit düzensizlikleri meydana gelebilmektedir [5].

Laktoz intoreansı ve süt ve süt ürünleri tüketmeyen vegan görüşlü bireylerin beslenme yelpazesinin çeşitlenmesi amacıyla bitkisel süt ve bitkisel süt ürünleri geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu amaçla son zamanlarda üzerinde çalışılan bitkisel sütler sırayla verilmiştir:

2.1. Badem sütü

Son zamanlarda henüz yeni popülarite kazanan bitkisel süt badem sütüdür. Yapılan bazı çalışmalarla badem sütünün üretiminin ve fonksiyonel özelliğini daha da arttırmak amacıyla probiyotik badem sütü formülasyonlarının optimizasyonu üzerine çalışmalar yapılmıştır [6; 7].

2.2. Hindistan cevizi sütü

Güneydoğu Asya mutfağının önemli bir parçası olan Hindistan cevizi sütü, tek başına tüketilmesinden ziyade yemeklerde bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Tropik bölgelerde inek sütüne popüler bir alternatif olan hindistan cevizi sütü, yüksek sindirime ve serinletici özelliğe sahiptir. Süt olarak tüketilmesi yanı sıra dondurmada da inek sütüne ikame olarak kullanılmaktadır [8].

2.3. Soya sütü

Günümüzde bitkisel süt denilince ilk akla gelen soya sütüdür. Soya sütü ülkemizde endüstriyel boyutta yaygın olarak değerlendirilememektedir. Ancak Uzakdoğu ülkelerinde (Japonya, Tayland, Çin vs.) yaygın olarak süt ve ürünlerinde kullanılmaktadır [9]. Soya formülleri şu anda inek sütü alerjisi olan hastalarda geçerli bir beslenme alternatifi oluşturmaktadır. Amerikan Beslenme Komitesi (AAO), özellikle 6 aydan sonra bebeklerdeki besin alerjisinin ilk tedavisi için soya protein izolatlarına dayanan formül önermektedir.

2.4. Ceviz Sütü

Ceviz (Juglans regia L.), gıda endüstrisinde yüksek ekonomik çıkar sağlayan bir bitkidir. Meyvenin yenilebilir kısmı (tohum veya çekirdek) tek başına ya da diğer gıdalarla tüketilir. Son yıllarda, ceviz sütü temelli probiyotik içecek üretmek için çeşitli laktik asit bakterileri (LAB) kullanarak ceviz sütünü mayalamaya çalışılmıştır [10]. Başka bir çalışmada ise ceviz sütü kullanılarak kefir üretilmiştir [11].

2.5. Yulaf Sütü

Yulaf sütü yüksek besinsel lif içeriği nedeniyle tahıl kökenli bitkisel sütler içerisinde ön plana çıkmaktadır. Kan şekeri seviyesini azaltıcı, LDL kolesterolünü azaltıcı etkiye de sahiptir [12]. Ticari olarak yulaf sütü; Oatly (İsveç), Pureharvest (Avustralya), Alpro (İngiltere), Bioavena içeceği (İtalya), Simpli (Finlandiya), Vitasoy (Hong Kong), Pasifik (ABD) vb. markaları adı altında satılmaktadır.

2.6. Fındık Sütü

Fındık içerdiği protein, karbonhidrat, yağ, mineral, vitamin, tokoferol ve fenolik bileşenler bakımından sağlık üzerinde önemli role sahiptir. Fındık sütü ürünleri insan beslenmesi ve sağlığında önemli rol oynadığından dolayı yaygın olarak tüketilen bir bitkisel süt çeşididir [13].

2.7. Yer fıstığı Sütü

Antioksidan özelliği yüksek olan yer fıstığı; soyaya benzer pekçok uçucu bileşenlere de sahiptir. Yer fıstığı sütü üretimi üzerine çeşitli araştırmalar da mevcuttur [14; 15]. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki düşük gelir grubu, yetersiz beslenen çocuklar, vejeteryanlar ve inek sütü ile alerjisi olan kişiler tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

2.8. Susam Sütü

Soya sütü tüketimi sonucu oluşabilen şişlik ve alerjiye karşı [16] soya sütüne ikame olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Susam sütü ticari olarak Ecomil (İspanya), Vegemil (Güney Kore) vb. markalar adı altında satılmaktadır.

3. Sonuç

Günümüzde inek sütü alerjisi, laktoz intoleransı, yüksek kalori endişesi ve hiperkolesterolemi prevalansı, vegan diyetlerine daha fazla tercih gibi sebepler tüketicileri inek sütü alternatiflerini aramaya yöneltmiştir.

Bu bakımdan bitkisel sütler, dünya genelinde yeni gıda ürünü geliştirme kategorisinde hızla büyüyen bir segment olmaya başlamıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin fakir ekonomik grubunun ve inek sütünün yetersiz kaldığı yerlerde ucuz bir alternatif ürün olarak yükselen bir trenddir.

Yakın gelecekte bitkisel sütler gıda pazarında ciddi anlamda önemli konuma gelecektir. Bu amaçla genel kabuledilebilirliği yüksek besinsel

içecekler elde etmede ileri işleme teknikleri,teknolojik yenilikler ve takviye teknikleri geliştirilmesi gerekmektedir.

4. Referanslar

[1] Stewart, H. and Dong, D. Carlson, A. 2013. Why Are Americans Consuming Less Fluid Milk? A Look at Generational Differences in Intake Frequency. http://www.ers.usda.gov/publications/err-economic-research-report/err149/report-summary.aspx. Accessed June 12, 2015.

[2] Zegler, J. 2013. Dairy and Nondiary Milk, US.. http://store.mintel.com/dairy-and-non-dairy-milk-us-april-2013. Accessed June 12, 2015.

[3] Sarita Singhal, Robert D. Baker, and Susan S. Baker, A 2017. Comparison of the Nutritional Value of Cow's Milk and Nondairy Beverages, www.jpgn.org., JPGN, Volume 64, Number 5.

[4] Koca,T., Akçam, M., 2015. İnek sütü protein alerjisi, Dicle Tıp Dergisi, 42 (2): 268-273, doi: 10.5798/diclemedj.0921.2015.02.0572

[5] Er, B. ve Sarımehmetoğlu, B. 2009. Süt endüstrisinde mikrobiyel enzim kullanımı. Vet Hekim Der Derg, 80(1): 25-30.

[6] Ceylan, M. 2013. Badem Sütünün Üretimi ve Optimiasyonu.Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60 s.

[7] Bernat, N., Cha´fer, M., Chiralt, A., Chelo Gonza´lez-Martı´nez, 2014. Development of a non-dairy probiotic fermented product based on almond milk and inulin, Food Science and Technology International 21(6) 440–453.

[8] Fatemeh, A., Shori, A.B. and Baba, A.S. 2016. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream LWT - Food Science and Technology 70, 261-270.

[9] Dağyıldız, K. 2015. Soya Sütü ve İnek Sütü Karışımı Kullanılarak Yapılan Kefirlerin Fizikokimyasal Mikrobiyal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enziminin Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64 s.

[10] Wang, G. 2010. Preparation of walnut milk fermented by lactic acid bacteria. Food Engineering, 1, 17-18.

[11] Cui, X.H., Chen, S.J., Wang, Y. and Han, J.R., 2013. Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains. LWT - Food Science and Technology 50, 349-352.

[12] Deswal, A. Deora, N.S., Mishra, H.N. 2014. Optimization of enzymatic production process of oat milk using response surface methodology. Food Bioprocess Technol., 7(2):610–618.

[13] Gul, O.F., Saricaoglu, T., Mortas, M., Atalar, I., Yazici, F., 2017. Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. Innovative Food Science and Emerging Technologies 41,411–420.

[14] Galvez, F.C., Resurreccion, A.V., Koehler, P. 1990. Optimization of processing of peanut beverage. J Sens Stud., 5:1–17.

[15] Diarra, K., Zhang, G.N., Chen, J., 2005. Peanut milk and peanut milk based products production: a review. Crit Rev Food Sci Nutr., 45(5):405–423.

[16] Zahra, A.K., Varidi, M., Varidi, M.J., Pourazarang, H. 2014. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: a novel nutritional beverage. LWT Food Sci Technol. 57(1):299–305.

Özet

Bu çalışmada doğal kayaların işlenebilirliğini ve spesifik kesme enerjisini etkileyen parametreyi (Sc) incelemek için dört eksenli bir makine kullanılmıştır. Toplam 12 doğal taş türü (7 mermer 3 traverten ve 2 kireçtaşı) jeolojik formasyonlarına göre kategorize edilmiştir. Bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır: (1) dört eksenli bir makine ve 6.0 mm çapında parmak frezeli kesici uç kullanarak doğal taşların işlenmesinden ortaya çıkan kesme kuvvetlerinin deneysel ölçümü; (2) spesifik kesme enerjisi (Sc) değerlerinin hesaplanması; ve (3) parametrelerin istatistiksel analizinden oluşmaktadır. Doğal taşların spesifik kesme enerji değerleri bakımından p<0.001 anlamlılık düzeyinde kesme derinliği ve ilerleme hızı bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Buna göre doğal taşların işlenebilirliğinde kesme derinliği ve ilerleme hızı etkili olduğu görülmüştür. Bu deneylerden elde edilen veriler yardımıyla doğal taşların spesifik kesme enerjisinin istatistiksel K ortalamalar kümeleme yöntemi ile işlenebilirlik indeksi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Doğal taş, spesifik kesme enerjisi, K ortalama kümeleme analizi, işlenebilirlik indeksi

Abstract

This study used a four-axis machine to investigate the processability of natural rocks and parameter affecting specific cutting energy (Sc). A total of 12 types of natural rocks (7 marbles, 3 travertines, and 2 limestones) were categorized according to their geological formations. This study consisted of three parts: (1) experimental measurement of cutting forces resulting from processing natural rocks using a 6.0-mm diameter end mill cutting tool and a four-axis machine; (2) calculation of specific cutting energy (Sc) values; and (3) statistical analysis of the parameters. In terms of specific energy values, a statistically significant difference (P<0.001) was observed among depth of cut and feed speed. It was found that the parameters that affected processability of natural stones were depth of cut and feed speed. Accordingly, the processability of natural stones processing type, depth of cut and feed speed was found that affected. With the data obtained from the tests, the processability index of the specific cutting energy of natural stones was determined by the statistical K-means clustering method.

Keywords:

Natural stone, specific cutting energy, K means clustering method, processability index

Doğal Taşların Spesifik Kesme Enerjisinin İstatistiksel K-Ortalamalar Kümeleme Yöntemi ile Sınıflandırılması

Classification of Specific Cutting Energy of Natural Stones with Statistical K-Means Clustering Method

Gencay SARIIŞIK[1]
Ahmet Sabri ÖĞÜTLÜ[1]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Araştırmacılar tarafından doğal taşların fiziko-mekanik özelliklerine bağlı olarak dairesel testerelerde oluşan kesme kuvveti, spesifik enerji ve soketlerin modellenmesi [1-4], teorik talaş geometrilerinin tanımlanması [5,6], teğetsel kesme kuvveti ile talaş kalınlığı arasındaki bağıntılar, spesifik kesme enerjisinin belirlenmesi ve güç tüketimi [7-9], takım aşınması üzerine işleme parametrelerinin etkisi [10-13], elmas kesici takımlarla doğal taş kesme üzerine bir modelleme[14, 15] ve tarama mikroskobu altında talaş örneklerinin spesifik öğütme enerjisi ile ilişkilendirilmesi [16,17] konularında çalışmalar yapılmıştır.

Doğal taş sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlayan karbür kaplı parmak freze uçlar ile kayaçların CNC makinesinde işlenebilirliğini etkileyen parametreler üzerine yapılan çalışmalar oldukça az ve kısıtlıdır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda içten soğutmalı kesici uçlar kullanarak, daha düşük devir hızı ve ilerleme hızında kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve elmas kesici uçların aşınmaları belirlenmiştir [18]. Araştırmacılar tarafından bilgisayar kontrollü makine (CNC) ile karbür esaslı frezeli kesici uç takımları kullanılarak, doğal taşlarda işleme türü, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametreleri seçilerek, F_z, F_c ve F_t kuvvet, spesifik kesme enerjisi ve spesifik enerji değerlerinin istatistiksel olarak analizi yapılmıştır [19-21].

Günümüzde atölyelerde doğal taşların CNC makinelerde karbür kaplı parmak freze uçların kullanımı ile üç boyutlu tasarımlı nihai ürünlerin işlemesi yapılmaktadır. Doğal taşların işlenebilirliğinin verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmek için kesici uçların doğru seçimi ve performans tahmini yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, kesici uçların uygun seçimi ve performans tahmini, işlenebilirlik verimliliğinin artırılmasında ve maliyetlerin azaltılması için doğal taşların CNC makinesinde işlenmesinde oluşan spesifik kesme enerjinin istatistiksel K ortalamalar kümeleme yöntemi ile işlenebilirlik derecesi belirlenmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalar için Afyon ilinde CNC makinesi ile doğal taş işleyen fabrikalarda yaygın olarak kullanılan metamorfik ve sedimanter kökenli kayaçlar seçilmiştir. Deneysel numunelerin boyutları, adedi ve yüzey özelliği Tablo 1'de verilmiştir.

..

TABLO 1. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN DOĞAL TAŞLARIN ÖZELLİKLERİ

Ticari İsmi	Numune Kodu	Petrografik İsim	Ana Bileşen	Boyut (mm)	Sayı	Yüzey İşleme
Denizli Traverten Silver Traverten Noce Traverten	T1 T2 T3	Sedimanter	Kalsit	300 × 300 × 30	15	Cilalı
Afyon Beyaz Afyon Şeker Afyon Gri Kütahya Siyah Uşak Beyaz Afyon Menekşe Afyon Kaplanpostu	M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7	Metamorfik	Kalsit	300 × 300 × 30	15	Cilalı
Bursa Beige Bilecik Beige	K1 K2	Metamorfik	Kalsit	300 × 300 × 30	15	Cilalı

Çalışmada CNC makinesi ile mermer işlenebilirlik deneyleri için karbür esaslı parmak frezeli kesici uç takımı kullanılmıştır. İşlenebilirlik deneylerinde kesici uçların takım ömrü dikkate alınarak, 2 adet parmak frezeli kesici uç kullanılmıştır. Frezeli kesici uç takımın görünümü Şekil 1'de ve teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Şekil 1. Freze kesici ucun görünümü

TABLO 2. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN FREZELİ KESİCİ UCUN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Kod	MFR-6
Kesici Uç Çapı/d_1 (mm)	6
Sap Çapı/d_2 (mm)	6
Kesici Uzunluk/l_2 (mm)	25
Uç Uzunluk /l_1 (mm)	76
Kesici Ağız Sayısı (adet)	4
Helis Açısı (°)	25
Ağırlık (g)	26.15
Co (%)	12
WC (%)	88
Sertlik (HV30 ISO 3878)	1680
Yoğunluk (g/cm^3)	14.1
Kırılma Dayanımı (N/m^2)	3800
Ortalama Tane Boyutu (µm)	0.5

CNC makinesi malzemenin konulacağı çalışma tezgâhı, elektrik motoru, pnömatik veya hidrolik güç üniteleri, kontrol paneli ve yazılımdan oluşmaktadır. Deneysel çalışmaların yapıldığı CNC makinesi Şekil 2'de gösterilmiştir.

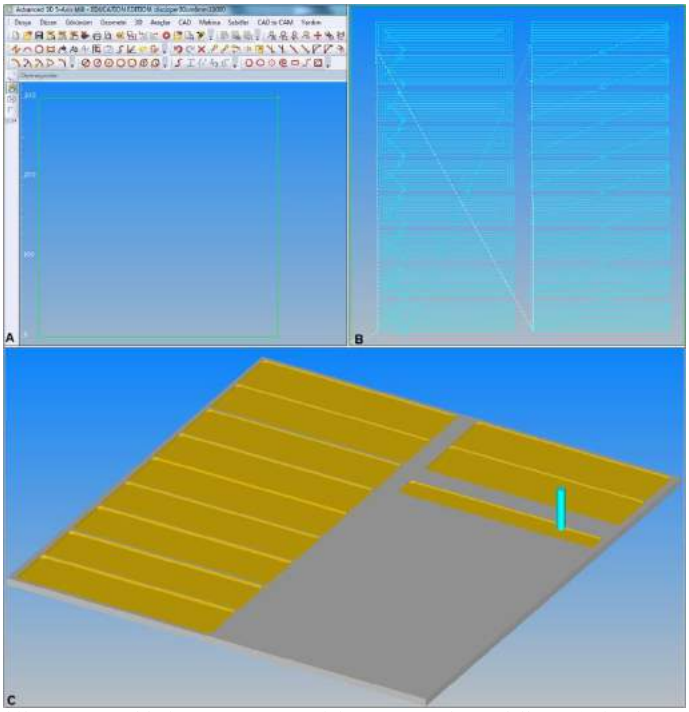
Bu çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi-Doğaltaş İşleme Laboratuvarında doğal taş sektörü için tasarlanmış olan Megatron Marka 4-Eksenli CNC makinesi kullanılmıştır. CNC makinesinin teknik özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Şekil 2. Bilgisayar kontrollü (CNC) makine

TABLO 3. CNC MAKİNESİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

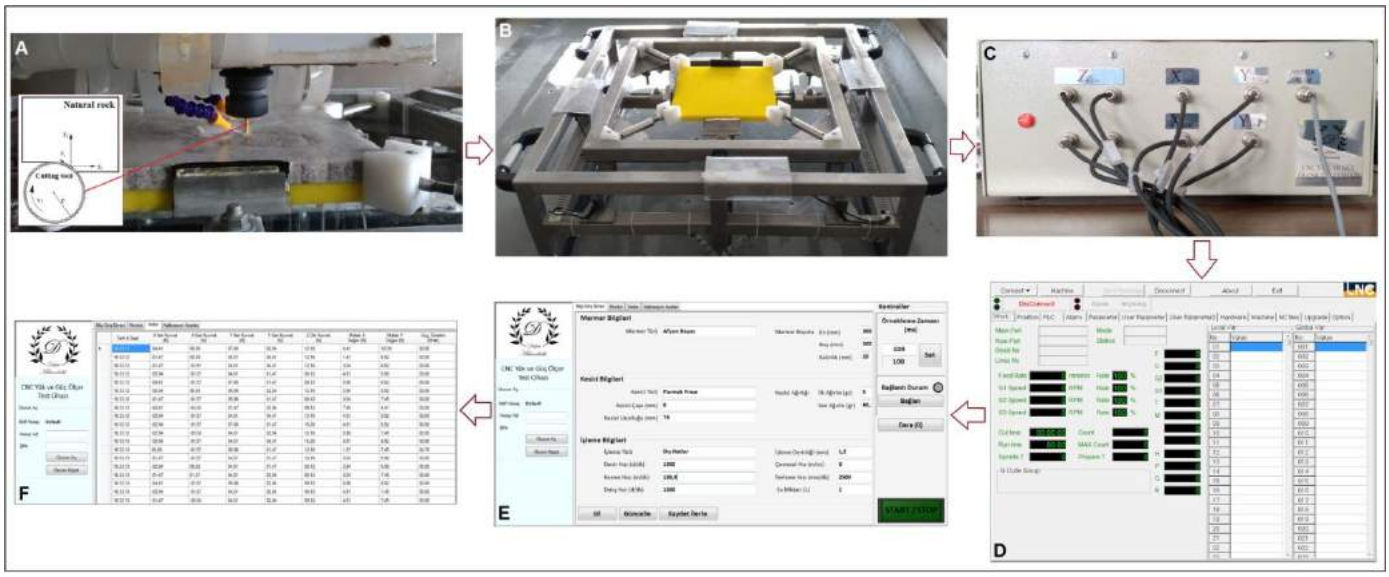
İşleme özellikleri	Birim	Değerler
Spindle motor	kW	9
Eksen sayısı	adet	4
Motorun devri	rpm	24000
İşlem devri	rpm	24000
X ilerleme hızı	mm/dk	80000
Voltaj	V	380
İşleme boyu	mm	4000-4500
İşleme eni	mm	2000-2500
İşleme yüksekliği	mm	500-600
Tezgâh yüksekliği	mm	700-750
Tezgâh boyu	mm	2500-3000
Soğutma suyu	l/dk	3
Otomatik takım	adet	8

CNC makinesinde kesme derinliği ve ilerleme hızı parametrelerine göre mermerlerin işlenebilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan mermerler üzerinde yapılacak işlemler ve kesim parametrelerinin belirlenmesinde Alpha CAM çizim programı kullanılmıştır. Deneysel çalışmada işlenecek numunenin 120×25 mm boyutundaki 18 adet dikdörtgenin (3.0 x 3.0 = 9.0 mm) tasarımı üç boyutlu olarak çizim programında oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Test örnekleri a) Alpha CAM çizim programı b) modelleme c) simülasyonu

İşlenebilirlik deneylerinde CNC makinesinin tezgahına monte edilen güç ve yük ölçer test cihazı kullanılmıştır. Bu test cihazı ölçüm ünitesi, yük hücresi, kontrolör ünitesi ve Defne Lab Soft programından oluşmaktadır. Deney numuneleri cihazın ölçüm ünitesindeki platforma bağlama aparatları ile sabitlenmiştir. Test cihazında kuvvetlerin ölçümü için 8 adet yük hücresi (4 tane Z ekseninde, 4 tanesi X ve Y ekseninde) bulunmaktadır. Defne Lab Soft programının bilgi giriş ekranında mermer türü, boyutu, kesici bilgileri, işleme türü, sabit ve değişken parametreler bu özel yazılıma kayıt edilmiştir. Alpha CAM çizim programında alınan NC kodları Recon programı arayüzü ile CNC makinesine aktarılmıştır. Kesici uç pens takım tutucuya takılarak, CNC makinesinin motoruna sabitlenmiştir. Kesici uç kontrol ünitesindeki fonksiyon ve operasyon tuşları ile deney numunesinin yüzeyi üzerinde referans noktasına yönlendirilerek, sıfırlanma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol ünitesinde fonksiyon ve operasyon tuşların yardımıyla NC kodu seçilip, başla tuşu ile deneyde ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Doğal taşlar soğutma işleminde 1 l/d debisi olan su ile farklı işleme parametrelerine bağlı olarak her bir ölçümden saniyede 100 veri alınacak şekilde 120×25 mm boyutunda dikdörtgenlerin her biri 40 sn sürede işlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. İşlenebilirlik deneyinde kullanılan işler a) Kesici ucun kuvvetlerinin vektör gösterimi b) güç ve yük ölçer test cihazı c) kontrol ünitesi d) Defne Lab Soft test programı arayüzü e) Recon programı arayüzü f) Defne Lab Soft programındaki verilerin görüntülenmesi

İşlenebilirlik deneylerinde elde edilen spesifik kesme enerji değerleri kullanılarak K ortalamalar kümeleme yöntemi kullanılacaktır. K ortalamalar hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemidir. Özellikle sınıflandırılacak birim sayısı çok fazla olduğunda kullanışlıdır. Bu yöntemde sınıflama yapılacak küme sayısı önceden belirlenmektedir [22]. Bu yöntem Lloyd algoritması olarak bilinmektedir. Bu bir lokal arama algoritmasıdır ve n tane veri noktasını k tane kümeye şu şekilde sınıflandırır: k tane başlangıç küme merkezi belirlenir ve her veri noktası kendisine en yakın merkeze atanır. Daha sonra yeni merkezler kendilerine atanan noktaların ortalaması olarak yeniden hesaplanır. Veri noktalarını atama ve merkezleri tekrar belirleme süreci algoritma kararlı hale gelene kadar tekrarlanır [23].

K ortalamalar algoritması R^d de n tane noktadan oluşan bir X kümesini k tane kümeye sınıflandırır. Başlangıçta R^d de k tane küme merkezi belirlenir. Daha sonra her veri noktası, merkezi kendisine en yakın olan kümeye atanır. Bir merkezin yeni pozisyonu kendisine atanan noktaların ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Algoritmanın adımları şu aşamalardan oluşmaktadır;

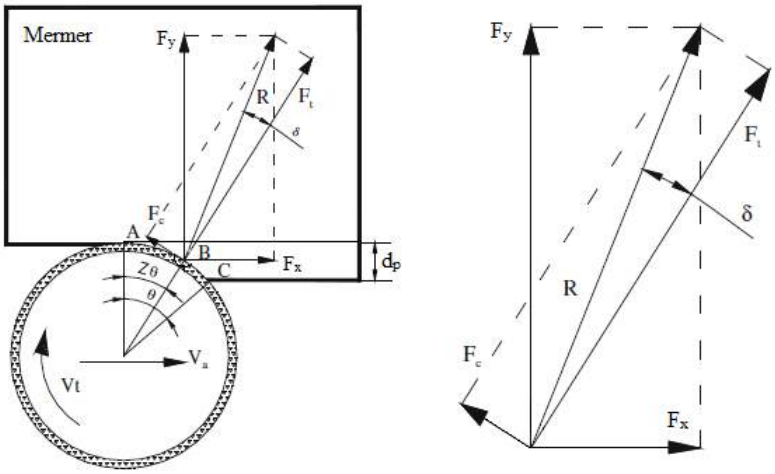
- K tane başlangıç merkezi c_1, c_2,….,c_k keyfi olarak seçilmiştir.
- Her bir $1 \le i \le k$ için C_i kümesini C_i ye diğer merkezlerden daha yakın olan X deki noktaların kümesi olarak belirlenmiştir.
- Her bir $1 \le i \le k$ için C_i 'deki noktaların kütle merkezini (ortalamasını) $c_i = \frac{1}{|C_i|}\sum_{x \in C_i} x$ ile hesaplayarak yeni merkezleri belirlenmiştir.
- 4 C_i kümeleri ve C_i merkezleri değişmez duruma gelene kadar 2. ve 3. adımları tekrarla. Böylece X, C_1, C_2,… C_k kümelerine sınıflanmıştır.

Deneysel çalışmalarda işlenen mermerler için kullanılan CNC makinesi ile işleme test parametreleri Tablo 4'de verilmiştir. İşlenebilirlik deneylerinde parametreler sabit ve değişken olarak ele alınmıştır. Sabit parametreler; 6.0 mm kesici uç çapı, 1000 d/dk devir hızı, 1000d/dk dalış hızı ve 3.0 mm kesme genişliğidir. Değişken parametreler; 1.20, 1.60 ve 2.00 mm kesme derinliği, 2000, 2500 ve 3000 mm/dk ilerleme hızıdır.

TABLO 4. CNC MAKİNESİ İLE İŞLEME TEST PARAMETRELERİ

İşleme Parametreleri	Değerler
Kesici Uç Çapı (mm)	6.0
Kesme Derinliği (mm)	1.20-1.60-2.00
Devir Hızı (d/dk)	10000
İlerleme Hızı (mm/dk)	2000-2500-3000
Dalış Hızı (d/dk)	1000
Kesme Hızı (m/dk)	188.4
Kesme Genişiliği (mm)	3.0

Deneysel olarak doğal taşların işlenmesi sırasında oluşan kuvvetlerin(F_x, F_y, F_c ve F_t), kesme hızının (V_t) ve ilerleme hızı (V_a) vektörel olarak gösterimi Şekil 5'de açıklanmıştır.



Şekil 5. İşleme sırasında oluşan kuvvetlerin vektörel gösterimi

CNC işleme parametrelerine göre Fx kesme kuvvetinin hesaplanması denklem 1'de gösterildiği gibidir.

F_x kesme kuvveti eşitlik 1 ;

$$F_x = |F_{x1}| + |F_{x2}| \quad (1)$$

Fx=Kesme kuvveti (N)

F_{x1}= Mutlak ileri kesme kuvveti(N)

F_{x2}= Mutlak geri kesme kuvveti(N)

F_y kesme kuvveti eşitlik 2;

$$F_y = |F_{y1}| + |F_{y2}| \quad (2)$$

F_y=Kesme kuvveti (N)

F_{y1}= Mutlak ileri kesme kuvveti (N)

F_{y2}= Mutlak geri kesme kuvveti (N)

R bileşke kuvveti, F_x ve F_y kesme kuvvetleri kullanarak, hesaplanması eşitlik 3;

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (3)$$

R= Bileşke Kuvveti (N)

F_x= Kesme Kuvveti (N)

F_y= Kesme kuvveti (N)

R ve F_x arasındaki β açısı eşitlik 4;

$$\beta = tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) \quad (4)$$

Kesici uç (d) ile mermer arasındaki θ temas açısı eşitlik 5;

$$\theta = cos^{-1}\left(1 - \frac{2dp}{d}\right) \quad (5)$$

Kesme kuvvetinin teğetsel kuvveti F_c ve radyal kuvveti F_t bileşenleri, elde edilen R değeri ile hesaplanması eşitlik 6 ve eşitlik 7;

$$F_c = Rsin\delta \quad (6)$$

$$F_t = Rcos\delta \quad (7)$$

Ft ve Fc arasındaki δ açısı eşitlik 8;

$$\delta = \beta - Z\theta \quad (8)$$

Z parametresi, kesici uçla mermer arasındaki temas AC yayı üzerindeki bileşke kuvvetin R uygulama noktasının konumuna bağlıdır.

Z parametresi eşitlik 9;

$$Z = \frac{AB}{AC} \quad (9)$$

CNC makinesi ile işleme test parametrelerine bağlı olarak kesme hızının hesaplanması eşitlik 10'de gösterilmiştir.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (10)$$

V_c = Kesme hızı (m/dk)
n = Devir hızı (d/dk)
D = Kesici çapı (mm)

Teğetsel kuvvete ve kesme hızına bağlı olarak spesifik kesme enerjisi eşitlik 11 'de gösterilmiştir.

$$S_k = \frac{F_c \times V_t}{V_a \times dp \times b} \quad (11)$$

F_c = Teğetsel kesme kuvveti (N)
V_t = Kesme hızı (m/dk)
V_a = İlerleme hızı (mm/dk)
d_p = Kesme derinliği (mm)
b = Kesme genişliği (mm)

3. Bulgular ve Tartışma

İşlenebilirlilik deneylerinde kullanılan 12 doğal taş türü için, 3 kesme derinliği, 3 ilerleme hızı, spesifik kesme enerji ile ilişkisi varyans (ANOVA) yöntemi kullanarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Deneysel çalışmada her bir doğal taş numunesinin işleme süresine göre güç tüketimi (W) ölçümlerinden 4000 veri alınmıştır. Toplam (12 doğal taş türü × 3 kesme derinlik × 3 ilerleme hızı × 4000 veri) 864.000 veri kullanılmıştır. Doğal taş numunelerin spesifik kesme enerji değerleri bakımından $p<0,001$ anlamlılık düzeyinde işlenebilirliğinde kesme derinliği ve ilerleme hızına etkili olduğu görülmüştür (Tablo 5).

TABLO 5. DOĞAL TAŞLARIN SPESİFİK KESME ENERJİLERİNİN KESME DERİNLİĞİ VE İLERLEME HIZINA GÖRE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Sc (J/mm^3)	Kesme Derinliği (mm)		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken (I)	Bağımsız Değişken (J)				Alt Limit	Üst Limit
S_k	1,20	1,00	5,6451*	0,70123	<0,001	3,9893	7,3009
		2,00	8,7928*	0,70123	<0,001	7,1370	10,4486
	1,60	1,20	-5,6451*	0,70123	<0,001	-7,3009	-3,9893
		2,00	3,1477*	0,70123	<0,001	1,4919	4,8035
	2,00	1,20	-8,7928*	0,70123	<0,001	-10,4486	-7,1370
		1,60	-3,1477*	0,70123	<0,001	-4,8035	-1,4919
İlerleme Hızı (mm/dk)							
S_k	2000	2500	4,2592*	0,70123	<0,001	2,6034	5,9150
		3000	8,5607*	0,70123	<0,001	6,9049	10,2165
	2500	2000	-4,2592*	0,70123	<0,001	-5,9150	-2,6034
		3000	4,3015*	0,70123	<0,001	2,6457	5,9573
	3000	2000	-8,5607*	0,70123	<0,001	-10,2165	-6,9049
		2500	-4,3015*	0,70123	<0,001	-5,9573	-2,6457

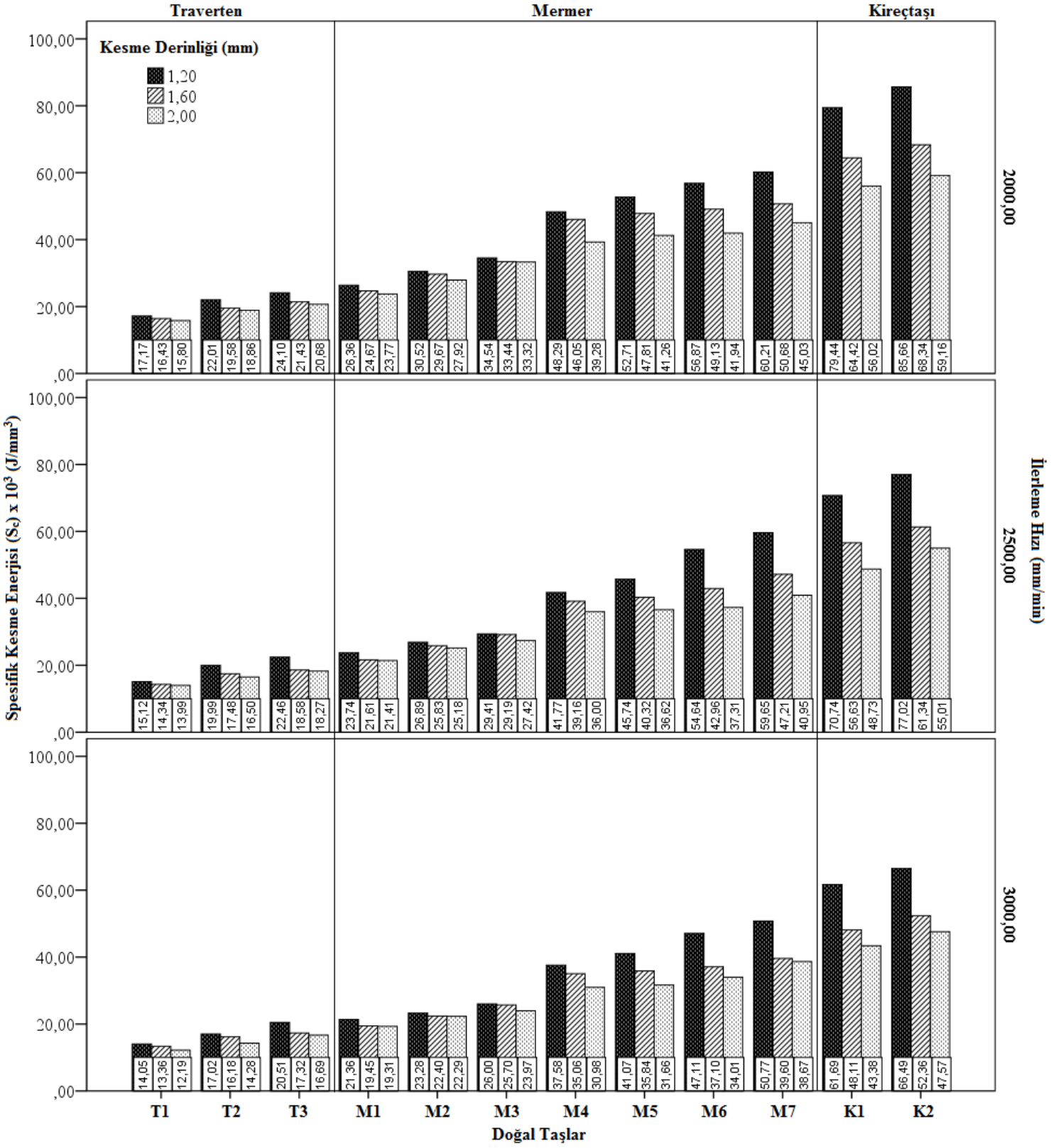
İşlenebilirlik deneylerinde spesifik kesme enerji değerleri kullanılarak K ortalamalar kümeleme yöntemi ile 4 küme değeri ve işlenebilirlik indeksi belirlenmiştir. Doğal taş numunelerinde spesifik kesme enerji değerlerine göre belirlenen işlenebilirlik indeksi aralığı ve derecesi Tablo 6'da verilmiştir

TABLO 6. DOĞAL TAŞLARIN K ORTALAMALAR KÜMELEME YÖNTEMİ İLE BELİRLENEN İŞLENEBİLİRLİK İNDEKSİ

Bağımlı Değişken	Kod	İşlenebilirlik İndeksi Aralığı S_c (J/mm^3) 10^3	İşlenebilirlik Derecesi
S_k	S1	< 20.0	İyi
	S2	20.0-46.0	Orta
	S3	46.0-78.0	Zayıf
	S4	> 78.0	Çok Zayıf

Doğal taşlarda işlenebilirlilik deneylerinde farklı kesme derinliği ve ilerleme hızında spesifik kesme enerji değerleri Şekil 6 'da verilmiştir. Doğal taşların 1,2 mm kesme derinliği 1.6 mm ve 2.0 mm'ye göre spesifik kesme enerji değerleri daha yüksek, 3000 mm/dk ilerleme hızında 2500 ve 2000 mm/dk ilerleme hızına göre spesifik kesme enerji değerleri daha düşük olduğu tespit edilmiştir. T1, T2 ve T3 travertenlerde 2000 mm/dk ilerleme hızında spesifik kesme enerji değerleri daha düşükken, K1 ve K2 kireçtaşlarında 3000 mm/dk ilerleme hızında spesifik kesme enerji değerleri daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre tüm doğal taşlarda spesifik kesme enerjisi değerlerine göre 2.0 mm kesme derinliği ve 3000 mm/dk ilerleme hızı tercih edilmesi ön görülmüştür.

Doğal taşların K ortalama kümeleme analizi ile belirlenen işlenebilirlik derecesine göre sınıflandırması yapılmıştır. Spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik indeksi aralığı traverten örnekleri 20 J/mm^3'den küçük olduğu için S1 sınıfı içinde yer almaktadır. S1 sınıflandırmasında yer alan travertenlerin spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik derecesi iyi olduğu tespit edilmiştir. Mermer örnekleri 2.0 mm kesme derinliğinde spesifik kesme enerjisine değerleri 20-46 J/mm^3 arasında olduğu için S2 sınıfı içinde yer almaktadır. S2 sınıfında yer alan mermerlerin spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik derecesi orta düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Kireçtaşı örnekleri 1.6 ve 2.0 mm kesme derinliğinde spesifik kesme enerjisine değerleri 46-78 J/mm^3 arasında olduğu için S3 sınıfı içinde yer almaktadır. S3 sınıfında yer alan kireçtaşların spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik derecesi zayıf düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Kireçtaşı örnekleri 1.2 mm kesme derinliğinde ve 2000 mm/dk ilerleme hızında spesifik kesme enerjisine değerleri 78 J/mm^3'den yüksek olduğu için S4 sınıfı içinde yer almaktadır. S4 sınıfında yer alan kireçtaşların spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik derecesi çok zayıf düzeyde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Doğal taşlarda işlenebilirlilik deneylerinde spesifik kesme enerji değerleri

4. Sonuç

Doğal taşların spesifik kesme enerjisi değerleri istatistiksel analiz edilerek, K ortalamalar kümeleme yöntemi ile işlenebilirlik indeksi belirlenmiştir. Bu çalışmadaki doğal taşlar, belirlenen istatistiksel analizlere göre spesifik kesme enerjisi değerleri dikkate alınarak işlenebilirlik

indeksine göre sınıflandırılmıştır. İstatistiksel analiz sonucunda, doğal taşların işlenebilirliğinde kesme derinliği ve ilerleme hızının spesifik kesme enerjisi değerlerini anlamlı ölçüde etkilediği görülmüştür. Spesifik kesme enerji değerleri 1.2 mm kesme derinliği ve 2000 mm/dk ilerleme hızında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Spesifik kesme enerji miktarının en yüksek olduğu işleme parametreleri, makinenin en çok zorlandığı anı göstermektedir. Kesme derinliği arttıkça spesifik kesme enerji değerleri azalmakta, kesme verimliliği artmaktadır. Bu nedenle fiziksel ve mekanik özelliklerine göre daha sert ve dayanıklı olan mermer ve kireçtaşlarında 1.2 mm kesme derinliğinde spesifik kesme enerji önemli ölçüde artmıştır. Özellikle kireçtaşı örnekleri 1.2 ve 1.6 mm kesme derinliği, 2000 ve 2500 mm/dk ilerleme hızında spesifik kesme enerjisi değerleri 46-78 J/mm^3 arasında olduğu için spesifik kesme enerjisine göre işlenebilirlik derecesi zayıf düzeyde olduğu için 2.0 mm kesme derinliği ve 3000 mm/dk ilerleme hzı tercih edilmelidir.

5. Referanslar

[1] Karakurt, I. Aydin, G. and K. Aydiner. 2013. Experimental and statistical analysis of cutting force acting on diamond sawblade in sawing of granitic rocks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture 227(2): 286-300.

[2] Yilmazkaya, E. and Y. Ozcelik. 2016. The effects of operational parameters on a mono-wire cutting system: efficiency in marble processing. Rock Mechanics and Rock Engineering 49(2): 523-539.

[3] Almasi, S.N. Bagherpour, R. Mikaeil, R. and Y. Ozcelik. 2017. Developing a new rock classification based on the abrasiveness, hardness, and toughness of rocks and PA for the prediction of hard dimension stone sawability in quarrying. Geosystem Engineering, 1-16.

[4] Yurdakul, M. and H. Akdas. 2012. Prediction of specific cutting energy for large diameter circular saws during natural stone cutting. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 53:38-44.

[5] Turchetta, S. and W. Polini. 2011. Cutting force in stone lapping. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 57 (5-8): 533-539.

[6] Gelfusa, G. and S. Turchetta. 2014. Cutting force and tool wear of single diamond-coated bead. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 72 (5-8): 1063-1072.

[7] Akdas, H. and M. Yurdakul. 2014. Analysis of the industrial cutting process of natural building stones: evaluation of electric power consumption. Journal of Testing and Evaluation 42(4): 931-941.

[8] Yurdakul, M. Gopalakrishnan, K. and H. Akdas. 2014. Prediction of specific cutting energy in natural stone cutting processes using the neuro-fuzzy methodology. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 67: 127-135.

[9] Aydin, G. Karakurt, I. and K. Aydiner. 2013. Development of predictive models for the specific energy of circular diamond sawblades in the sawing of granitic rocks. Rock Mechanics and Rock Engineering 46:767–783.

[10] Turchetta, S., Sorrentino, L., & Bellini, C. (2017). A method to optimize the diamond wire cutting process. Diamond and Related Materials 71: 90-97. doi.org/10.1016/j.diamond.2016.11.016.

[11] Gelfusa, G. and S. Turchetta. 2014. Cutting force and tool wear of single diamond-coated bead. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 72 (5-8): 1063-1072.

[12] Turchetta, S. Polini, W. Gelfusa, G. and E. Venafro. 2014. A new sawing machine by diamond wire. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 70(1-4): 73-78.

[13] Sun, Q. Zhang, J. Wang, Z. Zhang, H. and J. Fang. 2016. Segment wear characteristics of diamond frame saw when cutting different granite types. Diamond and Related Materials 68: 143-151.

[14] Tönshoff, H.K. Hillmann-Apmann, H. and J. Asche. 2002. Diamond tools in stone and civil engineering industry: cutting principles, wear and applications. Diamond and Related Materials 11(3): 736-741.

[15] Bulut, B. Tazegul, O. Baydogan, M. and E.S. Kayali. 2016. The comparison of the sintering methods for diamond cutting tools. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 76(1): 30-35.

[16] Konstanty, J. 2002. Theoretical analysis of stone sawing with diamonds. Journal of materials processing technology 123(1): 146-154.

[17] Polini W. and S. Turchetta. 2004. Force and specific energy in stone cutting by diamond mill. International Journal of Machine Tools and Manufacture 44(11):1189-1196.

[18] Turchetta, S. 2012. Cutting force and diamond tool wear in stone machining. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 61(5-8): 441–448.

[19] Sarıışık, G. and E. Özkan. 2017. Mermerlerin CNC Makinesi ile İşlenmesinde Kesme Kuvvetleri ve Spesifik Kesme Enerjisinin İstatistiksel Analizi. Journal of Science and Engineering 19(55).

[20] Sarıışık, G. and E. Özkan. 2016. Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC) ile Mermerlerin İşlenebilirliğinde Kesme Kuvveti ve Spesifik Enerjinin Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 16:420-430.

[21] Sarıışık, G. and E. Özkan. 2018. Effects of natural rock properties on cutting forces, specific energy and specific cutting energy by four-axis machine. Arabian Journal of Geosciences 11(5): 84.

[22] Hair, J.F.J. Black, W.C. Babin, B.J. and R.E. Anderson. 2010. Multivariate Data Analysis Seventh Edition Prentice Hall.

[23] Vattani, A. 2011. K-means requires exponentially many iterations even in the plane. Discrete & Computational Geometry 45(4): 596-616.

Özet

Birçok gıdaların zenginleştirilmesi için diyet lifi (DL) kullanımı son yıllarda oldukça popüler olmuştur. Bitkinin yenilebilir kısmının bir kalıntısı olan DL; insan ince bağırsağında sindirime ve emilmeye dirençli olan ve insan kalın bağırsağında tam veya kısmi fermantasyona uğrayan benzer karbonhidratlardır. Bunlar, oligosakkaritler, lignin, dirençli nişasta, tanenler ve ilgili bitki maddelerini içerir. Birçok oligosakkarit, esas olarak probiyotik organizmaların büyümesini teşvik etmek için prebiyotik olarak gıdaya eklenir. Bu çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* (LA5) üzerinde selüloz lifi ve modifiye nişastanın prebiyotik etkisi araştırılmıştır.

Sonuçlar, araştırmada kullanılan her iki lifin de L. acidophilus'u uyardığını göstermiştir. Selüloz lif oranı arttıkça canlı *L. acidophilus* sayısı artmıştır. Ayrıca, canlı *L. acidophilus* sayısı, modifiye nişasta oranı % 0.5'e ulaşana kadar artmıştır. Bu seviyenin üzerinde *L. acidophilus* sayıları biraz azalmıştır. Daha yüksek oranda modifiye nişasta içeren örneklerde canlı *L. acidophilus* sayımlarının azalmasına rağmen, kontrolün üstünde bulunmuştur. Sonuç olarak selüloz lifi ve modifiye nişasta prebiyotik olarak kullanılabilir.

Anahtar kelimeler:

L. acidophilus, prebiyotik, selüloz, modifiye nişasta

Abstract

Using dietary fiber (DF) for enrichment of many foods have been very popular for the last decades. DF is a remnant of the edible part of plant; it is analogous carbohydrates that are resistant to digestion and absorption in the human small intestine and undergo complete or partial fermentation in the human large intestine. They includes oligosaccharides, lignin, resistant starch, tannins and associated plant substances. Many oligosaccharides, are added to food as prebiotic, mainly to stimulate growth of probiotic organisms. In this study prebiotic effect of cellulose and modified starch on *Lactobacillus acidophilus* (LA5) was investigated.

Results showed that both fibers used in the research have stimulated *L. acidophilus.* As the rate of cellulose fiber increased viable L. acidophilus counts increased. In addition, viable L. acidophilus counts increased until the modified starch rate reached 0.5%. Above this level the numbers of L. acidophilus was slightly decreased. Despite decreasing of viable L. acidophilus counts in the samples with a higher rate of modified starch, they were found above control. As a result cellulose and modified starch can be used as prebiotic.

Keywords:

L. acidophilus, prebiotic, cellulose fiber, modified starch.

Selüloz Lifi ve Modifiye Nişastanın *Lactobacillus acidophilus* İçin Prebiyotik Olarak Kullanımı

Usage of Cellulose Fiber and Modified Starch as Prebiotic for *Lactobacillus acidophilus*

Mutlu Buket AKIN[1]*
Feride DAŞNIK-ŞEKER[1]
Musa Serdar AKIN[1]
Büşra GÖNCÜ[1]

[1] Harran University Engineering Faculty Department of Food Engineering, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Introduction

Probiotic bacteria (such as *L. acidophilus* and/or Bifidobacteria) have been increasingly included in yogurts and fermented milks during the past three decades because of their attributed health benefits [1]. In order to produce therapeutic benefits, a suggested minimum level for probiotic bacteria in fermented milk is from 10^6 to 10^7 cfu·mL^{-1} [2]. However, these organisms often show poor viability in market preparations [3] [4] [5]. Prebiotics, such as oligo-saccharides are added to food mainly to allow the preferential growth of probiotic organisms [6].

Dietary fiber (DF) is a remnant of the edible part of plant; it is analogous carbohydrates that are resistant to digestion and absorption in the human small intestine and undergo complete or partial fermentation in the human large intestine. DF includes oligosaccharides, lignin, resistant starch, tannins and associated plant substances [7] [8].

Cellulose, the earth's most abundant natural material, is a long-chain carbohydrate polymer of repeating glucose units. Cellulose has β-glycosidic linkages, which cannot degrade human carbohydrate digestive enzymes and is widely accepted as a dietary fiber [9]. Many dietary fibers have been shown to offer potential health benefits to the gastrointestinal tract [10]. CF is indigestible in the upper gastrointestinal tract (GIT) but partially fermentable in the colon [11] and so may potentially have limited use as a prebiotic in functional food.

Modified starch, also called starch derivatives, are prepared by physically, enzymatically, or chemically treating native starch to change its properties. Modified starches are used in practically all starch applications, such as in food products as a thickening agent, stabilizer or emulsifier [12].

In this study potential prebiotic effect of cellulose and modified starch on *L. acidophilus* (LA5) was investigated.

2. Method

L. acidophilus (Chr. Hansen, Turkey), Cellulose fiber (Delarom Aroma and Food Addidives Ltd.,İstanbul) and skim milk powder (Pınar Dairy, İzmir, Turkey) were used as materials. MRS sorbitol agar, obtained from Sigma Chemicals (İstanbul, Turkey). All other reagents used were of analytical grade.

For propagation of *L. acidophilus* LA-5, sterile reconstituted skim milk (12%) was supplemented with 0 % (control), 0.25%, 0.50%, 1% and 2% cellulose fiber and modified starch. The culture was grown for 4 h at 37°C, using a 0.5% (w/v) inoculum. The cultures were kept cooled at 4°C until for enumeration.

Bacterial counts were determined after 8 h fermentation. Fermented milks were decimally diluted in 100 ml sterile peptone water (0.1%) and 1 ml aliquot dilutions were poured onto plates of selective and differential agar in triplicate. The plates were incubated anaerobically by using MRS with sorbitol agar at 37°C for 72 h. Anaerobic conditions were created using Anaerocult A sochets (Merck). The results were expressed as colony-forming units per gram (cfu g^{-1}) of sample.

3. Results and Discussion

Table 1 show the variations in *L. acidophilus* counts in reconstituted skim milk with cellulose fiber and modified starch. The numbers of *L. acidophilus* in skim milk were found to be in the range of 7.15 and 8.39 log cfu mL^{-1}.

TABLE 1. Viable counts of *L. acidophilus* in fermented milk fortified with cellulose fiber or modified starch (log cfu mL^{-1})**

Skim Milk with Fiber*	Cellulose Fiber	Modified Starch
A	7.15 ± 0.10^{a3}	7.15 ± 0.10^{a4}
B	7.30 ± 0.02^{b3}	8.35 ± 0.25^{a1}
C	7.74 ± 0.04^{b2}	8.39 ± 0.08^{a1}
D	8.11 ± 0.04^{a1}	8.10 ± 0.08^{a2}
E	8.27 ± 0.10^{b1}	7.78 ± 0.02^{a3}

*A: Control, B: 0.25%, C: 0.5%, D1% and E:2% cellulose fiber or modified starch addition.
** Different uppercase letters in the same line indicate significant differences between the “samples” depending on fiber type and different uppercase numbers in the same column indicate significant differences among the “samples” depending on fiber level ($p<0.01$).

As seen cellulose fiber and modified starch have prebiotic effect for *L. acidophilus*. Between the fibers, modified starch has the best prebiotic effect. The highest viable *L. acidophilus* numbers were in the sample with 0.5% modified starch. Prebiotic effects of resistant starch for *L. acidophilus* have also been demonstrated in previous studies (Rodriguez-Cabezas et al. [13], Fuentes-Zaragosa et. al. [14]).

Results showed that prebiotic effect of cellulose fiber was lower than modified starch for *L. acidophilus*. According to thr results *L. acidophilus* was a moderate fermenter of cellulose fiber. Güler-Akin et al. [15] also reported that cellulose fiber slightly stimulated the growth of microaerophilic *L. acidophilus* in probiotic yoghurt.

The fiber level significantly affected bacterial counts ($p<0.05$) (Fig 1). The number of *L. acidophilus* increased as cllulose fiber level increased ($p<0.01$). However, Güler-Akin et al. [15] found that the number of *L. acidophilus* slightly increased until the cellulose fiber rate reached 1% in probiotic yoghurt. Above this level the numbers of L. acidophilus was decreased. The differences between the datas could be related to competition among bacteria in probiotic yoghurt.

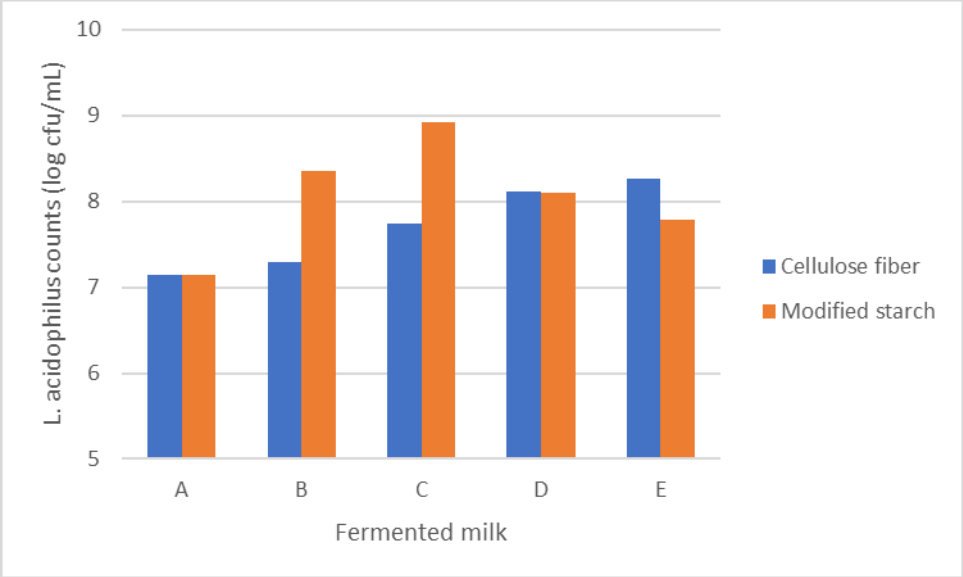


Fig 1. Viable counts of *L. casei* and *Bifidobacterium* BB-12 in fermented milk* fortified with cellulose fiber or modified starch (log cfu mL^{-1})

*A: Control, B: 0.25%, C: 0.5%, D1% and E:2% cellulose fiber or modified starch addition.

Modified starch at the rate of 0.25 and 0.50% gave the best prebiotic effect. The number of *L. acidophilus* increased as modified starch level rose to 0.5% ($p<0.01$). When the fiber level above 0.5% the number of *L. acidophilus* has decreased obviously. It could be related to decreasing of water activity of fermented milk. As known modified starches are used as a thickening agent in food products [12]. So increasing modified starch level might be caused to decrease of water activity.

4. Conclusion

Results showed that both modified starch and cellulose fibers used in the research had stimulated *L. acidophilus*. Whilst cellulose fiber gave the best prebiotic effect at a rate of 2%, modified starch gave the the best prebiotic effect at a rate of 0.5%. Consequently cellulose fiber and modified starch could be used as prebiotic for *L. acidophilus.*

5. References

[1] Vinderola, C.G. and J.A. Reinheimer, (2000) Enumeration of L. paracasei subsp. casei in the Presence of L. acidophilus , Bifidobacteria and Starter Bacteria in Fermented Dairy Products. International Dairy Journal, 10: 271-275. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00045-5

[2] IDF (1992) International Standard 163. General Standard of Identity for Fermented Milks. International Dairy Federation, Brussels.

[3] Klaver, F.A., F. Kingma, and A.H. Weerkamp, (1993) Growth and Survival of Bifidobacteria in Milk. Netherlands Milk and Dairy Journal, 47: 151-164.

[4] Dave, R.I. and N.P. Shah, (1997) Effect of Cysteine on the Viability of Yoghurt and Probiotic Bacteria in Yoghurts Made with Commercial Starter Cultures. International Dairy Journal, 7: 537-545. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00053-8

[5] Ravula, R.R. and N.P. Shah, (1998) Effect of Acid Casein Hydrolysate and Cysteine on the Viability of Yogurt and Probiotic Bacteria in Fermented Frozen Dairy Desserts. Australian Journal of Dairy Technology, 53: 175-179.

[6] Lourens-Hattingh, A. and B.C. Viljoen, (2001) Yogurt as Probiotic Carrier Food. International Dairy Journal, 11: 1-17. https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00036-X

[7] Tomic, N., B.,Dojnov, J., Miocinovic, I.,Tomasevic, N., Simigic, I.Djekic, and Z.Vujcic, (2017) Enrichment of Yoghurt with Insoluble Dietary Fiber from Triticale—A Sensory Perspective. LWT—Food Science and Technology, 80: 59-66.https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.008

[8] Akin, M.S., B., Goncu, A., Celikel and M.B. Akin, (2017) Usage of Inulin, Lemon and Pea Fibers as Prebiotic for Lactobacillus acidophilus. Litvanya. 4th North and East European Congress on Food, Kaunas, 10-13 September 2017.

[9] Nsor-Atindana, J., M., Chen, H.D., Goff, F., Zhong, H.R. Sharif, and Y. Li, (2017) Functionality and Nutritional Aspects of Microcrystalline Cellulose in Food. Carbohydrate Polymers, 172: 159-174. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.021

[10] Gidley, M.J. (2013) Hydrocolloids in the Digestive Tract and Related Health Implications. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 18: 371-378. https://doi.org/10.1016/j.cocis.2013.04.003

[11] Paturi, G., C., Butts, J., Monro, K., Nones, S., Martell, R. Butler, and J. Sutherland, (2010) Cecal and Colonic Responses in Rats Fed 5 or 30% Corn Oil Dietscontaining Either 7.5% Broccoli Dietary Fiber or Microcrystalline Cellulose. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 6510-6515. https://doi.org/10.1021/jf100296m

[12] *Vaclavik, V., V. A. Vaclavik and E. W. Christian (2007). Essentials of food science (3rd ed.). Springer. p. 61. ISBN 978-0-387-69939-4.*

[13] Rodriguez-Cabezas, M. E., D. Camuesco, B. Arribas, N. Garrido-Mesa, M. Comalada, E. Bailon, M. Cueto-Sola, P. Utrilla, E. Guerra-Hernandez, C. Perez-Roca, J. Galvez, A. Zarzuelo (2010). The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. Clinical Nutrition 9, 6: 832-839.

[14] Fuentes-Zaragoza,E., E.,Sanchez-Zapata, E. Sendra, E. Sayas, C. Navarro,J. Fernandez-Lopez and J. A., Perez-Alvarez (2011). Resistant starch as prebiotic: A review. Starch 63, 7: 406-415.

[15] Güler-Akın, M. B., B. Goncu and M. S. Akın, (2018). Some Properties of Bio-yogurt Enriched with Cellulose Fiber. Advances in Microbiology 8: 54-64.

Şanlıurfa İlinde Değişik Mevsim Şartlarına Göre Bir Düzlemsel Kollektörün Isıl Performansının Analizi

The Analysis of the Thermal Performance of the Planar Collector According to Different Season Conditions in Şanlıurfa Province

Zeliha DEMIRAY [1]
Mehmet Azmi AKTACİR [2]
İsmail HİLALİ [3]
Harun ÇİFCİ [4]
Vehbi BALAK [5]
Yunus DEMİRTAŞ [6]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[6]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Güneş enerjisi ülkemizde büyük bir potansiyele sahip, temiz ve tükenmeyen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi bakımından büyük potansiyele sahip olan ülkemizde güneş enerjisinden düzlemsel güneş kolektörleri aracılığıyla büyük oranda yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, değişik mevsim şartlarına göre bir düzlemsel kollektörün ısıl performansının analizi teorik olarak incelenmiştir. Düzlemsel kollektörlü bir güneş enerjisi sistemi tasarlanıp CFD programında konuma ve aylara göre farklı tarihlerde değişen hava sıcaklıklarında düzlemsel kollektörün ısıl performansının değerleri analiz edilmiştir. Verim değerleri ve farklı tarihlerdeki hava sıcaklığına göre, düzlemsel kollektörün ısıl performansları karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Güneş Enerjisi, Düzlemsel Kollektör, Farklı Sıcaklık Değerleri, Verim.

Abstract

Solar energy is a renewable source of energy that is clean and inexhaustible with a great potential in our country. In our country, which has great potential in terms of solar energy, the solar energy is being utilized in large extent through planar solar collectors. In this study, the thermal performance of a planar collector according to different season conditions is examined theoretically. A solar energy system with a planer collector was designed and the value of the thermal performance of the planar collector at different air temperatures varied dates by months was analyzed in the CFD program. The thermal performance of the planar collector was compared according to the efficiency values and the air temperature at different dates.

Keywords:

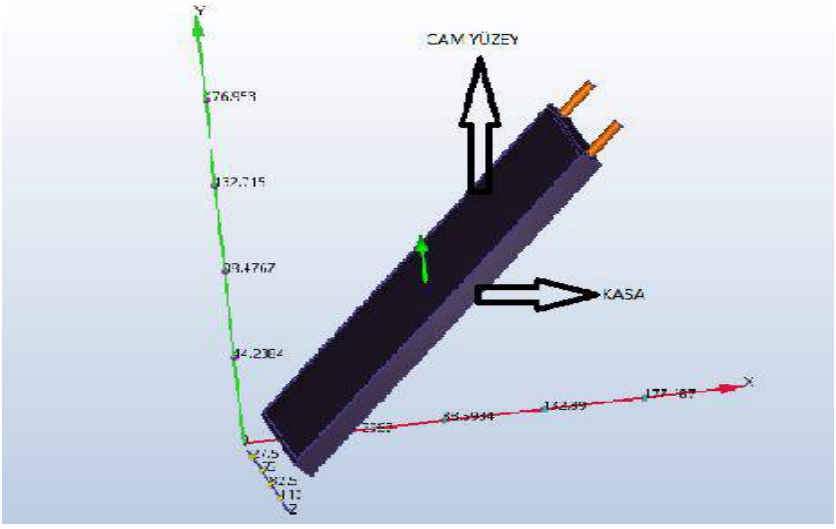
Solar Energy, Plane Collector, Different Temperature Values, Efficiency.

1. Giriş

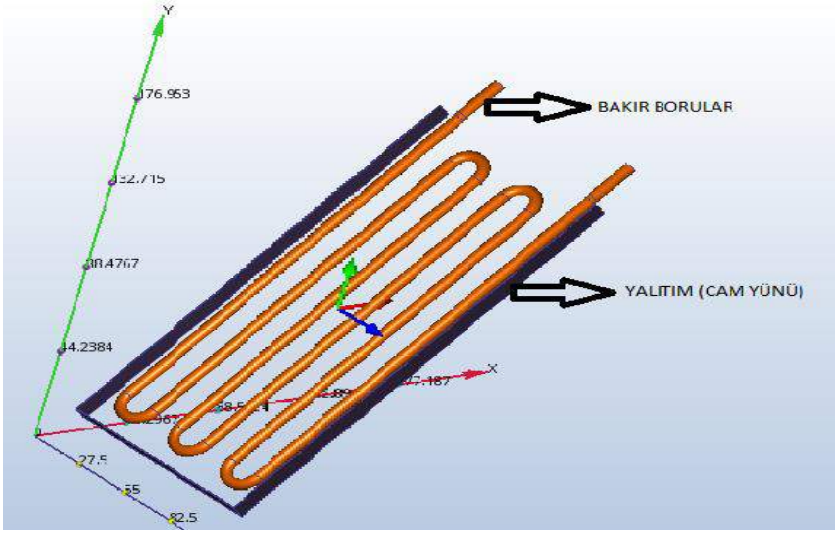
Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır. Bu enerjinin kullanılabilir durumdaki büyük bölümü, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında kalan ve dünyanın güneş kuşağı olarak adlandırılan bölgesindedir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu tespit edilmiştir. (2018) Güneş enerjisi sıcak su elde edilmesi, binaların ısıtılması-soğutulması, endüstriyel kullanım alanları, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi alanlarında geniş ölçekte kullanılmaktadır. Sıcak su elde etmek amacıyla konutlarda ve endüstride kullanılan güneş enerjili sistemler oldukça yaygındır. Güneş enerjili sistem; elde edilmek istenen sıcak suyun miktarına, bölgenin meteorolojik özelliklerine, mimari yapıya vb. birçok etkene bağlı olarak tasarlanmakta ve uygulanmaktadır. Güneş enerjili sistemler, yenilenebilir olması, temiz ve güvenilir olması, çevre sorunlarına neden olmaması gibi sebeplerle gittikçe önem kazanmaktadır.

2. Yöntem

3 boyutlu çizim programında ebatları 2145x1045x77,5 mm olan düzlemsel güneş kollektörü tasarımı yapılmıştır. Kollektörün boyutları kullanılmakta olan mevcut bir kollektörün kataloğundan alınmıştır. Yapılan bu tasarımın CFD programında analizi yapılmıştır. Şekil1'de tasarımı yapılan kollektör görülmektedir. Kollektörün kasası alüminyum malzemeden tasarlanmıştır. Kollektörün üst yüzeyi cam olarak seçilmiştir. Cam yüzeyin altında hava bulunmaktadır. Kollektörün içindeki borular bakır olarak tanımlanmış ve boruların içinden su geçirilmiştir. Şekil 2'de bakır borular Kollektörün yan iç yüzeyleri cam yünü malzemesiyle yalıtılmıştır. Düzlemsel kollektörün içinde bulunduğu havadan oluşan bir dış hacim oluşturulmuş ve bu dış hacime tarihlere göre meteorolojiden alınan farklı hava sıcaklığı değerleri verilmiştir. Suyun giriş sıcaklığı 15 °C olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda suyun çıkış sıcaklığının tarihlere göre değeri tespit edilmiştir.



Şekil 1. Kollektör



Şekil 2. Bakır Borular ve Yalıtım

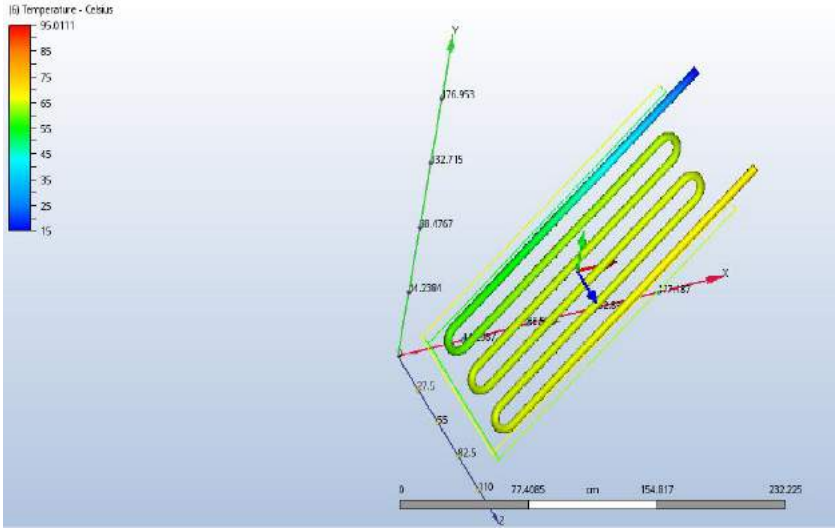
Hacimsel debi: $\dot{V} = 18\frac{lt}{h} = 18\ x\ \frac{1x10^{-3}}{3600}\ \frac{m^3}{s} = 5x10^{-6}\ \frac{m^3}{s}$

Kütlesel debi : $\dot{m} = \rho\dot{V} = 1000\ \frac{kg}{m^3}$ x $5x10^{-6}\ \frac{m^3}{s} = 5x10^{-3}\ \frac{kg}{s}$

Kollektör Net Alan (A_k) : 2,08 m^2 (katalogdan elde edilmiştir.)

3. Bulgular ve Tartışma

22.07.2017 tarihinde Şanlıurfa ilinde hava sıcaklığı meteorolojiden alınan bilgilere göre 45 °C olarak belirlenmiştir. Suyun kollektöre giriş sıcaklığı 15 °C alınmış ve kollektörden çıkış sıcaklığı 70 °C olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 22.07.2017 tarihinde analiz sonuçları

Suyun toplayıcıya giriş sıcaklığı: $T_{giriş}$ = 15 °C (288,15 °K)

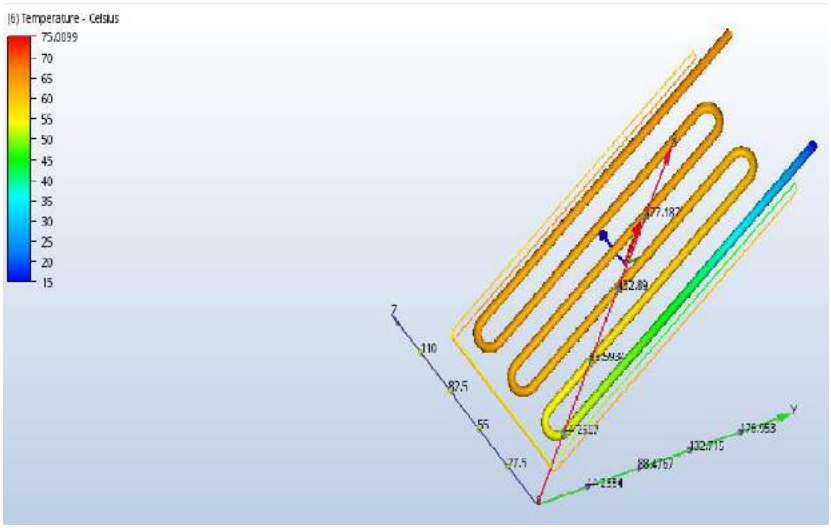
Suyun toplayıcıdan çıkış sıcaklığı: $T_{çıkış}$ = 70 °C (343,15 °K)

$Q_{faydalı} = \dot{m} c_p (T_{çıkış} - T_{giriş}) = 5x10^{-3} \frac{kg}{s}$ x 4,18 $\frac{kJ}{kgK}$ x (343,15 - 288,15) K = 1,149 kJ/s = 1149 Watt

Bu analizin yapıldığı yerde (Şanlıurfa) 22.07.2017 tarihinde, birim alana gelen anlık güneş ışınımı Gap Yenev Ölçüm İstasyonu Veri Analizleri'nden alınan bilgilere göre maksimum değeri $I_e = 913$ W / m^2 dir.

$$\eta = \frac{Q_{faydalı}}{Q_{güneş}} = \frac{Q_{faydalı}}{I_e x A_k} = \frac{1149\ W}{2{,}08\ m^2\ x\ 913\ W/m^2} = 0{,}60 = \%\ 60$$ temmuz ayındaki verim

15.08.2017 tarihinde Şanlıurfa ilinde hava sıcaklığı meteorolojiden alınan bilgilere göre 40 °C olarak belirlenmiştir. Suyun kollektöre giriş sıcaklığı 15 °C alınmış ve kollektörden çıkış sıcaklığı 65 °C olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 15.08.2017 tarihinde analiz sonuçları

Suyun toplayıcıya giriş sıcaklığı: $T_{giriş}$ = 15 °C (288,15 °K)

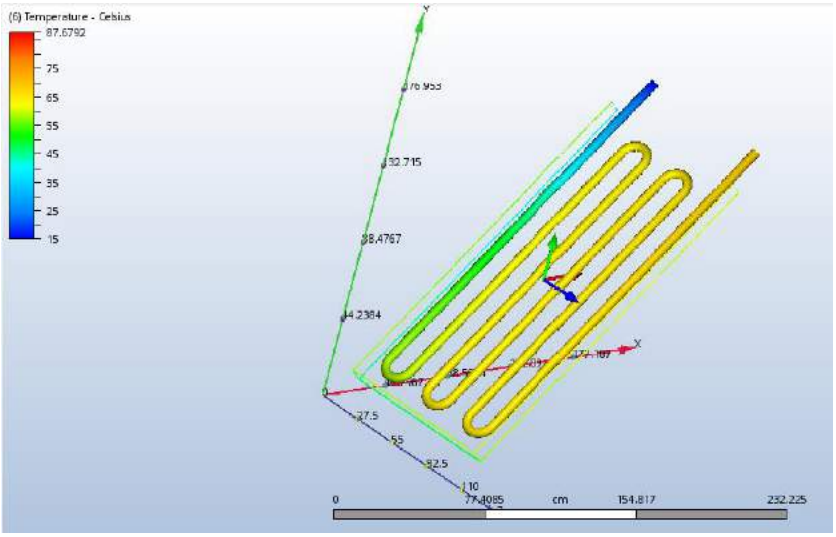
Suyun toplayıcıdan çıkış sıcaklığı: $T_{çıkış}$ = 65 °C (338,15 °K)

$Q_{faydalı} = \dot{m} c_p (T_{çıkış} - T_{giriş}) = 5x10^{-3} \frac{kg}{s}$ x 4,18 $\frac{kJ}{kgK}$ x (338,15 - 288,15) K = 1,045 kJ/s = 1045 Watt

Bu analizin yapıldığı yerde (Şanlıurfa) 15.08.2017 tarihinde, birim alana gelen anlık güneş ışınımı Gap Yenev Ölçüm İstasyonu Veri Analizleri'nden alınan bilgilere göre maksimum değeri I_e = 887 W / m^2 dir.

$$\eta = \frac{Q_{faydalı}}{Q_{güneş}} = \frac{Q_{faydalı}}{I_e x A_k} = \frac{1045\ W}{2{,}08\ m^2\ x\ 887\ W/m^2}$$ = 0,56 = % 56 ağustos ayındaki verim

30.09.2017 tarihinde Şanlıurfa ilinde hava sıcaklığı meteorolojiden alınan bilgilere göre 35 °C olarak belirlenmiştir. Suyun kollektöre giriş sıcaklığı 15 °C alınmış ve kollektörden çıkış sıcaklığı 58 °C olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 30.09.2017 tarihinde analiz sonuçları

Suyun toplayıcıya giriş sıcaklığı: $T_{giriş}$ = 15 °C (288,15 °K)

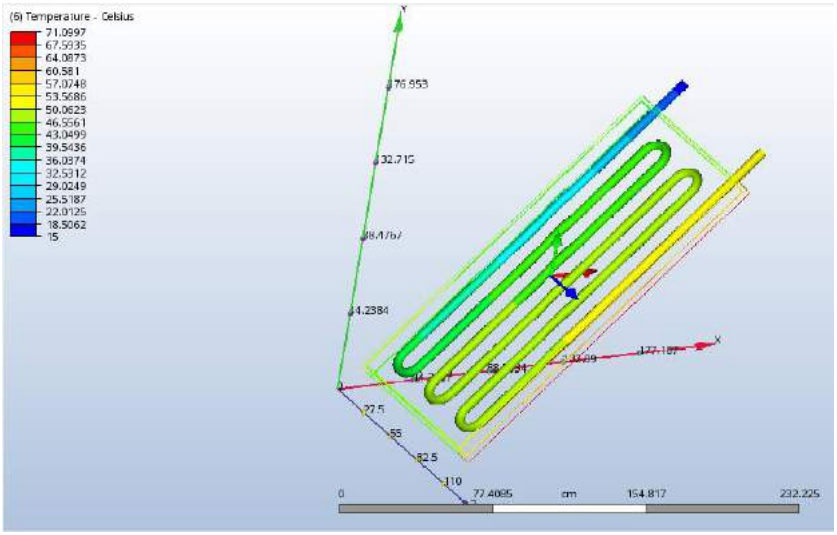
Suyun toplayıcıdan çıkış sıcaklığı: $T_{çıkış}$ = 58 °C (331,15 °K)

$Q_{faydalı} = \dot{m} c_p (T_{çıkış} - T_{giriş}) = 5x10^{-3} \frac{kg}{s}$ x 4,18 $\frac{kJ}{kgK}$ x (331,15 - 288,15) K = 0,898 kJ/s = 898 Watt

Bu analizin yapıldığı yerde (Şanlıurfa) 30.09.2017 tarihinde, birim alana gelen anlık güneş ışınımı Gap Yenev Ölçüm İstasyonu Veri Analizleri'nden alınan bilgilere göre maksimum değeri I_e = 826 W / m^2 dir.

$$\eta = \frac{Q_{faydalı}}{Q_{güneş}} = \frac{Q_{faydalı}}{I_e x A_k} = \frac{898\ W}{2{,}08\ m^2\ x\ 826\ W/m^2}$$ = 0,52 = % 52 eylül ayındaki verim

30.11.2017 tarihinde Şanlıurfa ilinde hava sıcaklığı meteorolojiden alınan bilgilere göre 25 °C olarak belirlenmiştir. Suyun kollektöre giriş sıcaklığı 15 °C alınmış ve kollektörden çıkış sıcaklığı 50 °C olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 6. 30.11.2017 tarihinde analiz sonuçları

Suyun toplayıcıya giriş sıcaklığı: $T_{giriş}$ = 15 °C (288,15 °K)

Suyun toplayıcıdan çıkış sıcaklığı: $T_{çıkış}$ = 50 °C (323,15 °K)

$Q_{faydalı} = \dot{m} c_p (T_{çıkış} - T_{giriş}) = 5x10^{-3} \frac{kg}{s}$ x 4,18 $\frac{kJ}{kgK}$ x (323,15 - 288,15) K = 0,731 kJ/s = 731 Watt

Bu analizin yapıldığı yerde (Şanlıurfa) 30.11.2017 tarihinde, birim alana gelen anlık güneş ışınımı Gap Yenev Ölçüm İstasyonu Veri Analizleri'nden alınan bilgilere göre maksimum değeri I_e = 535,4 W / m^2 dir.

$$\eta = \frac{Q_{faydalı}}{Q_{güneş}} = \frac{Q_{faydalı}}{I_e x A_k} = \frac{731\ W}{2{,}08\ m^2\ x\ 535{,}4\ W/m^2} = 0{,}65 = \%\ 65$$ kasım ayındaki verim

4. Sonuç

Bu çalışmanın sonucunda konuma ve farklı tarihlere göre düzlemsel kollektörden elde edilen verimler karşılaştırılmıştır. Konuma ve farklı tarihlere göre düzlemsel kollektörde performans analizi CFD programı üzerinden yapılmıştır. Farklı tarihlerde güneşin ışınım değerlerine ve sıcaklık farkına göre kollektörün veriminin değiştiği görülmüştür. Analiz sonuçlarına gore en yüksek verim kasım ayında meydana gelmiş olup verim değeri % 65 olarak hesaplanmıştır. Bu ay için ışınım değeri ölçülen aylar içinde en düşük olmasına rağmen su sıcaklığı yaklaşık 35̊ C artış göstermiştir ve bu sonuç verimin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Işınım değeri düşük olsa da kollektörlerden yüksek verim alabileceğimiz görülmüştür.

5. Referanslar

[1] Aktaş M., Ceylan I., Doğan H., 2005, Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinin Isıl Analizi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar, ANKARA Politeknik Dergisi Cilt: 8 Sayı: 3 s.263-269.

[2] Altıparmak A.E., Işıker Y., Aktacir M.A., 2017 2nd International Mediterranean Science Engineering Congress (IMSEC 2017) Çukurova University, Congress Center, October 25-27, 2017, Adana/TURKEY

[3] Ceylan I., Aktaş M., Doğan H., 2006, Sıcak Su Hazırlamak için Kullanılan Güneş Enerjili Sistemlerde Sıvı ve Hava Akışkanlarının Performans Üzerindeki Etkileri Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar, ANKARA Politeknik Dergisi Cilt: 9 Sayı: 3 s.181-184.

[4] Demirdöküm Lykya Kollektör Kataloğu demirdöküm.com.tr

[5] Gap Yenev Ölçüm İstasyonu Veri Analizleri GAPYENEV / GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi

[6] Kılıçkap S., Yıldız C., Çakmak G., (2015), Elazığ iklim koşullarında sıcak sulu güneş kolektörlerine ilişkin verimlerin araştırılması, Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Dergisi Cilt: 6 Sayı: 2 s.103-110.

[7] Güğül G. N., (2017), Konya İli için Konutlarda Güneş Enerjisi ile Sıcak Su Temininin Tekno Ekonomik Analizi, Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi Cilt: 43 Sayı: 2 s.91-101.

[8] Özkaya M. G., Variyenli H.İ., Korkmaz M., (2007) Düzlemsel Güneş Kollektörlerinde Farklı Profillerdeki Emici Plakaların Deneysel İncelenmesi Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar, ANKARA Politeknik Dergisi Cilt: 10 Sayı: 2 s.173-177.

[9] Lunde, P.J., 1991 Solar Thermal Engineering, Space Heating And Hot Water System, John Wiley&Sons, Newyork, 23-24 p.

Özet

Veri madenciliği büyük miktarda veriyi anlamlı hale getirmek için üzerinde bağıntı ve kuralların aranması olarak tanımlanabilir. Veri madenciliği yöntemleri, istatistik ve makine öğrenmesi konularından temel alarak bu teknikleri kullanır. Bu yöntemler ile veri içindeki saklı veya bilinmeyen ilişkiler hakkında modeller oluşturulur. Oluşturulan bu modeller yeni bilinmeyen veri için tahmin yapılmasını sağlayan bağıntı ve kurallar oluşturur. Yapılan doğru tahminler kullanılan sınıflandırma algoritmasının doğruluk başarı derecesini göstermektedir. Bu çalışmada, WEKA yazılımı kullanılarak beş adet sınıflandırma algoritması, üç farklı veri seti ile çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelediğinde çalışma yapılan veri kümeleri için Naive Bayes algoritmasının sınıflandırma başarısı bakımından, k-En Yakın Komşu algoritmasının ise çalışma süresi, bakımından diğerlerine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler:

Veri madenciliği, sınıflandırma algoritmaları, WEKA

Abstract

Data mining can be defined as correlating and searching rules to make large amounts of data meaningful. Data mining methods are based on statistics, machine learning and use their techniques. With these methods, models are created about hidden or unknown relationships within the data. These created models create correlations and rules for estimating new unknown data. Accurate estimates indicate the accuracy success of the classification algorithm used. In this study, five classification algorithms and three different datasets were used with WEKA software. When the obtained results were examined, it was seen that the Naive Bayes algorithm was more successful in terms of classification success, while k-Nearest Neighbor algorithm was more successful in terms of run time and speed.

Keywords:

Data mining, classification algorithms, WEKA

Veri Madenciliğinde Kullanılan Sınıflandırma Algoritmalarının Farklı Veri Kümeleri İle Karşılaştırılması

Comparison of Classification Algorithms Used in Data Mining with Different Datasets

Hamit SEYREK[1]
İbrahim Berkan AYDİLEK[2]

[1] Gap BKİ Başkanlığı, Şanlıurfa, Türkiye
[2] Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye
[1]hamitseyrek@gmail.com, [2]berkanaydilek@harran.edu.tr

1. Giriş

Her geçen gün hayatımızdaki yeri artan teknoloji daha çok verinin toplanmasına neden olmaktadır. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things (IoT)) ile beraber daha çok cihaz internete bağlanmakta olup daha çok verinin toplanması sağlanmaktadır [1]. Bu denli büyük ölçüde veri varken bazen gerçek manada bilgi eksikliği yaşanmaktadır. Bazı Ar-Ge çalışmaları artık bu yöne kaymaktadır. Veri madenciliği bu ihtiyaca cevap vermek için kullanılan istatistiksel yöntemler serisi olarak tanımlanabilir.

Veri madenciliği temelde, veri setleri içinde bulanan veriler arasındaki ilişkilerinin analizidir. Veri madenciliği veriden bilginin nasıl çıkarılacağı üzerine var olmuş bir araştırma alanıdır [2]. Veri madenciliği sürecinde, yapılmak istenilen araştırmaya göre farklı yöntemler kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. İstenen sonucu başarılı bir şekilde elde etmek amacıyla birden çok yöntem birlikte kullanılabilir. Bu yöntemlerin içinde, istatistik, matematik, modelleme teknikleri ve veritabanı teknolojileri sayılabilir [3]. Sınıflama yöntemlerinin başarısı, en sık olarak sınıflama doğruluk değeri baz alınmış olup algoritmaların performansları bu ölçüt üzerinden karşılaştırılmaktadır.

Bu makalede farklı üç veri seti üzerinde uygulanmış beş farklı sınıflandırma algoritmasının sınıflama başarım sonuçlarının analizi yapılmıştır. Kullanılan veri setleri UCI veri tabanından alınmış olan Iris, Heart-Statlog ve Dermatology veri setleridir [4]. Uygulanan sınıflandırma algoritmaları ise en çok bilinen k-En Yakın Komşu Algoritması (k-EYK), Destek Vektör Makineleri (DVM), Yapay Sinir Ağları (YSA), Naive Bayes Algoritması (NB) ve Karar Ağaçları Algoritması (KA)'dır.

2. Çalışmada Kullanılan Veri Kümeleri

Akademik çalışmalarda geliştirilen algoritmaların hem gerçek problemler üzerindeki performansını tahmin etmek hem de bu algoritmaları birbirleri ile kıyaslamak için kullanılan veri setlerinden Dermatology, Heart-Statlog ve Iris veri kümeleri kullanılmıştır.

Dermatology [5]: Kafa derisi, diz ve el gibi ciltte oluşabilecek kızarıklık, kaşıntı benzeri 34 farklı hastalığın tıbbi özellikleri kullanılarak ilgili hastalık türü sınıflanmaktadır. Bu hastalıklar Sedef, Liken Planus, Seboreik Egzama, Kronik Deri İltihabı, Pitriyazis Rozea, Pitriyazis Rubra Pilar şeklinde sıralanabilir.

Heart-statlog [6]: Yaş, cinsiyet, göğüs ağrısı, kan basıncı, kolesterol, kan şekeri, EKG sonuçları, maksimum kalp atış oranı, anjin, oldpeak, egzersizin ST eğimi, boyanmış ana damar sayısı,

Thal (3=normal; 6=fixeddefect; 7=reversabledefect) gibi özellikler kullanılarak kişide kalp hastalığının varlığı veya yokluğu tahmin edilmektedir.

Iris [7]: Çanak yaprağı uzunluğu ve genişliği, çiçek yaprağı uzunluğu ve genişliği özellikleri kullanılarak iris çiçeğinin Setosa, Versicolor veya Virginia sınıflarından hangisine dâhil olduğu tahmin edilmektedir.

Bu üç veri seti UCI veri tabanından alınmıştır [4]. Veri setlerinin kaç sınıfa ayrıldığı, kaç değişken üzerinden gidildiği ve kaç örnekten alındığı Tablo 1'de gösterilmiştir.

TABLO I. KULLANILAN VERİ SETLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Veri Seti	Sınıf Sayısı	Değişken Sayısı	Örnek Sayısı
Heart-statlog	2	13	270
Dermatology	6	34	366
Iris	3	4	150

3. Veri Madenciliği Yöntemleri

3.1. k-En Yakın Komşu Algoritması (k-EYK)

Bu algoritmaya göre yeni gelen bireye en yakın k tane öğeye bakılır. En çok öğe hangi sınıfa dâhilse yeni gelen birey de oraya ait olur. Örneğin var olan bir veri setine yeni bir öğe gelecek olsun. k-EYK algoritmasının komşu sayısını ifade eden k değeri 3 olarak alınsın. Bu durumda sınıflandırılmış öğelerden en yakın olan 3 öğe alınır. Bu 3 öğe yeni gelen öğeye en yakın 3 öğedir. Yeni gelen öğenin bu 3 öğeye olan uzaklığı hesaplanır. Mesafe hesabında genelde Öklid mesafesi kullanılmaktadır. En yakın komşuluklarda çoğunlukta olan sınıf sayısı atanır [8]. Eşitlik (1)'de Öklid uzaklık hesabı gösterilmektedir.

$$d(x,y) = \sqrt{\{\sum n(Xi - Yi)2\}} \quad (1)$$

3.2. Naive Bayes Algoritması (NB)

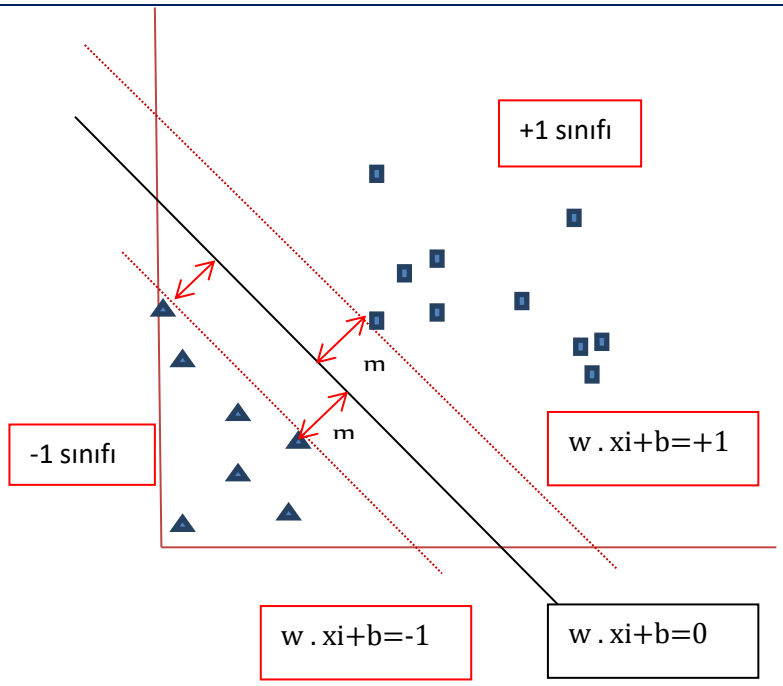
Naive Bayes sınıflandırma algoritması olasılık ilkesine göre hesaplama yapar. Olma ya da olmama olasılıkları matematiksel işlemlerden geçirerek yeni gelen öğenin sınıfını tespit etmeyi amaçlar [9]. Naive Bayes algoritması matematikteki Bayes teoreminin çeşitli önermeler ile sadeleştirilmiş halidir. Bayes teoremi, rastgele durum H ile bir diğer rastgele durum S için koşullu olasılıklar arasında bulunan bir ilişkinin ifade edilmesini sağlar.

$$P(H \mid S) = \frac{P(S|H)P(H)}{P(S)} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de; P(H), (Öncül, ing. Prior) herhangi bir önbilgi olmaksızın H gibi bir modelin doğru olma olasılığı, P(S), (Kanıt, ing. Evidence) ise tüm olası H model seçimleri için söz konusu veri setini elde etme olasılığıdır. P(H | S), (Ardıl, ing. Posterior) eldeki veriye dayalı olarak H modelinin geçerli olma olasılığı olarak tanımlanabilir. P(H) ve P(S) oranları Bayes teoremine özgünlük verir. P(S|H) ise veri toplandıktan sonra hesaplanabilen olasılık olup H durumunun sağlandığı koşullarda S durumunun da sağlanma ihtimali hakkında bilgi verir [10].

3.3. Destek Vektör Makineleri (DVM)

Sınıflandırma konusunda sıklıkla kullanılan DVM algoritması yüksek bir performansa sahiptir. Sınıflandırma yapılması için çok boyutlu bir düzlemde olduğu düşünülen veriler için farklı sınıflar arasında birbirine en uzak olacak şekilde geniş sınırlara sahip birbirine paralel iki doğru tespit edilmektedir. Daha sonra bu iki paralel doğru yakınlaştırılarak ortada birleştirilir. Bu orta çizgi sınır çizgisi olacak şekilde seçilerek veriler farklı sınıflara ayrılmış olur. Şekil 1' de iki farklı sınıfa aynı mesafede bir sınır çizgisi bulunması için yapılan işlemler ve sonuçta hesaplanan sınır çizgisinin optimum olacak şekilde bulunması gösterilmiştir [11].



Şekil 1. DVM algoritması için 2-sınıflı hiper düzlem gösterimi

Eşitlik (3) ve (4) dikkate alındığında çizilen düzlemlerin birbirine paralel olduğu anlaşılabilmektedir. Eşitlik (5)'te yapılan optimizasyon, problemin sonuca ulaşması için ayrılmış iki sınıf arasındaki uzaklığı en büyük yapacak en uygun hiper düzlemi elde etmek için kullanılır. Eşitlik (6)'de kullanılan Lagrange fonksiyonu verilmiştir. Bu eşitlikte αi≥0 olmak üzere, her bir αi Lagrange çarpanı şeklinde tanımlanmaktadır. Lagrange çarpanları minimizasyon tipindeki bir problemi dual problem tipine çevirerek problem sonucunun daha kolay bulunmasını sağlar. Lp, w katsayı dizisini ve b sabitini en minimum duruma ve negatif durumda olmayan dual değişken αi 'yi en büyük duruma getirmeye çalışan bir fonksiyondur [12].

$$di = +1 \text{ için } w.xi + b \geq +1 \tag{3}$$

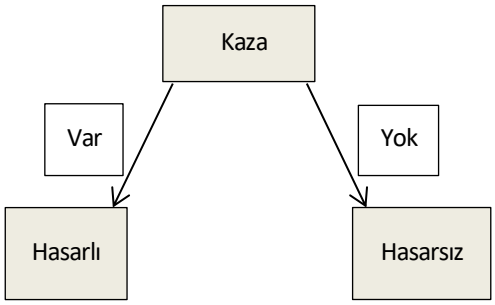
$$di = -1 \text{ için } w.xi + b \leq -1 \tag{4}$$

$$m = \frac{2}{\sqrt{w}.\sqrt{w}} \rightarrow \text{fmin}(w) = \frac{w.w}{2} \tag{5}$$

$$L(w, b, \alpha) = \frac{w.w}{2} - \sum i\, \alpha i\, (di\, (w.xi + b) - 1 \tag{6}$$

3.4. Karar Ağaçları Algoritması (KA)

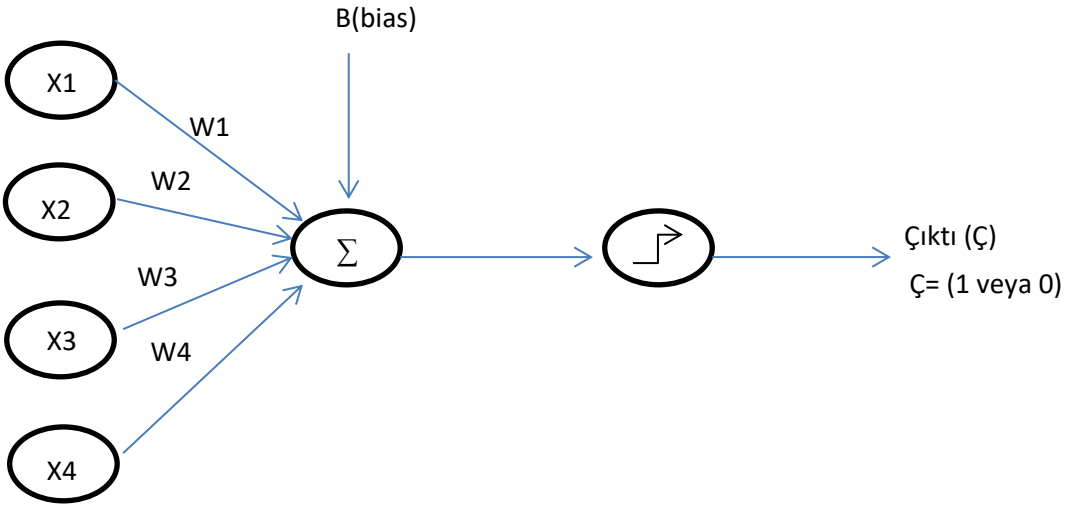
Karar ağaçları algoritmalarında ortaya konulan öz bilginin gösterimi kolay okunabilir bir yapıdadır. Şekil 2'de görüldüğü üzere algoritma sonunda ortaya çıkan ağaç yapısı, kararları ifade etmekle beraber bu kararların kolaylıkla anlaşılabilmesi için açıklama bilgilerini de içerir. Ağaç yapısı düğümlerden ve bu düğümlerden çıkan dallardan oluşturulur. Yeni bir öğe geldiğinde bu algoritmadan elde edilen ağaç yapısı sayesinde kök düğümden başlanarak bir yaprak düğüme ulaşıncaya kadar dallar takip edilerek tahmin yapılabilir [13]. Çalışma mantığından anlaşılacağı üzere KA algoritması basit ve anlaşılabilir bir yapıdadır.



Şekil 2. Karar ağacı yapısı

3.5. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, canlı beynindeki nöronlarının çalışma şekli modellenmeye çalışılarak ortaya konulan bir makine öğrenme algoritmasıdır [14]. İlk modeller beyin sinir hücresine benzer bir yapıda düşünülmüştür. Şekil 3'te, bir yapay sinir hücresine ait, girdiler ve bu girdileri işleyen fonksiyonlar ile işlemler sonucunda oluşan çıktı değerleri vardır. Yani kısaca beyin sinir hücresinin sayısal bir biçimde gösterilmesi diye tanımlanabilir [15].



Şekil 3. YSA'ya ait bir nöronun temel yapısı

$$Ç = \sum_{j=1}^{n} wjxj + b \quad (8)$$

Eşitlik (8)'de çıkış fonksiyonu gösterilmiştir. X ile ifade edilen giriş, w ile ifade edilen ağırlık, b ile ifade edilen bias (b) ve Ç ile ifade edilen çıktı değeridir. X değeri fonksiyonun girdisidir ve kullanıcı tarafından değiştirilemez; bağımsız değişkendir. Bununla birlikte w ve b parametre değerleri problemi çözecek şekilde değiştirilebilir. Bu w ve b değerleri problemi en uygun hale getirecek şekilde sürekli değiştirilerek optimize edilir. Bias değeri giriş değerleri ile herhangi bir etkileşime girmeden çıktı değerine etki etmektedir. w.x çarpımından oluşturulan lineer doğruyu öteleyerek daha iyi çözecek konuma getirir [15].

4. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada sıklıkla kullanılan NB, k-EYK, YSA, KA ve DVM sınıflandırma algoritmaları kullanılarak; Iris, Heart-Statlog ve Dermatology veri kümeleri üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulama WEKA yazılımı ile Windows 8.1 64 bit işletim sistemine sahip bilgisayar üzerinde yapılmıştır. Kullanılan bilgisayar Intel i7 2.4 GHz işlemci donanımına sahiptir.

Kullanılan algoritmadaki çapraz doğrulama (cross-validation) değeri varsayılan olarak 10 alınmıştır. k-EYK algoritması için k değeri 3 alınmıştır. Kullanılan veri kümeleri içindeki değişken sayıları göz önüne alındığında bu verilerin lineer olarak birbirinden ayrılamayacağı anlaşılmaktadır. Böyle

durumlarda eğitim verilerinin birbirinden ayrılabilmesi için çok boyutlu bir uzayda gösterilmeleri gerekmektedir. Bu işlem için çekirdek (kernel) fonksiyonları kullanılmaktadır. Çözüm sürecinde tüm eğitim verileri normalleştirileceği için DVM algoritmasında en uygun olan kernel fonksiyonu PolyKernel fonksiyonu seçilmiştir. YSA' da gizli katmanda bulunan nöron sayısı için, değişiklik yapılmamış ve her bir veri kümesinde bulunan değişken sayısı kadar alınmıştır. Ayrıca YSA algoritması için maksimum döngü sayısı farklı veri kümeleri için farklı değerler alınmıştır. İris veri seti için döngü sayısı 500 (500'den öncesinde ve sonrasında başarım oranları düşmekte veya çalışma süresi çok yüksek olmaktadır), Heart-Statlog ve Dermatology veri setleri için 4 (4'ten öncesinden başarım oranları düşmekte, sonrası için ise başarım oranında belirgin bir değişim olmamasına rağmen çalışma süresi çok yükselmektedir) alınmıştır.

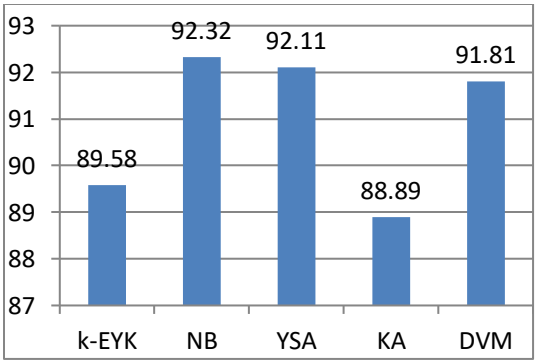
WEKA yazılımı ile yapılan uygulamalarda sınıflandırma algoritmalarına doğru tahmin etme açısından bakıldığında NB, YSA ve DVM algoritmalarının k-EYK ve KA algoritmalarına kıyasla daha başarılı oldukları görülür. NB, YSA ve DVM sınıflandırma algoritmalarının başarım değerleri ortalaması yaklaşık %92 olup birbirine çok yakın olmakla birlikte geri kalan iki algoritmadan daha iyidir. Algoritmalar çalışma sürelerine (sn.) göre ele alındığında k-EYK ve NB algoritmalarının diğerlerine kıyasla daha hızlı çalıştığı görülmektedir. YSA algoritması diğer algoritmalardan daha yavaş olup değişken sayısı biraz daha fazla olan Dermatology veri setinde daha yavaş işlem yaparak bilgisayarın yavaşlamasına sebebiyet vermiş ve çalışma süresini uzatmıştır. k-EYK algoritmasının başarım sırasında dördüncü olması bir dezavantaj gibi gözükürken çalışma zamanının başarılı olması bazı çalışma süresi odaklı işlemler için tercih sebebi olabilir. Başarım sıralamasında en kötü algoritma KA algoritmasıdır. Yapılan uygulamalara ait sonuçlar Tablo 2'de gösterilmektedir.

TABLO II. VERİ SETLERİ İÇİN SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARININ BAŞARIM ORANLARI VE ÇALIŞMA SÜRELERİ

	Başarım (%)					Süre (sn.)				
	k-EYK	**NB**	**YSA**	**KA**	**DVM**	**k-EYK**	**NB**	**YSA**	**KA**	**DVM**
Heart-Statlog	78,89	83,70	81,48	76,67	84,07	~0	0,01	0,02	0,1	0,11
Iris	95,33	96	97,33	96	96	~0	~0	0,17	0,03	0,08
Dermatology	94,53	97,27	97,54	93,99	95,35	~0	0,02	0,67	0,05	0,2
Ortalama	**89,58**	**92,32**	**92,11**	**88,89**	**91,81**	**~0**	**0,01**	**0,29**	**0,06**	**0,13**

Tablo 2'de Iris veri seti için en yüksek başarım oranı YSA algoritmasına ait olmasına rağmen en kötü çalışma süresinin de yine YSA algoritmasına ait olduğu görülmektedir. Herat-Statlog veri setinde değişkenler ayrık yapıdadır ve aralarındaki ilişki diğer veri setlerine nazaran daha azdır. Heart-Statlog veri seti için en yüksek başarım oranı DVM algoritmasına ait olmasına karşın en iyi çalışma süresinin k-EYK algoritmasına ait olduğu görülmektedir. Bundan anlaşılacağı üzere değişkenler arasındaki ilişkilerden en az etkilenen sınıflandırma yöntemi DVM algoritmasıdır. Bu veri seti için DVM algoritması çalışma süresi olarak dördüncü sıradadır. Dermatology veri seti için en yüksek başarım oranı YSA algoritmasına ait olup bu veri seti için çalışma süresi bakımından en başarısız algoritma yine YSA algoritmasıdır. Bu veri setinin değişken sayısı diğer veri setlerinden daha fazla olduğu için YSA algoritması çalışma süresi olarak kötü performans sergilemiştir. Ortalama çalışma süresine göre en başarısız algoritma YSA algoritmasıdır.

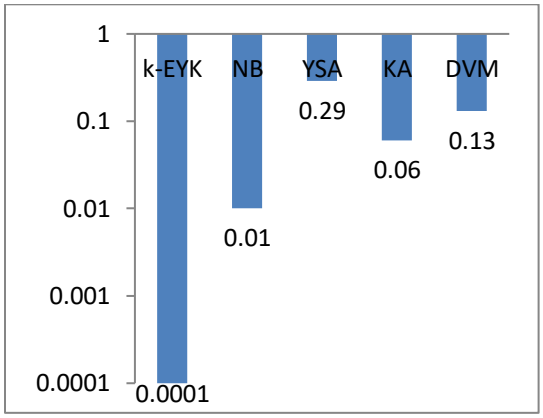
Uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi amacı ile sınıflama doğruluk başarısı oranları (%) ve çalışma süreleri (sn.) grafiksel olarak ele alınmıştır. Her veri kümesi için uygulama sonucunda ortaya çıkan başarım sonuçlarının ortalaması alınarak başarım ortalaması, çalışma sürelerinin ortalaması alınarak çalışma süresi olarak alınmıştır. Bulunan değerler Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Veri setleri için sınıflandırma algoritmalarının ortalama doğruluk başarısı oranları

Şekil 4'te görüldüğü üzere ortalama sınıflama doğruluk başarı değerine göre en iyi algoritma NB algoritması olup ikinci en iyi

algoritma da YSA algoritmasıdır. Şekil 5'te tüm değerlerin gözlemlenebilmesi için grafik dikey eksen için logaritmik ölçekte gösterilmiştir. Şekil 5'teki grafikten anlaşılacağı üzere ortalama çalışma hızı bakımından en iyi algoritma k-EYK algoritmasıdır. NB algoritması ortalama çalışma hızı bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Bu grafiklere bakarak NB algoritmasının üzerinde uygulamış olduğumuz bu veri setleri üzerinde olan sonuçları göz önüne alındığında hem sınıflama başarı değeri hem de hız bakımından diğer algoritmalara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği ve diğer algoritmaların yerine tercih edilebileceği söylenebilir.



Şekil 5. Veri setleri için sınıflandırma algoritmalarının ortalama çalışma süreleri

Uygulama sonuçlarına göre ortalama başarımda ikinci olan YSA algoritması çalışma süresinde sonuncu olmuştur. Tablo 2'de görüldüğü üzere Dermatology veri seti için çok kötü bir performansa sahiptir. Buradan anlaşılacağı gibi değişken sayısı büyük veri kümeleri için YSA algoritması çalışma süresi yönünden tavsiye edilmemektedir. Bunun yanı sıra k-EYK algoritması çalışma süresi en iyi olan algoritmadır. Çalışma zamanının daha önemli olduğu çalışmalar için en uygun algoritmanın k-EYK algoritması olduğu gözükmektedir. KA algoritması ise bu veri setlerinde daha kötü performans göstermiş ve başarı ortalaması sıralamasında sonuncu olmuştur. KA algoritmasının başarı ortalamasını en çok düşüren veri setinin Heart-Statlog olduğu görülmektedir. Bundan KA algoritmasının değişkenler arasındaki ilişkilerin azalmasından kötü yönde etkilediği yorumu yapılabilir.

5. Sonuç

Sınıflandırma algoritmalarının çalışma alanı gün geçtikçe daha da artmaktadır. İş, eğitim, sağlık vb. gibi birçok sektörde insan kaynaklı yapılan hataları en aza indirebilmek için bilgisayar destekli karar destek sistemlerinin kullanımı giderek artmaktadır [16]. Veri kümelerinin içindeki gizli, faydalı bilgilerin ortaya çıkarılması veri madenciliği yöntemleri ile mümkün olabilmektedir. Veri kümelerinin analiz edilmesi sonucunda istatistiksel bazı bilgilerin elde edilmesi ve ar-ge çalışmalarında kullanılabilmesi için daha net ve anlaşılabilir olan veriden bilgiye dönüşüm süreci gerçekleşmektedir. Bu dönüştürme işlemleri; insan kaynaklı hatalar olabileceği ve daha fazla çalışma süresi alabileceği için bilgisayar bilimleri makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada k-EYK, NB, KA, YSA ve DVM sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada kullanılan Heart-Statlog, Iris, Dermatology veri setleri için, NB algoritmasının başarım oranında en yüksek değerlere sahip olduğu ve k-EYK algoritmasının da çalışma süresi, hızı bakımından en iyi değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bundan NB algoritmasının değişken ve sınıf sayısından en az etkilenen algoritma olduğu sonucuna varılabilir.

6. Referanslar

[1] Ericsson Mobility Report June 2016, https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2016/Ericsson-mobility-report-june-2016.pdf, Erişim tarihi: 30/09/2018

[2] Işıklı, B., Veri Madenciliği (Data Mining) Nedir ve Nerelerde Kullanılır-3, https://burakisikli.wordpress.com/category/datamining, Erişim tarihi: 28/05/2018

[3] Ayık, Y., Özdemir, A., Yavuz, U. (2010). Lise Türü Ve Lise Mezuniyet Başarısının, Kazanılan Fakülte İle İlişkisinin Veri Madenciliği Tekniği İle Analizi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10 (2), 441-454.

[4] UCI Machine Learning Repository, http://archive.ics.uci.edu/ml, Erişim tarihi: 03/10/2018
[5] Nilsel Ilter, M.D., Ph.D. UCI Machine Learning Repository https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/dermatology, Gazi University, School of Medicine
[6] Statlog (Heart) Data Set, http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/statlog+(heart) , Erişim tarihi: 22/05/2018
[7] R.A. Fisher, UCI Machine Learning Repository, Iris Data Set, https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/iris, Erişim tarihi: 15/09/2018
[8] Şeker, S. E., KNN (K nearest neighborhood, en yakın k komşu), http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2008/11/17/knn-k-nearest-neighborhood-en-yakin-k-komsu/, Erişim tarihi: 26/05/2017
[9] Şeker, S. E., Naive Bayes Algoritması, http://kod5.org/naive-bayes-algoritmasi/, Erişim tarihi: 28/05/2018
[10] Naive Bayes Sınıflandırıcı, https://tr.wikipedia.org/wiki/Naive_Bayes_sınıflandırıcı, Erişim Tarihi: 02/06/2018
[11] Özer, D., Destek vektör makineleri, https://prezi.com/rca9jdnskzph/destek-vektor-makineleri/, Erişim tarihi: 01/06/2018
[12] Ayhan, S. ve Erdoğmuş Ş. 2014. Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 9.1.
[13] Şeker, S. E., Karar Ağacı Öğrenmesi (decision tree learning), http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2012/04/11/karar-agaci-ogrenmesi-decision-tree-learning/, Erişim tarihi: 30/05/2018
[14] Karakoyun, H. M. ve Hacıbeyoğlu M. 2014. Biyomedikal Veri Kümeleri İle Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 16 30-41.
[15] Derin öğrenme uygulamaları, https://www.linkedin.com/pulse/derin-öğrenme-uygulamalarında-temel-kavramlar-skor-ve-çarkacı, Erişim tarihi: 30/09/2018
[16] Han J., Kamber M. 2006. Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers.

Özet

Derin öğrenme yöntemi görüntü işleme ve sınıflandırma, ses ve metin işleme, video analizi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Derin öğrenme diğer makine öğrenme yöntemlerine göre büyük boyutlu veri kümeleri ile yapılan çalışmalarda daha başarılı sonuçlar vermektedir. Transfer öğrenme var olan önceki verilerden öğrenilmiş birtakım bilgilerin başka veri için yapılan çalışmalara yardımcı olması için kullanılmasıdır. Derin öğrenme ile büyük boyutlu veri kümeleri eğitilirken daha fazla çalışma zamanına ve donanım maliyeti yüksek olabilen Grafik İşlemci Ünitesine (GİÜ) ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yeni baştan tasarlanacak olan derin öğrenme ağının parametrelerinin en uygun şekilde belirlenebilmesi de çoğu zaman deneme yanılma yoluyla olduğundan dolayı zorlu bir süreç haline gelebilmektedir. Bu çalışmada ayakkabı türlerine ait olan bir veri kümesinin sınıflandırılmasında AlexNet derin öğrenme modeli kullanılarak transfer öğrenme yoluyla öznitelikler çıkarılmıştır. Çıkarılan bu özniteliklere, özellik seçimi yapılarak Destek vektör makinesi ile sınıflandırma doğruluk başarısı ölçülmektedir.

Anahtar kelimeler:

Derin öğrenme; makine öğrenmesi; transfer öğrenme.

Abstract

The deep learning method is used in areas such as image processing, image classification, audio processing, text processing, and video analysis. Deep learning gives more successful results than classical machine learning methods. Transfer learning is the use of a number of previously learned information from existing data to help work with other data. When learning large data sets with deep learning, there is a need for more processing time and a high cost of hardware. In addition, the most appropriate way to determine the parameters of the deep learning network, which will be designed from the beginning, can also become a difficult process because it is often through trial and error. In this study, attributes were extracted by transfer learning by using AlexNet deep learning model on the classification of a dataset belonging to shoe types. The characteristics of these attributes are measured and the accuracy of classification is measured with the support vector machine.

Keywords:

Deep learning; machine learning; transfer learning.

Transfer Öğrenmede Öznitelik Seçme Yöntemlerinin Etkisi

Impact of Feature Selection Methods on Transfer Learning

Fatma Yeşim AYDİLEK[1]
Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ[2]

[1]Bilgisayar Programcılığı, Teknik Bilimler MYO, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
[1]fyaydilek@harran.edu.tr, [2]agumuscu@harran.edu.tr

1. Giriş

Görüntü işleme; görüntü içerisindeki bilgi ve örüntülerin tespit edilip, işlenmesi için kullanılan yöntemlerden oluşmaktadır. Görüntü içerisinde bulunan bir obje veya bir yer hakkında insan görme sistemine benzer şekilde bilgiler edinilmesi ve bu bilgilerin kullanılması görüntü işlemenin amaçlarındandır. Görüntü işleme yöntemlerinden görselleştirme işlemiyle görülmesi zor olan nesneler görünür hale getirilebilmekte, görüntü keskinleştirme yöntemiyle görüntüdeki gürültüler giderilmeye çalışılmaktadır. Bir başka görüntü işleme yöntemi de görüntü içerisindeki nesneleri tanımlanması ve nesnelerin ayırt edilmesidir [1]. Görüntü işlemeyle elde edilen bilgilerin sınıflandırılması bilgi karmaşasını engellemek ve istenilen bilgiye kolay ulaşımın sağlanması açısından çok önemli olabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan ayakkabı görüntülerine ait veri kümesinde 5250 adet ayakkabı görüntüsü bulunmaktadır. Bu görüntüler içerisinde görüntü işleme yöntemleri olmadan örneğin spor ayakkabılarını ayırt etmek zaman alıcı, zahmet verici bir iş olabilir. Ayakkabı görüntülerini sınıflandırma işlemiyle istenilen ayakkabı türü modellerine kolayca erişim sağlanabilmektedir. Görüntülerde tespit edilen objelerin sınıflandırılması için ortalama tabanlı sınıflandırma, k-means kümeleme yöntemi gibi bir çok makine öğrenme yöntemi geliştirilmiştir [2]. İnsan görme sistemine en yakın olan ve günümüzde popülerliği gittikçe artan derin öğrenme görüntü işleme ve görüntüleri sınıflandırma konusunda başarısı kanıtlanmış bir yöntemdir. Ancak derin öğrenme büyük veri kümeleriyle daha iyi sonuçlar vermektedir. Büyük veri kümelerinin eğitilmesi yüksek donanım maliyeti ve çalışma zamanı gibi bazı problemleri de beraberinde getirmektedir [3]. Derin öğrenme modelinin ağ tasarımında kullanılacak olan eğitim parametrelerinin belirlenmesi de aynı zamanda çok kolay olmayan bir süreç olabilmektedir.

Jain ve Djar (2017) tarafından yapılan çalışmada ayakkabı veri kümesindeki verileri analiz etmek için öncellikle arka planda var olan gereksiz bilgiler ayıklanarak çıkarılmaktadır. Daha sonra derin öğrenme modellerinden GoogleNet kullanılarak transfer öğrenme ile ayakkabı öznitelikleri çıkarılmaktadır. Öklid uzaklık metriği hesaplamasıyla birbirine benzer, yakın resimler tespit edilip sınıflandırma yapılmaktadır [4]. Gürkaynak ve Arıca (2018) tarafından yapılan çalışmada AlexNet, VGGNet ve ResNet derin öğrenme modelleri kullanılarak farklı eğitim parametreleri ile deniz araçlarına ait görüntülerin bulunduğu MARVEL veri kümesindeki verilerin sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. Kullanılan derin öğrenme modellerinin sınıflandırma başarıları karşılaştırılmaktadır [5].

Ulu ve Ekenel (2016) tarafından yapılan çalışmada kişinin yeniden tanımlanması problemi için CUHK03 ve Market-1501 veri kümeleri kullanılarak öncelikle görüntülerde arka plan temizleme işlemi yapılmaktadır. Hazırlanan görüntülerin özellikleri AlexNet derin öğrenme modeli kullanılarak çıkarılmaktadır. Kosinüs uzaklık metriği hesaplama yöntemiyle çıkarılan özelliklerin benzerlik ölçümü yapılmaktadır. Sınıflandırma başarısı VIPeR veri kümesi üzerinde test edilerek diğer kullanılan yöntemlerle başarısı kıyaslanmaktadır [6]. Korzh ve ark. (2018) tarafından yapılan

çalışmada CNN kullanılarak önceden hazırlanmış olan AlexNet, VGG19 ve GoogleNet derin öğrenme modelleri bir araya getirilerek transfer öğrenme yöntemlerinden ince ayar (fine tuning) uygulaması her bir modele ayrı ayrı uygulanarak veri kümelerinin sınıflandırma başarısı artırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışma üç farklı veri setinde test edilmiştir: Yahoo! alışveriş ayakkabı görüntü İçeriği, UC merced land kullanım veri kümesi ve Caltech-UCSD birds-200-2011 veri kümesi [7]. Iliukovich-Strakovskaia ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada yahoo ayakkabı veri seti kullanılarak 107 ayakkabı sınıfının 10 tane hiyerarşik sınıfa (örneğin high elss sınıfı 'michael kors' gibi 14 tane alt sınıftan oluşmaktadır) dönüştürülmesi için iki yöntem birleştirilerek doğrusal olmayan bir sınıflandırıcı tasarlanmıştır. Kullanılan bu yöntemlerin ilki derin öğrenmede transfer öğrenme yöntemlerinden olan yeniden düzenlenerek (pre-trained) eğitilmedir. Diğeri ise görüntüyü bir özellik olarak kabul ederek ham piksellerin vektörü ve düşük boyutlu bir özelliğe indirgenmiş standart boyutsal yaklaşımları yöntemleridir [8].

Bu çalışmada, transfer öğrenme yöntemlerinden özellik çıkarımı (feature extraction) kullanılarak Krizhevsky ve ark.(2012) tarafından geliştirilen AlexNet [9] derin öğrenme modeliyle çıkarılan özellikler Alpha Investing özellik seçme algoritması ve destek vektör makinesi (DVM) yöntemleriyle eğitilmekte ve sınıflandırma başarıları karşılaştırılmaktadır.

2. Ayakkabı Veri Kümesinin Destek Vektör Makinesi ile Sınıflandırılması

2.1 Derin Öğrenmede Transfer Öğrenme Uygulamaları

Derin öğrenme ağlarından biri olan ve yaygın olarak kullanılan konvonüsyonel sinir ağları(KSA) konvonüsyonel, havuzlama, full connected ve softmax katmanlarından oluşmaktadır [10]. Konvonüsyonel katmanda görüntülere filtreler uygulanarak yeni görüntüler elde edilmektedir, havuzlama katmanıyla elde edilen yeni görüntülerin komşu pixelleri arasından en büyük olanı alınarak görüntünün özeti çıkarılmakta, full connected katmanıyla çıkarılan özellik değerleri geri beslemeli yapay sinir ağıyla eğitilmektedir. Softmax katmanı çıkış katmanıdır. Görüntülerin sınıf sayısı softmax katmanında belirtilmektedir. Çıkış değerleri 0-1 arasında değişmektedir. Negatif sayı çıkan bazı özelliklerin çıkışta hata vermemesi için ReLu fonksiyonu kullanılarak iyileştirmeler yapılmaktadır. Kullanılan konvonüsyonel ve havuzlama katman sayıları, sinir ağlarındaki nöron sayıları yapılacak uygulamaya göre değişkenlik göstermektedir [11].

Derin öğrenmeyle transfer öğrenme yapılırken 3 yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler özellik çıkarım (feature extraction), ince ayar (fine tuning) ve yeniden düzenleme ve eğitme (pre-trained) dir. Özellik çıkarım yöntemi derin sinir ağ modelinin fc7 katmanından görüntü özelliklerinin elde edilmesidir. İnce ayar yöntemi derin sinir ağ modelinin son katmanındaki görüntü sınıf sayısının veri setindeki sınıf sayısıyla değiştirilmesidir. Yeniden düzenleme ve eğitme yöntemi derin sinir ağ modelinin parametrelerinin veri setinin eğitimine uygun olarak yeniden düzenlenip eğitilmesidir [12].

2.2 AlexNet Derin Öğrenme Modeli

AlexNet derin öğrenme modelinin mimarisi 5 konvolüsyon katmanı, havuzlama katmanı ve 3 tam bağlantılı katmandan oluşmaktadır. Bu model ile 1000 nesne sınıflandırılmaktadır. Filtreleri 11x11 boyutunda ve filtrelerin adım kayma sayısı 4 olarak belirlenmiştir [13].

2.3 Destek Vektör Makinesi (DVM)

Destek Vektör Makineleri (DVM) istatistiksel olarak öğrenmeye yönelik bir sınıflandırma yöntemidir. DVM'nin içinde bulunan matematiksel algoritmalar ilk başta iki sınıflı doğrusal verilerin sınıflandırılması için tasarlanmıştır. Daha sonra çok sınıflı ve doğrusal olmayan verilerin sınıflandırılması için geliştirilmiştir. DVM'nin çalışma şekli en uygun karar fonksiyonunun tahminiyle sınıfların birbirinden ayrılması, diğer bir ifadeyle uygun hiper düzlem tanımlanarak iki sınıfı birbirinden ayrılması esasına dayanmaktadır [14] [15].

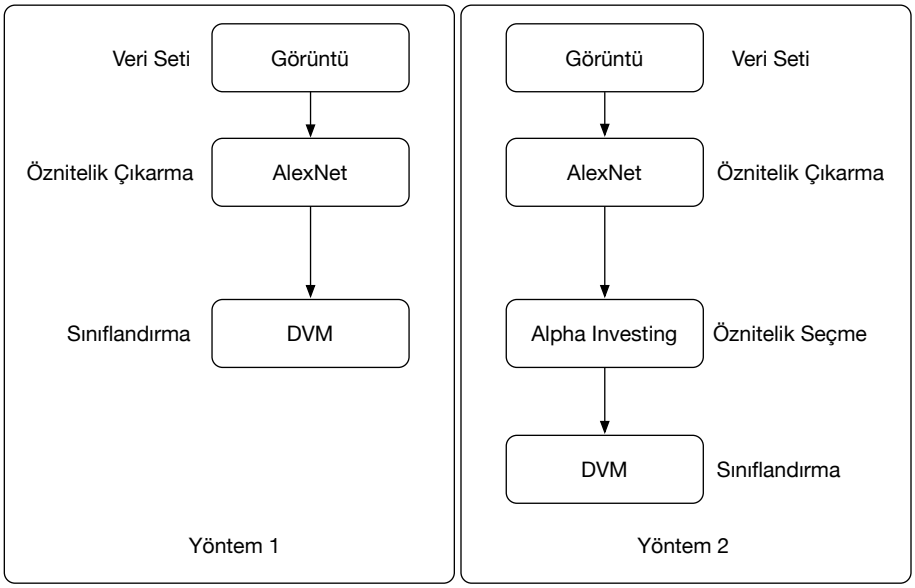
2.4 Alpha İnvesting Özellik Seçim Yöntemi

Bu yöntemde aday özellikler, bir tahmin modeline eklenmektedir. Tahmin modeline eklenmiş bir özellik bir daha çıkarılmamaktadır. Yeni eklenecek olan özelliğin uygun olup olmadığı hesaplanıp tahmin modeline eklenmektedir [16]. Böylelikle öznitelik seçimi yapılmaktadır.

2.5 Veri Kümesi

Yahoo ayakkabı veri seti 5250 ayakkabı görüntüsünden oluşmakta olup ayakkabı görüntüleri 107 sınıfa ayrılmıştır ve daha önceki birçok çalışmada kullanılmıştır [17].

3. Ayakkabı Veri Kümesinden Özellik Çıkarımı ve Seçimi



Şekil 1. Uygulanan Yöntemlerin Akış Diyagramı

Şekil 1 'de yapılan çalışmanın akış diyagramı gösterilmektedir. Bu amaçla; öncelikle veri kümesindeki görüntüler k-katlamalı çapraz geçerleme (k-folds) yöntemine göre bölünmektedir k sayısı 4 olarak alınmıştır. Yani, ayakkabı görüntü verilerinin %75 eğitim, %25 test veri kümesi olacak şekilde kullanılarak 4 adet deneysel çalışma yapılmış ve bu şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Deney verilerindeki görüntülerin öznitelikleri AlexNet derin öğrenme modelinin 'fc7' katmanından alınarak daha sonra çok sınıflı destek vektör makinası kullanılarak eğitilmektedir. Test verilerindeki görüntülerin özellikleri AlexNet derin öğrenme modelinin 'fc7' katmanından çıkarılarak DVM sınıflandırılmış modelin doğruluk başarısı ölçülmektedir. Aynı zamanda, Alpha Investing özellik seçim yöntemi kullanılarak çıkarılan öznitelikler arasından özellik seçimi yapılmaktadır. Özellik seçimi işleminden sonra elde edilen özellikler DVM yöntemiyle eğitilmektedir. Test veri kümesindeki görüntülere de aynı şekilde özellik çıkarımı ve özellik seçimi işlemleri uygulandıktan sonra elde edilen özellik verileri kullanılarak DVM yöntemiyle sınıflandırma başarısı ölçülmektedir. Yapılan deneysel testler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Deneyler		**DVM**	**Alpha Investing + DVM**
1.deney	Başarı (%)	62.31	59.48
	Zaman (sn.)	493.9435	119.2047
2.deney	Başarı (%)	62.34	59.38
	Zaman (sn.)	489.4973	127.1333
3.deney	Başarı (%)	63.34	58.54
	Zaman (sn.)	489.3054	115.3431
4.deney	Başarı (%)	62.99	61.69
	Zaman (sn.)	487.9367	132.8439
Ortalama	Başarı (%)	62.745	59.7725
	Zaman (sn.)	490.170725	123.63125

Deneysel çalışmaların ilkinde Tablo 1'de görüldüğü gibi sınıflandırma başarıları kıyaslandığında DVM sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma başarısı yaklaşık %62 çıkarken, alpha investing özellik seçimi algoritması ve Dvm yöntemiyle yapılan sınıflandırma başarısı yaklaşık %59 çıkmaktadır. DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma daha başarılı sonuç vermektedir. Ancak çalışma süreleri kıyaslandığı zaman alpha investing özellik seçimi algoritması ve DVM yöntemi ile yapılan sınıflandırmanın çalışma süresinin daha az olduğu tespit edilmektedir.

Deneysel çalışmaların ikincisinde Tablo 1'de görüldüğü gibi sınıflandırma başarıları kıyaslandığında DVM sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma başarısı yaklaşık %62 çıkarken, alpha investing özellik seçimi ve DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma başarısı yaklaşık %59 çıkmaktadır. DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma daha başarılı sonuç vermektedir. Ancak çalışma süreleri kıyaslandığı zaman alpha İnvesting özellik seçimi algoritması ve DVM yöntemiyle ile yapılan sınıflandırmanın çalışma süresinin daha az olduğu tespit edilmektedir.

Deneysel çalışmaların üçüncüsünde Tablo 1'de görüldüğü gibi sınıflandırma başarıları kıyaslandığında DVM sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma başarısı yaklaşık %63 çıkarken, alpha investing özellik seçimi ve DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma başarısı yaklaşık %58 çıkmaktadır. DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma daha başarılı sonuç vermektedir. Ancak çalışma süreleri kıyaslandığı zaman alpha İnvesting özellik seçimi algoritması ve DVM yöntemiyle ile yapılan sınıflandırmanın çalışma süresinin daha az olduğu tespit edilmektedir.

Deneysel çalışmaların sonuncusunda Tablo 1'de görüldüğü gibi sınıflandırma başarıları kıyaslandığında DVM sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma başarısı yaklaşık %62 çıkarken, alpha investing özellik seçimi ve DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma başarısı yaklaşık %61 çıkmaktadır. DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma daha başarılı sonuç vermektedir. Ancak çalışma süreleri kıyaslandığı zaman alpha İnvesting özellik seçimi algoritması ve DVM yöntemiyle ile yapılan sınıflandırmanın çalışma süresinin daha az olduğu tespit edilmektedir.

4. Sonuç

Derin öğrenme görüntülerin sınıflandırılması için yaygın olarak kullanılan başarılı bir yöntemdir. Fakat büyük boyutlu veri kümeleriyle çalışıldığı zaman daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Büyük boyutlu veri kümelerinin derin öğrenmeyle sınıflandırılması çalışma süresinin fazla olması ve donanım maliyeti gibi problemleri de beraberinde getirmektedir. Google vb. gibi bazı büyük firmalar milyonlarca görüntüyü kullanarak GoogleNet gibi derin öğrenme modelleri üretmektedirler. Derin öğrenme ile kazanılmış bilgilerin farklı alanlarda daha kolay ve hızlı kullanabilmek amacıyla transfer öğrenme kullanılmaktadır. Bu çalışmada ayakkabı veri kümesinin öznitelikleri AlexNet derin öğrenme modelinden öznitelik çıkarımı (feature extraction) yapılarak elde edilmektedir. Sınıflandırma yapmak için DVM sınıflandırma yöntemi ve Alpha Investing özellik seçimi algoritmaları kullanılmaktadır.

Yapılan deneysel testler sonucunda özellik seçimi yönteminin sınıflandırma başarısını yaklaşık %5 azaltmasına rağmen çalışma süresi bakımından süre yaklaşık %75 oranında kazanç sağlanmaktadır. Büyük boyutlardaki veri kümelerinin sınıflandırma işlemleri için çalışma süresinin önemli olduğu araştırmalarda bu önemli bir kazanım sağlayabilir.

5. Referanslar

[1] http://blog.udentify.co/04/2017/goruntu-isleme-nedir/, erişim tarihi: 06.09.2018.

[2] Solak, S. Ve Altınışık, U. 2018. Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (1): 56-65.

[3] Dean, J., Corrado, G., Monga, R., Chen, K., Devin, M., Mao, M., Ranzato, M., Senior, A., Tucker, P., Yang, K., Le, Q. V., and Ng, A. Y. Large scale distributed deep networks. In NIPS, pp. 1232–1240, 2012.

[4] Jain, S. ve Dhar, J. 2017. Image Based Search Engine Using Deep Learning. Proceedings of 2017 Tenth International Conference on Contemporary Computing (IC3).

[5] Gürkaynak, C.D. ve Arıca, N. 2018. A case study on transfer learning in convolutional neural networks. 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference, İzmir.

[6] Ulu, A. ve Ekenel, H. K. 2016. Evrişimsel Sinir Ağı Öznitelikleri ile Kişiyi Yeniden Tanıma. 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference, Zonguldak.

[7] Korzh, O., Joaristi, M. Ve SERRA, E., 2018. Convolutional Neural Network Ensemble Fine-Tuning for Extended Transfer Learning. In: Chin F., Chen C., Khan L., Lee K., Zhang LJ. (eds) Big Data – BigData 2018. BIGDATA 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10968. Springer, Cham.

[8] ILİUKOVİCH-STRAKOVSKAİA, A., DRAL, A. ve DRAL, E. ,2016. Using Pre-Trained Models for Fine-Grained Image Classification in Fashion Field.

[9] Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Hinton, G. E. 2012. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Neural Information Processing Systems Conference.

[10] LeCun, Y. , Bottou, L. , Bengio, Y. ve Haffner, P. 1998. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. Proc. of the IEEE.

[11] BÜYÜKYILMAZ, M. , 2017. Mikroskopik Görüntüler Üzerinde Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Hastalıklı Hücrelerin Otomatik Tanımlanması. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

[12] http://cs231n.github.io/transfer-learning/, erişim tarihi: 14.10.2018.

[13] İNİK, Ö., ÜLKER, E. 2017. Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD). 6,3: 85-104.

[14] VAPNİK, V.N. 1995. The Nature of Statistical Learning Theory, Springer-Verlag, New York.

[15] VAPNİK, V.N. 2000. The Nature of Statistical Learning Theory, 2. Baskı, Springer-Verlag, New York.

[16] ZHOU, J., FOSTER, D. P., STİNE, R. A. ve UNGAR, L. H. 2006. Streamwise feature selection. Journal of Machine Learning Research, 7:1861-1885.

[17] https://webscope.sandbox.yahoo.com/catalog.php?datatype=i&guccounter=1 , erişim tarihi:10.07.2018.

Cr_2O_3 Katkılı Çeliklerin Toz Metalürjisi Yöntemiyle Üretilmesi Ve Karakterizasyonu

Production and Characterization of Cr_2O_3 Doped Steel by Powder Metallurgy.

Abuzer Açıkgöz [1]
Bülent Aktaş [1]
Faik Elek[2]
Hasan Karaytu[2]
Emin Kaya[2]
Ahmet Karakuş[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2] Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Toz metalürjisi metaller, metaloitler, metal alaşımları ve farklı özelliklere sahip bileşiklerin farklı oranlarda ve kombinasyonlarda bir arada kullanılmasını sağlayan bir üretim metodudur. Biz de bu çalışmamızda saf ve farklı oranlarda Cr2O3 takviyeli çelik numuneleri ürettik. Üretim aşamasında belirlenen miktarlar da Cr2O3 tozu eklenmiş çelik tozları mekanik alaşımlıma cihazında yarım saat karıştırma ve alaşımlıma işlemi yaptı. Daha sonra bu toz karışımları pellet basma yöntemiyle oda sıcaklığında tek yönlü basınç altında preslendi. Bu yöntemle hazırlanan numunelere dört farklı sıcaklıkta (1000-1050-1100-1150 °C) sinterleme işlemi yapıldı. Farklı sıcaklıkta sinterlenmiş ve belirlenen oranlarda Cr2O3 tozu eklenmiş numunelerin yoğunlukları Arşimet prensibi ile ölçülmüştür. Sinterleme sıcaklığının düşmesiyle yoğunluklarda azalma belirlenmiştir. Bununla beraber Cr2O3 katkısının artmasıyla da yoğunluğun düştüğü gözlemlenmişti. Numunelerin sertlik ölçümleri micro-vicker sertlik ölçme yöntemiyle yapılmıştır. Yapılan sertlik ölçümlerinde numunelerdeki Cr2O3 katkısının artmasıyla sertliklerin arttığı tespit edilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan içyapı analizlerinde Cr2O3 katkısı arttıkça çelik tozlarının arasındaki boşlukların azaldığı ve daha kararlı yapıların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çeliklerin toz metalürjisi, krom oksit, sertlik, yoğunluk, içyapı

Abstract

Powder metallurgy is a manufacturing method that allows the use a combination of metals, metalloids, metal alloys or compounds with different properties. In this study, pure and varying amount of Cr_2O_3 reinforced steel samples manufactured by powder metallurgy method. Steel powder and Cr_2O_3 powder mixed half an hour in mechanical alloying. The mixture powder was pressed at room temperature under unidirectional pressure. Prepared samples sintered at four different temperatures (1000-1050-1100-1150 °C). Density of samples with varying amount of Cr_2O_3 addition and four different sintering temperatures determined by Archimedes' principle. The density of samples with Cr_2O_3 addition decreased from 5,75 to 5,15. Sintering the samples in low temperature (1000 °C) is better for optimum result. The hardness increased with the addition of Cr_2O_3. When we analysed the microstructure increment of Cr_2O_3 in steel powder close the blank and make complete matrix.

Keywords: Powder Metallurgy of Steel, Chromium Oxide (Cr2O3), Hardness, Density, Microstructure

1. Giriş

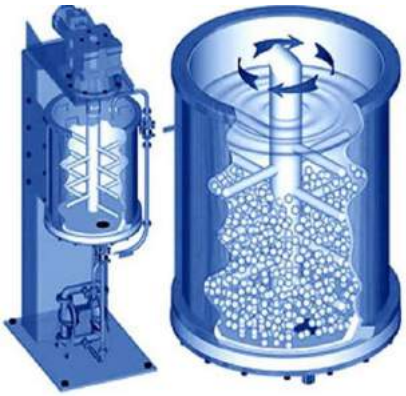
Toz metalürjisi (T/M), metal, metaloit, metal alaşımları ve farklı özelliklere sahip tozların üretimi ve kullanımıdır. Tozlar, genellikle 1000 nm'den (1 mm) daha küçük olan parçacıklar olarak tanımlanır. PM'de kullanılan metal parçacıkların çoğu 5 ila 200 mm (0.2 ila 7.9 mil) aralığındadır (1-3-7). Metal tozların hacmine göre yüzey alanı oranının çok yüksek olması, metal tozlarının katalizörler olarak veya çeşitli kimyasal ve metalürjik reaksiyonlarda kullanılmasını sağlar. Bu makale, fonksiyonel mühendislik bileşenleri yapmak için tozların kullanımına odaklanırken, toz metalürjisi işleminin çeşitli bölümlerini bu yöntemle üretilen malzemelerin karakterizasyonunu incelenmektedir (4-7). Toz metalürjisi mühendisler için oldukça önemlidir, uygulama sürecinde bileşenlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi, fazların ve gözeneklerin ayarlanabilirliği bu konunun önemini arttırmaktadır. Toz metalürjisi işlemi birçok avantaj sunar. En önemlileri, diğer metal şekillendirme teknolojilerine kıyasla malzeme ve enerji verimliliğini arttırır. Toz metalürjisi karmaşık şekillendirilmiş parçalar yapmak için uygun maliyetlidir ve işleme ihtiyacını en aza indirir (4-5-7). Çok çeşitli mühendislik materyalleri mevcuttur ve uygun malzeme ve proses seçimi ile malzemede gerekli mikro yapı geliştirilebilir (7). Toz metalürji parçalarının iyi yüzey kalitesi vardır, mukavemetini ve aşınma direncini arttırmak için ısıl işleme tabi tutulabilirler. Yüksek hacimli parçaların replike edilmesi için baskı ve sinter işleme veya metal enjeksiyonlu kalıplama (MEK) işlemesi, tasarım mühendisleri için çok caziptir. Bu durum PM prosesinde parçanın tekrarlı üretimini sağlar ve orta ile yüksek hacimli üretim için uygundur. Gerektiğinde, kendi kendine yağlama veya filtreleme için kontrollü mikroporozite sağlanabilir. Boyutsal hassasiyet oldukça iyidir.

2. Yöntem

2. 1. Numunelerin Hazırlanması

Demir tozları Cr_2O_3 kompozisyonuyla (kütlece %0,5, 1, 3-5-10) hazırlanmıştır. Üretimde öncelikle numuneler katkı oranlarına göre ayrı ayrı tartıldıktan sonra mekanik alaşımlama işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem aşamasında resim 1 de görüldüğü üzere aslında bir metal tozu üretim yöntemi de olan bilyeli değirmen kullanılmıştır. Bu işlemde Metal tozlarının Cr_2O_3 tozları ile homojen olarak karışmasının yanında tozların belirli bir büyüklükte olması amaçlanmaktadır. Denklem 1 de belirtilen öğütme devri formülü ile malzemeler için uygun devir hesaplanır.

$$d = 32/(\sqrt{d}) \quad (1)$$



Resim 1: Bilyeli Değirmen

Mekanik alaşımlama işleminden sonra numunelerimize 250 kN baskı kuvvetiyle 40 sn. boyunca presleme işlemi yapıldı. Bu işlem de pellet numunelerinde baskı ile tozların birbirine bağlanması sağlandı.

Resim 2: Manuel Hidrolik Pres

Numuneler en son olarak sinterleme işlemine tabi tutuldu. Sıkıştırılmış ham yoğunluktaki pellet numunelere mukavemet kazandırmak ve yoğunluğunun arttırılması amacıyla ergime sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta belirli bir süre bekletildi. Sinterleme sıcaklığının etkisinin de incelenmesi amacıyla bu işlem farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonunda numuneler belirlenen testlerin yapılmasına uygun hale getirildi.

2.2. Yoğunluk Ölçümü

Hazırlanan numunelerin yoğunluğu Arşimet prensibi doğrultusunda yoğunluğu bilinen bir sıvıdan yola çıkarak, katı bir cismin yoğunluğunu hesaplama yönteminde belirtilen denklem 2 deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Bu işlemde daldırma sıvısı olarak saf su kullanıldı. Burada ρdw saf suyun yoğunluğunu, Wa havadaki ağırlığı, Wb saf su içerisindeki ağırlığı temsil etmektedir. Tüm ağırlık ölçümleri 0,0001 g hassasiyetle dijital terazi kullanılarak yapıldı.

$$\rho = \frac{W_a}{W_a - W_b} \times \rho_{dw} \qquad (2)$$

2.3. Metalografi Analizleri

Metalografik muayene için hazırlanan numuneler bakalite alınma işlemi ardından çeşitli boyutlarda yapılan zımparalama işlemine tabi tutuldu bu işleme müteakip parlatma yapıldı. Son aşamada numune yüzeyleri asit ile dağlama yapılarak içyapı ortaya çıkarıldı. Dağlanan numuneler ters metal mikroskopunda incelendi.

Resim 3: Bakalite alınmış ve yüzey hazırlama işlemleri yapılmış numune

2.4. Mekanik Özellik Ölçümleri

Numunelerin mikro-vickers sertlik ölçme cihazı kullanarak sertlik değerleri ölçülmüştür. Ölçümlerde 10 saniye boyunca 9.81 N yük uygulanmış olup, kullanılan Denklem 3. aşağıda verilmiştir.

Resim 4: Mikro Sertlik Test Cihazı

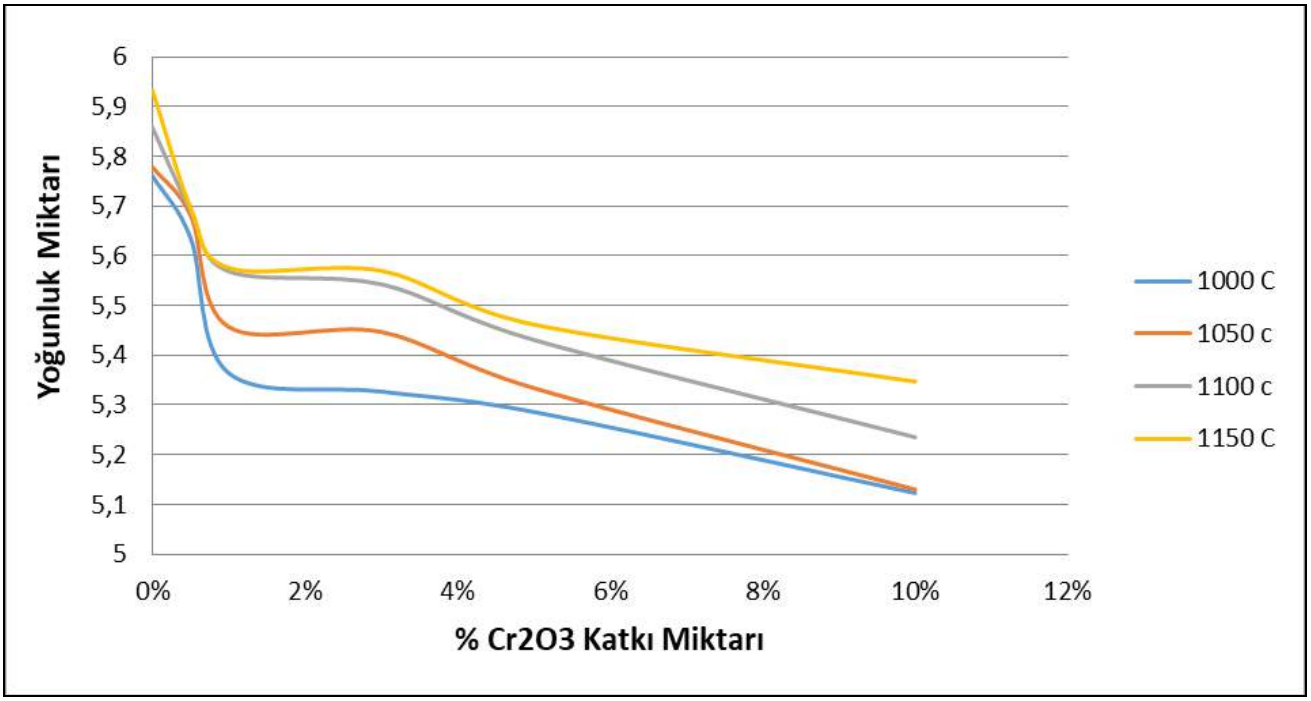
$$H_V = \frac{1.854P}{d^2} \quad (3)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Üretimi yapılmış saf ve Cr2O3 ile (kütlece % 0,5-1-3-5-10) katkılanmış ve 1000, 1050, 1100, 1150 ^{0}C sıcaklıklarda sinterlenmiş numunelerin yoğunluğun katkı miktarına ve sinterleme sıcaklığına bağlı değişim grafikleri Şekil 1.'de gösterilmektedir. Tüm numunelerin yoğunlukları (2) denklemi ile hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçların da yoğunluğun katkı miktarına bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebi katkı maddesi olarak kullanılan Cr2O3 yoğunluğunun (5,22 gr/cm³) demir tozu yoğunluğundan (7,2 gr/cm³) az olmasıyla açıklanabilir.

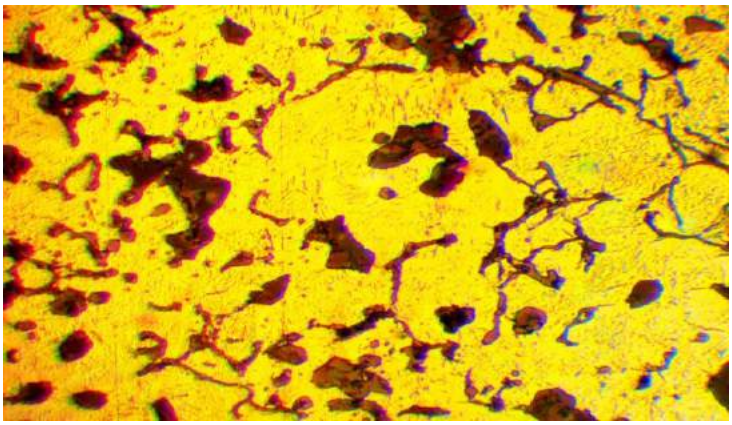
Cr2O3	***1000 C***	***1050 C***	***1100 C***	***1150 C***
%0	5,761	5,779	5,858	5,933
%0,5	5,636	5,682	5,691	5,697
%1	5,364	5,457	5,569	5,576
%3	5,327	5,447	5,543	5,57
%5	5,286	5,334	5,431	5,462
%10	5,123	5,130	5,235	5,347

Tablo 1: katkı miktarına ve sinterleme sıcaklığına bağlı olarak yoğunluk ölçüm sonuçları

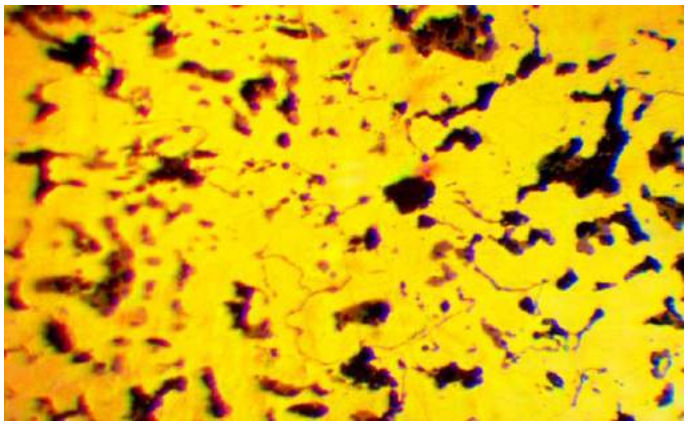


Şekil1: yoğunluğun katkı miktarına ve sinterleme sıcaklığına bağlı değişimi

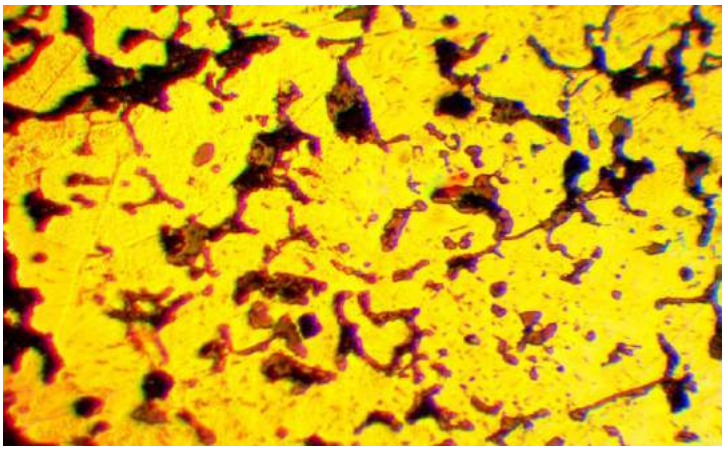
Ters metal mikroskop altında zımparalama ve dağlaması yapılan Cr2O3 katkılı çeliklerin yüzey yapılarının yakınlaştırılarak çekilen fotoğraflarında koyu olan sarı renkler ferrit fazı, ferrit üstündeki küçük noktalar ve daha koyuya yakın yerler ise boşluklardır. Katkılı tozlar ise tam sarı değil ama sarıya yakın açık tonlarda renklerdir. Bu resimlerde katkı miktarları arttıkça yapıda daha çok boşluk görülmektedir.



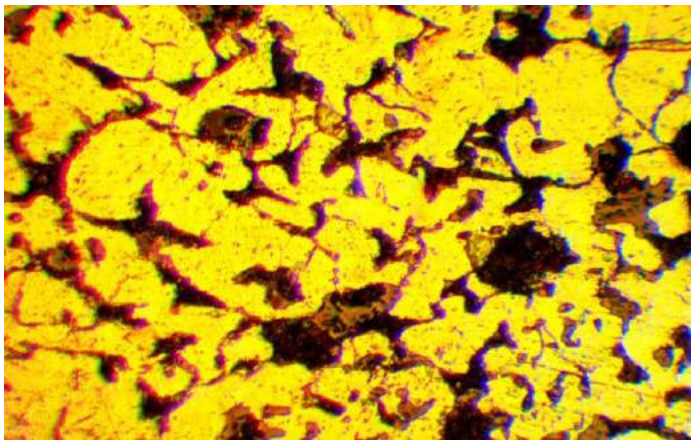
Resim: 5 saf numune



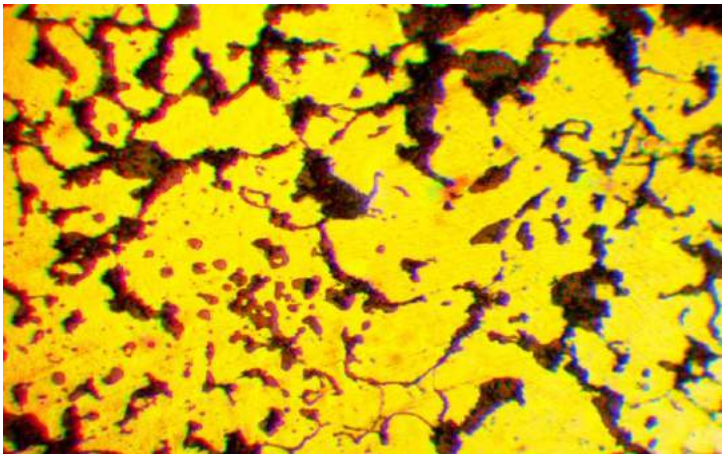
Resim: 6 % 0,5 Cr2O3 katkılı numune



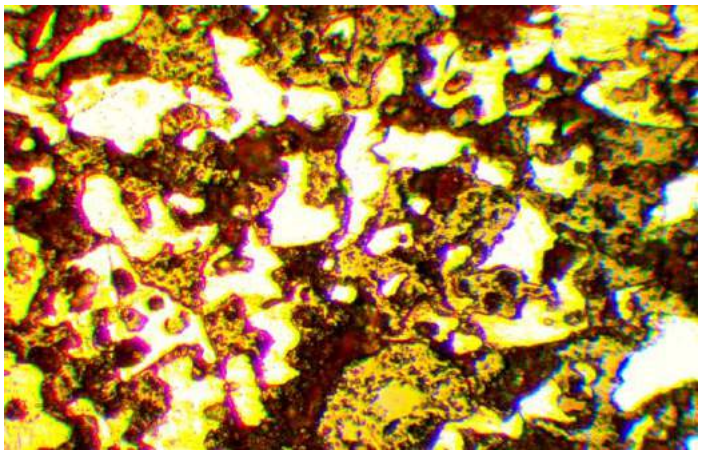
Resim: 7 %1 Cr2O3 katkılı numune



Resim: 8 %3 Cr2O3 katkılı numune



Resim: 9 %5 Cr2O3 katkılı numune



Resim: 10 %10 Cr2O3 katkılı numune

Cr2O3	Sertlik 1 (kg/mm²)	Sertlik 2 (kg/mm²)	Sertlik 3 (kg/mm²)	Sertlik 4 (kg/mm²)	Sertlik 5 (kg/mm²)	Ortalama	Standard sapma
%0	66.3	66.1	74.2	68.4	69.0	68.8	± 2.95
%0,5	69.0	66.3	69.4	75.5	71.8	70.4	± 3.45
%1	78.2	71.2	67.4	66.5	67.1	70.08	± 4.93
%3	67.7	66.2	65.9	66.3	66.1	66.44	± 0.89
%5	66.6	81.3	79.0	81.8	75.0	76.74	± 6.26
%10	78.4	76.3	90.2	96.7	102.5	88.82	± 11.34

Tablo: 2 Mikro Wickers Sertlik cihazında % Cr2O3 katkılı çelik numunelerin yüzeyinden belli mesafelerde ölçülen 5 farklı sertlik değerlerinin tablo halinde gösterilmesi

4. Sonuç

TM yöntemiyle farklı sinterleme sıcaklıklarında üretilmiş takviyesiz ve Cr_2O_3 takviyeli metal matrisli kompozitlerin yoğunlukları, sertlik ve mikro yapıları incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- ✓ Takviyesinin matris içerisinde homojen olarak dağıldığı görülmüştür. Farklı noktalardan yapılan sertlik ölçümlerinde çok küçük standart sapmalara rastlanması ile bu durum açıklanabilir.
- ✓ Sinterleme sıcaklığının yükseltilmesiyle (1000-1050-1100-1150) yoğunluğun arttığı ve teorik yoğunluğa yaklaşması sağlanmıştır.
- ✓ Katkı miktarının artmasıyla sertliğin arttığı ve en yüksek serflik değerine ağırlıkça %10 takviyesinde 88,82 kg/mm2 ile ulaşılmıştır.
- ✓ Kompozit numunelerde katkı miktarının artmasına bağlı olarak mikro yapıda porların daha cok kapandığı ve atomlar arsı boşlukların azaldığı gözlemlenmiştir.
- ✓ En fazla yoğunluk düşüşü ağırlıkça %10 Cr_2O_3 takviyesinde gözlemlenmiştir. Bunun en temel sebebi Cr_2O_3 in yoğunluğunun çelik tozlarının yoğunluğundan az olması olsa da sinterleme sıcaklığı da etkili bir parametredir.

Bu çalışmada geliştirilmesi gereken en önemli parametrelerden bir tanesi sinterleme işlemi hava kontrollü fırınlarda yapılarak oksitlenmenin önlenmesi ve presleme işleminin sıcak pres yardımı ile yapılması yoğunluğun teorik yoğunluğa yaklaştırılması gerekmektedir.

5. Referanslar

[1] Ed. Peter W. Lee. ASM Handbook: Volume 7: Powder Metal Technologies and Applications. 1st. ed. Materials Park: ASM International1998, 1147 p. ISBN 978-0871703873.

[2] GERMAN, R. M. Powder Metallurgy Science. 2nd ed. Princeton: MPIF, 1994, 472 p. ISBN 1- 878954-42-3.

[3] THÜMMLER, F., OBERACKER, R. Introduction to powder metalurgy.1st ed. Cambridge: The University Press, 1993, 332 p. ISBN 0-901716-26-X.

[4] SCHATT, W., WIETERS, K. P., KIEBACK, B. Pulvermetallurgie: Technologien und Werkstoffe. 2nd ed. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag, 2007, 552 p. ISBN 978-3-540-23652-8.

[5] Skotnicová, K. Kursa, M. Szurman, I. 2014 Powder Metallurgy (University Textbook), Všb- Technıcal Unıversıty Of Ostrava, Ostrava

[6] Casati, R.; Amadio, M.; Biffi, C.A.; Dellasega, D.; Tuissi, A.; Vedani, M. Al/Al2O3 nano-composite produced by ECAP. Mater. Sci. Forum. 2013, 762, 457–464.

[7] P. Samal and J. Newkirk, ASM Handbook, Volume 7, Powder Metallurgy editors

Harran Ovasında Kullanılan Pestisitlerin Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi

The Pesticides Used in the National Perspective Enviromental Open Evaluation

Güzel YILMAZ[1]
Pınar Edibe KAYA[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Bu çalışmanın amacı; Şanlıurfa ili, Harran Ovası'nda tarım üretiminde yabancı otlara karşı uygulanan pestisit kullanımının insan sağlığı ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda Harran Ovası'nda tarımsal üretim yapan 50 çiftçi ve bölgede faaliyet gösteren 26 ilaç bayi ile bire bir anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda tarımsal üretim yapan çiftçilerin pestisit kullanımı konusunda yeterli eğitim ve bilinçte olmadığı sonucuna varılmıştır. Genelde çiftçilerin pestisit uygulaması sırasında karşılaşılacak herhangi bir olumsuz durumda alınması gereken koruyucu önlemleri pek fazla ciddiye almadıkları görülmüştür. Ayrıca bölge insanının teknik teşkilat ile yeterince iş birliği içinde olmaması ve teknik teşkilatında çiftçiler ile gerektiği kadar alakadar olmaması tarımsal üretim konusunda çiftçilerin yalnız kalması ve bunun sonucu olarak da yanlış pestisit kullanım şekli ve yüksek dozların kullanımına neden olmaktadır. Bu çalışma ile Harran Ovası'nda tarımsal üretimde pestisit kullanımının olumsuz sonuçları ve bu sonuçların olumsuz etkileri saptanmış ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler:

Pestisit, Çevre Sağlığı, Toprak Kirliliği, Su Kirliliği

Abstract

The purpose of this study is; To determine the negative effects of pesticide application on weed in the agricultural production in Harran Plain of Sanliurfa Province on human health and environmental health. For this purpose, a survey was conducted with 50 farmers in the Harran Plain and 26 pharmaceutical dealers in the region. As a result of the study, it was concluded that the agricultural production farmers do not have sufficient education and awareness about the use of pesticides. In general, it is observed that farmers do not take the protective measures that should be taken in any negative situation during the application of pesticides very seriously. Furthermore, the fact that the people of the region are not cooperating adequately with the technical organization and that they are not as interested as the farmers in the technical organization cause the farmers to be left alone in agricultural production and as a result of the use of the wrong pesticide and the use of high doses. In this study, the negative results of pesticide use in agricultural production in Harran Plain and negative effects of these results were determined and solution suggestions were made.

Keywords:

pesticide, environmental health, pharmaceutical dealer

1. Giriş

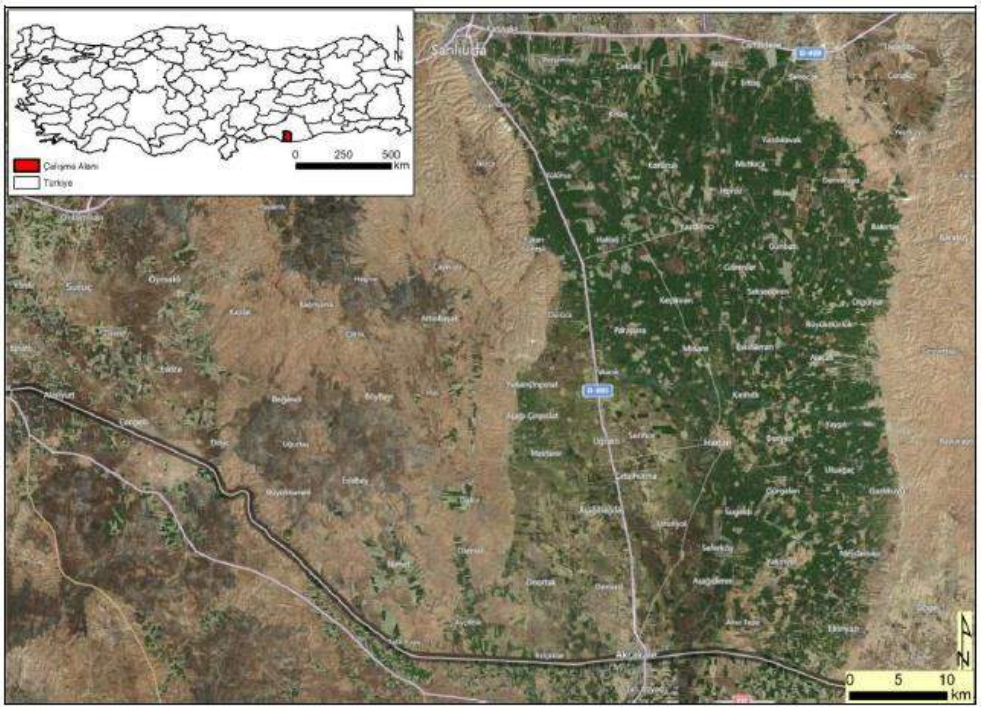
Pestisit, tarım alanında yapılan kimyasal mücadele araştırmalarında ve uygulama alanlarında kullanılan ve kimyasal içeren madde ve preparatlar olarak tanımlanmaktadır. İstenmeyen organizmaları etkisiz hale getirmek, kontrolü ele almak ya da organizmaların etkilerini en aza indirmek amacı ile tarımda kullanılmaktadırlar. Pestisit kullanımı ile ürünün hastalık, zararlı ve yabancı otların kötü etkilerinden koruyabilmek, kaliteli üretimi güvence altına alabilmek için kullanılan bir tarımsal mücadele şekli olup, 1940'lı yıllardan bu yana üretimi arttıran en önemli bileşendir. Kısa bir sürede etki göstermesi nedeni ile ve kullanımının kolay olması en çok tercih ettiren nedenlerdendir. Ne yazık ki pestisit kullanımı her ne kadar tarımsal ürünü hastalık ve ve istenmeyen otların zararından koruyup, kaliteli üretimi güvencede tutabilmek için kullanılan bir tarımsal mücadele şekli olsa da uzun vadede düşünüldüğü zaman hem bitki hem hayvan hem de insan sağlığı açısından bir zehirdir. Ayata ve ark. (2014), Şanlıurfa'da yürüttükleri bir çalışmada üreticiler tarımsal mücadeleye karar verirken % 50 'sinin ziraat teşkilatına danışmayı, %27'sinin ise komşularına ve çevreye göre ilaçlamaya karar verdikleri, ilaçlama yapan üreticilerin bir yıl içerisinde % 34'ü bir kez, % 37'si iki kez, % 20'si üç kez ve %45'inin dört kez ilaçlama yaptığı ve % 80'inin biyolojik mücadele hakkında hiçbirbilgisi olmadığı ifade edilmektedir. Yeşil ve Ögür (2011), Konya'daki aşırı pestisit ve yanlış kullanımı sonucu; ürünlerde meydana gelen kalıntı problemi, hedef organizmalarda dayanıklık artışı ile beraber duyarlılık azalışı, hedef olmayan organizmalara yan etkileri, çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilenemesi ve gıdalardaki birikiminden bahsedilmektedir. Karataş ve Alaoğlu (2009), Manisa ilinde çiftçilerin % 48'i bitki koruma konularındaki önerileri ilgili teknik personellerden alırken, % 52'i ilaç bayi ve komşu üreticilerden almışlardır. Çiftçilerden % 64'ünün etikette ön görülen dozda ilaç kullandıkları, % 65'inin boş ilaç ve gübre kaplarını yakıp imha ettikleri, % 50'sinin ilaç uygulamaları sırasında herhangi bir koruyucu önlem almadıklarını saptamışlardır. Kiraly (1996), kimyasal ilaçların zararlı böcek ve diğer organizmaları geçici süreliğine baskı altına aldığı bir çalışmada, tabiatta az miktarda bulunan veya geçici bir süreliğine yok olan canlı gruplarının belli bir süre sonra tekrar dengeye geleceği, sürdürülebilir tarımın en önemli çözüm yolunun Entegre Zararlı Yönetimi olacağı savunulmaktadır. Kopisch (1996), , IPM (Entegre Zararlı Yönetimi) uygulamaların gelişmiş olan ülkelerde daha etkin kullanıldığının araştırıldığı bir çalışmada, IPM kurallarına uyulması bakımından Avrupa ve Kuzey Amerika en iyi durumdayken, Afrika'nın en son sırada yer aldığı belirtilmektedir. Ayrıca, geleceğe yönelik yapılan öngörülere göre; kimyasal ilaç kullanımındaki artışların sürekli devam edeceği, yeni kimyasal ilaçların daha düşük dozlarda uygulanacağı, yeni kimyasal maddelerin daha az çevresel zarar ve toksisite düzeylerine sahip olacağı ifade edilmektedir.

Kennedy ve ark. (2000), pamuk tarlalarında, pestisit yüklemesinin önüne geçilmesi için çeşitli yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır. Çalışma neticesinde insektisit kullanımında önce feromon ve çekici tuzaklar ile zararlı ile mücadele yöntemlerinin geliştirilmeli ve herbisit kullanmadan yabani ot ile mücadele yöntemlerinin uygulanması tavsiye edilmiştir.

Pestisitleri kimyasal ilaç formülasyonlarına, dış görünüşlerine, fiziki yapılarına, tarım alanlarında etkiledikleri hastalık yapan zararlılara, kimyasal yapılarında bulunan ve içerisinde yer alan aktif madde, yan madde ve cinsine, zehirlilik ve yok etme derecesine göre pek çok değişik şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bunlar; İnsektisit (Böceklere Karşı), Nematisit (Nematodlara Karşı), Herbisit (Yabancı Otlara Karşı), Fungisit (Funguslara Karşı), Akarisit (Akarlara Karşı), Rodensitit (Kemirgenlere Karşı), Mollus Kisit (Yumuşakçalara Karşı), Bakterisit (Bakterilere Karşı) ve Virisit (Virüslere Karşı) Günlük hayatta pestisitler tarım alanlarında, evlerde, bahçelerde vb. yerlerde kullanımı nedeni ile havaya, suya, toprağa ve bu ortamda yaşayan bütün canlılara bulaşarak dönüşüm sağlar. Pestisitlerin ortamdaki hareketini o pestisiti kimyasal içyapısı, fiziksel yapısı, formüle tipi, kullanım şekli, hava koşulları vb. şartlar etkiler. Pestisitlerin havaya sıkılarak püskürkülmesi sırasında bir kısım pestisit dağılma sebebi ile kaybolurken, kalan kısım ise tarım ürünü üzerinde ve toprak yüzeyinde kalır. Havada kala pestisit rüzgar yardımı ile taşınarak yağmur ve kar ile tekrar yeryüzüne inebilir. Bu çalışmanın amacı, Harran Ovası'nda tarım arazilerinde pestisit kullanımından dolayı meydana gelebilecek çevresel sorunların araştırılması ve bu sorunlara karşı ne tür önlemlerin alınması gerektiğidir.

2. Yöntem

GAP bölgesinde bulunan en geniş tarım alanı 225109 hektarlık Harran Ovası'dır. Harran Ovası, Batıda Fatik Dağları, güneyde Akçakale ve Suriye sınırı, doğuda Tek Tek Dağları, kuzeyinde ise Şanlıurfa ve Germiş Dağları ile çevrilidir (Şekil 1.). Ova toprakları resüdial ve allüval topraklardan oluşur. Genellikle arazinin eğimi sulamaya elverişlidir. Ova toprakları fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından önemli farklılıklara sahip olup, genellikle kırmızımsı ve kahverengidirler. Kil miktarı % 31,5 - 83,8 ve kireç miktarı % 8,4-61,1 gibi geniş aralıklara sahiptirler. Ova topraklarının geçirgenliği iyi olup, profil boyunca genellikle ağır bünyelidir. Besin elementleri orta düzeydedir.



Şekil 1. Harran Ovası

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Şanlıurfa ili, Harran Ovası'nda pestisit kullanımının neden olduğu çevresel sorunları, insan ve çevre sağlığına etkileri vb. olumsuz sonuçlarını tespit etmek amacı ile Harran Ovası'nda tarım ile uğraşan toplam 50 çiftçiye 30 sorudan oluşan anket çalışması ve yine aynı bölgede faaliyet gösteren ve pestisit satışı yapan 26 zirai ilaç bayine 27 sorudan oluşan anket çalışması uygulanmıştır.

Şekil 2. Çiftçi Görüşme Çalışmaları

Şekil 3.2 İlaç Bayii Görüşme Çalışmaları

3. Bulgular ve Tartışma

Şanlıurfa ili, Harran Ovası'nda tarım üretimi yapan 50 çiftçi ile yapılan anket çalışması sonucunda çiftçilerin genellikle tarımsal üretimde zarara neden olan hastalık, zararlı ve yabancı otlarla yapılan pestisit uygulamaları kapsamında sürekli olarak gereğinden fazla pestisit kullanma eğilimde oldukları, pestisit kullanımı dışındaki diğer zirai mücadele yöntemlerini kullanmadıklarını ve hatta neredeyse hiç duymadıkları tespit edilmiştir.

Çiftçilerin genellikle zirai ilaç bayilerine danışmayarak atadan kalma bilgi ve tecrübeleri kullanıp, arazideki yararlı böceklerin popülasyonuna ve zararlı böceklerin ekonomik zarar eşiğini dikkate almadan pestisitleri uyguladıkları görülmüştür. Harran Ovası bölgesinde faaliyet gösteren ilaç bayilerinin çiftçiler için ilaçlamaya karar verme süreçlerinde çokta etkili olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca pestisit uygulamaları sırasında oluşabilecek herhangi bir olumsuz durum karşısında çiftçilerin koruyucu önlemleri yeterince almadıkları tespit edilmiştir.

Yapılan anket sonucu çiftçilerin eğitim düzeyinin genellikle düşük olduğu, pestisit uygulamaları konularında gerekli önlemlerin yeterince alınmadığı, alınan önlemlerin yetersiz olduğu, pestisit kullanımında çevre ve insan sağlığı konularında yeterli bilgiye ve duyarlılığa sahip olduğu ancak uygulama noktasında aynı hassasiyeti göstermediği tespit edilmiştir.

Şanlıurfa ili, Harran Ovası'nda tarım üretimi yapan çiftçilerin tarım alanındaki yenilikleri ve gelişmeleri yeterince takip etmedikleri belirlenmiştir. Bölgede özellikle pestisit uygulamaları, pestisitlerin kullanım şekli ve doz miktarları, alınması gereken önlemler, yeni çıkan pestisitler vb. konularda tarla günü, seminerler, toplantılar, konferanslar vb. faaliyetlerin arttırılması ve çiftçilerin bu faaliyetlere katılım oranının arttırılması gerekmektedir.

Şanlıurfa ili, Harran Ovası bölgesinde faaliyet gösteren 26 zirai ilaç bayisi ile yapılan anket çalışması sonucunda, ilaç bayilerinin çiftçilere sadece kendi istedikleri ilaçların satışını yaptıkları, ilaçların hangi amaçla ve neden kullanılacağı konusunda hiçbir fikir edinmeden ve bir teşhis konulmadan satışların gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

İlaç bayilerinin ilaç önerirken ilacın çevre ve insan sağlığına olumsuz etkisini göz önüne aldıkları anket sonuçlarına göre anlaşılmaktadır. Ancak bu sonucun anket sonucu gibi olmadığı, çoğunlukla çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerin göz önüne alınmadan ilaç önerisi ve satışının yapıldığı yapılan anket çalışması sırasından ilaç bayileri tarafından sözlü olarak ifade edilmiştir.

Şanlıurfa ili, Harran Ovası bölgesinde faaliyet gösteren ilaç bayilerinin tarım alanındaki yenilikleri ve gelişmeleri yeterince takip etmedikleri belirlenmiştir. Bölgede özellikle pestisit uygulamaları, pestisitlerin kullanım şekli ve doz miktarları, alınması gereken önlemler, yeni çıkan pestisitler vb. konularda tarla günü, seminerler, toplantılar, konferanslar vb. faaliyetlerin arttırılması ve ilaç bayilerinin bu faaliyetlere katılım oranının arttırılması gerekmektedir.

4. Sonuç

Şanlıurfa ili, Harran Ovası'nda çiftçi ve ilaç bayilerine ait tespit edilen sorunların tamamına yönelik en kısa zamanda çözüm yolları bulunmalı ve doğal denge ile insan ve çevre sağlığının korunması sağlanmalıdır. Ayrıca tarımsal üretimde hastalık ve yabancı otların daha etkin bir biçimde kontrolünün sağlanması ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Pestisit kullanımı ile ilgili tespit edilen sorunların giderilmesi adına aşağıdaki tedbirler alınabilir.

Tarım alanlarında gereğinden çok miktarda pestisit kullanım oranının engellenmesi adına ilk olarak tarım teşkilatları ve üniversitelerin pestisit kullanımı konusunda üreticileri ve ilaç bayilerini aydınlatacak çalışmalarda bulunmaları hem çiftçileri hem de ilaç bayilerini bilinçlendirecektir. Ayrıca çiftçilerin ve ilaç bayilerinin kimyasal mücadele dışındaki mücadele yöntemlerine yönlendirilmeleri gerekmektedir. İlaç bayileri ve ilaç firmalarında çalışan teknik elemanların ilaç satışı konusunda ticari kaygı gütmeden, insan ve çevre sağlığını göz ardı etmeden gerekli hassasiyeti göstererek satışlarını yapmalıdırlar. Özelleşmiş ilaçlar önermekle birlikte koruyucu önlem oluşturmak amacıyla arazide henüz zarar belirtisi oluşmadan önce gereksiz yere ilaç önermekten kaçınmalıdırlar.

Teknik teşkilatların bünyesinde çalışan teknik personelin görevi kuşkusuz sadece dosya işlemlerini yapmak değildir. Çiftçilere gerektiği zaman tarımsal konularda destek vermek de teknik teşkilatın görevleri arasındadır. Bu nedenle çiftçilerin pestisit kullanımı konusunda teknik teşkilat etkin olarak rol almalıdır. Teknik teşkilatın etkin rol oynaması durumunda teknik personel ticari kar elde etme arzusu içinde olmayacağından, gereksiz yere pestisit kullanılmayacak insan ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşmayacaktır.

Üniversiteler, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Teknik Teşkilat'ın pestisit kullanımı hususunda yaşanan problemleri ileriye dönük olarak çözüme kavuşturmak için çalışmalar yapmaları hiç şüphesiz insan ve çevre sağlığı için son derece umut vadedecek bir durumdur.

Ürünlerde kimyasal ilaç kalıntısını önlemek amacıyla çiftçiler pestisit kullanımı hakkında bilinçlendirilmeli, aşırı ve yüksek dozlarda pestisit kullanımını engellemek için var olan kontrol mekanizmaları arttırılmalıdır.

Pestisit kullanımı konusunda bilgisiz ve tecrübesiz kişilerce ve sadece ilaç bayi açma ruhsatını kiralama yöntemiyle veya tamamen legal olmayan yollardan ruhsatsız olarak işletilen ilaç bayileri sıkı bir şekilde kontrol ve denetime tabi tutulmalıdır. İnsan ve çevre sağlığını tehlikeye düşüren ve doğal dengenin bozulmasına neden olabilecek birçok yanlış problem engellenmelidir. Ayrıca reçeteli ilaç satışları kontrol altına alınmalı

ve bu konuda kontrol ve denetimler sıklaştırılmalıdır.

Yukarıda belirtilen sözkonusu önerilerinin uygulanabilmesi ve sonuca ulaşabilmesi için Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın İl ve İlçe Müdürlükleri, Çiftçi Yayım ve Eğitim Şubeleri, Ziraai Mücadele Araştırma Enstitüleri ile Ziraat Fakülteleri'nin Bitki Koruma Bölümleri arasında iletişim kurulup ortak çalışmaların yapılarak çözüme ulaşılacaktır.

5. Referanslar

Ayata, S., Çıkman, E., Satış, Ü., Aksu, A., Güneş. A., 2014. Şanlıurfa ilinde Pamuk Yetiştiriciliğinde Karşılaşılan Bitki Koruma Sorunları. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya.

Karataş, E., Alaoğlu, Ö., 2009. Manisa İlinde Bitki Koruma Yöntemlerinin Uygulamadaki Sorunları Üzerine Bir Araştırrma. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van

Kennedy, I.R., Sanchez-Bayo, F., Caldwell, R.A., 2000. Cotton Pesticides in Perspective. Australian Cotton Cooperative research Centre Environmental Protection: Pesticides, Second Edition.

Kıraly, Z., 1996. Sustainable Agriculture and the Use of Pesticides. Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes, Part B of Journal of Environmental Science and Health, B31 (4)p.283-292.

Kopısch, F.W., 1996. Pesticide Management Under the International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, Part B of Journal of Environmental Science and Health, B31 (4)

Yeşil, S., E., Ögür,I. Konya Kent Sempozyumu Konya İl Koordinasyon Kurulu 2011, Zirai Mücadelede Pestisit Kullanımının Türkiye Ve Konya Ölçeğinde Değerlendirilmesi Ve Pestisit Kullanımının Olası Sakıncaları Selçuk Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. A. Keykubat Kampüsü 42250 Selçuklu Konya.

Modifiye Nişasta ve Selüloz Lifli Sütlerde İnkübasyon Süresi Boyunca pH Değişimlerinin Belirlenmesi

Determination of pH changes of Milks Fortified with Modified Starch and Cellulose Fiber during incubation period

Büşra GÖNCÜ[1]*
Muhammed Ali PALABIÇAK[2]
Mutlu Buket AKIN[1]
Musa Serdar AKIN[1]

[1] Harran University, Engineering Faculty Department of Food Engineering, Şanlıurfa, Türkiye.
[2] Harran University, Agricultural Faculty Department of Agricultural Economics, Şanlıurfa, Türkiye.

Özet

pH ölçümü ile ortamdaki serbest hidrojen iyonlarının miktarı ve aktivitesi hakkında bilgi elde edilir. Süt teknolojisinde pH ölçümü asitliğin gelişebileceği her durumda tespit edilmelidir. Çünkü pH değeri ürünün kalitesi ve randımanı hakkında çok önemli ip uçları verir. Bu çalışmada modifiye nişasta, selüloz lifli ve lif ilave edilmeden Lactobacillus acidophilus ile fermente edilen sütlerin fermantasyon boyunca pH değişimleri incelenmiştir. Ayrıca farklı oranlarda (%0.25, %0.5, %1, %2) lif ilavesinin fermente sütlerin pH değişimlerine etkisi inkübasyon boyunca belirlenmiştir. Sonuçlara göre modifiye nişasta ilaveli fermente sütlerde pH değişiminin selüloz lifli fermente süte kıyasla ilk saatlerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, farklı lif oranlarında 1. 3. 4. saatlerde pH değişimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda modifiye nişastanın L. acidophilus tarafından selüloz lifinden daha hızlı kullanıldığı kanısına varılmıştır.

Anahtar kelimeler:

pH; Modifiye nişasta; selüloz; lif.

Abstract

Milk; contains more vital nutrients than other Measuring pH amount gives information about the activity of the free hydrogen ions in the medium. The pH measurement in milk technology must be determined in every case where acidity can develop. Because the pH value gives very important tips about the quality and efficiency of the product. In this study, the pH changes of milks fortified with modified starch and cellulose fiber and fermented by Lactobacillus acidophilus were investigated during the incubation. According to the results, pH changes of milks with modified starch were higher than the milks with cellulose fiber during the first two hours. In addition, different fiber ratios affected pH of samples significantly at 1. 3. 4. hours ($p<0.05$). Evaluations of the results, it is concluded that modified starch is used faster than cellulose fiber by L. acidophilus.

Keywords:

pH; Modified starch; Cellulose; fiber.

1. Giriş

Fermente sütlerin fizikokimyasal özelliklerini belirlemede en önemli işlemlerden biri inkübasyon süreci; inkübasyon sıcaklığı ve süresi ile inkübasyona son verilen pH değeri gibi parametreleri kapsamaktadır [1]. pH değeri, bir çözelti yada madde içerisindeki hidrojen iyonları (H+) konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır [2]. Süt teknolojisinde pH ölçümü üretilen ürününün kalitesi bakımından fikir sahibi olma açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde süt ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılan probiyotik mikroorganizmalar fonksiyonel sağlık etkisi göstermektedir [3]. Özellikle probiyotik bakteriler içinde en güvenilir olanlarının arasında kabul edilen *Lactobacillus acidophilus*'un diyetetik ve tedavi edici özelliklerine ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. *L. acidophilus* kullanılarak üretilen fermente süt ürünlerindeki besin maddeleri bir ön fermantasyona tabi tutulduğu için, ürünlerin besleyici değeri artmakta, sindirilmeleri de süte kıyasla daha kolay olmaktadır. Laktozun hidrolize olup, β-galaktozidaz enzim aktivitesinin artması, laktoz intolerans kişilerin bu ürünleri rahatlıkla tüketebilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca *L. acidophilus* ile üretilen fermente süt ürünlerindeki kalsiyum ve bazı mineral maddelerin vücut tarafından daha iyi absorbe edildiği ve bu ürünlerin folik asit, niasin, biotin, pantotenik asit, B_6 ve B_{12} gibi B grubu vitaminler açısından süte göre daha zengin olduğu belirtilmektedir. Probiyotik ve prebiyotiklerin kombinasyonuyla üretilen bir ürün simbiyotik olarak tanımlanır [4]. Prebiyotikler, gastro-intestinal mikroflorayı olumlu yönde etkileyen, sindirilmeyen gıda içerikleri olup, insan ve hayvan sağlığını olumlu yönde etkileyen karbonhidratlardır [5]. Besinsel liflerin iyi birer prebiyotik olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur [3; 6; 7]. Prebiyotikler probiyotiklerin gelişmini teşvik etmekte ve fermantasyon süresini kısaltmaktadır. Bu bağlamda modifiye nişasta ve selülozun da prebiyotik olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Doğal nişasta gıda sanayinde bir şekilde kullanılan stabilizördür. Ancak asitliğe direncinin zayıf olması ve yüksek retrogradasyondan dolayı yogurt kullanımı için uygun olmadığı tespit edilmiştir [8]. Bu yüzden doğal nişastanın istenmeyen özelliklerini elemine etmek için fizikokimyasal özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirebilecek kimyasal modifikasyonlar yapılmıştır. Modifiye nişasta doğal nişastanın kimyasal, enzimatik veya fiziksel

olarak yapısının değiştirilmesiyle elde edilir [9]. Çapraz bağlı nişastanın daha stabilize granül yapıda olduğu, ısıl işlem ve ajitasyona karşı daha yüksek direnç gösterdiği ve asit-süt jelinin yapısını güçlendirdiği bildirilmiştir [9]. Selüloz; doğada yaygın ve bol bir şekilde bulunan uzun zincirli bir karbonhidrat polimeridir. Selüloz insan sindirim sistemleri tarafından parçalanamayan β-glikozidik bağlara sahiptir ve yaygın olarak diyet lif olarak kabul edilmektedir [10].

Yapılan çalışmalarda prebiyotik olarak kullanılan diyet liflerin probiyotik bakterilerin gelişimine etkileri incelenmiş, fakat fermantasyon süresince pH değişimi üzerindeki etkileri araştırılmamıştır. Bu çalışmada, prebiyotik olarak kullanılan modifiye nişasta ve selüloz lifinin *L.acidophilus* kültürü ile üretilen fermente sütlerin pH değişimine etkileri inkübasyon süresince incelenmiştir.

2. Metod

Çalışmada materyal olarak; *L. acidophilus* (Chr. Hansen, Turkey), modifiye nişasta (Smart Kimya Tic. ve San. Ltd. Şti, İzmir), selüloz lifi (Delarom Aroma and Food Addidives Ltd.,İstanbul) ve yağsız süt tozu (Pınar Dairy, İzmir, Turkey) kullanılmıştır. pH ölçümleri için Mettler-Toledo marka pH metre kullanılmıştır.

Bu amaçla, % 12 kurumaddeli rekonstitüe yağsız süt sterilize edildikten (105°C/3 dk) sonra 9 gruba ayrılmıştır. Birinci grup kontrolü oluştururken, 2., 3., 4. ve 5. gruplara sırasıyla %0,25, %0,5, %1 ve %2 oranlarında modifiye nişasta, 6., 7., 8. ve 9. gruplara da yine sırasıyla %0,25, %0,5, %1 ve %2 oranlarında selüloz lifi ilave edilmiştir. Hazırlanan sütler % 0.05 (w/w) oranında *L. acidophilus* kültürü ile inoküle edilmiş ve 37 ° C'de pH 5.00'a ulaşıncaya kadar inkübe edilmiştir. Saatlik ölçümler sonucunda elde edilen pH değişimleri arasında farklılık olup olmadığının incelenmesine yönelik olarak varyans analizi yapılmıştır [11].

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Fermente sütlerde inkübasyon süresi boyunca belirlenen pH değişimleri Tablo 1'de ve selüloz lifi ve modifiye nişasta ilavesinin fermente sütlerin ortalama pH değişimlerine etkisini gösteren varyans analizi değerlendirmesi Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen değerlere göre başlangıç pH değerlerinin kontrol örneği için 6,25 olduğu, selüloz lifli örnekler için 6,16-6,32 arasında değiştiği ve modifiye nişasta içeren örnekler için ise 6,21-6,24 arasında olduğu belirlenmiştir. Her üç grup için de fermantasyon süresi ortalama 5 saat olduğu gözlenmiştir. Süte ilave edilen selüloz lifi ve modifiye nişastanın inkübasyon süresini etkilemediği belirlenmiştir ($p>0.05$).

Tablo 1. İnkübasyon süresince sütlerin pH değerlerinde görülen değişiklikler

İnkübasyon süresi	Sütler*								
	K	MN1	MN2	MN3	MN4	S1	S2	S3	S4
0. Saat	6,29	6,24	6,23	6,22	6,24	6,32	6,32	6,32	6,16
1. Saat	6,14	6,06	6,05	6,06	6,07	6,16	6,14	6,16	6,03
2. Saat	5,90	5,78	5,76	5,79	5,77	5,92	5,88	5,90	5,78
3. Saat	5,52	5,40	5,37	5,41	5,40	5,55	5,52	5,54	5,43
4. Saat	5,23	5,11	5,09	5,13	5,11	5,23	5,20	5,20	5,12
5. Saat	5,05	5,00	5,01	5,02	5,01	5,05	5,03	5,04	5,03

*K: Kontrol, MN1: %0.25 modifiye nişasta, MN2: %0.5 modifiye nişasta, MN3: %1 modifiye nişasta, MN4: %2 modifiye nişasta, S1: %0.25 selüloz, S2: %0.5 selüloz, S3: %1 selüloz, S1: %2 selüloz

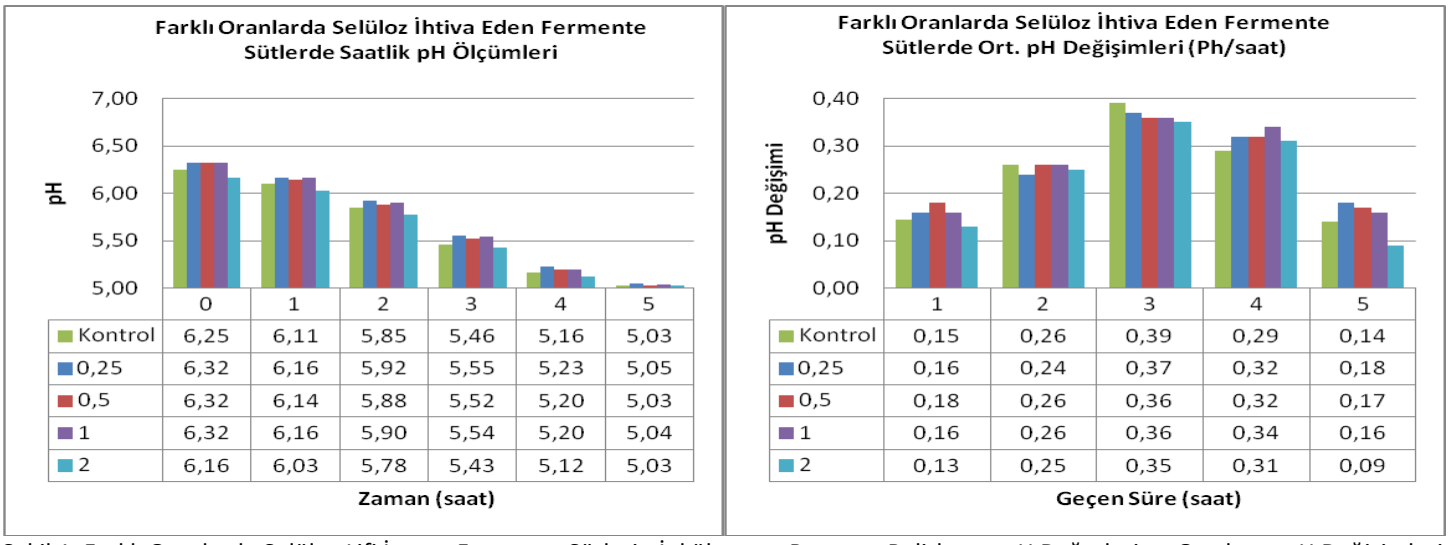
Fermantasyon süresi boyunca en yüksek pH değerine selüloz lifi ilaveli örnekler sahip olurken, kontrol grubu ve modifiye nişasta ilaveli örnekler benzer pH değerlerine sahip olmuştur. Tablo 2'de verilen bulgulara göre; genel olarak inkübasyonun ilk 3 saati boyunca ortalama pH değişimi tüm örnekler için artış gösterirken, 3. saatten sonra azalma göstermiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre selüloz lif oranının sütlerin pH değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli olurken ($p<0,05$), modifiye nişasta ilavesinin etkisi önemsiz ($p>0,05$) olmuştur. Farklı oranlarda selüloz lifi ilavesinin inkübasyonun 1., 4. ve 5. saatlerinde ölçülen pH değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Güler-Akın ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada da selüloz lifi oranı arttıkça probiyotik yoğurtların pH değerinin düştüğünü belirtmiştir.

Tablo 2. Selüloz lifi ve modifiye nişasta içeren fermente sütlerde ortalama pH değişimi varyans analizi sonuçları

Lif Çeşidi	Geçen Zaman (saat)	Karışım Oranı (%)	Ort pH Değişimi	Std. Sapma		F Değeri	Sig (p) değeri
Selüloz	1	Kontrol	0,1450	0,00548	b	3,325	0,044
		0,25	0,1600	0,02000	ab		
		0,5	0,1800	0,03000	a		
		1	0,1600	0,02000	ab		
		2	0,1300	0,02000	b		
	2	Kontrol	0,2600	0,02191		0,517	0,725
		0,25	0,2400	0,02000			
		0,5	0,2600	0,03000			
		1	0,2600	0,02000			
		2	0,2500	0,02000			
	3	Kontrol	0,3900	0,01095		2,844	0,068
		0,25	0,3700	0,02000			
		0,5	0,3600	0,03000			
		1	0,3600	0,02000			
		2	0,3500	0,02000			
	4	Kontrol	0,2900	0,00000	b	4,372	0,019
		0,25	0,3200	0,02000	ab		
		0,5	0,3200	0,03000	ab		
		1	0,3400	0,02000	a		
		2	0,3100	0,02000	ab		
	5	Kontrol	0,1400	0,04382	ab	3,627	0,034
		0,25	0,1800	0,02000	a		
		0,5	0,1700	0,03000	a		
		1	0,1600	0,02000	a		
		2	0,0900	0,02000	b		
Modifiye Nişasta	1	Kontrol	0,1450	0,00548		2,035	0,149
		0,25	0,1800	0,02000			
		0,5	0,1800	0,03000			
		1	0,1600	0,01000			
		2	0,1700	0,04000			
	2	Kontrol	0,2600	0,02191		1,548	0,246
		0,25	0,2800	0,02000			
		0,5	0,2900	0,03000			
		1	0,2700	0,01000			
		2	0,3000	0,04000			
	3	Kontrol	0,3900	0,01095		0,492	0,742
		0,25	0,3800	0,02000			
		0,5	0,3900	0,03000			
		1	0,3800	0,01000			
		2	0,3700	0,04000			
	4	Kontrol	0,2900	0,00000		0,217	0,924

		0,25	0,2900	0,02000			
		0,5	0,2800	0,03000			
		1	0,2800	0,01000			
		2	0,2900	0,04000			
	5	Kontrol	0,1400	0,04382		1,708	0,208
		0,25	0,1100	0,02000			
		0,5	0,0800	0,03000			
		1	0,1100	0,01000			
		2	0,1000	0,04000			

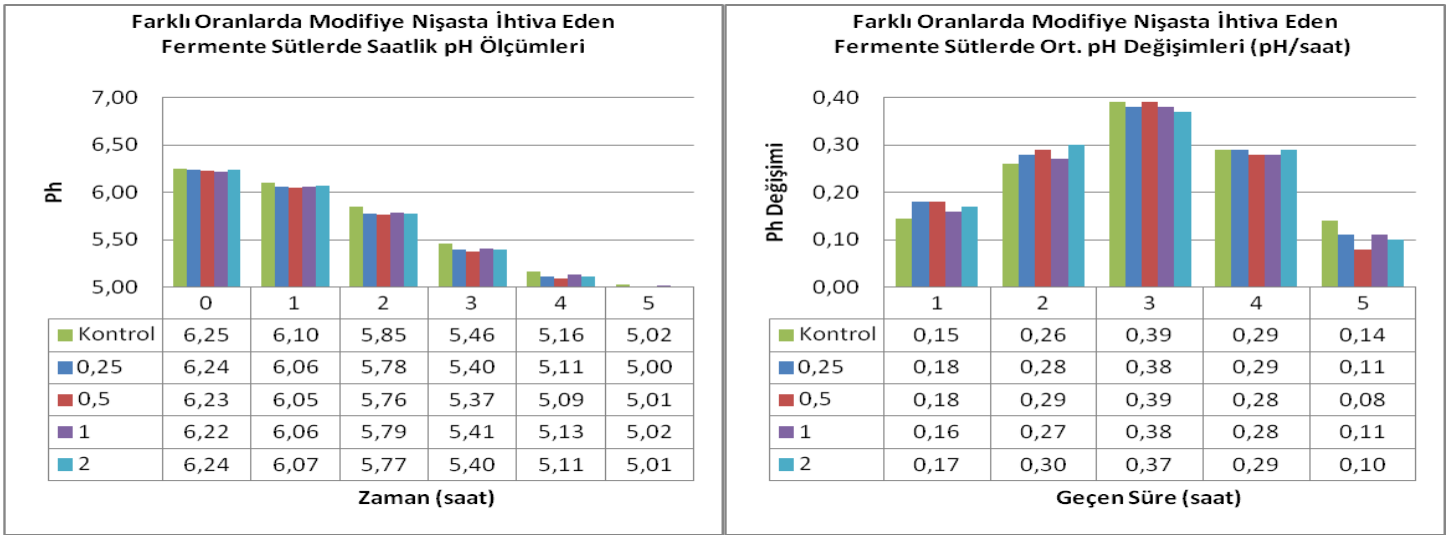
İnkübasyon süresi boyunca selüloz lifi ve modifiye nişasta oranlarına bağlı olarak pH değerlerinde belirlenen değişimler sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Selüloz lifi oranı arttıkça sütlerin pH değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Modifiye nişasta da ise oran %0,5 'e kadar arttıkça örneklerin pH değerleri azalmış, daha yüksek seviyelerde tekrar yavaş bir artış olmuştur. Modifiye nişasta ilave edilen sütlerin pH değerleri, selüloz lifi ilave edilen örneklerin pH değerlerinden düşük bulunmuştur. Aradaki fark istatistiksel olarak da anlamlı çıkmıştır ($p<0,05$). Bu sonuç, selüloz lifinin *L. acidophilus* tarafından daha iyi metabolize edilmesinden kaynaklanmış olabilir.



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,11	5,85	5,46	5,16	5,03
0,25	6,32	6,16	5,92	5,55	5,23	5,05
0,5	6,32	6,14	5,88	5,52	5,20	5,03
1	6,32	6,16	5,90	5,54	5,20	5,04
2	6,16	6,03	5,78	5,43	5,12	5,03

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
0,25	0,16	0,24	0,37	0,32	0,18
0,5	0,18	0,26	0,36	0,32	0,17
1	0,16	0,26	0,36	0,34	0,16
2	0,13	0,25	0,35	0,31	0,09

Şekil 1. Farklı Oranlarda Selüloz Lifi İçeren Fermente Sütlerin İnkübasyon Boyunca Belirlenen pH Değerleri ve Ortalama pH Değişimleri



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,10	5,85	5,46	5,16	5,02
0,25	6,24	6,06	5,78	5,40	5,11	5,00
0,5	6,23	6,05	5,76	5,37	5,09	5,01
1	6,22	6,06	5,79	5,41	5,13	5,02
2	6,24	6,07	5,77	5,40	5,11	5,01

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
0,25	0,18	0,28	0,38	0,29	0,11
0,5	0,18	0,29	0,39	0,28	0,08
1	0,16	0,27	0,38	0,28	0,11
2	0,17	0,30	0,37	0,29	0,10

Şekil 2. Farklı Oranlarda Modifiye Nişasta İçeren Fermente Sütlerin İnkübasyon Boyunca Belirlenen pH Değerleri ve Ortalama pH Değişimleri

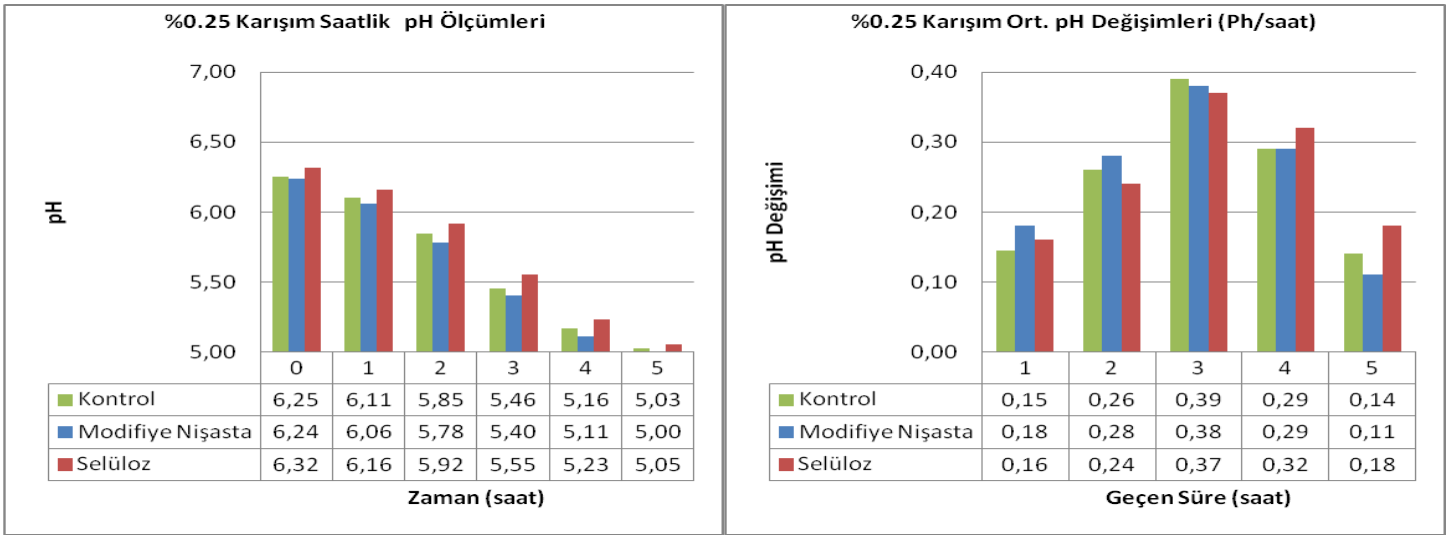
Tablo 3'te verilen varyans analiz sonuçlarına göre modifiye nişasta ve selüloz lifinin %0,25, %0,5, %1 oranlarında ilavesinin pH değişimine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunurken, %2 oranında modifiye nişasta ve selüloz lifi ilavesinin etkisi önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur.

Tablo 3. *L.acidophilus* ile fermente edilen sütlerin inkübasyon boyunca varyans analizi

Lif Oranı (%)	Geçen Zaman (saat)	Örnekler	Ort Ph Değişimi	Std. Sapma		F Değeri	Sig (p) değeri
0,25	1	Kontrol	0,15	0,0055	b	6,364	0,019
		Modifiye Nişasta	0,18	0,0200	a		
		Selüloz	0,16	0,0200	ab		
	2	Kontrol	0,26	0,0219		2,700	0,121
		Modifiye Nişasta	0,28	0,0200			
		Selüloz	0,24	0,0200			
	3	Kontrol	0,39	0,0110		1,688	0,239
		Modifiye Nişasta	0,38	0,0200			
		Selüloz	0,37	0,0200			
	4	Kontrol	0,29	0,0000	b	5,695	0,025
		Modifiye Nişasta	0,29	0,0200	b		
		Selüloz	0,32	0,0200	a		
	5	Kontrol	0,14	0,0438		2,983	0,101
		Modifiye Nişasta	0,11	0,0200			
		Selüloz	0,18	0,0200			
0,5	1	Kontrol	0,15	0,0055	b	4,410	0,046
		Modifiye Nişasta	0,18	0,0300	a		
		Selüloz	0,18	0,0300	a		
	2	Kontrol	0,26	0,0219		1,519	0,270
		Modifiye Nişasta	0,29	0,0300			
		Selüloz	0,26	0,0300			
	3	Kontrol	0,39	0,0110		2,170	0,170
		Modifiye Nişasta	0,39	0,0300			
		Selüloz	0,36	0,0300			
	4	Kontrol	0,29	0,0000		3,375	0,081
		Modifiye Nişasta	0,28	0,0300			
		Selüloz	0,32	0,0300			
	5	Kontrol	0,14	0,0438	ab	4,372	0,047
		Modifiye Nişasta	0,08	0,0300	b		
		Selüloz	0,17	0,0300	a		
1	1	Kontrol	0,15	0,0055		2,641	0,125
		Modifiye Nişasta	0,16	0,0100			
		Selüloz	0,16	0,0200			
	2	Kontrol	0,26	0,0219		0,298	0,749
		Modifiye Nişasta	0,27	0,0100			
		Selüloz	0,26	0,0200			
	3	Kontrol	0,39	0,0110	a	5,062	0,034
		Modifiye Nişasta	0,38	0,0100	ab		
		Selüloz	0,36	0,0200	b		
	4	Kontrol	0,29	0,0000	b	29,700	0,000
		Modifiye Nişasta	0,28	0,0100	b		
		Selüloz	0,34	0,0200	a		
	5	Kontrol	0,14	0,0438		1,624	0,250
		Modifiye Nişasta	0,11	0,0100			
		Selüloz	0,16	0,0200			
2	1	Kontrol	0,15	0,0055		2,684	0,122
		Modifiye Nişasta	0,17	0,0400			
		Selüloz	0,13	0,0200			
	2	Kontrol	0,26	0,0219		3,111	0,094
		Modifiye Nişasta	0,30	0,0400			
		Selüloz	0,25	0,0200			
	3	Kontrol	0,39	0,0110		1,013	0,088
		Modifiye Nişasta	0,37	0,0400			

		Selüloz	0,35	0,0200			
	4	Kontrol	0,29	0,0000		1,013	0,401
		Modifiye Nişasta	0,29	0,0400			
		Selüloz	0,31	0,0200			
	5	Kontrol	0,14	0,0438		2,060	0,183
		Modifiye Nişasta	0,10	0,0400			
		Selüloz	0,09	0,0200			

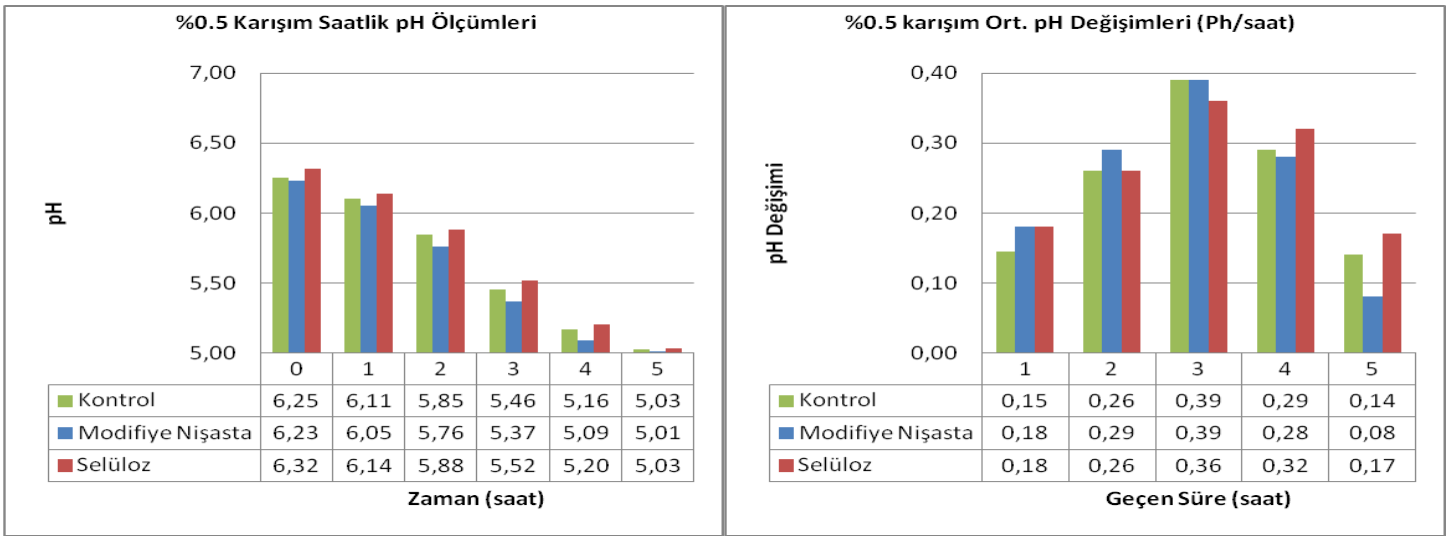
Modifiye nişasta ve selüloz lifinin %0,25, %0,5, %1 ve %2 ilavesinin inkübasyon süresine bağlı olarak pH değerlerinin kontrol grubuna göre kıyaslanması Şekil 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Modifiye nişasta ilaveli örneklerin pH değişimlerinin daha hızlı olduğu ve %0,5 oranında selüloz lifi ve modifiye nişasta ilavesinin optimum değer olduğu belirlenmiştir.



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,11	5,85	5,46	5,16	5,03
Modifiye Nişasta	6,24	6,06	5,78	5,40	5,11	5,00
Selüloz	6,32	6,16	5,92	5,55	5,23	5,05

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
Modifiye Nişasta	0,18	0,28	0,38	0,29	0,11
Selüloz	0,16	0,24	0,37	0,32	0,18

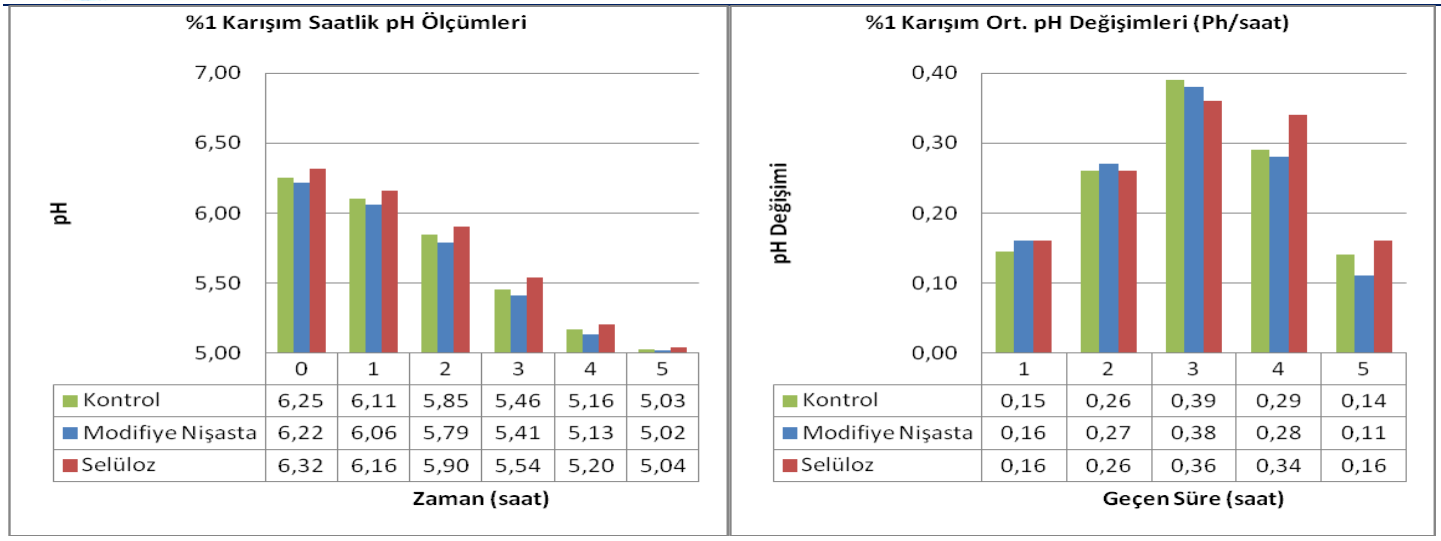
Şekil 3. Kontrol ve %0,25 oranında modifiye nişasta ve selüloz lifi içeren örneklerin pH değerleri ve ortalama pH değişimleri



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,11	5,85	5,46	5,16	5,03
Modifiye Nişasta	6,23	6,05	5,76	5,37	5,09	5,01
Selüloz	6,32	6,14	5,88	5,52	5,20	5,03

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
Modifiye Nişasta	0,18	0,29	0,39	0,28	0,08
Selüloz	0,18	0,26	0,36	0,32	0,17

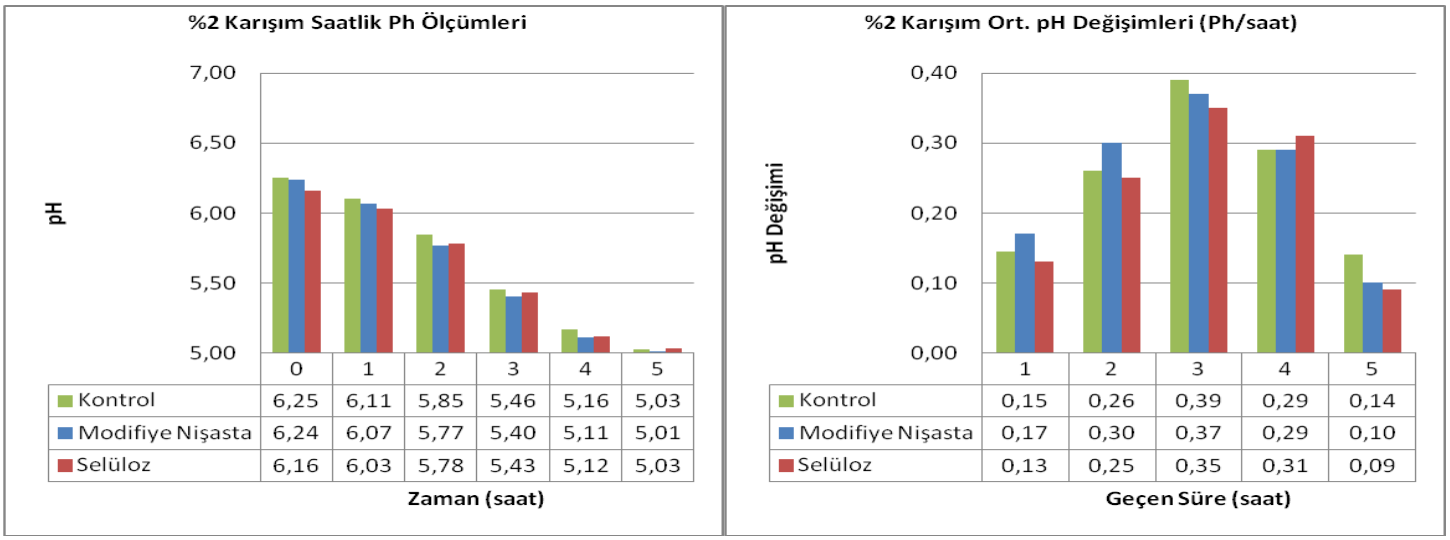
Şekil 4. Kontrol ve %0,5 oranında modifiye nişasta ve selüloz lifi içeren örneklerin pH değerleri ve ortalama pH değişimleri



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,11	5,85	5,46	5,16	5,03
Modifiye Nişasta	6,22	6,06	5,79	5,41	5,13	5,02
Selüloz	6,32	6,16	5,90	5,54	5,20	5,04

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
Modifiye Nişasta	0,16	0,27	0,38	0,28	0,11
Selüloz	0,16	0,26	0,36	0,34	0,16

Şekil 5. Kontrol ve %1 oranında modifiye nişasta ve selüloz lifi içeren örneklerin pH değerleri ve ortalama pH değişimleri



	0	1	2	3	4	5
Kontrol	6,25	6,11	5,85	5,46	5,16	5,03
Modifiye Nişasta	6,24	6,07	5,77	5,40	5,11	5,01
Selüloz	6,16	6,03	5,78	5,43	5,12	5,03

	1	2	3	4	5
Kontrol	0,15	0,26	0,39	0,29	0,14
Modifiye Nişasta	0,17	0,30	0,37	0,29	0,10
Selüloz	0,13	0,25	0,35	0,31	0,09

Şekil 6. Kontrol ve %2 oranında modifiye nişasta ve selüloz lifi içeren örneklerin pH değerleri ve ortalama pH değişimleri

4. Sonuç

Elde edilen analiz sonuçlarına göre ilave edilen modifiye nişasta ve selüloz lifi oranlarının pH değişiminde etkili olduğu görülmekte olup, inkübasyon süresini etkilemediği saptanmıştır. Bu bilgiler ışığında farklı probiyotik kültür ve farklı inkübasyon sıcaklıklıkları uygulanarak değişik çalışmalar yapılabileceği ve farklı sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

[1] Göçer, E. M. Ç., Ergin, F., Arslan, A. A., Küçükçetin, A. 2016. Farklı İnkübasyon Sıcaklığı ile İnkübasyon Sonlandırma pH'sının Probiyotik Yoğurdun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Akademik Gıda. 14(4): 341-350.

[2] Erdik, E., ve Sarıkaya, Y. 1993. Temel Üniversite Kimyası:(SI birimleri ile). Gazi Büro Kitapevi.

[3] Azevedo, P. O. S., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., LeBlanc, J. G., Patrizia, P. and Oliveira, R. P. S. 2018. Production of Fermented Skim Milk Supplemented with Different Grape Pomace Extracts: Effect on Viability and Acidification Performance of Probiotic Cultures. PharmaNutrition Vol:6; 64-68.

[4] Holzapfel, W. H., and Schilinger, U. 2002. Introduction to pre- and probiotics. Food Research International. Vol:35; 109-116.

[5] Naidu, A. S., Bidlack, W. R. and Clemens, R. A. 1999. Probiotic Spectra of Lactic Acid Bacteria (LAB). Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Vol:39:1; 13-126.

[6] Pang, Z., Xu, R., Luo, T., Che, X., Bansal, N. and Liu, X. 2019. Physiochemical Properties of Modified Starch Under Yogurt Manufacturing Conditions and Its Relation to the Properties of Yogurt. Journal of Food Engineering. Vol:245; 11-17.

[7] Batista, A. L. D., Silva, R., Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Nascimento, K. O., Schmiele, M., Esmerino, E. A., Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Moraes, J., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C. and Cruz, A. G. 2017. Developing a Synbiotic Fermented Milk Using Probiotic Bacteria and Organic Green Banana Flour. Journal of Functional Foods. Vol:38; 242-250.

[8] Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O.J., 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications - a review. Food Hydrocolloids 21 (1), 1–22.

[9] Vaclavik, V., Vaclavik, V. A. and Christian, E. W., 2007. Essentials of food science (3rd ed.). Springer. p. 61. *ISBN* *978-0-387-69939-4*.

[10] Güler-Akın, M. B., Goncu, B. and Akın, M. S. 2018. Some Properties of Bio-yogurt Enriched with Cellulose Fiber. Advances in Microbiology Vol:8; 54-64.

[11] Kalaycı, Ş. 2016. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayınevi. Ankara.

Özet

Ekonomik gelişme ve küresel enerji talebindeki ilgili artış, enerji kaynaklarının temininde baskı yaratmıştır. Bu talebinde oluşumuna karşılık farklı atıklarla enerji alternatiflerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan birini de katı atıklar oluşturmaktadır. Katı atıkların oluşumu günden güne artmakta buna paralel olarak sürdürebilir ve güvenilir enerji ihtiyacı da artmaktadır. Katı atıkları elektriğe, hidrojen gazına, kimyasal hammadelere dönüştüren doğa dostu enerjiler üretilmektedir. Katı atıklar bertaraf edildiğinde sera gazı emisyonu, toprak kirliliği, su kirliliği, kritik problemlerdir. Bu etkilerin farklı teknolojilerle azaltılması planlanmaktadır. Enerji teknolojilerinde umut veren atık; termal dönüşüm yöntemleri, biyokimyasal dönüşüm ve depolamadır. Bu araştırma kapsamında alternatif enerji kaynakları nelerdir, nasıl yapılmaktadır ve sonuç olarak atıklar arasında, belediye katı atığı(MSW), elektriğe, hidrojen gazı ve diğer kimyasal hammaddelere dönüştüren yeşil ekolojik dönüşümlerin neler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Atık, Katı atık, Yenilenebilir enerji, Teknoloji.

Abstract

Economic development and related increase in global energy demand has created pressure on the supply of energy resources. In this demand, energy alternatives with different wastes are carried out. Solid wastes constitute one of these studies. The formation of solid wastes is increasing day by day and in parallel, the need for reliable energy increases. Nature-friendly energies that convert solid wastes into electricity, hydrogen gas and chemical raw materials are produced. When solid wastes are disposed of, greenhouse gas emissions, soil pollution, water pollution, critical problems. It is planned to reduce these effects with different technologies. Promising waste in energy technologies; Thermal transformation methods are biochemical transformation and storage. Within the scope of this research, what are the alternative energy sources, how they are made and, consequently, the green ecological transformations between the wastes that convert the municipal solid waste (MSW) into electricity, hydrogen gas and other chemical raw materials are determined.

Keywords:

Waste, Solid waste, Renewable energy, Technology.

Atıkların Enerjiye Dönüştürülmesinde Teknolojideki Son Gelişmeleri

Recent Advances in Waste to Energy Technology

Mustafa ASLAN[1]
Tuba ULUM[1]
Mehmet Fatih Dilekoğlu[1]
Harun TÜRKMENLER[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,

1. Giriş

Herhangi bir ülkenin ekonomik büyümesi aşırı derecede enerjiye bağımlıdır[1]. Günümüzde, güvenli ve yenilenebilir enerji kaynakları hükümetlerin önemli alarmlarından biridir[2]. Sanayileşmiş dünya için enerji gereksinimi katlanarak artmaktadır. Fosil yakıtın kullanımındaki artma nedeniyle yenilenemeyen enerji kaynağı azalmıştır. Bu dünya genelindeki kirlilik seviyelerinde bir artışa neden oldu[3-4].

Belediye katı atık üretimi, ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişme gibi faktörlerle oldukça bağlantılıdır[5-6]. Bu daha iyi ekonomik standartlara sahip sanayileşmiş ülkelerin daha yüksek miktarlarda MSW(municipal solid waste) üreteceğini göstermektedir. Büyümede ve teknolojik gelişmelerde yükselen MSW üretiminin artmasına katkıda bulunmaktadır[5-7]. Artan atık üretimi ve güvenilmez enerji talebi, sera gazı emisyonu, hava kirliliği ve su kirliliği gibi birçok çevresel faktör bununla ilgili ve birçok sorun bulunmaktadır[8-9-10].

2011 yılında, küresel çapta 2 milyar ton MSW üretilmiştir. Bunun 2050 yılına kadar yıllık 9.5 milyara ulaşması bekleniyor[11-13]. Dünya Bankası 2012 yılındaki raporunda kentsel ve ekonomik kalkınma nedeniyle benzer bulgulara sahiptir[12-13]. MSW üretiminin 2025 yılında kentleşme derecesinin 2.2 milyar.ton/yıl'a ulaşacağı tahmin edilmektedir[7-14]. Önümüzdeki yıllarda gelişmekte olan ülkelerdeki toplam MSW üretim oranı da hızla artacaktır[7-15].

MSW, genellikle belediyelerde veya yerel yönetimlerden oluşan atık olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak evsel atık, ticari ve kurumsal atıklar içerir[15-17]. Biyobozunur atık, geri dönüştürebilir malzemeler, inert atıklar, kompozit atıklar, atık plastikler, evsel tehlikeli atıklar ve zehirli atıklar olarak sınıflandırılabilir[13-18-19]. Aynı doğrultuda, iklim değişikliğine, ilişkin ikincil yöntem paneline göre, MSW gıda, plastik, metal, cam, tekstil, ahşap, kauçuk, deri, kağıt ve diğerlerinden oluşmaktadır[13-20-21].

Ekolojik bir uygulamada kaynak tükenmesi ve atık üretimini kabul edilebilir bir düzeye, insan ihtiyaçlarının karşılanmasına olumlu bir katkıda bulunmaya ve iş yaratıcılığına, sürekli ekonomik değer kazandırmaya iten bir faktördür[22-23]. Yenilenebilir enerji temiz ve sıfır

karbon deşarj enerjisi ile dünya elektrik üretiminde payı yıldan yıla artmaktadır[24-25]. Son yıllar, iklim değişikliği, düşük fiyat enerjisi, güvenlik arzındaki artış ve çevresel etkinin azalması nedeniyle, biokütleden enerjiye dönüşüm dünya çapında hızla artmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, yenilenebilir olmayan enerji üretimi ile fiyat artışına bağlı olarak atıkların enerjiye dönüşmesine odaklanmaktadır[16-26-27]. Yenilenebilir enerji üretmek için MSW'yi kullanmaya yönelik, son enerji teknolojilerine yönelik ve ortaya çıkan atıklara odaklanmaktadır. Mevcut ve gelecekteki atıkları enerji dönüşüm teknolojilerini açıklar.

2. Yöntem

Belediye katı atıkların (MSW) kompozisyon, topografik alan, yaşamın akıllılığı, yaşam standardı, şehir nüfusu vb. ile farklıdır. Zayıf ve orta gelirli milletler çoğunlukla gazlaştırma, kompostlaştırma ve depolama için kullanılan daha yüksek organik biobozunur içeren MSW üretir. Boyut yoğunluk ve nem gibi atıkların fiziksel olarak hızlanması çok önemlidir, daha küçük boyutlu organik atık tam tersi hızlı bir oranda ayrışır. Yüksek yoğunluk, çevre dostu atığa işaret eder ve daha fazla yanıcı malzeme anlamına gelen az yoğunluklu atığa kıyasla daha hızlı ayrışmayı üstlenir. Yüksek nem içeriği, atıkları anaerobik sindirim, çöp gazı ve biodigester gazı için daha uygun hale getirir. Örneğin; geniş bir gıda atığı içerdiği ve konutlardan, restoran, kafeteryalardan, fabrika öğle yemeği odalarından ve marketlerden kalanları yüksek nemi ve yüksek biobozunabilirliği nedeniyle belediye atıklarının organik bir oranı olarak sınıflandırılmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarında kullanılan bazı yöntemler: Yakma, Piroliz, Gazlaştırma, Anaerobik sindirim, Etanol fermantasyonu, Depolama, Mikrobiyal yakıt hücresi, Mikrobiyal elektroliz hücresidir.

Yakma: Aşılama esasen 750℃ ile 1100℃ arasında yüksek sıcaklıklarda yanmayı izleyerek bir fırında atık tahribatı ile uygulanan tekniktir.Bu tekniğin amacı, MSW'deki organik elementlerin bozunması ve tahrip edilmesidir. Oksijen miktarının azalması için oksijen bulunması ve MSW'nin hacmini ve enerjisini, gösterildiği gibi ısıya ve enerjiye dönüştürmesidir. Yakma işleminin büyük önemi, MSW'den gelen ısı ve buhar üretimi içindir. Toplanan malzemenin miktarı ve termal potansiyeli, işleme sisteminin etkinliği ve üretilen enerjinin yapısı, enerji geri kazanımına yönelik atıkları belirleyen başlıca faktörlerdir. Isı kojenerasyon ve saf elektrik üretimi için enerji verimliliği sırasıyla %80, 20-30% ve %20 arasındadır.

Piroliz: Piroliz 300-1300℃'de sıcaklıkta oksijen yokluğunda termal bozunmanın meydana geldiği yıkıcı damıtma işlemidir. Yaygın olarak kullanılan üç piroliz yöntemi, geleneksel piroliz, hızlı piroliz ve flaş pirolizdir. Piroliz, maliyet açısından karlı olan çözümlerden biridir ve özellikle atık azalma ve karbon geri kazanımı açısından çevre kirliliğini azaltır. Başlıca avantajları piroliz uygulaması, yaklaşık 38 MJ/kg'lık yüksek bir kalorifik değere sahip birincil ürün olarak sıvı yağ üretmek için karbonlu atık için uygundur.

Gazifikasyon: Gazlaştırma, yanıcı MSW'nin hidrokarbon gazlarına (karbon monoksit, karbon dioksit, metan ve düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonlar), hidrokarbon sıvılarına; yanıcı olmadan yüksek sıcaklıklarda, kontrollü miktarda oksijen ve buharla reaksiyona giren gazdır. Kömür, petrol bazlı malzemeler ve organik bazlı malzemeler genellikle gazlaştırmada kullanılan hammaddelerdir. Hammaddeler hazırdır ve reaktöre kuru halde girer. Isı üretmek için enerji esasına ihtiyaç duyan yüksek ısı ve basınçta oksijen yokluğunda veya varlığında reaktöre veya gazlaştırıcıya maruz kalmaktadır. Gazlaştırma yönteminde üretilen sentez gazları esas olarak, izole edilmiş bir kapta, belirtilen elektrik ve kimyasalları toplamak için yakılan hidrojen ve karbon monoksit içerir. Günümüzde, gazlaştırmanın belediye katı atıklarından yenilenebilir enerjinin geri kazanımı için iyi belirlenmiş termal arıtma sistemlerine cazip bir alternatif oluşturabileceği de beklenebilir. Gazlaştırma ile üretilen bir sentez, ısının iyileştirilmesi, temizlenmesi ve kullanılması ile karakterize edilir. Yakma ile karşılaştırılabilir, gazlaştırma benzer şekilde ayrılması ve doğru şekilde korunması gereken alt külü üretir.

Biyokimyasal Dönüşüm: Biyokimyasal dönüşüm süreci, biyokütleyi parçalamak için bakterileri, diğer mikroorganizmaları ve enzimleri uygular. Biyokimyasal dönüşüm, MSW'den yaygın olarak kullanılan biyokimyasal yöntemlerin enerji dönüşümüne yönelik çevreci ve güzel bir yöntem sunmaktadır.

Anaerobik Sistem: Anaerobik sindirim, çoğunlukla oluşan metan ve karbon dioksiti biyogaz üretmek için organik maddeyi ayıran oksijenin bulunmadığı biyolojik bir yöntemdir. AD (Anaerobic digestion), yenilenebilir enerji üretimi, besin geri kazanımı ve atık kapasitelerinin azaltılması gibi birçok çevresel faydaya sahiptir.

Etanol Fermantasyonu: Hidroliz sukrozunu ve şekerlerin fermentasyonunu kapsayan bir biyokimyasal reaksiyondur. İlk sükroz, enzimin hidrolizi yoluyla fruktoz ve glukoza dönüşür. Dahası, fruktoz ve glikoz, enzimatik reaksiyon yoluyla etanole dönüştürülür. Sonunda, enzimatik hidroliz daha önce susuz biyoetanol elde etmek için fermantasyon, damıtma ve dehidrasyon ile devam ettirilir.

Etanol fermantasyonu, ulaşılabilir ve çekici bir teknolojidir; gıda atıklarını azaltır ve gıda atıklarından etanol sentezlemek için karbon ayak izini azaltır.

Depolama Süreci : Depolama, katı atıkların minimum alana ulaşması ve izin verilen en küçük boyutlara indirilmesi için üretim değerlerini kullanan enerji teknolojisine yönelik atıkların seçimidir. Hijyenik uygulamada, düzenli depolama sahası, detaylı planlama ve şartnameler, dikkatli bir şekilde yapılan konstrüksiyon ve etkinlik görevini içeren üretim tesisini kullanarak MSW'nin bilimsel bir dökümü olarak açıklanabilir.

Mekanik Biyolojik Atık Üretimi: Mekanik biyolojik arıtma, iki aşamadan oluşan atık arıtma prosesinin işlenmesi için ön arıtma sistemidir: mekanik arıtma ve biyolojik arıtma. Birinci aşamada, daha büyük boyutlu MSW, enerji üretimi için türetilmiş yakıtı reddetmeyi başarabilen yanabilir madde olarak mekanik işlem vasıtasıyla tanımlanırken, mekanik fazdan sonraki MSW, biyolojik fazına bağlanarak organik gübre ve biyogaz üretmek için kullanılır. Mekanik biyolojik arıtma yöntemi, MSW'den toprak dolguya yönlendirilen atık miktarını azaltmak ve kaynakların geri kazanımını iyileştirmek için sürdürülebilir yakıtlar üreterek, verimi geri kazanırken ve geri kazanımları sera gazı deşarjlarını azaltmamızı sağlar.

Yeni trend kullanılan teknolojiler : Biyolojik hidrojen ürünü, Fotobiyolojik süreç, Karanlık fermantasyon, Biyoelektrokimyasal proses kullanılmaktadır.

Biyolojik Hidrojen Ürünü: Hidrojen, yeryüzündeki aşırı elementtir ve elementel formda mevcut değildir. Fosiller, doğal gazın buharla reforme edilmesi, elektroliz işleminin suyla parçalanması ve bazı endüstriyel işlemlerden elde edilen ürünle H2 molekülü endüstriyel üretimi için başlıca kaynaklardır. Hali hazırda, toplam hidrojen üretimi, doğal gaz, petrol, kömür ve su elektrolizi gibi farklı kaynaklardan bir milyar m^3 / gün üzerindedir. Günümüzde araştırmacılar, H2'nin geleceğin yakıtı olacağını ve küresel olarak yenilenebilir biyohidrojen enerji ile değiştirilemeyen yakıtların olacağını tahmin etmektedir.

İki birincil H2 üretim yöntemi fiziksel kimyasal ve biyolojik yöntemler olarak adlandırılır. Fiziksel kimyasal yöntemler çok fazla enerji tüketir ve küresel ısınmayı etkileyen sera gazları üretir; biyolojik yöntemler ise çevresel olarak sürdürülebilir, enerji tükenmesini azaltır ve düşük maliyetli bir malzemeye sahiptir. Biyolojik H2, üretim genellikle ana olarak iki ana gruba ayrılan anaerobik fermantasyon ile bağışlanır: hafif bağımsız ve hafif bağımlı. Şu anda, biyodirojen yeni araştırma alanı olarak çekmiştir.

Fotobiyolojik Süreç: Bu, organik karbonun substratlar olarak uygulanmasıyla bazı fototrofik bakteriler tarafından tahrip edildiği için ışığın hasat biyohidrojene bağımlılığını gösterir. Bakteriler, substratı biyohidrojen, CO_2 ve organik asitlere fermente etmek için nitrojenaz ve hidrojenaza benzer enzimlere sahip değildir. Dahası, bu bakteriler sistemde bulunan O_2'yi yok etmeye ve uygulamadaki anaerobik durumları sürdürmeye yardımcı olan fotosistem II'yi kaybeder.

Karanlık Fermantasyon: Karbonhidrat açısından zengin materyaller gibi karmaşık organik bileşiklerin dönüştürülmesiyle biyolojik hidrojenin üretilmesi için ışık ve oksijen bulunmayan bir ortamda anaerobik bakteriler tarafından organik bir substratın ayrışması ile karakterize edilir. Bu organik polimerler başlangıçta biyohidrojen üretmek için bir dizi kimyasal reaksiyona uğrayan şeker molekülüne hidrolize edilir. Organik bir substratın ürünlere fermentasyon dönüşümü, akışa bağlı bir biyokimyasal reaksiyon, yani hidroliz, asidogenez, asetojenez ve metanojenezi içerir. Kompleks organik bileşikler, hidroliz sırasında hidrolitik mikroorganizmalar ile daha küçük birimlere ayrıştırılır. Bir dizi reaksiyonlardan sonra fermantasyon yöntemi ile biyohidrojen üretilir. MSW'den gelen koyu fermente biyohidrojen üretimi, H2'nin sürekli olarak iyileştirilmesi için potansiyel olarak ümit vaat eden bir yöntemdir. Biyolojik hidrojen verimleri reaktör koşullarına, MSW bileşenlerine ve substrat tiplerine bağlıdır. Bunun yanı sıra, monosakkaritlerin ve gliserolün bozunması, çeşitli organik atık türlerinden gelen karanlık fermantatif hidrojen üretimi için en yaygın yoldur.

Biyoelektrokimyasal Proses: Mikrobiyal yakıt hücreler (MFC), ve Mikrobiyolojik elektrik hücreleri (MEC) olmak üzere ikiye ayrılır.

Mikrobiyal yakıt hücreler i(MFC); biyolojik elektrojenik mikroorganizmalar kullanarak, enerji üretmek için çok çeşitli substratlardan organik fenomenler üreten biyolojik biyoelektrokimyasal cihazlardır. MFC cihazları elektro-kimyasal olarak aktif mikroorganizmalar kullanarak elektrik üretmektedir. MFC, biyohidrojen üretimi için teşvik edici bir yaklaşım olan bir katalizör olarak bakterileri kullanan aerobik ve anaerobik tedavileri içerir. Evsel atık, hayvansal atık ve atık çamur gibi bir dizi organik substrat bir hammadde olarak kullanıma sunulacaktır.

Mikrobiyal yakıt hücreleri, MSW'yi elektrik ve H_2 gazına dönüştürerek artan enerji taleplerini karşılamak için ekolojik bir teknoloji vaat ediyor.

Mikrobiyolojik elektrik hücresi(MEC); elektrokimyasal olarak enerjik bakterilerin, MSW'yi H2'ye ve CH4, asetat, hidrojen peroksit, etanol ve formik asit gibi kimyasallara dönüştüren küresel ısınma ve enerji talebine meydan okuyan hipotetik olarak akıllı bir yeşil teknolojidir. Bu yöntem MFC'lerle paralellik gösterir, ancak MEC'lerin katodu havaya açık değildir. Şu anda MEC, atıklardan temiz ve haklı bir enerji elde etmek için son yıllarda giderek artan bir ilgi alanı haline gelmiştir. Dahası, MEC gazı, karanlık, foto fermantasyon ve MFC'ye kıyasla H2'nin daha iyi toparlanmasını ve daha geniş substrat çeşitliliğini sağlar.

3. Bulgular ve Tartışma

YAKMA

Faydaları: Yüksek kalorifik değer için uygundur. Sırasıyla% 80 ve % 70 hacim ve kütle kadar azaltabilir.

Sınırlama: Yüksek sermaye, bakım ve işletme maliyetleri.

Birincil Ürün: Sıcaklık

Uygulama: Elektrik üretimi ve buhar, ısı.

PİROLİZ

Faydaları: Yüksek kaliteli yakıt üretmek, Karbonlu atıklara uygun baca gazı arıtımını azaltır. MSW hacmini% 50-90'a düşür.

Sınırlama: Yüksek işletme, bakım ve sermaye maliyeti,yüksek piroliz viskozitesi.

Birincil Ürün: Kömür, biyo petrol ve sentez.

Uygulama: Elektrik, üretim kimyasalları ve çözücüler.

GAZİFİKASYON

Faydaları: Çeşitli amaçlarla kullanılabilen yakıt gazı üretimi.

Sınırlama: Olgun olmayan, esnek olmayan, daha az rekabetçi teknolojiler.

Yüksek hata riski

Birincil Ürün: Sentez gazı üreticisi gaz

Uygulama: Yeni nesil elektrik ve kimyasallar

DEPOLAMA

Faydaları: Düşük maliyet, doğal kaynaklar toprağa geri dönüştürülür.

Sınırlama: Toprak ve yeraltı suyu kirliliği, büyük arazi alanı gerekli

Birincil Ürün: Çöp gazı

Uygulama: Elektrik

ANAEROBİK FERMANTASYON

Faydaları: Yüksek su içeriği olan biyokütle için tercih edilir. Depolamadan daha yüksek metan ve daha düşük karbondioksit bileşimi oluşumu.

Sınırlama: Daha az organik madde içeren atıklar için uygun değildir. Lignin bozunmak için çok uzun süreler devam edebilir.

Birincil Ürün: Biyogaz ve oluşum.

Uygulama: Elektrik, azotlu zengin gübre Tarımsal ve gıda biyo-rafineri.

ETANOL FERMANTASYONU

Faydaları: CO2 emisyonlarındaki artışa katkıda bulunmaz.

Sınırlama: Sadece nişasta, selüloz, zengin MSW ile sınırlıdır.

Birincil Ürün: Bioethanol

Uygulama: Yakıt, tarımsal biorafineri.

FOTOBİYOLOJİK PROSES

Faydaları: Fotosentetik bakteriler tarafından geniş spektral enerji kullanılabilir.

Sınırlama: Nitrojenaz enzimleri O2 varlığında inhibe olur. Işık dönüşüm verimliliği düşüktür.

Birincil Ürün:H_2,CO_2,Organik asit.

Uygulama: Bioelektrik.

KARANLIK FERMANTASYON

Faydaları: Biyobozunur substratlar geniş kullanarak. H2, hafif bağımsız süreç seri üretim için daha uygundur.

Sınırlama:-

Birincil Ürün:H_2 gazı.

Uygulama: Bioelektrik.

MİKROBİYAL YAKIT HÜCRELERİ

Faydaları: Elektrik üretiminin etkili bir yöntemi ve atıktan koku giderimi.GHG emisyonuna sıfır katkı.

Sınırlama: Çok düşük sıcaklıklarda çalışmaz çünkü mikrobiyal reaksiyonlar düşük sıcaklıklarda yavaştır.

Birincil Ürün: H_2 gazı.

Uygulama: Bioelektrik, biohidrojen üretimi, atıksu arıtımı.

MİKROBİYAL ELEKTROLİZ HÜCRELERİ

Faydaları: Yüksek ürün kurtarma ve fotoğraftan daha düşük substrat bozulması, koyu fermantasyon ve MFC. Yüksek hidrojen çeviri verimliliği. Düşük enerji ihtiyacı.

Çok sayıda organik substratlara uygulanabilirlik.

Sınırlama: Verim substrat kompozisyonu ile etkiler. Yüksek iç direnç. Yoğun mimari. Yüksek sermaye maliyetidir.

Birincil Ürün: H_2 gazı, metan, asetat, hidrojen peroksit, formik asit.

Uygulama: Elektrik üretimi ve acil atıksu arıtımı için kullanılır.

4. Sonuç

Belediye katı atıkları toplanmakta ve paketleme, gıda atıkları, kağıt atıkları ve dayanıklı ve dayanıksız malzemeler dahil olmak üzere, hane halkı, ticaret ve kuruluşlardan toplanan çeşitli çöpler toplanmaktadır. Kompozisyonları, tehir kaynaklarına dayalı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Enerji dönüşümüne giden atıklar, enerji talebi, atık bertarafı ve çevresel monotonla bağlantılı olarak hızla büyüyen ekolojik ve ekonomik olarak çekici bir uygulamadır. Enerji teknolojilerine yaygın olarak bilinen termal atık termal dönüşüm, biyokimyasal dönüşüm ve depolamadır. Yakma, piroliz ve gazlaştırma, sırasıyla MSW'den ısı, buhar, gaz ve kömür, sentez metan ve düşük moleküler ağırlık üreten bir uygulamadır. Bu yöntemler, kükürt oksitleri, karbon oksitler ve azot oksitler, PAH, ağır metaller, hidrojen klorür, hidrojen sülfür ve amonyak gibi atmosfere gaz kirletici salmaktadır. Biyokimyasal dönüşüm yöntemleri bakterileri, diğer ve düşük sermaye maliyetlerini uygular. Anaerobik sindirim ve etanol fermantasyonu, sırasıyla MSW'den biyogaz ve biyoetanol üreten enerji dönüşümlerine yönelik biokimyasal atıklardır. Bununla birlikte, kapsamlı bir arıtma periyodunun ve organik ve eser gaz emisyonlarının atmosfere dezavantajları vardır. Son birkaç yılda, mikrobiyal yakıt hücresi ve mikrobiyal elektroliz hücresi, MSW'yi elektrik, hidrojen ve kimyasallara dönüştüren en yeni ve gelecek vadeden ekolojik atıklardır. Biyolojik olarak sentezlenen hidrojen sıfır atık olduğundan daha üstündür.

5. Referanslar

[1] C. Pirlogea, C. Cicero, Renew. Sustain. Energy Rev. 16 (2012) 5718–5726.

[2] F.J. Sáez-Martínez, G. Lefebvre, J.J. Hernández, J.H. Clark, J. Clean. Prod. (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.094.

[3] D.I. Stern, Ecol. Econ. Rev. 1219 (2011) 26–51.

[4] K. Rupam, S.C. Rahul, J.B. Neon, S. Ruprekha, S. Debashis, N. Rumi, G. Lina, G.N. Nikhil, S. Omprakash, M.S. Venkata, in: S. Anoop, R. Dheeraj (Eds.), Sustainability of Current Technology and Future Perspective, Springer, New Delhi, 2017, pp. 207–235.

[5] H. Rahman, Int. J. Chem. Environ. Biol. Sci. 1 (4) (2013) 678–681.

[6] Waste to Energy, World Energy Resources: World Energy Council, 2013.

[7] F. Alireza, B. Farzaneh, J. Leila, C.S. Nor Azwadi, E.B. Ali, Renew. Sustain. Energy Rev. 58 (2016) 1007–1016.

[8] T. Alperen, Ö. Emrah, A. Aygül, Renew. Sustain. Energy Rev. 54 (2016) 809–815.

[9] Ogboo,H.A.K. Hussain, J. Mater. Cycles Waste Manag. 16 (4) (2014) 693–710.

[10] O.M. Amoo, R.L. Fagbenle, Int. J. Energy Environ. Eng. 4 (2013) 42–59.

[11] Food and Agriculture Organization (FAO)., The State of Food and Agriculture, 2009 Rome.

[12] C. Ying-Chu, Waste Manag. 58 (2016) 408–414.

[13] T.P. Thi Phuong, K. Rajni, K.P. Ganesh, M. Russell, B. Rajasekhar, Waste Manag. 12 (2014) 4.

[14] D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series Knowledge Papers, World Bank, 2012.

[15] M.S.Z. Jibran, F.A. Shazia, Energy Convers. Manag. 44 (2015) 117–131.

[16] S.K. Muhammad, B.M. Rasool, A.U. Muhammad, Energy Convers. Manag. 124 (2016) 333–343.

[17] P. Martin, T. Michal, Clean Technol. Environ. Policy 11 (2009) 19–29.

[18] B. Mahsa, T. Alessandro, C. Roberto, T. Cristian, F. Daniele, C. Valerio, Renew. Energy 90 (2016) 458–468.
[19] T.E. Boukelia, M.S. Mecibah, Int. J. Energy Environ. Eng. 3 (2012) 17.
[20] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), in: S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe (Eds.), Waste Generation, Composition, and Management Data, 2006.
[21] P. Albores, K. Petridis, P.K. Dey, Proc. Environ. Sci. 35 (2016) 265–278.
[22] S.R. Wan Alwi, Z.A. Manan, J.J. Kleme, D. Huisingh, J. Clean. Prod. 71 (2014) 1– 10.
[23] World Final Consumption 2012, International Energy Agency, 2014 Sankey Diagram.
[24] L. Cutz, P. Haro, D. Santana, F. Johnsson, Renew. Sustain. Energy Rev. 58 (2016) 1411–1431.
[25] I.S. Antonopoulos, G. Perkoulidis, D. Logothetis, C. Karkanias, Resour. Conserv. Recycl. 86 (2014) 149–159.
[26] N. Apergis, J.E. Payne, Appl. Energy 88 (1) (2011) 343–347.
[27] C. Monojit, S. Chhemendra, P. Jitendra, K.G. Prabhat, Energy Conversat. Manag. 75 (2013) 249–255.

Nar Kabuğundan Üretilmiş Bioçarın Sulu Çözeltilerden Metilen Mavisi Adsorpsiyonu

Adsorption Removal of Methylene Blue (MB) Dye from Aqueous Solution by Biochar Prepared from Pomegranate Peels

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[1]
Erdal SAKİN[2]
Harun TÜRKMENLER[3]
Mustafa ASLAN[1]
Mazlum YAPİCİ[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[2]Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[3]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye.

Özet

Metilen mavisi boyalarının sudan uzaklaştırılması için alternatif bir adsorban olarak nar kabuklarından hazırlanan biyo-char çalışılmıştır. Tarımsal atık materyaller ve özellikle meyve kabuklarının oldukça etkili, ucuz ve yenilenebilir bir biyokütle kaynağı olması onların boyalar, ağır metaller, vb. kirleticiler için adsorban olarak kullanılabilir olmasını cazip kılmaktadır. Bu çalışmada adsorban olarak kullanılan Nar kabuğu bioçarının metilen mavisi adsorpsiyonunda temas süresinin, başlangıç pH'sinin, başlangıç konsantrasyonunun ve adsorban dozunun etkisi araştırıldı. Elde edilen sonuçlara göre, biyokütle kabukları üzerindeki metilen mavisinin adsorpsiyonu Langmuir, Freundlich ve Tempkin izoterm modeline uyarlanmış ve üç modelede tam uyum sağladığı görülmüştür. Buna göre nar kabuğundan üretilen bioçarın metilen mavisi gideriminde etkin bir adsorben olabileceği görülmektedir.

Anahtar kelimeler:

Adsorpsiyon; nar kabuğu; bioçar; metilen mavisi, izotermler.

Abstract

Bio-char prepared from pomegranate peels used as an alternative adsorbent for Methylene Blue dye removal from water was studied. Agricultural waste materials especially fruits peels being highly effective, cheap and renewable source of biomass can be used as an adsorbent for dyes, heavy metals, etc removal. In the study, the effect of contact time, initial pH, initial concentration and adsorbent dosage was investigated. According to the results obtained, the adsorption of the methylene blue on the pomegranate peels biochar is fitted to the Langmuir, Freundlich and Tempkin isotherm model. According to these results, it can be said that pomegranate peels biochar can be used as an effective and applicable material for the removal of methylene blue dyes.

Keywords:

Adsorption; pomegranate peels; bio-char; methylene blue; isotherms.

1. Giriş

Tatlı su kaynaklarının kıtlığı sebebi ile bu kaynakların korunması insanlık için son derece önemlidir. Teknolojik gelişmeler üretimi kolaylaştırmış ve ürünlerin fiyatını aşağıya çekmekle kalmamış bunun sonucunda tüketim çılgınlığını beraberinde getirmiştir. Üretimin artması ile çevre kaynaklarının kirletilme riski ortaya çıkmıştır. Özellikle tatlı su kaynakları ki bunların büyük bir kısmı yeraltı suyu olup erişilmesi ve kullanılması zor kaynaklardır. Yüzeysel tatlı su kaynakları endüstriyel atıksular için alıcı ortam olabilmekte ve kirletilebilmektedir. Her ne kadar atıksuların arıtılması için yüksek çabalar sarfedilse de yüksek maliyetler çoğu zaman buna mani olmaktadır. Bu sebeple ucuz ve kolay erişilebilir arım malzemeleri son yılların popüler araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle boyar maddelerin su kaynaklarını kirletmesi ve insan sağlığı için risk oluşturması sebeb ile bu tip kirleticilerin bertarafı için yöntemlerin araştırılması devamlı yapılmaktadır. Boyar maddelerin giderilmesi ile ilgi birçok metod vardır. Bunlar, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygulanmaktadır.

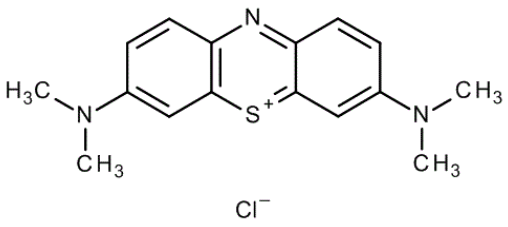
Metilen mavisi (MB) temel bir boya olarak; ipek, deri, kağıt, yün ve pamuğun boyanması, mürekkep ve fotokopi kağıdı üretimi gibi çeşitli kullanımının yanı sıra, beton ve harç kalite kontrol testinde de kullanılan heterosiklik aromatik bir kimyasal bileşiktir (Berneth, 2003). Öte yandan, su ürünleri yetiştiriciliğinde yeni oluşan balık yumurtalarını mantar veya bakteriler tarafından enfekte olmaktan korumak için etkin bir koruyucu ve antibakteriyel olarak kullanılmaktadır (Tacon ve Forster, 2003).

Araştırmacılar ticari aktif karbonun yerini alabilecek bol ve ucuz maliyetli adsorbentlerle ilgili arayışlarını sürdürmektedirler. Bu amaçla nar kabuğundan elde edilmiş bioçarın adsorbent olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Metilen mavisi, katılar üzerine bilinen güçlü adsorpsiyonu ve adsorbtif materyallerin karakterizasyonundaki elverişliliği nedeniyle bu çalışma için seçilmiştir (Chongrak ve ark., 1998). Aktif karbon (Gurses ve ark., 2002), pirinç kabuğu (Gurses ve ark., 2006), yer fıstığı kabuğu (Karagoz, 2008), cam lifleri (Kumar, 2005), Hint gül ağacı talaşı (Lata, 2007), neem yaprak tozu (Mohan, 2002), perlit (Wang, 2005a), uçucu kül (Wang, 2005b), vermikülit mineralinden elde edilen nano yapraklar (Zhao, 2008), urfa taşı üzerinde adsorpsiyon (Dilekoğlu, 2018) gibi çeşitli adsorbent yüzeylerde MB'nin adsorpsiyonu ile ilgili literatürde önemli miktarda çalışmalar mevcuttur.

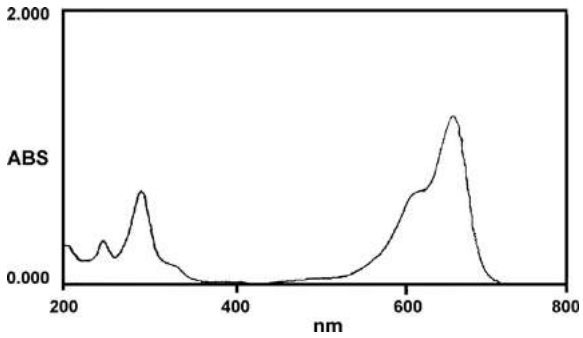
2. Yöntem

2.1 Adsorbat

Bu çalışmada kullanılan Metilen Mavisi boyası(MB) Merck millipore firmasından temin edilmiştir. Şekil 1'de gösterilen kimyasal yapıya sahip, molekül ağırlığı 319.85 gr olan analitik saflıktaki metilen mavisi (MB) sentetik sulu çözeltinin hazırlanması için herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanıldı. 500 mg'lık MB, 1000 ml damıtık suda çözünerek 500 ppm stok çözeltisi hazırlandı. Deneysel çözeltiler, boya stok çözeltisinin, istenilen başlangıç konsantrasyonlarına göre doğru oranlarda seyreltilmesiyle elde edildi. Sulu çözeltideki MB konsantrasyonu, Shimadzu Marka 1240 Model UV-görünür spektrofotometre kullanılarak λ_{max} 663 nm'de belirlendi (Şekil 2).



Şekil 1. Metilen mavisinin kimyasal yapısı (www.merckmillipore.com)



Şekil 2. Metilen mavisi UV-VIS spektrofotometre spektrumu [37].

2.2 Adsorbent

Adsorbent olarak Nar kabuğundan elde edilmiş Biyoçar kullanılmıştır. Kullanılan Biyoçar nar kabuklarının 400-450 C de pirolizi ile edilmiştir. Daha sonra öğütülüp eleklerden geçirilerek (-50+350) mikron ebatındaki partiküller deneysel çalışmalarda kullanılmıştır.

2.3 Deneysel çalışmalar

Mısır biyoçarı üzerinde MB adsorpsiyon çalışmaları kesikli olarak yürütülmüştür. Tüm çalışmalar 50 mL' lik dibi konik polipropilen tüpler içerisinde 25 ml çözelti konularak doğrusal çalkalamalı su banyosu kullanılarak 250 rpm de 25 ^{o}C sıcaklıkta yapılmıştır.

Çözelti sıcaklığının deneyleri olumsuz etkilememesi için çözeltiler 25 ^{o}C sıcaklıkta bekletilip sabit sıcaklığa getirilmek sureti ile deneyler yürütülmüştür. Çalkalama sonrasında numuneler 3500 rpm de santrifüj edidikten sonra analiz edilmiştir.

Mısır biyoçarı tarafından adsorplanan boya miktarı q_e, Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)\cdot V}{W} \quad (1)$$

Burada, C_o ve C_e (mg L^{-1}) sırasıyla çözeltinin başlangıç ve denge konsantrasyonudur. V çözeltinin hacmi (L) ve W ise adsorbentin miktarı (mg) dır.

3. Bulgular

3.1 Temas süresinin etkisi

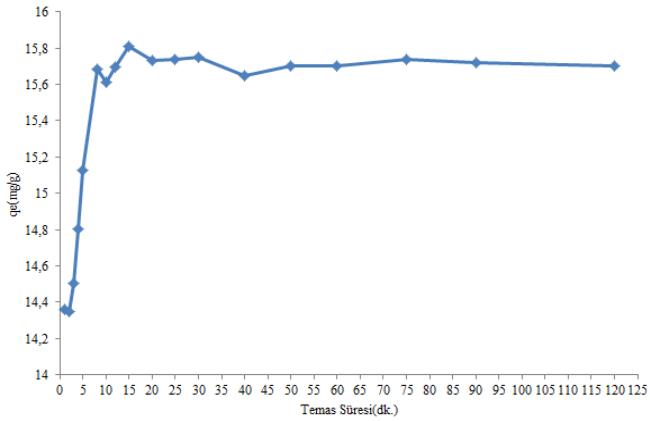
Temas süresinin etkisini araştırmak için 0.01 gr adsorbent 50 ml lik dibi konik polipropilen tüplerin içerisine konularak, 25 ml lik 10 mg L^{-1} MB ihtiva eden çözelti ile 25^{o}C sıcaklıkta çalkalanmak suretiyle deneyler yapılmıştır. 60 dakikaya kadar belirli aralıklarda numune alınarak yürütülen deney sonunda adsorbentin denge süresi tespit edildi. Temas süresi sistemin dengeye ulaşması için gereken süredir.

Şekil 3'ten de görüldüğü gibi temas süresinin artması ile boyanın adsorbe edildiği ve 15 dakika içerisinde dengeye geldiği bundan sonra yavaşladığı tespit edilmiştir. Denge süresi içinde 15,82 mg·g^{-1} boya adsorbe edilmiştir. Benzer bir eğilim bir çok çalışmada da bildirilmektedir [El-Latif ve ark., 2010; Dawood ve Sen, 2012; Yagub ve ark., 2014; Dawood ve Sen, 2014; Dilekoglu, 2018).

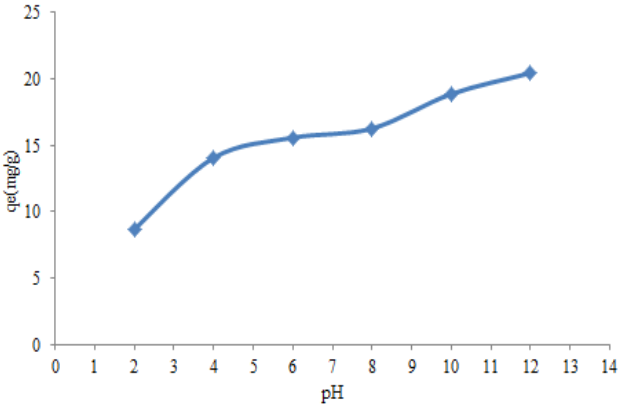
3.2 pH'ın etkisi

Başlangıç pH' ın etkisinin incelemek için farklı pH' lara sahip numuneler hazırlandı. pH ayarı 0,1 M HCL, ve 0,5 N NaOH kullanılarak Hanna Marka pH211 Model pH Metre yardımıyla yapıldı. Numuneler 0.01 gr adsorbent ile 25 ^{o}C sıcaklıkta 250 rpm de çalkalanarak pH'ın 2-4-6-8-12 deki etkisi incelendi.

Buna göre kapasitenin pH arttıkça arttığı görülmüştür (Şekil 4). Pathak ve ark.(2015) meyve kabukları ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında pH artışının adsorpsiyon kapasitesini arttırdığını rapor etmişlerdir.



Şekil 3. Temas süresinin etkisi



Şekil 4. MB adsorpsiyonuna başlangıç pH sının etkisi

3.3 Adsorbent dozunun etkisi

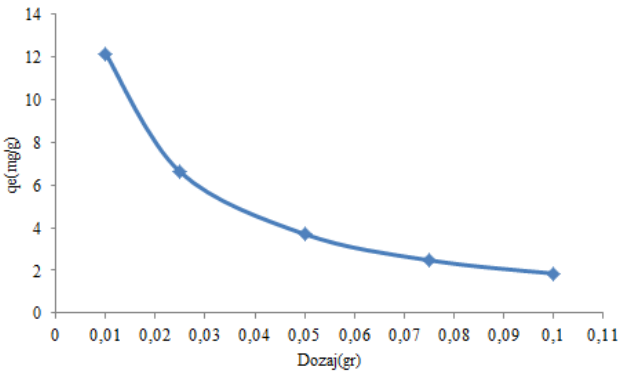
Adsorbent miktarının etkileri araştırılmıştır. Bunun için hazırlanan 10 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonundaki 25 ml lik çözelti optimum dozajı belirlemek için ve 0.01 gr; 0.025 gr; 0.05 gr; 0,075 gr ve 0,1 gr miktarındaki adsorbent ile muamele edildi. Deney denge süresi olan 15 dk boyunca 250 rpm de 25^{o}C de gerçekleştirildi. Dozaj arttıkça adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı görülmektedir (Şekil 5).

Bu durum Hassan ve Hassan(2013) tarafından yumurta kabuğu ile yapılan MB adsorpsiyonu çalışmasında ve Dilekoğlu (2018) tarafından yapılan MB'nin urfa taşı adsorpsiyonu çalışmasında da rapor edilmektedir. Bu olay adsorbentin aktif bölgelerinin boya tarafından işgal edilmesi ve toplam yüzey alanının bu şekilde azalarak adsorpsiyon miktarının düşmesine bağlı olmuş olabilir.

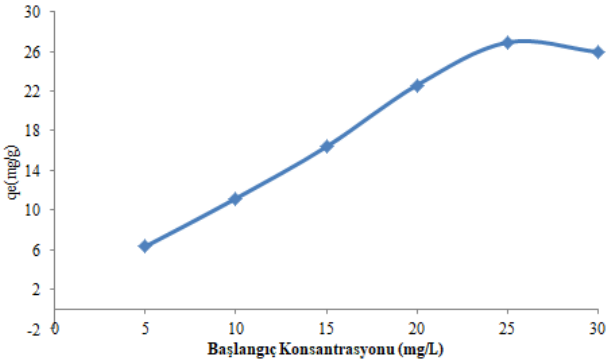
3.4 Başlangıç konsantrasyonunun etkisi

Başlangıç konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisini ortaya koymak için 5-10-15-20-25 ve 30 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonundaki çözeltiler kullanıldı. MB boya konsantrasyonunun artırılması tutma kapasitesinin artmasına yol açmıştır (6,32 ila 25,95 mg·g^{-1}). Şekil 6'ya baktığımızda 25 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonunda en yüksek adsorpsiyon kapasitesinin oluştuğu görülmektedir. 30 mg/L konsantrasyonda düşme eğilimi görünsede ciddi bir eğilim değildir. Tutma kapasitesinin başlangıç konsantrasyonunun artması ile artması, kirletici maddelerin sulu çözeltilerden Mısır biyoçarı yüzeyine geçiş direncinin üstesinden gelmek zorunda kaldığı itici güçlerle ilişkili olabilir (Hameed ve ark., 2007; Pathak ve ark., 2015).

Daha düşük konsantrasyonlarda, ortamda mevcut bulunan tüm MB, bağlanma bölgelerine tutunarak daha yüksek adsorpsiyon giderimi elde edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda, adsorpsiyon alanının doymuş olması nedeniyle elde edilen adsorpsiyon oranlarının daha düşük olduğu gözlenmiştir.



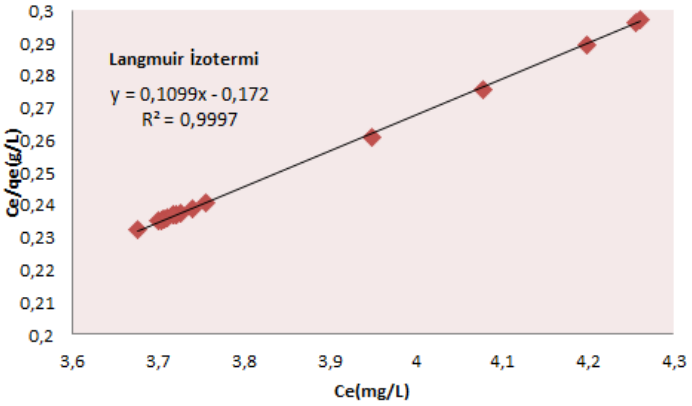
Şekil 5. MB adsorpsiyonuna adsorbent dozunun etkisi



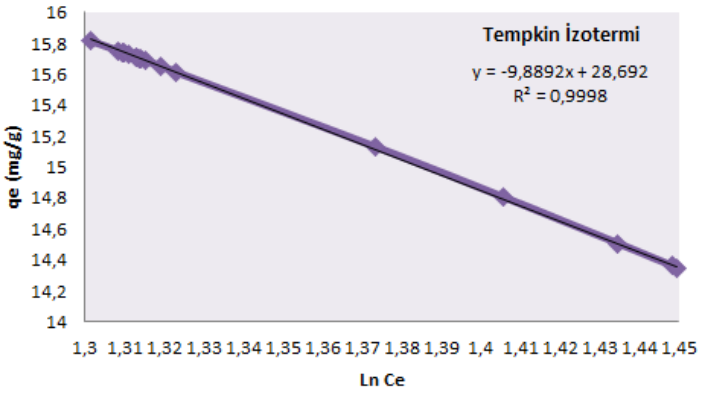
Şekil 6. MB adsorpsiyonuna Başlangıç konsantrasyonunun etkisi

3.4.1 İzoterm Modelleri

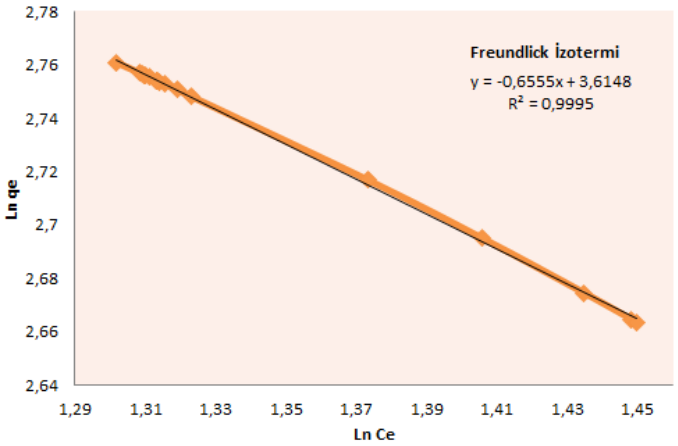
Elde edilen verilerin izoterm modellerine uygunluğu irdelenmiş ve Nar kabuğu bioçar adsorpsiyonunun Langmuir, Tempkin ve Freundlich izotermlrine tam uyum sağladığı görülmüştür(Şekil 7, 8 ve 9).



Şekil 7. Langmuir izotermi



Şekil 8. Tempkin izotermi



Şekil 9. Freundlich İzotermi

4. Sonuç ve Tartışma

- İzoterm Sabitleri Tablo 1'de görüldüğü gibi hesap edilmiştir.

Tablo 1. İzoterm Sabitleri

Langmuir			Tempkin			Freundlich		
Q^0 (mg/g)	b (L/mg)	R^2	A($L\ g^{-1}$)	B	R^2	K_f(mg/g)	n (g/L)	R^2
9,099	0,639	0,9997	18,199	-9,8892	0,9998	37,144	-1,526	0,9995

- Yapılan bu çalışma, tarımsal atık olan ve farklı şekillerde değerlendirilen nar kabuklarının piroliz ile biyoçara dönüştürülerek metilen mavisi boyasının sulu solüsyonlardan uzaklaştırılması için bir adsorbent olarak kullanılabileceğini göstermektedir
- Adsorbe edilen boya miktarının başlangıçtaki, metilen mavisi konsantrasyonu, Nar kabuğu bioçarı dozu, pH ve temas süresine göre değiştiği tespit edilmiştir.
- Adsorpsiyon denge verisinin Langmuir, Tempkin ve Freundlich izotermlerine uyduğunu ve homojen bir yüzey üzerinde tek katmanlı adsorpsiyonunu gösterdiği bulunmuştur.
- Çalışma verilerinin geliştirilerek sıcaklığın adsorpsiyona etkisi, taramalı elektron mikroskobu görüntüsü ve kinetiğinin ortaya konması ile daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

Berneth, H. (2003). Cationic dyes. In Ullamnn's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 6th Ed., Wiley-VCH, Weinheim, Germany, Vol. 6, pp. 585-591.

Chongrak, K., Eric, H., Noureddine, A., and Jean, P. G., (1998) "Application of Methylene Blue Adsorption to Cotton fiber Specific Surface Area Measurement, Part I: Methodology", J. of Cotton Science, 2, pp. 164-173.

Dawood, S., Sen T.K., (2012).. Removal of anionic dye Congo red from aqueous solution by raw pine and acid-treated pine cone powder as adsorbent: Equilibrium, thermodynamic, kinetics, mechanism and process design, Water Res. 46 1933–1946.

Dawood, S., Sen T.K., (2014). Review on dye removal from its aqueous solution into alternative cost effective and non-conventional adsorbents, J. Chem. Proc. Eng. 1 1–7.

Dilekoğlu, Mehmet Fatih.(2018) "Harran Ovası Tarım Arazileri Etrafında Bulunan Urfa Taşı'nın Metilen Mavisi Boyar Maddesi Adsorpsiyonu." *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 5.1: 19-30.

EI-Latif, M.M.A , Ibrahim, A.M.,. EI-Kady, M.F., (2010) . Adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of methylene blue from aqueous solutions using biopolymer oak sawdust composite, J. Am. Sci. 6 267–283.

Gurses A, Yalcın M, and Dogar C (2002). Electrocoagulation of somereactive dyes: a statistical investigation of some electrochemicalvariables. Waste Manage. 22: 491–499.

Gurses A, Dogar C, Karaca S, Acikyildiz M, Bayrak R (2006).Production of granular activated carbon from waste Rosa canina sp.seeds and its adsorption characteristics for dye. J. Hazard. Mater.B131: 254–259.

Hassan, A. A., & Hassan, Z. A. S. (2013). Methylene blue removal from aqueous solution by adsorption on eggshell BED. Euphrates Journal of Agriculture Science-5(2):11-23.

Hameed, B. H., Din, A. M., & Ahmad, A. L. (2007). Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies. *Journal of hazardous materials*, *141*(3), 819-825.

Hameed BH, Mahmoud DK. Ahmad AL (2008). Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low cost adsorbent: Coconum (Cocos nucifera) Bunch waste. J. Hazard. Mater. 158:65-72.

Kant R (2012). Textile dying industry an environmental hazard. Nat. Sci. 4(1):22-26.

Karagoz S, Tay T, Ucar S, Erdem M (2008). Activated carbons fromwaste biomass by sulfuric acid activation and their use on methylene blue adsorption. Bioresour. Technol. 99: 6214–6222.

Kumar KV, Kumaran A (2005). Removal of methylene blue bymangoseed kernel powder. J. Biochem. Eng., 27: 83-93.

Lata H, Garg VK, Gupta RK (2007). Removal of a basic dye fromaqueous solution by adsorption using *Partheniumhysterophorus*: Anagricultural waste. Dyes Pigments 74: 653–658.

Mathur N, Bhatnagar P, Bakre P (2005). Assessing mutagenicity of textile dyes from Pali (Rajathan) using AMES bioassay. Appl. Ecol. Environ. Res. 4(1):111-118.

Mohan D, Singh KP, Singh G, Kumar K (2002). Removal of dyes rom wastewater using fly ash a low-cost adsorbent. Ind. Eng. Chem. Res. 41: 3688–3695.

Nadhini R, Vaishnavi V. Koti, Vadanasundari V, Rangabhashiyam S (2012). Decolourization studies of synthetic textile dye using Aspergillus species under static and shaking conditions. Asian J. Sci. Technol. 4(11):80-82.

Pathak D.Pranav, Sachin Mandavgane A., Bhaskar D. Kulkarni (2015). Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent. Rev Chem Eng., 31(4):361-381

Ratna, Padhi PS (2012). Pollution due to synthetic dye toxicity & carcinogenicity studies and remediation. Int. J. Environ. Sci. 3(3):940-955.

Tacon, A.G.J. and I.P. Forster, (2003). Aquafeeds and the environment: Policy implications. Aquaculture, 226(1-4), 181-189.

Wang S, Boyjoo Y, Choueib A (2005a). A comparative study of dyeremoval using fly ash treated by different methods. Chemosphere 60:1401–1407.

Wang S, Boyjoo Y, Choueib A, Zhu ZH (2005b). Removal of dyes fromaqueous solution using fly ash and red mud. Water Res. 39: 129–138.

Yagub, M.T., Sen, T.K, Afroze, S,. Ang, H.M, (2014), Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review, Adv. Colloid Interface Sci. 209 172–184.

Zhao M, Tang Z, Liu P (2008). Removal of methylene blue fromaqueous solution with silica nano-sheets derived from vermiculite. J.Hazard. Mater. 158: 43–51.

Çok Amaçlı Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Matematiksel Modeli ve Meta Sezgisel Yöntemler ile Çözüm Önerisi

Mathematical Model of Multi-Objective Flexible Job Shop Scheduling Problems, and Solution Suggestions with Meta Heuristic Methods

Serkan KAYA[1]
Nilgün FIĞLALI[2]
[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye,

Özet

Esnek atölye tipi çizelgeleme problemleri klasik atölye tipi çizelgeleme problemlerinin genişletilmiş halidir. İşlerin hem makinelere atanması hem de sıralanması alt problemlerinden oluştuğu için bu tür problemlerin çözümü için meta sezgisel yöntemler tercih edilir. Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında diğer çizelgeleme problemlerine göre EATÇ üzerine yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu problemler üzerine yapılan çalışmalar genellikle tek amaçlı olarak çözülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada çok amaçlı esnek atölye tipi çizelgeleme problemleri ele alınmıştır. Küçük boyutlu problemlerin çözümü için matematiksel model verilmiştir. Büyük boyutlu problemlerin çözümü için meta sezgisel yöntemler ile çözümüne ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler:

Esnek atölye tipi çizelgeleme, Çok amaçlı çizelgeleme, Yerel arama, Meta Sezgisel yöntemler.

Abstract

Flexible job shop scheduling problems are extended version of the classical job shop scheduling problems. Meta heuristic methods are preferred to solve such problems, since these problems consist sub-problems of both assigning and sequencing jobs to machines. When the studies in the literature are examined, studies on flexible job shop scheduling problems according to other scheduling problems are limited. Studies on these problems are generally tried to be solved for a single objective. In this study, multi-objective flexible job shop scheduling problems are discussed. A mathematical model is given to solve small scale problems. Suggestions are made for the solution of large scale problems with meta heuristic methods.

Keywords:

Flexible job shop scheduling, Multi Objective Scheduling, Local Search, Meta Heuristic Methods.

1. Giriş

Çizelgelemenin temel amacı, üretim kaynaklarının en verimli biçimde kullanılması, müşteri taleplerine anında cevap verilmesi, ürün teslimatlarında gecikmelerin yaşanmaması, yarı mamul stoklarının ve fazla mesai çalışmalarının azaltılması olarak düşünülebilir. Bir üretim sisteminde yarı mamul yığılmaları, tezgâhlar arasındaki iş dağılımının üretim akışını sağlayacak şekilde olması, kısacası işletme verimliliğinin arttırılması çalışmaları çizelgeleme konusudur.

Çoğu mühendislik problemlerinin çözümünde meta sezgisel yöntemlerin kullanımı son yıllarda önemli bir oranda artmıştır. Matematiksel modelinin çıkarılamadığı, model kurmanın çok maliyetli olduğu optimizasyon problemlerine, meta sezgisel yöntemlerin kolaylıkla uygulanabilir olması, iyi bir hesaplama gücünün olması, bu yöntemlerin uygulamasının kolay olması, tatmin edici sonuçlar alınabilmesi ve bir problem için geliştirilen meta sezgiselin başka bir probleme de uygulanabilir olması gibi nedenlerden dolayı problem çözümünde tercih edilme sebepleri olmuştur[1].

Esnek atölye tipi çizelgeleme (EATÇ) problemleri atölye tipi ve paralel makine tipi üretim ortamlarının birleştirilmiş halidir. Bu ortamların her birinde benzer makinelerin olduğu iş istasyonları yer almaktadır ve her işin kendine ait bir rotası bulunmaktadır. Atölye tipi çizelgeleme problemlerinde n iş sayısı, m makine sayısı olmak üzere $(n!)^m$ adet mümkün çözüm vardır[2]. Örneğin atölye tipi üretim ortamında 3 iş ve 3 makineden oluşan bir çizelgeleme problemi için $(3!)^3$ =216 adet mümkün çizelge sayısı vardır. Aynı üretim ortamı için 5 iş 3 makineden oluşan bir çizelgeleme probleminde olası çizelge sayısı $(5!)^3$ = 1.728.000 adet olur. EATÇ problemi, klasik ATÇ probleminin bütün zorluklarını ve karmaşıklığını barındırmanın yanı sıra işlerin makinelere atanması sorunu da söz konusu olduğundan çok daha karmaşık bir problemdir Gerçek yaşam çizelgeleme problemlerinde ise iş ve makine sayıları arttıkça çizelgeleme problemleri daha zor bir hal almaktadır. İş sayısındaki bir birimlik artış bile olası çizelge sayısında oldukça fazla bir artışa neden olmaktadır.

Bu çalışmada çok amaçlı EATÇ problemi ele alınmıştır. Çalışmanın başında konu hakkında literatürde yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Problemin matematiksel modeli sunulduktan sonra, meta sezgisel yöntemler ile çözüme ilişkin önerilerde bulunulmuştur. Bu tür problemlerin meta sezgisel yöntemlere uyarlanması parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçların daha da geliştirilebilmesi için basit sıralama kuralları ve yerel arama (YA) algoritmasının meta sezgisel yöntemlere melezlenmesi aynı şekilde PSO algoritması üzerinde uygulamalı olarak gösterilmiştir. Çalışmanın son kısmında sonuçlar verilmiştir.

2. Literatür Araştırması

EATÇ Problemlerinin meta sezgisel yöntemler ile çözümünde Gao ve ark. [3] melez genetik algoritma, Chiang ve Lin [4] sadece 2 parametreye ihtiyaç duyan, popülasyon çeşitliliğine sahip evrimsel bir algoritma sunmuşlardır. . Li ve ark. [5] başlangıç popülasyonuna YA prosedürünü adapte ettikleri sıçrayan kurbağa algoritması, Li ve Pan [6] bakım kısıtı altında etkin kimyasal reaksiyon algoritması sunmuşlardır. Wang ve ark. [7] pareto tabanlı yapay arı kolonileri algoritması, Li ve ark. [8] yapay arı kolonileri algoritması, Li ve ark. [9] etkin komşuluk yapısına sahip tabu aramaları algoritması geliştirmişlerdir. Rajkumar ve ark. [10] bakım kısıtı altında çok amaçlı EATÇ problemlerinin çözümü için açgözlü rastsal uyarlamalı arama algoritması, Wang ve Yu [11] ise sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir. Kaya [1] EATÇ problemlerinin hiyerarşik ve bütünleşik çözümleri için PSO ve YA algoritmalarından melez iki adet algoritma geliştirmiştir. Zhang ve ark. [13] PSO ve tavlama benzetimi algoritmalarını melezlemişler, Xing ve ark. [13] çift katmanlı karınca kolonileri algoritması diğer bir çalışmalarında [14] simulasyon model sunmuşlardır. Ho ve Tay [15] yakınsama sürecini hızlandıran güdümlü YA algoritmasını evrimsel algoritma ile birleştirerek melez bir yaklaşım sunmuşlardır. Jia ve ark. [16] global arama yapabilme kabiliyetine sahip PSO algoritmasına YA algoritmasını adapte etmişlerdir. Xia ve Wu [17] aynı problem setlerinin çözümü için PSO ve tavlama benzetimi algoritmalarını melezleyerek yeni bir algoritma sunmuşlardır. Buraya kadar sunulan çalışmalarda yazarlar amaç fonksiyonu olarak maksimum tamamlanma zamanı (C_{max}), toplam makine iş yükü (W_t) ve maksimum iş yükü (W_m) olmak üzere 3 amaçlı olarak ele almışlardır.

3. Matematiksel Model

EATÇ Problemlerinde her bir operasyon belirlenmiş bir makine grubu içerisinde yer alan makinelerden herhangi birinde işlem görebilir. Yani her operasyon için alternatif makine seçimi vardır. Genel olarak EATÇ Problemleri; toplam ve kısmi esnekliğe sahip olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Toplam esneklikte her bir operasyon tüm makineler üzerinde işleme tabi tutulabilirler. Kısmi esneklik durumunda ise işlerin bir kısmı sadece bir grup makine üzerinde işleme tabi tutulabilirler.

Probleme ait matematiksel model aşağıda sunulmuştur.

EATÇ Probleminde varsayımlar ve başlangıç koşulları aşağıdaki gibidir:

- Problemde her bir iş için proses alternatifler söz konusudur.
- Her bir prosesteki operasyonlar ve bunların sıraları belirlidir.
- Her bir iş farklı operasyonlardan oluşabilir.
- Her bir operasyon için en az bir tane olmak üzere birden fazla makine alternatifi vardır.
- Her bir operasyonun bütün makine alternatiflerindeki işlem süreleri farklıdır ve önceden belirlidir.
- İşlere ait operasyonlar tüm makine grubunda işlenebiliyorsa tam esneklik, aksi halde kısmi esneklik söz konusudur.
- Bir operasyonun bir makine üzerinde işlenemeyeceği durumda, o makine için ilgili operasyonun işlem zamanı çok büyük bir değer atanır.

Parametreler:

n: Toplam iş sayısı
m: Toplam makine sayısı
i: İşlerin indisi $i = 1,2,\ldots,n$;
j: Makine indisi, $j = 1,2,\ldots,m$;
k: Operasyonların indisi $k = 1,2,\ldots..k_i$
h: Öncelik indisi $h= 1,2,\ldots,h_i$
J_i: i. İş
k_i: J_i İşine ait toplam operasyonların sayısı
O_{ik}: i İşinin k. operasyonu
M_j: j. Makine
P_{ikj}: O_{ik} Operasyonunun j. makine üzerindeki işlem süresi
t_{ik}: O_{ik} Operasyonunun başlama zamanı
Tm_{jh}: h. Önceliğe sahip j. makinenin başlama zamanı
U: m Boyutundaki makine seti
U_{ik}: O_{ik} Operasyonu için kullanılabilecek makine seti
Ps_{ik}: O_{ik} Operasyonun makine seçildikten sonraki işlem süresi
C_{ik}: O_{ik} Operasyonunun tamamlanma zamanı
C_{max}: En son biten operasyonunun tamamlanma zamanı

W_j: M_j Makinesinin iş yükü (toplam işlem süresi)
W_t: M_m Makine setinin toplam iş yükü (toplam işlem süresi)
a_{ijk}: O_{ik} Operasyonunu işleyebilen U_{ijk} makine seti
Karar Değişkenleri:

$$a_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{Oik işi için j makinesi seçilecekse} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

$$y_{jik} = \begin{cases} 1 & \text{Oik operasyonu için j makinesi seçilecekse} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

$$x_{jikl} = \begin{cases} 1 & \text{Oik operasyonun l sırada işlenmesi için j makinesi seçilecekse} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

EATÇ Problemi modeli aşağıdaki gibidir:
Amaç Fonksiyonları:

$$\min C_{max} = \max_i \max_k \{c_{ik}\} \quad (1)$$

$$\min W_M = \max_j \{W_j\} \quad (2)$$

$$\min W_T = \sum_{j=1}^{m} W_j \quad (3)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j y_{jik}.P_{jik} = P_{sik} \quad i=1,2,\ldots,n;\ k=1,2,\ldots,k_j \quad (4)$$

$$t_{ik} + Ps_{ik} \le t_{i,k+1} \quad i=1,2,\ldots,n;\ h=1,2,\ldots,h_{i-1} \quad (5)$$

$$Tm_{j,h} + Ps_{ik} \cdot x_{jikh} \le Tm_{j,h+1} \quad (6)$$

$$Tm_{j,h} \le t_{i,k} + (1 - x_{j,i,k,h}).L \quad (7)$$

$$Tm_{j,h} + (1 - x_{j,i,k,h}).L \quad (8)$$

$$Y_{j,i,k} \le a_{j,i,k} \quad (9)$$

$$\sum \sum_k x_{j,i,k,h} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_j y_{j,i,k} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_h x_{j,i,k,h} = y_{j,i,k} \quad (12)$$

$$t_{i,k} \ge 0 \quad (13)$$

$$Ps_{i,k} \ge 0 \quad (14)$$

$$Tm_{j,h} \ge 0 \quad (15)$$

$$x_{j,i,k,h} \in \{0,1\} \quad (16)$$

$$y_{j,i,k} \in \{0,1\} \quad (17)$$

Amaç fonksiyonu olarak; Kısıt (1) C_{max}, son işin sistemi terk ettiği süreyi, kısıt (2) W_m, en yüklü durumdaki makinenin iş yükünü vermektedir. Kısıt (3) ise W_t bütün makinelerdeki toplam iş yükünü hesaplar. Kısıt (2) ve (3) göz önüne alındığında amaç, tüm makinelerin iş yükünü dengelemektir.

Eşitlik (4), O_{ik} operasyonunun işlenmek üzere seçilen k makinesindeki işlem süresini belirleyen kısıttır. Eşitlik (5) her işe ait operasyonlar arasındaki öncelik kısıtıdır. Eşitlik (6) her makineye aynı anda sadece bir operasyon atanacağını belirleyen kısıttır. Eşitlik (7), O_{ik} operasyonunun atandığı k makinesi boşa çıktığında işleme tabi tutulacağını belirler. Eşitlik (8), O_{ik} operasyonunun kendinden önce gelen aynı işe ait operasyonun $O_{i,k-l}$ tamamlandıktan sonra işleme tabi tutulacağını belirler. Eşitlik (9) operasyonun işlenebilecek makineler tarafından işlenmesini sağlarken, Eşitlik (10) operasyonun makineye atanmasını ve işlerin makine üzerindeki sırasını belirlemektedir. Eşitlik (11) operasyonun bir makinede işleneceğini sınırlayan kısıttır. Eşitlik (12) her işe ait operasyonların öncelik kısıtın da işlenmesini sağlar. Eşitlik (13), (14) ve (15) değişkenlerin sıfırdan büyük eşit olmasını sağlar. Eşitlik (16) ve (17), operasyonların makine atama ve sıralamasını belirleyen değişkenlerini 0 veya 1 olmaya zorlayan kısıtlardır.

4. Çok Amaçlı Esnek Atölye Tipi Çizelgeleme Problemleri Çözüm Yaklaşımları

Meta sezgisel yöntemler zor ve karmaşık optimizasyon problemlerde kaliteli çözümlere ulaşabilmek için sezgisel yaklaşımları kullanan tasarımlar olarak da adlandırılabilir[18]. Çözüm uzayının büyüklüğü ya da optimizasyon modelindeki değişken ve kısıt sayılarının fazlalığı nedeniyle kesin sonuç alınan yöntemlerin kullanılamadığı durumlarda, uygulamaya elverişli olmayan problemlerin çözümünde, meta sezgisellerin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Kesin sonuçların alındığı yöntemlerden farklı olarak meta sezgiseller, optimum yerine optimuma yakın çözümler elde edilmesini sağlar[19].

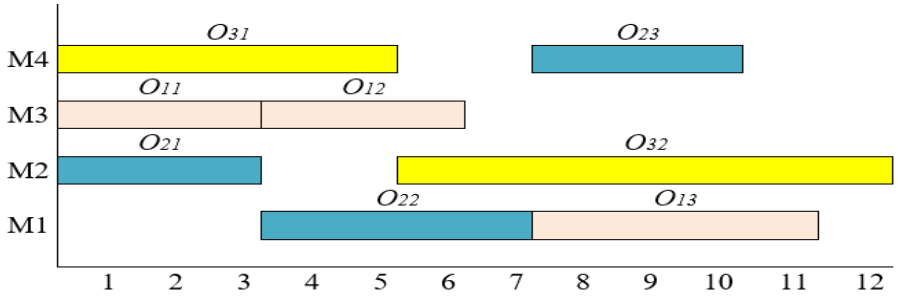
EATÇ Problemleri işlerin en iyi sırada sıralanmasının yanı sıra hangi işin hangi makineye atanacağının belirlenmesi alt problemlerini içermektedir. Literatürde bu iki alt problemin çözülmesine ilişkin, bütünleşik ve hiyerarşik olmak üzere iki tür çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Hiyerarşik çözüm yaklaşımında sıralama ve atama işlemleri ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir. Bütünleşik yaklaşımda ise sıralama ve atama alt problemleri eş zamanlı çözülmektedir. EATÇ Problemlerinin çözümünde meta sezgisel yöntemlerin kullanımı PSO algoritması ile detaylandırılacaktır. PSO diğer evrimsel ve matematiksel temelli algoritmalara göre, fazla hafıza gerektirmeyen, etkili hesaplama kabiliyetine sahip, uygulaması kolay ve hızlı yakınsama özelliklerine sahip bir algoritmadır. PSO algoritmasında hedef, global ve yerel aramaların etkin uygulanarak, algoritmanın yerel optimumlarda takılmadan en iyi sonuca ulaşması amaçlanmaktadır.

PSO Algoritması çözüm adımları 3 iş 4 makine ve toplam 8 operasyondan oluşan tam esnekliğe sahip problem üzerinde ayrıntılı verilmiştir. Problem verileri rastsal oluşturulmuştur. Probleme ait işlem süreleri Tablo I.'de verilmiştir.

TABLO I. ÖRNEK PROBLEM İŞLEM SÜRELERİ

		M1	M2	M3	M4
J_1	O_{11}	4	7	3	2
	O_{12}	3	1	3	5
	O_{13}	4	5	6	7
J_2	O_{21}	1	3	4	6
	O_{22}	4	5	3	2
	O_{23}	6	2	1	3
J_3	O_{31}	8	3	4	5
	O_{32}	4	3	6	2

EATÇ Problemleri operasyonların hem makine üzerinde sıralanması hem de işlenmek üzere makinelere atanması alt problemlerinden oluştuğu için problemin çözümünde, pozisyon vektörü olarak her parçacık için 2 tane vektör oluşturulmaktadır. Bunlardan birincisi, X_{pik} vektörü işlerin sıralama vektörü, X_{mik} ise makine atama vektörüdür. Rastsal oluşturulan X_p vektörüne ait işlem sırası X_p= { O_{21}, O_{11}, O_{22}, O_{12}, O_{13}, O_{31}, O_{23}, O_{32} } X_m vektörüne ait makine yüklemeleri de X_m={M_2, M_3, M_1, M_3,M_1,M_4,M_4,M_2} şeklinde olsun. Bu durumda İşlem sıra ve makine atamaları yapılmış başlangıç popülasyonu 1. parçacığına ait çözüm X_1^1={O_{212},O_{113},O_{221},O_{123},O_{131},O_{314},O_{234},O_{322}} şeklinde olur. 1. Parçacık Gantt şeması Şekil 1.'deki gibi gerçekleşir. Amaç fonksiyonu olarak C_{max}=12, W_t=32 ve W_m=10 olarak elde edilir.

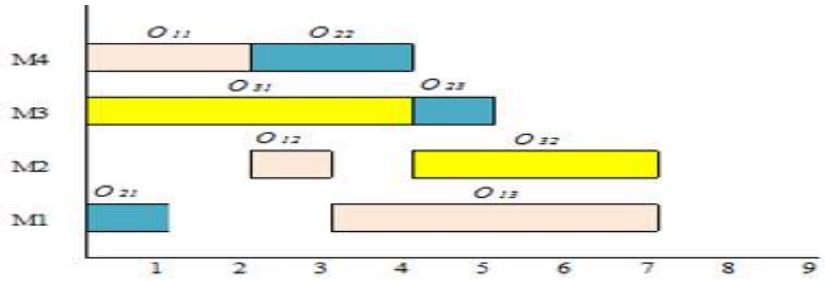


Şekil. 1. Başlangıç popülasyonu 1. Parçacık Gantt diyagramı

PSO ile çözüm gerçekleştirilirken başlangıç popülasyonunda X_p ve X_m vektörlerinin basit sıralama kuralları göz önünde bulundurularak oluşturulması algoritmanın ilerleyen iterasyonlarında daha etkin sonuçlara ulaşmasını sağlamaktadır. Problem üzerinde başlangıç popülasyonuna ait 2. parçacık en kısa işlem zamanı kuralına göre oluşturulduğunda X_p= { O_{21}, O_{11}, O_{12}, O_{22}, O_{23}, O_{31}, O_{32}, O_{13} } ve X_m = {M_1, M_4, M_2, M_4, M_3, M_2, M_4, M_1} Bu durumda en kısa işlem zamanı kuralına göre işlem sıra ve makine atamaları yapılmış başlangıç popülasyonu 2. parçacığına ait çözüm X_2^1={O_{211},O_{114},O_{122},O_{224},O_{233},O_{312},O_{324},O_{131}} şeklinde olur. Amaç fonksiyonu olarak C_{max}=8, W_t=16 ve W_m=6 olur.

YA, çizelgeleme alanında özellikle EATÇ problemlerinde sıklıkla uygulanan sezgisel tekniklerdendir. Kaya ve Fığlalı [20] EATÇ problemlerinin meta sezgisel yöntemler ile çözümünde araştırmacıların kullandıkları yönteme en çok YA algoritmasını melezlediklerini söylemişlerdir. YA algoritmasında, bir başlangıç çizelgesinden hareketle, bu çizelgedeki işlerin yerlerinin belirli kurallara göre değiştirilmesi ile yeni komşu çizelgeler elde edilir, bu süreç belli bir ölçüt sağlanıncaya kadar devam ettirilir ve bu ölçüt sağlandığında algoritma sonlandırılır.

Başlangıç çözümü 2. Parçacığa ait çözüm üzerine YA algoritması uygulandığı takdirde, 2 alternatif sonuç elde edilir. 1. Alternatife göre amaç fonksiyonu, $C_{max}=7$, $W_t=17$ ve $W_m=6$ şeklinde gerçekleşir. 2. Alternatife göre Şekil 2.'de verilen çözüm ve $C_{max}=7$, $W_t=18$ ve $W_m=5$ şeklinde sonuç elde edilir.



Şekil. 2. Yerel arama algoritması 2. Alternatif uygulaması

5. Deneysel Sonuçlar

Örnek problem üzerinde rastsal oluşturulan X_p sıralama vektörü ve X_m atama vektörlerine göre amaç fonksiyon değerleri $C_{max}=12$, $W_t=32$ ve $W_m=10$ şeklinde sonuç elde edilmişti. En kısa işlem zamanı kuralına göre elde edilen 2. parçacık çözümüne göre amaç fonksiyon değerleri, $C_{max}=8$, $W_t=16$ ve $W_m=6$ şeklinde gerçekleşti. YA algoritması 1. alternatif uygulamasına göre elde edilen amaç fonksiyon değerleri, $C_{max}=7$, $W_t=17$ ve $W_m=6$ şeklinde gerçekleşir. YA algoritması 2. alternatif uygulamasına göre elde edilen amaç fonksiyon değerleri ise, $C_{max}=7$, $W_t=18$ ve $W_m=5$ şeklinde olur. Elde edilen bütün sonuçlar toplu halde Tablo II.'de verilmiştir. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde amaçların ağırlıklandırılarak tek amaç fonksiyonu haline getirilmesi durumunda örnek problemde elde edilen 3 sonuç yerine tek bir sonuç söz konusu olurdu. Çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan özellikle pareto optimal sonuçları veren algoritmalar örnek problemde de görüldüğü gibi karar verici tarafından tercih edilebilecek 3 alternatif sonuç vermiştir.

TABLO II. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Amaç Fonksiyonları	Standart PSO Sonucu	En Kısa İşlem Zamanı Sonucu	YA 1. Alternatif Uygulama Sonucu	YA 2. Alternatif Uygulama Sonucu	Pareto Baskın Çözümler		
C_{max}	12	8	7	7	8	7	7
W_t	32	16	17	18	16	17	18
W_m	10	6	6	5	6	6	5

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada çok amaçlı EATÇ problemlerinin çözümü için matematiksel model sunulmuştur. Ayrıca orta ve büyük boyutlu EATÇ problemlerini çözmek için çizelgeleme alanında başarıyla uygulanan ve kaliteli sonuçlar veren PSO algoritmasına YA algoritmasının melezlenmesiyle yeni bir yaklaşım önerisinde bulunulmuştur. Kullanılan meta sezgisel yöntemlere basit sıralama kurallarının melezlenmesiyle algoritmanın ilerleyen iterasyonlarda daha iyi sonuçlara ulaşacağı gösterilmiştir.

EATÇ Problemleri diğer çizelgeleme problemleri kadar geniş bir literatür alt yapısına sahip değildir. Bu problem türünün, atölye tipi çizelgeleme problemlerine göre daha karmaşık bir yapıya sahip olması ve bilgisayar hesaplama kapasitelerinin yeterli hızlara yeni yeni ulaşması v.b. nedenlerden dolayı literatürün kısıtlı kalmasına neden olmuştur. EATÇ problemlerinin değişik varyasyonları göz önünde bulundurularak çalışmalar

yapılması önerilmektedir.

7. Referanslar

[1] Kaya, S. 2014. Çok amaçlı esnek atölye tipi çizelgeleme problemlerinin geliştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu ile çözümüne yönelik model önerileri. Doktora Tezi. Endüstri Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli. Türkiye. 183s.

[2] Liu, H. Abraham, A. and Wang, Z. 2009. A Multi-swarm approach to multi-objective flexible Job-shop scheduling problems, Fundamental Informatics. 95: 465–489.

[3] Gao, J. Sun, L. and Gen, M. 2008. A hybrid genetic and variable neighborhood descent algorithm for flexible job shop scheduling problems. Computers & Operations Research. 35:2892 – 2907.

[4] Chiang, T.C. and Lin, H.J. 2012. A simple and effective evolutionary algorithm for multiobjective flexible job shop scheduling. International Journal of Production Economics. 03: 1-12.

[5] Li, J. Pan, Q and Xie, S. 2012. An effective shuffled frog-leaping algorithm for multi-objective flexible job shop scheduling problems. Applied Mathematics and Computation. 218: 9353-9371.

[6] Li, J. and Pan, Q. 2012. Chemical-reaction optimization for flexible job-shop scheduling problems with maintenance activity. Applied Soft Computing. 12: 2896–2912.

[7] Wang, L. Zhou, G. Xu, Y. And Liu, M. 2012. An enhanced Pareto-based artificial bee colony algorithm for the multi-objective flexible job-shop scheduling. International Journal Advanced Manufacturing Technology. 60: 1111–1123.

[8] Li, J.Q. Pan, Q.K. and Gao, K.Z. 2011. Pareto-based discrete artificial bee colony algorithm for multi-objective flexible job shop scheduling problems. International Journal Advanced Manufacturing Technology. 10: 1-11.

[9] Li, J. Pan, Q. and Liang, Y.C. 2010. An effective hybrid tabu search algorithm for multi-objective flexible job-shop scheduling problems. Computers & Industrial Engineering. 59: 647–662.

[10] Rajkumar, M. Asokan, P. and Vamsikrishna, M. . 2010. A GRASP algorithm for flexible job-shop scheduling with maintenance constraints. International Journal of Production Research. 48: 6821 – 6836.

[11] Wang, S. and Yu, J. 2010. An effective heuristic for flexible job-shop scheduling problem with maintenance activities. Computers & Industrial Engineering. 59: 436–447.

[12] Zhang, G. Shao, X. Li, P. and Gao, L. 2009. An effective hybrid particle swarm optimization algorithm for multi-objective flexible job-shop scheduling problem. Computers & Industrial Engineering. 56: 1309–1318.

[13] Xing, L.N. Chen, Y.W. and Yang, K.W. 2008. Double layer ACO algorithm for the multi-objective FJSSP. New Generation Computing. 26: 313-327.

[14] Xing, L.N., Chen, Y.W. and Yang, K.W., 2009. Multi-objective flexible job shop Schedule: Design and evaluation by simulation modeling. Applied Soft Computing. 9: 362‑376.

[15] Ho, N.B. and Tay, J.C. 2008. Solving Multiple-Objective Flexible Job Shop Problems by Evolution and Local Search. IEEE Transactıons On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews. 38: 1094-6977.

[16] Jia, Z. Chen, H. and Tang, J. 2007. An Improved Particle Swarm Optimization for Multi-objective Flexible Job-shop Scheduling Problem. International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, Nanjing, China, 18-20 November pp. 1587-1592.

[17] Xia, W. and Wu, Z. 2005. An effective hybrid optimization approach for multi-objective flexible job-shop scheduling problems. Computers & Industrial Engineering. 48: 409–425.

[18] Kennedy, J. Eberhart, R.C. and Shi, Y. 2001. Swarm intelligence. CA:Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2001.

[19] Aydın, A. 2009. Metasezgisel Yöntemlerle Uçak Çizelgeleme Problemi Optimizasyonu. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

[20] Kaya, S. and Fığlalı, N. 2016. Esnek atölye tipi çizelgeleme problemlerinin meta sezgisel yöntemler ile çözümüne yönelik bir inceleme. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 20: 223-244.

Özet

Seramik tozu ile takviye edilen metal matris kompozitleri çok sayıda uygulama için elverişli olan umut verici malzemelerdir. Karbürler, nitrürler, oksitlerin yanı sıra karbon nanotüpler gibi seramik parçacıkları ile takviye edilmiş kompozitlerin üretimi için farklı metal türleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, toz metalurjisi ile değişik miktarda (ağırlıkça % 0.5, 1, 3, 5 ve 10) SiC takviyeli çelik numunelerin üretim yöntemi ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Numuneler mekanik alaşımlama, pellet basma ve sinterleme işlemlerinden sonra elde edildi. Numunelere farklı sıcaklıkta sinterleme işlemi yapıldı. Saf ve SiC takviyeli çelik numunelerin yoğunlukları Arşimet prensibi ile belirlenmiştir. Numunelerin Sertliği, Micro-Vickers cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Numuneler zımparalama parlatma ve dağlama işlemlerinden sonra mikroyapısı ve oluşan fazları incelendi. 1000 °C sinterleme işleminde en düşük yoğunluklar elde edilirken katkı miktarının artmasıyla da yoğunluğun düştüğü tespit edildi. Numunelerdeki SiC katkı miktarının artmasıyla sertlikte artışlar meydana gelmiştir. Bunun temel sebepleri içyapının incelenmesinde ortaya çıkan boşlukların azalması olarak öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Çelik Tozları, Silisyum Karbür, Sertlik, Yoğunluk,

Abstract

Metal matrix composites reinforced by ceramic powder are very promising materials, suitable for a large number of applications. Different kinds of metals have been employed for the production of composites reinforced by ceramic particles such as carbides, nitrides, oxides as well as carbon nanotubes. In this study, the production method and mechanical properties of varying amount (0.5, 1, 3, 5 and 10 wt%) of SiC reinforced composites were investigated. Samples were obtained after mechanical alloying, pellet pressing and sintering processes. The samples were sintered at different temperatures. Densities of pure and SiC reinforced steel samples were determined by Archimedes' principle. The hardness of the samples was measured using the Micro-Vickers test. The microstructures and phases of the samples were examined after grinding, polishing and etching. It was determined that the density decreased with the increase in the amount of additive while the sintering process was carried out with 1000 °C. The amount of SiC increment in the samples increased the hardness.

Keywords: Steel Powder, Silicon Carbide (SiC), Hardness, Density

SiC Takviyeli Çeliklerin Üretim Yöntemi ve Mekanik Özellikleri

The Production Method and Mechanical Properties of SiC Reinforced Steels

Abuzer Açıkgöz[1], Bülent Aktaş[1], Faik Elek[1], Hasan Karaytu[1], Emin Kaya[1] Ahmet Karakaş[1]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

1.ı Giriş

Toz metalürjisi (TM) karmaşık şekilli parçaların seri ve net şekilde üretilmesine olanak veren bir üretim şeklidir. TM ile çok farklı kimyasal kompozisyondaki parçaların üretilmesi mümkündür. Kullanılan farklı türdeki katkılar malzemelerin mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yaptığı gibi aşınma dirençlerini ve korozyona karşı dayanımlarını da arttırdığı birçok çalışmada ortaya koyulmuştur [1-3]. TM ürünü çelikler içerisine farklı metal, ametal veya seramik ilaveler yaparak davranışları değiştirilebilir. Yapılan bu ilaveler başta mekanik davranışları olmak üzere birçok mühendislik özellikleri değiştirir. Bu ilavelerin başında farklı miktarlardaki seramik tozlar gelmektedir. [4-6]. TM ürünü çelikler içerisine katılan farklı seramik katkılarının numune özelliklerine yaptığı katkılar literatürde karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalarda katkı malzemesi olarak kullanılan malzemeler arasında en çok Al_2O_3, ZrO_2, MgO, TiO_2, Y_2O_3 ve TiC gibi tozlar karşımıza çıkmaktadır [1, 2, 4, 6]. Bu seramik ilaveler içerisinde korozyon dayanımı ve mekanik özellikler bakımından en başarılı sonuçlar oksit formundaki seramiklerde elde edilmiştir [1-3]. Tane içerisinde ve sınırlarında yer alan oksit tipi seramik tozlar sertlik değerlerini arttırarak aşınma mukavemetini iyileştirir. Bu malzemelerin genel olarak yoğunlukların çelik tozlarından düşük olduğundan ve numunelerde boşlukların tam olarak kapatılamamasından dolayı da yoğunluklarını düşürdüğü de bilinmektedir. Kolay üretilebilirliği ve mekanik özelliklerinin sağladığı çeşitli avantajlar ile seramik parçacıklar ile takviyelendirilmiş çelik esaslı kompozitler yoğun ilgi çeken malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Metal matrisli kompozitler; mükemmel aşınma direnci, tokluk, düşük fiyat ve korozyon direnci gibi önemli mekanik davranışlar sergilerler [7, 8].

Bu çalışmada ağırlıkça % 0.5, 1, 3, 5 ve 10 oranlarında SiC parçacık takviyesi içeren çelik metal matrisli kompozitler soğuk presleme yöntemiyle üretilmiştir. Üretilen toz metal parçalar yoğunluk, sertlik ve mikro yapısal olarak incelenmiştir. Ayrıca farklı sıcaklıklarda yapılan sinterleme işlemi ile sinterleme sıcaklığının etkisi incelenmiştir.

2.ı Yöntem

Demir tozları içerisine SiC kütlece %0.5, 1, 3, 5, 10 oranlarında takviye yapılmıştır. Üretimde öncelikle numuneler katkı oranlarına göre ayrı ayrı tartıldıktan sonra mekanik alaşımlama işlemine tabi tutulmuştur. Bu

işlem aşamasında aslında bir metal tozu üretim yöntemi de olan bilyeli değirmen kullanılmıştır. Bu işlemde Metal tozlarının SiC tozları ile homojen olarak karışmasının yanında tozların belirli bir büyüklükte olması amaçlanmaktadır. Denklem 1 de belirtilen öğütme devri formülü ile malzemeler için uygun devir hesaplanır.

$$d=32/(\sqrt{d}) \quad (1)$$

Mekanik alaşımlama işleminden sonra numunelerimize 250 kN baskı kuvvetiyle 40 sn. boyunca presleme işlemi yapıldı. Bu işlem de pellet numunelerinde baskı ile tozların birbirine bağlanması sağlandı. Numuneler en son olarak sinterleme işlemine tabi tutuldu. Sıkıştırılmış ham yoğunluktaki pellet numunelere mukavemet kazandırmak ve yoğunluğunun arttırılması amacıyla ergime sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta belirli bir süre bekletildi. Sinterleme sıcaklığının etkisinin de incelenmesi amacıyla bu işlem farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonunda numuneler belirlenen testlerin yapılmasına uygun hale getirildi.

Hazırlanan numunelerin yoğunlukları, şekil 1'de verilen Arşimet prensibi doğrultusunda yoğunluğu bilinen bir sıvıdan yola çıkarak, katı bir cismin yoğunluğunu hesaplama yönteminde belirtilen Denklem 2'deki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu işlemde daldırma sıvısı olarak saf su kullanıldı.

Şekil 1. Arşimet Yoğunluk Kiti

$$\rho = \frac{W_a}{W_a - W_b} \times \rho_{dw} \quad (2)$$

Burada ρ_{dw}; saf suyun yoğunluğunu, W_a; numunenin havadaki ağırlığı, W_b; numunenin saf su içerisindeki ağırlığını göstermektedir.

Metalografik inceleme için hazırlanan numuneler bakalite alınma işlemi ardından çeşitli boyutlarda yapılan zımparalama işlemine tabi tutuldu bu işleme müteakip parlatma yapıldı. Son aşamada numune yüzeyleri %5'lik Nital çözeltisi ile dağlama yapılarak içyapı ortaya çıkarıldı. Dağlanan numuneler ters metal mikroskopunda incelendi. Ardından numunelerin sertlikleri mikro-Vickers sertlik ölçme cihazı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümlerinde örneklere 9.81 N yük 10 saniye uygulanmış ve Denklem 3 kullanılarak sertlikleri hesaplanmıştır. Bir örnek üzerinde 5 adet ölçüm alınarak ortalama sertlik değerleri hesaplanmıştır.

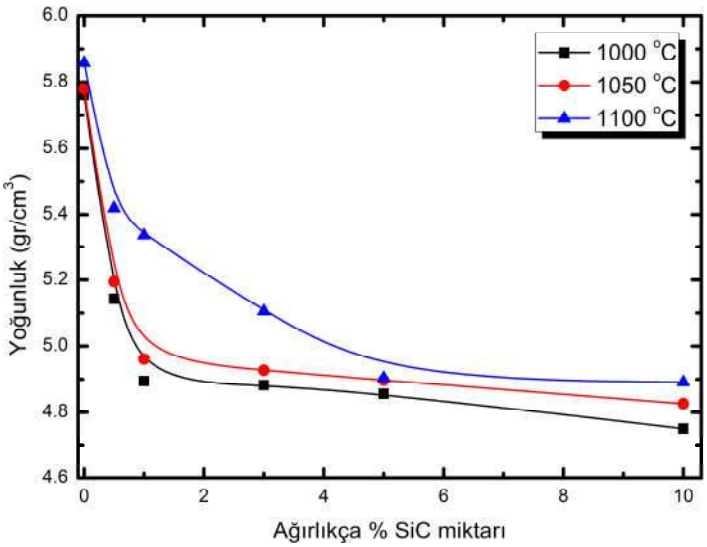
$$H_V = \frac{1.854P}{d^2} \quad (3)$$

3.ı Bulgular ve Tartışma

Üretimi yapılmış saf demir (Fe) ve SiC ile (kütlece % 0.5, 1, 3, 5 ve 10) katkılanmış demirin 1000, 1050 ve 1100 ^{0}C sıcaklıklarda sinterlenmiş numunelerin yoğunluğun katkı miktarına ve sinterleme sıcaklığına bağlı değişim grafikleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Tüm numunelerin yoğunlukları Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Örneklerin yoğunluk ölçüm sonuçları Tablo 1'de verilmektedir. Ölçüm sonuçların da yoğunluğun katkı miktarına bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebi katkı maddesi olarak kullanılan SiC yoğunluğunun (3,21 gr/cm³) demir tozu yoğunluğundan (7,2 gr/cm³) az olmasıyla açıklanabilir.

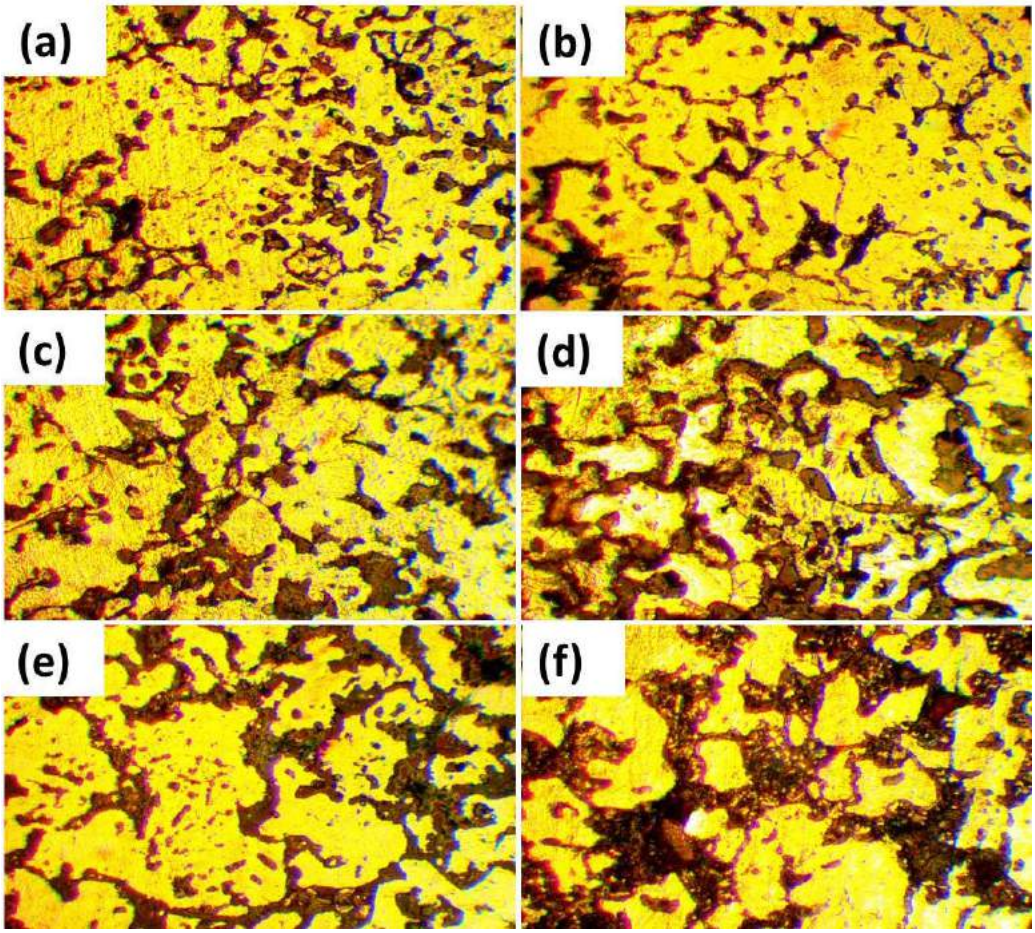
Tablo 1. Örneklerin yoğunluklarının sıcaklığa bağlı olarak değişimleri.

SiC takviye miktarı	Sinterleme sıcaklığı		
	1000 °C	1050 °C	1100 °C
%0	5,761	5,779	5,858
%0,5	5,143	5,195	5,419
%1	4,894	4,961	5,336
%3	4,882	4,927	5,105
%5	4,856	4,897	4,903
%10	4,751	4,826	4,891



Şekil 1. Yoğunluğun katkı miktarına ve sinterleme sıcaklığına bağlı değişimi

Şekil 2'de katkısız ve değişik miktarlarda SiC takviyeli çelik örneklerin optik mikroyapıları gösterilmektedir. Ters metal mikroskop altında zımparalama ve dağlaması yapılan SiC katkılı çeliklerin yakınlaştırılarak çekilen fotoğraflarında koyu olan sarı renkler ferrit fazı, ferrit üstündeki küçük noktalar ve daha koyuya yakın yerler ise boşluklardır. Katkılı tozlar ise tam sarı değil ama sarıya yakın açık tonlarda renklerdir. Bu resimlerde katkı miktarları arttıkça yapıda daha çok boşluk görülmektedir.

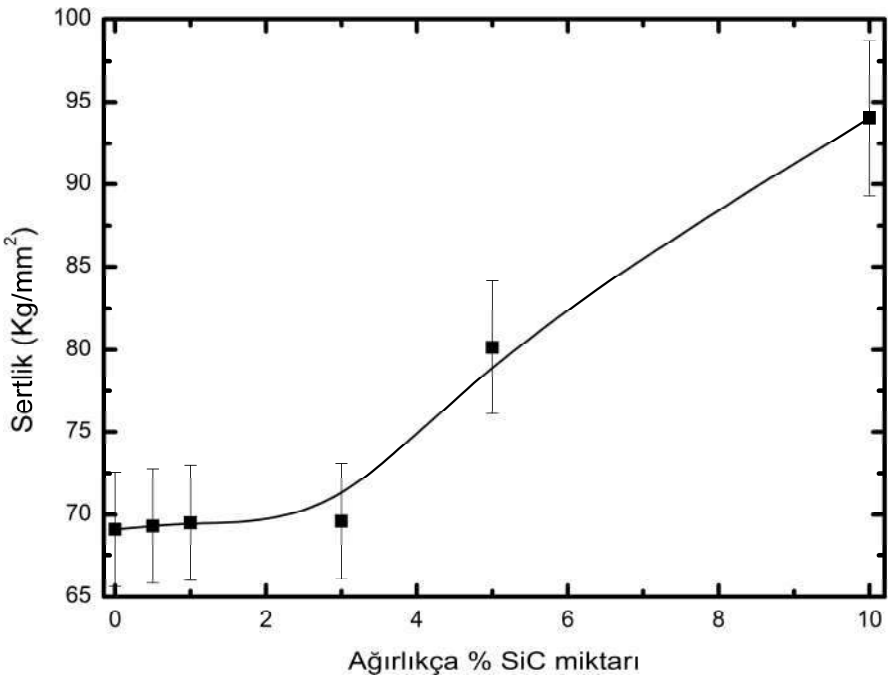


Şekil 2. Örneklerin optik mikroyapı resimleri; (a) Katkısız çelik, (b) %0.5, (c) %1, (d) %3, (e) %5 ve (f) %10 SiC takviyeli çelik kompozit.

Tablo 2'de ve Şekil 3'de katkısız ve SiC takviyeli çelik kompozit örneklerin sertlik ölçüm sonuçları verilmektedir. Bu yapılar daha öncede bahsedildiği gibi yoğunluğu düşürmesine karşın katkı miktarının artmasıyla sertlik artışının meydana gelmesi bir tezatlık gibi düşünülse de katkı oranının arttırılmasıyla sertlik miktarındaki artışın ana sebebi seramik malzemenin yapısının daha sert olması ve numunenin sinterleme işleminde daha kararlı yapıların ortaya çıkması ile bu durum açıklanabilir. Partikül dağılımının ve partikül boyutunun, kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde belirgin etkileri olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Kümelenmiş SiC parçacıkları ile birlikte var olan boşluklar ve büyük boyutlu SiC parçacıkları etrafında önceden var olan çatlaklar olarak ele alınabilir [9-10]. Bu parçacıklar, herhangi bir yükü yumuşak matristen sert takviyelere transfer edemezler ve böylece kompozitlerin bozunmuş mekanik özelliklerine yol açarlar. Bu durum numunelerde standart sapmaların temel nedeni olarak görülebilir. Genel olarak, partikül büyüklüğü dislokasyonları güçlendirme mekanizması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir, ancak yük transfer kuvvetlendirme mekanizması üzerinde neredeyse hiçbir etkisi yoktur [11-12].

Tablo 2. Farklı oranlarda SiC katkılı çelik örneklerin sertliklerinin değişimi.

SiC Takviye miktarı	Sertlik 1 (kg/mm²)	Sertlik 2 (kg/mm²)	Sertlik 3 (kg/mm²)	Sertlik 4 (kg/mm²)	Sertlik 5 (kg/mm²)	Ortalama	Standart Sapma
%0	73,3	70,6	68,1	66	67,5	69,1	± 4,38
%0,5	66,3	69	72,5	72	66,7	69,3	± 2,9
%1	65,9	66,7	66	70,5	78,4	69,5	± 1,97
%3	66	72,8	66,1	69,8	73,3	69,6	± 3,5
%5	88,4	84,4	84,7	66	77,2	80,14	± 8,4
%10	78,2	101,7	100	90,8	99,4	94,02	± 21,6



Şekil 3. Katkısız ve SiC takviyeli çelik kompozit örneklerde sertlik değişimi.

4.ı Sonuç

Toz metalurjisi yöntemiyle çelik SiC kompozitler üretilmiştir. SiC parçacıkların ağırlık oranlarındaki değişime bağlı olarak metal matrisli kompozitlerin yoğunluğunda, gözenekliliğinde ve sertliğinde değişim olduğu tespit edilmiştir. Deneysel verilere göre en yüksek sertlik değeri %10 SiC içeren numunelerde elde edilmiştir.

5.1 Referanslar

[1] S.K.Mukherje, G.S.Upadhyaya, "Effect Of Milling Variables on Powder Character and Sintering Behavior of 434L Ferritic Stainless Steel-Al2O3 Composites" Inter. J of Pow. Metall. 19(4), 1983.

[2] S.Lal, G.S.Upadhyaya, "Modern development in powder metall." Vol 18, 1988.

[3] J.Jain, A.M. Kar and A. Upadhyaya, "Effect of YAG addition on sintering of P/M 316L and 434L stainless steels", Mater. Lett., 58, 2004

[4] F.Velasco, W.M.Lima, N.Anton, J.Abenojar, J.M.Torralba, "Effect of intermetallic particles on wear behaviour of stainless steel matrix composites", Tribology Int. 36, 2003.

[5] S.N.Patankar, M.J.Tan, "Role of reinforcement in sintering of SiC/316L stainless steel composite", Powder Metal. 43(4), 2000.

[6] J.Abenojar, F.Velasco, J.M.Torralba, J.A.Bas, J.A.Calero, R.Marce, "Reinforcing 316L stainless steel with intermetallic and carbide particles", Mater. Sci. Eng. A vol 335, 2002.

[7] Y.G. Xu, N. Li, Y.H. Wen, X.G. Chen J. Alloys Comp., 539 pp. 36–39, 2012.

[8] B.F.O. Costa Cieslak, S.M. Dubiel J. Alloys Comp., 492, pp. L1–L4, 2010

[9] N. Chawla, J.J. Williams, R. Saha, J. Light Metals 2 (2002) 215–227.

[10] F. Tanga, H. Meeks, J.E. Spowart, T. Gnaeupel-Herold, H. Prask, I.E. Anderson, Mater. Sci. Eng. A 386 (2004) 194–204

[11] A. Slipenyuk, V. Kuprin, Y. Milman, J.E. Spowart, D.B. Miracle, Mater. Sci. Eng. A 381 (2004) 165–170.

[12] Y.W. Yan, L. Geng, A.B. Li, Mater. Sci. Eng. A 448 (2007) 315–325

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tabanlı Paydaşlar Arası İşbirliği Çerçevesi

Building Information Modeling (BIM) Based Stakeholder Cooperation Framework

Furkan YURDAKUL[1]
Zeynep IŞIK[2]
[1]Metro İstanbul A.Ş., İstanbul, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,

Özet

Yapı Bilgi Modellemesi, bilgi teknolojilerinin, yapı sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulmasına, modellere zaman verisi girilmesiyle 4B, nesnelere maliyet verisi yüklenmesi ile 5B, enerji analizi verilerinin girilmesi ile 6B, işletme parametrelerinin eklenmesi ile 7B haline gelmesine imkân veren sisteme verilen isimdir.

Farklı hedeflere ulaşmak için kullanılacak BIM sisteminin ana amacı departmanlar arasında iletişim ve işbirliğini arttırmaktır. Buna göre proje boyunca üretilecek bilgilerin tek bir sayısal ortamda toplanması ve belgelerin aynı veri tabanından besleniyor olmasına azami özen gösterilmesi gerekmektedir.

BIM sisteminin sadece tasarım aşaması ile sınırlı kalmayacağı, ilerleyen süreçlerde yapım ve işletme aşamaları da düşünülerek inşaat sürecine doğrudan etki eden bütün paydaşların koordinasyonundan ortaya çıkacak çok fonksiyonlu sürdürülebilir işbirliği sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, paydaşların belirlenmesi, ilgi ve etki alanlarının değerlendirilmesi, iletişim yönetiminin irdelenmesi, paydaş katılımının sağlanması gibi süreçler bütünleşik bir yapıya getirilerek sürdürülebilir paydaş yönetimi için işbirliği çerçevesi geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler:

Yapı Bilgi Modellemesi, Paydaş Yönetimi

Abstract

Building Information Modeling is the name given to the system which allows the information technologies to be adapted to the building sector by creating a 3D parametric and object-based model, by entering the time data into the models 4B, by loading the cost data to the objects, by entering the 5B, energy analysis data and 6B by adding the operating parameters. .

The main purpose of the BIM system to achieve different goals is to increase communication and cooperation between departments. Accordingly, maximum attention should be paid to collecting the information to be produced throughout the project in a single digital environment and feeding the documents from the same database.

It is aimed to provide multifunctional sustainable cooperation that will arise from the coordination of all the stakeholders that directly affect the construction process in the future. In this context, processes such as identifying stakeholders, evaluating interest and impact areas, examining communication management, ensuring stakeholder participation have been integrated into an integrated structure and a framework for sustainable stakeholder management has been developed.

Keywords:

BIM, Stakeholder Management

1. Giriş

Yapı bilgi modellemesi, bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin sayısal ortamda dijital bir temsilidir ve yaşam döngüsü boyunca tesis hakkında verilecek kararlar için güvenilir temel oluşturan bir bilgi kaynağıdır [1].

Mayo vd. [2], BIM süreçlerinin benimsenmesi ve olgunlaştırılmasında tesis sahiplerine yardımcı olmak için BIM'i zorunlu kılan işveren oranlarını, BIM çıktıları için hangi gerekliliklerin ortaya konduğunu ve bunların inşaat sonrası aşamada işletme ve bakım için kullanılıp kullanılmadığını araştırmıştır. Birlikte çalışabilirlik eksikliği, teslim gereksinimlerinin yanlış anlaşılması ve BIM kullanımı için gereken yazılım bilgisi eksikliği nedenlerinden dolayı işverenlerin BIM olgunluğu için henüz erken olduğunu ve BIM tecrübesine sahip olanların bile tesis yönetimi için BIM'in inşaat sonrası aşamalarını kullanmadığını göstermişlerdir.

Porwal ve Hewage [3], BIM'in bir ortak çerçevesi aracılığıyla BIM'in benimsenmesini ve inşaat süreci için ortak bir BIM modelinin geliştirilmesini kolaylaştıran bir yaklaşım üzerinde çalışarak inşaat projelerinde "en iyi değeri" sağlamak için "BIM ortaklığına dayalı" strateji önermişlerdir. Bu sayede, daha fazla üretkenlik, daha iyi koordinasyon, daha az hata ve daha az revizyon yapılacağından bahsedilmiştir.

Literatürde paydaşlar için planlama ve tasarım yönetimi konusundaki işbirliğinin sağlanması ile ilgili parametrelerin ayrı ayrı ele alındığı veya paydaş yönetimine teknik yaklaşımla yöntemleri araştıran bir takım çalışmalar bulunmakla birlikte, planlama ve tasarım yönetimi açısından tüm aşamalarının bütünleşik biçimde yönetsel açıdan ele alındığı koordinasyonu kolaylaştırmayı ve etkin kılmayı hedefleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu anlamda söz konusu çerçeve tüm paydaş yönetimi aşamalarını ve bu aşamalarda yer alabilecek parametreleri içinde barındıran özgün kavramsal bir çerçeve ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir paydaş yönetimi aşamalarının birbirinden ayrı ele alındığı çalışmalarda uygulamaya dönük disiplinler arası etkileşimler göz önünde bulundurulmazken, bu çalışmada bütün paydaşlar arasındaki ilişkiler ele alınmaktadır. Bu sayede, "iş birliği düzeyi"ne etki eden "koordinasyon düzeyi"ni oluşturan parametrelerin birbirlerini ne derecede etkiledikleri ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, paydaşlar arası koordinasyon sürecinde ortaya çıkan problemlere ait bilgiler literatür taraması ile bir araya getirilmiştir. Literatür çalışması, sonraki çalışmalarda geçerliliği veri analizi ile sınanacak "işbirliği çerçevesi" için bir altlık oluşturmaktadır.

Çok paydaşlı bir yapısı olan işbirliği koordinasyonunda her paydaş yönetimi parametresi ile ilgili ortaya çıkabilecek durumun çözümünden sorumlu yazılımlar bu anlamda birbirleriyle etkileşim halindedirler. Diğer önemli bir nokta, bu yazılımlarla yapılacak uygulamalar, tüm paydaş davranışlarını etkileme olasılığının çok yüksek oluşudur. Literatür çalışmaları incelendiği zaman geliştirilen modellerde sınırlı sayıda paydaş yönetimi uygulamaları yer almış veya BIM çerçevesinde geliştirilmemiştir. Oysaki birbiriyle etkileşim halinde olan bu paydaşların uygulama planında yer alan görevlerin dağılımı sırasında ilişkilerinin simüle edilmesi ve bu simülasyon sonunda gerekli koordinasyonun sağlanması için en uygun yazılımların seçilmesi iş akışı planının uygulanabilirliğini artıracağı gibi ileri safhalarda meydana gelecek problemleri de önleyecektir. Bu çerçevede bütün paydaşların bütünleşik olarak ele alındığı bir model paydaşların aralarındaki etkileşimin tanımlanması ve aralarındaki iletişim ortamında geçerli olan kuralların belirlenmesinde önemli bir yol gösterici olacaktır. Çalışma kapsamında yapılacak araştırmalar neticesindeki bilgilere dayalı, bir yaklaşım çerçevesi oluşturulacak ve sonrasında bu çerçeve, çeşitli yazılımlar aracılığıyla bütüncül

bir işbirliği platformunun oluşturulması sağlanacaktır. Paydaşlar arasındaki iletişim ve sorumluluk ortamı geliştirilerek iş akışı planları çerçevesinde nD sürecine etkileyecek olası durumların önüne geçilecektir.

Bu anlamda, öne çıkan koordinasyon problemini meydana getiren parametreler dâhilindeki sorunlar için (BIM yazılımları ile ilişkilerin gözden geçirilmesi suretiyle paydaş yönetimindeki tüm sürecin) bütünleşik bir işbirliği platform oluşturmaya yönelik benzer bir çalışma bulunmağından araştırma konusu olan "Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tabanlı Paydaşlar Arası İşbirliği Çerçevesi", BIM ile işbirliği sürecinin tanımlanması ve uygulamasına yönelik çok yönlü yapısı sayesinde bu alandaki eksikliği gidermek için literatüre önemli katkılar sağlayacak niteliktedir.

2. Yöntem

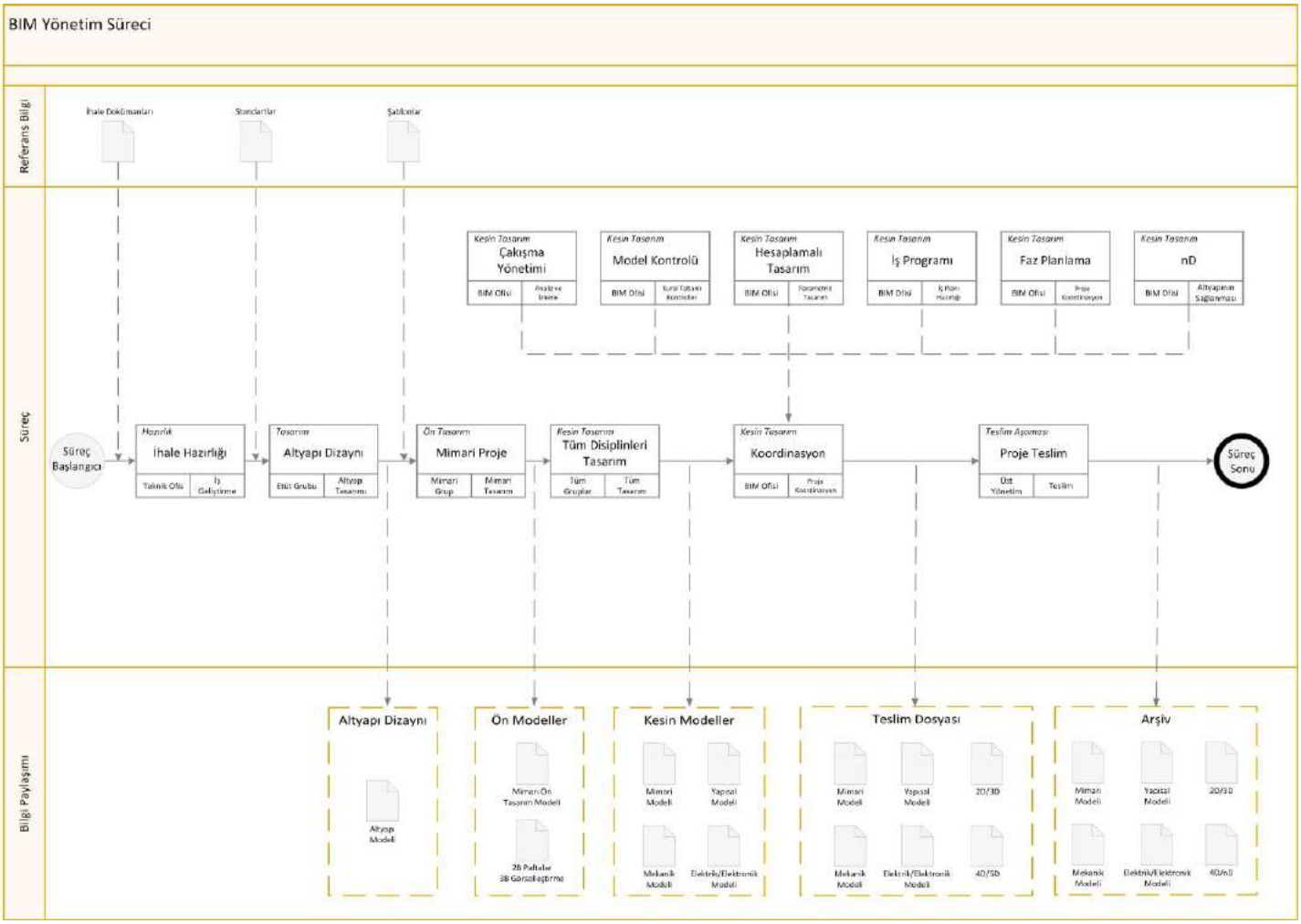
Önerilen BIM tabanlı işbirliği çerçevesi, projelerde görev alacak ilgili paydaşların rolünü ve sorumluluğunu, inşaat öncesi, sırası ve sonrası aşamaları göz önünde bulundurarak belirleyen, tüm bu parametrelerin koordinasyonundan ortaya çıkacak bir işbirliği çerçevesini uygulamaya dönüştürecek hızlı ve etkin bir platform olma niteliği taşımaktadır. Çalışma yöntemsel olarak üç aşamadan oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci aşamasında literatür araştırması sonucunda BIM olgunluğu için gerekli olan faktörler elde edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise elde edilen faktörler arasından BIM'in benimsenmesi için önem derecesi yüksek olan "paydaşlar arası birlikte çalışabilirlik/işbirliği" geliştirilmiştir. Çalışmanın güvenilirliğini ve geçerliliğini ortaya çıkarmak için Liang vd. [1], Wang ve Chien [10], Chen [11], Özorhon [12], Meng vd. [13], Morlhon vd. [14], Nawari [15], Nawari [16] ve Giel ve Issa [17] ve Aladag vd. [18] literatür incelemeleri sonucu elde edilen veriler çerçevesinde üçüncü aşamada geliştirilen teorik çerçeve girdilerini oluşturulmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise bir önceki aşama sonunda elde edilen verilerden yararlanarak tespit edilen işbirliği problemlerinin çözümü için geliştirilen BIM tabanlı işbirliği çerçevesi Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu platform literatür taraması ile elde edilen çerçeve girdilerini tüm paydaşlara en doğru ve uygulanabilir şekilde ileterek BIM tabanlı olarak geliştirilen iş birliği çerçevesi ile tüm paydaşların bütünleşik olarak çalışması sağlanmıştır.

- 3D Model Oluşturulması: Bu hedefe bağlı olarak, üst ve alt yapıyı planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için akıllı model tabanlı çok disiplinli işbirlikçi tasarım süreçlerinin izlenmesidir. Genişletilmiş bir proje ekibinin üyeleriyle çalışılarak ve birden fazla proje katılımcısının merkezi olarak paylaşılan modellere erişebilerek olası çakışmaların azaltılmasına yol açarak disiplinler arası daha iyi bir koordinasyon sağlanmasıdır.
- Çakışma Analizlerinin Yapılması: Çakışma tespiti ve model koordinasyonu yapılarak inşaat süreci öncesi çakışma problemlerini önceden tespit edilerek olası iş gücü, ekonomik ve zamansal kayıpların en aza indirilmesi ve çakışmaları yönetmek için disiplinler arası koordinasyon hususunda metinsel yorumlar, ekran görüntüleri ile iletişimi sağlamanın yanı sıra modeldeki sorunların yerini bulmak otomatik konumlandırmalar sayesinde birlikte çalışabilirlik en üst seviyeye çıkarılmasıdır.
- Çakışmaların Kontrol Edilmesi: Çakışmaları yönetmek için disiplinler arası koordinasyon hususunda metinsel yorumlar, ekran görüntüleri ile iletişimi sağlamanın yanı sıra modeldeki sorunların yerini bulmak suretiyle herhangi başka bir programda otomatik olarak konumlanarak programlar arası çalışabilirliğin en üst seviyeye çıkarılmasıdır.
- Model Kontrollerinin Yapılması: İnşaat öncesi süreçte tasarımsal sorunları bularak görselleştirilmesi sağlanır. İlave çakışma kontrollerinin yanı sıra özelleştirilmiş kurallar aracılığıyla tasarım sorun ve eksiklerinin kontrolleri sağlanır. Örneğin, model revizyon karşılaştırması, yapı erişebilirlik kontrolü, yapı kaçış mesafe kontrolü, iç tefriş elemanları ile cephe elemanlarının birlikte çalışabilirliğin denetlenmesidir.
- Hesaplamalı Tasarımların Yapılması: Geliştirilen isimlendirme sisteminin tasarım sürecini hızlandırmak ve verimliliği artırmak için tekrarlanan görevleri otomatikleştirerek iş akışında yer alan her bir model elemanına otomatik olarak aktarılır.
- İş Planının Hazırlanması: Tüm paydaşların çalışmayı verimli bir şekilde kolayca yürütülmesine yardımcı olması amacıyla iş aktiviteleri, süreler ve aktiviteler arası ilişkiler belirlenerek iş programı hazırlanmasıdır.
- Dokümantasyon: Tüm çizim, belge ve modellerin istenilen yerde yayınlanmasına, yönetilmesine, incelenmesine ve onaylanmasını sağlayan içerik yönetim sistemi kullanılmasıdır.
- İletişim Platformunun Sağlanması: Çalışma alanları oluşturma, görev atamaları, akıcı iletişim sağlanması, dosya paylaşımı gibi süreçleri takip edecek iletişim yönetimi platformu kullanılmasıdır.
- Simülasyon Yapılması: Birlikte çalışabilir dijital teknoloji ile BIM modeli ve iş planı otomatik eşleştirme yapılarak tüm paydaşlara açık, işbirlikçi ve verimli planlama ve karar verme süreçlerine etki edecek 4D simülasyonu oluşturulması ve simülasyon üzerinden süreci analiz etme, düzenleme, raporlama ve yönetme ortamı sağlanmasıdır.
- Proje Yaşam Döngüsü Verilerinin Sağlanması: Modelin zaman, metraj, yapım ve işletme gibi süreçlerdeki kullanımına dönük gerekli altyapının sağlanmasıdır.
- Modelin tasarım sonrasında projenin yapım ve işletme süreçlerinde de kullanılacağından uluslararası COBie (Construction Operations Building Information Exchange) kodlarının (Malzeme yapısal özellikleri (yangın dayanım değerleri vb.), malzeme cinsi, malzeme ömrü, imalat veya montaj tarihi, bakım periyodu, poz numarası, birim fiyat vb. tüm teknik veriler) ile her elemanın fiziksel parametrelerini (boyut, tip, vs.), mekan bazlı parametrelerini (kat, kot, seviye, vs.) model üzerinde tanımlanmaya uygun şekilde geliştirilmesidir.



Şekil 2.1 BIM Yönetimi Süreci

Buradaki amaç, Bina Bilgi Modellemesinin (BIM) kullanımının artmasıyla, 3D BIM modelinde depolanan bilgilerin boyutlarının artması ile nD model sürecine geçişte bilgi üreten model sürecini paydaşların birliği ile etkili bir şekilde geliştirmek ve BIM sisteminin sadece tasarım aşaması ile sınırlı kalmayacağı, ilerleyen süreçlerde yapım ve işletme aşamalarında da kullanılacağı düşünülerek bu konudaki farkındalığı artırmaktır.

3. Bulgular ve Tartışma

Travaglini vd. [4] çalışmalarında proje başarısı, büyük ölçüde paydaşların memnuniyetine bağlı olduğundan paydaş yönetimi en önemli proje kritik başarı faktörlerinden birisi olduğunu belirtmişlerdir.

Ding vd. [5] çalışmalarında tasarımcı, yönetici, yüklenici, işveren ve işletmeci gibi farklı paydaşlar tarafından planlama ve tasarım aşamalarında tasarım revizyonu için BIM'in kullanımının gerekliliğini ifade etmektedir. Bir inşaat projesinin paydaşları için tek amacın ekonomik kazanç olmadığı tüm paydaşlar inşaat kalitesinden sorumluğu olduğu belirtilmiştir.

Azhar [6] çalışmasında BIM'i tüm paydaşların daha doğru bir şekilde işbirliği yapmasına olanak tanıyan, tek bir sanal model içinde bir tesisin tüm yönlerini, disiplinlerini ve sistemlerini kapsayan sanal bir süreç olarak tanımlayarak geleneksel yöntemleri kullanmaktan daha verimli olduğu belirtilmiştir. Ekip üyeleri projenin özelliklerine ve tasarım değişikliklerine göre modelin ilgili kısımlarının sürekli olarak revize edilmesi projenin fiziksel olarak en yüksek mertebede doğru modellenmesine imkan sağlayacağı açıklanmıştır.

Azhar [6] çalışmasında BIM'in, proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında atıkları azaltmak ve verimliliği optimize etmek için insanları, sistemleri ve iş yapılarını ve uygulamalarını ortak bir sürece entegre etmek için yeni bir proje yaklaşımı olan entegre proje sunumu kavramını desteklediğini belirtmiştir. BIM'in kullanımı hızlanırken, proje ekipleri arasındaki işbirliğinin artması, karlılığın artırılması, maliyetlerin düşürülmesi, daha iyi zaman yönetimi ve müşteri ilişkilerinin geliştirilmesi ile sonuçlanarak BIM'in artan kullanımının AEC endüstrisinde işbirliğini artıracağı ve parçalanmayı azaltacağı ve sonuçta daha iyi performansa ve minimize edilmiş proje maliyetlerine yol açacağı ifade etmiştir.

Ivson vd. [7] çalışmalarında modern inşaat projeleri, maliyetler ve süreler bakımından büyük ölçekli mühendislik girişimleri olduğundan inşaat

yapılarındaki büyüklük ve karmaşıklık, çeşitli mühendislik uzmanları ve paydaşlar arasında sıkı bir koordinasyon olması gerektiğinden bahsetmiştir.

Gallaher vd. [8] çalışmalarında, mevcut iş faaliyetlerinin ve maliyetlerin, sorunsuz bilgi akışının olduğu ve gereksiz veri girişi olmadığı varsayımsal senaryolarla karşılaştırılarak birlikte çalışmanın yetersizliğinden kaynaklanan gereksiz bilgisayar sistemleri, etkin olmayan iş süreci yönetimi, gereksiz bilgi teknolojileri destek personeli, verilerin manuel olarak tekrar girilmesi, bilgi yönetimi talebi, boşta çalışanlar ve diğer kaynaklar gibi maliyetleri belirlemiştir.

Yukarıdaki literatür taramalarından da anlaşıldığı gibi inşaat endüstrisi, bir projeyi gerçekleştirmek için birlikte çalışan mimarlık, mühendislik ve inşaat paydaşlarından oluşmaktadır. Ayrı ayrı gözüken bu paydaşları tek bir endüstriye entegre ederek, mimarlar, mühendisler ve yükleniciler ortak bir hedefe ulaşmak için daha verimli çalışabilirler.

İnşaat endüstrisini oluşturan paydaşlar ilgili sektörün standart ve uygulamaları genellikle karmaşık bir yapıdadır. İnşaat sürecinin her bir bileşeni geniş bir kapsama sahiptir ve bu nedenle bu ayrı bileşenler arasındaki standartları düzene sokmak güçtür. Bu endüstrideki her bir bileşen farklı terminoloji kullanmaktadır. Bununla birlikte, örneğin, bir mimarın aynı proje kullanımları için bir mühendisin terminolojisine dair temel bir anlayışa sahip olması önemlidir.

Bilgisayar destekli tasarım, inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. CAD, mimarlar, mühendisler ve yüklenicilerin iki ve üç boyutlu modelleri oluşturmak ve görüntülemek için kullandıkları bilgisayar destekli bir yapı modülasyonudur. İnşaat endüstrisi aynı zamanda dört boyutlu modeller yaratabilen yeni bir bilgisayarlı modelleme sistemi olan yapı bilgi modellemesi kullanır. Bu yazılım araçları inşaat endüstrisindeki verimliliği büyük ölçüde artırabilir, ancak sürecin karmaşıklığı nedeniyle doğru araçların seçimi önem teşkil etmektedir.

İnşaat projelerinde işbirliği sorunları yaşanmaktadır. En küçük ölçekli projelerde bile ciddi işbirliği zorluklarıyla uğraşmak için çaba gösterilmektedir. Bir inşaat projesi, mimarlar, farklı tipte mühendisler ve genel yüklenici ve alt yükleniciler ağı gibi farklı inşaat profesyonelleri ekiplerinin işbirliği ile başarı ile tamamlanabilir.

Birçok inşaat projesinde aşağıdaki gibi işbirliği sorunları mevcuttur:

Gerçek koordinasyon iş akışının eksikliği: Paydaşlar, çalışmalarını koordine etmeden sadece tasarımlarını göstermek için devam eden belgeler paylaşılmaktadır.

Veri dönüşümü sırasında kaybolan bilgiler: Koordinasyon için yerel dosyadaki verilerin diğer paydaşların ortamında açılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Paydaş verilerinin yorumlanması: Veriler sadece yorumlama için belirlenmiş bir iş akışı olduğunda gerçek bilgi haline gelir.

Başkaları tarafından oluşturulan yapı verilerinin sınırlı kullanımı: Tek bir ticari platformunda oluşturulan tasarım bilgilerinin diğer ticari yazılım ortamlarına entegre edilememektedir.

Paydaşlar arasındaki tasarım değişikliklerinin eksik takibi: Koordinasyon tek seferlik bir veri değişimi değil, sürekli çift yönlü bir süreçtir.

Paydaşlar için genel koordinasyon ortamının eksikliği: Koordinasyon ideal olarak çakışma analizi, metraj ve inşa edilebilirlik sorunları gibi tüm ilgili faaliyetleri içerir.

Yapım işi için ayrıntılı model eksikliği: İnşaat sürecinin bir takım şematik çizimlere göre planlanarak yapılmaya çalışılması 2 boyutlu çizimleri üretme anlamında koordinasyon ve zamansal problemlere yol açar.

İşbirliği sorunlarına yönelik çeşitli yaklaşımlar

Paydaşlar arasındaki koordinasyon konusunda geleneksel yaklaşımlardan kağıdın dijital eşdeğerleri olan 2B DWG ve PDF tabanlı işbirliği iş akışları ile günümüzde hala popüler bir uygulamadır.

Model tabanlı tasarım (BIM) ile işbirliği, çok daha zengin bina bilgi modeli verileriyle yeni bir döneme geçilmiştir. BIM modelleri ile gerçek model tabanlı işbirliği için talep, artan şekilde devam etmektedir. Burada, iki farklı yaklaşım ortaya çıkmıştır. İlki, işbirliğinin aynı yazılım çözümünün farklı dallarını kullanarak gerçekleştirildiği yaklaşım, diğeri ise farklı yazılım çözümlerinin model tabanlı işbirliğinin temelini oluşturduğu yaklaşımdır [9].

Geleneksel yaklaşımın özellikleri

Disiplinler arası işbirliği için geleneksel yaklaşım, genel olarak kağıt, DWG veya PDF veya başka bir 2B formu dahil olmak üzere her türlü 2B işbirliğini ifade etmektedir. Bu yaklaşım aşağıdaki gibi karakterize edilebilir:

Sınırlı koordinasyon iş akışı: Tüm iş akışı, manuel çalışma ve taraflar arasındaki işbirliğinin istekliliği üzerine çok fazla bağlıdır

Verilerin yavaş dönüştürülmesi: Tüm iş akışı, eksik ara biçimlere dayandığından, veri dönüşümü ciddi bilgi kaybına neden olmaktadır.

Diğer paydaşların verilerinin kullanılamaması: Dokümantasyon kurallarındaki farklılıklar nedeniyle alınan 2D veriler pratik olarak fazla kullanılamamaktadır.

Kapsamlı bir koordinasyonun olmaması: İş akışının 2D yapısı gereği, proje tek bir entegre ortamda koordine edilememektedir.

Modern yaklaşım özellikleri

İlk yaklaşımda, model tabanlı (BIM) işbirliğine yönelik önemli yaklaşımlardan biri, aynı ürün ailesinin farklı dallarının ikili uyumluluk sağlamak için kullanılmaktadır. Bu veri seviyesindeki uyumluluk kendi başına koordinasyon iş akışında ciddi boşluklar bırakabilir:

Veri dönüşümü olmaması: Bu yaklaşım, veri dönüşümünün tamamen ortadan kaldırılması nedeniyle tüm koordinasyon sorununun çözüldüğüne dair güçlü bir göstergedir. Fakat, veri formatları ne olursa olsun, diğer paydaşlar, farklı bina yapıları üzerinde ayrı bir anlama sahiptir,

bu da koordinasyonun iş akışı seviyesinde ele alınması gereken bir durumdur.

Diğer paydaşların verilerinin sınırlı kullanımı: platform yaklaşımı, paylaşılan bir BIM modeli için geçerli olsa da, farklı işlemlerin farklı gereksinimleri, bu tür entegre yaklaşıma izin vermez. Bu anlamda bir platform çözümü diğer çözümlere kıyasla avantaj getirmemektedir.

Uyumluluk konuları: Platform yaklaşımının tam kullanımı için tüm senkronizasyonların, tüm paydaşların sadece aynı platformda değil aynı zamanda aynı yazılım versiyonunda da olması gerekmektedir. Bu, katılımcılardan herhangi biri, proje ve bilgi teknolojileri programı ile farklı bir organizasyona ait olması durumunda kolayca problem oluşması kaçınılmazdır.

İkinci yaklaşımda, model tabanlı işbirliğine yönelik diğer önemli yaklaşım, karmaşık paydaş ve proje yapılarının tam olarak uygulandığı açık işbirliği iş akışlarından oluşmaktadır. Bu yaklaşım, iletişimi veri seviyesinden iş akışı seviyesine kadar yükselterek, verilerin orta veya yüksek düzeyde bilgi taşıyan bir araç olmasını sağlamaktadır. Bu yaklaşımda, paydaşlar belirli bir yazılım tercih edilmeden profesyonel uzmanlıklarına göre belirlenebilir.

Sistem bağımsızlığı: İsminden yola çıkarak açık iş akışları, model bazlı işbirliğinin faydalarını kaybetmeden kendi amaçları için en iyi araçları bir araya getirme seçeneğiyle farklı işlemlerde bulunurlar.

BIM proje verilerinin bütünlüğünü ve sahipliği: Farklı paydaşların, kendi tasarım verilerinin sahipliğini ve sorumluluğunu sürdürmesi gerekmektedir. Açık işbirliği iş akışları ile paralel veri yapıları geliştirilmekte ve koordine edilmektedir.

İş akışı şeffaflığı: Açık işbirliği, şeffaf protokoller aracılığıyla elde edilen iş akışı uyumluluğunu ve bağlanmaya karar veren herhangi bir çözüme açık bir arayüz sağlamak için verilerin yorumlanmasını gerektirir.

BIM tabanlı iş birliğinin faydası

Katılımcı sağlayıcılar tarafından geliştirilen çözümlerin iş birliği gerekliliklerine uyduğunu ve BIM yazılımlarını diğer uygulamalarla işbirliği yapmak için seçmelerini gereksiz sınırlamalar getirmeyeceğini garanti eder. Proje paydaşları, belirli BIM projelerinden dışlanma riski olmadan, kendi alanlarının en iyi çözümü ile çalışabilirler. Proje paydaşları, katıldıkları farklı projelerde diğer paydaşlardan bağımsız olarak yazılım güncellemeleri üzerinde tam kontrol sağlayabilirler. İş akışı entegrasyonu, farklı yazılım araçlarının tamamen dosya uyumluluğu açısından büyük ölçüde azaltılmış koordinasyon hatalarıyla sonuçlanır. Açık standartlar nedeniyle BIM verilerinin erişilebilirliği, inşaat ve işletme de dahil olmak üzere yapıların tüm yaşam döngüsü için iş birliği sağlanır. Daha iyi koordine edilmiş projeler için açık işbirliği iş akışları teşvik etmektir. Bu hedef, öncelikli olarak, net tanımlamalar, özel gereksinimler ve uygulamaya yardımcı olmak için en iyi yazılımlar ile desteklenen, genel olarak kabul edilebilir bir şekilde BIM süreçlerine katkı sağlar.

Yapı malzemeleri ve teknolojisindeki azalan farklar ile, binaların "sürdürülebilirlik" gibi özgün tasarım eklenmiş etiketlerinin yanında, pazardaki potansiyel proje değerini büyük ölçüde artırabilir. Proje iş birliği çerçevesi kullanılarak oluşturulduğunda yapı sahipleri, işletmeci ve kiracıları dijital yapı modelini daha fazla yararlanma şansına sahip olacaklardır. Dünyanın bir çok yerindeki organizasyonlar yukarıda özetlenen sebepler nedeniyle işbirliği sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Pek çok durumda açık işbirliği iş akışı dahil olmak üzere bunları ele almak için farklı işbirliği stratejileri kullanılmıştır. İş birliği ile daha koordineli, daha az hatayla ve daha yüksek kalitede inşaat projeleri yapılmasına yol açar.

BIM tabanlı iş birliği çerçevesi kapsamında aşağıdaki hususlara uymaya dikkat edilmelidir:

İnşaat endüstrisi için yazılım geliştiricisi olarak BIM çözümlerine katkı sağlanmalıdır.

IFC koordinasyon görüş standartları desteklenmelidir.

BIM iş birliği yaklaşımının üstünlüğü kamuoyu ile paylaşılmalıdır.

İnşaat süreci boyunca BIM işbirliği iş akışları kullanılarak tam olarak koordine edilmeli ve bilfiil geliştirilmelidir. Paydaşların BIM yazılımı ne olursa olsun, modele dayalı koordinasyon iş akışını diğer paydaşlarla gerçekleştirmeyi taahhüt etmelidir.

Kullanılan BIM yazılımı ne olursa olsun projeye katılmak için eşit fırsat sağlanmalıdır.

Açık standartlara ve iş akışlarına dayalı binaların işbirlikçi tasarımı, gerçekleştirilmesi ve işletilmesi için evrensel bir yaklaşım benimsenmeli ve bu sürece katkıda bulunulmalıdır [9].

4. Sonuç

BIM ile yürütülmesi zorunlu hale gelmesi ve standartların geliştirilerek BIM uygulamalarında itici güç teşkil etmesi ile birlikte, BIM konusundaki çalışmalar günden güne artmaya devam etmektedir. Planlama ve tasarım aşamasında işbirliği BIM model koordinasyonu doğru kurgulandığında tüm paydaşların bir arada çalışmasına dayalı bir sürecin oluşturulması, konu ile ilgili çok sayıda farklı bakış açılarına ve amaçlara sahip çok kapsamlı ve çok katılımlı grupların ilişkileri göz önünde bulundurularak düzenlenmesi, inşaat sürecinde yaşanabilecek olası problemlerin en aza indirilmesi hususunda kritik bir önem arz etmektedir. Literatürde daha önce uygulaması bulunmayan "paydaş yönetiminde BIM aracılığıyla işbirliği çerçevesi" için çok yazılımlı platformun oluşturulması ile paydaşlar tarafından ortaya konulması planlanan görev ve sorumlulukların iş akışı planlarıyla birlikte, sorunun çözümü için etkili ve sürdürülebilir bir çalışma olarak dikkat çekmektedir. Oluşturulan BIM tabanlı bütünleşik işbirliği yönetim modelleme platformunun en önemli getirisi; inşaat sırasında çıkabilecek anlaşmazlıkları ve karışıkları yöneterek ilave işgücü, zaman ve ekonomik etkilerinin en aza indirilmesidir. Ayrıca, ortaya konacak olan verilerin sürekli takibi, süreç içerisinde sisteme entegre edilen yeni yazılım araçları ile modelin güncellenmesi ve güncel verilerle geliştirilecek platform her geçen gün kendisini yenileyecektir. Bu çalışma ile proje paydaşlarına, kullandıkları yazılım aracı ne olursa olsun BIM süreçlerine katılmalarına izin vererek, şeffaf, herkese açık iş akışının BIM tabanlı iş birliği çerçevesi ile etkin bir şekilde uygulanarak önemli ölçüde katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

5. Referanslar

[1] Liang, C., Lu, W., Rowlinson, S. ve Zhang, X., (2016). "Development of a Multifunctional BIM Maturity Model", Journal of Construction Engineering and Management, 142 (11): Technical Notes.

[2] Mayo, G., Giel, B. ve Issa, R.R.A., (2012). "BIM Use and Requirements Among Building Owners", International Conference on Computing in Civil Engineering, 17-20 Haziran 2012, Kunming.

[3] Porwal, A. ve Hewage, K.N., (2013). "Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects", Automation in Construction, 31: 204-214.

[4] Travaglini, A., Radujkovic, M. ve Mancini, M., (2014). "Building Information Modelling (BIM) and Project Management: a Stakeholders Perspective", Organization, technology & management in construction: an international journal, 6 (2): 1058-1065.

[5] Ding, L., Zhou, Y. ve Akinci, B., (2013). "Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD", Automation in Construction, 46: 82-93.

[6] Alzar, S., (2011). "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry", Leadership and Management in Engineering, 11 (3): 241-252.

[7] Ivson, P., (2018). "CasCADe: A Novel 4D Visualization System for Virtual Construction Planning", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 24 (1): 687-697.

[8] Gallaher, M.P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J.L., Jr. and Gilday L.T., (2004). Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry, NIST GCR 04-867 National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.

[9] BuildingSMART, OpenBIM, www.buildingsmart.org, 11 Mayıs 2018.

[10] Wang, C.C. ve Chien, O., (2014). "The Use of BIM in Project Planning and Scheduling in the Australian Construction Industry", International Conference on Construction and Real Estate Management, 27-28 Eylül 2014, Kunming, Çin.

[11] Chen, Y., Dib, H., Cox R.F., Shaurette, M. and Vorvoreanu, M. Ph.D. (2016). "Structural Equation Model of Building Information Modeling Maturity", Journal of Construction Engineering and Management, 142 (9): Technical Papers

[12] Özorhon, B., (2018). , BIM (Yapı Bilgi Modellemesi), 1.Baskı, Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri, İstanbul.

[13] Meng, Y., Li, X. ve Ma, C., (2014). "The Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Based on AHP in the BIM Application Maturity Evaluation", International Conference on Construction and Real Estate Management, 27-28 Eylül 2014, Kunming.

[14] Morlhon, R., Pellerin, R. ve Mario, B., (2014). "Building Information Modeling implementation through maturity evaluation and Critical Success Factors management", Procedia Technology, 16: 1126-1134.

[15] Nawari, N. (2011). "Standardization of Structural BIM", International Workshop on Computing in Civil Engineering, 19-22 Haziran 2011, Miami, Florida.

[16] Nawari, N. (2012). "BIM Standardization and Wood Structures", International Conference on Computing in Civil Engineering, 17-20 Haziran 2012, Florida.

[17] Giel, B. ve Issa, R.R.A., (2013). "Synthesis of Existing BIM Maturity Toolsets to Evaluate Building Owners", International Workshop on Computing in Civil Engineering, 23-25 Haziran 2013, Los Angeles, California.

[18] Aladag H., Demirdögen G. ve Isık Z., (2016). "Building Information Modelling (BIM) use in Turkish construction industry", Procedia Engineering, 161: 174-179.

Şanlıurfa İl Merkezi İçin Geoteknik Veri Bankası

Geotechnical Data Bank For The City Center Of Şanlıurfa

Reşit GERGER[1]
Hikmet TUTAR[2]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye,

Özet

Geoteknik veri bankası; detaylı geoteknik inceleme raporlarının toplatılarak anında ve sonrasında kullanılması amacıyla oluşturulmuştur. Geoteknik veri bankası aynı zamanda bir veri havuzudur. Genelde Türkiye özelde Şanlıurfa ili şehir merkezi için oluşturulan bu veri bankası daha sonra geoteknik haritalamada altlık olarak kullanmak için hazırlanmıştır. Bu program Delphi programlama dilinde hazırlanmıştır. Kamu ve Özel kurumlar tarafından yapılan birçok geoteknik çalışmanın, bu program sayesinde araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından kullanılması için açık erişime sunulması amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler:

Geoteknik veri bankası; Geoteknik harita; Şanlıurfa.

Abstract

Geotechnical database; Detailed geotechnical investigation reports were prepared for the purpose of collecting and using them immediately and afterwards. The geotechnical database is also a data repository. Typically, this data bank was created for Turkey in particular Sanliurfa city center is intended for later use as a base geotechnical mapping. This program is prepared in Delphi programming language. Many geotechnical studies by public and private institutions are intended to be made available to researchers and practitioners for open access to this program.

Keywords:

Geotechnical data bank; Geotechnical map; Sanliurfa.

1. Giriş

Bir çok kurum bünyesindeki veri bankaları sayesinde, diğer kurumlarda bulunan verilerin toplatılarak harmanlaması sonucunda oluşan olan veri havuzlarını kullanmaktadır. Uygulamada çeşitli kurumlardan alınan veriler sisteme tanıtılmaktadır. Tapu Verileri (parsel sorgulama), Adres Kayıt Sistemi (AKS) verileri, kızılaydan kan bilgileri, gıda bankasından itiyaç sahipleri ve ihtiyaç listelerinin kolaylıkla hazırlanmasında kullanılmaktadır. Tapu kadastro genel müdürlüğü tapu kayıtlarına, nufuş işleri genel müdürlüğü verilen web servisleri sayesinde anlık olarak adres bilgilerine ulaşılabilmektedir. Örneğin Milli eğitim bakanlığı öğrencilerin okullara dağıtırken bu adres verilerinden yararlanılmaktadır. Bu bilgilerin vatandaşların veya kurumların ortak kullanımına sunmalarının ne kadar yararlı ve iş gücünü azaltıcı olduğunu günlük hayatımızda görebiliriz.

Son yıllarda kamu kurumları ve özel kuruluşlar tarafından çok sayıda zemin etüdleri yapılmıştır, fakat bu araştırmalar bir araya getirilememiştir. Her yeraltı çalışması, gelecekteki o alanda yapılacak yapı veya zemin inceleme çalışmalarında çeşitli verileri de birlikte üretmiş, başka bir deyişle doğal bir laboratuar oluşturmuş, ancak bu veriler ne kadar resmi prosedürlerden dolayı yapılıp raporlanmışsa da doğru, düzenli ve sistematik biçimde derlenip, belgelenememiş ve herkesin kullanımına açık bir merkezde arşivlenmemiştir. Her birini, laboratuar ortamında yapay yollarla elde etmenin hemen hemen imkansız olduğu bu verilerin büyük çoğunluğu ya kaybolmuş, ya da kişi ve bazı kuruluşların kendilerine özgü arşivlerinde saklı kalmış ve terk edilmeye bırakılmıştır.

Kaybolan ya da arşivlerin dağınık ve yetersiz olmasından dolayı bulunamayan sondajlar tekrar yapılmakta, doğal olarak ekonomik, zaman ve iş kaybı meydana getirmektedir. Söz konusu bilgilerin tipik olarak, farklı organizasyonlar tarafından tutulup, gelişi güzel depolanması nedeniyle, geoteknik raporlardan yararlanması ve istenilen yerler ile ilgili raporların saptanmasında bazı zorluklar yaşandığı görülmektedir. Bu nedenle saha çalışmasına başlamadan büro çalışmasında o saha ve yakın alanlardaki verileri bir araya getirerek yorumlayacak bir programlamaya gerek vardır.

Geoteknik açıdan bir yerin incelenmesine başlamadan o bölgeye ait olan jeolojik veri bankası veya jeolojik haritalar elde edilmesi gerekmektedir. Lokal çalışılacak bölgenin genel olarak jeolojik verileri bize aynı zamanda genel bilgiler sunmaktadır. Ancak bu genel bilgiler, o kadar genel olmaktadır ki; bizim yerel çalışmada istediğimiz verileri karşılamamaktadır. Bu nedenle jeolojik verilerin geoteknik

bir çalışma ile daha detaylı incelenmesi gerekmektedir. Geoteknik verilerin toplanması fikri ilk olarak (Buısson, 1976) tarafından oluşturulmuştur. Sonra Geoteknik veri bankasının kullanımı (Goldberg, 1979) ve (Pollard, 1980) tarafından ele alınarak geliştirilmiştir. En son çalışma ise (Dodagoudar, 2018) ve (Bar, ve ark., 2018) tarafından yapılmıştır.

Günümüzde ise; bir çok yerel yönetim, kent planlamasında önemli rol oynayan kente ait tüm verilerin depolandığı ve kullanıldığı, Kent Bilgi Sistemi'ni (KBS) kullanmaktadır. Kent bilgi sistemi, kentte yaşayanlara ve kent yöneticilerine şehirlerin karmaşık görünen problemlerine karşı güvenilir, sade ve doğru bilgileri sunmaktadır. Kent yapılaşması kentin ticari eğilimi kadar, yerel zemin durumuna bağlı olarak değişmektedir. Kısacası kentin yapılaşması, zeminin rehabilite değeriyle doğrudan ilgilidir (Alkaya, Alkaya, & Çobanoğlu, 2011)

Dünyadaki son depremlerden sonra yapılan saha çalışmaları hasar nedenlerinin başında zemin etkilerini göstermiştir. deprem bölgelerinde bulunan kentlerin, yapı deprem performansı ve risk analizleri için de bu veri bankası gereklidir. Son yıllarda spectral analizlere ve performansa dayalı tasarım yönteminin geliştirilmesine paralel olarak kullanılan zemin yer parametreleri, geoteknik çalışmalar sonucu elde edilmektedir. Geoteknik verilerin toplanıp değerlendirilmesinden sonra, afet planlama, arsa kullanımı gibi verilerin birlikte değerlendirilmesiyle oluşturulacak kent bilgi sisteminin, yöneticiler, uygulayıcılar ve araştırmacılar için kentin problemlerinin çözümünde yararlar sağlayacağı açıktır (Doherty, J. P.,ve ark., 2018).

2. Yöntem

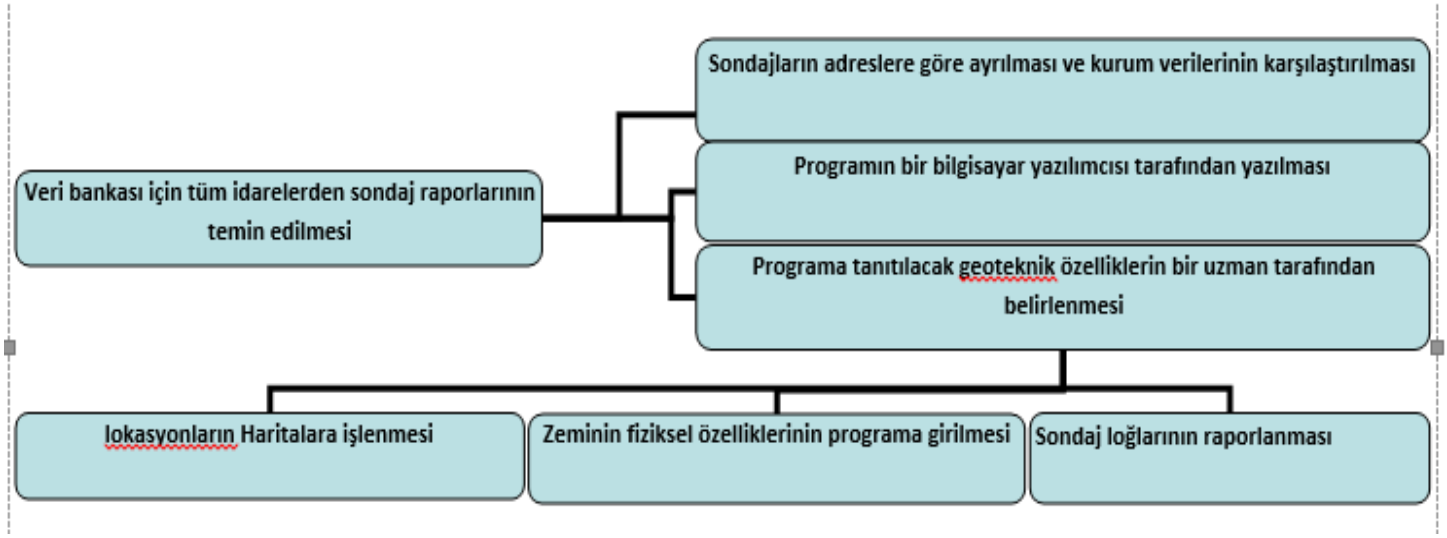
Bu çalışmada, yapılmış olan zemin etüdü raporları değerlendirilerek, sondajlara ait sondaj yerinin koordinatı, yeraltı suyu seviyesi, sondaj derinliği, sondaj boyunca karşılaşılan katman tanımları, sondajda farklı derinliklerden elde edilen Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) darbe sayısı, Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) uç direnci, sondaj derinliği boyunca zemin karotlarından alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri ve bu sondajların yapıldığı yerlerin konumları, bir programda depolanarak, gerektiğinde verilerin raporlanması hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra, zaman ve iş gücü açısından önemli bir problem olan bu verilerin arşivlenmesi, kullanılması ve haritalardaki verilere proje raporları içinde ulaşılması ve uygulamaya aktarılması da, bu çalışmanın kapsamı içinde değerlendirilmiştir. Bu çalışmaların bir geoteknik veri bankasında saklanması, bölge ile ilgilenen birçok kuruluş, mühendis ve Şanlıurfa Belediyesinin yararlanması açısından önem arz etmektedir. Bu geoteknik veri bankası, geoteknik haritalamanın başlangıcını oluşturacaktır. Geoteknik haritalar, zeminde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiş bulunan verilerin, bir sistem dahilinde harita halinde işlenmesiyle oluşmaktadır.

Kamu kurumlarının veya özel şirketlerin tercihlerine göre, sonuçların raporlanmasında farklı formatlar kullanılmış, ancak belirli bir standarda uyulmamıştır. Sondaj yerleri, değişik ölçek ve içerikli haritalar üzerinde gösterilmiştir. Bölgede bugüne kadar, kamu kurumları veya özel şirketlerce birçok sondaj yapılmasına karşın, bu sondajların büyük bir kısmının bilgisi kayıptır. Var olanlar da, klasik arşivleme yöntemine göre saklanmış olduğundan, dosyalara ulaşım zorlaşmaktadır. Dolayısıyla kolay bir şekilde incelenememektedir. Ayrıca hızla gelişen bir iletişim çağında olduğumuzdan ve bu iletişim imkanlarının bütün birimlerde ve alanlarda paralel olması gereğinden dolayı, verileri depolayacak ve istenildiğinde sorgulayacak bir biçimde, belirli bir formatta depolayan ve raporlayan bir programın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Veri bankasının en büyük yararı, çalışma alanının herhangi bir yerinde, zemine ilişkin bilgiye ihtiyaç duyulduğunda, o yerde veya yeterli yakınlıktaki bir bölgede, daha önceden yapılmış sondaj var ise; buna ilişkin bilgilerin alınabilmesidir. Bu çalışma en basitinden doğalgaz veya kanalizasyon maaliyetleri hazırlanırken büyük oranda yardımcı olmakta ve işbitim süreleri hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada verilerin toplanarak sisteme girilmesi ve değerlendirilmesi için, Delphi 7 programlama dili kullanılmıştır. Bu programlama dili, özgün yazılıma sahip programların yapılması ve görsel kısımlardan faydalanma olanağından dolayı, kullanım kolaylığı mevcut olan bir programdır. Delphi 7 programlama dili ile, MS Windows platformu altında kullanılarak hazırlanan programda, veri depolanması için ise Microsoft Access programı kullanılmıştır. Delphi Programlama dilinde oluşturulan komutlar yardımıyla, istenen veriler raporlanarak, yazıcıya aktarılacak şekilde hazırlanmıştır. Delphi Programı bir ara yüz yazılımı olarak düşünülmüş ve veri girişi sorgulanması ve verilerin gerektiğinde değiştirilmesi gibi işlemleri yapmaktadır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan program, GeoDATAHLX olarak adlandırılmıştır.

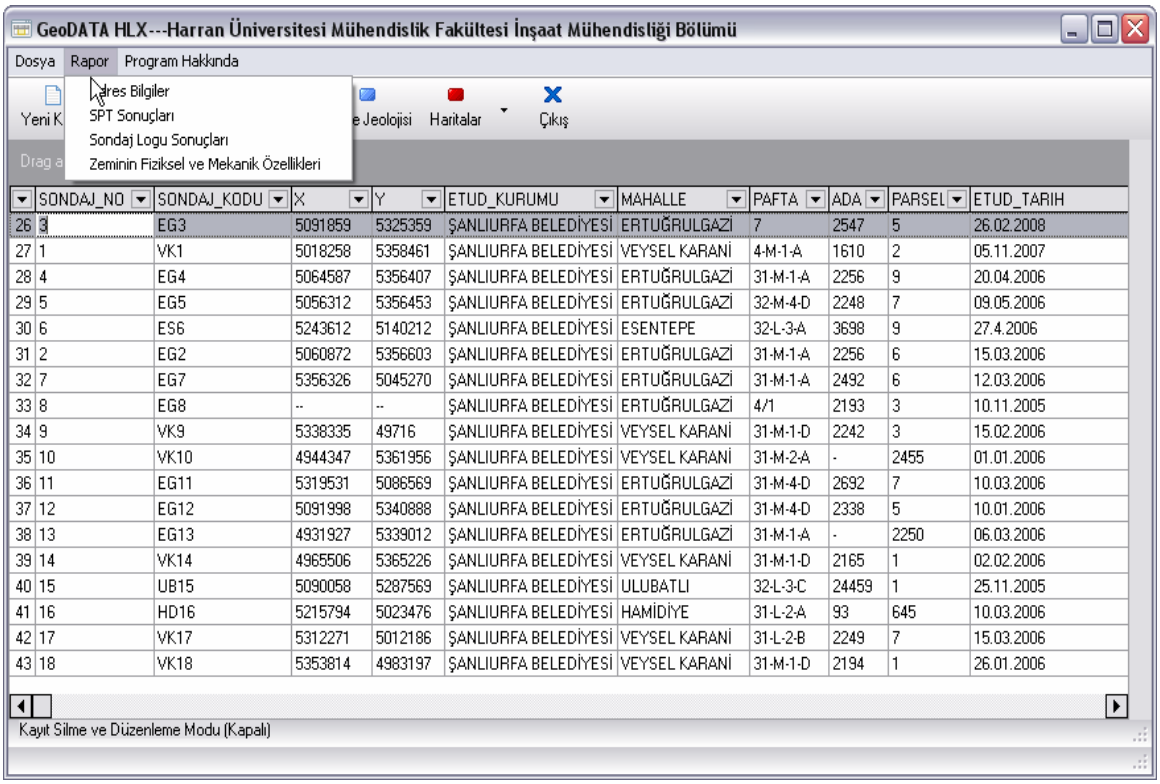
Şekil 1'de bir veri bankası oluşturma aşamaları gösterilmiştir. Sondaj raporlarının toplanması, adreslerine göre ayrılması ve aynı

bölgde yapılmış sondaj var ise karşılaştırılması ve yazılmış olan programa girilmesi işlemlerinden oluşmaktadır.



Şekil. 1.Geoteknik veri bankası hazırlanmasının iş akış diyagramı

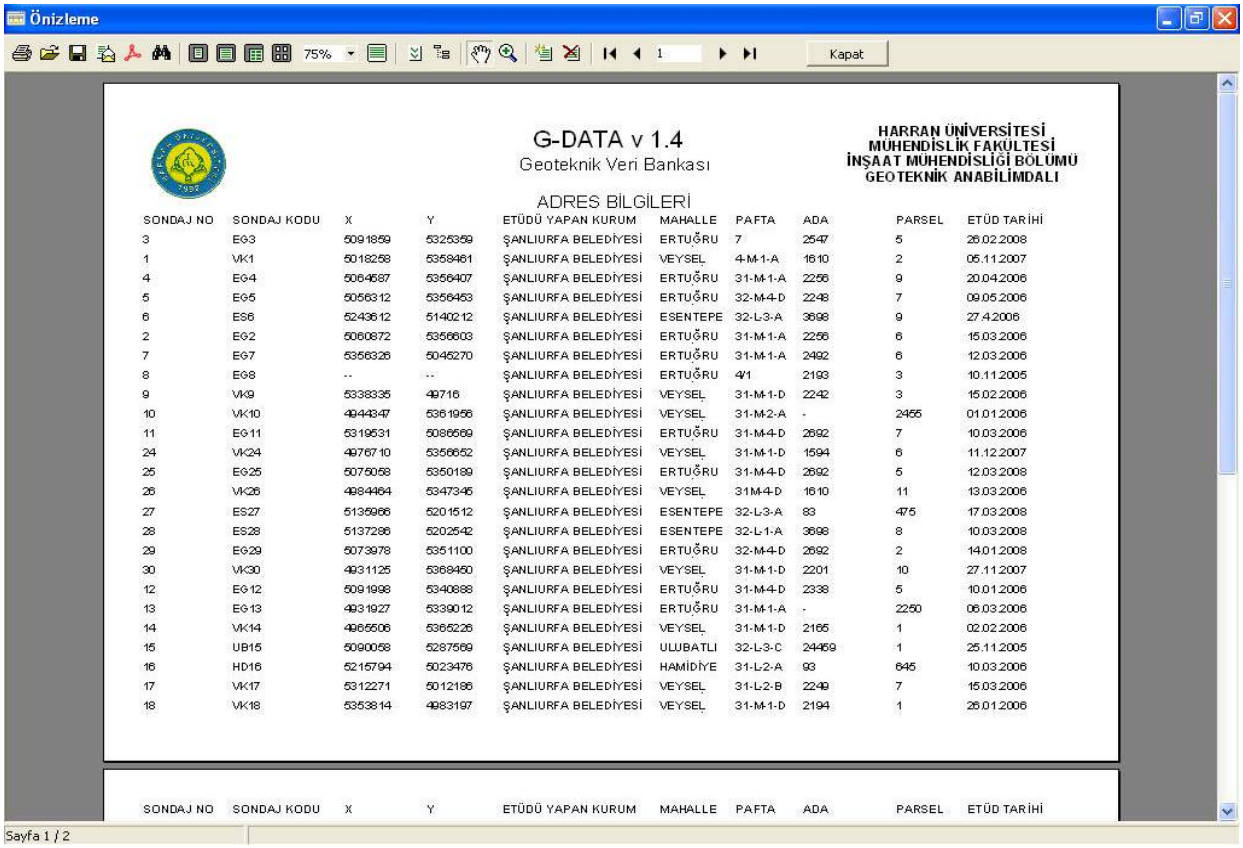
.



	SONDAJ_NO	SONDAJ_KODU	X	Y	ETUD_KURUMU	MAHALLE	PAFTA	ADA	PARSEL	ETUD_TARIH
26	3	EG3	5091859	5325359	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	7	2547	5	26.02.2008
27	1	VK1	5018258	5358461	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	4-M-1-A	1610	2	05.11.2007
28	4	EG4	5064587	5356407	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-1-A	2256	9	20.04.2006
29	5	EG5	5056312	5356453	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	32-M-4-D	2248	7	09.05.2006
30	6	ES6	5243612	5140212	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ESENTEPE	32-L-3-A	3698	9	27.4.2006
31	2	EG2	5060872	5356603	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-1-A	2256	6	15.03.2006
32	7	EG7	5356326	5045270	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-1-A	2492	6	12.03.2006
33	8	EG8	--	--	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	4/1	2193	3	10.11.2005
34	9	VK9	5338335	49716	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	31-M-1-D	2242	3	15.02.2006
35	10	VK10	4944347	5361956	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	31-M-2-A	-	2455	01.01.2006
36	11	EG11	5319531	5086569	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-4-D	2692	7	10.03.2006
37	12	EG12	5091998	5340888	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-4-D	2338	5	10.01.2006
38	13	EG13	4931927	5339012	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRULGAZİ	31-M-1-A	-	2250	06.03.2006
39	14	VK14	4965506	5365226	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	31-M-1-D	2165	1	02.02.2006
40	15	UB15	5090058	5287569	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ULUBATLI	32-L-3-C	24459	1	25.11.2005
41	16	HD16	5215794	5023476	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	HAMİDİYE	31-L-2-A	93	645	10.03.2006
42	17	VK17	5312271	5012186	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	31-L-2-B	2249	7	15.03.2006
43	18	VK18	5353814	4983197	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL KARANİ	31-M-1-D	2194	1	26.01.2006

Şekil. 2. Programa veri giriş penceresi.

Şekil 2'de görüldüğü gibi bir zemin etüd raporu ile ilgili olarak, tüm veriler elle girilebilmektedir. Şekil 3 te geoteknik veri bankasına girilen verilerin topluca listelendiği raporlama bölümü gösterilmiştir.



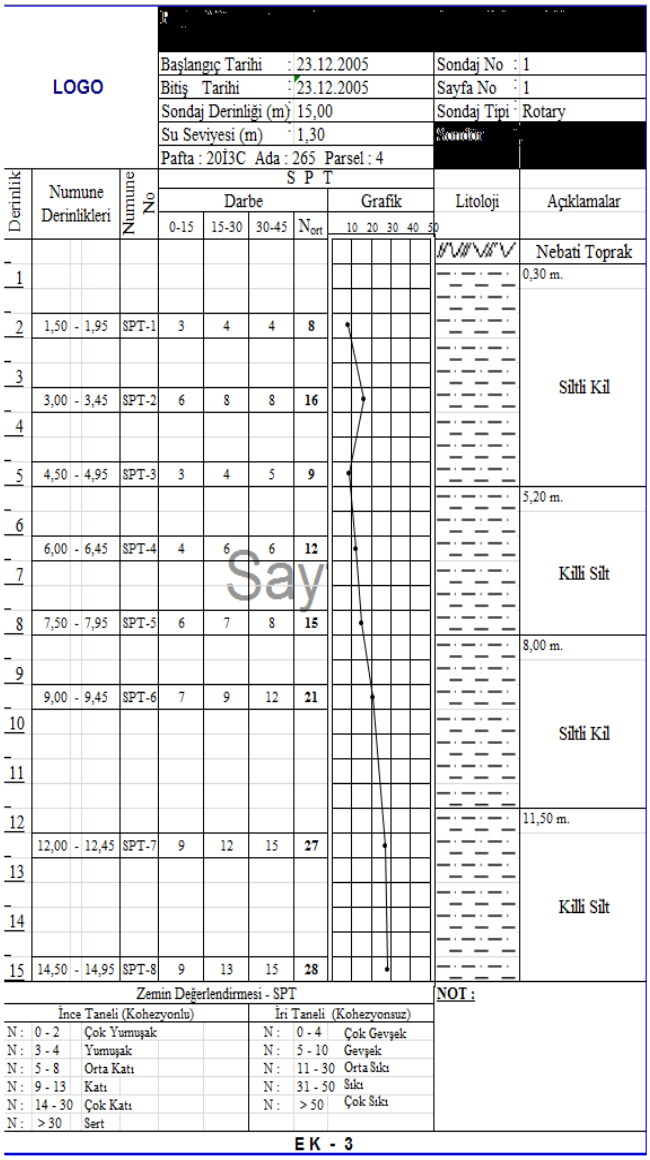
SONDAJ NO	SONDAJ KODU	X	Y	ETÜDÜ YAPAN KURUM	MAHALLE	PAFTA	ADA	PARSEL	ETÜD TARİHİ
3	EG3	5091859	5325359	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	7	2547	5	26.02.2008
1	VK1	5018258	5358461	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	4-M-1-A	1610	2	05.11.2007
4	EG4	5064587	5356407	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-1-A	2256	9	20.04.2006
5	EG5	5056312	5356463	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	32-M-4-D	2248	7	09.05.2006
6	ES6	5243612	5140212	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ESENTEPE	32-L-3-A	3698	9	27.4.2006
2	EG2	5060872	5356603	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-1-A	2256	6	15.03.2006
7	EG7	5356326	5046270	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-1-A	2492	6	12.03.2006
8	EG8	--	--	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	4/1	2193	3	10.11.2005
9	VK9	5338335	49716	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-1-D	2242	3	15.02.2006
10	VK10	4944347	5361956	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-2-A	-	2455	01.01.2006
11	EG11	5319531	5086569	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-4-D	2692	7	10.03.2006
24	VK24	4976710	5356652	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-1-D	1594	6	11.12.2007
25	EG25	5076058	5350189	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-4-D	2692	5	12.03.2008
26	VK26	4984464	5347345	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31M-4-D	1610	11	13.03.2006
27	ES27	5135966	5201512	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ESENTEPE	32-L-3-A	83	475	17.03.2008
28	ES28	5137286	5202542	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ESENTEPE	32-L-1-A	3698	8	10.03.2008
29	EG29	5073978	5351100	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	32-M-4-D	2692	2	14.01.2008
30	VK30	4931125	5368450	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-1-D	2201	10	27.11.2007
12	EG12	5091998	5340888	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-4-D	2338	5	10.01.2006
13	EG13	4931927	5339012	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ERTUĞRU	31-M-1-A	-	2250	06.03.2006
14	VK14	4965506	5365226	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-1-D	2165	1	02.02.2006
15	UB15	5090058	5287569	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	ULUBATLI	32-L-3-C	24469	1	25.11.2005
16	HD16	5215794	5023476	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	HAMİDİYE	31-L-2-A	93	645	10.03.2006
17	VK17	5312271	5012186	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-L-2-B	2249	7	15.03.2006
18	VK18	5353814	4983197	ŞANLIURFA BELEDİYESİ	VEYSEL	31-M-1-D	2194	1	26.01.2006

SONDAJ NO	SONDAJ KODU	X	Y	ETÜDÜ YAPAN KURUM	MAHALLE	PAFTA	ADA	PARSEL	ETÜD TARİHİ

Şekil. 3. Raporlama kısmı

Şekil. 4.Harita üzerinde lokasyon belirleme kısmı

Şekil 4'te gösterilen harita üzerine gelip herhangi bir sondaj lokasyonu tıklandığında, geoteknik veri bankasına girilen tüm bilgiler ile beraber Şekil 5.de gösterilen sondaj kesiti ekrana gelmektedir.



Şekil. 5.Sondaj loğlarının çıktılarının alınması

Ayrıca harita üzerinden ya da arama ekranından arama yapılarak, sondaj etiketine çift tıklandığında, sondaj kesiti ile beraber rapor halinde filtre edilerek sadece istenen bilgiler elde edilebilmektedir. Veri bankasına hangi sondajların dahil edileceği ile ilgili olarak, son güncellenen yönetmelikler dikkate alınarak hazırlanmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda bir veri bankası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri bankasına, çalışma alanında daha önce yapılmış olan zemin etüd raporları arasından, 30 adet raporun verisi elle programa girilerek, programın çalıştığı kanıtlanmış ve çalışma alanıyla ilgili irdelemeler yapılmıştır. Hazırlanan veri bankasına hangi verilerin girilmesi gerektiği, literatür çalışmaları ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve programda buna göre veri girişi için pencereler açılmıştır. Veriler; tablolar, dosyalar ve grafik ortama aktarılabilecek halde elektronik olarak depolanacak şekilde hazırlanmıştır. Bu program, belli bir biçimde tasarlanmış geoteknik çalışmaların, digital olarak izlenmesinde ve gerçek zamanlı raporlamada yardım sağlamanın yanında, veri tabanında sorgulama yapılmasını ve yeni yerleşim alanlarının çıkarılacak lokasyon analizlerinden, geoteknik değerlendirmelerin daha kolay yapılmasını sağlamaktadır.

4. Sonuç

Hazırlanan veri bankasından, özel kurumlar ve kamu kuruluşları başta olmak üzere, mühendisler ve teknik elemanlar yararlanabilirler. Veri bankasına girilen bilgilerden yararlanarak, bu alanda araştırma yapacak olan kişi ya da kurumlar, bu bilgiler ışığında yapılacak çalışmanın süresini, maliyetini ve etüd projesinin programını daha kolay bir şekilde belirleyebilirler. Çalışma bölgesinde sonradan yapılan zemin etüdleri için, veri bankasına elde edilen veriler girilebilir.

Bu çalışmada hazırlanan programla, incelenen bölgede, herhangi bir ada için ortalama zemin emniyet gerilmesi değerleri veya zemin sınıflandırma değerleri veya zeminlerin diğer özellikleri veri olarak alınabilmektedir. Yapılan çalışma, geoteknik haritalama için bir ön çalışma niteliğinde olup, bu veri bankasından alınacak veriler, geoteknik haritalamada kullanılabilir. Şanlıurfa Belediyesi tarafından yaptırılan KBS (Kent Bilgi Sistemi) kapsamında, bu çalışma değerlendirilebilir. Kentin, belediye sınırları içerisinde, imara uygun olmayan alanların belirlenmesi amacıyla, bu çalışma kapsamında elde edilen bilgi bankasından yararlanılarak, geoteknik değerlendirme yapılabilir ve bu bölgeler belirlenebilir. Geoteknik bilgilerden, kamu ve özel sektörde çalışan ilgili birim ve bireylerin yararlanması amacıyla, internet aracılığıyla ulaşımını sağlayan ulusal düzeyde bir geoteknik veri bankası oluşturulması ve geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, benzersiz ve karmaşık geoteknik işlemlerinde geoteknik mühendislerinin depolama ve raporlama gereksinimlerini karşılayacak sistem kabiliyeti ve esnekliği olan bir program sunulmaktadır. Sistem güncellemeleri ve personel eğitimi yoluyla, işletmelerin personel sayıları aynı kaldığı halde, daha doğru sonuçlara ulaşabilmişlerdir.

Kamu ve özel kuruluşlar, bu sistem sayesinde daha az personel ile etkili bir arşivleme ve raporlama kabiliyetine sahip olacaklardır. Ayrıca bir veri bankasının hazırlanmasında disiplinler arası bir çalışma gerekmektedir.

5. Referanslar

(1) Alkaya, D., Alkaya, K., & Çobanoğlu, İ. (2011). Geoteknik Kent Bilgi Sistemi. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1), 1-6.

(2) Bar, N., Nicoll, S., Reynolds,, M., & Bran, D. (2018). Geotechnical data management and visualization systems. *In Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses*, Volume 2 (pp. 973-978). CRC Press.

(3) Buısson, J. (1976). *Geotechnical Data Bank.* BULL LIAISON LAB PONTS CHAUSS, (84).

(4) Day, R. T. (1983). The computer as an interactive geotechnical data bank and analytical tool. *Proceedings of the Geologists' Association*, 94(2), 123-132.

(5) Dodagoudar, G. R. (2018). An integrated geotechnical database and GIS for 3D subsurface modelling: Application to Chennai City, India. *Applied Geomatics*, 10(1), 47-64.

(6) Doherty, J. P., Gourvenec, S., Gaone, F. M., P, Pineda, J. A., Kelly, R., O'Loughlin, C. D., , & ... & Sloan, S. W. . (2018). A novel web based application for storing, managing and sharing geotechnical data, illustrated using the national soft soil field test facility in Ballina, Australia. *Computers and Geotechnics, 93, 3-8.*

(7) Goldberg, G. D. (1979). Use the geotechnical data bank. *Transportation Research Record*, 702.

(8) Pollard, W. H. (1980). A first approximation of the volume of ground ice, Richards Island, Pleistocene Mackenzie Delta, Northwest Territories, Canada. *Canadian Geotechnical Journal*, 17(4), 509-516.

(9) Singh, A. N. (2015). Applications of GIS in Geotechnical Engineering: Some Case Studies.

(10) Williams, T. S. (2002). GIS applications in geotechnical engineering (No. FHWA NJ 2002-06,).

Özet

Koyun gübresinden hazırlanan bioçarın bir adsorbent olarak sulu çözeltilerden malahit yeşilini gidermesi amaçlanmıştır. Boya adsorpsiyonu izoterm modeli Langmuir, Freundlich, Tempkin ve Jovanovic izoterm modeline göre araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar malahit yeşili adsorpsiyonunun temas süresi, başlangıç boya konsantrasyonu, pH ve adsorbent dozundan etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Adsorpsiyon; koyun gübresi; bioçar; malahit yeşili, izotermler.

Abstract

Biochar derived from Sheep manure was utilized as an adsorbent to remove Malachite Green (MG) dye from an aqueous solution. The isotherm model of the dye adsorption was analysed using Langmuir, Freundlich Tempkin and isotherms. The results indicate that the response of MG adsorption was appreciably affected by the quadratic terms of contact time, dye concentration, pH, and adsorbent dose.

Keywords:

Adsorption; Sheep manure; bio-char; malachite green; isotherms.

Koyun Gübresinden Elde Edilmiş Bioçar Kullanılarak Malahit Yeşili Boyasının Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyonu

Adsorption 0f Malachite Green Dye from Aqueous Solutions Using Biochar Prepared From Sheep Manure

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[1]
Erdal SAKİN[2]
Mazlum YAPİCİ[1]
[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[2]Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.

1. Giriş

Boyar maddeler hem yüzeysel hem de yer altı sularının kirlenmesine sebep olurlar. Özellikle sucul yaşamın fotosentetik kabiliyetini engelleyen boyar maddelerin deşarj öncesi arıtımı ayrı bir önem arz etmektedir.

Boyar maddelerin giderilmesi ile ilgili birçok metod vardır. Bunlar, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygulanmaktadır. Bunlar genelde pahalı, zor ve zaman alıcı metodlar olmakla beraber bazı koşullarda özel uzmanlık gerektirebilmektedir(Liu ve ark., 2012).

Benzer şekilde, aktif karbon gibi adsorbanların kullanıldığı yöntemler, çamurun bertaraf edilmesine ilişkin problemler ortaya çıkarmakta ve yüksek miktarda işletme ve bakım, çamur rejenerasyonu ve adsorban maliyetine sahip olmaktadır(Yadla ve ark., 2012; Gönen ve Serin, 2012). Öte yandan, biyokütle ve biyokömür gibi geleneksel olmayan adsorbanları kullanan adsorpsiyon teknikleri nispeten daha ucuz, çevre dostu ve daha etkilidir. Bu sebeple araştırmacılar ticari aktif karbonun yerini alabilecek bol ve ucuz maliyetli adsorbentlerle ilgili arayışlarını sürdürmektedirler.

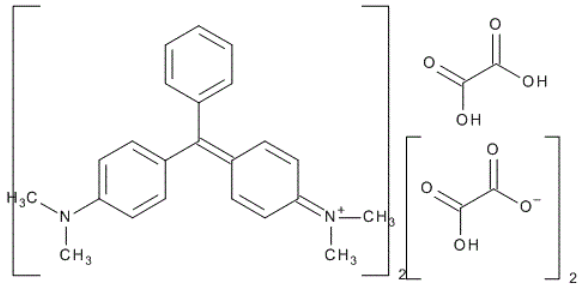
Biochar, anaerobik veya anoksik koşullar altında biyokütlenin yavaş piroliz işleminde hazırlanan karbon açısından zengin bir katı maddedir. Biochar, basit hazırlanan, düşük maliyetli, muazzam yüzey alanında, zengin oksijen içeren fonksiyonel gruplara sahip ve iyi adsorpsiyon ve stabiliteye yol açan yüksek aromatik yapısı nedeni ile üstündür (Luo ve ark. 2015); bu özellikler onu adsorpsiyon için ümit verici kılmıştır (Mohan ve ark. 2014).

Bu amaçla bu çalışmada ucuz ve bol bulunabilecek bir biyokütle olan koyun gübresinden elde edilen bioçar kullanılaraj malahit yeşili boyası bertarafında adsorbent olarak kullanılmıştır. MG (C23H25ClN2), ipek, deri, pamuk, bambu, keten ve kağıdın boyanmasında geleneksel olarak kullanılan bir boyadır. Garg ve ark. (2004) Prosopis cineraria talaşı, Rahman ve ark. (2005) benzer olarak bambudan, pirinç kabuğu ve çaydan üretilmiş aktif karbon ile, Patra ve ark. (2015) sugarcane bagasse, neem leaf, and sawdust gibi biyoatıklardan elde dilmiş bioadsorbentler, Saygılı ve Güzel (2015) endüstriyel üzüm artıklarından hazırlanan mezzopor karbon kullanarak çeşitli adsorbent yüzeylerde malahit yeşili adsorpsiyonu ile ilgili literatürde önemli miktarda çalışmalar mevcuttur.

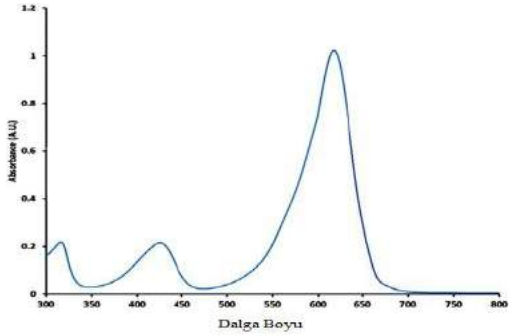
2. Yöntem

2.1 Adsorbat

Bu çalışmada kullanılan Malhit Yeşili(MG) Merck millipore firmasından temin edilmiştir. Şekil 1'de gösterilen kimyasal yapıya sahip, molekül ağırlığı 927.01 gr olan analitik saflıktaki metilen mavisi (MB) sentetik sulu çözeltinin hazırlanması için herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanıldı. 500 mg'lık MB, 1000 ml damıtık suda çözünerek 500 ppm stok çözeltisi hazırlandı. Deneysel çözeltiler, boya stok çözeltisinin, istenilen başlangıç konsantrasyonlarına göre doğru oranlarda seyreltilmesiyle elde edildi. Sulu çözeltideki MB konsantrasyonu, Shimadzu Marka UVMini 1240 Model UV-görünür spektrofotometre kullanılarak λ_{max} 617 nm'de belirlendi (Şekil 2).



Şekil 1. Malahit Yeşilinin kimyasal yapısı (www.merckmillipore.com)



Şekil 2. Malahit Yeşili UV-VIS spektrofotometre spektrumu

2.2 Adsorbent

Adsorbent olarak Koyun gübresinden elde edilmiş Biyoçar kullanılmıştır. Kullanılan Biyoçar koyun gübresinin 400-450 C de pirolizi ile edilmiştir. Daha sonra öğütülüp eleklerden geçirilerek (-550+350) mikron ebatındaki partiküller deneysel çalışmalarda kullanılmıştır.

2.3 Deneysel çalışmalar

Koyun gübresinden elde edilmiş bioçar üzerinde malahit yeşili adsorpsiyon çalışmaları kesikli olarak yürütülmüştür. Tüm çalışmalar 50 mL' lik dibi konik polipropilen tüpler içerisinde 25 ml çözelti konularak doğrusal çalkalamalı su banyosu kullanılarak 250 rpm de 25 ^{o}C sıcaklıkta yapılmıştır.

Çözelti sıcaklığının deneyleri olumsuz etkilememesi için çözeltiler 25 ^{o}C sıcaklıkta bekletilip sabit sıcaklığa getirilmek sureti ile deneyler yürütülmüştür. Çalkalama sonrasında numuneler 4500 rpm de santrifüj edilikten sonra analiz edilmiştir.

Koyun gübresi bioçarı tarafından adsorplanan boya miktarı q_e, Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)\cdot V}{W} \quad (1)$$

Burada, C_o ve C_e (mg L^{-1}) sırasıyla çözeltinin başlangıç ve denge konsantrasyonudur. V çözeltinin hacmi (L) ve W ise adsorbentin miktarı (mg) dır.

3. Bulgular

3.1 Temas süresinin etkisi

Temas süresinin etkisini araştırmak için 0.005 gr adsorbent 50 ml lik dibi konik polipropilen tüplerin içerisine konularak, 25 ml lik 10

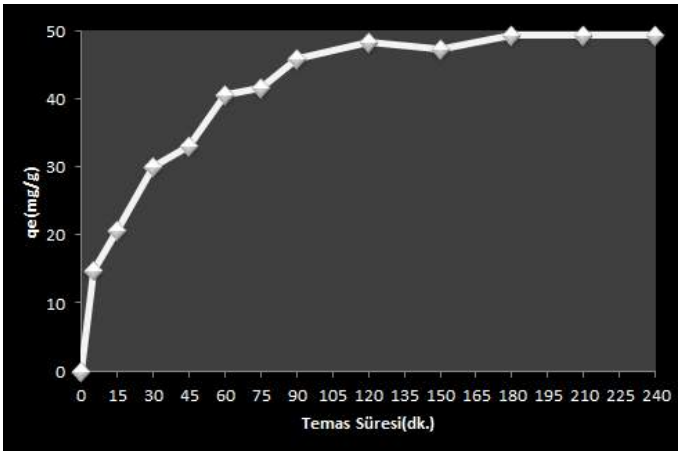
mg L^{-1} MB ihtiva eden çözelti ile 25°C sıcaklıkta çalkalanmak suretiyle deneyler yapılmıştır. 240 dakikaya kadar belirli aralıklarda numune alınarak yürütülen deney sonunda adsorbentin denge süresi 180 dakika tespit edildi. Temas süresi sistemin dengeye ulaşması için gereken süredir.

Şekil 3'ten de görüldüğü gibi temas süresinin artması ile boyanın adsorbe edildiği ve 180 dakika içerisinde dengeye geldiği bundan sonra yavaşladığı tespit edilmiştir. Denge süresi içinde 49,4475 mg·g^{-1} boya adsorbe edilmiştir. Benzer bir eğilim bir çok çalışmada da bildirilmektedir [El-Latif ve ark., 2010; Dawood ve Sen, 2012; Yagub ve ark., 2014; Dawood ve Sen, 2014; Dilekoglu, 2018).

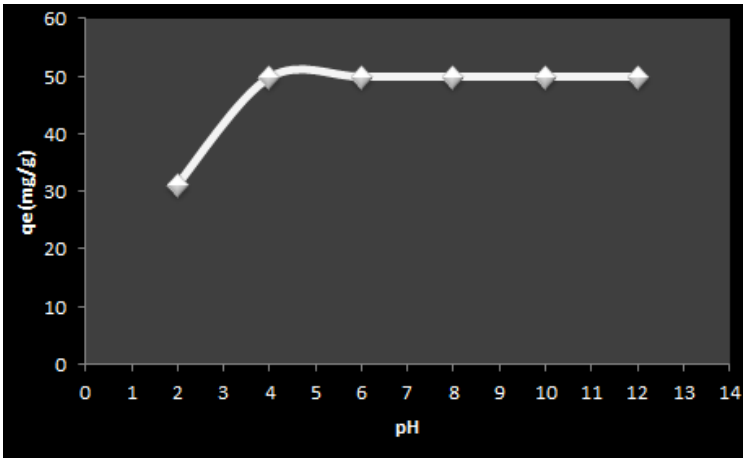
3.2 pH'ın etkisi

Başlangıç pH' ın etkisinin incelemek için farklı pH' lara sahip numuneler hazırlandı. pH ayarı 0,1 M HCL, ve 0,5 N NaOH kullanılarak Hanna Marka pH211 Model pH Metre yardımıyla yapıldı. Numuneler 5 mg adsorbent ile 25 °C sıcaklıkta 250 rpm de çalkalanarak pH'ın 2-4-6-8-12 deki etkisi incelendi.

Buna göre kapasitenin pH 2 gibi çok düşük pH değerinde kapasite düşük iken 4, 6, 8 ve 12 de sabit e yakın seyretmiştir (Şekil 4). Pathak ve ark.(2015) meyve kabukları ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında pH artışının adsorpsiyon kapasitesini arttırdığını rapor etmişlerdir. Düşük pH'ta yüksek konsantrasyondaki H^+ iyonları, malahit yeşili boyasının katyonları ile rekabet ederler (Ackacha ve Drmoon, 2012). Ayrıca, adsorbanın yüzeyi, pozitif yüklü adsorban yüzey ve MG boya katyonları arasında bir elektrostatik itme kuvveti geliştiren düşük pH'da protonlanır. Bazik pH'ta, biyoçarın yüzeyindeki daha fazla OH^- iyonları katyonik boya molekülü ile adsorpsiyon miktarını arttırma eğilimi gösteren yüzey arasındaki çekici gücü arttırmaktadır(Reena ve ark., 2013).



Şekil 3. Temas süresinin etkisi



Şekil 4. MB adsorpsiyonuna başlangıç pH sının etkisi

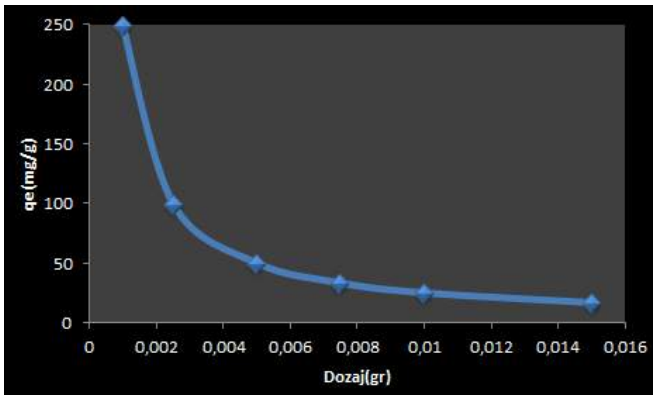
3.3 Adsorbent dozunun etkisi

Adsorbent miktarının etkileri araştırılmıştır. Bunun için hazırlanan 10 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonundaki 25 ml lik çözelti optimum dozajı belirlemek için ve 1 mg; 2,5 mg; 5 mg; 7,5 mg, 10 mg ve 15 mg miktarındaki adsorbent ile muamele edildi. Deney denge süresi olan 180 dk boyunca 250 rpm de 25°C de gerçekleştirildi. Dozaj arttıkça adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı görülmektedir (Şekil 5).

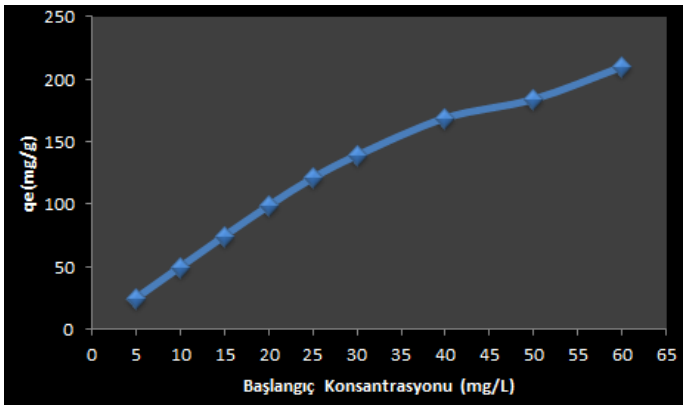
Bu durum Hassan ve Hassan(2013) tarafından yumurta kabuğu ile yapılan MB adsorpsiyonu çalışmasında ve Dilekoğlu (2018) tarafından yapılan MB'nin urfa taşı adsorpsiyonu çalışmasında da rapor edilmektedir. Bu olay adsorbentin aktif bölgelerinin boya tarafından işgal edilmesi ve toplam yüzey alanının bu şekilde azalarak adsorpsiyon miktarının düşmesine bağlı olmuş olabilir. Ayrıca doz artarken başlangıç konsantrasyonu sabit kaldığından aktif alanlar doymakta ve maksimum kapasiteye gelmektedir. Bu sebeple de kapasitenin düşer gibi olmaktadır.

3.4 Başlangıç konsantrasyonunun etkisi

Başlangıç konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisini ortaya koymak için 5-10-15-20-25-30-40-50 ve 60 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonundaki çözeltiler kullanıldı. Malahit yeşili boya konsantrasyonunun artırılması tutma kapasitesinin artmasına yol açmıştır (24,815 ila 209,885 mg·g^{-1}). Şekil 6'ya baktığımızda 60 mg L^{-1} başlangıç konsantrasyonunda en yüksek adsorpsiyon kapasitesinin oluştuğu görülmektedir. Başlangıç boya konsantrasyonunun fazlalığı sebebi ile yüzeye doğru itici güçler artacağından adsorpsiyon kapasiteside artış gösterecektir. Tutma kapasitesinin başlangıç konsantrasyonunun artması ile artması, kirletici maddelerin sulu çözeltilerden Mısır biyoçarı yüzeyine geçiş direncinin üstesinden gelmek zorunda kaldığı itici güçlerle ilişkili olabilir (Hameed ve ark., 2007; Pathak ve ark., 2015).



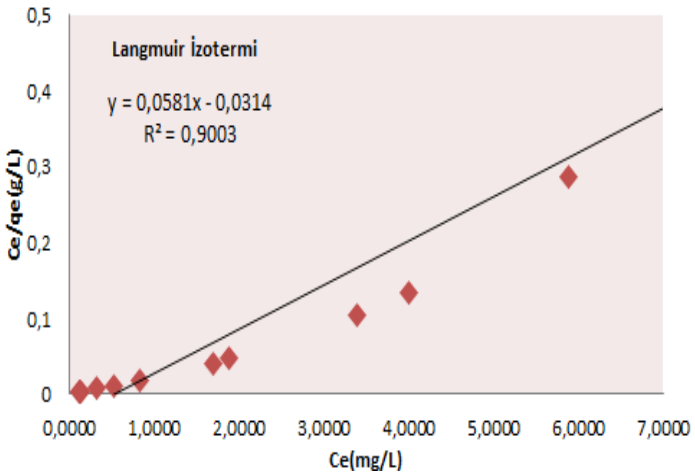
Şekil 5. MB adsorpsiyonuna adsorbent dozunun etkisi



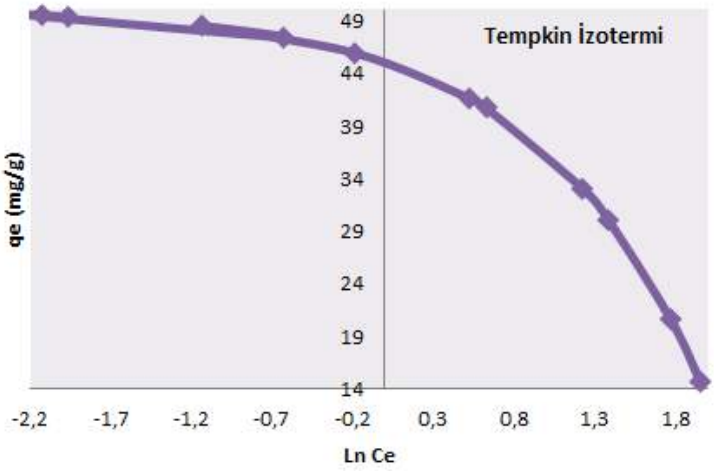
Şekil 6. MB adsorpsiyonuna Başlangıç konsantrasyonunun etkisi

3.4.1 İzoterm Modelleri

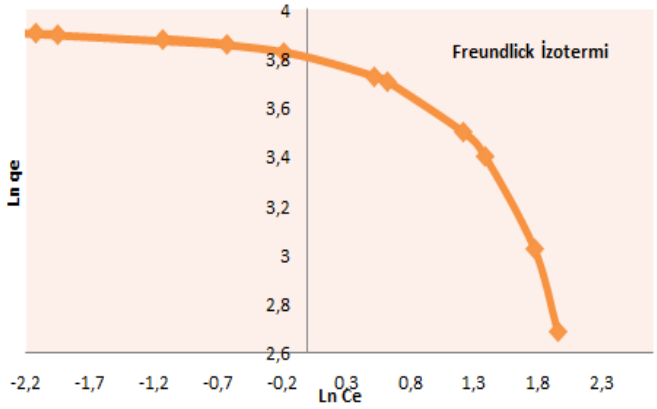
Elde edilen verilerin izoterm modellerine uygunluğu irdelenmiş ve Koyun gübresi bioçarı üzerinde malahit yeşili adsorpsiyonunun Langmuir izotermine kısmen, Jovanovic izotermine tam uyum sağladığı, Tempkin ve Freundlich izotermlrine uyum sağlamadığı görülmüştür(Şekil 7, 8, 9 ve 10).



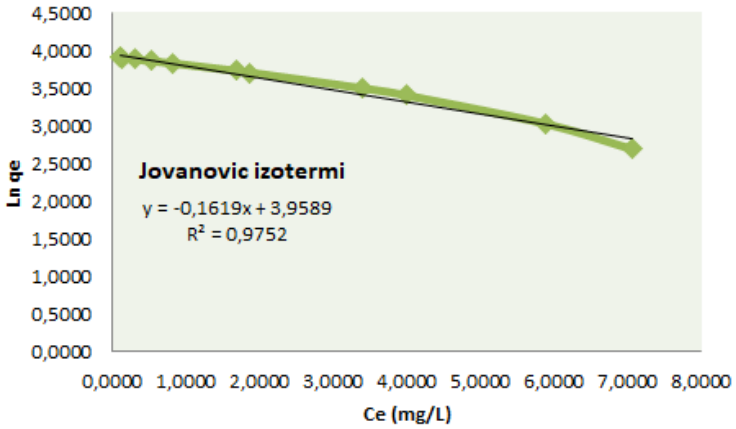
Şekil 7. Langmuir izotermi



Şekil 8. Tempkin izotermi



Şekil 9. Freundlich İzotermi



Şekil 10. Jovanovic izotermi

4. Sonuç ve Tartışma

- İzoterm Sabitleri Tablo 1'de görüldüğü gibi hesap edilmiştir.

Tablo 1. İzoterm Sabitleri

Langmuir $\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q^o b} + \frac{C_e}{Q^o}$			**Jovanovic** $(\ln q_e = \ln q_{max} - K_J C_e)$		
Q^0 (mg/g)	b (L/mg)	R^2	q_{max} (mg/g)	K_j	R^2
17,212	1,85	0,9003	52,399	0,1619	0,9752

Kiseler(1958)'e göre Jovanovic izoterm modeli L-Lysine adsorpsiyonunun hesaplanması için en uygun modeldir. Ancak Malahit yeşili boyasınada uyguladığımızda klasik izoterm modellerine göre uyumlu olduğu görülmektedir.

- Yapılan bu çalışma, hayvansal atık olan koyun gübresinin piroliz ile biyoçara dönüştürülerek malahit yeşili boyasının sulu solüsyonlardan uzaklaştırılması için bir adsorbent olarak kullanılabileceğini göstermektedir
- Adsorbe edilen boya miktarının başlangıçtaki, malahit yeşili konsantrasyonu, bioçar dozu ve temas süresine göre değiştiği pH ile ise çok düşük pH değeri dışında değişmediği tespit edilmiştir.
- Adsorpsiyon denge verisinin Langmuir ve Jovanovic izoterm modellerine uyduğu, Tempkin ve Freundlich izotermlerine uymadığını göstermiştir.
- Çalışma verilerinin geliştirilerek sıcaklığın adsorpsiyona etkisi, taramalı elektron mikroskobu görüntüsü ve kinetiğinin ortaya konması ile daha faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Koyun gübresinin aktifleştirilmesi ile elde edilecek aktif karbonun daha verimli ve etkin bir adsorbent olabileceği araştırılmalıdır.
- Farklı modifikasyonlar uygulanmak suretiyle kyun gübresi bioçarı ağır metal adsorpsiyonunda denenebilir.
- Model çalışması ile müstakil bir model uyarlanabilir.

5. Kaynaklar

Ackacha M. A. and M Drmoon, *International Conference on Transport, Environment and Civil Engineering (ICTECE'2012).* Kuala Lumpur
(Malaysia).

Dawood, S., Sen T.K., (2012).. Removal of anionic dye Congo red from aqueous solution by raw pine and acid-treated pine cone powder as adsorbent: Equilibrium, thermodynamic, kinetics, mechanism and process design, Water Res. 46 1933–1946.

Dawood, S., Sen T.K., (2014). Review on dye removal from its aqueous solution into alternative cost effective and non-conventional adsorbents, J. Chem. Proc. Eng. 1 1–7.

Dilekoğlu, Mehmet Fatih.(2018) "Harran Ovası Tarım Arazileri Etrafında Bulunan Urfa Taşı'nın Metilen Mavisi Boyar Maddesi Adsorpsiyonu." *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 5.1: 19-30.

EI-Latif, M.M.A , Ibrahim, A.M.,. EI-Kady, M.F., (2010) . Adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of methylene blue from aqueous solutions using biopolymer oak sawdust composite, J. Am. Sci. 6 267–283.

Garg V, Kumar R, Gupta R.(2004). Removal of malachite green dye from aqueous solution by adsorption using agro-industry waste: a case study of Prosopis cineraria. Dyes Pigm; 62: 1–10.

Gonen, F. and Serin, D.S. (2012) Adsorption Study on Orange Peel: Removal of Ni (II) Ions from Aqueous Solution. African Journal of Biotechnology, 11, 1250-1258.

Hassan, A. A., & Hassan, Z. A. S. (2013). Methylene blue removal from aqueous solution by adsorption on eggshell BED. Euphrates Journal of Agriculture Science-5(2):11-23.

Hameed, B. H., Din, A. M., & Ahmad, A. L. (2007). Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies. *Journal of hazardous materials*, *141*(3), 819-825.

Hameed BH, Mahmoud DK. Ahmad AL (2008). Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low cost adsorbent: Coconum (Cocos nucifera) Bunch waste. J. Hazard. Mater. 158:65-72.

Kant R (2012). Textile dying industry an environmental hazard. Nat. Sci. 4(1):22-26.

A. V. C. Kiseler, 1958., "vapour adsorption in the formation of adsorbateMollecule Complexes on the surface," *Kolloid Zhur*, vol. 20,pp. 338–348,

Liu, C., Ngo, H.H., Guo, W. and Tung, K. (2012) Optimal Conditions for Preparation of Banana Peels, Sugarcane Bagasse and Watermelon Rind in Removing Copper from Water. Bioresource Technology, 119, 349-354. http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.06.004

Luo L, Xu C, Chen Z, Zhang SZ (2015) Properties of biomass-derived biochars: combined effects of operating conditions and biomass types. Bioresour Technol 192:83–89. https://doi.org/10.1016/j. biortech.2015.05.054.

Mathur N, Bhatnagar P, Bakre P (2005). Assessing mutagenicity of textile dyes from Pali (Rajathan) using AMES bioassay. Appl. Ecol. Environ. Res. 4(1):111-118.

Mohan D, Sarswat A, Ok YS, Pittman CU (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, lowcost and sustainable adsorbent-a critical review. Bioresource Technol 160:191–202. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120

Nadhini R, Vaishnavi V. Koti, Vadanasundari V, Rangabhashiyam S (2012). Decolourization studies of synthetic textile dye using Aspergillus species under static and shaking conditions. Asian J. Sci. Technol. 4(11):80-82.

Nimibofa Ayawei, Augustus Newton Ebelegi, and Donbebe Wankasi, "Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms," Journal of Chemistry, vol. 2017, Article ID 3039817, 11 pages, 2017. https://doi.org/10.1155/2017/3039817.

Pathak D.Pranav, Sachin Mandavgane A., Bhaskar D. Kulkarni (2015). Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent. Rev Chem Eng., 31(4):361-381

Patra TK, Sheeba KN, Augusta P, Jaisankar S.(2015) Experimental study on the adsorption of malachite green in simulated and real effluent by bio-based adsorbents. Int J Green Energy; 12: 1189–1195.

Rahman I, Saad B, Shaidan S, Rizal ES (2005). Adsorption characteristics of malachite green on activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process. Bioresource Technol.; 96: 1578–1583.

Ratna, Padhi PS (2012). Pollution due to synthetic dye toxicity & carcinogenicity studies and remediation. Int. J. Environ. Sci. 3(3):940-955.

Reena K., M. Goyal, M. Bhagat, G. R. ,2013. Chaudhary and M. L. Sharma, *Indian J Chem Techn,.20*, 87-94

Saygili H, Guzel F.(2015). Performance of new mesoporous carbon sorbent prepared from grape industrial processing wastes for malachite green and Congo Red removal. Chem Eng Res Des 2015; 100: 27–38.

Yadla, S.V., Sridevi, V. and Lakshmi, M.V.V.C. (2012) A Review on Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solution. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, 2, 1585-1593.

Yagub, M.T., Sen, T.K, Afroze, S,. Ang, H.M, (2014), Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review, Adv. Colloid Interface Sci. 209 172–184.

Dijital Baskılı Kumaşlarda Aşınma Ve Boncuklanma Üzerine Deneysel Bir Çalışma

An Experimental Study on Pilling and Abrasion Resistance in Digital Printed Fabric

Şehpal ÖZDEMİR
Füsun DOBA KADEM

Tekstil Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

Özet

Dijital baskı, tekstil yüzeyinin bilgisayar destekli bir yazılımdan faydalanarak bölgesel renklendirmesinin (baskı) yapılmasıdır. Dijital tekstil baskısı, çok renkli ve yüksek çözünürlüklü, geleneksel baskıya alternatif, uzun vadede daha ekonomik, kumaş tutumu ve dayanım açısından avantajlı bir baskı tipidir. Dijital baskı makineleri giysilik kumaşların üzerine istenilen her resim, desen ve harfleri basabilmektedir.

Bu çalışmada günümüzde tekstil sektöründe sık rastlanan ve daha da geniş pay bulması öngörülen dijital baskının, kumaşın boncuklanma ve aşınma özelliklerini nasıl etkilediği farklı hammaddelerden örme kumaşlar üzerinde deneysel çalışma yapılarak değerlendirilmiştir. Hammaddesi 100% tencel ve 100% pamuk olarak belirlenen kumaşlar süprem örgü yapısı ile örülmüştür. BS 5690 Aşınma Dayanımı ve TS EN ISO 12945-2: 2002 Boncuklanma Tayini testleri hem baskı öncesi numunelere hem baskı sonrası numunelere uygulanmıştır. Böylece dijital baskının kumaş özelliklerini ne şekilde etkilediği tespit edilmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Dijital baskı, tencel, örme, boncuklanma, aşınma dayanımı.

Abstract

Digital printing is the coloring of the textile surface by using a computer-aided software. Digital textile printing is multi-color and high-resolution, an alternative to traditional printing, cheaper in the long term and more useful aspect handle and fastness. Digital printing machines can easily print every picture, pattern and letters on garment fabrics.

In this study, how the digital printing, which is frequently seen in today's market and which is expected to find a larger share, affects the pilling and abrasion characteristics of the fabrics have been evaluated by experimental study on the knitted fabrics of different materials. 100% tencel and 100% cotton yarns are knitted with single jersey structure. BS 5690 and TS EN ISO 12945-2: 2002 tests were carried out to fabrics before and after the printing. Thus, it was determined how digital printing affects the fabric properties and results were interpreted.

Keywords:

Digital printing, tencel, knitting, pilling, abrasion resistance.

1. Giriş

Çalışma kapsamında, %100 pamuklu ve %100 tencel hammaddeden süprem örme kumaşların boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı performans özellikleri ilgili standartlara göre tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek farklı hammaddeden örme kumaşların boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybına etkisi yorumlanmıştır.

Bilindiği gibi boncuklanma, kumaş yüzeyindeki liflerin 'takılarak ayrılması' ve diğer kullanımları sırasında bu liflerin karışması sonucu oluşmaktadır. Bu tür yüzey bozulması genellikle istenmeyen bir durumdur. Ancak verilen bir boncuklanma seviyesi için tüketici toleransının derecesi giysinin tipine ve kumaşın son kullanımdaki durumuna bağlıdır. Oluşan boncuklanmanın seviyesi genellikle aşağıda verilen birbirine paralel işlemlerin hızı ile tayin edilmektedir.

- ✓ Boncuklanma oluşumuna sebep olan lif dolaşması
- ✓ Fazla yüzey lif oluşumu
- ✓ Zamanla gelişen lif ve boncuk azalması

Bu işlemlerin hızı life, ipliğe ve kumaş özelliklerine bağlı olup zayıf lif içeren kumaşlardan ziyade sağlam lif içeren kumaşlarda ortaya çıkmaktadır. Liflerin sağlam olması boncuklanma hızının, boncukların uzaklaşma hızından daha fazla olması sonucunu doğurur. Bu da giyimdeki kullanımın artmasına bağlı olarak boncuklanmadaki artışla sonuçlanır [1].

Martindale metodu ile kumaşların aşınma ile kütle kaybı, belirli bir yük altındaki dairesel bir deney parçasının standart kumaşı ile aşındırılması ve deney parçalarının aşınma neticesi kütle kaybının tayin edilmesi esasına dayanmaktadır [1].

Boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı üzerine yapılmış olan literatür çalışmalarından bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Doba Kadem ve Oğulata 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada, %100 pamuklu hammaddeden, farklı sıklıklardaki atkı ve çözgü ipliklerinden farklı örgülerde dokunmuş kumaşların iplik numarası, atkı ve çözgü sıklıkları, örgü türü gibi fiziksel özelliklerini tespit etmişler, boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı deneysel sonuçlarına konstrüksiyonun nasıl etki ettiğini araştırmışlardır [2].

Doba Kadem ve Özdemir [2018], dijital baskı uygulanmış süprem örme kumaşların baskı öncesi ve baskı sonrası hava geçirgenliğini ve patlama mukavemetini deneysel olarak incelemişler ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir [3].

Ala ve arkadaşları, süprem örme kumaşların seçilmiş konstrüksiyon özelliklerinin kalınlık, hava geçirgenliği ve boncuklanma özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında kumaş performans özelliklerini karşılaştırmak için aynı pamuk harmanından üretilmiş Ne 12/1, Ne 16/1 ve Ne 20/1 iplikler kullanılmıştır. Ne 20/1 ipliklerle üretilmiş olan kumaşların boncuklanma eğilimlerinin diğerlerine nispeten daha düşük, Ne 16/1 ipliklerle üretilmiş olan kumaşların boncuklanma eğilimlerinin ise diğerlerine nispeten daha yüksek olduğu görülmüştür [4].

Viloft/polyester karışımlı örme kumaşların bazı mekanik özelliklerini karakterize edebilmek için yapılan bir çalışmada 0/100, 33/67, 50/50, 67/33 ve 100/0 yüzde karışım oranlarında viloft/polyester şeritler elde edilmiş olup bu şeritlerden Ne30/1 lineer yoğunluğunda ring iplikler elde edilmiştir. Bu ipliklerden süprem ve 1x1 ribana yapılarında örme kumaşlar üretilerek bu kumaşların patlama mukavemeti ve boncuklanma özellikleri incelenmiştir. Karışımda viloft oranının artmasıyla patlama mukavemetinin düştüğü görülürken Boncuklanma için viloft oranının artmasının anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca 1x1 ribana kumaşların süprem kumaşlara göre boncuklanmaya daha dayanıklı olduğu bulunmuştur [5].

Tekoğlu ve Kavuşturan'ın yaptığı çalışmada akrilik, polyester, pamuk ve viskon olmak üzere dört farklı hammadde kullanılarak üretilen şenil ve makarna fantezi ipliklerin, bu ipliklerden örülen düz örme kumaşların aşınma mukavemeti, patlama mukavemeti ve eğilme dayanımlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. En düşük aşınma dayanımını, en düşük sıra ve çubuk yönlü eğilme rijitliği değerlerini viskon ipliklerden üretilen örme kumaşlar vermiştir [6].

Gül araştırmasında pamuk ve viskon gibi önceden beri kullanılan lifler ile Bambu, Modal®, Promodal®, Mikromodal®, Keten-modal, lyocell® gibi yeni rejenere elyaf cinsleri kullanılarak örülmüş çorapların konfor ve performans özelliklerini incelemiştir. En düşükten en yüksek aşınma değerlerine göre sıralama pamuk, bambu, viskon, mikromodal, promodal, modal, modal-keten, lyocell şeklinde bir sonuca ulaşılmıştır [7].

2010 yılında Özçelik Kayseri G.ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, viskon, modal ve lyocell lif ve ipliklerinin yapısal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca, liflerin yapısal özelliklerinin, bazı örme kumaşların boncuklanma, patlama mukavemeti, renk verimliliği ve termo fizyolojik konfor özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Viskon liflerinden üretilen kumaşların boncuklanma eğiliminin lif yapısal özellikleri nedeniyle lyocell ve modal liflerinden üretilen ham kumaşlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Lyocell liflerinin mukavemetinin daha yüksek olması nedeniyle kumaş patlama mukavemetinin de daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Lyocell liflerinden üretilen kumaşların ısıl iletkenliği daha fazla olup, viskon ve modal liflerine göre ilk dokunuşta daha serin hissi verdiği belirlenmiştir [8].

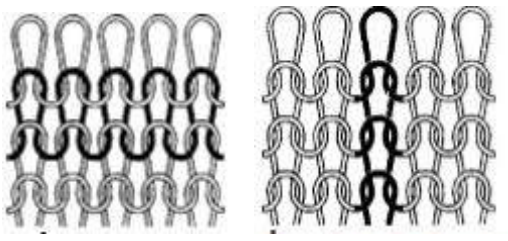
2. Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kumaşlar, süprem örme kumaş yapısında yuvarlak örme makinesinde pamuk ve tencel hammaddeden üretilmiştir. Tablo I.'de kumaşları oluşturan ipliklerin kalite özellikleri yer almaktadır. Deneysel çalışma kapsamında kullanılan örme kumaşların süprem yapısı Şekil 1.'de verilmiştir. Kumaşların boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı performans özellikleri ilgili standartlara göre tespit edilmiş, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek farklı hammaddeden örme kumaşların boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybına etkisi yorumlanmıştır.

TABLO I. İPLIKLERIN KALITE ÖZELLIKLERI

Hammadde	Numara(Ne)	U%	CVm%	İnce -40%	Kalın +35%	Kalın +50%	Neps +200%	H	sh	Rkm (kgf*Nm	B-Force (gF)	Elongation (%)	B-Work (gf.cm)
100% Penye	23,79	8,94	11,27	9,50	109,00	5,50	9,50	7,94	162,00	15,43	383,10	6,90	682,70
100%Tencel	23,62	8,36	10,57	10,00	37,00	4,50	14,50	6,64	1,39	28,90	722,70	11,37	2400,00



a)İlmek satırı b)İlmek çubuğu

Şekil 1. Süprem örme kumaş

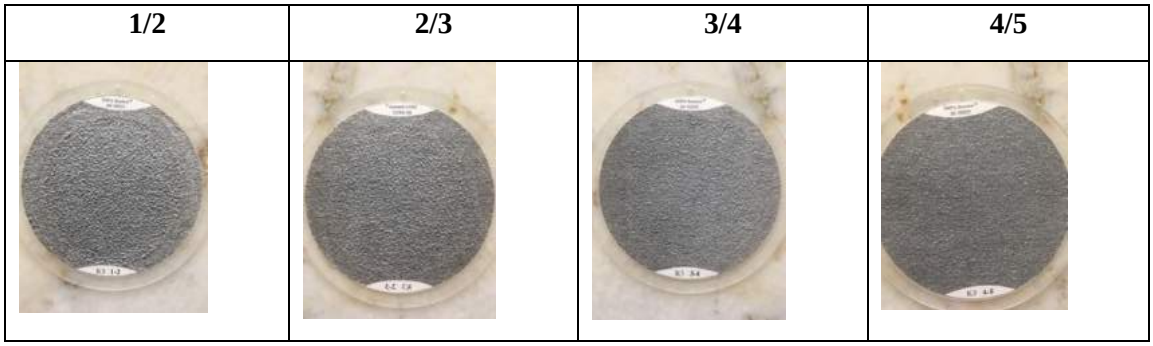
2.2. Metot

2.2.1. Boncuklanma Tayini (Martindale Pilling)

Süprem örme kumaşlara, TS EN ISO 12945-2 standardı esas alınarak çalışma kapsamında, Martindale Pilling testi uygulanmıştır. Test numuneleri, üç adedi deney parçası üç adedi de alt kumaş olarak 14 cm çapında toplam 6 adet hazırlanmıştır. Boncuklanma testi, dairesel deney numunesinin alt kumaşla (deney numunesinin aynısından ve aynı ölçüde) sürtünmesi sağlanarak yürütülmektedir. Yüzey tüylenmesi ve boncuklanmanın subjektif olarak değerlendirilmesi, sürtme deneyinin bu aşamasından sonra yapılmaktadır. Boncuklanma testi, Martindale cihazının belirli devirlerinde gerçekleşmekte olup 125, 500, 1000 ve 2000 devirlerde cihaz durdurulmakta ve her devir sonunda üst deney parçalarına bakılarak tüylenme ve boncuklanma gözlenmektedir. Bu çalışmada kullanılan pamuklu kumaşlarda boncuklanma tayini, 2000 devre kadar uygulanmış olup boncuklanma cihazı Şekil 2.'de verilmiştir [1].

Şekil 2. Martindale Aşındırma ve Boncuklanma Test Cihazı

Boncuklanmanın değerlendirilmesi, Şekil 3.'de verilen standart fotoğraflarla yapılmıştır.



Şekil 3. Standart Boncuklanma Değerlendirme Fotoğrafları

Çizelge 2. Boncuklanma Değerlendirme Skalası

Derece	Tanımı
5	Değişme yok
4	Hafif bir tüylenme ve/veya kısmen oluşmuş boncuklanma
3	Orta düzeyde tüylenme ve/veya orta düzeyde boncuklanma
2	Belirgin bir tüylenme ve/veya belirgin boncuklanma
1	Yoğun yüzey tüylenmesi ve/veya etkin boncuklanma

Boncuklanma değerlendirmesi 1-5 aralığında değişen, ara değerleri de bulunan standart skala referans alınarak yapılmaktadır (1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4, 4-5, 5). Bu skalada 1 en kötü, 5 ise en iyi olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 2).

2.2.2. Aşınma İle Kütle Kaybı Tayini (Martindale Aşınma İle Kütle Kaybı)

BS 5690 standardı esas alınarak çalışmada kullanılan %100 pamuklu kumaşlara aşınma dayanımı (kütle kaybı) tayini yapılmıştır. Deney parçaları olarak; numuneler ve destek köpüğü kesici numune şablonu kullanılarak 3.8 cm çapında, keçe ve standart yün kumaş 14 cm çapında hazırlanmaktadır. Numunelerin aşınma dayanımının test edildiği cihaz, Şekil 1.'de verilen Martindale cihazıdır. Bu cihaz, boncuklanma tayini için de kullanıldığından, cihaz eğer boncuklanma test pozisyonunda ise, aşındırma test pozisyonuna getirilmelidir. 3.8 cm çapında hazırlanan deney numunesi ve destek köpüğü, cihazın ön tarafında bulunan numune hazırlama bölümünde üst üste konularak numune tutucu gövdesine yerleştirilir. 14 cm çapındaki yün kumaş ile keçe, önce keçe üzerine aşındırıcı yün kumaş olarak yerleştirilip, baskı ağırlığı kullanılarak cihazın alt tablasına sabitlenir. Böylece alt tablada aşındırıcı yün kumaş üst tablada deney numunesi olmak üzere numune seti hazırlanmış olur. Belirlenen tur sayısına göre cihaz çalıştırılıp, tur bitiminde deney numunelerinin ağırlık kaybı belirlenerek % kütle kaybı, m_1 test öncesi numune ağırlığı (gram), m_2 test sonrası numune ağırlığı (gram) olmak üzere eşitlik (1) ile tespit edilir [1].

$$\text{Kütle kaybı (\%)} = (m_1 - m_2) / m_1 \qquad (1)$$

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Fiziksel Özellikler

Tablo II.'de numunelerin fiziksel özellikleri verilmiştir. Burada numuneler kodlanırken pamuk (p), tencel (t), baskı öncesi (ö), baskı sonrası (s) olarak isimlendirilmiştir. Numune kumaşların çubuk sıklıkları ve ilmek sıklıkları (9) dijital baskı işlemi öncesinde ve sonrasında ölçülmüştür.

TABLO II. NUMUNELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

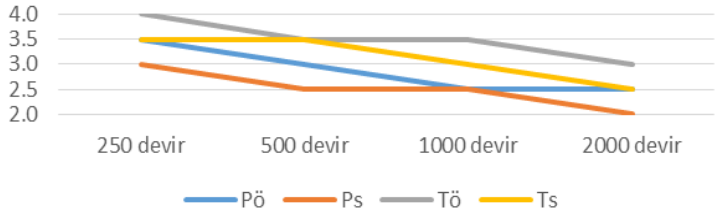
Numune Adı	Çubuk Sıklığı(Çubuk/cm)	İlmek Sıklığı (İlmek/cm)
Pö	9,37	10,94
Ps	10,07	11,56
Tö	8,43	10,75
Ts	9,09	12,27

3.2. Boncuklanma Değerlendirmesi

Çalışmada kullanılan pamuklu ve tencel kumaşlara, TS EN ISO 12945-2, 2002 standardı esas alınarak Martindale Piling testi uygulanması neticesinde elde edilen boncuklanma değerlendirmesi Tablo III'te verilmiştir. Tüm numunelerde devir sayısı arttıkça boncuklanma eğiliminin artığı ve hem pamuk hem tencel kumaşlarında baskı sonrası boncuklanmanın olumsuz etkilendiği Tablodan da görülmektedir.

TABLO III. DEVİRLERE GÖRE BONCUKLANMA SONUÇLARI

Numune Adı	250 devir	500 devir	1000 devir	2000 devir
Pö	3/4	3	2/3	2/3
Ps	3	2/3	2/3	2
Tö	4	3/4	3/4	3
Ts	3/4	3/4	3	2/3



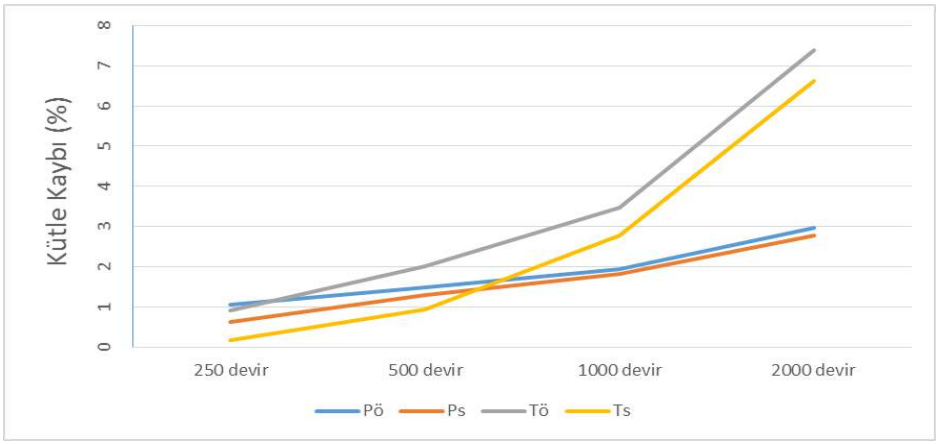
Şekil 4. Boncuklanma Grafiği

3.3. Aşınma İle Kütle Kaybı Değişimi

BS 5690'a göre, çalışmada kullanılan tüm kumaşlara uygulanan Martindale aşınma dayanımında elde edilen kütle kaybı (%) ortalama sonuçları Tablo IV'te verilmiştir. Tüm numunelerde devir sayısı arttıkça aşınma ile kütle kaybının artığı, tencel kumaşlarında pamuklu kumaşlara göre aşınma ile kütle kaybının daha yüksek olduğu tablodan da görülmektedir. Lif yapısının, iplik üretimi yönteminin, kumaşların gördüğü terbiye işlemlerinin değerlendirmeye etki edeceği, bilinen bir durumdur.

TABLO IV .DEVİRLEREGÖREKÜTLEKAYBI DEĞİŞİMİ(%)

Numune Adı	250 devir	500 devir	1000 devir	2000 devir
Pö	1.064	1.487	1.938	2.973
Ps	0.628	1.299	1.832	2.785
Tö	0.915	2.014	3.472	7.389
Ts	0.184	0.948	2.788	6.627



Şekil 5. Kütle Değişim Grafiği

4. Sonuç

Boncuklanma ve aşınma testleri genellikle terbiye işlemi görmüş (mamul) kumaşlara uygulanan analizler olup, lif türü, iplik özellikleri, iplik eğirme yöntemi, kumaş özellikleri (örgü türü gibi), kumaşın gördüğü terbiye işlemleri (ön terbiye, boyama, apre gibi) olarak birçok faktörden etkilenebilen performans özellikleridir.

Bu çalışmada, %100 pamuklu ve %100 tencel hammaddeden süprem örme kumaşların ilmek ve çubuk sıklığı, örgü analizi gibi fiziksel özellikleri ile boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı performans özellikleri ilgili standartlara göre tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek farklı hammaddenin boncuklanmaya ve aşınma ile kütle kaybına etkisi yorumlanmıştır.

Yapılan test sonuçları değerlendirildiğinde; uygulanan dijital baskı işleminin baskı sonrası numunelerin boncuklanma ve aşınma dayanımına etkisinin çok olumsuz olmadığı sonucu elde edilmiştir. Boncuklanma tayini testinde baskı sonrasında numunelerin sadece birer birim kötüleştiği görülmüştür. Kütlece değişim yüzdeleri kıyaslandığında pamukta da tencelde de baskı öncesi ve sonrasına ait sonuçlar arasında önemli derecede büyük farklar bulunmamıştır. Numune sayısı ve ölçüm tekrar sayıları artırılarak, eğilimin genel durumu için daha kapsamlı deneysel çalışmalar yapılabilir.

5. Referanslar

1.Doba Kadem, F., 2007. İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Bazı Fiziksel Özelliklerin Seçilmiş Performans Özellikleriyle İlişkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 219 s, Adana

2.Doba Kadem, F., Oğulata R.T.,2014. İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Kumaş Konstrüksiyonunun Boncuklanma ve Aşınmaya Etkisinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(1), 89-97 ss.

3.Doba Kadem F., Özdemir Ş. 2018. Dijital Baskılı Kumaşlarda Hava Geçirgenliği Ve Patlama Mukavemeti Üzerine Deneysel Bir Çalışma, "1. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu, Mersin, 1-3 Kasım 2018.

4.Ala D.M., Gülşen Bakıcı G., Abdulvahitoğlu A. 2017.Süprem Örme Kumaşlarda Kalınlık, Hava Geçirgenliği ve Boncuklanma Özelliklerinin İncelenmesi Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3), ss. 103-109.

5. Demiryürek O., UYSALTÜRK D. 2016. Viloft/Polyester Karışımlı Örme Kumaşların Patlama Mukavemeti ve Boncuklanma Özelliklerinin Araştırılması, Tekstil ve Mühendis, 23: 102, 105-111.

6. Tekoğlu O., Kavuşturan Y. 2007. Şenil Ve Makarna İpliklerden Üretilen Düz Örme Kumaşların Aşınma, Patlama Ve Eğilme Özellikleri Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 2.

7. Gül R. 2012.Yeni Nesil Liflerden Örülen Çorapların Konfor Ve Dayanım Özellikleri Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Eylül 2012.

8.Özçelık Kayseri G., Bozdoğan F., Hes L., 2010. Performance Properties Of Regenerated Cellulose Fibers, Tekstil Ve Konfeksiyon 3/2010 208-212.

9.TS EN 14971: 2013. Tekstil-Örülmüş Kumaşlar-Birim Uzunluk ve Birim Alan Başına Örgü İlmeği Sayısının Tayini

10.TS EN ISO 12945-2, 2002. Tekstil –Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklanma Yatkınlığının Tayini- Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

11.BS 5690, 1991. Method for Determination of Abrasion Resistance of Fabrics, Misis Apre (Adana) Mamul Kalite Kontrol Laboratuvarı Deney Föyü.of Tehran, Karaj, Iran. 173 pp.

Özet

Dünyada nüfusun, kentleşmenin ve sanayi çalışmalarının gün geçtikçe artması, atık miktarını da dolaylı olarak artırmaktadır. Bu artıştan dolayı insan ve çevre sağlığının sağlanabilmesi adına atık yönetimi çalışmalarının yapılması zorunlu hale gelmektedir. Atık yönetimini oluşturan işlemlerden toplama ve taşıma literatürde araç rotalama problemleri olarak ele alınmaktadır. Araç rotalama problemleri, araçların dağıtım/toplama işlemlerini yaparken optimum rotalamanın tasarlanması üzerinedir. Bu çalışmada T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan "Sıfır Atık Projesi" doğrultusunda Kırıkkale Merkez, Yahşihan ve Bahşili ilçesindeki tüm kamu kuruluşlarından ve okullardan yapılacak atık toplama işlemleri ele alınmıştır. Çalışmada kâğıt, cam, plastik ve metal gibi geri dönüştürülebilir atıkların toplanması için talep tahmini yapılmış, ardından en az maliyeti gözeten atık toplama rotaları bulunmuştur. Problem homojen çok araçlı araç rotalama problemi olarak ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler:

Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm, Sıfır Atık, Araç Rotalama Problemi

Abstract

Increasing population, urbanization and industrial activities in the world increases the amount of waste indirectly. Due to this increase, it is necessary to carry out waste management studies in order to ensure human and environmental health. Two of the processes of waste management, collection and transport, are considered as vehicle routing problems in the literature. Vehicle routing problems are related to the design of optimum routing while carrying out distribution / collection of vehicles. In this study, waste collection operations from all public institutions and schools in Kırıkkale Merkez, Yahşihan and Bahşili districts were discussed in line with "Zero Waste Project" initiated by Turkish Republic Ministry of Environment and Urban Planning. The demand forecasting was made for the collection of recyclable wastes such as paper, glass, plastic and metal, and then the least cost of waste collection routes were found. The problem is considered as a homogenous multi-vehicle vehicle routing problem.

Keywords:

Waste Management, Recycling, Zero Waste, Vehicle Routing

Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması

Collection of Wastes within the scope of Zero Waste Project: A Vehicle Routing Practice with Homogeneous Multi-Vehicle in Kırıkkale

Dr. Öğr. Üy. Hacı Mehmet ALAKAŞ[1]
Şafak KIZILTAŞ[1]
Doç. Dr. Tamer EREN[1]
Dr. Öğr. Üy. Evrencan ÖZCAN[1]
[1]Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

1. Giriş

İnsan nüfusunun artmasıyla beraber gelen, yapılan çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan atıkların çevreye verdiği zararın artması problemi, atık yönetiminin gün geçtikçe daha önemli bir hale gelmesini sağlamaktadır. Atık yönetiminde temel amaç diğer birçok sistemde olduğu gibi verimliliğin ve kaynakların etkin kullanımının artırılması ve çevre ve toplum sağlığının korunmasıdır. Şengül [1]'ün çalışmasında belirttiği gibi yöneylem araştırması yöntemleri bu alanda etkili yöntemler olup, literatürde birçok örneği mevcuttur.

Demir vd. [2] çalışmalarında, Yenimahalle Belediyesi'nin katı atık yönetim sistemi için bir sistem tasarımı yaklaşımı sunmuşlardır. Büyük ölçekli bir belediyede kısıtlı mali olanaklar ile işletilen bir sistemin matematiksel modeller ile dönemsel planlanması amaçlanmıştır. Özeler vd. [3] çalışmalarında, Ankara için katı atık yönetiminde hangi yöntemin daha uygun olduğunun seçimi problemini çalışmışlardır. Aksoy [4] çalışmasında, sisteme geri dönen ürünlerin geri kazanım oranının stokastik olduğu çok aşamalı bir yeniden üretim sisteminde en iyi geri kazanım politikalarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda yeniden üretim işlemlerinin her aşaması için toplam maliyeti en küçükleyen bir model sunmuştur. Kaçtıoğlu ve Şengül [5] çalışmalarında, ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine dağıtım sisteminin planlanması ve işleyiş etkinliğinde karar almayı desteklemek için bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Yaman ve Olhan [6] çalışmalarında, internet tabanlı kaynakları tarayarak katı atık yönetimi konusunda yeni bir yaklaşım olan "sıfır atık" konusunda Türkiye ve dünyadaki durumu karşılaştırmalı olarak ortaya koymuşlardır. Şengül [1] çalışmasında, tersine lojistik kavramını atıkların geri dönüşümü açısından incelemiş ve bu tür geri dönüşüm ağlarında kullanılan optimizasyon metotlarını değerlendirmiştir. Aydoğan vd. [7] çalışmalarında, Gaziantep ilinde evsel katı atık yönetimi, atıkların özellikleri, atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf uygulamalarının değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Demirel vd. [8] çalışmalarında, bütünleşik bir lojistik ağı tasarımı için kapasite kısıtlı, çok aşamalı, çok ürünlü bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli ve sezgisel yöntem ile

doğrusal programlamayı birlikte kullanan genetik algoritma tabanlı melez bir çözüm yöntemi geliştirmişler, elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Güvez vd. [9] çalışmasında, Kırıkkale'de atık toplayıcı bir işletmenin, müşteri grubunda yer alan sağlık kurumlarından tıbbi atık toplama işlemlerinde kullandıkları araç için en uygun rotanın belirlenmesi ve önerilen rotanın maliyetinin en küçüklenmesi amaçlamışlardır. Alaykıran ve Güner [10] çalışmalarında, birden çok malzeme tipi için çok ürünlü bir geri dönüşüm ağı incelemişlerdir. Bu doğrultuda problemin çözülmesi için karma tamsayılı bir matematiksel model önermişlerdir. Demirer vd. [11] çalışmalarında, alternatif atık yönetimlerinin araştırılması ve faydalarının karşılaştırılması, atık yönetimi, atık yönetiminde karşılaşılabilecek sorunların belirlenmesi ve kirlilik kontrolünün daha karmaşık ve maliyeti yüksek bir yaklaşım olduğunu gösterebilmeyi amaçlamışlardır. Doğan ve Kırda [12] çalışmalarında, evsel ilaç atıklarının toplanması projesinde atık ilaçların taşınmasına yönelik genetik algoritmanın kullanılmasını araştırmışlardır. Keçeci vd. [13] çalışmalarında, Çankaya Belediye Başkanlığı için e-atıkların toplama noktalarının belirlenmesi ve kaç araçla, hangi sıklıkla ve nasıl taşınacağının belirlenmesi problemi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi destekli bir Karar Destek Sistemi önerilmiş, farklı senaryoların analizine dayalı alternatif çözüm önerileri elde edilmiştir. Çakır ve Topal [14] çalışmalarında, atık yönetimi incelemiş ve tasarruf algoritması kullanımıyla tıbbi atıkların toplanması konusunu ele almışlardır. Ene ve Öztürk [15] çalışmalarında, tasarlanacak tedarik zinciri ağı için çevre üzerindeki olumsuz etkiyi minimize edecek şekilde açılacak tesislerin yerine, sayısına ve çalışma içerisindeki aşamalar arası ürün akış miktarlarına karar vermeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda yeşil tedarik zinciri ağ optimizasyonu için parçacık sürü algoritması ve genetik algoritma kullanımı önerilmiştir. Cingöz vd. [16] çalışmalarında, bir atık toplama işletmesi için atık toplarken izleyebileceği en uygun rotayı Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile belirlemek amaçlamış, en kısa yol algoritması ile takip edilmesi gereken rotaları belirlemişlerdir.

2. Atık Yönetimi ve Sıfır Atık

Nüfusun ve kentleşmenin hızla büyümesinden dolayı atık miktarları da gün geçtikçe artmaktadır. Benzer şekilde Türkiye'nin nüfusu ve atık miktarı da sürekli artış göstermektedir. TÜİK verilerine göre 2023 yılında 86,9 milyon, 2040 yılında 100 milyonu geçmesi beklenen Türkiye nüfusu için 2016'da belirlenen günlük kişi başı atık miktarı olan 1,17 kg dikkate alındığında konunun önemi daha iyi anlaşılacaktır [17, 18].

Bu çalışmada temel olarak alınan konulardan atık yönetimi konusunda, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2017 yılında başlattığı, "Sıfır Atık" projesi mevcuttur. Proje, temelde israfın önlenmesini ve kaynakların daha verimli kullanılmasını hedef almaktadır. Projenin kamu kurum/kuruluşlarında, eğitim kurumlarında, alışveriş merkezlerinde, hastanelerde, eğlen-dinlen tesislerinde ve büyük iş yerlerinde uygulanması ve 2023 yılında tüm Türkiye'de uygulamaya geçilmesi hedeflenmektedir [19].

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığının "Sıfır Atık" projesine paralel olarak Kırıkkale ili için katı atıkların kamu kurum/kuruluşlarından, tesislerden, okul, alışveriş merkezi gibi insanların yoğun olarak çöp çıkardığı noktalardan en az maliyet, en az mesafe gibi hedefler ile homojen çok araçlı atık toplama problemi çalışılmıştır; matematiksel modeller ile en uygun araç rotaları belirlenmiştir.

3. Yöntem

Araç rotalama problemi, yapısından dolayı zor bir problem çeşididir ve çalışılacak problem tipine göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Dağıtım/toplama yapılacak noktaların artması ile problem çözümü zorlaşmakta ve çözüm süresi artmaktadır. Çalışmada kullanılan araç rotalama probleminin matematiksel modeli şu şekildedir;

Karar Değişkenleri ve Notasyonlar:

$$x_{ijv} = \begin{cases} 1, & v\ aracmn\ i\ noktasmdan\ j\ noktasma\ gitme\ durumu \\ 0, & diğer\ durumlar \end{cases}$$

J: Malzeme taşınacak yerler

V: Araçlar

π_j*: Alt tur oluşmasını engelleyen değişken*

d_{ij}*: i ve j arası mesafe*

C_v*: v aracının kapasitesi*

D_j: j noktasından toplanacak atık miktarı

n: Toplama düğümleri sayısı

Amaç Fonksiyonu:

$$Min\ Z = \sum_{i\epsilon J}\sum_{j\epsilon J}\sum_{v\epsilon V} d_{ij}x_{ijv} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i\epsilon J}\sum_{v\epsilon V} x_{ijv} = 1, \quad (j\epsilon J, i \neq j) \quad (2)$$

$$\sum_{j\epsilon J} x_{0jv} = 1, \quad (\forall v\epsilon V) \quad (3)$$

$$\sum_{i\epsilon J} x_{i0v} = 1, \quad (\forall v\epsilon V) \quad (4)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n\left(1 - \sum_{v\epsilon V} x_{ijv}\right), \quad (i\epsilon J, j\epsilon J, j \neq i) \quad (5)$$

$$\pi_j \geq 0, (j\epsilon J) \quad (6)$$

$$x_{ijv}\epsilon\{0,1\} \quad (i \neq j, \forall i, j\epsilon J, v\epsilon V) \quad (7)$$

$$\sum_{i\epsilon J}\sum_{j\epsilon J, j\neq i} D_j x_{ijv} \leq C_v, \quad (v\epsilon V) \quad (8)$$

Oluşturulan modelde Denklem 1 toplam mesafeyi minimize eden amaç fonksiyonunu göstermektedir. Denklem 2 bütün düğümlere bir kez gidilmesini, Denklem 3 ve 4 her düğüme bir giriş bir de çıkış olmasını sağlamaktadır. Denklem 5 ve 6 alt tur oluşumunu engelleyen kısıtlardır. Denklem 7 değişkenlerin tam sayı olması kısıdıdır. Denklem 8, probleme eklenen kapasite kısıdıdır.

4. Bulgular ve Tartışma

Kırıkkale Çevre İl Müdürlüğünden elde edilen verilere göre Kırıkkale ve yakın iki ilçesi olan Yahşihan ve Bahşili içerisindeki kamu kurumlarından ve okullardan atık toplama işlemi için araç rotalama yapılmıştır. Problem kapasite kısıtlı araç rotalama problemine uymaktadır ve buna göre modellenmiştir.

Başlangıç olarak çözümü yapılacak 224 kurum binası ele alınmıştır. Atık toplanacak noktalar birbirlerine yakınlıkları dikkate alınarak birleştirilmiş ve 95 nokta belirlenmiştir. Bu 95 nokta için mevcut kişi sayısı, 2016 yılı TÜİK verilerine göre belirlenen günlük ortalama atık miktarı (1,17 kg) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının "Sıfır Atık" projesinde hedeflediği geri dönüşüm oranına göre (% 35) talep tahmini yapılmış ve her bir noktadan ne kadar atık toplanacağı belirlenmiştir. Ardından tüm noktalar için Pareto Analizi yapılmış, her bir nokta için yapılan talep tahminlerine göre A, B ve C grubu noktalar belirlenmiştir. A grubu noktalar her gün gidilmesi gereken noktalar, B grubu noktalar iki günde bir ve C grubu noktalar haftada bir gidilmesi gereken noktalar olarak ele alınmıştır. Bu duruma göre haftalık yolcu planı oluşturulmuştur. Belirlenen haftalık yolculuk planı Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Haftalık Yolculuk Planı

	A GRUBU	B GRUBU	C GRUBU
PAZARTESİ	X		
SALI	X	X	
ÇARŞAMBA	X		
PERŞEMBE	X	X	
CUMA	X		X

Sonraki aşamada matematiksel programlama kullanılarak problemin optimal çözümünü verecek model oluşturulmuş, CPLEX ILOG programı ile problem çözülmüştür. Tablo 1'deki haftalık yolculuk planına göre, 5000 kg kapasiteli dört adet özdeş atık toplama aracı için oluşturulan en uygun rotalamalar Tablo 2'deki gibidir. Sadece A grubu noktalarının ziyaret edildiği Pazartesi ve Çarşamba günleri için 192,65 km, A ve B grubu noktalarının ziyaret edildiği Salı ve Perşembe günleri için

295,8 km, A ve C grubu noktalarının ziyaret edildiği Cuma günü için 448,4 km olmak üzere, oluşturulan haftalık yolculuk planına göre katedilen toplam mesafe 936,85 km olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Oluşturulan Araç Rotaları

Gruplar	Araçlar	Oluşturulan Araç Rotaları	T. Mesafe
A	Araç 1	0-23-54-35-20-13-48-0	192.650
	Araç 2	0-42-92-30-14-60-59-63-70-58-45-0	
	Araç 3	0-62-65-50-37-79-18-53-80-52-88-56-55-85-9-36-33-0	
	Araç 4	0-67-69-19-87-86-28-75-57-0	
A+B	Araç 1	0-88-56-55-4-85-54-13-48-14-15-16-0	295.800
	Araç 2	0-43-89-92-93-94-42-95-44-33-1-36-83-9-12-32-34-50-79-18-81-62-37-26-66-63-84-31-0	
	Araç 3	0-35-20-45-75-57-30-67-47-58-86-0	
	Araç 4	0-91-51-68-28-60-61-19-69-70-59-87-78-52-80-53-65-23-0	
A+C	Araç 1	0-17-67-27-30-46-57-75-87-82-22-85-77-71-6-38-73-8-9-11-10-5-7-36-72-0	448.400
	Araç 2	0-48-13-28-45-29-37-74-79-50-18-64-21-53-65-62-54-0	
	Araç 3	0-92-40-42-90-59-69-19-70-58-86-20-23-2-3-49-76-0	
	Araç 4	0-33-35-24-63-39-88-56-55-52-25-80-60-14-41-0	
			936.850

5. Sonuç

Dünya nüfusunun ve ihtiyaçların arttığı günümüzde, atık kaynaklı insan ve çevre sağlığının olumsuz etkilenişi giderek geri döndürülemez boyutlara yaklaşmaktadır. Bu nedenle hem dünya üzerindeki sınırlı hammaddenin etkin kullanımı hem de insan ve çevre sağlığını korumanın öneminden dolayı atık yönetimi konusu daha ön plana çıkmaktadır.

Çalışmada T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan sıfır atık projesine entegre olabilecek, Kırıkkale ili için geri dönüştürülebilir atıkların toplanması problemi ele alınmıştır. Bu doğrultuda öncelikle çalışma ile ilgili bir veri toplama işlemi yapılmış, rotalaması yapılacak noktalar bulunmuştur. Bu noktalar için günlük talep tahmini yapılmıştır. Talep tahminlerinden sonra öncelikli olarak gidilmesi gereken noktalar, Pareto analizi ile belirlenmiş ve matematiksel model oluşturularak, haftalık olarak her bir gün için araç rotaları belirlenmiştir. Problem homojen çok araçlı araç rotalama problem olarak ele alınmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler arasında lojmanlar ve alışveriş merkezleri gibi noktalar olmayıp Merkez, Bahşili ve Yahşihan ilçelerindeki okullar ve il çapında valilik, kaymakamlıklar, nüfus, emniyet vb. müdürlükler için araç rotalama yapılmıştır. Probleme diğer ilçelerdeki okullar ve diğer atık miktarı yüksek binalar da eklenerek çalışma geliştirilecektir. Çalışmada kurulan modelin diğer şehirlere de uygulanarak Türkiye'de tüm illerde en verimli şekilde atıkların toplanması işlemi gerçekleştirilebilir. Ayrıca geri dönüştürülebilir katı atıkların yanı sıra diğer atıkların toplanması üzerine bir çalışma yapılabilecektir.

6. Referanslar

[1] Şengül, Ü. 2010. Atıkların Geri Dönüşümü ve Tersine Lojistik. Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi. 6(1): 73-86.

[2] Demir, E., D. Gültekin, S. Sandıkçıoğlu, A. Sayhan, M. Yeşildağ, Ö. Kırca, ve H. Süral. 2001. Yenimahalle Belediyesi Katı Atık Toplama ve Taşıma Sistemi Tasarımı. Endüstri Mühendisliği Dergisi. 12(3-4): 52-64.

[3] Özeler, D., Ü. Yetiş ve G.N. Demirer. 2006. Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study. Environment international. 32(3): 405-411.

[4] Aksoy, H.K. 2007. Yeniden Üretim Sistemlerinde En İyi Geri Dönüşüm ve Atık Politikalarının Belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 20(2): 121-134.

[5] Kaçtıoğlu, S. ve Ü. Şengül. 2010. Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 24(1): 89-112.

[6] Yaman, K. ve E. Olhan. 2010. Atık Yönetiminde Sıfır Atık Yaklaşımı ve Bu Anlayışa Küresel Bir Bakış. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi. 3(1): 53-57.

[7] Aydoğan, Ö., G. Varank ve M.S. Bilgili. 2011. Municipal solid waste management in Gaziantep. Sigma. 3: 268-275.

[8] Demirel, N., H. Gökçen, M.A. Akçayol ve E. Demirel. 2011. Çok Aşamalı Bütünleşik Lojistik Ağı Optimizasyonu Probleminin Melez Genetik Algoritma ile Çözümü. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 26(4): 929-936.

[9] Güvez, H., M. Dege ve T. Eren. 2012. Kırıkkale'de Araç Rotalama Problemi ile Tıbbi Atıkların Toplanması. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi. 4(1): 41-45.

[10] Alaykıran, K. ve E. Güner. 2013. Çok Ürünlü Geri Dönüşüm Ağ Tasarımı İçin Bir Matematiksel Model. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 28(1): 151-159.

[11] Demirer, S.U., S. Elker ve S. Kasap. 2013. Atık Azaltma Metotlarının Akü Üretimine Entegre Edilmesi: Metot Geliştirme ve Uygulama. Journal of History Culture and Art Research. 1(4): 468-474.

[12] Doğan, Ö.İ. ve K. Kırda. 2014. Evsel İlaç Atıklarının Toplanmasında Tersine Lojistik Ağı Üzerine Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi. 6(1): 1-22.

[13] Keçeci, B., E. Sümer, A. Kılıç, S. Çiçek, B. İnan ve E. Çeki. 2014. CBS Destekli E-Atık Yönetimi: Çankaya Belediyesi İçin Bir Uygulama. UKAY 2014: 8-14.

[14] Çakır, T.E. ve B. Topal. 2016. Tersine Lojistik Kapsamında Tıbbi Atıkların Toplanması Üzerine Bir Uygulama. IMUCO 2016: 770-779.

[15] Ene, S. ve N. Öztürk. 2016. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Ağ Optimizasyonu Problemine Meta-Sezgisel Yaklaşım. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 12(3): 449-457.

[16] Cingöz, K., E. Gürgen ve B. Beyhan. 2018. Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Atık Toplama Araçlarının Rotalarının Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 36(1): 39-62.

[17] TÜİK Haber Bülteni, http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30567 (Son Erişim: 03.10.2018)

[18] TÜİK Haber Bülteni, http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24876 (Son Erişim: 03.10.2018)

[19] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sıfır Atık, https://sifiratik.csb.gov.tr/neden-sifir-atik-i-7090 (Son Erişim: 03.10.2018)

Banka Kredi İşlemlerinde Süreç Madenciliği Kullanımı

Use of Process Mining in Bank Loan Transactions

İbrahim Ethem YAZICI[1]
Orhan ENGİN[2]

[1]Kuveyt Türk Katılım Bankası, AR-GE Merkezi, Kocaeli.
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Özet

Son yıllarda karmaşık süreçlerin analizinde kullanılan ve şirketlere iş süreçlerinin yönetimi ve geliştirilmesinde büyük katkıda bulunan süreç madenciliği, dünya çapında uygulanmaya çalışılmaktadır. Süreç madenciliğinin adımları ve nasıl iş süreçleriyle birlikte analiz edileceği konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Farklı sektörlerde maliyetlerin azaltılması, süreç iyileştirmelerinin yapılması ve özellikle sürelerin kısaltılması noktasında süreç madenciliği büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, banka tarafından en çok kullanılan ve diğer işlerden daha karışık olan banka işletme kredilerinde süreç madenciliği metodolojisinin nasıl uygulanabileceği araştırılmıştır. Bununla birlikte bankacılık sürecinde tıkanıklıkların, uzun zaman alan sürelerin, iş akışının ve kaynak istatistiklerinin gösterilmesi ve çözüm önerilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, süreç madenciliğinin, kurumsal süreçlerin iyileştirilmesinde ve verimin arttırılmasında önemli bir metodoloji olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler:

Süreç madenciliği, bankacılık süreçleri, süreç geliştirme, süreç tasarımı

Abstract

In recent years, process mining has been used throughout the world to contribute to the management and development of business processes. Various works have been taken on the steps of process mining and how to analyze business processes. Process mining is of great importance in terms of reducing costs in different sectors, making process improvements and especially shortening times of processes. In this study, it has been shown how the process mining methodology can be applied in bank business loans which are the most used by the bank and more complicated than other jobs. In addition, it is aimed to show the bottlenecks, long-time processes, work flow and resource statistics in banking process and to reveal the solution suggestions. The results showed that process mining is an important methodology for improving the enterprise processes and increasing their efficiency.

Keywords:

Process mining, banking processes, process development, process design

1. Giriş

Son yıllarda karmaşık süreçlerin analizinde kullanılan ve şirketlere iş süreçlerinin yönetimi ve geliştirilmesinde büyük katkıda bulunan süreç madenciliği, dünya çapında uygulanmaya çalışılmaktadır. Süreç madenciliğinin adımları ve nasıl iş süreçleriyle birlikte analiz edileceği konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Farklı sektörlerde maliyetlerin azaltılması süreç iyileştirmelerinin yapılması ve özellikle sürelerin kısaltılması noktasında süreç madenciliği büyük rol oynamaktadır. Yazarlar süreç madenciliği kullanılarak süreç tasarımı ve geliştirilmesinin önemine vurgu yapmışlardır. Ingvaldsen ve Gulla [1] bilgi teknolojilerinden elde edilen olay verilerinden, kullanılabilir ve anlamlı sonuçları elde ederek, kurum iş süreç akışlarını ve iş mimarisini ortaya çıkararak süreç optimizasyonunda, süreç madenciliğinin önemini vurgulamışlardır. Aalst [2] olay verilerinden, iş süreçlerinin geliştirilmesinde, analizinde ve keşfedilmesinde önemli olan süreç madenciliğindeki adımları ve nasıl uygulanabileceği konusunu incelemiştir. Çalışmada, süreç madenciliği aracılığı ile iş süreçlerinin nasıl yönetilebileceğini ve bunların geliştirilmesinde süreç madenciliğinin önemini ortaya koymuştur. Castillo ve ark [3] organizasyonel varlıklar olan iş süreçlerinin, güncel tutulmaması problemini ele almışlar ve bu problemlerin çözümü için süreç madenciliğini önermişlerdir. Weerdt ve ark [4] iş süreçlerini, çok yönlü analiz süreç madenciliği ile gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, organizasyonel olarak iş süreçlerinin geliştirilmesinde ve gerçek verilerden elde edilen iş süreçlerinin faydalarını ortaya koymuşlardır. İdeal süreç madenciliği teknikleriyle başarılı bir süreç geliştirmesi ve yeni süreç oluşturulmasını önermektedirler.

Bankacılık ana faaliyetlerinden olan kredi işlemlerinde, birçok değişkenlerle farklılaşan süreçler yer almaktadır. Özellikle firmaların kullandığı kredilerde, kontrol noktaları ve yapılan işlemler fazla olduğundan dolayı süreçleri uzun ve karışık olmaktadır. Bu süreçlerin standart olmayışı sebebiyle verimlilik çalışmaları disipline edilememektedir. Zaman içerisinde elde edilen, banka kredi süreçlerine ait kayıtlar, süreç geliştirme çalışmalarında verimli kullanılamamaktadır. Buradaki en temel zorluklardan biri, süreçlerin karışık olması ile birlikte kontrol ve onay mekanizmalarının fazla olmasıdır. Süreç madenciliği, geçmiş veri yığınlarını ele alır ve sürecin daha iyi okunabilmesini, istenen sürece uygun olup olmamasını kontrol etmeye yardımcı olur. İş akışlarının ve onaylarının, klasik bir hizmet işletmesine kıyasla çok fazla olduğu bankacılık sektöründe, süreç madenciliği, hem süreçlerin uçtan uca incelenmesini, hem süreçlerin geliştirilmesiyle verim sağlanmasını ve hem de süreçlerin istenen akışta gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrol edilmesini sağlar.

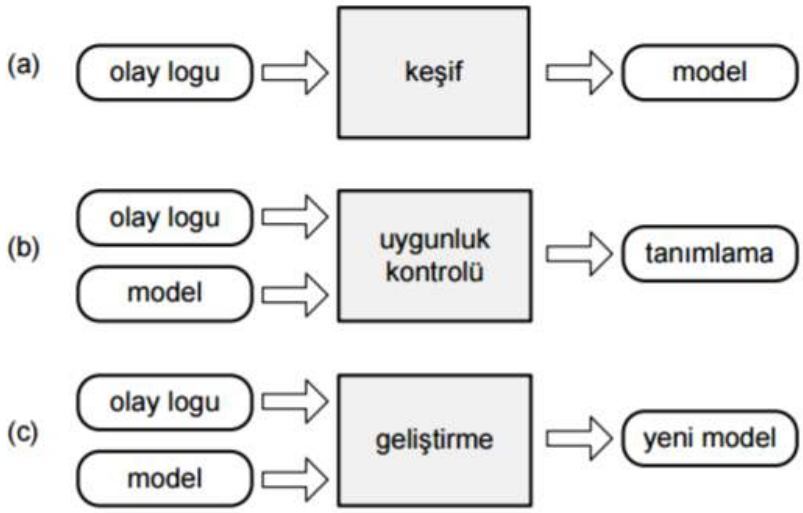
Bu araştırmada, banka tarafından en çok kullanılan ve diğer işlerden daha karışık olan banka işletme kredilerinde, süreç madenciliği metodolojisini uygulanarak tıkanıklıkların, uzun sürelerin, iş akışının ve kaynak istatistiklerinin gösterilmesi ve çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmaktadır. Araştırmanın ikinci bölümünde, süreç madenciliği açıklanmıştır. Üçüncü bölümünde ise süreç madenciliği analizlerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise elde edilen sonuçlar ve ileride yapılması önerilen çalışmalar sunulmuştur.

2. Süreç Madenciliği

Günümüzde, bilgi teknolojileri bünyesinde yapılan her işlem bir olay günlüğünden (loglarından) meydana gelmektedir. Süreç Madenciliğinin hedefi ise verinin sağlamış olduğu olay günlüklerinden bilgiyi keşfetmek ve bu bilgiyi işleyerek veriden, gerçekleşen süreçleri ortaya çıkartmaktadır [5]. Günden güne büyüyen veri yığınlarının içerisinden, gerekli bilginin temin edilmesi ve yorumlanması güçleştiğinden, süreç madenciliği teknikleri detaylı bilgiye ulaşma olanağını kolaylaştırmaktadır [6]. Olay günlüğünden süreçlerin ortaya çıkmasının ardından sürecin uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Uygunluk kontrolü olarak adlandırılan bu adımda, model ile günlük karşılaştırması ve sapmaların kontrolü ele alınmalıdır [7].

Süreç madenciliğinin temel yapı taşı olay günlükleridir. Her bir olay, aktiviteyi temsil eder. Süreç madenciliği teknikleri kullanılırken aktiviteye ait ek bilgiler kaydedilmelidir. Örneğin; işlemlerin başlangıç bitiş zamanları, aktiviteyi başlatan ve yürüten kaynak bilgileri ya da olaylara etki eden iş bilgileri gibi.

Süreç madenciliği üç şekilde uygulanabilir. Bunlar, keşif, uyum kontrolü ve geliştirme olarak sınıflandırılabilir. Keşif, olay günlüklerinden gerçek sürecin çıkartılmasını hedeflemektedir. Uyum kontrolünde ise var olan süreçler ile günlüklerden keşfedilen süreç karşılaştırılarak gerçekleşenin süreçte olup olmadığı kontrol edilir. Son uygulama şekli olan geliştirmekteki amaç ise var olan modeli daha iyiye getirmektir. Bu çalışmalar içerisinde, verimsiz adımların tespiti ve dar boğazların keşfi yapılır ve servis seviyeleri incelenir. Şekil 1 de 3 yöntemin girdileri ve çıktıları gösterilmektedir [8].

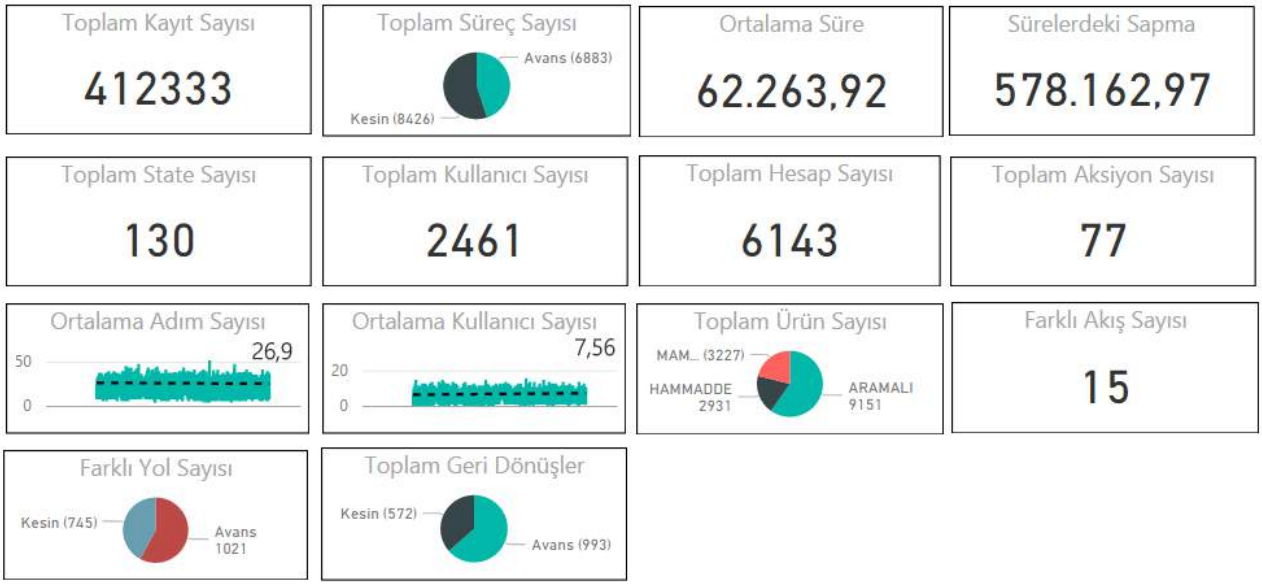


Şekil 1 - Süreç Madenciliği

Süreç Madenciliği uygulamaları esnasında dikkate alınması gereken hususlardan birisi de verinin kalitesi ve güvenilirliğidir. Çalışma sonuçlarının kalitesinin yüksek olması için günlük (log) kayıtlarının kalite seviyesi de en üst seviyede olmalıdır [5]. Uygulama çalışmaları sırasında iş bilgisi ile günlük kayıtlarını sorgulamak gerekir. Bu sorgulama, veriden süreçlerin keşfedilmesine fayda sağlayacaktır.

3. Süreç Madenciliği Analizleri

Yüklenen tüm verilere göre tüzel krediler, süreçlerinin genel durumu şekil-2'de verilmiştir. Oluşturduğumuz bu gösterge paneli (dashboard) sorunların nerelerde olduğuna dair fikirler vermekte, analize başlanması gereken noktaları öne çıkarmaktadır.



Şekil 2. Süreçlerin genel durumu

Şekil 2'den edinilen bilgilere göre akışlardaki sürelerin (saniye bazlı) sapması çok fazladır. Bu sapmalar yine gösterge panellerinden anlaşılacağı gibi çok farklı kullanıcılardan kaynaklı olabileceği gibi farklı yollardan da kaynaklı olabilmektedir. Süreç sayısı ve farklı yol sayılarına dikkat ettiğimizde, standart bir akışa sahip olmadığımız ve istasyon sayısının da fazla olmasından kaynaklanan değişken akışların ortaya çıktığını görüyoruz. Yani bir yol, ortalama birkaç akışta kullanılmıştır. Sürelerdeki sapmaların nedenlerinin, toplam istasyon sayısının fazlalığı ve her bir akış için ortalama adım sayısından kaynaklandığı görülebilmektedir. Ayrıca farklı aksiyonlara baktığımızda, sürecimizin altyapısında standarttan uzak bir görünüm olduğu yol farklılıklarında farklı aksiyonların da etkisi olduğu sonucu çıkmaktadır. Geri dönüş ve farklı yol sayıları, toplam süreç sayılarına kıyaslandığında geri dönüşlerin ciddi bir problem olduğu, bu dönüşlerin farklı yollara ve süre sapmalarına neden olduğu görülmektedir.
Süreç madenciliği metodolojisiyle aşağıdaki analizler yapılmış ve kredi süreçleri uçtan uca ele alınmıştır.

Durum Analizi: İş akışlarındaki istasyonların süreleri hesaplanarak en çok vakit alanların gösterilmesi yapılmıştır. İç Piyasa projesinde avans işlemlerde dosya kapama, kesin işlemlerde proje oluşturma ön plana çıkmıştır.

Durum Aksiyon Analizi: İstasyonlarla birlikte aksiyonları analiz edilerek süreye en çok etkisi olan adımlar ortaya çıkmıştır.

İşlem Bazlı Analiz: Proje sonuçlanma durumları incelenmiş ve bunların süreleri ve adetleri ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında projenin uçtan uca tamamlanma süresi hesaplanmıştır.

İş adımlarının Süreye Etkisi: Kullanıcı, havuz ve bekleme süreleri ayrıştırılarak bunların birbiriyle olan ilişkileri ortaya çıkarılmıştır.

Kaynak Analizi: Hangi kaynakların iş akış sürelerine nasıl etkisi olduğuna bakılmıştır.

Akış Bazlı Analiz: Ana akışı oluşturan ilişkili akış ve alt akışlar incelenerek hangi akışların en çok vakit aldığı çalışması yapılmıştır.

İşlemlerin Kaynaklara Göre Analizi: Aynı işi yapan farklı kaynakların ortalama süreleri analiz edilerek, kaynaklar arası farklılaşma ortaya konulmuştur.

Kaynakların Durum Bazında Analizi: Aynı istasyondaki kullanıcıların nasıl aksiyon aldıkları incelenmiş ve davranışları ortaya çıkarılmıştır.

Sürelerinin Analizi: Akışlardaki sürelerin kullanıcı, havuz ve beklemelere göre dağılımı yapılmış ve en çok vakit alanlar ortaya çıkarılmıştır.

Yol/Değişken Analizi: Verilerden iş akışları çıkartılarak kaç farklı yoldan verilerin aktığı ve geri dönüş oranları ortaya çıkarılmıştır.

Süreç madenciliği metodolojisinin birinci aşaması analizlerle tamamlanmış, ikinci aşaması olan görselleştirme kısmı için de çalışma yapılmıştır. Oluşturulan veri modeli Şekil 3'de verilmiştir.

Şekil 3. Veri modeli

Şekil 3'de oluşturulan bu veri modelinde jetonların (tokenların) durumları arasında geçişi, durumlardan jetonlar, süre bazlı izlenebilmektedir. Bununla birlikte durumların anlık analizleri yapılabilmekte odaklanılacak durumlar kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Süreç madenciliği metodolojisinin bir başka aşaması, olay günlüğü (event log) verisiyle oluşan süreç ile iş sürecin karşılaştırılması ele alınmıştır. Olay günlüğü verisi, birden fazla iş sürecin ve birden fazla bt sürecinin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuştur. Dolayısıyla olay günlüğü verisinden elde edilen sürecin, tam karşılığı iş süreci olarak bulunmamaktadır. Bu durumda iş süreci karşılığına göre olay günlüğü verisi bölünmüş ve her bir iş süreci ayrı ayrı ele alınmıştır. Süreçlerin karşılaştırılmasının yapılması için her 2 sürecin de aynı formatta olması gerekmektedir. Dolayısıyla her 2 süreci tek bir formata dönüştürmek amacıyla iş süreçleri incelenmiş ve olay günlüğü verisini oluşturan/oluşturabilecek kısımlar ayrıca incelenerek petrinet altyapısında ayrı süreçler oluşturulmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada süreç geliştirme ve yeni süreç tasarımı ile alakalı verim ve süre kazanımlarıyla birlikte süreç madenciliği uygulama referansı oluşturulmuş ve metodolojinin uygulanması sağlanmıştır. Verilerin temin edilmesinin ardından yapılan analizlerin çıktıları ve geliştirme önerileri belirlenmiştir. Süreç bazlı yapılan analizler neticesinde, hangi durumlarda işlemlerin ortalama ne kadar sürdüğü, hangi kaynaklarda sapmaların yüksek olduğu gibi çıktılar elde edilerek bilgi havuzu oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında yapılan analizler süreçlerde de geliştirilmesi gereken noktalara mercek tutma imkânı sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, süreç madenciliği metodolojisinin süreç geliştirme, süreç tasarımı çalışmalarında etkili bir metot olduğunu göstermiştir.

5. Referanslar

[1] Ingvaldsen, J., Gulla, J., 2012, Industrial application of semantic process mining, Enterprise Information Systems, 6, 2, May, 139–163.

[2] Aalst, W., 2012, Process Mining, Communications of the Acm, August, 55, 8.

[3] Castillo, R. P., Cruz-Lemus, J. A.,. Rodríguez de Guzmán, I. G., Piattini, M., 2012, A family of case studies on business process mining using MARBLE, The Journal of Systems and Software 85, 1370–1385.

[4] Weerdt, J., Schupp, A., Vanderloock, A., Baesens, B., 2013, Process Mining for the multi-faceted analysis of business processes - A case study in a financial services organization, Computers in Industry 64, 57–67.

[5] Force, I. T., 2011, Process Mining Manifesto, BPM Workshops proceedings, Lecture Notes in Business Information Processing. Springer, 1.

[6] Castellanos, M., Alves de Medeiros, A. K., Mendling, J., Weber, B., Weijters, A. J. M. M., 2009, Business Process Intelligence, 467-491.

[7] Van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. A., Weijters, A.J. M.M., van Dongen, B.F., Alves de Medeiros, A. K., Song, M., & Verbeek, H. M. W., 2007, Business process mining: An industrial application. Information Systems, 713-732.

[8] Force, I. T., 2011, Process Mining Manifesto, BPM Workshops proceedings, Lecture Notes in Business Information Processing. Springer, 5.

Life Cycle Assessment of Buildings in Turkey

Nihat ATMACA[1]
Ali Ihsan OZCETIN[1]
Derya BAKBAK[2]
[1]Department of Civil Engineering, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey
[2]Department of Civil Engineering, University of Hasan Kalyoncu, Gaziantep, Turkey

Özet

Artan Dünya Nüfusu karşısında azalan enerji kaynakları mevcut kaynakların verimli kullanılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu kapsamda enerji tüketiminde büyük paya sahip olan yapı sektöründe gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada binaların yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) üzerine Türkiye'de yapılan çalışmaların bir bölümü irdelenmiştir. YDD methodolojisi ve YDD metodunun öğeleri kısaca açıklanmştır.

Anahtar kelimeler:

Yaşam döngüsü değerlendirmesi; enerji kaynağı; yapı sektörü.

Abstract

As the population of the world increase, energy resources decreases, so it is inevitable to use available energy resources more efficiently. In this manner, necessary measures has to be taken for the building sector as a main consumer of energy. In this paper, some of studies related to life cycle assessment (LCA) of buildings in Turkey is evaluated. Methodology and elements of LCA is explained briefly.

Key words:

Life cycle assessment; energy resource; building sector.

1.Introduction

The global buildings sector is responsible for 30% of final energy consumption and more than 55% of global electricity demand [1]. So buildings play an important role in consumption of energy, as well have significant impact on the total natural resource consumption and on the emissions released. A building consumes energy throughout its life that starts its construction to its demolition.The demand for energy in buildings in their life cycle is both direct and indirect.(i.e. direct energy is used for construction, operation, renovation,and demolition in a building; where as indirect energy is consumed by a building for the production of material used in its construction and technical installations) [2].

The consumption of energy in the world contributes to enviromental problems such as global warming and ozone layer depletion. To achieve the goal of reducing emission values, a life cycle approach is required. LCA quantifies the potential environmental impact of a product or a service and is defined in the ISO 14040:2006 [3]

LCA methods have been utilized environmental evaluation in many sectors for a long time. This method has been spreadly used by researchers to help with decision-making for environment-related strategies and to diminish buildings life cycle environmental impacts [4,5].

LCA uses a comprehensive, systemic approach to environmental evaluation, hereby awareness is increasing in integrating LCA methods into building sector to find environmentally feasible implementations, in addition for evaluation and optimization of construction processes [6]. In addition to LCA, life cycle energy analysis (LCEA) is used to evaluate the environmental impacts of buildings. It is a simplified form of LCA that deals only on the evaluation of energy inputs for different phases of the life cycle. In this method, all energy inputs required to produce components, materials, and services needed for the manufacturing process are calculated. This methodology is applied to several studies found in the literature [7–11]. In addition to LCEA, Life Cycle Carbon Emissions Assessment ($LCCO_2A$) is used for assessing the CO_2 emissions as an output over the whole life cycle of a building. The approach considers all the carbon-equivalent emissions output from a building over different phases of its life cycle.

2. Methods

2.1. LCA Methodology

The main idea behind the LCA is to evaluate the environmental impacts of a product over different life cycle phases. LCA evaluates all the resources inputs, including energy, water, and materials, and environmental loadings including CO_2 emissions and wastes of a building during different phases of the life cycle. It can be represented mathematically by:

$$I = I_{Extraction} + I_{Manufacture} + I_{Onsite} + I_{Operation} + I_{Demolition} + I_{Rcycling} + I_{Disposal} \quad (1)$$

where I corresponds to the life cycle environmental impact, and I_j corresponds to the environmental impacts of jth building phase. LCEA deals with energy inputs to a system and $LCCO_2A$ focuses on the CO_2 equivalent emissions released from a system.

2.2. LCEA and LCCO2A Methodology

LCEA is an approach that describes for all energy inputs to a building in its life cycle. The system boundaries include the energy use of manufacturing (embodied energy), use (operational energy), and demolition phases. Manufacture phase is consist of manufacturing and transportation of building materials and renovation of the buildings. Operation phase consist of all activities (heating, cooling,lighting, appliances, cooking, hot water) related to the use of the buildings, over its life span. The final stage is demolition phase that consists destruction of the building and transportation of destructed materials to land fill sites or recycling plants. LCEA analysis can be executed using either primary or secondary energy. Pri-mary energy is the energy obtained from nature (coal and natural gas) and secondary energy is the actual energy consumed (e.g.electricity) [12]. LCEA should be presented mathematically by substituting the terms I's in Eq. (1) by E's to produce Eq. (2) as shown in the following equation:

$$E = E_{Extraction} + E_{Manufacture} + E_{Onsite} + E_{Operation} + E_{Demolition} + E_{Recycling} + E_{Disposal} \quad (2)$$

where E corresponds to the total energy used during the whole life cycle of a building, and Ej corresponds to the energy used during jth building phase.

While $LCCO_2A$ corresponds all the carbon equivalent emissions output from a building over different phases of its life cycle. The quantity of life cycle carbon emissions can be determined by substituting the terms I's in Eq. (1) with 'CO_2' and mathematically it can be computed from the following equation:

$$CO_2 = CO_{2Extraction} + CO_{2Manufacture} + CO_{2Onsite} + CO_{2Operation} + CO_{2Demolition} + CO_{2Recycling} + CO_{2Disposal} \quad (3)$$

where CO_2 corresponds to the CO_2 emission of the whole life cycle of abuilding, CO_{2j} corresponds to the CO2 emissions during the jth building phase.

3. Previous Studies

Uygunoglu and Kecebas (2011) investigated the optimum thickness of the wall materials, energy cost savings over a lifetime of 50 years and pay-back periods with life-cycle cost (LCC) analysis for the four different fuel types, six different wall materials in the city of Afyonkarahisar in Turkey. In the scoop of study, they conducted an economic analysis (LCC analysis) to determine the optimum thickness, saving and pay-back period that minimizes the total cost comprising the masonry material and the energy consumption costs. Masonry products were block elements with one, two, three and four row-hollows, hollow-brick and aerated concrete. As the fuel types, fuel-oil, natural gas, coal and electricity were used in the analysis. The functional unit of the LCC was the use of 1 m^2 of the building's living area over 50 year's period. As a result, they declared the highest energy-saving occured by the use of hollow blocks with 4 rows. Additionally, the most suitable fuels for all climate zones declared to be electricity and fuel-oil. But, the natural gas was offered as a better choice to prevent enviromental deterioration [13] .

Yildiz et al. (2012) investigated impacts of various energy efficient measures on heating for an existing detached two-storey house located in cold climate, Eskisehir-Turkey. They utilized DesignBuilder and EnergyPlus software to find possible energy saving rate. In the scoop of study, energy consumption profile for base case was simulated then, effect of defined energy efficient measures on total heating energy consumption was investigated. Lastly, life cycle approach was applied to make an economic analysis and estimating payback period for energy efficient measures. As a result, they declared that the highest energy saving (37%) for heating was obtained by the application of thermal insulation on external wall, floor and ground floor and replacement of current windows. Also they found out the payback period of energy efficient measures are more than 10 years [14].

Cetiner and Edis (2014) studied on environmental and economic sustainability assessment method to determine the effectiveness of existing residential building retrofits for reducing their space heating energy load and the resulting emissions. A residential building located in Uskudar Municipality of Istanbul was selected for presenting the application of the proposed method.The offered method was relied on the LCA method, and evaluates the environmental and economic sustainability performance of building envelope retrofits; i.e., adding thermal insulation and replacing windows. The main idea behind this method was declared to assist the decisionmaking process of building owners, users or architects in deciding the most useful retrofit alternatives in Turkey. In its current state, the database based on this methodology covers detached buildings located in Istanbul, with a natural gas-fired central heating system [15].

Hozatlı and Gunerhan (2014) investigated life cycle energy of the reinforced concrete buildings designed with traditional methods and timber-framed buildings constructed with ecological materials in the city of Mugla in Turkey. As a result of this study, life-cycle stages, energy consumption of building components and environmental impacts were evaluated. They observed that, small amounts of materials used in the building construction have a important effect on the total energy consumption and environmental impacts. With regard to life-cycle energy consumption of buildings, the use of renewable energy sources caused to save of the amounts of operating energy rate of 85-88% and save of the levels of energy of the life cycle with rate of 27-32% [16].

Sahin et al. (2015) investigated the energy efficient retrofitting of historic building with a case study carried on the historic building in Izmir-Turkey. A detailed building energy simulation tool was used to assess the impacts of energy efficient retrofits. The actual energy consumption of case building was based on the utility bills regarding electricity and heating fuel consumption. In the scoop of study, unsuitable retrofit techniques that dispute to the cultural heritage values were eliminated with a transdisciplinary approach. Then convenient retrofits were collected into three packages to estimate their effects on the energy consumption. According to results, energy saving of more than 34% can be obtained without damaging the heritage values [17].

Atmaca A. and Atmaca N. (2015) conducted a life cycle energy(LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) analysis of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. Their study was consist of building construction, operation and demolition phases to estimate total energy use and carbon emissions over a 50 year lifespan. As a result they found that the operation phase is dominant in both urban and rural residential buildings and contributes 76–73% of the primary energy requirements and 59–74% of CO2 emissions, respectively. The embodied energy (EE) of the buildings calculated as 24–27% of the overall life-cycle energy consumption. They declerad that, because of the differences in building structures, living standards and air conditioning habits, the life cycle energy demand in rural residential buildings is 18% lower than in urban conditions [18].

Atmaca A. and Atmaca N. (2016) investigated comparative life cycle energy and cost analysis of two common types of post-disaster temporary housings constructed in Turkey. In this regard, they aimed to identify whether it is more convenient to use prefabricated (PH) or container housings (CH) in postdisaster reconstruction projects. Construction and operational energy demands were calculated over 15 years using a comprehensive approach. The energy and financial requirements of the housings have been evaluated by considering four different base areas. The life cycle investment, operation, maintenance, service and end of life costs have been investigated by using the net present value technique. Life cycle primary energy consumption values of the most widely used prefabricated (PH70) and container (CH20) housings are calculated to be 18.5 and 24.7 GJ/m2, respectively. The results showed that operational phase was dominant over the housings 15-year lifetime. The life cycle cost of PH70 and CH20 were calculated to be 919 and 1308 $/m2, respectively. It was found that increasing the total base area of the housings is an important cost-effective energy

reduction measure. The results expressed that prefabricated housings have 25.1 and 29.7% lower life cycle energy and cost requirements respectively [19].

Mangan and Oral (2016) examined the measures effective in the improvement of residential energy performance aimed at providing optimum use for the country sources and the decision makers are developed for the different climate zones. Regarding these measures, the energy, economic and environmental performances of residential buildings were evaluated on the basis of life cycle. As a result they declared that some of the improvement measures determined as energy efficient cannot be described energy efficient when taken into account the life cycle costs. Therefore, it is an obligation to assess the energy, economic and environmental performances of both existing residential buildings and the buildings to be constructed in terms of life cycle energy and cost efficiency within an integrative framework [20].

Cetiner and Metin (2017) studied on the evaluation of energy consumption and life cycle cost in the scoop of energy efficient retrofitting of existing residental building stocks in the city of İstanbul in Turkey. In this regard window to wall ratio, direction, building age, window system, building element and insulation material type were chosen as parameters. Renovation of building elements that result in heat loss was offered to renovate existing residential buildings energy efficiently. Price of materials and application costs used for insulating exterior walls, roof floors and open floors and renovating window systems were identified via interviews conducted with the firms. Then, alternatives were established for each of the building types to evaluate the proposed applications and natural gas energy consumptions were calculated by using EnergyPlus building energy simulation program. Life cycle cost analysis method was performed to investigate the change of life cycle costs according to different options. Consequently, energy consumptions and life cycle costs were compared and evaluated according to the parameters [21].

4. Result and Discussion

In this study a brief explanation and applications of buildings by using LCA method is given. There are limited number of studies about life cycle assessment (LCA) of buildings in Turkey. This study enables us to compare past applications based on LCA method. This studies are extensively deals with improvement of energy performance of buildings and LCC of refurbishment works. In future studies may include LCA of concrete containing waste materials or mineral additives.

5. References

[1] SBCI, U. (2007). Buildings and climate change: status, challenges and opportunities. United Nations Environment Programme (UNEP), Paris.

[2] Sartori, I., & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. Energy and buildings, 39(3), 249-257.

[3] ISO, E. (2006). 14040: 2006. Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. European Committee for Standardization.

[4] Singh, A., Berghorn, G., Joshi, S., & Syal, M. (2010). Review of life-cycle assessment applications in building construction. Journal of Architectural Engineering, 17(1), 15-23.

[5] Buyle, M., Braet, J., & Audenaert, A. (2013). Life cycle assessment in the construction sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 379-388.

[6] Asdrubali, F., Baldassarri, C., & Fthenakis, V. (2013). Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings. Energy and Buildings, 64, 73-89.

[7] Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. Energy and buildings, 42(10), 1592-1600.

[8] Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., & Shree, V. (2011). Life cycle assessment of buildings: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(1), 871-875.

[9] Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 29, 394-416.

[10] Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., & Bruno, F. (2014). Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis. Building and Environment, 73, 106-114.

[11] Anderson, J. E., Wulfhorst, G., & Lang, W. (2015). Energy analysis of the built environment—A review and outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44, 149-158.

[12] Chau, C. K., Leung, T. M., & Ng, W. Y. (2015). A review on life cycle assessment, life cycle energy assessment and life cycle carbon emissions assessment on buildings. Applied Energy, 143, 395-413.

[13] Uygunoğlu, T., & Keçebaş, A. (2011). LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings*, *43*(9), 2077-2085.

[14] Yildiz, Y., ÖZBALTA, T. G., & Eltez, A. (2014). ENERGY-SAVING RETROFITTING OF HOUSES IN COLD CLIMATES. *Isi Bilimi ve Teknigi Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology*, *34*(1).

[15] Cetiner, I., & Edis, E. (2014). An environmental and economic sustainability assessment method for the retrofitting of residential buildings. *Energy and Buildings*, *74*, 132-140.

[16] Hozatlı, B., & Günerhan, H. (2015). MUĞLA İLİ KOŞULLARINDA BETONARME VE AHŞAP İSKELETLİ BİNALARA AİT YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ. *Engineer & the Machinery Magazine*, (660).

[17] Şahin, C. D., Arsan, Z. D., Tunçoku, S. S., Broström, T., & Akkurt, G. G. (2015). A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. *Energy and Buildings*, *96*, 128-139.

[18] Atmaca, A., & Atmaca, N. (2015). Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy and Buildings*, *102*, 417-431.

[19] Atmaca, A., & Atmaca, N. (2016). Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied energy*, *171*, 429-443.

[20] Mangan, S. D., & Oral, G. K. (2016). Assessment of residential building performances for the different climate zones of Turkey in terms of life cycle energy and cost efficiency. *Energy and Buildings*, *110*, 362-376.

[21] Cetiner, I., & Metin, B. (2017). Economic performance assessment of residential building retrofits: a case study of Istanbul. *Energy Efficiency*, *10*(5), 1061-1079.

Özet

Son yıllarda Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) çalışmalarında Durağan-durum Görsel Uyarılma Potansiyelleri (SSVEP) tekniğinin kullanılması önemli ölçüde artmıştır. SSVEP tabanlı beyin sinyal verilerinin analizi ile gerçek zamanlı BBA uygulamalarında hızlı ve doğru kontrol işlemi sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu sinyaller ile kullanıcı çeşitliliği ve kullanım kolaylığı da sağlanmaktadır. Ancak bu özelliklerin daha da iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. BBA uygulamalarında kaydedilen elektroensefalogram (EEG) ile sinüs-kosinüs dalgalarından tasarlanan referans sinyalleri arasındaki Kanonik Korelasyon Analizi (CCA), SSVEP tanıma için kullanılır. Bu çalışmada, SSVEP ile ilişkili frekans bilgilerinin çıkarılması için CCA yöntemi kullanılarak bir çevrimdışı çok kanallı SSVEP tabanlı BBA sistemi kontrol edilmiştir. CCA'da kullanılan önemli parametreler olan referans sinyali, pencere uzunluğu ve harmoniklerin sayısı gibi veriler belirlenmiş ve sistem çevrimdışı kullanılmak için ayarlanmıştır. 11 denek üzerinde yapılan çevrimdışı test için, oksipital lobda, 5 saniyelik bir pencere uzunluğu kullanılarak 5 hedefe sahip bir SSVEP tabanlı BBA sistemi oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında veri setleri yaşa, cinsiyete ve saç tipine göre düzenlenmiş olup bu veriler CCA algoritması ile incelenmiştir. Sonuçlar CCA ile SSSVEP tespitinde yaşın, cinsiyetin ve saç tipinin başarı oranını etkilediğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler:

CCA; BBA; SSVEP; EEG

Abstract

In recent years, the use of Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) techniques has increased significantly in Brain Computer Interface (BCI) studies. Analysis of SSVEP based brain signal data provides fast and accurate control in real-time BCI applications. At the same time, these signals provide user diversity and ease of use. However, further improvement of these properties is needed. Analysis of canonical correlation between electroencephalogram (EEG) recorded in BCI applications and reference signals designed from sinus-cosine waves is used for recognition of the SSVEP. In this study, an offline multichannel SSVEP-based BCI system was controlled using canonical correlation analysis (CCA) method to extract frequency information associated with SSVEP. The important parameters used in the CCA, such as reference signal, window length and number of harmonics, are set and the system is set up for offline use. For offline testing on 11 subjects, an SSVEP-based BCI system with 5 targets was created on the occipital lobe using a window length of 5 seconds. In the scope of the study, the data sets were arranged according to age, gender and hair type and these data were examined with CCA algorithm. The results show that age, gender and hair type influence the success rate in the detection of SSSVEP with CCA.

Keywords:

CCA; BCI; SSVEP; EEG

Kanonik Korelasyon Analizi ile Yaşın, Cinsiyetin ve Saç Tipinin EEG Sinyalleri Üzerindeki Etkisinin incelenmesi

Examination of the Impact of Age, Gender and Hair Type on EEG Signals by Canonical Correlation Analysis

Harun ÇİĞ[1]
M. Fatih TÜYSÜZ[2]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2] Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

1. Giriş

Nöral aktivitelerin değerlendirildiği Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) insan veya hayvan beyni ile harici bir cihaz arasında gerçekleşen doğrudan bir iletişim yoludur. Günümüzde, cerrahi olmayan kafa derisi üzerinden Elektroensefalogram (EEG) ölçümleri BBA araştırmasında popüler bir teknik haline gelmiştir [1], [2]. BBA Kas hareketine dayalı olmayarak alternatif iletişim kanalı üreten bir teknolojidir. SSVEP tabanlı BBA ile kaydedilen EEG sinyallerine belirli ön işlemler uygulanarak bazı öznitelikler elde edilir. Vücudun bütün aktivitelerinde beyin düşük amperde de olsa sürekli elektrik akımı üretilir ve bu dalga halinde düzenli bir şekilde beyin üzerinden kafatasına doğru yayılır. EEG ise bu dalgaların bilgisayar ortamında kaydedilmesi işlemidir [3].

EEG beyin fonksiyonlarını ve nörolojik bozuklukları incelemek için kullanılan en yaygın bilgi kaynaklarından biridir [2]. Nörolojik rahatsızlıklara veya nörodejeneratif hastalıklara yakalanmış insanlar, sinir sistemi ile kendi kaslarını doğru bir şekilde kontrol edemezler. BBA sistemleri bu insanlara kendi sinir sisteminden başka bir alternatif yol sunar. Bu alternatif yol, beyin sinyallerinin herhangi bir kas hareketi kullanmadan bir bilgisayar tarafından doğrudan kullanılmasıdır.

SSVEP tabanlı EEG, kas hareketlerini kullanmadan ve ciddi bir eğitime ihtiyaç olmaksızın, BBA ile iletişim yolunun kurulması için kullanılan çok popüler bir yaklaşımdır [4]. SSVEP tabanlı BBA sistemlerinde, farklı frekanslarda ayarlanmış çeşitli uyaranlar görüş alanında sunulmaktadır. Dikkatin ve odaklanmanın bir dizi farklı frekans salınımlı uyarandan birine kaydırılmasıyla farklı SSVEP'ler elde edilebilir. SSVEP tabanlı BBA, diğer BBA sistemlerine göre birçok avantaja sahiptir. Ayrıca, SSVEP beynin doğal bir cevabı olduğundan, bir kişinin SSVEP tabanlı BBA çalıştırmasını sağlamak için az bir eğitim yeterli olacaktır.

SSVEP ile BBA işlemleri için farklı periyotlarda titreşen görsel uyaranların görsel algı sisteminden sorumlu oksipital bölge üzerinde oluşturduğu beyin aktivitesi kaydedilir. Bu uyaranların oksipital lob üzerinde meydana getirdiği aktivitelerin yorumlanması bakış yön tahmini gibi birçok amaç için kullanılabilir.

SSVEP tabanlı BBA ile beyinde gerçekleşen nöral aktiviteyi daha iyi yorumlamak, hızlı ve pratik olması adına literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Uyaran olarak bir LCD monitörün kullanıldığı bir çalışmada kanal lokasyon seçimi ve parametre optimizasyonu olmayan Kanonik Korelasyon Analizi (CCA) yöntemi, çok kanallı EEG sinyallerinden frekans bilgilerinin çıkarılması için kullanılmıştır [4]. Başka bir çalışmada minimum enerji kombinasyonu (MEC) ve CCA yöntemleri, SSVEP'leri saptamak için uzunlukları farklı olan EEG segmentlerine uygulanmıştır [5]. Bir çalışmada ise SSVEP tabanlı EEG sinyalleri incelenmiş olup sol göz ve sağ göz için ayrı ayrı spektrogram görüntüleme işlemi yapılmış ve aralarındaki ivme (ikinci mertebeden zaman farkı) üzerine odaklanılmıştır. Sırasıyla sol göz ve sağ göz için, farklı görüntülerin farklı titreşim frekanslı görsel uyaranların algısal hâkimiyet tahminindeki etkisi araştırmıştır [6].

Bu çalışma kapsamında ise MAMEM tarafından sunulan 11 deneğe ait, SSVEP tekniği ile oluşturulmuş, EEG verileri CCA algoritması ile sınıflandırılmış ve yaşın, cinsiyetin ve saç tipinin EEG sinyalleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Sonuçlar CCA tekniği ile farklı frekansta salınım yapan uyaranların frekans salınımlarının tespitinde yüksek doğruluk değeri elde edilebileceğini ve farklı demografik özelliklerin bu başarı oranını olumlu veya tersi yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında Emotiv EPOC+ beyin sinyal okuyucusuyla elde edilen SSVEP-tabanlı EEG sinyalleri yaş, cinsiyet ve saç tipine göre ayrıştırılmış ve matlab platformunda, SSVEP ile ilişkili frekans bilgilerinin çıkarılması için CCA yöntemi kullanılmış ve analiz sonuçları önceki çalışma sonuçları ile kıyaslanmıştır.

2. Yöntem

Çalışma kapsamında yaşın, cinsiyetin ve saç kalınlığının CCA ile sınıflandırılabilmesi için MAMEM [7] tarafından sağlanan SSVEP-tabanlı EEG veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti literatürde birçok çalışmada [8] farklı platform düzeneklerinde çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Bu çalışmada ise SSVEP tabanlı EEG sinyallerinin yaşa, cinsiyete ve saç kalınlığına göre doğruluk oranı CCA ile incelenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan veri setini oluşturan deneklerle ilgili bilgiler bölüm 2.1'de, verisetinin oluşturulması aşamasında kullanılan ortam, cihaz ve görsel uyaranlar bölüm 2.2'de, verinin CCA ile sınıflandırılması ise bölüm 2.3'te aktarılacaktır.

2.1. Deneklerin Yaş Cinsiyet ve Saç Tipi Özellikleri

Veri setinin oluşturulması için çalışmaya yaşları 24 ile 39 arasında değişen Araştırma ve Teknoloji Merkezi (CERTH) mevcut çalışanlarından 11 denek katılmıştır. Bu deneklerin 8'i erkek, 3'ü kadın olup bilinen herhangi bir nöro-kas veya zihinsel rahatsızlığı olmayan deneklerdir. Deneklerin yaşa, cinsiyete ve üç farklı saç tipine (kısa, normal, kalın) göre kategorize edilmiş ilgili bilgileri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Deneklerle ilgili demografik bilgiler.

Denek	Yaş	Cinsiyet	Saç Tipi
Denek_1	24	Bay	Normal
Denek_2	37	Bay	Normal
Denek_3	39	Bay	Kalın
Denek_4	31	Bay	Kısa
Denek_5	27	Bayan	Kalın
Denek_6	28	Bayan	Kalın
Denek_7	26	Bay	Normal
Denek_8	31	Bayan	Kalın
Denek_9	29	Bay	Kısa
Denek_10	37	Bay	Normal
Denek_11	25	Bay	Normal

2.2. Çakar Frekansları ve Uyarılma Prosedürü

Denekler 1680x1080 piksel çözünürlüğe sahip 22" LCD monitörde, 60 Hz yenileme oranı ile OpenViBE [9] kullanılarak tasarlanan bir uygulama ile görsel uyaranlara (çakar) maruz bırakılmıştır (Şekil 1). Deneklerin maruz bırakıldıkları çakarlar aynı anda beş farklı (6.66, 7.50, 8.57, 10.00 ve 12.00 Hz) frekansta titreşen beş mor kutudan oluşmaktadır.

Bu kapsamda, EEG verileri Emotiv Epoc ile 14 kablosuz kanaldan (USB bağlantısı üzerinden) 128 Hz' lik bir örnekleme oranı kullanılarak kaydedilmiştir.

Şekil. 1. Görsel uyarılma süreci

Çalışma kapsamında, her denek 5 farklı frekansta titreşen beş mor kutuya (6.66, 7.50, 8.57, 10.00 ve 12.00 Hz) 5 saniyelik sürelerle 25 kere maruz bırakılmıştır. Her denek için bu işlem 5 kere tekrarlanmış ve sonuçta her deneğe ait 5 saniyelik toplam 125 farklı çakar verisi (EEG datası) elde edilmiştir.

2.3. Sinyal Analizi

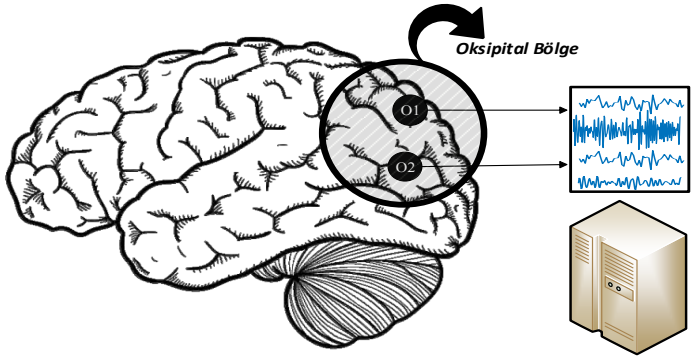
Çalışma kapsamında öncelikle MAMEM tarafından sağlanan ve 5'er saniye dinlenme aralıklarıyla 25'li denemeler halinde toplanan EEG datası sırasıyla, yaş grubuna (20-30 ve 30-40 arası iki grup) , cinsiyete (bay ve bayan olmak üzere iki grup) ve saç tipine (kısa, normal ve kalın) göre gruplandırılıp 5 ayrı frekansta titreşen çakarlar göz önüne alınarak Matlab programı kullanılarak 5 set (6.66, 7.50, 8.57, 10.00 ve 12.00 Hz) halinde ayrıştırılmıştır.

Ayrıştırma işlemi ayrıca bu gruplardan bağımsız olarak her denek için de ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Ayrıştırma işlemleri sonucunda 19 farklı veri seti oluşturulmuştur (Bknz. Tablo 2).

Tablo 2. Oluşturulan 19 farklı veri seti

No	Denek	Yaş	Cinsiyet	Saç Tipi
1	Denek_1	24	Bay	Normal
2	Denek_2	37	Bay	Normal
3	Denek_3	39	Bay	Kalın
4	Denek_4	31	Bay	Kısa
5	Denek_5	27	Bayan	Kalın
6	Denek_6	28	Bayan	Kalın
7	Denek_7	26	Bay	Normal
8	Denek_8	31	Bayan	Kalın
9	Denek_9	29	Bay	Kısa
10	Denek_10	37	Bay	Normal
11	Denek_11	25	Bay	Normal
12	Yaş_1	20-30	&	&
13	Yaş_2	31-40	&	&
14	Cinsiyet_1	&	Bayan	&
15	Cinsiyet_2	&	Bay	&
16	Saç tipi_1	&	&	Kısa
17	Saç tipi_2	&	&	Normal
18	Saç tipi_3	&	&	Kalın
19	Toplam	&	&	&

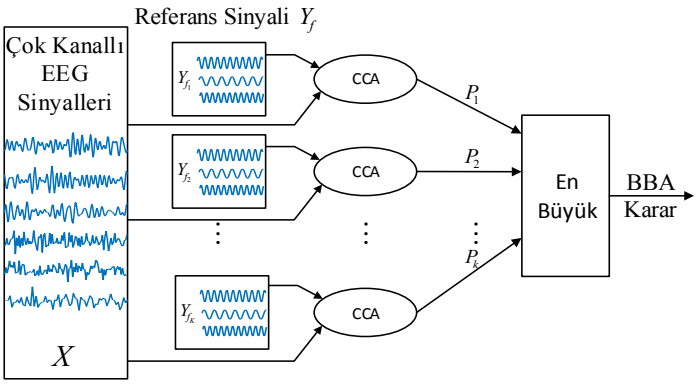
Her bir veri seti üzerinde öncelikle 4-50 Hz Butterworth bant geçiren filtre ile düşük ve yüksek frekans gürültülerinden temizleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil. 2. Beynin Oksipital Bölgesinden Kaydedilen EEG sinyalleri

Filtreleme sonrası 5 adet farklı frekanslarda (6,66Hz, 7,50Hz, 8,57Hz, 10Hz, 12Hz) sinüs ve kosinüs bileşenleriyle 5 adet referans sinyali oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan her bir veri seti her bir referans sinyali ile birlikte CCA algoritmasında test edilmiştir.

CCA, Hotelling tarafından 1936 yılında geliştirilen bir yöntemdir. SSVEP tekniğiyle kaydedilen EEG sinyalleri ve sinüs-kosinüs referans sinyalleri arasındaki CCA, EEG sinyallerinin sinyal-gürültü oranını artırma özelliği ile sınıflandırma doğruluğunu artırmak ve geliştirmek için kullanılmıştır [13], [14].



Şekil. 3. EEG Sinyal Analizinde CCA Kullanımı

SSVEP tekniğiyle kaydedilen EEG sinyallerinin hangi frekansta salınım yaptığını tespit etmek için CCA tabanlı yöntem kullanılmıştır ve performansının yüksek olduğu görülmüştür.

$$P^2 = \frac{(W^T C_{XY} W_Y)^2}{W_X^T C_{XX} W_X W_Y^T C_{YY} W_Y}$$

CCA yönteminin tanımında, iki rastgele vektör kümesi vardır.

$$\max_{W_x, W_y} = \frac{E\left(X^T y\right)}{\sqrt{E\left(X^T x\right)E\left(y^T y\right)_Y}} = \frac{E\left(W_X^T X Y^T W_y\right)}{\sqrt{E\left(W_x^T X X^T W_x\right)E\left(W_y^T Y Y^T W_y\right)}}$$

SSVEP bazlı BBA'ya CCA yöntemi uygulandığında, rastgele vektörlerden biri (X), çok kanallı EEG verisine karşılık gelir ve diğeri (Y), üretilen bir dizi referans sinyalini ifade eder. W_x ve W_y ile ilişkili olarak maksimum ρ bir maksimum kanonik korelasyondur. W_x ve W_y'nin parametreleri olan x ve y, kanonik varyantlar olarak adlandırılır.

$$Y_f \left\{ \begin{array}{l} \sin 2\pi ft \\ con 2\pi ft \\ \vdots \\ \sin 2\pi N_h ft \\ con 2\pi N_h f \end{array} \right\}$$

N_h harmoniklerin sayısıdır. Çok kanallı EEG sinyalleri ve referans sinyallerinin her biri CCA yönteminin bir girişi olarak kullanılmıştır. ρ kanonik korelasyonu çıktısı EEG sinyalleri içerisindeki verilerin hangi frekansta salınım yaptığını belirlemek için kullanılabilir.

SSVEP tabanlı BBA sistemlerinde, üç önemli parametre vardır: elektrot lokasyonu, pencere uzunluğu (T) ve harmonik sayısı (N_h). SSVEP tabanlı EEG sinyallerinin CCA ile çevrimdışı analizi, bu üç parametrenin önerilen BBA sisteminin performansı üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır.

SSVEP tabanlı BBA sisteminde, EEG verilerinde baskın olan birkaç bilinen frekans arasında belirlenmelidir. Farklı temel frekanslara sahip referans sinyali (Y) üretip hangi referans sinyalinin EEG verisi ile en fazla ilişkili olduğuna karar vererek, EEG verisindeki baskın frekans belirlenir [4].

$$Y_f = \frac{(W^T C_{XY} W_Y)^2}{W_X^T C_{XX} W_X W_Y^T C_{YY} W_Y}$$

3. Bulgular ve Tartışma

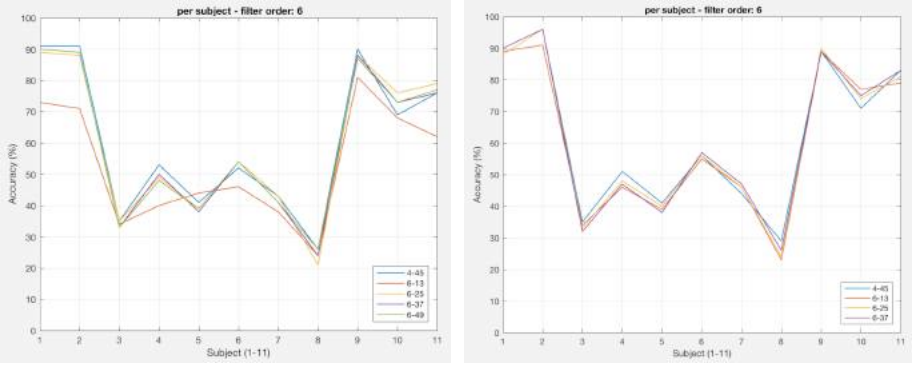
Bölüm 2'de detayları verilen düzenlenmiş, filtrelenmiş EEG verileri CCA algoritması kullanılarak her bir veri seti ayrı ayrı incelenmiş ve doğruluk oranları gözlemlenmiştir. Tablo 3'te belirtilen algoritmaya ait sınıflandırma test sonuçları gösterilmektedir.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, 4-50 Hz arası filtrelenen EEG verilerinden çalışma kapsamında CCA algoritması kullanılarak yüksek doğruluk oranıyla frekans tespiti yapılmıştır. Başarı oranı denek bazlı (Kişi1 – Kişi11) olarak %30 ile %90 arasında değişiklik göstermektedir. Denek_1 – Denek_11 arasındaki veri setlerinin toplanarak oluşturulduğu ve toplam adı altında sunulan veri setinde ise bu değer %61.09 olarak hesaplanmıştır. Bu değer deneklerin 5 farklı frekansta uyarıldığı, herhangi bir eğitim aşamasının olmaması ve işlem hızının yüksek olması göz önüne alındığında, CCA algoritması ile başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Tablo 3. Sınıflandırma Test Sonuçları

Denekler ve Sınıflandırma Türü	CCA Doğruluk Oranı (%)
Kişi1	89
Kişi2	90
Kişi3	33
Kişi4	49
Kişi5	39
Kişi6	54
Kişi7	45
Kişi8	30
Kişi9	90
Kişi10	75
Kişi11	78
Yaş(20-30)	65,83
Yaş(30-40)	55,4
Cinsiyet (Bayan)	41
Cinsiyet (Bay)	68,62
Saç Tipi (Kısa)	69,5
Saç Tipi (Normal)	75,4
Saç Tipi (Kalın)	39
Toplam	61,09

Farklı filtreleme aralıkları ve farklı harmonik değerleri kullanılarak CCA algoritması ile sınıflandırılan 11 deneğe ait sınıflandırma başarı oranları ise Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi filtreleme aralıkları ve harmonik sayıları veri setlerinin sınıflandırma başarı oranlarını az da olsa etkilemektedir.



a) $N_h = 2$ b) $N_h = 4$

Şekil 4. Farklı filtreleme aralıkları ve farklı harmonik değerleri kullanılarak elde edilen CCA doğruluk oranları.

Çalışma kapsamındaki bir diğer temel hedef ise CCA ile yaşın, cinsiyetin ve saç tipinin SSVEP-tabanlı EEG sinyalleri üzerindeki etkisini incelemektir. Bu kapsamda oluşturulan iki tip yaş verisi (30 yaş altı ve 30 yaş üstü), iki tip cinsiyet verisi (bay/bayan) ve üç tip saç verisinin (kısa, normal ve kalın) kendi aralarındaki kıyasına ilişkin sonuçlar da yine Tablo 3'te gösterilmektedir. Sonuçlar daha genç yaştaki (30 yaş altı) deneklerin görsel uyaranlara karşı ürettikleri EEG sinyallerinin CCA algoritması ile bir iki istisna hariç genel olarak daha başarılı tespit edildiğini göstermektedir. İki yaş grubu arasındaki başarı oranı farkı yaklaşık %10.43 olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma başarısı cinsiyete göre incelendiğinde, CCA algoritmasına göre erkek deneklerin sınıflandırma başarısının, kadınlara oranla daha yüksek olarak hesaplandığı görülmektedir.

Sınıflandırma başarısı saç tipine göre incelendiğinde ise, normal olan saç tipi % 75.4 başarı oranı ile birinci sırada, kısa olan saç tipi %69.5 başarı oranı ile ikinci sırada ve kalın saç tipi ise %39 başarı oranı ile üçüncü sırada yer almıştır. En iyi başarı oranının normal saç tipinde olduğu ve kalın saç tipinin hem kısa hem de normal saç tipine göre daha düşük başarı oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Tarafımızca gerçekleştirilen [15] bir çalışmada bu veri setleri YSA, KNN ve SVM algoritmaları kullanarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, diğer algoritmalara kıyasla CCA algoritması ile daha yüksek başarı oranı elde edildiği gözlemlenmiştir. 20 – 30 arası yaş grubu için CCA algoritması YSA, KNN ve SVM algoritmalarından daha yüksek sınıflandırma başarısı elde etmiştir. 30 – 40 arası yaş grubu için CCA algoritması ile YSA algoritması sınıflandırma sonuçları yakın sonuçlar göstermektedir. Cinsiyet olarak kıyaslandığında ise, CCA en iyi sonucu veren YSA ile çok yakın benzerlik göstermiştir. Saç tipinde ise en başarılı sınıflandırma sonuca normal saç tipi ile CCA algoritması ile ulaşıldığı gözlemlenmiştir. 11 Kişiden oluşan veri setinin toplamının analizinde ise yine %61.09 başarı oranı ile bir önceki çalışmada en yüksek sonucu veren YSA algoritması ile %4.79 fark ile CCA algoritmasının daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

4. Sonuç

Bildiri kapsamında MAMEM tarafından sağlanan EEG datası yaş grubuna, cinsiyete ve saç tipine göre gruplandırılıp beş ayrı frekansta titreşen çakarlar göz önüne alınarak 19 ayrı veri seti oluşturulmuştur. Ayrıştırılan veri seti üzerinde filtreleme işlemleri yapılmış ve CCA algoritması ile her bir veri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında yaşın, cinsiyetin ve saç tipinin doğruluk oranına etkisi incelenmiştir. CCA algoritmasının veri seti üzerinde eğitim yapmadan mevcut algoritmalardan çok daha hızlı bir şekilde sonuç vermesi ve doğruluk başarı oranında yüksek olması gerçek-zamanlı EEG sınıflandırma işlemlerinde kullanılmasının daha başarılı ve etkili olabileceğini göstermektedir.

Çalışma ekibimizce Emotiv Epoc ve OpenBCI ganglion cihazları ile belli kriterlere uygun deneklerden veri seti oluşturma işlemleri devam etmektedir. Bu sayede sonraki çalışmalarımızda oluşturulacak EEG verilerinin farklı algoritmalar ile analizi sağlanacaktır. Bu sayede daha yüksek başarı oranının sağlanması ve daha doğru bir karşılaştırma yapılması beklenmektedir.

5. Referanslar

[1] T. M. Vaughan, "Guest editorial brain-computer interface technology: a review of the second international meeting," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 11, no. 2, pp. 94–109, 2003.

[2] J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. M. Vaughan, "Brain–computer interfaces for communication and control," Clin. Neurophysiol., vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.

[3] G. R. Müller-Putz, R. Scherer, G. Pfurtscheller, and R. Rupp, "EEG-based neuroprosthesis control: A step towards clinical practice," Neurosci. Lett., vol. 382, no. 1–2, pp. 169–174, 2005.

[4] G. Bin, X. Gao, Z. Yan, B. Hong, and S. Gao, "An online multi-channel SSVEP-based brain–computer interface using a canonical correlation analysis method," J. Neural Eng., vol. 6, no. 4, p. 46002, 2009.

[5] E. Erkan and M. Akbaba, "A study on performance increasing in SSVEP based BCI application," Eng. Sci. Technol. an Int. J., vol. 21, no. 3, pp. 421–427, 2018.

[6] K. Tanaka, M. Tanaka, T. Kajiwara, and H. O. Wang, "A Practical SSVEP-Based Algorithm for Perceptual Dominance Estimation in Binocular Rivalry," IEEE Trans. Cogn. Dev. Syst., vol. 10, no. 2, pp. 476–482, 2018.

[7] İnternet 1: http://www.mamem.eu/ 01/03/2017.

[8] I. Lazarou, S. Nikolopoulos, P. C. Petrantonakis, I. Kompatsiaris, and M. Tsolaki, "EEG-Based Brain–Computer Interfaces for Communication and Rehabilitation of People with Motor Impairment: A Novel Approach of the 21st Century," Front. Hum. Neurosci., vol. 12, 2018.

[9] Y. Renard et al., "OpenViBE: An Open-Source Software Platform to Design, Test, and Use Brain–Computer Interfaces in Real and Virtual Environments," Presence Teleoperators Virtual Environ., vol. 19, no. 1, pp. 35–53, 2010.

[10] A. V Oppenheim and R. W. Schafer, Zeitdiskrete Signalverarbeitung. DE GRUYTER, 1998.

[11] S. M. J. Pappu and S. N. Gummadi, "Artificial neural network and regression coupled genetic algorithm to optimize parameters for enhanced xylitol production by Debaryomyces nepalensis in bioreactor," Biochem. Eng. J., vol. 120, pp. 136–145, 2017.

[12] Q. Yang, S. Le Blond, R. Aggarwal, Y. Wang, and J. Li, "New ANN method for multi-terminal HVDC protection relaying," Electr. Power Syst. Res., vol. 148, pp. 192–201, 2017.

[13] D. Niebur and A. J. Germond, "Power flow classification for static security assessment," Proceedings of the First International Forum on Applications of Neural Networks to Power Systems. IEEE.

[14] "Support Vector Machines, 1992; Boser, Guyon, Vapnik," in SpringerReference, Springer-Verlag.

[15] H. Cig and M. F. Tuysuz, "Impact of age, sex and hair type on SSVEP-based EEG signals analysis," 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). IEEE, 2018.

Yapay Alg Algoritması (AAA), modifikasyonları ve farklı çözümler için kullanımı

Artificial Algae Algorithm (AAA), its modifications and implementations for diverse solutions

Sait Ali UYMAZ[1]
Gülay TEZEL[1]
Esra YEL[1]

[1] Konya Technical University, Faculty of Engineering and Life Sciences, Konya, Türkiye

Özet

Biyolojik ilhamlı algoritmalar optimizasyon problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle literatürde biyolojiden ilham alınarak birçok algoritma ve bunların farklı türdeki problemlere uyarlamaları önerilmiştir. Yapay alg algoritması (AAA) 2015 yılında alglerin yaşam davranışlarından esinlenilerek geliştirilmiş popülasyon tabanlı bir biyolojik ilhamlı optimizasyon metodudur. AAA sömürü ve keşif karakteristikleri arasında güçlü bir dengeye sahiptir. AAA önerildikten sonra birçok farklı çalışmada kullanılmıştır. Bunlar modifikasyon, melez ve gerçek dünya problemlerine uyarlama çalışmalarıdır. Bu çalışma ile ikili, çok amaçlı ve çeşitli mühendislik problemleri için geliştirilen AAA temelli modifiyeli ve/veya melez çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar AAA'nın geniş bir yelpazede, çok çeşitli disiplinler için başarı ile kullanılabilecek bir optimizasyon algoritması olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler:

Yapay Alg Algoritması; biyolojik ilhamlı; metasezgisel.

Abstract

Biological-inspired algorithms are often used to solve optimization problems. For this reason, many algorithms and their subsequent modifications and utilizations in different types of problems have been proposed in the literature. Artificial algae algorithm (AAA) is a population based biological-inspired optimization method inspired by microalgae's life behavior and developed in 2015. AAA has a strong balance between its characteristics of intensification and diversification. After the first release of core AAA, it has been used in many different studies namely modification studies, hybrid studies and utilizations to real-world problems. In this study, AAA based modified and/or hybrid studies developed for binary, multi-objective and various engineering problems were investigated. These studies have shown that AAA is an optimization algorithm that can be used successfully for a wide variety of disciplines.

Keywords:

Artificial algae algorithm; biological-inspired; metaheuristic.

1. Introduction

Optimization is the process of finding the optimum solution to a problem. Problems encountered in solving large and complex problems with classical optimization methods can be classified as long calculation times, difficulties in determination of model parameters of the problems and difficulties and problem-depencies of the methods. These problems have led researchers to work on methods that are easy to understand, that can find good solutions faster instead of the best solution, and that can be adapted to different problems.

Artificial Algae Algorithm (AAA) is a population based bio-inspired optimization algorithm developed by Uymaz et al, [1]. Its performance and success had been tested on the CEC'05 benchmark function set and the pressure vessel design optimization problem and results had been compared to various common algorithms including ABC, BA, ACOR, DE and HSPOP [1].

Its proved performance in the first release of core AAA opened the way of its further improvements and its availability for solving diverse types of optimization problems. As expected, various studies were performed in the literature since then. Therefore, the purpose of this study is to introduce core AAA and its position in optimization algorithms first, and then to review its subsequent modifications and utilizations in particular problems. Within this scope, the potential availability and resilience of AAA to modifications and to implementations in diverse cases are emphasized.

1.1. Heuristic and Metaheuristic Methods

The purpose of heuristic methods is to search the solution space in the most efficient and fastest way to find the best or nearest solutions. They use trial-and-error method to produce acceptable practical solutions for a complex problem in reasonable time. Metaheuristic is a high-level problem-independent algorithmic framework that provides a set of guidelines or strategies to develop heuristic optimization algorithms. A metaheuristic algorithm has two component:

1. Intensification or Exploitation : to focus on searching the local area using the knowledge of the best available solution in the region.

2. Diversification or Exploration : to produce various solutions until the search space is discovered on the global scale

From the mid-20th century, many metaheuristic methods have been developed inspired by biology, physics, neurology and other disciplines. Some of the common optimization methods developed since 1975 are listed chronologically in Table 1.

TABLE I. COMMON OPTIMIZATION METHODS SINCE 1975

1975 – 2000	1975-Genetic Algorithm	2011 – 2017	2011-Fruit Fly Optimization Algorithm
	1983-Simulated Annealing Algorithm		2012-Flower Pollination Algorithm
	1986-Tabu Search		2012-Fruit Fly Optimization
	1986-Artificial Immune System		2013-Backtracking Search Optimization Algorithm
	1992-Ant Colony Optimization		2014-Grey wolf optimizer Algorithm
	1995-Particle Swarm Optimization		2015-Ant lion optimization algorithm
	1997-Differential Evolution		2015-Social Spider Algorithm
2001 – 2010	2001-Harmony Search Algorithm		**2015-Artificial Algae Algorithm**
	2002-Bacterial Foraging Optimization		2016-Whale Optimization Algorithm
	2005-Artificial Bee Colony		2017-Squirrel Search Algorithm
	2006-Bees Algorithm		
	2008-Firefly Algorithm		
	2009-Cuckoo Search Algorithm		

1.2. Algae

Algae (microalgae) are photosynthetic eucaryotic microscopic organisms possessing a photosynthetic pigment (chlorophyll) which combine water and carbon dioxide to form starch or related substance and simultaneously release oxygen in the presence of sunlight. In a typical growth period of an alga with adequate supply of CO_2 and nutrients, at appropriate temperature, illumination and other conditions, $\mu = dX/Xdt$ provides an intrinsic measure of the rate of total metabolism leading to cell synthesis. It is characterized by Monod function ($\mu = \mu max.S/(Ks+S)$, where μ_{max} : the maximum specific growth rate, K_s : the substrate saturation constant). It provides a useful measure of growth in response to growth factors since algal species require an optimum medium to sustain a maximum μ. The yield for an alga depends on the incident illumination. The biological growth process is commonly described by the Monod function, which relates μ as a function of substrate concentration:

2. Artificial Algae Algorithm (AAA)

AAA was established by inspiration of microalgae's life behavior. Every solution is represented by an algal colony. Artificial algae, like an algae in real life, move towards the light source to make photosynthesis. The movement is helical swimming, they can adapt to the environment, they are able to change the dominant species according to the environmental conditions and can reproduce by mitotic division. AAA composed of "Helical Movement", "Evolutionary Process", and "Adaptation". The pseudo code of AAA is indicated in Figure 1. In the algorithm, algae are the main genera. This whole population was composed of algal colonies.

$$Population\ of\ Algal\ Colony = \begin{bmatrix} x_1^1 & \cdots & x_1^D \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_N^1 & \cdots & x_N^D \end{bmatrix}$$ D: # Number of dimensions

An algal colony (x_i) is a group of algal cells living together.

$x_i = [\, x_i^1 , x_i^2 \ldots x_i^D \,] \quad i = 1, 2, \ldots, n$ N: # Number of colonies

where x_i^j is algal cell in jth dimension of *i*th algal colony. Each colony (x_i) represents a suitable solution in problem space. It is thought that all algal cells in the colony move together at feasible location in the solution space. Optimum solution is when the algal colony reaches ideal condition. Algal cells and colonies generally swim and try to stay close to the water surface where adequate light for survival is available there. They swim helically in the liquid with their flagella. The forward movement of the algal cell in the liquid is restricted by gravity and viscous drag.

```
1:   generate an initial population of n algal colonies with random solutions
2:   evaluate f(x_i), i = 1, 2, ..., D
3:   while stopping condition not reached do
4:   for i = 1 to n do
5:   while energy of i^th colony not finished do
6:   modify the colony with helical movement
7:   end while
8:   end for
9:   apply evolutionary strategy
10:  apply adaptation strategy
11:  end while
```

Figure 1. AAA flowchart.

Helical Movement (Real algae and Algae of AAA): Helical movement and algal cell energies for real and artificial algae are related in Table 2.

TABLE II. HELICAL MOVEMENT AND ALGAL CELL ENERGIES

Real Algae	Algae of AAA
algal colony has a certain amount of energy	energy determines how many times an algal colony move in the solution space in each iteration where energy of algal colonies is calculated in proportion to size of them
movement of an algal colony causes a certain energy loss	amount of energy consumed by the colony in each movement is determined by parameter of «Energy Loss»
energy of the colony is directly proportional to the received nutrient concentration at time t.	the size and energy of the colony which is close to the light (global optimum) increases and therefore moves more in the liquid

Growing algal cells move more slowly in the liquid, as their friction surfaces are larger. This increases local search ability (exploitation). On the contrary, the small algal cells have less friction surfaces, so the movement distances of them in the liquid (step size in the solution space) are larger. Therefore, global search capabilities (exploration) are higher. In AAA, the gravity restricting the movement is displayed as 0 and viscous drag is displayed as shear force, which is proportional to the size of algal cell. It is assumed that the algal colony is spherical and its size is represented by its volume. Therefore, friction surface becomes the surface area of the hemisphere:

$$\tau(x_i) = 2\pi r^2 = 2\pi\left(\sqrt[3]{\frac{3G_i}{4\pi}}\right)^2$$

Three dimensions of the algal cell for the helical movement are determined randomly. One of these provides linear movement and other two dimensions provide angular movement:

$$x_{im}^{t+1} = x_{im}^{t} + \left(x_{jm}^{t} - x_{im}^{t}\right)(\Delta - \tau^t(x_i))p$$
$$x_{ik}^{t+1} = x_{ik}^{t} + \left(x_{jk}^{t} - x_{ik}^{t}\right)(\Delta - \tau^t(x_i))\cos\alpha$$
$$x_{il}^{t+1} = x_{il}^{t} + \left(x_{jl}^{t} - x_{il}^{t}\right)(\Delta - \tau^t(x_i))\sin\beta$$

where, x_{im}^{t}, x_{ik}^{t} and x_{il}^{t} : x, y and z coordinates of *i*th algal cell at time *t*; $\alpha, \beta \in [0,2\pi]$; $p \in [-1,1]$; Δ: shear force; $\tau^t(x_i)$: friction surface area of *i*th algal cell.

Evolution Process (Real algae and Algae of AAA): Under sufficient nutrient conditions, if the algal colony receives enough light, it grows and reproduces itself to generate two new algal cells in time *t*, similar to the real mitotic division. The algal colony not receiving enough light survives for a while but eventually dies. The growth kinetics of algal colony is represented by Monod model. Accordingly, the size of *i*th artificial algal colony at time *t*+1 is calculated as follows:

$$\mu_i^t = \frac{\mu_{max} \times f^t(x_i)}{\left(\frac{G_i^t}{2}\right) + f^t(x_i)} \qquad G_i^{t+1} = G_i^t + \mu_i^t\, G_i^t, \qquad i = 1,2,\dots N$$

where, G_i^t : size of *i*th algal colony at time *t*, N : number of algal colony of population. Initially the size of all algal colonies is one. After the colonies are initialized, helical movement phase starts where the algal colonies that find good solution grow bigger. In evolution process, algal colonies are sorted according to their sizes in time *t*. In any randomly selected dimension, algal cell of the smallest algal colony dies and algal cell of the biggest colony replicates itself.

$$\text{biggest}^t = \arg\ max\,\{size(x_i^t)\}, \qquad i = 1,2,\dots N$$
$$\text{smallest}^t = \arg\ min\,\{size(x_i^t)\}, \qquad i = 1,2,\dots N$$
$$\text{smallest}_m^{t+1} = \text{biggest}_m^t\,, \qquad m = 1,2,\dots D$$

where, D : dimension of the problem, biggest : the largest algal colony, smallest : the smallest algal colony.

Adaptation Process (Real algae and Algae of AAA): Algal colony, which cannot grow sufficiently in an environment, try to adapt itself to the environment by changing the dominant species. During adaptation process algal colony that survive but not grow sufficiently try to resemble the biggest algal colony in the environment. The initial starvation value is 0 for each artificial algae. In this phase, starvation level of artificial algal colonies that find good solutions remain the same and that cannot find good solutions increase. In each iteration, the adaptation parameter (Ap) determines whether adaptation process would be applied or not. Ap is constant on the interval [0, 1]. The most starving algal colony is adapted to the biggest colony in the population by using the equation:

$$\text{starving}^t = \arg\max\{starvation(x_i)\}, \qquad i = 1,\ 2,\ \dots,\ N$$
$$\text{starving}^{t+1} = \text{starving}^t + (\text{biggest}^t - \text{starving}^t) \times \text{rand}$$

where, $starvation(x_i)$: starvation value of *i*th algal colony in time *t*, starving^t : algal colony with the highest starvation value in time *t*. *rand* : a random number produced in [0, 1] range.

3. AAA Involving Algorithms and Solutions

After the first release of AAA in 2015 [1], the core algorithm has been used in various studies. These can be modifications, hybrids and/or utilization in real life problem solutions (Table 3).

TABLE III. AAA INVOLVING STUDIES BETWEEN 2015 AND 2018

Type	Study	Reference
Multi Light source modification	Artificial algae algorithm with multi-light source movement (AAA_{ML})	Uymaz et al, 2015b
Utilization in real life problem	Application of AAA for Optimized Placement of UPFC in Power systems	Zahid et al, 2018
Binary modification	Binary artificial algae algorithm for multidimensional knapsack problems (BAAA)	Zhang et al, 2016
	An artificial algae algorithm for solving binary optimization problems (binAAA)	Korkmaz et al, 2018
	An artificial algae algorithm with stigmergic behavior for binary optimization (SbinAAA)	Korkmaz and Kiran, 2018
Binary modification and utilization in real life problem	A new optimization algorithm for solving wind turbine placement problem: Binary artificial algae algorithm (BinAAA)	Beskirli et al, 2018
Multi-objective modification	Multi-objective Artificial Algae Algorithm (MOAAA)	Babalik et al, 2018
Multi-objective modification and utilization in real life problems	A novel multi-objective optimization algorithm based on artificial algae for multi-objective engineering design problems	Tawhid and Savsani, 2018
Hybridization and utilization in real life problem	Effectual recommendations using artificial algae algorithm and fuzzy c-mean	Katarya and Verma, 2017
	Stochastic Project Scheduling with Hierarchical Alternatives (SAA/DAAA)	Tao et al, 2017
	Hybrid artificial algae algorithm (HAAA) for economic load dispatch	Kumar and Dhillon, 2018
	Boosting galactic swarm optimization with ABC	Kaya et al, 2018

3.1. Multi Light source modification of AAA

Artificial algae algorithm with multi-light source movement (AAA_{ML}) was developed just after the release of core AAA [2]. In this version, the selection of a different light source for each dimension is proposed to modify with the helical movement for stronger balance between exploration and exploitation. These light sources were selected by tournament method and each light source is different from each other. This gives different solutions in the search space. The best of these three light sources provides orientation to the better region of search space. Furthermore, the diversity in the source space is obtained with the worst light source. In addition, the other light source improves the balance. AAA_{ML} was evaluated on the IEEE-CEC'13 benchmark set and real-world optimization problems used in the IEEE-CEC'11.

3.2. Core AAA in real life problem

AAA was implemented in the optimal power flow problem by curtailing or removing the over-loaded of lines and the bus voltage violations created under contingency circumstances via incorporating the Unified power flow controller (UPFC) [3]. To endorse the performance of this scheme extensive simulation studies are executed during the contingency scenarios. As a result of study of Zahid et al [3] AAA was qualified for implementing it on optimal power flow problem based on best site location of UPFC and configuration setting issues. Therefore, capacity of power systems network is enhanced by solving the optimal power flow based on the AAA technique.

3.3. Binary AAA modification

Within the scope of binary modification of core AAA there has been three studies, one is binary AAA (BAAA) for multidimensional knapsack problems [4]; the second one is binAAA for solving binary optimization problems [5] and another one is SbinAAA with stigmergic behavior for binary optimization [6].

BAAA was composed of discrete process, repair operators and elite local search [4]. In discrete process, two logistic functions with different coefficients of curve were studied to achieve good discrete process results. Repair operators were performed to make the solution feasible and increase the efficiency. Finally, elite local search was introduced to improve the quality of solutions. BAAA modification of AAA was developed to efficiently solve the multidimensional knapsack problem (MKP). The efficiency of the algorithm was indicated by simulations and evaluations carried out with total of 94 MKP benchmark problems [4].

The second binary modification of AAA, binAAA was proposed by Korkmaz et al, [5] in which the candidate solution generation process of AAA was replaced with a mechanism that use a neighbor solution randomly selected from the population and three decision variables of this solution. binAAA was investigated on the uncapacitated facility location problems (UFLP) which are pure binary optimization problem and there is no integer or real valued decision variables in those problems [5].

SbinAAA focuses on modification of AAA was using exclusive-or (xor) logic operator and stigmergic behavior [6]. In the initialization, the colonies of AAA were set to either zero or one with equal probability. In helical movement phase the xor operator and stigmergic behavior were utilized for obtaining binary candidate solutions. In adaptation, randomly selected binary values in the most starved solution were assigned to the biggest colony obtained so far [6]. The performance of the modified algorithm was indicated in solving well-known uncapacitated facility location problems and numeric benchmark problems.

3.4. Binary AAA modification in real life problems

BinAAA was implemented in solving wind turbine placement problem [7]. This study was intended to position the wind turbines on a wind farm to achieve the highest performance possible. The turbine placement operation was designed for a 2 km × 2 km area. The surface of the area was calculated by dividing it into a 10 × 10 grid and a 20 × 20 grid with the use of binary coding. The calculation revealed ten different new binary algorithms using ten different transfer functions of the AAA. These algorithms were applied to the turbine placement problem, and the algorithm that obtained the best result was BinAAA [7].

3.5. Multi-objective modification of AAA (MOAAA)

AAA was modified to Multi-objective modification of artificial algae algorithm (MOAAA) by Babalik et al, [8]. In order to obtain MOAAA the agents of main and offspring populations are combined (2N) and the best N agents are selected by using fast-nondominated-sorting and crowding-distance calculation approaches. These agents form the main population of the next generation and these operations continue until the last generation. When the last generation is reached, the first front which contains the non-dominated solutions composes the Pareto front (PF) [8].

3.6. MOAAA modification in real life problems

MOAAA was used to solve multi-objective engineering design problems [9]. MOAAA applies the elitist non-dominated sorting and crowding distance approach to preserve the diversity among the optimal set of solutions and obtains various non-domination levels, respectively. The effectiveness of the modification was investigated on 20 challenging benchmark problems from CEC 2009 benchmark sets and engineering design problems including four bar truss problem, gear train problem, multi-plate disk brake design, speed reducer problem, welded beam design, spring design problem. Results showed that MOAAA efficiently generates the Pareto front and is easy to implement, promising and competitive as compared to multi-objective versions of GA, PSO, DE, Bees, and WCA [9].

3.7. Hybridized AAA in real life problems

In a study, AAA was hybridized with fuzzy c-mean to for effectual recommendations problem [10]. An efficient CF based recommender system was designed with improved multi-level CF and similarity measure regarding the accuracy and efficiency. Initially, PCC using FCM (Fuzzy c-mean) clustering approach was applied and intermediate similarities of users were obtained. Then AAA was implemented with rating matrix (user X item) was taken as input. AAA provided colony's numbers for all users who were used for co-rated items count. FCM's result was assimilated with AAA colonies. Intermediate similarities were compared with previously calculated FCM's similarity and multilevel filters were applied to get the users similarities. The performance of proposed system was compared with K-means, PCA-Kmeans, SOM, UPCC, PCA-SOM, PCA-GAKM, GAKM and KM-PSO-FCM by employing four real datasets (MovieLens 100 K, MovieLens 1 M, Jester, and Epinions). The proposed recommender system performed efficiently [10].

A metaheuristic framework called SAA/DAAA through integrating the sampling average approximation (SAA) with the population-based evolutionary AAA is developed by Tao et al [11] to solve a resource constrained project scheduling problem due to the NP-hardness nature of the problem. The priority-selection list (PSL) and schedule generation scheme (SGS) are introduced for local search. Experiments with different sizes (50-scale, 100-scale and 150-scale) as well as different uncertainty levels (moderate, medium, high) was used as examples to illustrate and validate the proposed method. The proposed hybrid model was found successful in stochastic project scheduling [11].

In another study, AAA and simplex search method (SSM) were hybridized in HAAA to solve economic load dispatch (ELD) problem to achieve a balance exploration and exploitation [12]. In HAAA, core AAA acts as global optimizer while SSM provides local search. The SSM improved the exploitation capability by performing a local search. It was indicated that the exploration capability can be enhanced with dynamic tuning of parameters [12]. The performance of HAAA was evaluated with CEC'05 standard test functions and small, medium and large-scale economic load dispatch problems. As the parameters are tuned dynamically there is no need to adjust the parameters in hybrid algorithm. The equality and prohibited operating zone constraints are handled heuristically and the constraints

are fully satisfied [12].

A different type of hybridization was implmented by Kaya et al [13] such that, Galactic swarm optimization (GSO) was boosted with ABC and GSO is implemented by other successful optimization algorithms. ABC, AAA, DE and GA were used under GSO framework. Performance evaluation of GSO with different algorithms were compared to each other (in GSO-ABC boosting), to other elite methods from the iterature, and to algorithms themselves [13]. It was indicated that when a population based algorithm like AAA used inside GSO, it increases exploration and exploitation ability. Therefore, AAA can also be involved in such a hybrid structure.

4. Conclusion

The success of the AAA had already been proved with benchmark functions and a design optimization problem. It has a strong balance between its characteristics of intensify and diversity. While this balance provides for escape from local minimums, it accelerates global convergence. The studies after the first release of core AAA indicated that it is a resilient algorithm that can be modified easily for various type of mathematical functions such as binary or multi-objective. Moreover, the performance of AAA in hybrid systems was proved as well. This mainly arised from high exploration and exploitation property of the algorithm. Besides benchmark functions, optimization success of core, modified and/or hybridized AAA was also indicated on diverse types of engineering design problems (in various engineering areas such as reactor systems, physics, mechanical engineering, electronics, etc) as well as some social media solutions such as effectual recommendations problem.

It can be inferred from this review that AAA can be modified for other types of mathematical conditions and/or it can be hybridized for other real life of optimization problems as further studies.

5. Referanslar

[1] Uymaz, S. A., Tezel, G., Yel, E., 2015a, Artificial algae algorithm (AAA) for nonlinear global optimization, Applied Soft Computing, 31, 153-171.

[2] Uymaz, S. A., Tezel, G., Yel, E., 2015b, Artificial Algae Algorithm with Multi-Light Source For Numerical Optimization and Applications, Biosystems, 138, 25–38.

[3] Zahid, M., Chen, J., Li, Y., Shan, B., Mohy-ud-din, G. and Waqar, A., 2018. Application of AAA for Optimized Placement of UPFC in Power systems, 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 31-35.

[4] Zhang, X., Wu, C., Li, J., Wang, X., Yang, Z., Lee, J. M., and Jung, K. H., 2016, Binary artificial algae algorithm for multidimensional knapsack problems, Applied Soft Computing, 43, 583-595.

[5] Korkmaz, S., Babalik, A., and Kiran, M. S., 2018, An artificial algae algorithm for solving binary optimization problems, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 9, 1233–1247.

[6] Korkmaz, S., and Kiran, M. S., 2018, An artificial algae algorithm with stigmergic behavior for binary optimization, Applied Soft Computing, 64, 627–640.

[7] Beskirli, M., Koc, I., Haklı, H., and Kodaz, H., 2018, A new optimization algorithm for solving wind turbine placement problem: Binary artificial algae algorithm, Renewable Energy, 121, 301-308

[8] Babalik, A., Ozkis, A., Uymaz, S.A. and Kiran, M.S., 2018. A multi-objective artificial algae algorithm, Applied Soft Computing, 68, 377–395.

[9] Tawhid, M.A. and Savsani, V., 2018. A novel multi-objective optimization algorithm based on artificial algae for multi-objective engineering design problems, Applied Intelligence, 48, 3762–3781.

[10] Katarya, R. and Verma, O.P., 2017. Effectual recommendations using artificial algae algorithm and fuzzy c-mean, Swarm and Evolutionary Computation, 36, 52–61.

[11] Tao, S., Wu, C., Sheng, Z. and Wang, X., 2017, Stochastic Project Scheduling with Hierarchical Alternatives, Applied Mathematical Modelling.

[12] Kumar, M. and Dhillon, J.S., 2018. Hybrid artificial algae algorithm for economic load dispatch, Applied Soft Computing, 71, 89–109.

[13] Kaya, E., Uymaz, S.A., Kocer, B., 2018. Boosting galactic swarm optimization with ABC, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, doi/10.1007/s13042-018-0878-6.

Atık polistirenden modifiye sülfolama ile yeni flokülant sentezi ve kullanımı

Synthesis and utilization of new flocculants from waste polystyrene by modified sulfonation

Esra YEL[1*]
Sofia SAFİ[1]
Gamze DİNÇ[1]

[1]Environmental Engineering Department, Konya Technical University, Konya, Türkiye,

Özet

Sunulan bu çalışmada çeşitli modifiye sülfolama denemeleri yapılarak elde edilen sülfolanmış polistiren flokülantların gerçek atıksu arıtımında etkinlikleri ortaya konmuştur. Dahası, bu flokülantların performansları klasik yöntemle elde edilen sülfolanmış polistiren ve konvansiyonel flokülant ile kıyaslanmıştır. Koagülasyon-flokülasyon işleminde sentezlenen flokülantlar ile bulanıklık ve KOİ giderim yüzdesi, plastiklerin yıkama atıksuyu türüne ve sentezlenmiş flokülantlara göre değişiklik göstermiştir. Sentezlenen flokülantlar ile en yüksek bulanıklık giderimi HDPE atıksuyunda gözlenirken, KOİ giderimi en fazla PP yıkama atıksularında elde edilmiştir. Dahası, sentezlenen flokülantlar arasında FSPS3, atık sulardan bulanıklık gideriminde daha iyi performans gösterirken, FSPS1 KOİ gideriminde daha başarılı olmuştur. Çamurda ise, FSPS3 diğer sentezlenmiş flokülantlara kıyasla çamur susuzlaştırma özelliklerinin geliştirilmesinde genellikle daha yüksek verimliliğe sahiptir.

Anahtar kelimeler:

Sülfolama, polistiren atık, koagulasyon-flokülasyon, atıksu, arıtma çamuru.

Abstract

The efficiencies of sulfonated polystyrene flocculants (FSPS) obtained in modified sulfonation experiments were revealed for real wastewater treatment. Moreover, their performances were compared with sulfonated polystyrene obtained by conventional method and conventional flocculants. Efficiency of turbidity and COD removal with synthesized flocculants in coagulation-flocculation process shown an alteration based on plastics' washing wastewater types and synthesized flocculants. While the highest turbidity removal efficiency with synthesized flocculants was obtained in HDPE, COD removal was found highest in PP washing wastewater. Moreover, while FSPS3 among synthesized flocculants shown better performance in turbidity removal from wastewaters, FSPS1 was better in COD removal. As for treatment sludge, FSPS3 usually had higher efficiency on enhancement of sludge dewatering properties compared to other synthesized flocculants.

Keywords:

Sulfonation, polystyrene waste, coagulation-flocculation, wastewater, treatment sludge.

1. Introduction

Polyelectrolytes are polymers which includes ionic centers in the monomers and opposite ions bound to the central ion as to provide electroneutrality. As for polystyrene sulfonic acid (PSSA), it is a compound that can be easily produced from polystyrene and is commonly used in polyelectrolyte chemistry [1]. Moreover, it attracts attention of researchers with properties of ion-exchanger and low-cost production [2,3]. Sulfonation of polystyrene (PS) is a topic that has been started in the 1960s [4] and has been rapidly spreading [5] since the Makowski [6] patent (US Patent no 3,870,841) [7].

The first PS sulfonation method in the homogenous phase was developed by Turbak [4]. In this method, triethyl phosphate and sulphur trioxide complexes in dichloroethane were reacted with PS. However, Makowski [6] used acetyl sulfate complexes for sulfonation in his patent. As for Vink method [1], it can be accepted as the basis of for today's studies and PSSA was prepared in inert cyclohexane by using Ag_2SO_4 or P_2O_5 as the catalysts. Additionally, PS sulfonation method in the heterogeneous phase was developed by Kucera and Jancar [5]. Although there are other studies, the most widely applied and/or studied method has been Vink method and many modifications of its have been developed in several studies in time [7-10].

The transformation of plastic wastes to different functional polymeric products and added- value have been taken an important place in recycling studies which increase after growing plastic waste problem. Nowadays, PS is widely used in packaging and in plastic plates, cutlery and some types of tea cups (e.g. disposable white plastic plates). In the developed processes, the PS waste material is separated by chemical treatment into monomers/hydrocarbons [11] or waste PS is sulfonated to produce new functional polymers more valuable than the original [12]. For instance, various products such as ion exchangers, resins, polyelectrolytes, fuel cell membranes were obtained with sulfonation of PS. Some methods in the literature used for production of flocculants by sulfonation were investigated and compared; consequently, it was observed that used methods have similar logic and are modified from Vink method [1,9,3,10,8,5,13,14].

The product obtained in sulfonation process can have characteristics of water soluble or insoluble polymer depending on used solvent in the process of sulfonation. When PS is first dissolved in cyclohexane and then sulfonated with sulfuric acid, water-soluble polyelectrolyte, PSS-sodium salt is obtained [9]. Although these prepared resins and polyelectrolytes were tried in

removal of water hardness and turbidity by the same authors; however, they have been not studied in real wastewater. Accordingly, in this study, the efficiencies of sulfonated PS flocculants obtained in various modified sulfonation experiments were revealed for real wastewater treatment and their performances were compared with sulfonated polystyrene (SPS) obtained by conventional method and conventional flocculants. In the study, wastewaters obtained in washing process of plastic wastes, which have an important place in plastic recycling studies, has been used as wastewater. Additionally, the effects of different characteristics in different types of plastics' washing wastewaters on treatment efficiencies were compared.

2. Materials and Methods

Firstly, sulfonated polystyrene (FSPS) was synthesized by using classical literature methods from PS supplied from the waste collection center [1,7,9] (Table 1). Literature studies [1,9,3,10,8,5,13,14] revealed that although the main logic of synthesis method appears to be same, some details in the methods have an effect on the structure of synthesis material and/or its efficiency in usage area. Therefore, in this study, some modifications were applied (Table 1) and 3 alternative synthesis materials were obtained. FTIR analysis was conducted for characterization of synthesized polymers.

TABLE 1. APPLIED SYNTHESIS MODIFICATIONS IN THE STUDY

Short name	Form	Reference	Method
FSPS1	Solid-powder	Bekri-Abbes et al.[9]; Vink [1]	It was produced from waste PS plates. Method was applied without any modifications. ➢ Mixing 50 mL H_2SO_4 + 11 g P_2O_5, cooled to 40°C ➢ Dissolve 1.5 g PS + 75 mL cyclohexane separately and mixed them (while mixing one, other is added gradually) ➢ Wait by mixing at 40°C for 30 min. ➢ Wait 1 hour without mixing ➢ Cooled suddenly with 25 g ice and generate 3 phases ➢ Take adhesive phase in the middle, add 150 mL of pure water, dispose obtained solvent phase ➢ Dry
FSPS2	Liquid	Modified from Sulkowski et al. [13,14]	It was produced from waste PS foam (extended PS) materials. 1,2 g PS foam + 0,05 g Ag_2SO_4 + 20 mL H_2SO_4 Firstly, it was stirred at 80 °C in the top-cooled system. Then, pink and sticky phase formed after addition of 20 mL deionized water was disposed. 30 mL deionized water was added to dissolve; after that, 12 g Na_2CO_3 was added to form precipitate. Remained liquid after precipitation, which is wastewater, was kept and used in experiments.
FSPS3	Solid-powder	Modified from Sulkowski et al., [13,14]	This is similar method to FSPS2; however, PS plates were used in this method. It was precipitated with $CaCO_3$ and precipitate was used as powder after drying. Mixing 1 g PS + 20 mL H_2SO_4 at 60-80˚C for 4 hours. 20 mL of deionized water was added to the dark brown slurry substance. After that, formed sticky material was dissolved with 30 mL deionized water. Finally, $CaCO_3$ was added gradually by mixing and generated yellow precipitate was filtered and dried at 40˚C.

2.1 Plastic Waste Washing and Washing Wastewater Characterization

HDPE, LDPE, PET, PP and PS thermoplastic used in the study were obtained from the municipal solid waste separation center. Firstly impurities (such as paper, glass, etc.) were removed from wastes and then they were ground with blade system to obtain particle size less than 8 mm. Ground thermoplastic wastes were washed with NaOH in completely mixed reactor. Waste washing was carried out in 3 stages. In the first stage, washing was carried out by using 42% NaOH [15]. 126 g of NaOH was dissolved in 300 mL of water and complete to 1500 mL. 250 g plastic waste was washed in this solution. The first stage of the washing process was finished after boiling the mixture at 90°C for 10 minutes. Finally, wastes were filtered and plastic wastewater was obtained. For second stage, plastic wastes were boiled at 90°C for 10 minutes after addition into 1500 mL of water and then filtered. In the third stage, the same process was carried out with the second stage. The wastewaters obtained in washing processes were accumulated and they were characterized.

2.2 Treatability of Plastic Wastes' Washing Wastewaters

Coagulation-flocculation treatment experiments of washing wastewaters were carried out by using synthesized sulfonated polymerized materials. Also, same experiments were conducted by conventional flocculant polyelectrolyte (PEL) for comparison.

Coagulation-flocculation experiments:

Process experimental configuration was shown in Figure 1 [16]. Experiments were conducted in Jar-test device and glass beakers. $FeCl_3$ was used as coagulant at fixed dosage of 1000 mg/L since it was found more efficient in previous similar studies [17]. PEL and 3 different FSPS synthesized in this study were used as flocculant. 1000 mg/L coagulant and flocculants with various dosages were added respectively to characteristically known wastewater at its own pH. Finally, coagulation and flocculation process were conducted as shown in Figure 1.

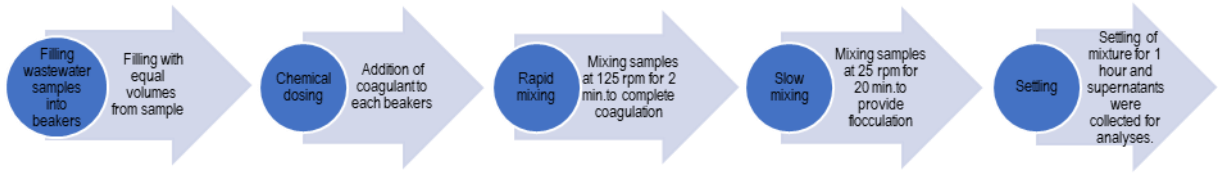


Figure 1. Experimental configuration of coagulation-flocculation process

2.3 Analyses

FTIR (Fourier Transform Infrared) analysis: In this study, Bruker model FTIR spectrophotometer was used to obtain information about organic matters' structure by IR spectrum having 400-450 cm^{-1} wavelength.

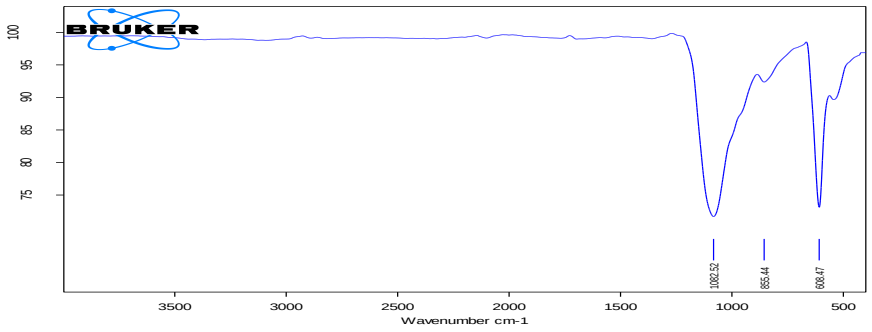
Analysis for raw and treated wastewater: COD (mg/L), turbidity (NTU) and pH analysis were performed for both raw and treated wastewater samples. While COD was measured by 5220C and 5220D Standard Methods [18], turbidity was decided in spectrophotometer at 375 nm wavelength. As for pH, it was measured with Hach model pH meter.

Treatment sludge analysis: Sludge density, solid content and specific cake resistance analysis were performed for the samples having sludge production. While sludge density was calculated by division of weight to the volume, solid contents of sludges were found by gravimetric method of Standard Methods [18]. As for specific cake resistance of sludge, firstly R^2 values of filtered water volume (V) vs. time/volume (t/V) graph was calculated by linear regression and specific cake resistance was found by using these slope values in Reynolds [16].

3. Results and Discussions

3.1 The Structures of Synthesized Flocculants

The FTIR spectrums of the synthesized flocculants were given in Figure 2. For FSPS1, it was obtained bands which belong to aromatic C-H in-plane bending at 1082 cm^{-1}, disubstitue benzene at 855 cm^{-1} and sulfonic acid S-O strain at 608 cm^{-1} (Figure 2a). The bands of O-H stretching at 3326 cm^{-1}, C = C stretching of the alkene at 1638 cm^{-1}, sulfonate group SO_2 asymmetric stretching at 1379 cm^{-1}, aromatic C-H in-plane bending at 1092 cm^{-1} and sulfonic acid SO_2 symmetrical strain at 1037 cm^{-1} were observed in FSPS2 FTIR spectrum (Figure 2b). The bands of O-H stretching at 3523 and 3399 cm^{-1}, aromatic C=C stretching at 1620-1453 cm^{-1}, sulfonate SO_2 stretching at 1113 cm^{-1}, disubstitue benzene at 853 cm^{-1} and S-O strain at 700-600 cm^{-1} were obtained in FSPS3 FTIR spectrum (Figure 2c).



(a)

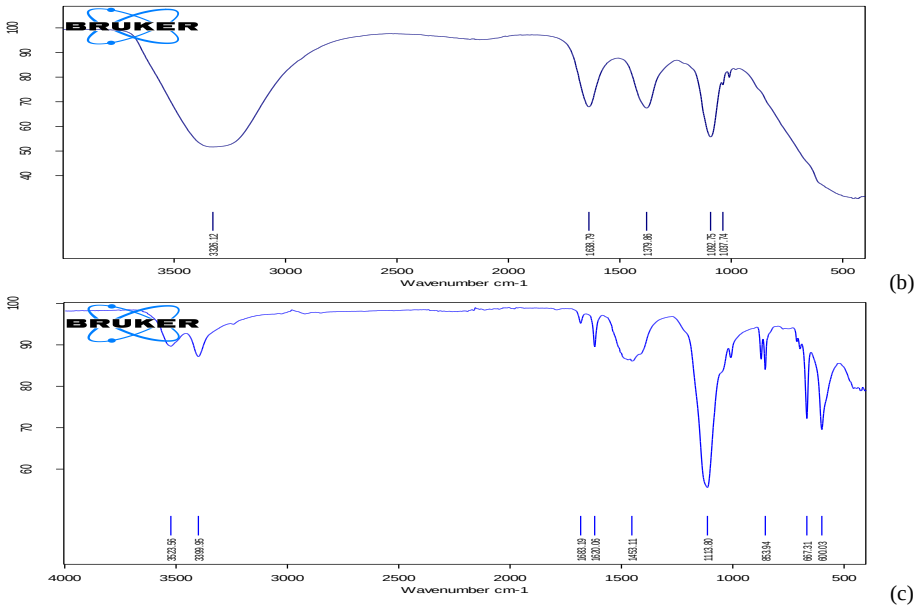


Figure. 2. (a) FSPS1 (b) FSPS2 (c) FSPS3 flocculants FTIR spectrums

3.2 The Effect of Flocculants on the Treatment of Plastic Washing Wastewater with Coagulation-Flocculation

Firstly, COD and turbidity values were evaluated (Table 2) since although the main purpose of coagulation process is turbidity removal, it is well known fact that some organic compounds can also be removed with settled flocs.

TABLE 2. TURBIDITY AND COD REMOVAL PERFORMANCE OF FLOCCULANTS

Parameters	Raw wastewater	FSPS1	FSPS2	FSPS3	PEL
HDPE					
pH	13.94	13.03	13.06	13.14	13.31
Turbidity, NTU	1664	245	233	223	230
COD, mg/L	2202	1504	1805	1705	1153
LDPE					
pH	13.76	13.12	13.13	13.13	13.11
Turbidity, NTU	560	199	169	151	142
COD, mg/L	768	802	1303	702	451
PET					
pH	13.87	13.2	13.2	13.15	13.26
Turbidity, NTU	883	215	199	187	169
COD, mg/L	3021	2807	902	2707	1654
PP					
pH	13.75	13.21	13.23	13.25	13.27
Turbidity, NTU	989	221	228	237	212
COD, mg/L	2304	401	1003	802	1554
PS					
pH	13.69	13.26	13.23	13.18	13.22
Turbidity, NTU	3323	714	733	553	671
COD, mg/L	4864	3008	3108	3108	4562
Mixed					
pH	13.67	13.17	13.15	13.1	13.19
Turbidity, NTU	1955	578	577	577	579
COD, mg/L	2918	1504	1905	1955	1654

TABLE 3. PROPERTIES OF TREATMENT SLUDGES OBTAINED BY SYNTHESIZED FLOCCULANTS

Plastic	Flocculant	Sludge volume, mL	TS, mg/L	Density, g/cm^3	Solid, %	SCR, m/kg
HDPE	FSPS1	20.6	6520	1.088	0.60	6.66E+13
	FSPS2	20.8	6660	0.980	0.68	2.04E+13
	FSPS3	30	6820	1.005	0.68	2.47E+13
	PEL	17	10010	1.024	0.98	3.89E+13
LDPE	FSPS1	20.6	4510	1.010	0.45	2.86E+13
	FSPS2	20	4390	1.001	0.44	4.05E+13
	FSPS3	20	4350	0.974	0.45	3.41E+13
	PEL	13	5860	0.998	0.59	4.64E+13
PET	FSPS1	17.5	8610	0.980	0.88	2.21E+13
	FSPS2	19.5	8290	0.983	0.84	2.89E+13
	FSPS3	19	7710	1.022	0.75	1.89E+13
	PEL	15.5	5160	1.009	0.51	4.77E+13
PP	FSPS1	20.5	8690	1.014	0.86	2.91E+13
	FSPS2	21	8900	1.012	0.88	2.89E+13
	FSPS3	20.5	9110	1.015	0.90	1.76E+13
	PEL	18.5	9210	1.000	0.92	2.55E+13
PS	FSPS1	21.5	11110	1.016	1.09	6.87E+13
	FSPS2	17.5	12910	1.028	1.26	3.61E+13
	FSPS3	19.5	11440	1.006	1.14	5.70E+13
	PEL	19	12500	1.005	1.24	7.22E+13
MIXED	FSPS1	18.5	7870	1.006	0.78	4.56E+13
	FSPS2	20	7240	0.990	0.73	2.72E+13
	FSPS3	16.5	7960	0.994	0.80	2.69E+13
	PEL	17	8890	1.002	0.89	4.61E+13

The first remarkable finding in Table 2 is that pH values did not change excessively with flocculants for all wastewaters and raw wastewater pH was always higher than treated wastewaters. These results showed that although synthesized flocculants decreased raw wastewaters' pH values due to their acidic nature, their impacts on pH values was not too much since raw wastewaters initially were washed with excessive quantity of NaOH (Table 2). Turbidity removal shown an alteration based on raw wastewater and synthesized flocculants' types. While the highest turbidity removal efficiency was obtained by FSPS3 for HDPE, LDPE, PET, PS and mixed wastewater, FSPS1 had highest performance in terms of turbidity removal for PP wastewater. Turbidity removal percentages for LDPE, PET, PS, Mixed and PP wastewater was found between 70%-83%, it was obtained as 86% for HDPE wastewater. Although all synthesized flocculants had effects on COD removal for all wastewater, the highest removal performance mainly was achieved with FSPS1 (Table 2). Especially for PP wastewater, 82.6% COD removal efficiency was achieved by FSPS1 flocculant. However, FSPS2 flocculant shown better performance in term of COD removal with 70% removal efficiency for PET wastewater. Moreover, although turbidity removal efficiency was found close for synthesized flocculants and PEL in all wastewaters, synthesized flocculants usually had higher efficiency of COD removals compared to PEL (Table 2). For instance, while 70% COD removal was obtained by FSPS2 for PET wastewater, only 45% COD removal was achieved with PEL. Similarly, 82.6% and 32% COD removal was obtained with FSPS1 and PEL respectively for PP wastewater. Therefore, it can be emphasized that although FSPS2 and FSPS3 flocculants were synthesized by using similar methods having small differences, the least effective synthesized flocculant was FSPS2 for both COD and turbidity removal. This can result from both materials used in the methods (PS foam for FSPS2, PS plates for FSPS3) and precipitant chemicals (Na_2CO_3 for FSPS2, $CaCO_3$ for FSPS3) (Table 1).

Properties of sludges obtained from treatment by using both synthesized flocculants and PEL were given in Table 3. It can be concluded from literature researches that all SCR values were at the recommended levels for coagulation sludges which dewatered well [19]. The sludge properties obtained in each of the syntheses for the same type of plastic wastewater are similar, but they differ from the sludges obtained with PEL (Table 3). Although PEL usually had higher efficiency in terms of sludge volume, TS and solid percentages of the treatment sludges, synthesized flocculants' impacts were better on dewatering of sludge compared to PEL (Table 3). This result can be explained by generation of gel-like characteristics of treatment sludge in the case of PEL usage. Moreover, FSPS3 had usually higher efficiency on enhancement of sludge dewatering properties compared to other synthesized flocculants.

4. Conclusion

In this study, the efficiencies of sulfonated PS flocculants obtained in various modified sulfonation experiments were revealed for real wastewater treatment and their performances were compared with SPS obtained by conventional method and conventional flocculants. The presence of aromatic and sulfonate groups' bands in all flocculants shows that the sulfonation of the PS was achieved.

Efficiency of turbidity and COD removal with synthesized flocculants in coagulation-flocculation process shown an alteration based on plastics' washing wastewater types and synthesized flocculants. The highest turbidity removal efficiency with synthesized flocculants was obtained in HDPE, PS and PET wastewater respectively at pH 13, which is the original pH value for all wastewaters. As for COD removal, the highest efficiency was achieved in PP wastewater in coagulation-flocculation process by synthesized flocculants. Moreover, while FSPS3 shown better performance in turbidity removal from wastewaters, FSPS1 was better in COD removal. The sludge properties obtained in each of the syntheses for the same type of plastic wastewater are similar, but they differ from the sludges obtained with PEL. Although PEL usually had higher efficiency in terms of sludge volume, TS and solid percentages of the treatment sludges, synthesized flocculants' impacts were better on dewatering of sludge compared to PEL. Especially FSPS3 usually had higher efficiency on enhancement of sludge dewatering properties compared to other synthesized flocculants. To conclude, all wastewaters studied in this study were treated at different levels with synthesized flocculants and the lowest treatment efficiency usually was obtained in FSPS2 among synthesized flocculants. This lower efficiency can be due to foam used in synthesis. Moreover, it can be highly recommended that different pH values for wastewaters and different $FeCl_3$ dosages should be studied to obtain most optimum conditions for synthesized flocculants in future studies.

Acknowledgements

This study was financially supported by TUBITAK-CAYDAG under grant no 114Y116.

5. References

[1] Vink, H., 1981. A New Convenient Method for the Synthesis of Poly(styrenesulfonic acid), Macromolecular Chemistry and Physics,182, 279-281.

[2] Bozkurt, A., 2002. Dielectric and Conductivity Relaxations in Quaternary Ammonium Polymer, Physics and Chemistry of Solids, 63, 685-690.

[3] Bozkurt, A., 2005. Anhydrous Proton Conductive Polystyrene Sulfonic Acid Membranes, Turkish Journal of Chemistry, 29, 117–123.

[4] Turbak, A. F., 1962. Polymer Sulfonation without Cross Linking. The Sulfur Trioxide-Phosphate System, Ind. Eng. Chem., Prod. Res. Dev. 1, 275-278.

[5] Kucera, F., Jancar J., 1996. Preliminary Study of Sulfonation of Polystyrene by Homogeneous and Heterogeneous Reaction, Chemical Papers, 50, 224—227.

[6] Makowski, H. S. andLundberg, R. D., 1981, Process for controlled gelation of polymeric solution, Google Patents.

[7] Bekri-Abbes, I., Bayoudh, S., Baklouti, M., 2008. The Removal of Hardness of Water Using Sulfonated Waste Plastic, Desalination, 222, 81–86.

[8] Vandervoorde, C.A., 1996. Amphiphilic Star Polymers as Solubilizing Agents for Environmental Separations, PhD Thesis, Massachusets Institute of Technology, USA.

[9] Bekri-Abbes, I., Bayoudh, S., Baklouti, M., 2007. A Technique for Purifying Wastewater with Polymeric Flocculant Produced from Waste Plastic, Desalination, 204, 198–203.

[10] Holley, D.W., 2009. Synthesis and Characterization of Branched Polyelectrolytes: Star-branched NaPSS, PhD Thesis, University of Tennessee, USA.

[11] Sato, Y., Koder, Y., Goto, J. and Matsui, Y., 2002. Effect of Polystyrene Addition on the Monomer Recycling of Phenol Novolac, Polymer Degradation and Stability, 78, 315–322.

[12] Inagaki, Y., Kuromiya, M., Noguchi, T. and Watanabe, H., 1999. Reclamation of Waste Polystyrene by Sulfonation Langmuir, 15, 4171-4175.

[13] Sulkowski, W.W, Wolinska, A., Szoltysik, B., Bajdur, W.M., Sulkowska, A., 2005. Preparation and properties of flocculants derived from polystyrene waste, Polymer Degradation and Stability, 90, 272-280.

[14] Sulkowski, W.W., Wolinska, A., Pentak, D., Maslanka, S., Sulkowska A., 2006. The Influence of the Chemical Additives in Polystyrene on the Features of Flocculants Obtained during Sulphonation of the Polystyrene, Macromol. Symp. 245–246, 621–627.

[15] Santos, A.S.F, Teixeira. B.A.N., Agnelli J.A. 2005. Characterization of Effluents Through a Typical Plastic Recycling Process: An Evaluation of Cleaning Performance and Environmental Pollution Resources, Conservation and Recycling, 45,159-171.

[16] Reynolds, T.D, Richards, P.A., 2005. Çevre Mühendisliğinde Temel işlemler ve süreçler, 2. baskıdan çeviren: Ülker Bakır Öğütveren, Efil Yayınevi, çeviri: 2011.

[17] Özdemir, N.C., Sogancioglu, M., Yel, E., 2017. Waste LDPE and HDPE Washing Wastewaters Physico-Chemical Treatability with Sulphonated Polystyrene (SPS), 2nd IWA Regional International Symposium on Water, Wastewater and Environment (IWA-PPFW2017), Proceedings, 22-24 March, 2017, Izmir-Turkey.

[18] APHA/AWWA/WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, 21st ed. American Public Works Association/American Water Works Association/ Water Environment Federation, USA

[19] Casey, TJ, 2006. Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering, AQUAVARRA Research Limited, Dublin, Chapter 16, 169-183.

Mühendislik Problemlerinde Bir Araç ve Çözümün Bir Parçası Olarak Lojistik Regresyon

Logistic Regression, as a Tool and as a part of Solution in Engineering Problems

Sema Servi[1],
Sait Ali Uymaz[2],
Esra Yel[2],
Gülay Tezel[2]

[1]Selcuk University, Faculty of Technology, Konya, Türkiye,
[2]Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya, Türkiye,

Özet

Lojistik Regresyon (LR) temelde medikal alanlar, sosyal bilimler, pazarlama uygulamaları, ekonomi hatta doğal dil işleme gibi çeşitli alanlarda uzun süredir kullanılmaktadır. Nisbeten yakın zamanlarda da mühendislikte yaygınlaşmaktadır. Mühendislik uygulamalarında, LR daha çok verilen proses, sistem veya ürünle ilgili sınıflandırma, gözlemleme, tahmin ve/veya tanıma işlemleri için kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, farklı tipteki mühendislik problemlerinin çözümünde önemli hale gelmiştir. Açıktır ki, LR tekniği esnek ve dinamiktir. Daha fazla alanda kullanılabilir ve hibritlemeye uygun bir yapıdadır. Ayrıca daha iyi mühendislik çözümlerine ulaşabilmek için optimizasyon yaklaşımları LR'ye entegre edilebilmektedir. Bu yüzden, bu çalışma kapsamında öncelikle LR metodu tanıtılmış ve optimizasyon için uygun dinamikleri ortaya konmuştur. Ardından, LR ile çözülen mühendislik problemlerindeki çeşitlilikler analiz edilmiştir. Böylece bu çalışma mühendislikte LR'ın ulaştığı yeri gösterecek ve kullanımı ile ilgili farkındalığı arttıracaktır.

Anahtar kelimeler:

Lojistik Regresyon (LR), mühendislik.

Abstract

Logistic regression (LR) has been used in various fields, mainly in medical fields, social sciences, marketing applications, economics, even in natural language processing for a long time. It has also been used in engineering for rather recent times. In engineering applications, LR is being used especially for classification, monitoring, prediction and/or determination related to a given process, system or product. Especially in recent years, LR has been gaining more importance in the solutions of diverse types of engineering problems. It is obvious that, LR technique is flexible and dynamic. It can be used in much more disciplines and it is available for hybridization. Moreover, optimization approaches can be incorporated in LR to achieve better engineering solutions. Therefore, within the scope of this study, first, LR method was introduced and its possible dynamics for optimization was investigated. Then the diversity of engineering problems that have been solved by LR recently were analyzed. This will indicate the place that LR reached in engineering, and will increase the awareness about its usage.

Keywords:

Logistic regression (LR), engineering

1. Introduction

Regression is a statistical method to find the relevance between variables. Linear regression is used to indicate the relationship between a dependent variable and one or more independent variables [1]. Logistic regression (LR) is method for analyzing a dataset in which there are one or more independent variables that determine an outcome [2,3]. That is, it is a type of regression analysis that categorical results can be estimated based on specific determinants [4]. Probabilities of the possible outcomes are modeled, using logistic functions, as a function of independent variables. LR can be multinomial or binomial. It uses a function which converts the limited range of a probability [0,1], into (−∞,+∞) [5]. Its parameter values are predicted by the maximum likelihood estimation method, and the probability of variable answer value is calculated by mathematical operations [6]. LR is a method that can be applied to a number of problems in various fields such as medicine, economics, marketing, language processing etc. as well as engineering problems. Therefore, this study aimed to introduce LR method and indicate variety of studies that achieve solution via LR.

2. Logistic Regression (LR)

Logistic regression eases the description of relations between the output, dependent categorical variable Y and one or more input, independent variables. the output variable is dichotomous and acquires only two values: Y= 1 (the monitored event will occur) or Y= 0 (the event will not occur). A logistic model, in which we consider k explanatory (continuous or dichotomous) variables Xi, i=1, 2,…, k, can be put down in a following general form [7]

$$logit(P(Y=1)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k \ , \quad (1)$$

where β_0 is the y-intercept, β_1, β_2, $\ldots \beta_k$ are the regression coefficients, and logit(p(y =1)) is referred to as the logarithm of the odds, for which it applies that

$$odds = \frac{p(x)}{1-p(x)} \qquad \log it(p(x)) = \log\left(\frac{p(x)}{1-p(x)}\right) \quad (2)$$

The conditional probability of y = 1 at x, denoted as p (y = 1|x) = p (x), using LR [8],

$$p(x)=\frac{e^{\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\cdots+\beta_kX_k}}{1+e^{\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\cdots+\beta_kX_k}} \text{ or } p(x)=\frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\cdots+\beta_kX_k)}} \quad (3)$$

Following Eq. (4), for a given x, y is a Bernoulli random variable with a mean of E (y|x) = p(x). Thus, for the input argument vectors, the probability that the x results are class 1 and Class 0 are:

$$p(y=1\mid x;\beta)=p(x)$$
$$p(y=0\mid x;\beta)=1-p(x) \quad (4)$$

Overall: $p(yi\mid xi;\beta)=(p(xi)^{yi}(1-p(xi))^{1-yi})$ (5)

Probability density likelihood functions of *m* samples:

$$L(\theta)=\prod_{i=1}^{m}p(yi\mid xi;\beta) \text{ or}$$
$$L(\theta)=\prod_{i=1}^{m}p(yi\mid xi;\beta)=\prod_{i=1}^{m}((p(xi)^{yi}(1-p(xi))^{1-y})) \quad (6)$$

Likelihood is nothing but the probability of data(training examples), given a model and specific parameter values (*β*). It measures the support provided by the data for each possible value of the *β*. Likelihood is obtained by multiplying all $p(yi\mid xi)$ for given *β* and for easier calculations:

log likelihood: $\log L(\beta)=\sum_{i=1}^{m}(yi\log p(xi)+(1-yi)\log(1-p(xi)))$ (7)

The **cost function** for logistic regression is proportional to inverse of likelihood of parameters.

$$J(\beta)=\sum_{i=1}^{m}(-yi\log p(xi)-(1-yi)\log(1-p(xi))) \quad (8)$$

Here the goal is to predict the *β* value to minimize the cost function. The *β* value will be calculated using the Gradient descent algorithm method. Firstly, take partial derivatives of J(*β*) each $\beta_j\in\beta$ to derive the stochastic gradient descent rule:

$$\frac{\partial J(\beta)}{\partial\beta_j}=(p(x)-y)x_j \quad (9)$$

Here, *y* and *p(x)* are the response vector and predicted response vector, respectively, x_j is the vector representing the observation values for j^{th} feature. In order to get min:

$$\beta_j=\beta_j-\alpha\sum_{i01}^{m}(p(x_i)-y_i)x_{ij} \quad (10)$$

where *α* is called **learning rate** and needs to be set explicitly. *β* coefficients are found and sent to the prediction function *p(x)*. Thus, the obtained results are minimized to the range $(0,1)$ [9-12].

3. Implementation of LR in Engineering

In this section, especially the studies of last two years were reviewed. Actually there has been a number of engineering applications of LR in the literature. However, this study was limited to the most recent case. The engineering problems that involve LR in their solutions are belonging to various areas including Computer, Mechanical, Civil, Environmental, Electrical, Geological and Geomatics Engineering disciplines. General overviews of the reviewed studies were indicated in Table 1. As seen in the table, there are studies belonging to more than one engineering discipline. Moreover, the types of problems in which LR was used as a tool in Table 1 can be classified as Ecosystem and natural resources monitoring/management; Mapping; Process monitoring and control; System/Equipment control; Damage/hazard detection; Geological formations and soil mechanics; Materials processing; Agricultural land and product control; Urban planning. In these types of studies the role of LR can be classification, monitoring, prediction and/or determination. Some more details of these studies are indicated in the subsequent sections.

TABLE I. GENERAL OVERVIEWS OF THE REVIEWED STUDIES

Area	Problem	Data	LR	Reference
Agricultural Eng.	Grain loss analysis in harvest	5400 samples of 31 provinces (2012-2014)	Conventional LR	Huang et al, 2017
Civil Eng.	Modeling of geogenic radon	72,638 IRC measurements	Ordered LR	Kropat et al, 2017
Climatization	Selecting proper heating ventilation air condition system	Data from the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers	Binomial and multinomial LR	Yamaguchi et al, 2017
Computer Eng.	Web image annotation	25,000 images of 38 categories MIR FLICKR dataset	Kernel LR (KLR)	Liu et al, 2016
Computer Eng.	Selecting best path to reach destination	Google road maps and traffic information	LR with fuzzy logic	Tomar et al, 2018
Computer Eng.	Exploring the driving forces of farmland loss under rapid urbanization	500 random points on the Google Maps proximate driving factors	Binary LR with spatial regression	Xiao et al, 2018
Computer Eng.	Dynamic resource management	CloudSim simulator (contains 50 cloudlets)	Conventional LR	Jararweh et al, 2018
Computer Eng.	Face recognition	Yale Database: 165 facial images, ORL database: 400 facial images	LR with Principle Component Analysis	Zhou et al, 2014
Environmental Eng.	Ecosystem degradation prediction	120 sample from strategic emerging industries	Conventional LR	Sun et al, 2018
Environmental Eng.	Investigating factors controlling nitrogen concentrations in treated wastewater	Daily grap data from a wastewater treatment facility (2010–2014)	Multinomial LR	Suchetana et al, 2019
Environmental Eng.	Occurrence of epiphytic hair lichens	Data from environmental monitoring programs	Population-averaged LR	Ekstrom et al, 2018
Environ., and Geomatics Eng.	Mapping probability of ripened subsoils	676 sampling locations / 1319 soil profiles	Bayesian Binomial LR	Steinbuch et al, 2018.
Environ., and Geomatics Eng.	GIS-based groundwater spring potential maps	66 groundwater springs	WoE with LR and functional tree (FT)	Chen et al, 2018
Geomatics and Mining Eng.	Determining mineral prospectivity	Fe deposit prospectivity in the southwestern Fujian district	GIS-based rare events LR	Xiong and Zuo, 2018
Mining and Geological Eng.	Evaluating stability of underground excavations	241 stable cases, 78 potentially unstable cases and 80 unstable observations	Multivariate adaptive regression splines with LR	Goh et al, 2017
Geological Eng.	Hydrocarbon exploration	2670 km^2 with 100 km in length and 25-35 km in width	Quantitative LR	Zhu et al, 2018
Geomorphology	Landslide susceptibility	Unstable regions data for each landslide triggering location	Binary LR	Lombardo and Mai, 2018
Geoinformatics	Haphazard urbanization	Landsat TM, ETM+ and OLI imageries from USGS Data portal	LR with Markov Chain and Cellular Automata	Siddiqui et al, 2017
Mechanical Eng.	Optimal control for an air-cooled chiller	Chiller operating data at 5-min intervals (2015-2016)	Conventional LR	Yu et al, 2018
Mechanical Eng.	Classifying machinery condition	400,000 oil samples from mining trucks	Binary LR	Philips et al, 2015
Mechanical Eng.	Tool health prognostics / Tool condition monitoring	A dataset collected on a milling machine with various operating condition	LR with Manifold regularization	Yu, 2018
Mechanical Eng.	Damage detection in a structure.	Datasets obtained from experiments and reliable model	Conventional LR	Agrawal and Chakraborty, 2018
Mechanical and Metallurgy Eng.	Conveyor belt damage process	80 conveyor belts data	Conventional LR	Andrejiova et al, 2018
Mechanical and Metallurgy Eng.	Investment casting of metal foams	The SAS JMP 15-run Bayesian D-optimal design	Conventional LR	Anglani and Pacella, 2018
Metallurgy and Electrical Eng.	A fault diagnosis for monitoring nonstationary processes.	a blast furnace iron-making process data	Dominant trend based LR (DTLR)	Shang et al, 2017
Electrical Eng.	Identifying single line outages in a power grid	Synthetic 24-h demand profile data generated for IEEE bus systems	Multinomial LR	Kim and Wright, 2018
Electrical and Transportation Eng.	Detecting traffic incidents	Lane wise data obtained from detectors placed along the freeway	LR with Wavelet Transform	Agarwal et al, 2016
Food Eng.	Food texture evaluation	Data set obtained from 10 foods using magnetic food texture sensor	Conventional LR	Nakamoto, 2018

Ekstrom et al, [13] used LR models to investigate the importance of complex sampling design in analyzing spatially correlated binary response variables from large-scale surveys. They compared the performance of LR, cluster-specific (CS) and population averaged (PA) LR estimates on data for occurrence of epiphytic hair lichens (*Bryoria spp*.) on Norway spruce (*Picea abies*) collected throughout Sweden. Landslide susceptibility is the likelihood of landslide occurring in a given area on the basis of local terrain conditions [13]. Lombardo and Mai [14] proposed a list of actions to be taken when modeling landslide susceptibility with BLR with Least Absolute Shrinkage Selection Operator LASSO penalization [14]. They reported that LASSO could represent a valid tool to boost performances and reduce over complexity. Sun et al [15] evaluated and predicted the impact of strategic emerging industries activities on ecosystems, and provided decision-making through the ecological environmental early-warning indicator system constructed with LR for rational use of resources [15].

Chen et al [16] produced groundwater potential maps for sustainable management of groundwater resources by employing the ensembles of weights of evidence (WoE) with LR and functional tree (FT) models and by evaluating and comparing their performances [16]. Bayesian statistics allows combination of information sources by adding existing information in the form of a prior distribution to new data. Steinbuch et al [17] used Bayesian binomial LR (BBLR) to update the map showing unripened subsoils for a reclamation area and estimate the radon hazard of a future construction site [17]. Kropat et al [18] evaluated terrestrial gamma dose rate, geology, fault lines and topsoil permeability as predictors for the creation of a GRP map based on LR. Ordered LR is reported as promising tool with 56% success rate for the modeling of GRP maps [18]. GIS-based rare events LR was used to map the mineral prospectivity in China [19]. The prediction rate and the area under the curve (AUC) values show that areas with higher probability have a strong spatial relationship with the known mineral deposits. Comparing the results with original LR demonstrates that the GIS-based model performs better [19].

Multinomial logistic regression (MLR) model was used by Suchetana et al [20] to determine the variability of the covariates in stochastic simulation of effluent nitrogen (TIN) data from an operating wastewater treatment facility. The model was used to estimate the degree of compliance with new discharge limits for TIN and estimate treatment process reliability based on weekly time intervals [20]. Yu et al, [21] used LR to develop the optimal control strategy of air-cooled chiller. Random forest (RF) models were developed for the chiller operating under the normal mode and the variable speed mode and optimized by genetic algorithm (GA). LR was used to analyze the likelihood of reducing the set point of condensing temperature as optimal strategy for maximum coefficient of performance. The model is applicable to similar types of air-conditioning systems [21]. Anglani and Pacella, [22] aimed to determine a statistical model of the metal foam casting process using LR and Response Surface Methodology (RSM) design. They demonstrated that modern computer software implementation of the Bayesian criterion makes it relatively straightforward to generate a D-optimal design for the generalized linear model [22].

Yu, [23] proposed a novel tool health prognostics system based on LRPR for feature selection and LRMR for Information fusion from multiple sensor signals collected on a milling machine. The prognostics system provides an adaptive learning scheme for assessment and prediction of tool health. The system was compared with back-propagation network (BPN) for tool health assessment [23]. Andrejiova et al, [7] monitored of damage to Belt conveyors, particularly in the process of impact loading and proposed a model applying the LR method. The results indicated that the highest odds of significant damage are in the case of stored conveyor belts. In the case of sharp-edged materials, a worn conveyor belt showed the best results [7]. Philips et al [24] aimed a parametric classification framework to estimate the probability of the health of a machine by using LR with an emphasis on a particular industry application that employs an oil analysis based maintenance strategy. The results were compared with Cascade-correlation neural network and Support vector machine. LR showed 89% correct classification [24]. Agarwal et al [25] investigated a hybrid model using LR with a wavelet-based feature extraction to see the effect of data filtering using wavelets on the performance of an incident detection model. Generalized linear model (GLM) with a binomial response and a logit link function were selected as LR model to determine the presence or absence of an incident. The model showed a maximum detection rate of 95.4% at the cost of 14.5% false alarm rate [25]. Shang et al, [26] aimed detecting the fault when it occurred, and classifying the detected fault by using dominant trend based LR (DTLR) that utilizes the information on variation trend of the measurements, which can be useful for distinguishing normal and abnormal conditions, and different types of faults. Yamaguchi et al [27] proposed modeling the selection of a heating ventilation air condition (HVAC) system with three-layered decision making LR model, when a building was constructed or renovated. Agrawal and Chakraborty [28] aimed to present a novel methodology for damage detection in a structure with three stage: created new features based on Short Time Fourier Transform, dimensionality reduction with PCA and the classification by using LR. The assessment of the classifier showed the accuracy of 100% on the test sets with signal to noise ratio ≥ 91 [28].

Probability of hydrocarbon occurrence was modeled by establishing quantitative LR relationship between the hydrocarbon

occurrence and key geologic factors by integrating available geoscience information and current exploration results [29]. Goh et al [30] presents a new assessment approach which combines the use of a multivariate adaptive regression splines (MARS) and LR method for evaluating stability of underground entry-type excavations. The developed model has an overall success rate of 89.6% in estimating stable cases and overall success rate of 91.8% in estimating unstable cases [30].

In agriculture, the grain loss assessment was applied based on LR [9]. Using the LR model to predict the loss rate of grain harvesting step, the prediction result was 86.25%. The stochastic gradient descent algorithm is used to optimize the parameters of the model the prediction results of grain harvest losses increased up to 92.53% [9]. Using a magnetic food texture sensor visualization of food texture an evaluation method used LR model and determined the coefficients of the model effectively based on results of sensory tests [31].

Siddiqui et al [32] analyzed the urban growth for years 1993, 2003 and 2013 using bio-physical and proximity factors affecting the growth pattern of the city. They proposed a combined model using integrated LR based Cellular Automata-Markov analysis for 2023 growth forecast. The overall accuracy of the results was 84% and showed more infill growth [32]. Xiao et al, [33] estimated agricultural land loss resulting from rapid urbanization by using a hybrid model of binary LR and spatial regression [33].

Zhou et al [34] proposed a novel face recognition method which is based on LR as classifier and PCA as feature extraction and dimension reduction technique. Dynamic consolidation of virtual machines is an effective technique, which can lead to improve energy efficiency and resource utilization in cloud data centers [34]. Jararweh et al [35] proposed a general host overloading detection algorithm based on a LR model and median absolute derivation to improve the cloud system performance (reduce the SLA violations) and reduce the total operational costs (energy consumption). The proposed algorithm predicts if a host is overloaded or not leading to enhanced performance of the resource management process in the data center [35]. Kim and Wright, [36] presented a novel approach for identifying single-line outages in a power grid from data supplied from phasor measurement units (PMUs), using a multinomial LR classifier. The performance of the classifier when PMUs are installed on 25% of the buses is almost as good as when PMUs are attached to all buses [36]. Liu et al [37] proposed manifold regularized kernel LR (KLR) for web image annotation on MIR Flickr dataset and compared the results with the representative SVM classifier. They estimated that KLR has a smooth loss function and produces an explicit estimate of the probability instead of class label [37]. Tomar et al [38] aimed to take the best decision to select the path to reach destination comfortably and efficiently, considering the length of path to reach destination and the current traffic information, by using LR method. Fuzzy logic was then applied by considering the various parameters like distance, weather condition and location [38].

4. Conclusion

This study introduced the statistical method, logistic regression (LR), which is one of the regression methods that can be used for prediction, classification, monitoring or determination onto categorical data. LR is a data-driven method. Therefore, it is an available method for solving a diverse types of engineering problems that can be solved based on previous data. This study reviewed some of the recent studies that involve LR in engineering problems. Literature indicated that in such solutions LR can be implemented either in its conventional form or modified form. Moreover, since it is a flexible method there are number of soluitons achieved with hybridized form of LR.

5. References

[1] Freedman, David A. 2009. Statistical models: theory and practice. Cambridge University Press.

[2] Walker, S.H. and Duncan, N, D.B. 1967. Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables. Biometrika. 54 (1-2):167–179,

[3] Cox, D.R. 1958. The regression analysis of binary sequences. Journal of the Royal Statistical Society. Series B: 215-242.

[4] Rodrguez, G. . Retrieved September 2011, 2007. Lecture Notes on Generalized Linear Models.

[5] Agarwal, S., Kachroo, P. and Regentova E. 2016. A hybrid model using logistic regression and wavelet transformation to detect traffic incidents. IATSS Research 40.1: 56-63.

[6] Sun, L., Miao, C. and Yang, L. 2018. Ecological environmental early-warning model for strategic emerging industries in China based on logistic regression. Ecological Indicators. 84: 748-752.

[7] Andrejiova, M., Grincova, A. and Marasova, D. 2018. Failure analysis of rubber composites under dynamic impact loading by logistic regression. Engineering Failure Analysis. 84: 311-319.

[8] Agresti, A. 2013. Categorical Data Analysis. Wiley, Hoboken, NJ. Vol:3.

[9] Huang, T. Li, B. Shen, D. Cao, J. and Mao, B. 2017. Analysis of the grain loss in harvest based on logistic regression. Procedia Comp Sci. 122: 698-705.

[10] Wang, J. and Park E. 2017. Active learning for penalized logistic regression via sequential experimental design. Neurocomputing. 222: 183-190.

[11] Hosmer Jr, D.W., Lemeshow, S. and Sturdivant, R.X. 2013. Applied logistic regression. John Wiley & Sons. Vol:398.

[12] URL: https://www.geeksforgeeks.org/understanding-logistic-regression/. [Online]. Available. Access: October,2018.

[13] Ekström, M. Esseen, P.-A. Westerlund, B. Grafström, A. Jonsson, B.G. and Ståhl, G. Logistic regression for clustered data from environmental monitoring programs. Ecological Informatics 43:165–173.

[14] Lombardo, L. and Ma, P. M. 2018. Presenting logistic regression-based landslide susceptibility results. Eng. Geology 244:14–24

[15] Sun, L. Miao C. and Yang L. 2018. Ecological environmental early-warning model for strategic emerging industries in China based on logistic regression. Ecological Indicators. 84:748–752.

[16] Chen, W. Li, H. Hou, E. Shengquan, W., Wang, G. Panahi, M. Li, T. Peng, T. Guo, C. Niu, C. Xiao, L. Wang. J. Xie, X. and Ahmad, B. B. 2018. GIS-based groundwater potential analysis using novel ensemble weights-of-evidence with logistic regression and functional tree models. Science of the Total Environment. 634:853–867.

[17] Steinbuch, L. Brusd, D. J. and Heuvelink, G.B.M. 2018. Mapping the probability of ripened subsoils using Bayesian logistic regression with informative priors. Geoderma 316:56–69.

[18] Kropat, G. Bochud, F. Murith, C. Palacios, M. and Baechler, S. 2017. Modeling of geogenic radon in Switzerland based on ordered logistic Regression Journal of Environmental Radioactivity. 166: 376-381.

[19] Xiong, Y. and Renguang Z. 2018. GIS-based rare events logistic regression for mineral prospectivity mapping. Computers Geosciences. 111: 18-25.

[20] Suchetana, B. Rajagopalan B. and Silverstein J. 2019. Investigating regime shifts and the factors controlling Total Inorganic Nitrogen concentrations in treated wastewater using non-homogeneous Hidden Markov and multinomial logistic regression models Science of the Total Environment. 646:625–633.

[21] Yu, F.W. Ho, W.T. Chan, K.T. and Sit, R.K.Y. 2018. Logistic regression-based optimal control for aircooled chiller. International Journal of Refrigeration. 85:200–212.

[22] Anglani, A. and Pacella, M. 2018. Logistic regression and response surface design for statistical modeling of investment casting process in metal foam production. Procedia CIRP. 67:504 – 509.

[23] Yu, J. 2018. Tool condition prognostics using logistic regression with penalization and manifold regularization. ASOC. 64: 454-467.

[24] Phillips, J. Cripps, E. Lau J.W. and Hodkiewicz, M.R. 2015. Classifying machinery condition using oil samples and binary logistic regression Mechanical Systems and Signal Processing. 60-61:316–325.

[25] Agarwal, S. Kachroo, P. and Regentova, E. 2016. A hybrid model using logistic regression and wavelet transformation to detect traffic incidents. IATSS Research. 40 :56–63.

[26] Shang, J. Chen, M. Ji, H. Zhou, D. Zhang, H. and Li, M. 2017. Dominant trend based logistic regression for fault diagnosis in nonstationary processes. Control Engineering Practice 66:156–168.

[27] Yamaguchi, Y. Miyachi, Y. and Shimoda, Y. 2017. Stock modelling of HVAC systems in Japanese commercial building sector using logistic regression. Energy and Buildings. 152: 458–471.

[28] Agrawal, A.K. and Chakraborty, G. 2018. Structural damage detection by integrating short time fourier transform, principal component analysis and logistic regression. Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World. 971-976.

[29] Zhu, Z., Lin, C., Zhang, X., Wang, K., Xie, J. and Wei, S. 2018. Evaluation of geological risk and hydrocarbon favorability using logistic regression model with case study. Marine and Petroleum Geology. 92: 65-77.

[30] Goh, A.T.C., Zhang, Y., Zhang, R., Zhang, W. and Xiao, Y. 2017. Evaluating stability of underground entry-type excavations using multivariate adaptive regression splines and logistic regression. Tunnelling and Underground Space Technology. 70: 148-154.

[31] Nakamoto, H., Nishikubo, D. and Kobayashi, F. 2018. Food texture evaluation using logistic regression model and magnetic food texture sensor. Journal of Food Engineering. 222: 20-28.

[32] Siddiqui, A., Siddiqui, A., Maithani, S., Jha, A.K., Kumar P. and Srivastav, S.K. 2017. Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.

[33] Xiao, R., Liu, Y., Huang, X., Shi, R., Yu, W. and Zhang, T. 2018. Exploring the driving forces of farmland loss under rapid urbanization using binary logistic regression and spatial regression: A case study of Shanghai and Hangzhou Bay. Ecological Indicators 95: 455-467.

[34] Zhou, C., Wang, L., Zhang, Q. and Wei, X. 2014. Face recognition based on PCA and logistic regression analysis. Optik-International Journal for Light and Electron Optics 125.20 (2014): 5916-5919.

[35] Jararweh, Y., Issa, M.B., Daraghmeh, M., Al-Ayyoub, M. and Alsmirat, M.A. 2018. Energy efficient dynamic resource management in cloud computing based on logistic regression model and median absolute deviation. Sustainable Computing: Inf. and Sys.19: 262-274.

[36] Kim, T. and Stephen, J.W. 2018. PMU placement for line outage identification via multinomial logistic regression. IEEE Transactions on Smart Grid 9.1: 122-131.

[37] Liu,H. Tao,D. Wang,Y. Ke,L. and Liu,W. 2016. Manifold regularized kernel logistic regression for web image annotation. Neurocomputing. 172:3–8.

[38] Tomar, A.S. Singh, M. Sharma, G. Arya, K.V. 2018. Traffic Management using Logistic Regression with Fuzzy Logic. Procedia Comp Sci. 132:451-460

Özet

Epilepsi yaygın beyin rahatsızlıklarından biridir. Elektroensephalogram (EEG), epilepsi teşhisi için en önemli araçtır. Bunun yanında EEG kayıtlarının görsel değerlendirilmesi profesyonel için bile oldukça zordur. Son zamanlarda Yapay Sinir Ağları (YSA) EEG sinyallerinin işlenmesinde ve değerlendirilmesi amacıyla beyin rahatsızlıklarının tespiti konusunda uzmana yardım etmek için kullanılmaktadır. YSA'nın başarısını arttırmak için YSA'da katmanlar arasındaki ağırlıkların metasezgisel algoritmalar kullanılarak optimize edilmesi yeni bir yaklaşımdır. Son zamanlarda geliştirilen yüksek performanslı biyolojik ilhamlı optimizasyon algoritmalarından biri Yapay Alg Algoritmasıdır (YAA). Bu çalışmada YSA ve YAA normal ve epileptik olarak EEG sinyallerinin sınıflandırılması için kombine edilmiştir. Bu yeni kombinasyonda (YSAAA) AAA YSA'nın ağırlıklarının optimizasyonu için bir araç olarak kullanılmıştır. Farklı gizli düğüm sayılarıyla farklı deneysel çalışmalar hem YSAAA hem de YSA ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, YSAAA'nın YSA'dan daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler:

YSA, AAA, EEG, ağırlık optimizasyonu, sınıflandırma.

Abstract

Epilepsy is one of the common brain diseases. Electroencephalogram (EEG) is the most important tool to diagnose epilepsy. However, visual screening of the EEG records is quite hard even for the professionals. Recently, Artificial Neural Network (ANN) have been used for processing and evaluating of EEG signals to help the experts about diagnosing brain disorders. To increase the success of ANN, the new approach is optimizing the weights between layers in ANN by using metaheuristic optimization algorithms. One of the recent high performance nonlinear bioinspired optimization algorithms is Artificial Algae Algorithm (AAA). In this study, ANN and AAA was combined for classification of EEG signals as epileptic and normal. In this new combination (AAANN), AAA was used as a tool for optimization of the weights in ANN. Different experimental studies with different number of hidden neurons were performed for both AAANN and ANN. As a result, it was shown that AAANN was more successful than ANN.

Keywords:

ANN, AAA, EEG, weight optimization, classification.

EEG Sinyallerinin Yapay Alg Algoritması ile Eğitilmiş Yapay Sinir Ağları Kullanarak Sınıflandırılması

Classification of EEG Signals using Artificial Neural Network Trained with Artificial Algae Algorithm (AAANN)

Gülay TEZEL[1]
Sait Ali UYMAZ[1]
Esra YEL[2]

1Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Computer Engineering Department, Konya, Turkey
2Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Environmental Engineering Department, Konya, Turkey

1. Introduction

Electroencephalography (EEG) is an important clinical tool to diagnose neurological disorders such as epilepsy. However, the expert uses additional subjective criteria based on contextual information and other heuristics to reach decision although guided by the general definitions for epileptogenic waveforms. Therefore, visual screening of the EEG records requires highly trained professionals. The presence of epileptic activity in the EEG, confirms the diagnosis of epilepsy which sometimes can be confused with other disorders producing similar seizure like activity [1]. As a result, there is a great need for the development of detection systems that do not rely on parameters selected by individual experts but rather train on waveforms identified by them. Recently introduced neural networks (NN) provide such a tool to develop systems based on training with examples provided by experts [2].

Artificial Neural Network (ANN) was developed by inspiring from the human brain. Human brain is highly complex, nonlinear, and parallel computer (information-processing system) and its information-processing unit is neuron. Similar to brain, the process unit of ANN is neuron. Moreover, neurons are connected to each other with weights called as the memory of ANN. During the training of ANN the weights are optimized to minimize errors between desired output and model output by using defined training algorithm. Hence, the selection of training algorithm is crucial. Furthermore, the performance of ANN is interested in its architecture (the numbers of hidden layers and neurons) and weights [1-4].

Multi Layer Perceptron (MLP), the most preferred ANN algorithm has one input layer, one or more hidden layer(s) and one output layer. As the number of neurons in input and output layers is determined according to the input and output parameters of dataset, the number of hidden neurons

is assigned experimentally. A neuron in any layer of the MLP network is connected with weights to all the neurons in the previous and next layers. The training strategy of MLP is in supervised manner and uses backpropagation algorithm. Back propagation algorithm has two computation passes: forward pass, and backward pass. In the forward pass, input signal is propagated layer by layer using neurons and weights from input layer to output layer. In the backward pass weights are updated to train in accordance with the delta rule. In this pass the error signals are propagated layer by layer starting from output layer through the network, and performed recursively computing the error (i.e., the local gradient) for each neuron [4].

In general, the performance of an NN depends on the number of hidden neurons, the type of training algorithm and activation function [1]. Recently, easily applicable and successful metaheuristic optimization algorithms (Particle Swarm Optimization (PSO), Genetic Algorithm (GA), etc.) have been used in training stage of ANN as to minimize error by changing the values of weights for solving problems in different engineering sciences. Gudise and Venayagamoorthy compared PSO and Backpropagation as Training Algorithms for ANN using a non-linear quadratic equation and investigated that PSO has higher training performance [5]. Momeni et al. developed GA-based ANN model trained with GA algorithm instead of the common backpropagation algorithm to predict the bearing capacity of piles [6]. Montana and Davis indicated that when GA is used with a hybrid model in a sonar image classification problem to train feedforward networks (ANN), training performance increases [7]. Garro and Vazquez used basic and two modified PSO algorithms as both in parameter optimization and in training process of ANN for the classification problems [8]. This literature indicated that metaheuristic optimization algorithms can be used in ANN training for engineering classification and prediction problems. Therefore, AAA is recently developed and successful metaheuristic optimization algorithm in nonlinear optimization [9, 10]. In this study AAA was selected as training algorithm of ANN (AAANN) to optimize weights between neurons for the solution of two classes EEG classification problem. The experimental studies were performed both AAANN and ANN and the results were compared according to confusion matrixes.

2. Materials and Method

For a fair comparison of ANN and established AAANN, experimental studies were performed on the same platform. All experimental works were conducted by using Matlab (Release R2010a). The computer platform used to perform the experiments was an Intel(R) Core(TM) i7 3.80 GHz processor, 24 GB of RAM, and the Microsoft Windows 8 operating system.

In both model structures (ANN and AAANN) the following parameters were the same: one number of hidden layer, logarithmic sigmoid activation function of neurons in hidden layer and linear activation function in the output layer. Moreover, in order to observe the effects of number of neurons in hidden layer, experiments were carried out with different number of neurons in both ANN and AAANN algorithms. Within this scope ANN was used as a reference model to compare the performance of established algorithm (AAANN).

2.1 Dataset and Feature Extraction

EEG signals publicly available data described in Andrzejak et al. [11] was used in this study. The complete dataset consists of five sets (denoted A-E), each containing 100 single-channel EEG signals of 23.6s. In this study, two sets (A and E) of complete dataset were used. Each signal has been selected after visual inspection for artifacts and has passed a weak stationary criterion. Sets A has been taken from surface EEG recordings of five healthy volunteers with eyes open and closed respectively. Set E contains seizure activity, selected from all recording sites exhibiting ictal activity. The data were digitized at 173.61 samples per second using 12 bit resolution. Band-pass filter settings were 0.53-40 Hz (12dB/oct). The 100 time series of 4096 samples for each class (epileptic and normal) of 512 discrete data were formed by 1600 segments (800 segments from each class) before pre-processing [12,13]. 1000 segments (500 segments of each class) were selected for training and the rest segments (600 segments) were used for test process.

EEG is a random signal and generally determined as four different frequency bands named as delta wave, teta wave, alfa wave ve beta wave. Random signals needed different feature extraction methods to be determined or classified depending on the signal type. Discrete Wavelet Transform (DWT) is a popular method to extract important features because of the analysis ability of signals with different frequency bands and resolution. DWT decomposes signals to subbands by using low pass filter (Approximation coefficients-A) and high pass filter (Detail coefficients-D) to extract frequency components of signal in each level by using wavelet. The selection of wavelet and decomposition level is a critical decision and performed according to dominant frequency components of signal and the signal type [1, 12,13].

In this study, 5. level DWT was carried out by using fourth degree Daubechies wavelet (db4) to obtain appropriate frequency components of EEG signals. Detail coefficients (D3, D4 and D5) in different levels (3. Level - EEG delta wave , 4. Level - EEG teta wave and 5. Level - EEG alfa wave) and approximation coefficients (A5) of 5. level (EEG beta wave) were selected as necessary frequency bands of this study. Moreover, to decrease the size of input vector from 512 to 15 following features were extracted using D3, D4, D5 and A5 subbands : the mean of absolute values of coefficients in each selected subbands, the mean power of each selected subbands, the standard deviation of coefficients in each selected subbands and the rate between the mean of coefficients' absolute values of neighbored subbands.

2.2. Artificial Algae Algorithm (AAA)

AAA has been developed by Uymaz et al [9,10] by inspiring the living behaviors of microalgae such that:

- algal cells live in colonies and colony moves as a whole;
- algal colony towards the light with a helical swimming;
- algal cells reproduce themselves by mitosis;
- dominant species may change when adapted to the ambient conditions.

Artificial algae in the model have the same properties. Each individual is represented by an artificial algae colony in the algorithm and this colony is a candidate solution for an optimization problem. The global optimum searching process in the algorithm was composed of 3 main steps called 'Helical Movement', 'Reproduction' and 'Adaptation'. In each cycle colonies of the population were modified in helical movement phase. Colony swims by helical movement (in three dimension) to reach light. As it gets closer to the light it grows up, its energy increases and its movement slows down (due to increased friction force between the colony surface and the surrounding medium). The colonies that approached light search the space more with smaller steps and this increases the local search ability of the algorithm. Algal colonies that could not approach light cannot grow sufficiently, their energies reduce and movement speeds up. Consequently, colonies search with larger steps which increase their global search ability. After completion of helical movement phase, algal cell of the biggest algal colony is replicated by mitosis in evolutionary phase. Algal colonies that could not approach light adapt their dominant species to resemble themselves to the largest colony. These two phases increase the global optimum approximation rate of the algorithm. By all these properties AAA has a strong balance between exploration and exploitation. The performance of AAA in continuous, binary, multi objective function and real world problems have been proven in the literature [9,10, 14-16].

2.3 AAA-ANN Combination (AAANN)

In this study, AAA was implemented into ANN to update weights of ANN as training algorithm instead of backpropagation.

Each colony (individual) in AAA represents a vector. This vector consists of both weights between neurons in different layers (w) and weights between bias and neurons (b) in ANN. Each weight in the colony was represented by an algal cell in AAA. At the same time, the number of algal cells in each colony in AAANN indicates the dimension of problem to be solved. Therefore, as the number of weights increases the dimension of the problem increases. The example of any colony of AAANN algorithm is shown as follows:

$X_i = [w_{11},w_{12},w_{21},w_{22},w_{31},w_{41},b_1,b_2,b_3]$ i=1,2, ..., NumberOfColony

Training process with AAA was carried out as batch mode learning. In this process, each colony represents a candidate solution and the success of each candidate solution (fitness value) was specified with cumulative error (MSE) (Eq.1) which was computed after all training instances presented to the neural network.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{N} \frac{(\text{Output}_i - \text{Actual}_i)^2}{2} \quad (1)$$

where N is number of instances in Dataset. At the beginning of the process, random values between [-1 1] were assigned to all colonies (individuals). The recommendations in Uymaz et al. [7] were followed by setting the number of individual in population as 40, the energy loss, e = 0.3, the shear force, Δ = 2 and the adaptation parameter, Ap = 0.5.

Network training was completed when the maximum number of iteration was achieved and the final weight and bias vector by which the MSE value gets its minimum was considered as optimized vector (i.e., the trained ANN model). The flowchart of AAANN is

shown in Figure 1.

In AAANN dimension of the problem (the number of algal cells in each colony) is directly related to the number of input parameters and number of hidden neurons for an output neuron. As the number of attributes of datasets and the number of hidden neurons increase dimension of the problem increases as well. The dimension is calculated by Eq. 2.

$$Dimension = (IN + 1) * HN + (HN + 1) * ON \quad (2)$$

IN : The number of Attributes of Dataset (which is the number of input neurons- which is 15 for this study)
HN: Number of Hidden Neurons
ON: Number of Output Neurons (which is 1 for this study)
The training phase of AAANN was shown in Figure 1. After the training phase, the test dataset was presented to the trained AAANN for the validation of success.

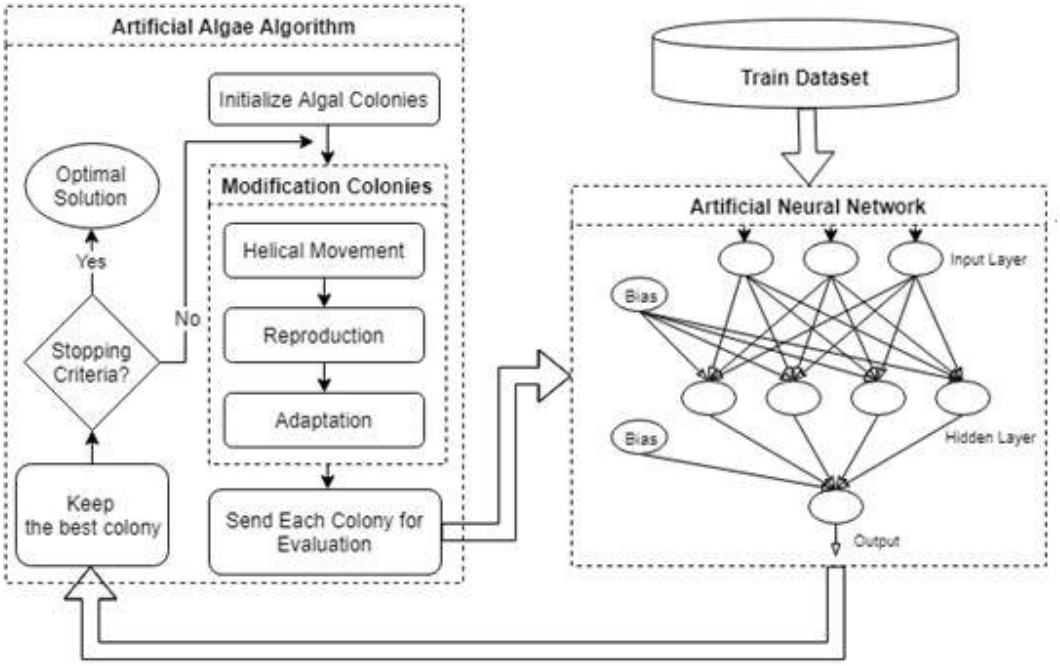


Figure. 1. The flowchart of training phase for AAANN

3. Results

The fitness values of 30 runs of ANN and AAANN architectures described in Figure 1. Experimental studies were performed and compared with the same structures of both algorithms. Activation Functions for hidden neurons and output neurons were selected as sigmoid and purelin functions, respectively. Table 1 shows the mean values of False positive (FP), True Positive (TP), True Negative (TN) and accuracy of 30 runs for all ANN and AAANN structures. Because the False Negative (FN) values for all experiments were obtained as 0 they weren't showed in the Table 3. As the aim of the study was two class EEG classification, the target output of dataset is determined as 1 and 0 for epileptic and normal signals, respectively. For this reason, threshold value was specified to compose confusion matrix. Initially this value was assigned as 0.5 for both algorithms. But the TP values of ANN for 30 run were obtained as 0 for all structures. That is to say that ANN couldn't classify normal EEG signals as normal. But the success of AAANN was quite high for hidden neurons. The performance ANN was increased with changing threshold value as 0,9 from %50 to % 97.49 as shown in Table 1.

In ANN backpropagation is a method for calculating the gradient of the error with respect to the weights for a given input by propagating error backwards through the network [7]. To overcome this problem, AAA was combined to ANN in this study for weight optimization instead of Backpropagation.

TABLO I. CONFUSION MATRIX OF AAANN AND ANN

Threshold=0,9						
Algorithm		**TP**	**TN**	**FP**	**FN**	**Accuracy %**
ANN	5	284,97	300	15,03	0	97,49
	9	190,61	300	102,53	0	82,71
	12	126,88	300	167,33	0	71,84
	15	86,18	300	214,80	0	64,26
Threshold=0,5						
AAANN	5	277,77	300	22,23	0	96,29
	9	276,27	300	23,73	0	96,04
	12	274,33	300	25,67	0	95,72
	15	273,80	300	26,20	0	95,63

4. Conclusion

In this study a new optimization algorithm, AAA was implemented to the ANN algorithm to optimize weights between neurons. The performance of this hybrid structure was investigated using two classes EEG signals. The results were compared to ANN with backpropagation algorithm. As the threshold value of output was selected as 0.5 the classification accuracies of ANN and AAANNN were obtained as 50% and 96.29%, respectively. To improve the classification performance of ANN, threshold value was changed as 0.9 for ANN and reached the 97.49%. However, the threshold value was generally selected as 0.5 In classification problems.

5. References

[1] Kalaycı, T., Özdamar, Ö . 1995. Wavelet preprocessing for automated neural network detection of EEG spikes. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 160‑166 pp.

[2] Özdamar, Ö ., Kalaycı, T. 1998. Detection of spikes with artificial neural networks using raw EEG. Computers and Biomedical Research, 31, 122‑142 pp.

[3] Xu, S., Zhang, M. 2000. Justification of a neuron-adaptive activation function. In Proceeding of IEEE-INNS-ENNS international joint conference on neural networks, IJCNN2000, 24, 465‑470pp.

[4] Haykin S 1994 Neural Networks: A Comprehensive Foundation, New York: Macmillan

[5] Gudise V G and Venayagamoorthy G K 2003 Comparison of Particle Swarm Optimization and Backpropagation as Training Algorithms for Neural Networks Proc. of the 2003 IEEE Swarm Intelligence Symposium

[6] Momeni E, Nazir R, Armaghani D J and Maizir H 2014 Prediction of pile bearing capacity using a hybrid genetic algorithm-based ANN Measurement 57 22–131

[7] Montana D J and Davis L 2000 Training Feedforward Neural Networks Using Genetic Algorithms IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics

[8] Garro B A and Vázquez R A 2015 Designing Artificial Neural Networks Using Particle Swarm Optimization Algorithms Computational Intelligence and Neuroscience

[9] Uymaz S A, Tezel G and Yel E 2015 Artificial algae algorithm (AAA) for nonlinear global optimization Applied Soft Computing 31 153-171

[10] Uymaz S A, Tezel G and Yel E 2015 Artificial algae algorithm with multi-light source for numerical optimization and applications Biosystems 138 25-38

[11] Andrzejak, R. G., Lehnertz, K., Mormann, F., Rieke, C., David, P., Elger, C. E. 2001. Indications of nonlinear deterministic and finite dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state. Physical Review E, 64, 06190 pp.

[12] Subaşı A. 2007. EEG signal classification using wavelet feature extraction and a mixture of expert model, Expert Systems with Applications, Volume 32(4), 1084-1093 pp.

[13] Hazarika N., Chen J.Z., Ah Chung Tsoi, Sergejew A., 1997 Classification of EEG signals using the wavelet transform. 13 th International Conference on Digital Signal Processing Proceedings 1, 89 – 92 pp.

[14] Zhang X, Wu C, Li J, Wang X, Yang Z, Lee J and Jung K 2016 Binary artificial algae algorithm for multidimensional knapsack problems Applied Soft Computing 43 583-595

[15] Korkmaz S, Babalik A and Kiran M S 2018 An artificial algae algorithm for solving binary optimization problems Int. J. of Machine Learning and Cybernetics 9(7) 1233–1247

[16] Beskirli M, Koc I and Kodaz H 2018 Individual Parameter Selection Strategy for Artificial Algae Algorithm (AAA) Journal of Computers 13(4) 450-460

Elektrik İletim Sistemlerindeki Enerji Kayıplarının Telafisinde Güneş Enerjisi Kullanımı

Using of Solar Energy for Compensation of Energy Losses in Electricity Transmission Systems

Ahmet HAMZAOĞLU[1]
Ali ERDUMAN[2]
Mustafa ALÇI[3]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hakkari Üniversitesi, Hakkari, Türkiye,
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hakkari Üniversitesi, Hakkari, Türkiye,
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye,

Özet

Elektrik iletim ve dağıtım hatlarındaki enerji kayıpları, teknolojinin ve kullanılan sistemlerin gelişmesine rağmen bugün de ciddi bir sorun olarak görülmektedir. Özellikle iletim sisteminde oluşan kayıpların telafisi sistemin verimli kullanılması açısından büyük önem arz etmektedir. Sistemin verimli kullanılması yönünde optimizasyon çalışmaları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Sezgisel optimizasyon yöntemlerinden PSO (particle swarm optimization) bu çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Güç kaybının telafisi için, optimizasyon yöntemlerinin eksik kaldığı kısımlarda; kaybın fazla olduğu baralarda harcanan gücün azaltılması adına güneş enerjisi santralleri kullanılması amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında iletim sisteminde meydana gelen kayıpların azaltılması amacıyla yüklerin, talep ettiği enerjiyi güneş enerji santrallerinden karşılanması hedeflenmiştir. Optimizasyon algoritması olarak PSO uygulanmış ve devamında güç kaybının fazla olduğu hatlarda güneş paneli (PV) bağlanmış ve kayıplar üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, güneş enerjisi kullanımı ile güç kayıplarının telafi edilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler:

İletim kayıpları, PSO, Güneş Enerjisi

Abstract

The energy losses in the electricity transmission and distribution lines are still seen as a serious problem despite the development of the technology and the systems used. In particular, the compensation of losses in the transmission system is of great importance for the efficient use of the system. Optimization studies towards the efficient use of the system are gaining importance. PSO (particle swarm optimization) is one of the most commonly used methods in these studies. For the compensation of power loss, in the parts where the optimization methods are incomplete; the use of solar energy plants is aimed to reduce the power consumed on the busbars where loss is high. In the scope of this study, it is aimed to meet the energy demand from solar power plants in order to reduce the losses in the transmission system. The PSO was applied as an optimization algorithm and the solar panel (PV) was connected to the lines where power loss was high and the effect on losses was investigated. As a result of the study, it was observed that the power losses can be compensated by the use of solar energy.

Keywords:

Transmission losses, PSO, Solar Energy

1. Giriş

Elektrik iletim sisteminde mevcut kayıplar teknik ve teknik olmayan kayıplar olarak sınıflandırılabilir. Sistemin teknik kayıpları, sabit ve değişken olarak iki başlık altında incelenebilir. Transformatörlerin nüvelerinde oluşan histerezis ve fuko kayıpları, havai hattı izolatörlerindeki kaçak akım kayıpları, iletkenlerdeki korona kayıpları ve kablolardaki dielektrik kayıpları sabit teknik kayıplar olup sistemin kalitesine bağlıdır ve yük akışından bağımsız olarak gerilimin karesi ile orantılı olarak artmaktadır. Değişken teknik kayıplar ise yük akımına bağlı olarak ilgili bölümün direnci ile orantılı olan kayıplardır. Ayrıca üretim kaynağına olan uzaklık ve demografik yapı da maliyetleri ve kayıpları artıran diğer bir önemli unsurdur.

Teknik olmayan kayıplar, elektriğin tedarikçi tarafından etkin olarak dağıtılmasına rağmen nihai kullanıcılar tarafından oluşmaktadır. Bu kayıplar; kaçak elektrik kullanımı, ölçüm cihazlarında oynama yapılarak endeksin kasten yanlış gösterilmesi, denetim eksikliği sonucu alınmayan endeks ve endeksin yanlış ya da hatalı hesaplanması gibi unsurları içermektedir. Elektrik iletim şebekelerindeki kayıplar teknolojik gelişmeler ve sistemsel düzeltmelere rağmen belli bir oranın altına çekilememektedir. Ülkemizde bu oran 2010'da %14,8, 2013'de %15,7'ye yükselmiş olup, 2017 yılı itibariyle %12,1 seviyesindedir [1].

TABLO I. ELEKTRİK ŞEBEKE ELEMANLARINDAKİ ENERJİ KAYIPLARI (**ENERGY LOSSES IN ELECTRICITY NETWORK COMPONENTS*) [2]

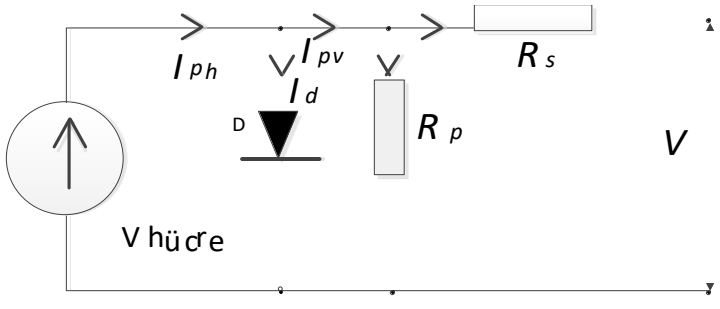
Elektrik Şebeke Elemanları	**Enerji Kaybı [iletilen/dağıtılan elektriğin % oranı olarak]**
Şalt tesisleri:132 kV ve üstü	0.001-0.008
Şalt tesisleri:33 kV- 66 kV	0.005-0.020
Şalt tesisleri: Alçak gerilim	0.130-0.340
Alçak gerilim ve orta gerilim sayaçları	0.300-0.600
Kesiciler	0.003-0..30
Alçak gerilim baraları	0.050-0.500
Alçak gerilim demir bağlantı elemanları	0.00009-0.0014
Alçak gerilim aliminyum bağlantı elemanları	0.00004-0.0008

İletim kayıplarının azaltılması adına çeşitli denetim ve iyileştirme algoritmalarıkullanılmaktadır. adına donanımsal ve yazılımsal birçok çalışma yapılmıştır
[3-4]. Literatürde birçok sezgisel optimizasyon yöntemi ile kayıpların azaltılmasına yönelik çalışma bulunmaktadır [3-5]. Çözüm için kullanılan sezgisel yöntemlere örnek olarak; Yapay Arı Kolonisi(YAK) [6], Genetik Algoritma(GA), Evrimsel Programlama(EP), Parçaçık Sürü Optimizasyonu(PSO) [7-9], vs. verilebilir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yeni bir sezgisel yaklaşım olan PSO yöntemi ile yapılan çalışmaların sayısının arttığı görülmektedir. PSO, sürü halinde hareket eden balıklar ve böceklerden esinlenerek Kennedy ve Eberhart (1995)tarafından optimizasyon yöntemidir [10]. PSO, sipariş miktarı belirleme,
çizelgeleme problemleri, güç ve voltaj kontrolü, motor parametrelerini belirleme, tedarik seçimi ve sıralama problemleri gibi bir çok optimizasyon problemlerinde başarı ile kullanılmıştır [11].

Elektrik iletim sistemlerindeki kayıpların nasıl azaltılabileceği sorusu üzerinden hareketle, bu yüksek kayıplar sonucunda tüketiciye kullanmasa da kayıp bedel olarak yansıyan ekonomik külfetin hane bazlı bir çalışma ile dahi azaltılabileceği ön görülmektedir. Bu amaç doğrultusunda kullanılabilecek kaynaklardan biri de güneş enerji santralleridir. Çalışmada belirlenen baralara ait güç talebinin, o baralara güneş enerji santralleri entegre edilip azaltılması bunun sonucunda şebekeden alınan enerji miktarının azaltılması ve iletim sistemindeki kayıpların minimuma indirgenmesi hedeflenmektedir Çalışmanın bundan sonraki yöntem bölümünde güneş enerjisinden elektrik üretimi, PSO optimizasyon yöntemi ve güç kayıpları denklemleri ve kullanım amaçları açıklanmıştır. Bulgular kısmında IEEE 9 Baralı sistemi üzerinde 5, 7 ve 9 nolu baralar üzerinde sanal güneş enerji sistemi oluşturulmuştur ve sistem üzerinde santrallerin üretim değerleri değiştirilerek kayıplara olan etkisi incelenmiştir. Sonuç kısmında elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

2. Yöntem

Güneş panelleri vasıtası ile enerji elde edilmesinde temel olarak ışınımın enerjiye geçişi olayı gerçekleşmektedir. Paneller en sade anlatımla güneş ışıma miktarı ve hava sıcaklığına bağlı olarak DC gerilim üreten yarı iletken hücrelerden oluşmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere güneş paneli; bir akım kaynağı buna paralel bir diyot ve bir seri bir paralel dirençten oluşmaktadır [12].



Şekil. 1. PV hücresine ait elektriksel devre. *(*The electrical circuit of PV cells.)*

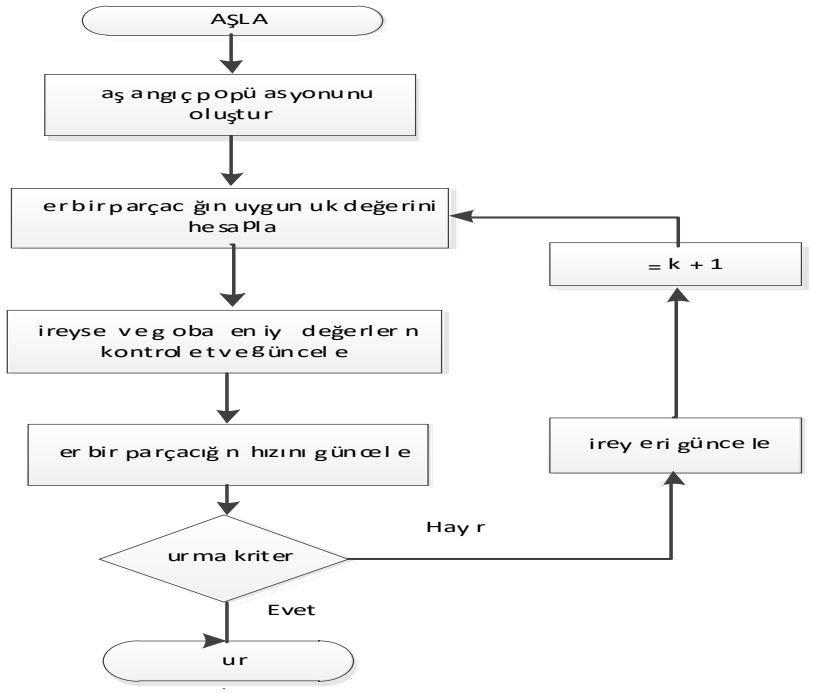
PV hücreye ait çıkış akımı ifadesi eşitlik (2.1.)'de verilmiştir.

$$I_{pv} = I_{p_h} \quad I_d \tag{2.1}$$

Güneş ışınımı, güneş yoğunluğu veya güneş radyasyonu olarak da ifade edilmektedir. PV kısa devre akımı genliği güneş yoğunluğu ile doğru orantılı olarak değişir. Genel bir ifade olarak, referans şartlardaki kısa devre akımını I_0 ve referans güneş radyasyonu da G_0 ile gösterirsek, farklı güneş ışınımı altındaki yeni kısa devre akımı eşitlik (2.2)'de ifade edilmiştir.

$$I_{pv} = I_0 \times \frac{G}{G_0} \tag{2.2}$$

Optimizasyon yöntemleri literatürde çok farklı uygulamalarda görülmektedir. Bu yöntemlerden en çok tercih edilenlerden birisi de PSO'dur. Bu çalışmada PSO algoritması 6 birimlik amaç fonksiyonuna sahip olup , ilerleme adımları Şekil 2'de aktarılmıştır.



Şekil 2. PSO'nun akış diyagramı *(*PSO flow diagram)*[13]

Pozisyon ve hızlar aşağıdaki gibi yenilenir.

$$V_{id} = W \times V_{id} + C_1 \times rand_1 \times (P_{id} \quad X_{id}) + C_2 \times rand_2 \times (P_{id} \quad X_{id}) \tag{2.3}$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \tag{2.4}$$

Burada X_{id} pozisyon ve V_{id} hız değerlerini vermektedir.

Her bir parçacığın (k+1) adım sonra güncellenen hızı ve konumu eşitlik (2.5)'deki gibidir.

$$X_i^{k+1} = X_i^k + V_i^{k+} \quad \textbf{(2.5)}$$

(k+1). iterasyondaki i. bireyin hızı eşitlik (2.6)'deki gibi hesaplanır.

$$V_i^{k+1} = \omega V_i^k + C_1 rand_1 \times \left(Pbest_i^k \quad X_i^k\right) + C_2 rand_2 \times \left(Gbest_i^k \quad X_i^k\right) \quad \textbf{(2.6)}$$

TABLO II. FORMÜLLERDE KULLANILAN SEMBOLLER VE AÇIKLAMALARI *(*SYMBOLS USED IN FORMULAS AND EXPLANATIONS)*

Sembol	**Açıklaması**
X_i^{k+1}	i. bireyin (k+1). iterasyondaki konumu
V_i^k	i. bireyin k. iterasyondaki hızı
ω	ağırlık parametresi
C_1	kavramsal (cognitive) faktörler
C_2	sosyal faktörler
$Pbest^k$	k iterasyonu boyunca i. bireyin en iyi konumu
$Gbest^k$	k iterasyonu boyunca grubun en iyi konumu
$rand_1 rand_2$	0 1 arasında seçilen rastgele numaralardır.

İletim hatlarındaki aktif ve reaktif güç transferi eşitlik (2.7) ve eşitlik (2.8)' deki gibidir.

$$P_s = \frac{V_S \times V_r}{X} \times \sin\delta \quad \textbf{(2.7)}$$

$$Q_s = \frac{V_S(V_S \quad V_R)}{X_l} \quad \textbf{(2.8)}$$

İletim hatlarındaki aktif ve reaktif kayıplar ise eşitlik (2.9) ve eşitlik (2.10)'deki gibidir.

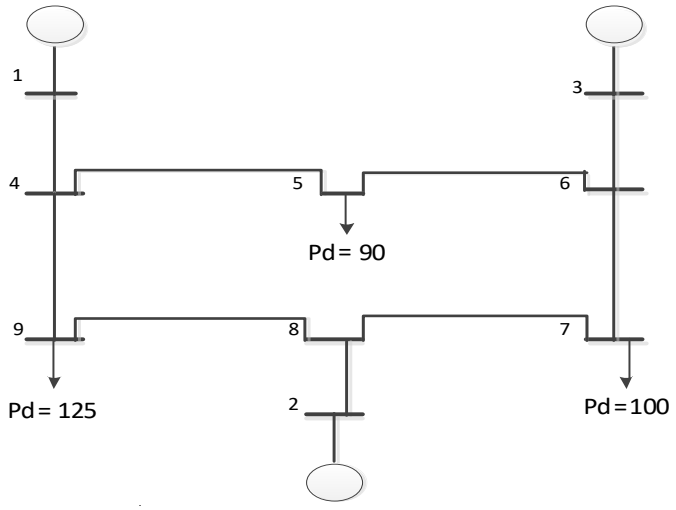
$$MW_{loss} = 3 \times \left[\frac{P^2+Q^2}{V^2}\right] \times R = 3 \times I^2 \times R \quad \textbf{(2.9)}$$

$$Mvar_{loss} = 3 \times \left[\frac{P^2+Q^2}{V^2}\right] \times X = 3 \times I^2 \times X \quad \textbf{(2.10)}$$

3. Bulgular ve Tartışma

Öncelikle IEEE 9 baralı sistem üzerinde yük akışı gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. 5, 7 ve 9. baralarda bulunan yüklerin değerleri sırasıyla 90 , 100, 125 MW'dır. Bu baralara sırasıyla güneş enerji santrallerinden elde edilen 20 0 35 MW'lık güçler eklenerek sonuçlar incelenmiştir. Talep edilen enerjinin bir kısmının güneş enerji santrallerinden karşılanması sonucunda; baraların şebekeden aldığı güç miktarı 70 100 90 MW'a düşmüştür. Sistemdeki toplam yük değişmemiştir. Çalışmada amaçlanan; baraların ihtiyaç duyduğu enerjinin bir kısmını güneş enerji santrallerinden karşılayıp , şebekeden alınan güç miktarını azaltmak ve talep edilen güç azaldığından dolayı iletim kayıplarının telafisini gerçekleştirmektir.

Sonraki aşamada ise aynı baralara 30 0 65 MW'lık güce sahip güneş enerji santralleri kurulup, şebekeden alınan güç miktarı 60 100 60 MW'a düşürülmüştür. Baralardaki ihtiyaç duyulan enerji miktarını azaltmak amacıyla güneş enerji santralleri kurulumu yapılmıştır. Sistemdeki toplam yük değişmezken, şebekeden alınması gereken güç, yerinde güneş enerji santrallerinin sisteme entegresiyle azaldığından iletim ve dağıtımdaki güç kayıpları azaltılmıştır.



Şekil 3. IEEE 9 baralı test sistemi *(*IEEE 9 bars test system)*[14]

Sonuçlar Tablo 3 ve Şekil (4 5)'deki gibidir. Sonuçlar incelendiğinde tüm baralar arasındaki hatlarda aktif ve reaktif güç kayıplarının azaldığı net şekilde tespit edilmiştir.

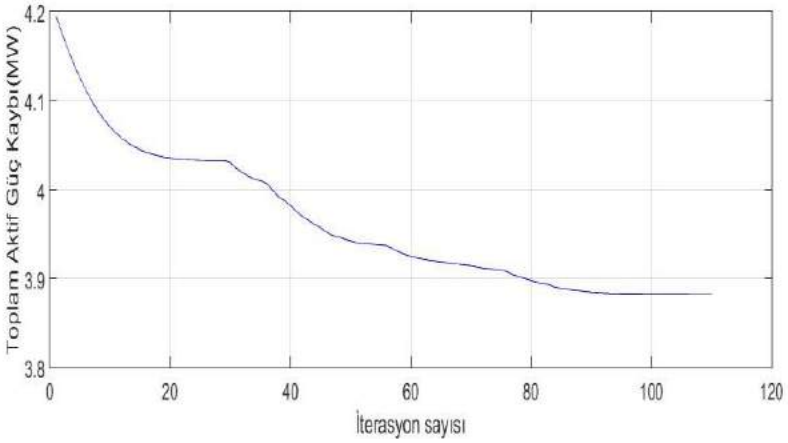
TABLO III. GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMININ HATLAR ARASINDAKİ AKTİF GÜÇ KAYBINDAKİ AZALMAYA ETKİSİ *(*THE EFFECT OF THE USE OF SOLAR ENERGY ON THE REDUCTION OF ACTIVE POWER LOSS BETWEEN LINES)*

Hat	**1 4**	**4 5**	**5 6**	**3 6**	**6 7**	**7 8**	**8 2**	**8 9**	**9 4**	**Toplam kayıp (MW)**
90 100 125 MW	0.000	0.174	1.449	0.000	0.095	0.506	0.000	2.465	0.266	4.955
70 100 90 MW	0.000	0.016	1.275	0.000	0.053	0.447	0.000	2.007	0.024	3.822
60 100 60 MW	0.000	0.002	1.231	0.000	0.040	0.414	0.000	1.661	0.056	3.404
Azalma miktarı	0.000	**0.172**	**0.218**	0.000	**0.055**	**0.091**	0.000	**0.804**	**0.210**	**1.554**

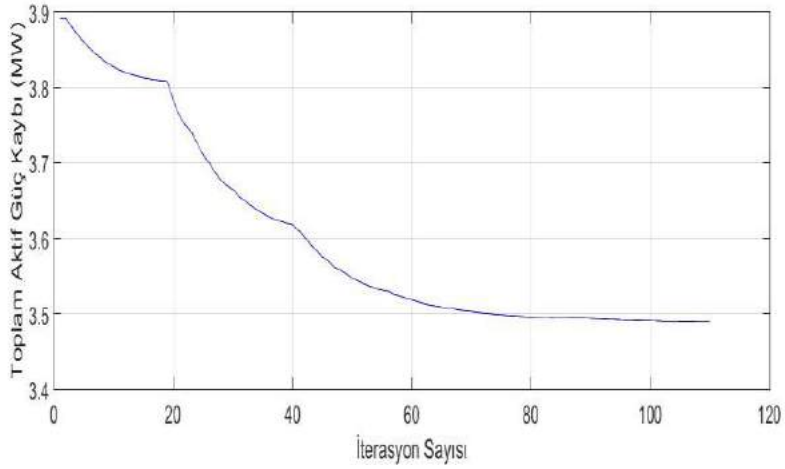
Gerçekleştirilen uygulama sonucunda ;

Tablo 3'de sistemdeki aktif güç kaybı 4.955 MW 'dan 3.822 MW'a ve ardından 3.404 MW'a düştüğü görülmektedir. 1.554 MW' lık bir iyileştirme sağlanmıştır. Aradaki farklara bakıldığında sonuçlar, MW seviyelerinde anlamlı kabul edilmektedir.

Tablo 3 incelendiğinde (70 100 90) MW'lık güç talebi için aktif kayıp 1.133 MW azalırken, (60 100 60) MW'lık güç talebi için 1.554 MW'lık bir azalma görülmektedir. Sistemde optimizasyon ve güneş enerji santrallerinin bağlanması sonucunda yapılan kayıplardaki iyileştirme benzetimleri Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir



Şekil 4. (70 100 90 MW)'da benzetim çıktısı *(*Simulating output for (70 100 90 MW))*

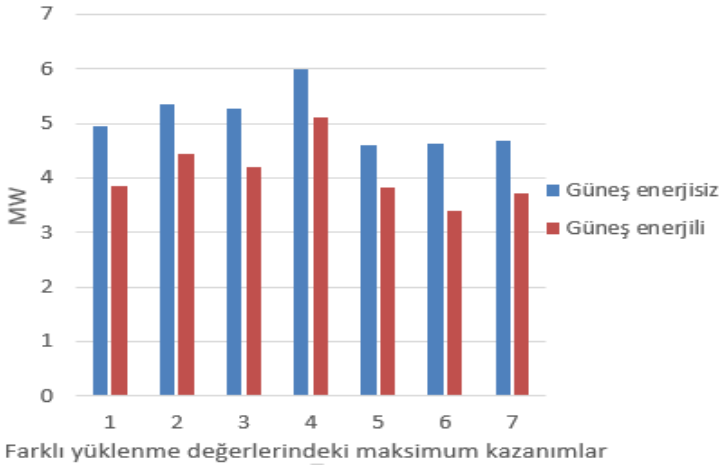


Şekil 5. (60 100 60 MW)'da benzetim çıktısı *(*Simulating output for (60 100 60 MW))*

Şekil 4'de 5,7 ve 9. baralara uygulanan 20 0 35 MW' lık güneş enerji santra eri ile birlikte baraların ihtiyaç duyduğu güç miktarı 70 100 90 MW'a düşmüştür. Sistem optimize edilip güneş enerjisi takviyesi ile birlikte aktif güç kaybı 4.955 MW'dan 3.822 MW'a düştüğü görülmektedir.

Şekil 5'de ise baralara 30 0 65 MW'lık güneş enerji santrali takviyesi ile baralardaki yeni güç talebi 60 100 60 MW' a düşmüştür. Sistem optimize edilip güneş enerji santrallerinin takviyesi ile birlikte aktif güç kaybı 3.404 MW'a düşmüştür. Baralardaki 60 100 60 MW'lık yükler ile inceleme yapıldığında maksimum güç kaybı telafi değerine ulaşılmıştır.

Son olarak farklı güneş enerji santrallerinin baralara dağılımı sonucunda elde edilen güç kaybı değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Güneş enerji santrallerinin baralara uygulanması sonucu aktif güç kaybında elde edilen maksimum iyileştirmeler
*(*Maximum improvements in solar power plants obtained as a result of loss of active power is applied to bus bars)*

Şekil 6 incelendiğinde 5, 7 ve 9. baralardaki yük değerleri, güneş enerji santrallerinin ilavesi sonucu güncellenmiştir. İnceleme sonucunda güç kaybı telafisinde oransal olarak en fazla kazanım görülen sonuçlar verilmiştir.

4. Sonuç

Her geçen gün artan enerji talebi, klasik iletim ve dağıtım sistemlerine sahip ülkelerde ciddi bir sorun olarak görülmektedir. Yapılan çalışmada hatlardan iletilen enerjinin artmasıyla birlikte teknik ve teknik olmayan kayıplar ciddi bir sorun olarak teşhis edilmiştir. Çalışma kapsamında iletim hatlarındaki kayıpların iyileştirilmesinde güneş enerji santrallerinin etkisi incelenmiştir. İnceleme sonuçları değerlendirildiğinde güneş enerji santrallerinin; yerleşim yerlerine yakın şekilde kurulabilmeleri nedeniyle iletim maliyetlerini ve iletim hatlarındaki enerji kayıplarını azalttıkları yapılan benzetimlerle tespit edilmiştir. Çalışmada sezgisel optimizasyon yöntemlerinden olan PSO'nun hızlı çözümleme yetenekleri sayesinde enerji sistemlerinin analizinde kullanılabileceği görülmüştür. İletim kayıp maliyetlerinin azaltılmasında, yerinde üretim sistemlerine ekonomik olarak kurulum ve işletim desteklerinin verilmesi büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi kurulumunda var olan devlet desteği de düşünüldüğünde bir güneş enerjisi sisteminin maliyet açısından kendini kısa sürede amorti edeceği ön görülmektedir. Bu çalışmada IEEE 9 baralı sisteminde seçilen baralara güneş enerji santralleri tatbik edilmiştir. Böylece şebekeden alınan güç miktarı azalmış olup, güç kayıpları telafi edilmiştir. Şebekeden alınan gücün azalması sonucunda hatlar arası aktif ve reaktif güç kayıplarının önemli miktarda azaldığı görülmüştür. Güç kayıplarında; aktif güçlerde % 31,3 oranında reaktif güçlerde ise % 31,4 oranında azalma gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; enerji iletim sistemlerine, yerinde enerji kaynağı olarak kullanılan güneş enerji santrallerinden elde edilen güç ilavesiyle hatlar arası güç kayıplarının telafisi sağlanmıştır. Dağıtım sisteminde de benzer çalışmaların yapılarak özellikle düşük güç harcayan tüketicilerin kendi kaynaklarını kullanması durumunda sistem üzerinde oluşacak etkilerin ayrıca incelenmesi gerektiği görülmektedir.

5. Referanslar

[1] "TEİAŞ İstatistiki Bilgiler." 2018. https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayiplar-0

[2] Bhatt M. S. 2003. "Energy efficiency ımprovement of electrical transmission distribution networks", Journal of Scientific & Industrial Research, 62: 473-490,

[3] Fukuyama, Y., & Yoshida, H. (2001). A particle swarm optimization for reactive power and voltage control in electric power systems. In *Evolutionary Computation, 2001. Proceedings of the 2001 Congress on* (Vol. 1, pp. 87-93). IEEE.

[4] Noor, A. M., Uçan, O. N., & Bayat, O. 2018.PV Penetration Effect for Regulating Voltage Using Reactive Power/Reaktif Güç Kullanarak Gerilim Düzenlemesinde PV Penetrasyon Etkisi. *AURUM-Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, *2*(1), 17-25.

[5] AlRashidi, M. R., & El-Hawary, M. E. 2009. A survey of particle swarm optimization applications in electric power systems. *IEEE transactions on evolutionary computation*, *13*(4), 913-918.

[6] Abu-Mouti, F. S., ve El-Hawary, M. E. 2012. Overview of artificial bee colony (ABC) algortihm and its applications, Systems Conference (SysCon), Vancouver, Canada, 12-22 Mart.

[7] Lai, L. ve Ma, J. 1997. Improved genetic algorithms for optimal power flow under both normal and contingent operation states, International Journal Electrical Power & Energy Systems, 19 , 287-292.

[8] Yuryevich, J. and Wong, K. P. 1999. Evolutionary programming based optimal power flow algorithm, IEEE Transactions on Power Systems, 14, 1245-1250.

[9] Abido, M. A. 2002. Optimal power flow using particle swarm optimization International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 24, 563-571.

[10] Kennedy, J.; Eberhart, R. C. 1995. "Particle Swarm Optimization", Proc. of the IEEE Int. Conference on Neural Networks, 4,

[11] Wilke D. N., Analysis of the particle swarm optimization algorithm, Master Thesis, 2005, Mechanical and Aeronautical Engineering, University of Pretoria.

[12] Wook, K., Van-Huan, D., Thanh-Tuan N., Woojin C. 2013. Analysis of the effects of inverter ripple current on a photovoltaic power system by using an AC impedance model of the solar cell, Renewable Energy, Vol. 59.

[13] Leeton, U., Kwannetr, U., Uthitsunthorn D. ve Sinsuphun, N. 2010. Power loss minimization using optimal power flow based on particle swarm optimization, Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) International Conference, Thailand, 19-21 Mayıs

[14] https://www.researchgate.net/figure/The-single-line-diagram-of-the-IEEE-9-bus-system_fig1_228521465

Özet

Bu çalışmada üzerinde direnç kaynaklı somun bulunan bir ürünün kaynak işleminin kalıp içerisinde yapılmasını sağlayan yeni bir sistem tasarlanmıştır. Somun, kalıp içerisine sisteme entegreli olan bir besleme ünitesi ve somun aktarma ekipmanı aracılığıyla transfer edilmektedir. Kaynak işlemi ise özel tasarıma sahip elektrotlar aracılığıyla sağlanmıştır. Sistem aynı zamanda yüksek üretim adedine sahip somun kaynaklı sacların tümüne uygulanabilir niteliktedir. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan sistem ile birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen kaynak ve soğuk şekillendirme operasyonlarının ayrı ayrı yapılmasına gerek duyulmadan kalıp içerisinde kaynak prosesinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler:

Direnç kaynağı, Kalıp, Soğuk Şekillendirme.

Abstract

In this study, a new system has been designed which enables welding of a product with resistance welded nuts in the die. The nut is transferred into the die by a feed unit and nut transfer equipment integrated in the system. The welding process has been provided by electrodes with special design. In addition, the system is applicable to all of the welded sheets with high production capacity. As a result of this study, it is not necessary to separately perform welding and cold forming operations, which are performed independently of each other. It is aimed to actualize the welding process within the die.

Keywords:

Resistance Welding, Die, Cold Forming

Soğuk Sac Şekillendirme Kalıbında Direnç Kaynak Sistemi Tasarımı

Design of Welding System In Cold Forming Die

Bircan ALBAK[1]
Zeynep Begüm KURT[2]

[1]Toksan Yedek Parça İmalat Ticaret ve Sanayi A.Ş, Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye,
[2] Toksan Yedek Parça İmalat Ticaret ve Sanayi A.Ş, Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye,

1. Giriş

Otomotiv sektöründe soğuk sac şekillendirme teknolojilerinin bir üyesi olan kalıplar, seri üretime uygunluğu, ekonomik olması ve otomasyona entegre edilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı üretim proseslerinde yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Pres içerisinde yüksek üretim kapasiteli çalışmalara uygun olan bu sistemler, prese aktarılan sac malzemeyi nihai veya yarı mamul ürün olarak seri bir şekilde üretebilmektedir [1].

Araç üzerinde yaygın olarak kullanılan somun kaynaklı sac parçalar kalıpta şekillendirildikten sonra kaynak hatlarında direnç kaynak yöntemi ile birleştirilerek üretilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, S235 JR kalitesindeki çelik saclardan imal edilen braketlerin somun projeksiyon kaynağı sonucunda süre, elektrot kuvveti ve akım gibi kaynak parametrelerin değiştirilmesi ile kaynak kalitesindeki farklılıklar incelenmiştir. İki farklı parametre seti kullanılarak yapılan kaynak işleminde artan süre ve elektrot kuvveti ile dayanımın arttığı tespit edilmiştir [2].

Geleneksel kaynak proseslerinin şekillendirme sonrası ikincil operasyon olmasından dolayı fazladan zamana ihtiyaç duyulması, ikincil makine yatırım maliyetleri ve operasyon için harcanan güç, enerji ve alan kayıplarından oluşan ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Bahsedilen dezavantajların elimine edilmesi amacıyla araştırmacılar yeni teknolojik çözümlerin arayışına girmişlerdir.

Literatür araştırması sonucunda kalıpta kaynak prosesi ile ilgili olarak herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bu çalışmada kaynak operasyonun kalıp içerisinde gerçekleştirilmesi amacıyla tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar ile bu konuda çalışmak isteyen araştırmacılara ve sanayi kuruluşlarına öncülük edilmesi amaçlanmaktadır.

2. Yöntem

2.1 Elektrot tasarımı

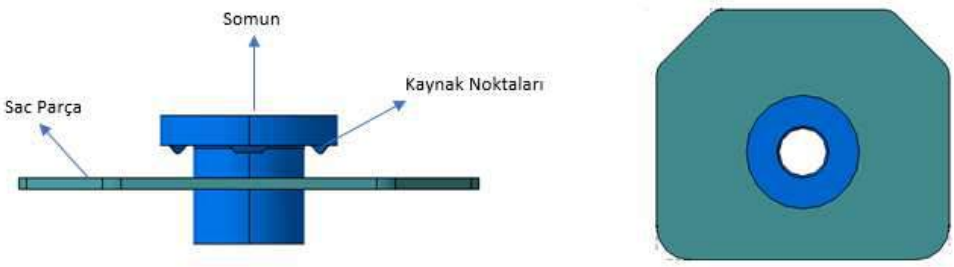
Çalışma kapsamında kaynak işlemini gerçekleştirmek amacıyla yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, yüksek mukavemet, yüksek sıcaklıkta sertlik ve malzeme ile düşük alaşımlaşma eğilimi gösteren bakır alaşımdan üretilmiş elektrotlar kullanılmıştır. Kaynağı yapılan parçaların yüzeyinin düz olmasından dolayı düz uçlu elektrotlar tercih edilmiştir. Alt elektrotun çapı denklem 2.1, üst elektrotun çapı ise denklem 2.2' e göre belirlenmiştir. Denklemlerde bulunan de_a (mm) alt elektrot çapını, $de_ü$ (mm) üst elektrot çapını ve K malzeme sabitini ifade etmektedir [3].

$dea = 5.s$ s<3mm için (2.1)

$deü = 2s + K$ s<3 mm için (2.2)

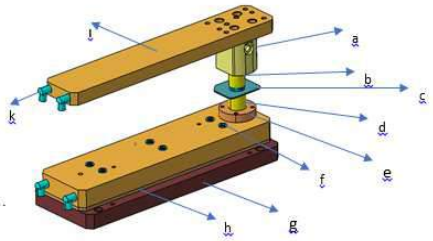
$K = 2$ s<7,5 mm için (2.3)

Kalıp içerisinde direnç kaynak işlemi gerçekleştirilmesi hedeflenen ürüne ait görsel Şekil 1'de sunulmaktadır. Ürünün sac parça kalınlığı 2,5 mm'dir. Denklem 2.1' e göre elektrot alt çapı Ø8,5 mm olarak hesaplanmıştır. Ürüne kaynaklanacak somunun kuyruk çapı Ø16,9 mm olup Ø8,5 mm'lik elektrot alt çapı üzerine eklenerek alt elektrot çap ölçüsü Ø25,4 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil. 1. Çalışma kapsamında referans alınan ürün

Üst elektrot çap ölçüsü için denklem 2.2 ve 2.3'e göre Ø11 mm olarak hesaplanmıştır. Somun üzerinde bulunan Ø16 mm ölçüsünde ki boşaltmadan dolayı bu değer elektrot çap ölçüsüne eklenmiş ve buna göre üst elektrot çap ölçüsü Ø27 mm olarak belirlenmiştir. Alt-üst elektrot tasarımı Şekil 2'de gösterilmektedir.

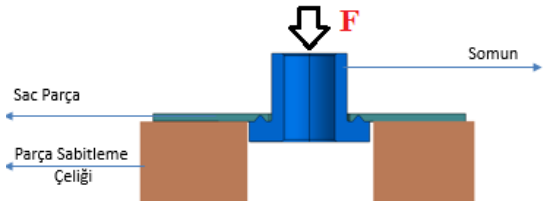


Şekil. 2. Alt ve üst elektrot grubu tasarımı (a: Üst elektrot Soğutma Kanalı Su girişi, b: Üst Elektrot, c: Ürün, d: Alt Elektrot, e:Alt Elektrot Tutucu, f: Elektrot Tablası Sökülebilir Bağlantı Deliği Yalıtım Ürünü(Fiber), g: Elektrot Grubu Bağlama Parçası (St 52), h: Yalıtım Ürünü (Fiber),l: Üst Elektrot Tablası, k: Tabla Soğutma Kanalı Su Girişi)

Direnç kaynak işlemlerinde, elektrodun kullanım ömrünün uzatılması için soğutma işlemi yapılması gerekmektedir [4]. Elektrot soğutma işlemi de dikkate alınarak elektrot tasarımı tamamlanmıştır.

2.2 Kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve kaynak prosesi

Prototip olarak imal edilen elektrotlar direnç kaynak makinesine montajı yapıldıktan sonra Zwick Roell Z050 makinesi kullanılarak kaynak kuvvetinin belirlenmesi amacıyla Şekil 3' de çalışma prensibi bulunan kaynak koparma testine 2 mm/dk hızla uygulanan kuvvet ile tabi tutulmuştur.



Şekil. 3. Kaynak koparma testi çalışma prensibi

Ürün şartnamesi incelendiğinde kaynak sonrasında elde edilmesi gereken minimum kaynak dayanımı 5680 N dur. Belirtilen kaynak dayanımının hangi kaynak parametreleri ile elde edileceğinin tespiti için Tablo 1'de belirtilen kaynak parametreleri kullanılarak deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kaynak koparma testinden sonra direnç kaynak makinesinin elektrot kuvveti 1910 N olarak ölçülmüştür. Belirtilen elektrot kuvveti gazlı yayın sıkışması sonucu elde edilecektir.

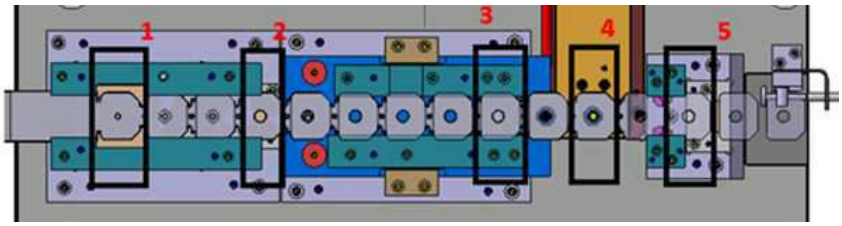
TABLO 1 KAYNAK KOPARMA TEST PARAMETRELERI

Numune No	Kaynak Akımı (kA)	Kaynak Süresi (sn)	Tutma süresi (sn)
1	14	0,1	0,1
2	16	0,1	0,1
3	18	0,1	0,1
4	20	0,1	0,2
5	24	0,1	0,2

Gazlı yayın sıkışma mesafesinin önemi detaylı olarak "2.3 Kalıp Tasarımı" başlığı altında anlatılmaktadır. Kalıp içerisinde gazlı yayın çalışmasının denetlenmesi, elektrot aşınma miktarının belirlenerek önlemlerin alınabilmesi ve kaynağın başlayabilmesi için 10 mm stroklu % 0,5 mm hassasiyete sahip lineer cetvel kullanılmıştır.

2.3 Kalıp Tasarımı

Çalışma kapsamında otomatik ve operatörden bağımsız bir şekilde çalışabilen prograsif kalıp kullanılmaktadır. Elektrot tasarımı tamamlandıktan sonra kalıp tasarımı Şekil 4'de görseli sunulan prosesler halinde dizayn edilmiştir.

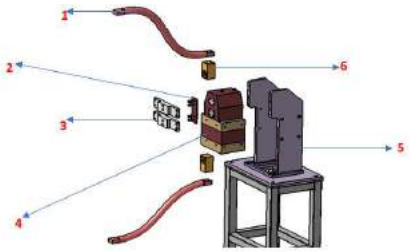


Şekil. 4. Kalıp proses dizayn görseli 1) Şablon kesme, 2) Delik delme, 3) Somun besleme, 4) Kaynak işlemi, 5) Koparma

Elektrot tasarımı sonrasında kalıp kapalı yüksekliği, hatve ve bant yüksekliği gibi kriterler belirlenmiştir. Elektrotların kapalı boyu, soğutma hortumlarının geçebileceği bir şekilde ve bakım / parça değişimi gibi durumlarda elektrotlara kolay erişim gibi kriterler göz önünde bulundurularak kalıp kapalı yüksekliği; elektrot boyları ve parça ölçüleri dikkate alınarak bant hatvesi; elektrotlar üzerinde kaynağı tamamlanan ürünün alt elektrottan kurtulup bir sonraki istasyona akışının emniyetli bir şekilde sağlanabilmesi için bant yüksekliğine karar verilmiştir [5].

2.4 Elektrik grubu tasarımı

Çalışma kapsamında kaynak işlemi için gerekli olan elektrik enerjisinin sağlanması için transformatör kullanımı uygun görülmüştür. Transformatör seçimi için en önemli kriter kaynak akımıdır. Kaynak denemeleri bölümünde yapılan çalışmalarda kaynak akımının maksimum 24 kA olduğu bulunmuştur. Bu durumda geleneksel direnç kaynak makinelerinde de sıkça kullanılan 175 kVA orta frekans ve 35 kA'ya kadar akım üretebilen transformatör seçimi yapılmıştır. Seçimi yapılan transformatör ebatlarına göre transformatör tutucu gövde, elektrot tutucu çelik baralar ve sekonder kablo tasarımı tamamlanmıştır. Elektrik ilk etapta (transformatörden) transformatöre bağlanan bakır alaşımlı elektrotlara aktarılır. Bir ucu kalıp içerisinde bulunan elektrotlara diğer ucu bakır alaşımlara bağlı olan sekonder kablolar üzerinden elektrik aktarımı tamamlanır. Genellikle iletimin yapılacağı iki noktadan birinin hareketli olduğu yerlerde sekonder kablo veya fleks bakır plakalar kullanılır. Çalışma kapsamında tasarımı yapılan transformatör, sekonder kablolar ve bağlantı elemanları Şekil 5'de gösterilmektedir.

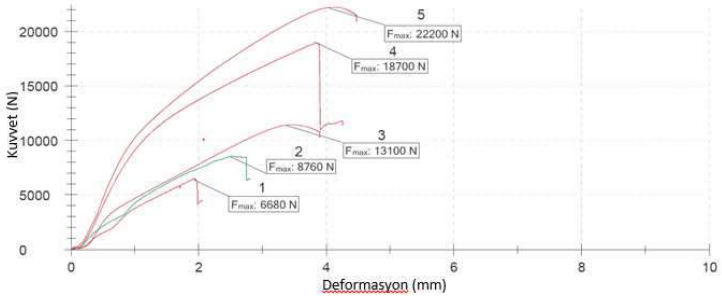


Şekil. 5. Transformatör ve bağlantı ekipmanları 1) Sekonder kablo 600 mm, 2) Yalıtım malzemesi, 3) Elektrot tutucu çelik bara, 4) Transformatör, 5) Transformatör tutucu gövde

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Basma Testi Sonuçları ve Kaynak Parametrelerinin Tayini

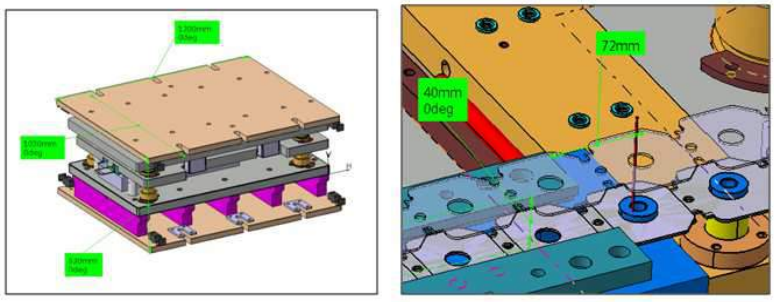
Gerçekleştirilen kaynak koparma testi deneme çalışmalarında kaynak süresi ve tutma süresi sabit tutulduğunda artan kaynak akımına bağlı olarak kopma dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Kaynak süresine bağlı kalınmadan artan akım ve artan tutma süresince kopma kuvvetinin daha da arttığı tespit edilmiştir. Deneme çalışmaları neticesinde Şekil 6 'da gösterildiği üzere 5 no'lu numune ile maksimum 22.200 N luk kaynak koparma kuvveti elde edilmiştir. Kalıp içerisine gerçekleştirilmesi hedeflenen kaynak operasyonun optimum sonuçları sağlayan 5 no'lu numuneye uygulanan parametreler ile gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.



Şekil. 6. Kaynak koparma testi sonucunda Kuvvet-Deformasyon eğrisi

3.2 Kalıp Ölçülerinin Belirlenmesi

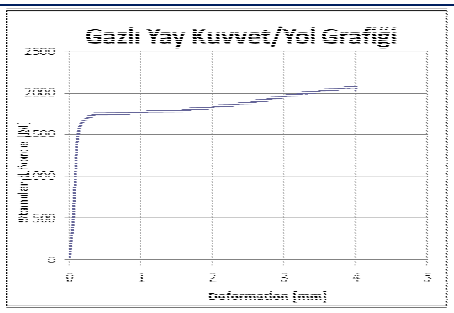
Kalıp kapalı yüksekliği, elektrotların kapalı boyu, soğutma hortumlarının geçebileceği bir şekilde ve bakım / parça değişimi gibi durumlarda elektrotlara kolay erişim gibi kriterler göz önünde bulundurularak 620 mm olarak tespit edilmiştir. Atık malzeme oranını en aza indirgemek için bant genişliği 76 mm, elektrot çapları ve parça genişliği dikkate alındığında bant hatvesi 72 mm olarak hesaplanmıştır. Elektrotlar üzerinde kaynağı tamamlanan ürünün alt elektrottan kurtulup bir sonraki istasyona akışının emniyetli bir şekilde sağlanabilmesi için bant yüksekliği 40 mm olarak belirlenmiştir. Prograsif kalıba ait bant hatvesi ve bant genişliğinin yer aldığı kalıp tasarım görseli Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil. 7. Ölçülendirilmiş prograsif kalıp tasarımı

3.3 Gazlı Yay Basma Testi ve Gazlı Yay Karekteristiği

Direnç kaynak makinesinin elektrot kuvvetinin 1910 N olarak kalıp içerisinde sağlanabilmesi için gazlı yay seçimi gerçekleştirilen basma testi sonuçlarına göre karar verilmiştir. Şekil 8'de gösterilen basma testine ait kuvvet- deformasyon grafiği incelendiğinde 1910 N elektrot kuvvetinin sağlanabilmesi için elektrot grubunun üzerinde bulunan gazlı yayın 3,1 mm sıkışması gerekmektedir.

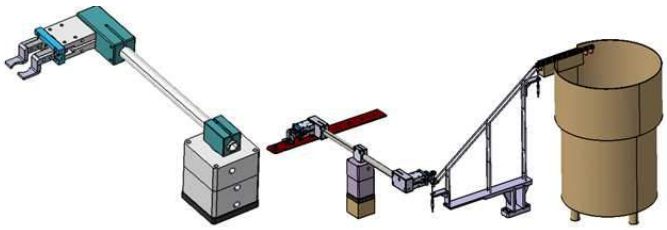


Şekil. 8. Gazlı yayın kuvvet-deformasyon grafiği

Presin her çevriminde bu değerin elde edilebilmesi için kalıp kapalı pozisyonda iken, elektrot uçları arasında 3,45 mm mesafe bırakılmıştır. Somun ve sac parçanın temas eden yüzeylerinin toplam kalınlığı 6,55 mm dir. Pres kapalı pozisyonda elektrotlar arasında parça bulunduğu durumda elektrot grubu 3,1 mm presin tersi yöne harekete zorlanarak gazlı yayın sıkışmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle 3,1 mm sıkışma altında 1910 N kuvveti veren gazlı yay tarafından kaynak kuvveti elde edilir.

3.4 Somun Aktarma Ekipmanı Tasarımı

Geleneksel olarak kullanılan somun aktarma ekipmanlarının sahip olduğu bir takım dezavantajlar araştırma çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Bu sistemler titreşimin yüksek olduğu (örn; pres alanı) yerlerde kararlılıkla çalışamamaktadırlar. Yapılan deneysel çalışmalar kapsamında bu sistemlerin 45° ve 54° çalışma açıları dışında kararlılık oranının daha fazla düştüğü belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı çalışma kapsamında özel somun aktarma ekipman tasarımı yapılmıştır. Somunun kalıp içerisine istenilen pozisyonda ve kararlı bir şekilde referanslanabilmesi için farklı kullanım alanlarına sahip üç adet pnömatik sistemin ortaklaştırılmasıyla özgün bir ekipman tasarımı tamamlanmıştır. Şekil 9'da görseli bulunan somun aktarma ekipmanı, besleme haznesinde sıraya dizilen somunları kalıp içerisine yani besleme prosesinin bulunduğu yere iletebilecektir. Ekipman mevcut sistemlere göre 0°'de çalışabilmektedir.



Şekil. 9. Alternatif olarak tasarlanan somun aktarma ekipmanı

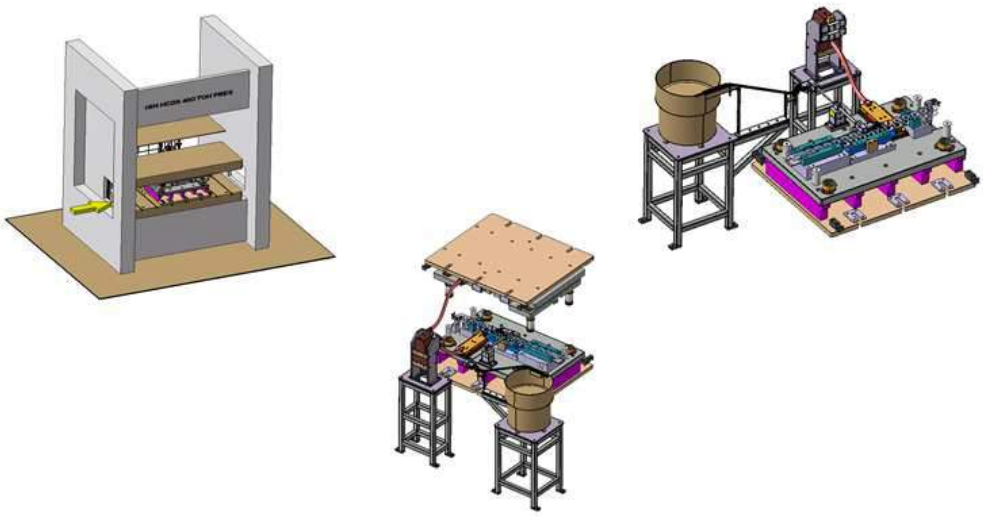
Sistem ucundaki gripper somunu tutmak için bulunmaktadır. Gövde kısmına yerleştirilen rotary piston aracılığıyla ekipman ekseni etrafında dönebilmektedir. Alt kısımda bulunan lineer piston aracılığıyla da ekipmanın 25 mm aşağı yukarı hareketi sağlanabilmektedir.

4. Sonuç

Birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen kaynak ve soğuk şekillendirme operasyonlarının ayrı ayrı yapılmasına gerek duyulmadan kalıp içerisinde kaynak prosesinin gerçekleştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Elektrot uç çapları kaynak edilecek parçaların kalınlığına göre belirlenmiştir.
- Kaynak akımı ve tutma süresi parametrelerinin kaynak kopma dayanımına olan etkisi incelendiğinde maksimum kaynak kopma kuvveti 22.200N olarak bulunmuştur.
- Bant hatvesi, bant yüksekliği, bant genişliği, pres tonajı gibi kriterler belirlenmiştir.
- Kalıp içerisinde kuvvet sağlayıcı olarak kullanılacak olan gazlı yayın karekteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için elektrot kuvvet etkisinin belirlenmesi önem teşkil etmektedir.

- Gazlı yayın ebatına göre elektrot grubunun tasarımı tamamlanmıştır.
- Belirlenen parametrelere göre kaynak akımını sağlayacak olan transformatör ve sekonder kablo seçimi yapılmıştır.
- Somunun besleme ünitesinden kalıp içerisine iletilebilmesi için alternatif somun aktarma ekipmanı tasarlanmıştır.
- Kalıp tasarımı bu tasarımlara göre şekillenmiştir.
- Tasarım ortaklaştırılması yapılarak birbirlerinden bağımsız iki farklı prosesin tek bir proses olarak tasarlanması sağlanmıştır. Ortaklaştırılmış tasarıma ait görseller Şekil 10'da sunulmaktadır.



Şekil. 10. Ortaklaştırılmış tasarım görselleri

Bu çalışma üzerinde somun, cıvata, pul veya vida bulunan sac parçaların üretim ve montaj işlemlerinde ikincil istasyonlara gerek kalmadan kalıp içerisinde montaj işlemlerinin tek proseste tamamlanabilmesi için rehber niteliğindedir. Yapılan araştırmalar neticesinde bir otomotiv yedek parça imalat firmasında somun kaynaklı bir sac parçanın imalat ve montaj işlemleri için harcanan sürenin 13 saniye olduğu ve bu çalışma ile bu sürenin 5 sn'ye ve daha aşağısına düşürülebileceği öngörülmüştür. Ayrıca, ikincil operasyonlardan kaynaklı zaman kayıpları, proses verimsizliği, ikincil makine yatırım maliyetleri ve operasyon için harcanan güç, enerji ve alan kayıplarından oluşan ek maliyetler elimine edilebilecektir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Toksan A.Ş tarafından yürütülen 'Prograsif Kalıpta Esnek ve Kararlı Bir Kaynak Sisteminin Geliştirilmesi' isimli 3170674 kodlu TÜBİTAK-TEYDEB projesinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmaya destek veren TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Ameresh, H., Shankar, P.H. 2013. Progressive Tool Design and Analysis for 49 Lever 5 Stage Tools, International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT) – volume 4 Issue 7.

[2] Davut, K., Ecer, A.S., Erhuy, C.G., Mete, M., 2015. Projeksiyon Kaynak Somunlu Ara Soğutucu Braketinde Hasar Analiz Sonuçlarına Göre İmalat Parametreleri Değiştirilerek Yapısal Performansın İyileştirilmesi. Kaynak Kongresi IX.Ulusal Kongre Ve Sergisi Bildiriler Kitabı,

[3] Aslanlar, S. 2017. Otomotiv Sektöründe Kullanılan Kaynak Yöntemleri Ders Notları, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsi, 165-179

[4] Doruk, E. Pakdil, M. Çam, G. Durgun İ. Kumru, U.C. 2016. Otomotiv Sektöründe Direnç Nokta Kaynağı Tofaş Uygulamaları. Kaynak Kongresi IX.Ulusal Kongre Ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 29-38.

[5] Ataşimşek, S. 1977, Sac Kalıpları, Özel Basım, Bursa, 606-656.

Silindirle Sıkıştırılmış Betonda Su İçeriğinin Sıkıştırılabilirlik ve Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi

Effect of Water Content on the Compactibility and Compressive Strength of Roller Compacted Concrete

Zeynep ALGIN
Kasım MERMERDAŞ
Sümeyra GERGİNCİ
M. Serhat ZEYNEPLİ

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) düşük maliyetli olmasının yanında geleneksel betona göre iyi performans gösteren bir beton türü olduğundan, son yıllarda yaygın bir şekilde dünya genelinde uygulayıcıların ve araştırmacıların dikkatini çekmektedir. SSB, konvansiyonel betonda kullanılan malzemelerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen ve çökmesi olmayan kuru kıvamdaki bir beton türüdür. Türkiye petrolde dışa bağımlı bir ülke olmasından dolayı, bir petrol ürünü olan asfalt yol kaplamaları yerine, SSB kaplama kullanımının yaygınlaşmaya başlamasıyla daha ekonomik ve uzun ömürlü yolların inşa edilmesi ülkemiz açısından son derece büyük bir öneme haizdir. Bu çalışmada laboratuvar koşullarında üretilen SSB'nin su içeriğinin sıkıştırılabilirlik ve basınç dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı su içeriğine sahip SSB karışımlar üretilmiş olup, maksimum kuru birim ağırlığa karşılık gelen optimum su içeriği belirlenmiştir. Ayrıca her karışımdan alınan numuneler için 7 günlük basınç dayanımı testi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Silindirle sıkıştırılmış beton; su içeriği; dayanım.

Abstract

Roller Compacted Concrete (RCC) having lower cost and performing better than conventional concrete attracts the attention of practitioners and researchers all over the world. RCC is a type of concrete with dry consistency obtained by mixing materials used in conventional concrete at different proportions. The widespread use of RCC pavements instead of asphalt pavements which is a petroleum product, is crucial to our country since it allows construction of more economical and durable roads. In this study, the effect of water content on compactibility and compressive strength of RCC produced under laboratory conditions was investigated. For this purpose, RCC mixtures having 4 different water contents were produced and the optimum water content corresponding to the maximum dry unit weight was determined. Also 7-day compressive strength test for samples taken from each mixture was conducted.

Keywords:

Roller compacted concrete; water content; strength.

1. Giriş

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB); temel olarak geleneksel beton gibi çimento, su, ince ve iri agregalardan oluşur. Ancak SSB geleneksel betona göre çok daha kuru kıvamda ve taze durumdayken çökme değeri olmayan bir beton çeşididir. İri ve ince olarak sınıflandırılan agregalar SSB karışımlarının ağırlıkça yaklaşık %85'ini oluşturur. SSB düşük çimento dozajına sahip hızlı uygulanabilen ve ekonomik bir beton türüdür. Kuru kıvamından dolayı iyi sıkıştırmanın sağlanabilmesi için yüksek enerji gerektirir [1]. Düz ve donatısız olarak üretilen ve genel olarak baraj ve yol inşaatlarında kullanılan SSB tabakalar halinde serilip sıkıştırılır bu tabakaların arasındaki aderansın sağlanması için yeterli ve etkili sıkıştırma yapılması SSB'nin performansı için çok önemlidir [2].

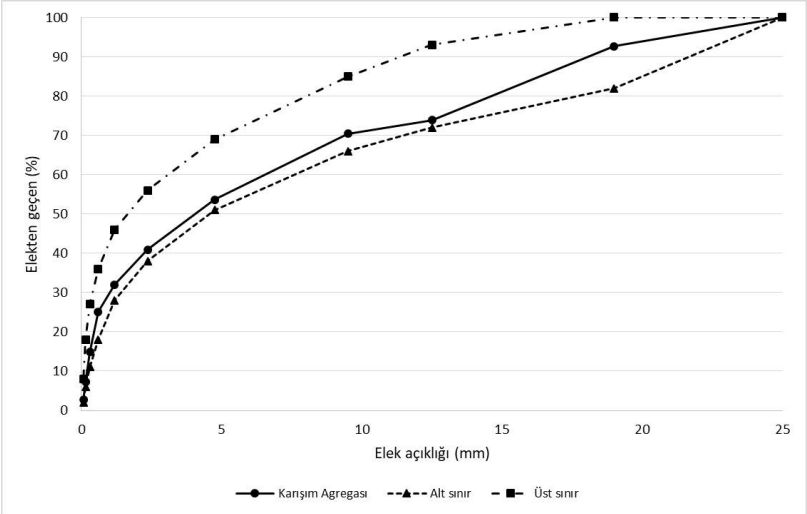
SSB yollar asfalt yolların yapımında kullanılan araçlarla taşınmakta, serilmekte ve sıkıştırılmaktadır. SSB yol uygulamalarının hızlı ve ekonomik olması beton ve asfalt kaplamalara göre önemli bir üstünlük sağlamaktadır. Geleneksel betonla kıyaslandığında, SSB düşük hamur içeriğine sahip olmasından dolayı rötresi daha azdır. Donma-çözülme koşullarında düşük geçirgenliğinden dolayı dayanıklı ve kimyasal etkilere karşı dirençlidir [2]. Türkiye Çimento Mühtasilleri Birliği'nin (TÇMB) SSB ve Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) yollar için hazırladığı teknik ve ekonomik analiz raporunda; SSB yolların BSK yollara kıyasla farklı yol sınıflarında, trafik kategorileri ve taban zeminlerinde daha ekonomik olduğu belirtilmiştir. Tüm zemin ve trafik koşullarında ve farklı yol sınıfları bazında SSB yolların BSK yollara göre ekonomiklik oranının %27-%54 değerleri arasında değiştiği ifade edilmiştir [3].

SSB türü ülkemizde daha çok baraj inşaatlarında uygulanmış olup, ilk olarak Karakaya Barajı mansap batardosunda kullanılmıştır [1]. Türkiye'de İlk SSB yol uygulaması ise Antalya'da yapılmıştır [4]. Türkiye petrolde dışa bağımlı bir ülke olmasından dolayı, bir petrol ürünü olan asfalt çimentosu kullanılarak yapılan kaplamalar yerine daha ekonomik ve uzun ömürlü yolların inşa edilmesine olanak sağlayan SSB kaplamalar ülkemiz genelinde yaygınlaşmaya başlamış olup, pek çok şehirde SSB uygulamaları yapılmaktadır.

Bu çalışmada laboratuvar koşullarında üretilen SSB'nin su içeriğinin sıkıştırılabilirlik ve basınç dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı su içeriğine sahip SSB karışımlar üretilmiş olup, maksimum kuru birim ağırlığa karşılık gelen optimum su içeriği belirlenmiştir. Ayrıca her bir karışımdan numuneler alınarak SSB'nin 7 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

2. Yöntem

Bu çalışmada 25 mm maksimum dane çapına sahip bazalt agrega kullanılmıştır. Kullanılan agregaya ait gradasyon eğrisi Şekil 1'de verilmiştir. Kullanılan bazalt agregasının SSB için önerilen limit gradasyon eğrileri arasında kaldığı Şekil 1'de görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada çimento olarak CEM I 52.5N çimentosu kullanılmış olup, özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1 Agrega gradasyon eğrisi

Tablo 1 Çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Analiz(%)	**Portland Çimentosu**
CaO	63.28
SiO_2	18.91
Al_2O_3	5.02
Fe_2O_3	3.12
MgO	1.6
SO_3	2.42
K_2O	0.68
Na_2O	0.14
Kızdırma Kaybı	3.93
Özgül Ağırlık	3.17
Blaine İnceliği (cm^2/g)	3430

Silindirle sıkıştırılmış betonun karışım oranlarının belirlenmesinde, zemin sıkıştırma ve klasik beton karışım metotları dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Zemin sıkıştırma metodunda, SSB'nin karışım oranları, betonun maksimum kuru yoğunluğuna karşılık gelen optimum su içeriği değerinin tespit edilmesi ile belirlenmektedir [5].

Sahada kullanılan çelik tamburlu sıkıştırıcıların laboratuvardaki numunelerin üretiminde kullanılması mümkün değildir. Laboratuvarda numunelerin sıkıştırılmasında uygulanabilecek darbeli çekiç, çekiçli vibratör, modifiye proktor, sarsma tablası, hava basınçlı çekiç ve yoğurmalı sıkıştırıcı gibi çeşitli teknikler geliştirilmiştir [5]. Bu çalışmada üretilen numunelerin sıkıştırma işlemi ASTM C 1435 standardına uygun darbeli çekiç kullanılarak yapılmıştır.

Silindirle sıkıştırılmış betonun karışım oranlarını belirlemek için zemin sıkıştırma metodu kullanılmıştır. İlk olarak deneme karışımları yapılmış ve istenilen dayanım için çimento miktarı agrega ağırlığının %14'ü olarak tespit edilmiştir. Daha sonra optimum su içeriğini belirlemek için %5, %6, %7 ve %8 su içeriğine sahip 4 farklı karışım üretilmiştir. Üretilen her bir karışım 150x300 mm boyutundaki silindir kalıba kademeli olarak, her

kademede 20 sn aşmayacak şekilde darbeli çekiç ile sıkıştırılarak doldurulmuştur. Kalıp içerisindeki betonun ağırlığı belirlendikten sonra Denklem 1'e göre her bir karışımın ıslak birim ağırlıkları ($\gamma_{ıslak}$) hesaplanmıştır.

SSB karışımlarının ıslak birim ağırlıkları belirlendikten sonra sıkıştırılan betondan alınan bir miktar numune tartılmış ($m_{ıslak}$) ve 105±5 °C'de etüvde 24 saat bekletilmiştir. Etüvden alınan numuneler tartılarak kuru ağırlıkları (m_{kuru}) belirlenmiştir. SSB karışımlarının su içeriği değeri Denklem 2'ye göre hesaplanmıştır. Son olarak her bir karışımın kuru birim ağırlığı Denklem 3'e göre belirlenmiştir.

$$\gamma_{ıslak} = \frac{m}{v} \tag{1}$$

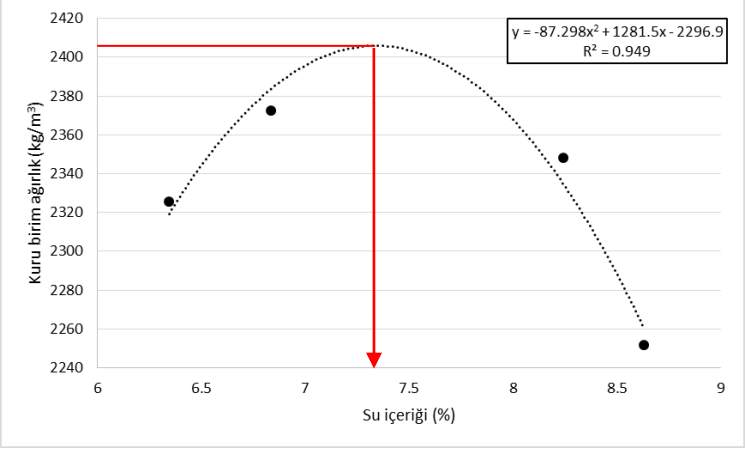
$$w = \left(\frac{m_{ıslak} - m_{kuru}}{m_{ıslak}} \right) * 100 \tag{2}$$

$$\gamma_{kuru} = \frac{\gamma_{ıslak}}{1+w} \tag{3}$$

SSB karışımlarının su içeriği ve kuru birim ağırlıkları tespit edildikten sonra su içeriği-kuru yoğunluk grafiği çizilerek maksimum kuru birim ağırlığına karşılık gelen optimum su içeriği belirlenmiştir. Ayrıca üretilen her bir SSB karışımından 3 adet 150x150 mm'lik küp numune alınmış ve ASTM C 39 standardına göre basınç dayanım testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

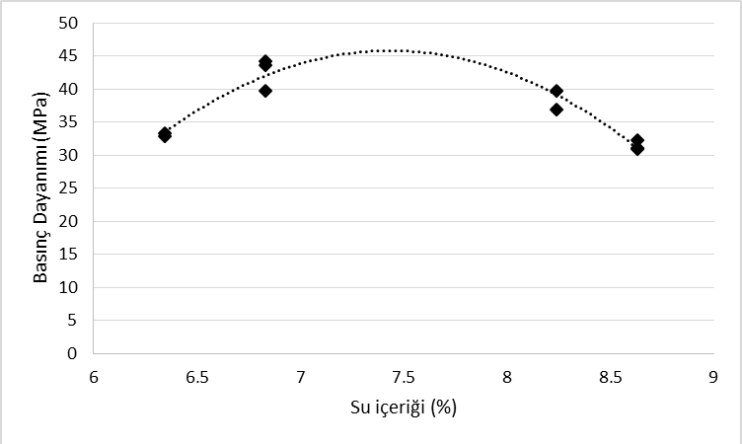
Karışımın optimum su içeriği çimentonun miktarına ve kullanılan agreganın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2'de kuru birim ağırlık ve su içeriği arasındaki ilişki görülmektedir. Şekildeki her bir değer, üç ölçümün ortalamasını temsil etmektedir. Şekil 2'den görüleceği üzere maksimum kuru birim ağırlığa karşılık gelen optimum su içeriği değeri yaklaşık %7.3'tür.



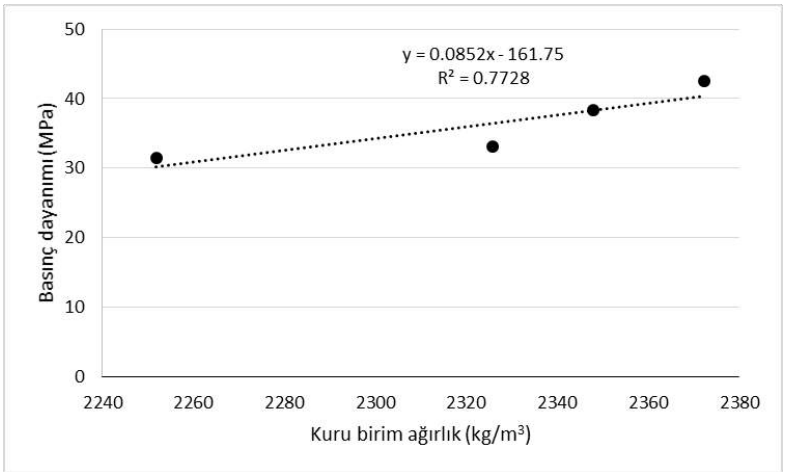
Şekil 2 SSB'nin su içeriği ile kuru birim ağırlık arasındaki ilişkisi

Şekil 3'de 7 günlük SSB numunelerin basınç dayanımı ve su içeriği arasındaki ilişki görülmektedir. Yaklaşık olarak optimum su içeriğine karşılık gelen betonun en yüksek basınç dayanımına sahip beton olduğu Şekil 3'de görülmektedir. Optimum su içeriğinin altındaki değerlerde, yetersiz çimento hamuru ve agrega daneleri arasındaki boşlukların varlığından dolayı dayanım kaybı oluşmaktadır. Optimum su içeriğinin üzerindeki değerlerde ise su/çimento oranı arttığından dayanım kaybı meydana gelmektedir. Basınç dayanım değerleri açısından su içeriğine bağlı olarak

optimum bir düzeyin elde edilmesi uygulama açısından önemli bir kazanım sağlamaktadır. Zira uygulamada optimum dayanım değerine ulaşılabilmesi için ihtiyaç duyulan su içeriği değerine bağlı olarak arazi verileri kıyaslamasıyla bağıl bir dayanım ifadesi kullanılabilir. Bu bağıl dayanım arazideki beton dayanımının laboratuvar şartlarında elde edilen optimum beton dayanım değerine oranı şeklinde ifade edilebilir. Böylelikle uygulamadaki tolerans sınırları önceden net bir şekilde açıklanabilir. Şekil 4'de SSB'nin kuru birim ağırlık ile basınç dayanımı arasındaki ilişkisi verilmiştir. Şekil 4'den görüleceği üzere basınç dayanımı ile SSB'nin kuru birim ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Uygulanan sıkıştırmadan dolayı beton içerisindeki boşluk miktarı azalmakta, dolayısıyla SSB'nin kuru birim ağırlığı artmakta ve daha yoğun bir beton oluşmaktadır. Buna bağlı olarak da basınç dayanımı değeri artmaktadır.



Şekil 3 SSB'nin su içeriği ile basınç dayanımı arasındaki ilişkisi



Şekil 4 SSB'nin kuru birim ağırlık ile basınç dayanımı arasındaki ilişkisi

4. Sonuç

Bu çalışma sonucunda hedeflenen beton dayanımı için gerekli çimento miktarı agrega ağırlığının %14'ü olarak belirlenmiştir. 4 farklı su içeriğine sahip karışımlarda yapılan deneyler sonucunda maksimum kuru birim ağırlığa karşılık gelen optimum su muhtevası değeri %7.3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca alınan numuneler üzerinde yapılan basınç dayanım testleri sonucunda kullanılan su içeriği değerlerine bağlı olarak dayanım değerlerindeki değişim incelenmiştir. En yüksek basınç dayanım değerinin optimum su içeriğine karşılık geldiği görülmüştür. Basınç dayanım değeri

açısından da su içeriği ile kuru yoğunluk arasındaki grafik formuna benzer bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Belirlenen su içeriği-dayanım değişim eğrisinde de optimum bir bölgenin olduğu ve bu bölgede maksimum dayanım değerine ulaşıldığı görüldüğünden uygulamada bu optimum değerin pratik olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Böylelikle arazideki dayanım değerleri ile hedeflenen maksimum dayanım değeri arasında bir oran kurularak arazide kabul edilebilecek değer aralığının elde edilen bağıl dayanım oranı ile açıklanabileceği görülmüştür.

5. Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (HÜBAK) tarafından 18214 numaralı proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı HÜBAK birimine teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Baradan, B., Türkel, S.,Yazıcı, H.,Ün, H., Yiğiter, H., Felekoğlu, B. ,Felekoğlu, K.T., Aydın, S., Yardımcı, M.Y., Topal, A. ve Öztürk, A.U., 2015. Beton. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:334

[2] Yaman, İ.Ö. ve Ceylan, H. 2013. Silindirle sıkıştırılmış beton yollar. Beton 2013 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı.

[3] Türkiye Çimento Mühtasiller Birliği. 2018. Silindirle sıkıştırılmış beton(SSB) ve bitümlü sıcak karışım(BSK) yollar teknik ve ekonomik analiz raporu

[4] Yaman İ.Ö., Ceylan H., Silindirle sıkıştırılmış beton yollar, TMH - 487 - 2015

[5] Şengün, E., Alam, B., Sevin, H.L., Aytaç, A.H. ve Yaman, İ.Ö. 2017. Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yolların saha ve laboratuvar mekanik performansının karşılaştırılması. Beton 2017 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı.

Radyal Kapak Kontrollü Açık Kanal Akımının Su Yüzü Profilinin Sayısal Modellemesi

Numerical Modeling of Surface Profile of Radial Gate Controlled Open Channel Flow

Mehmet PARMAKSIZ[1]
Yavuz AVŞAROĞLU[1]
Oğuz ŞİMŞEK[1]
Veysel GÜMÜŞ[1]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Radyal kapak kontrollü açık kanal akımının su yüzü profili deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Deneylerde akım profili limnimetre ile ölçülmüş ve deney ile aynı koşullardaki akım için temel denklemler, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent paket programı ile iki boyutlu olarak çözülmüştür. Sayısal hesaplamalarda, Reynolds Ortalamalı Navier Stokes (RANS) denklemlerine dayalı Renormalization Group k-ε türbülans kapatma modeli kullanılmış, su yüzü profili Akışkan Hacimleri Yöntemi ile hesaplanmıştır. Sayısal modellemeden elde edilen su yüzü profili deneysel ölçümle karşılaştırılmıştır. Su yüzü profillerini belirlemede Renormalization Group k-ε modelinin başarılı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Radyal kapak, *Renormalization Group k-ε* türbülans modeli, sayısal analiz, su yüzü profili,

Abstract

The surface profiles of open channel flow controlled with radial gate are investigated experimentally and numerically. Limnimeter is used for surface profile in experiments. Basic equations of the problem are solved by ANSYS-Fluent program package based on finite volume method for the flow case having the same experimental condition. In the numerical simulations, Renormalization group k-ε, based on the Reynolds Average Navier Stokes Equations are used for the simulation of turbulence, and the flow profile. Numerical surface profile is compared with experimental result. Renormalization Group k-ε model *has been found to be successful in determining the surface profile.*

Keywords:

Radial gate, Renormalization Group k-ε turbulence model, numerical model, surface profile.

1. Giriş

Barajların temel elemanları; baraj gövdesi, dolusavak, su alma yapısı ve enerji kırıcı yapılardır. Barajların güvenliğini tehlikeye atan akım durumlarında, taşkının veya fazla suyun membadan mansaba aktarılmasında görev alan dolusavaklar kontrollü veya kontrolsüz olmak üzere iki farklı şekilde inşa edilirler. Kontrollü dolusavaklar, kullanıldığı kapak türüne göre silindir kapaklı, radyal kapaklı, düşey düz kapaklı, çatı kapaklı ve sektör kapaklı dolusavaklar şeklinde isimlendirilmektedir. Kapaklı dolu savaklar membadaki su seviyesini daha hassas ayarlama ve daha yüksek deşarj kapasitesine sahip oldukları için, kapaksız dolusavaklara kıyasla büyük avantajlara sahiptir.

Kapaklı dolusavakların tasarımında, kapakların mesnetleneceği noktadaki kuvvetin belirlenmesi ve buna uygun tasarımın yapılması için kapağın ağırlığının yanında suyun kapağa uygulayacağı basınç kuvvetinin hesaplanması gerekmektedir. Diğer kontrol kapaklarına kıyasla daha sık kullanılan radyal kapaklar, suyun membadan mansaba aktarımı esnasında akım çizgilerine uyum ve su kuvvetinin dengelenmesi yönünden büyük avantajlara sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı radyal kapaklar oldukça sık tercih edilmektedir.

Radyal kapaklara gelen kuvvetlerin belirlenmesi, kapak tasarımında ve mesnet noktasının dizayn edilmesinde en önemli parametredir. Radyal kapak üzerine gelen kuvvetin deneysel olarak belirlenmesi mümkün olmakla birlikte kapak modelinin yeniden dizayn edilmesi durumunda imalat bedeli yeniden ödenecek ve yeniden deneye tabi tutulması gerekmesi durumunda zaman ve insan gücü kaybına neden olacaktır. Bunun yanında son yıllarda bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmelerle ile birlikte, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemleri, bu tip akım-yapı etkileşim problemlerinin sayısal modellenmesinde araştırmacılar tarafından oldukça etkili kullanılmaktadır. Literatürde farklı araştırmacılar tarafından radyal kapaklar ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur [1,2]. Shahrokhnia ve Javan [3], radyal kapakların yönetimi için serbest ve batmış akım durumunda kapak açıklığı debi ilişkisini belirlemek üzere boyut analizi yapmışlardır. Bu hedefe ulaşmak için laboratuvarda deneyler gerçekleştirmişlerdir. Kapak açıklığının, memba ve mansap su derinliğinin debiyi yani kritik derinliği nasıl etkileyeceğini sonuç denklemleriyle ortaya koymuşlardır. Bu denklemler, daha sonra radyal kapak kullanılarak elde edilen deneysel verilerle doğrulanmış ve konvansiyonel kapak denklemi ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, batık veya serbest koşullar altında boyutsuz denklemler ile saha ve laboratuvar verileri arasında iyi bir uyum olduğunu görülmüştür. Boyutsuz denklemlerin, deşarj katsayılarının doğru bir tahmini olmadığı durumlarda, geleneksel olanlardan daha genel ve doğru olduğunu belirtmişlerdir. Zeng ve ark. [4], enerji denkleminden türetilen üç debi formülünü ve radyal kapaklar için boyutsuz analizden türetilen bir deşarj formülü ile karşılaştırmışlardır.

Deşarj formülünde yeni parametre tanımlama için en küçük kareler yöntemi kullanılmış ve deşarj formülleri için yeni debi katsayıları elde edilmiştir. Sonuçlardan, dört formülün ortalama nispi hatalarının sırasıyla % 18.99, % 34.26, % 24.10 ve % 21.11 olduğu görülmüş, ortalama nispi hataların parametre tanımlama tekniği kullanılarak sırasıyla % 3.54, % 3.54, % 1.90 ve% 1.09'a düşürülmüştür. Değerlerden de anlaşılacağı üzere doğruluğun büyük ölçüde arttığını göstermişlerdir. Çalışma neticesinde, parametre tanımlama yönteminin radyal kapakların altındaki debinin hesaplanmasının doğruluğunu geliştirmek için potansiyel bir uygulamaya sahip olabileceğini ve diğer kapaklar içinde uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, radyal kapak kontrollü açık kanal akımının su yüzü profili deneysel ve sayısal olarak elde edilmiş olup, deneyler ile aynı akım koşullarında sayısal modelleme yapılmıştır. Akım profilinin sayısal olarak belirlenmesinde Akışkan Hacimleri Yönteminden (Volume of Fluid-VOF) yararlanılmıştır. Deneysel ve sayısal akım profilleri, sayısal model sonuçlarından basınç dağılımı, hız profilleri, akım çizgilerinin deseni ve türbülans kinetik enerjinin dağılımı değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneyler

Deneyler, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında Şekil 1'de görülen açık kanal modeli içinde gerçekleştirilmiştir. Açık kanalın yan duvarları ve tabanı camdan imal edilmiştir. Dikdörtgen kesitli açık kanalın boyutları 300x20x10 cm'dir. Ölçüm yapılan sistem, kapalı çevrim olarak çalışan bir sistem olup, laboratuvar kanalının mansap bölgesinde bulunan haznede su depolanarak, suyun sirkülasyonu bir santrifüj pompa ile hazneden kanal girişine, debi ayarı ise pompanın frekans ayarıyla yapılmaktadır. Deney modeli olarak, şekildeki gibi radyal kapak açık kanal modelinin orta noktasına (x=147.5 cm) kanal tabanından kapak açıklığı 5.7 cm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Akımın debisi kanal giriş bölgesinde boru üzerinde montaj edilen debimetreyle ve su yüzü değişimleri limnimetre kullanılarak ölçülmüştür.

Deneylerde kullanılan akım özellikleri kanal giriş kesitinde su derinliği h=14 cm, akım hızı V= 0.414, akım debisi Q= 0.006127 m^3/s ve Froude sayısı=0.344 ($Fr_1=V/(gh)^{1/2}$, V ortalama akım hızı, g yer çekim ivmesi, h su derinliği) olarak belirlenmiştir.

Şekil. 1. Deney düzeneği

2.2. Temel Denklemler

Üç-boyutlu, sıkışmayan, türbülanslı açık kanal akımının hareketini idare eden temel denklemler, kütlenin ve momentumun korunumu (Reynolds-ortalamalı Navier-Stokes) denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

$$\rho\left(\frac{\partial \overline{u}_i}{\partial t} + \overline{u}_j \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j}\right) = \rho g_i - \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 \overline{u}_i}{\partial x_j^2} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \tag{2}$$

(1) ve (2) denklemlerinde u_i, x_i doğrultusundaki hız bileşeni, g yer çekimi ivmesi, p basınç, μ dinamik viskozite, ρ akışkan yoğunluğu ve τ_{ij} türbülans (Reynolds) gerilmeleridir. Bu çalışmaya konu olan üç boyutlu akımı idare eden yukarıdaki 4 adet denklem 10 adet bilinmeyen içermektedir, bunlar: üç hız bileşeni $\overline{u_i}$, basınç $\overline{p}$ ve 6 bağımsız Reynolds gerilmesidir ($-\rho\overline{u_i'u_j'}$). Böylece, denklem sisteminin çözülebilmesi için türbülans gerilmelerinin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorun, yukarıdaki zamansal-ortalama denklemlerin sayısal çözümü sürecinde, denklemlerde yer alan türbülans gerilmelerinin uygun türbülans kapatma modelleriyle tanımlanmasını gerektirmektedir. Türbülans viskozitesinin doğrusal olarak ifade edilmesini esas alan Boussinesq yaklaşımına göre (2) denklemindeki türbülans kayma gerilmeleri bünye denklemi ile, sıkışmayan akımlar için aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\tau_{ij} = -\rho\overline{u_i'u_j'} = \mu_t\left(\frac{\partial\overline{u}_i}{\partial x_j}+\frac{\partial\overline{u}_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\rho k\delta_{ij} \tag{3}$$

burada u_i' ve u_j' yatay ve düşey türbülans hız sapınçları, μ_t türbülans viskozitesi, k ($=\overline{u_i'u_i'}/2$) türbülans kinetik enerjisi ve δ_{ij} Kronecker deltadır.

2.3. Türbülans Modelleri

Denklem (3)'de görülen μ_t türbülans viskozitesinin hesaplanmasında birçok türbülans kapatma modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada, μ_t'nin hesabında Reynolds Ortalamalı Navier Stokes denklemlerinin (RANS) çözümüne dayalı k-ε tabanlı Renormalization Group k-ε (RNG) [5] türbülans modeli kullanılmıştır.

Renormalization Group k-ε (RNG) türbülans modeli

RNG türbülans modeli Yakhot ve Orszag [6] tarafından geliştirilmiş Yakhot ve ark. [5], iki denklemli bir model olup esas itibariyle Navier-Stokes denklemlerinden renormalization group teorisi kullanılarak elde edilmiştir. Bu modelde k ve ε için transport denklemleri denklem (4) ve denklem (5)'deki gibi yazılabilir. RNG modelinin, Standart k-ε (SKE) modeline göre temel fark, sabitlerin farklı olması ve ilave terimlerin gelmesidir. RNG türbülans modelinde (4) ve (5) eşitliklerinde bulunan difüzivite terimleri aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_k\frac{\partial k}{\partial x_j}\right)+G_k-\rho\varepsilon \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_\varepsilon\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right)+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}G_k-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}-R \tag{5}$$

$$\Gamma_\varepsilon=\alpha_\varepsilon\mu_e \quad , \quad \Gamma_k=\alpha_k\mu_e \tag{6}$$

Burada akışkanın viskozitesi ile türbülans viskozitenin toplamı olan efektif viskozite

$$\mu_e=\mu+\mu_t \tag{7}$$

olup aşağıdaki adi diferansiyel denklemin çözümünden elde edilir:

$$d\left(\frac{\rho^2 k}{\sqrt{\varepsilon\mu}}\right) = 1.72\,\frac{\mu_e/\mu}{\sqrt{(\mu_e/\mu)^3 - 1 + C_v}}\,d(\mu_e/\mu) \tag{8}$$

Bu denklem, düşük Re sayısı etkilerinin hesaba katılmasını sağlamaktadır. RNG modelinin SKE modeline göre en önemli farkı, ε denklemine ilave olarak gelen R terimidir. Bu terim,

$$R = \frac{C_\mu \rho \eta^3 (1-\eta/\eta_0)}{1+\beta\eta^3}\,\frac{\varepsilon^2}{k} \tag{9}$$

ifadesiyle hesaplanır. Bu ifade, denklem (5)'de yerine yazılıp denklemin sağındaki 3. terim ile birleştirilmesi halinde transport denklemi,

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon_i u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right) + C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}G_k - C^*_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k} \tag{10}$$

şekline dönüşür. Denklemdeki $C^*_{2\varepsilon}$ terimi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$C^*_{2\varepsilon} = C_{2\varepsilon} + \frac{C_\mu \eta^3 (1-\eta/\eta_0)}{1+\beta\eta^3} \tag{11}$$

Burada η, türbülans kinetik enerjisi üretimi ve onun kayıp oranının fonksiyonudur:

$$\eta = S\frac{k}{\varepsilon} \tag{12}$$

Burada S,

$$S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad \text{ve} \quad S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right) \tag{11}$$

şeklinde ifade edilir. Bu ilave parametre sayesinde RNG modelinin, ivmelenen, şiddetli eğriselliğe maruz, sınır tabakasının ayrıldığı, ikincil akımlar ve durma noktasının mevcut olduğu akımlarda SKE modeline göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği iddia edilmiştir [5]. Bu modelde kullanılan sabitler $C_{1\varepsilon}$=1.42, $C_{2\varepsilon}$=1.68, C_v=100, η_0=4.38, β=0.012, C_μ=0.0845 dir.

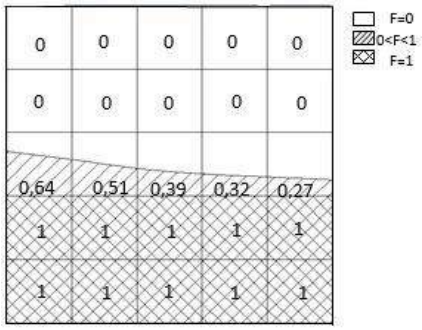
Denklem 6'da α_k ve α_ε parametreleri k ve ε için efektif Prandtl sayılarının tersini göstermekte olup, RNG teorisinden analitik olarak türetilen

$$\left|\frac{\alpha - 1.3929}{\alpha_0 - 1.3929}\right|^{0.6321}\left|\frac{\alpha + 2.3929}{\alpha_0 + 2.3929}\right|^{0.3679} = \frac{\mu}{\mu_\varepsilon} \tag{13}$$

ifadesinden hesaplanmaktadır. Burada α_0 =1 dir. Yüksek Reynolds sayılarında $(\mu\mu/_{\varepsilon}\langle\langle(1)\ \alpha_k = \alpha_\varepsilon \cong 1.393$ olmaktadır [7].

2.4. Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF)

Birbiri ile karışmayan iki veya daha fazla akışkan arasındaki fazlar arası ara yüzeyin şekli ve oluşumu incelenmek istendiğinde genellikle sabit bir Eulerian çözüm ağına uygulanabilen VOF modeli kullanılmaktadır [8]. Bu çalışmada su-hava ara kesitinin hesabında akışkan hacimleri yöntemi (Volume of Fluid, VOF) kullanılmıştır. VOF yöntemi hücrelerin boş, kısmen ya da tam suyla dolu olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Hacimsel doluluk oranını temsilen bir akışkan hacmi (F) tanımlanır. F=1 için ağ elemanı tam dolu, F=0 için boş (hava ile dolu) ve 0>F>1 için ağ elemanı kısmen dolu olmaktadır. Akışkan Hacimleri Yöntemi ile serbest su yüzünün hesaplanmasında "Geo-Reconstruct" yaklaşımı kullanılmıştır [7]. Bu yaklaşıma göre, öncelikle, kısmen dolu her bir hücrenin, doluluk oranı ve onun türevleri ile ilgili bilgilere dayanılarak, hava-su doğrusal ara yüzünün hücre ağırlık merkezine göre yeri belirlenir. Bir sonraki adımda, hesaplanmış doğrusal ara yüzün yeri ve eleman yüzeylerinde hesaplanmış normal ve teğetsel hız bilgileri kullanılarak her bir eleman yüzeyinden taşınan akışkan miktarları hesaplanır. Son olarak, bir önceki adımda hesaplanan akışkan miktarları göz önüne alınarak, süreklilik denklemi ile her bir hücrenin hacimsel doluluk oranı belirlenir. Şekil 2, bir bölgedeki su-hava arakesitinin doluluk oranına örnek teşkil etmektedir. Şekil üzerindeki sayısal değerler, kesitteki F doluluk oranlarının sayısal değerlerini göstermektedir.

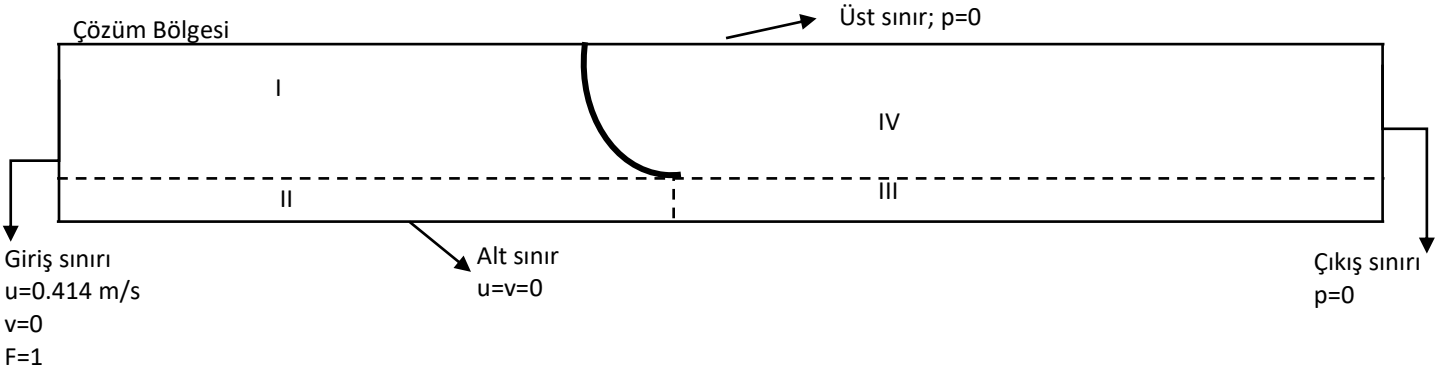


Şekil. 2. Ağ elemanlarının doluluk oranı

2.5. Çözüm Bölgesinin Sınır Şartları

Şekil 3, radyal kapak kontrollü açık kanal akımının sayısal modeli için kullanılan çözüm bölgesini, sınır şartlarını ve alt bölgeleri göstermektedir. Çözüm bölgesi 4 alt bölgeye ayrılarak sayısal modellemede kullanılacak çözüm ağının dikdörtgen elemanlardan oluşması sağlanmıştır. Kullanılan koordinat sisteminin orijini, çözüm bölgesinin sol alt köşesi olarak alınmıştır. Şekil 3'de verilen çözüm bölgesinin üst sınırı ve çıkış bölgesi sınır şartı sıfır basınç (p=0), kanal tabanında ve savak alt tabanında sıfır hız sınır şartı, yani u=0, v=0 olarak tanımlanmıştır. Akım durumunda sayısal modelde giriş sınır şartı olarak yatay hız bileşeni u=0,414 m/s ortalama akım hızı değeri kullanılmıştır. Düşey hız bileşeni ise v=0 olarak tanımlanmıştır. Zamana bağlı çözüm sürecinde, başlangıç şartı olarak, çözüm bölgesinin giriş sınırında doluluk oranı F=1, diğer bölgeler ve çözüm bölgesinin çıkış sınırında ise F=0 alınmıştır.

Sayısal modellemede kullanılan tüm türbülans modelleri için zaman adımı Δt=0.001 s olarak seçilmiş ve sayısal çözümün kararlı hale geldiği 50 s kadar çözüm yapılmıştır. (1) ve (2) temel denklemlerinin, Şekil 3'te görülen sınır şartlarına göre $\bar{u}$, $\bar{v}$ ve $\bar{p}$ için sayısal çözümü, sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent® v.12.1 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

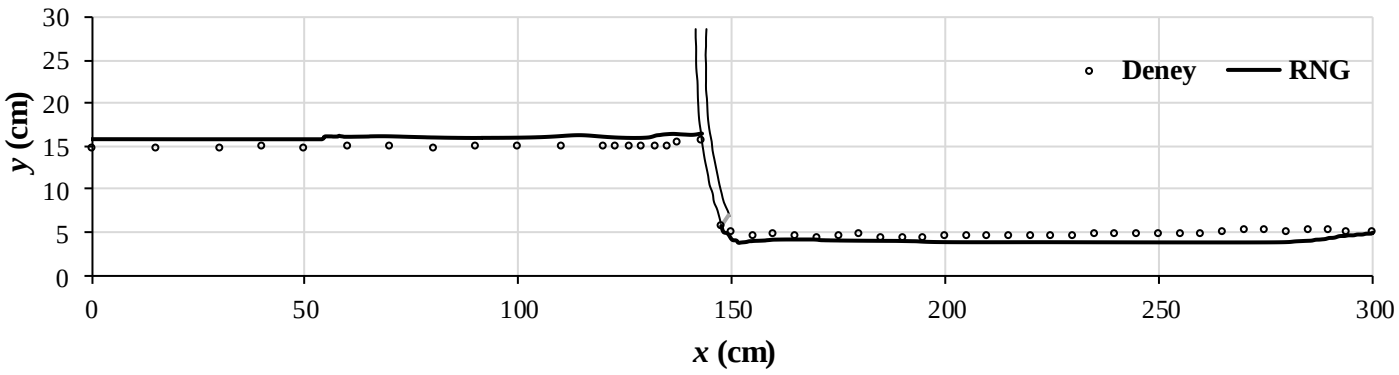


Şekil. 3. Çözüm bölgesi, sınır şartları ve alt bölgeler

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Akım Profilinin Belirlenmesi

Radyal kapak kontrollü açık kanal akımı deneysel ve ANSYS-Fluent paket programı ile sayısal olarak modellenmiştir. Akım çizgilerinin eğriselliğini ve ayrılmasını dikkate alındığı şekil değiştirme tensörünü içinde barındıran Renormalization Group k-ε türbülans modeli kullanılarak elde edilen sayısal su yüzü profili deneysel su yüzü profili ile karşılaştırılmıştır. Su yüzü profillerinin karşılaştırılması Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere RNG türbülans modeli radyal kapak kontrollü açık kanal akımının sayısal olarak modellenmesinde oldukça başarılı olmuştur.



Şekil. 4. Deneysel ve RNG türbülans modeli ile elde edilen su yüzü profilinin karşılaştırılması

3.2. Sayısal Model Sonuçları

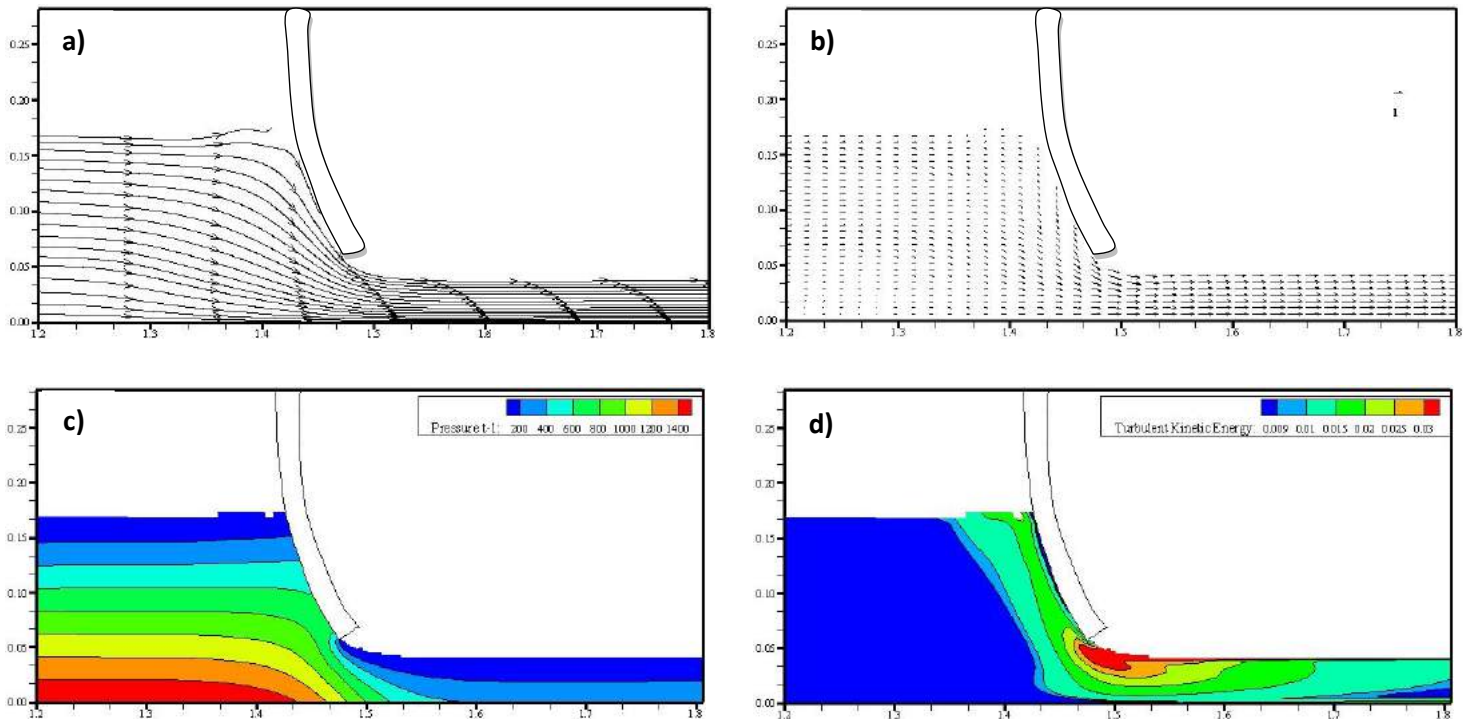
Radyal kapak kontrollü açık kanal akımının ANSYS-Fluent paket programı yardımıyla RNG türbülans modeli kullanılarak elde edilen akım çizgilerinin deseni Şekil 5-a'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere radyal kapaktan etkilenen akım bölgesinde akım çizgilerinin eğrisellik göstermektedir. Radyal kapak altında ve kapak mansap bölgesinde akım hızının artmasına bağlı olarak akım çizgileri memba bölgesine kıyasla birbirine yaklaşmıştır. Radyal kapak memba bölgesinde akım çizgisinde görülen süreksizlik hali bu noktanın durma noktası olduğunu göstermekte ve su yüksekliği bu noktada maksimum olmaktadır.

Şekil 5-b'de RNG türbülans modeli ile elde edilen hız vektörlerinin deseni verilmiştir. Kapak ile etkileşimin yaşandığı kapağın memba bölgesinde hız vektörlerinin deseninden akımdaki eğrisellik açıkça görülmektedir. Memba ve mansap bölgelerindeki hız vektörlerinin boyutlarının farklılığından hız büyüklüklerinin memba bölgesine göre mansap bölgesinde oldukça büyük olduğu anlaşılmaktadır.

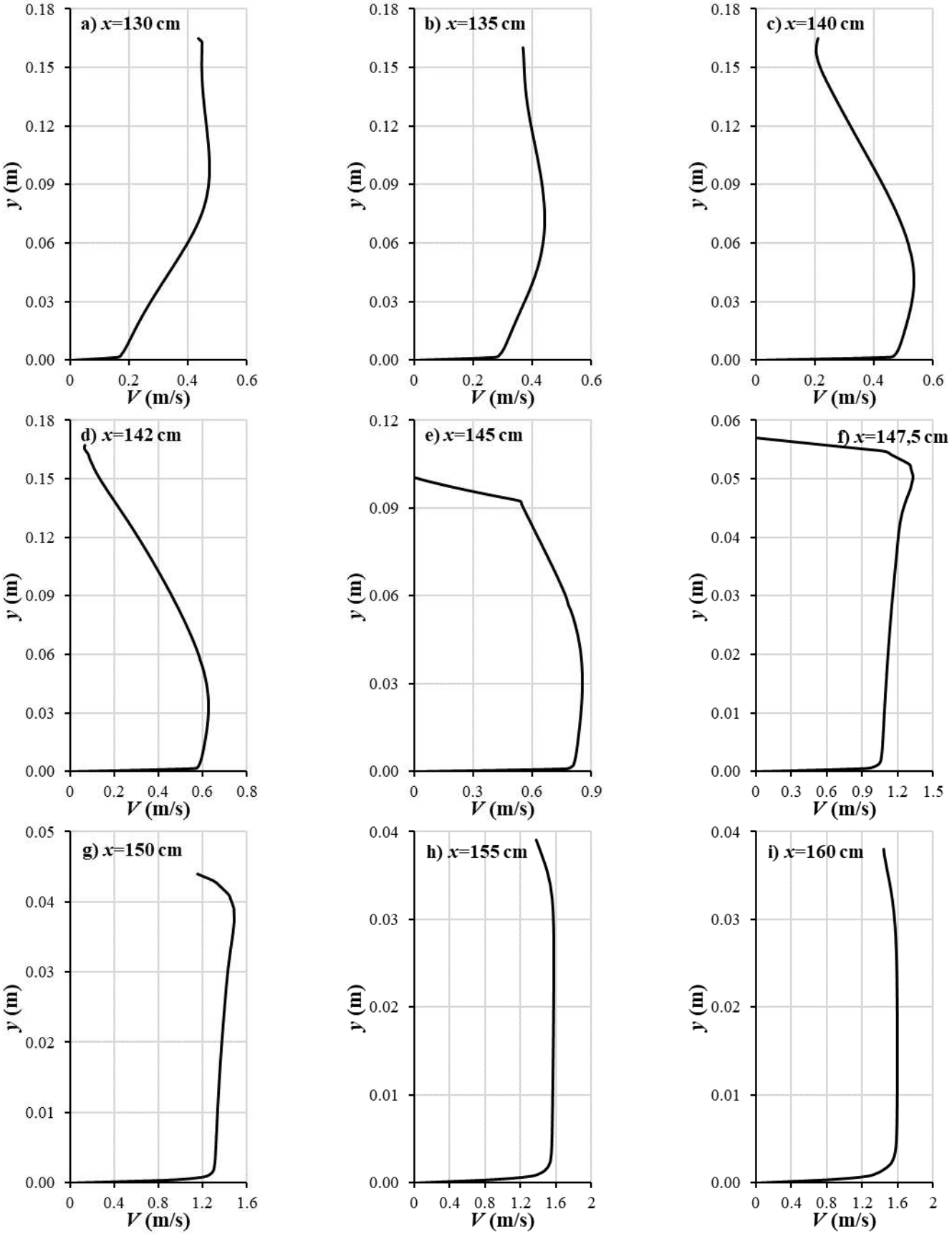
RNG türbülans modeli kullanılarak elde edilen radyal kapak kontrollü açık kanal akımının basınç dağılımları Şekil 5-c'de verilmiştir. Kapak membasında su derinliğinin büyük olmasından dolayı bu bölgedeki basınç değerleri su derinliğinin daha az olduğu mansap bölgesine göre daha büyüktür. Şekilden görüleceği üzere maksimum basınç değeri 1400 Pa'dır. Kapak yakını bölgesindeki basınç dağılımından da akım çizgilerinin ve hız vektörlerinin deseninden görüldüğü gibi akımın eğriselliğe maruz kaldığı görülmektedir.

Şekil 5-d'de RNG türbülans modeli ile elde edilen türbülans kinetik enerji dağılımı verilmiştir. Akımın kapak yapısının etkisinden kurtulduğu kapak bitiş noktasında türbülans kinetik enerji maksimum değerine sahiptir. Radyal kapak ile etkileşimde bulunan akımın kapaktan kaynaklı kesit alanının daralmasına bağlı olarak hız değerinin arttığı bölgede türbülans kinetik enerji de artmaktadır.

Şekil 6'da RNG türbülans modeli ile farklı kesitlerde elde edilen hız profilleri verilmiştir. *x*=130 ve 135 cm kesitlerinde elde edilen hız profilleri incelendiğinde bu kesitlerde akımın radyal kapak etkisini çok fazla hissetmediği görülmektedir. *x*=140 ve 142 cm kesitlerinde elde edilen hız profilinin kanal tabanına yakın bölgede hız değerlerinin büyük olması, akımın kapak yapısından etkilendiğini göstermektedir. *x*=145, 147.5 ve 150 cm kesitlerindeki hız profilleri kapak bölgesinde elde edilmiş olup kapak altından geçen akımda jet akımının varlığı görülmekte ve kesit alanının daralmasına bağlı olarak akım hızının değeri artmaktadır. *x*=155 ve 160 cm kesitlerinde elde edilen hız profillerden akımın mansap bölgesinde açık kanal akımının kritik üstü olduğu belirtilebilir. Akım mansapta ilerledikçe sınır tabakasının gelişim göstermektedir.



Şekil. 5. RNG türbülans modeli ile elde edilen **a)** akım çizgileri deseni, **b)** hız vektörlerinin deseni, **c)** basınç dağılımı, **d)** türbülans kinetik enerji dağılımı



Şekil. 6. RNG türbülans modeli ile farklı kesitlerde elde edilen hız profilleri

4. Sonuç

Radyal kapak kontrollü açık kanal akımının su yüzü profili deneysel ve sayısal olarak elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan akım ve yapı koşulları için temel denklemler sonlu hacimler yöntemine dayalı ANSYS-Fluent programı yardımıyla Renormalization Group k-ε (RNG) türbülans kapatma modeli kullanılarak iki boyutlu çözülmüştür. Sayısal çözümde su yüzü profilinin hesaplanmasında Akışkan Hacimleri Yöntemi (Volume of Fluid-VOF) kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal su yüzü profillerinin karşılaştırılması sonucunda, RNG türbülans modellinin radyal kapak kontrollü açık kanal akımının sayısal modellemesinde başarılı olduğu görülmüştür. Sayısal olarak elde edilen akım çizgilerinin ve hız vektörlerinin deseninden kapak membasında durma noktasını belirlenmiştir. Akımın kapaktan etkilendiği bölgede akım çizgilerinin ve hız vektörlernin eğri yörüngeli olduğu görülmüştür. Farklı kesitlerde elde edilen hız profillerinden ise akımın kapak altından geçtiği bölgede ve mansap bölgesinde hız değerinin membaya göre çok büyük olduğu belirlenmiştir. Türbülans kinetik enerjinin dağılımından radyal kapağın mansap bölgesinde maksimum değere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan RNG türbülans modelinin radyal kapak kontrollü açık kanal akımının sayısal olarak modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiş ve bu tür akım problemlerinin sayısal modellemelerinde güvenle kullanılabileceği belirlenmiştir.

5. Referanslar

[1] Ali, A. M., and Mohamed, Y. A. 2010. Effect of stilling basin shape on the hydraulic characteristics of the flow downstream radial gates. Alexandria Engineering Journal. 49(4), 393-400.

[2] Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S. and Replogle, J. A. 2003. Calibration of submerged radial gates. Journal of Hydraulic Engineering. 129(9), 680-687.

[3] Shahrokhnia, M. A. and Javan, M. 2006. Dimensionless stage–discharge relationship in radial gates. Journal of irrigation and drainage engineering. 132(2), 180-184.

[4] Zheng, H., Lei, X., Shang, Y., Cai, S., Kong, L. and Wang, H. 2017. Parameter identification for discharge formulas of radial gates based on measured data. Flow Measurement and Instrumentation. 58, 62-73.

[5] Yakhot, V. ve Orszag, S. A. 1986. Renormalization-group analysis of turbulence. Physical review letters. 57(14): 1722-1724.

[6] Yakhot, V., Orszag, S. A., Thangam, S., Gatskı, T. B. ve Speziale, C. G. 1992. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique. Physics of fluids a-fluid Dynamics. 4(7): 1510-1520.

[7] ANSYS. 2012. FLUENT Theory Guide. USA: ANSYS Inc.

[8] Hirt, C.W. and Nichols, B.D. 1981. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. Journal of Computational Physics. 39(1): 201-225.

Özet

Teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak cihazlar daha küçük boyutlarda üretilebilmekte, boyutlardaki küçülmeyle birlikte performanslarında artış da sağlanabilmektedir. Bununla beraber, boyutları küçültülmüş cihazlar endüstrinin çeşitli alanlarına entegre edilmeye başlanmıştır. Boyutların küçültülmenin bir sonucu olarak cihazların çalışması sırasında açığa çıkan ısı enerjisi artmakta, bu durum ısı enerjisinin daha etkin bir biçimde uzaklaştırılmasını gerektirmektedir. Son yıllarda araştırmacılar boyutlardaki küçülmeyle birlikte artan ısı yüklerinin efektif bir biçimde sistemden uzaklaştırılması üzerine yoğunlaşmışlardır. Mikrokanallar yüksek yüzey alanı/hacim oranları, düşük akışkan miktarı, az yer kaplamalarından dolayı yüksek ısı akısı şartlarında ısı transfer edilmesinde araştırmacıların en önemli alternatiflerinden biri haline gelmiştir. Bu çalışmada, farklı kanal genişliğine (400µm ve 500µm) sahip dikdörtgen kesitli mikrokanallar kullanılarak oluşturulan çoklu mikrokanallı ısı alıcılarda suyun laminar akışta karma taşınım karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler:

Mikrokanal; ısı transferi; karma taşınım.

Abstract

As a result of the technological improvements, devices could be manufactured in smaller dimensions, also an increase in their thermal performance can be provided by reduced dimensions. In addition to this, devices manufactured in smaller dimensions have begun to be integrated into various areas of the industry. By reducing the dimensions, heat energy existing during the working period increases, this case requires more effective heat energy removal. In recent years, researchers have focused on the effective removal ways of increasing heat energy loads by reducing dimensions. Microchannels have become one of the most important alternative of researchers on heat transfer under high heat flux conditions due to their high surface area/volume ratio, less working fluid demand and taking up little space. In this study, laminar mixed convection heat transfer caharacteristics of pure water in heat sinks having multiple microchannels with rectangular cross-sections in different channel widths (400µm - 500µm) have been investigated.

Keywords:

Microchannel; heat transfer; mixed convection.

Mikrokanallarda Karma Taşınımla Isı Transferinin Deneysel İncelenmesi

Experimental Investigation of Mixed Convection Heat Transfer in Microchannels

Bayram ŞAHİN[1]
Rahim Aytuğ ÖZER[2]
Eyüphan MANAY[3]
İbrahim ATEŞ[4]
Emre MANDEV[5]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye,
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye,
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye,
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye,
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye,

1. Giriş

Mikro ve makro boyutlu elektronik cihazların çalışma sıcaklıklarında ki ciddi artışlar uygulamada birçok problemi beraberinde getirmektedir. Büyük endüstriyel uygulamalarda sıklıkla görülen soğutma mekanizması olarak karma taşınım öne çıkmaktadır. Elektronik cihazların ve endüstriyel uygulamaların bu karmaşası karma taşınım ısı transferi mekanizmasında sağlanan termal iyileştirme ile giderilebilmektedir. Literatürde yapılan araştırmalar neticesinde çalışmaların bu konu üzerine yoğunlaştırıldığı görülmektedir. Önceki çalışmalarda genel itibariyle, Reynolds sayısı ve Grashof sayısı gibi doğal ve zorlanmış akış parametrelerinin veya geometrik parametrelerin değişiminin termal iyileştirme üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Karma taşınım mekanizması ile ısı transferi iyileştirmesi konusunda ilk çalışmalardan birisi olarak karşımıza çıkan ve (Brown and Gauvin 1965) tarafından yapılan çalışmada, silindirik bir hava kanalında (Diç= 11,23 ve L=259,08) düşük hızlarda ki ısı transferi incelenmiştir. 385< Re< 4,930 aralığında yapılan çalışmalarda kanal boyunca yüzey sıcaklığı sabit tutulmuştur (100°C, 500°C ve 950°C). Bu çalışma sonuçlarına göre destekleyici akıştan farklı olarak zıt akışta, Grashof sayısının 106 mertebeleri için yerel Nussel sayısı grafik eğiminde ciddi bir artış görülmüştür.

(Depew and August 1971) yaptıkları çalışmada, yatay bir boruda laminer akış şartlarında karma taşınım etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri verileri kullanarak iki farklı korelasyon önermişlerdir. Bu korelasyonlar için maksimum hata oranının %40 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, kayma kuvvetlerinin etkili olduğu ikincil akış nedeniyle sıvılar için kayma inceltme etkisi gözlemişlerdir. Sayısal olarak yapılan çalışmada kanal duvarları sabit bir ısı akısıyla ısıtılmıştır. Nusselt sayısının Rayleigh sayısı (Ra=104, 3 × 104, 6 × 104 ve 105) ve Prandtl sayısına göre değişim eğrilerini oluşturmuşlardır. Eksenel olarak sabit ısı girişi ve homojen duvar sıcaklığı şartlarında dikdörtgensel bir kanal için termal giriş bölgesinde laminer karma taşınımı sayısal olarak inceleyen bir başka çalışma (Choi 1990) tarafından yapılmıştır.

(Wu and Perng 1999) blok halinde ısıtılan yatay yönlendirilmiş bir kanaldaki karma taşınımla ısı transferi iyileştirmesi üzerine sayısal bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, kanal içerisine eğik plaka

yerleştirilerek akış bölgesinde girdap oluşumu sağlanmıştır. Çapraz akışa maruz kalan bir blok üzerine eğik bir plakanın yerleştirilmesi, yatay kanal akışındaki karma taşınım ısı transfer performansını etkin bir şekilde artırdığı sonucuna varmışlardır. (Islam et al. 2001) hava ve suyun çalışma sıvısı olarak kullanıldığı, yatay bir dairesel halka kesitli boru içinde sürekli laminer akış için karma taşınımla ısı transferini sayısal olarak incelenmişlerdir. Reynolds sayısı aralığı 200 ≤ Re ≤1000, Rayleigh sayısı aralığı 104 ≤ Ra ≤ 108 ve Prandtl sayısı aralığı 0.7 ≤ Pr ≤5.42 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak Prandtl sayısının artışının Nusselt sayısını düşürdüğü gözlemlenmiştir.

(Teamah et al. 2005) sonsuz izotermal yatay silindirler arasındaki laminer birleşik ısı transferini gözlemlemiştir. Reynolds sayısı aralığı Re = 0-2000, Rayleigh sayısı aralığı Ra = 103-106 ve Prandtl sayısı aralığı Pr = 0.01-10 olarak belirlenmiştir. Ortalama Nusselt sayısının Reynolds sayısındaki artıştan etkilenmediği savunulmuştur. (Chong et al. 2007) dikdörtgensel kanalın tam ortasına yerleştirdikleri ısıtılmış plaka ile yatay ve farklı açılarda konumlandırarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deneysel veriler, Pr ≈ 0.7, –60 ile +60 arasında değişen eğim açısı, 334–1911 arasında değişen Re sayısı ve 5.26 · 102 –5.78 · 106 arasında değişen Grashof sayısı için alınmıştır. Sonuçlar değerlendirildiği zaman, tam gelişmiş bölgedeki ortalama Nusselt sayısının giriş bölgesindeki ortalama Nusselt sayısından yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür.

(Mirmasoumi and Behzadmehr 2008) yatay bir boruda su-Al_2O_3 nanoakışkanı ile laminer karma taşınımla ısı transferini sayısal olarak incelenmiştir. Grashof ve Reynolds sayılarının geniş aralığında nanoyakıtın hidrodinamik ve termal davranışlarını araştırmak için iki fazlı karışım modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak hacimsel partikül yoğunluğu arttıkça ikincil akış gücü artmıştır. (Zanchini 2008) üniform duvar sıcaklıkları olan düşey bir dairesel kanaldaki sıcaklığa bağlı bir viskoziteye sahip kararlı ve laminer karma taşınımı analitik olarak incelenmiştir. Akış tamamen eksenel ve akışkan yoğunluğunun sıcaklığın doğrusal bir fonksiyonu olduğu kabul edilir. Boyutsuz hız dağılımının, boyutsuz basınç düşüşünün ve Fanning sürtünme faktörlerinin analitik ifadeleri belirlenmiştir.

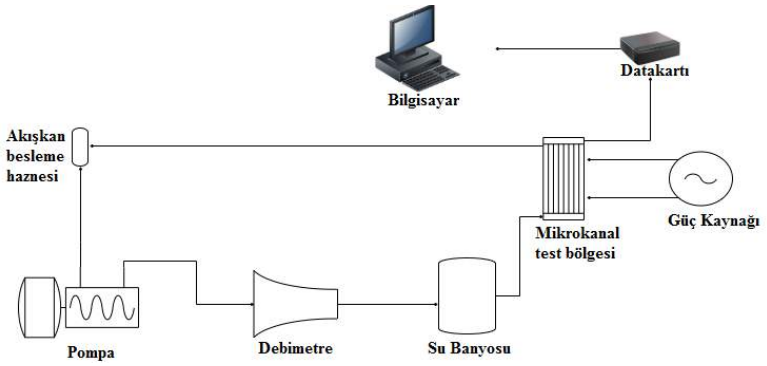
Yukarıdaki literatür özetinde de görüleceği üzere, çoklu mikrokanalların bulunduğu karma taşınımla ısı transferi çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, farklı genişliklerde çoklu mikrokanal bulunan mikrokanallı ısı alıcılarda laminar akışta zorlanmış taşınımla ısı transferi karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir.

2. Yöntem

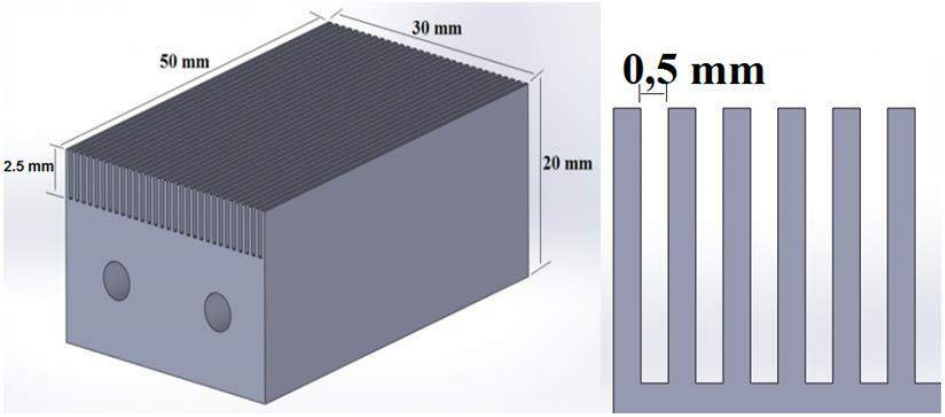
Çalışmada kullanılan deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Mikrokanal deney düzeneği temel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar akış kontrol ünitesi, mikrokanal test bölgesi ve veri depolama bölümüdür. Akış kontrol ünitesinde, sistemde akışkan sürekliliğini sağlayan bir adet pozitif yer değiştirmeli invertörlü pompa kullanılmıştır. Sistemde dolaşan iş akışkanının debisi Siemens marka Mass6000 model kütlesel debimetre ile ölçülmüştür. Mikrokanal test bölgesine beslenen akışkanın test bölgesine giriş sıcaklığını sabit tutabilmek için içerisinde helisel bir ısı değiştiricisi bulunan su banyosu kullanılmıştır. Test bölgesinde sabit ısı akısı şartlarını sağlayabilmek için iki adet kartuş ısıtıcı kullanılmıştır. Bu ısıtıcılara güç beslemesi güç kaynağı yardımıyla yapılmıştır. Veri depolama bölümünde ise, akışkanın test bölgesine giriş-çıkış sıcaklıkları ve mikrokanal yüzey sıcaklıkları ısılçiftler vasıtasıyla veri toplama kartına aktarılmıştır. Daha sonra veriler bilgisayara kaydedilmiştir.

Test Bölümü ve Deneylerin Yapılışı

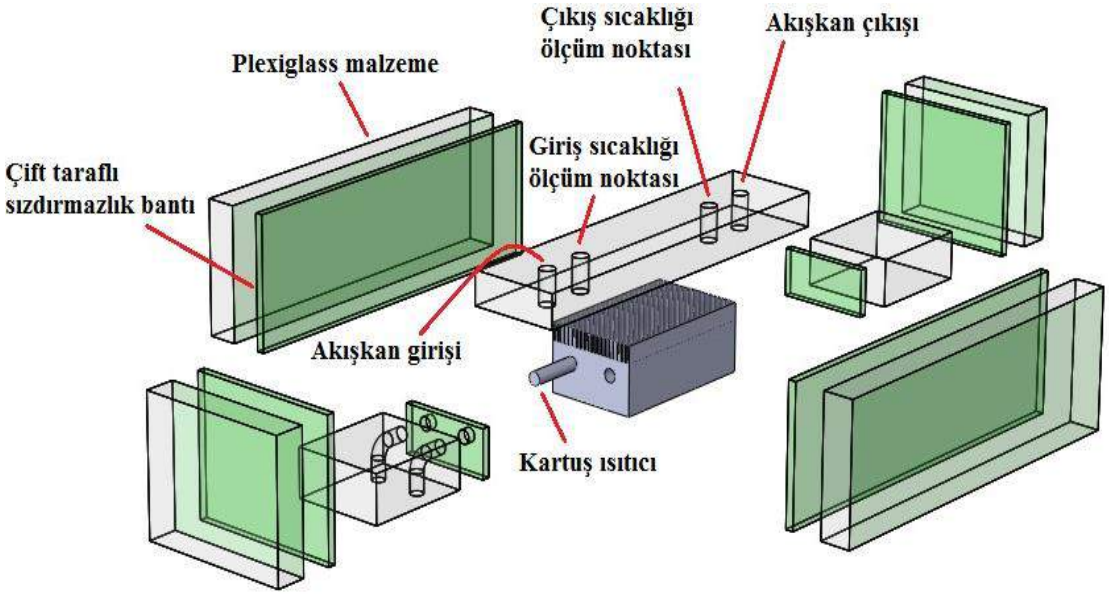
Deneylerde 20×30×50 mm ebatlarında alüminyum malzemenin belirlenen üst yüzeyine 2.5 mm yüksekliğinde ve 50 mm uzunluğunda mikro kanallar tel erozyon yöntemiyle paralel olarak açılmıştır. 400µm ve 500µm olmak üzere iki farklı genişlikte elde edilen mikro kanal dizilimleri sayesinde kanal genişliğinin mikro kanal soğutucu performansı üzerindeki etkisini inceleme fırsatı elde edilmiştir. Mikrokanal bloğuna ait şematik Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği.



Şekil 2. Mikrokanallı ısı alıcı detayları.



Şekil 3. Test bölgesi şematiği.

İki adet kartuş ısıtıcı bloklar üzerine açılan 6 mm' lik kanallar içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca mikrokanal yüzey sıcaklıklarını ölçmek için her bir bloğun alt yüzeyine 1 mm çapında on beş adet termokupl yuvası bulunmaktadır. Yuvalara yerleştirilen ısılçiftler ile yüzey sıcaklık verileri data kartına aktarılmıştır. Test bölgesinin etrafı pleksiglass prizmalarla çevrelenerek giriş ve çıkış hazneleri oluşturulmuştur. Bloklar ve pleksiglass malzemeler arasındaki sızdırmazlığı sağlamak için sızdırmazlık bantları kullanılmıştır. Test bölgesinin kanallara bakan yüzeyindeki pleksiglass prizma üzerine giriş ve çıkış haznelerine denk gelecek şekilde termokupl yuvası açılmıştır. Bu yuvalara yerleştirilen ve akışkanla temas eden termokupllar ile akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülebilmiştir. Test bölümünün şematik görünümü Şekil 3'de sunulmuştur.

Deneylerde iş akışkanı olarak saf su kullanılmıştır. Pompa çalıştırılarak iş akışkanı, akış besleme haznesinden sisteme alınır. Devamında kütlesel debimetre yardımıyla sistem debisi pompa invertörü ile ayarlanmıştır. Daha sonra akışkan 20°C sıcaklığa ayarlanmış su banyosundan geçirilerek test bölgesi giriş sıcaklığına ulaşmış olur. Enerjisini güç kaynağından alan kartuş ısıtıcılar yardımıyla kanal yüzeylerinde sabit ısı akısı sağlanmıştır. Sistem kararlılığı sağlandıktan sonra veriler kaydedilerek sistem bir diğer akış şartları için hazırlanmıştır.

Verilerin İşlenmesi

Isıtıcılar için güç beslemesi bir güç kaynağı ile sağlanmıştır. Bu elektriksel güç dijital indikatör üzerinden okunabilmektedir. Ayrıca indikatör üzerinden okunan akım ve gerilim değerlerinin çarpılmasıyla da bulunabilir.

$$\dot{Q} = VI \quad (1)$$

Sisteme verilen elektriksel gücün tamamının taşınımla transfer edildiği düşünüldüğü zaman Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 yazılabilir.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{taşınım} \quad (2)$$

$$VI = hA_s(T_s - T_{ort}) \quad (3)$$

Burada, A_s ısı transfer yüzey alanı, T_s yüzey sıcaklığı, T_{ort} ortalama sıcaklık olmak üzere ortalama ısı taşınım katsayısı Eşitlik 4'ten hesaplanabilir.

$$h = \frac{VI}{A_s[T_s - (\frac{T_g + T_ç}{2})]} \quad (4)$$

Burada, T_g ve $T_ç$ sırasıyla akışkanın test bölümüne giriş ve çıkış sıcaklığıdır. Deneysel ortalama taşınım katsayısı kullanıldığı zaman Nusselt sayısı hesabı için Eşitlik 5 kullanılabilir.

$$\mathrm{Nu} = \frac{hD_h}{k} \quad (5)$$

Reynolds sayısı Eşitlik 6'dan ''U'' ortalama akışkan hızı kullanılarak hesaplanabilir.

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho U D_h}{\mu} \quad (6)$$

Doğal taşınım için önemli parametrelerden birisi olarak değerlendirilmesi gereken Grashof sayısı kaldırma kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranıdır. Karma taşınım da ki doğal taşınım etkilerinin belirlenmesi için gerekli olan Grashof sayısı Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanır.

$$\mathrm{Gr} = \frac{g\beta[(T_s - (T_i + T_o/2)]D^3}{v^2} \quad (7)$$

Laminer akış karakteristiğini belirlemede kullanılan boyutsuz Greatz sayısı Eşitlik 8 kullanılarak hesaplanır.

$$\mathrm{Gz} = \frac{\pi}{4}\mathrm{Re}\frac{D_h}{L}\mathrm{Pr} \quad (8)$$

Rayleigh sayısı, Grashof sayısı ile Prandtl sayısına bağlı olarak Eşitlik 9'dan hesaplanır.

$$\mathrm{Ra} = \mathrm{GrPr} \quad (9)$$

Karma taşınım da sıkça kullanılan Richardson sayısı ise Eşitlik 10 ile hesaplanır.

$$\mathrm{Ri} = \frac{\mathrm{Gr}}{\mathrm{Re}^2} \quad (10)$$

Karma taşınım mekanizmalarında Nusselt sayısı hem zorlanmış taşınım hemde doğal taşınım kaynaklı ısı transfer parametrelerinin etkileri toplanarak hesaplanır (Eşitlik 11).

$$\mathrm{Nu} = \mathrm{Nu}_{zorlanmış} + \mathrm{Nu}_{doğal} \quad (11)$$

3. Bulgular ve Tartışma

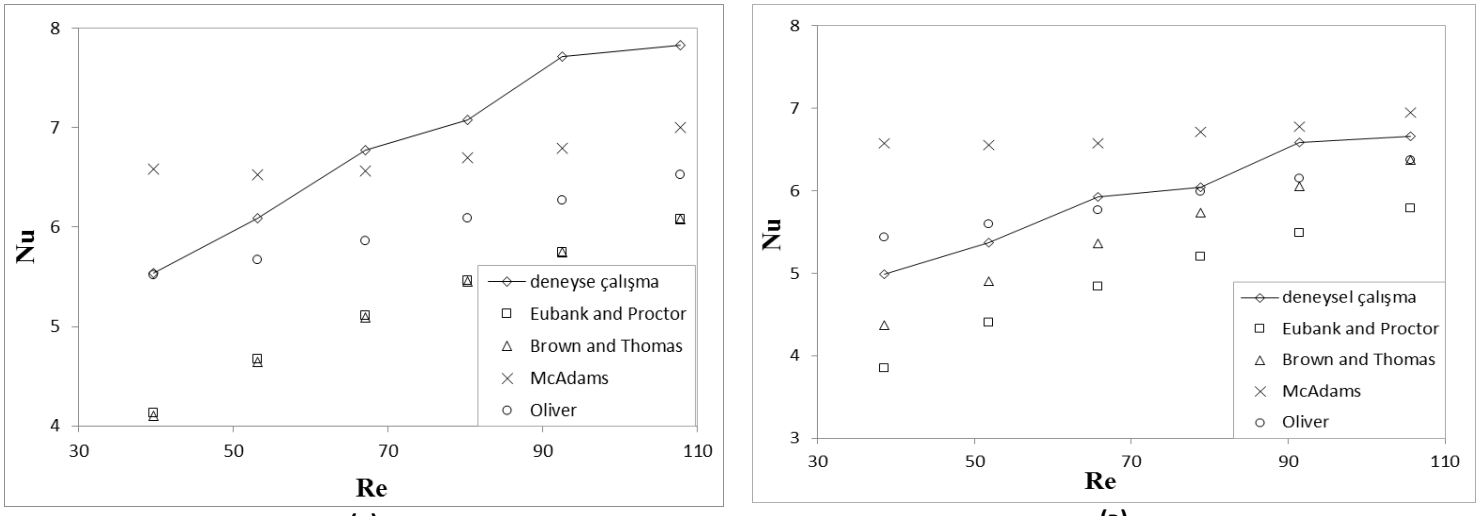
Deneysel çalışma sonucunda elde edilen verilerin doğruluğunun tespiti, çalışma verilerinin literatürde konu ile alakalı kabul görmüş sonuçlarla kıyaslanması gerekmektedir. Bunun için, saf su verileri Tablo 1'de sunulan Eubank-Proctor, McAdams, Brown-Thomas ve Oliver modelleri karşılaştırılmıştır. Saf su için Nusselt sayısı sonuçlarının literatürdeki modeller ile karşılaştırması 400 µm ve 500 µm genişliklerdeki kanallar için sırasıyla Şekil 4a ve b'de verilmiştir. Grafiklerden görüldüğü üzere deneysel veriler ile model tahminleri iyi bir

uyum içerisindedirler. Diğer taraftan Eubank Proctor modeli ile Brown and Thomas modeli benzer eğilim gösterirken, McAdams modeli ile Oliver modeli benzer eğilim göstermiştir. Düşük Reynolds sayılarında modeller arasındaki ısı transfer tahminleri bir miktar farklıdır fakat Reynolds sayısındaki artış ile bu fark azalmıştır.

Mikrokanal genişliğinin Nusset sayısı üzerindeki etkisinin Reynolds sayısına göre değişimi Şekil 5a'da verilmiştir. Deneysel çalışmada, kanal genişliğindeki azalma Nusselt sayısının artışı ile karşılık bulmuştur. Test bölgesi tasarımında 500 µm kanal genişliğine sahip 25 adet mikrokanal dizilimi kullanılırken 400 µm kanal genişliğine sahip 31 adet mikrokanal kullanılmıştır. Test bölgesi geometrisinde değişim olmazken kanal sayısındaki artış hidrolik çapın azalmasına dolayısıyla akışkan hızının artmasına sebep olmuştur. Akış hızındaki artış ise dar kanaldaki ısı transferinin geniş kanala oranla daha yüksek olmasına neden oluştur.

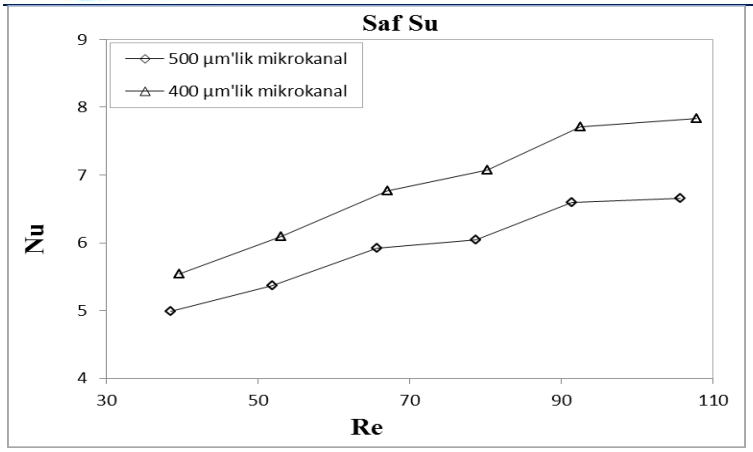
Tablo 1. Nusselt sayısı için kullanılan modeller

Model Adı	Denklem
Eubank-Proctor Modeli	$\mathrm{Nu}\left(\frac{\mu_w}{\mu_b}\right)^{0.14} = 2.11\left(\mathrm{Gz} + 6.2\times10^{-4}\left(\frac{\mathrm{GrPr}L}{D}\right)^{3/4}\right)^{\frac{1}{3}}$
Brown-Thomas Modeli	$\mathrm{Nu}\left(\frac{\mu_w}{\mu_b}\right)^{0.14} = 2.11\left(\mathrm{Gz} + 0.0273\left(\frac{\mathrm{GrPr}L/D}{\mathrm{Gr}+L/D}\right)^{3/4}\right)^{\frac{1}{3}}$
McAdams Modeli	$\mathrm{Nu}\left(\frac{\mu_w}{\mu_b}\right)^{0.14} = 2.11\left(\mathrm{Gz} + 0.0182(\mathrm{GrPr})^{3/4}\right)^{1/3}$
Oliver Modeli	$\mathrm{Nu}\left(\frac{\mu_w}{\mu_b}\right)^{0.14} = 2.11\left(\mathrm{Gz} + 0.0083(\mathrm{GrPr})^{3/4}\right)^{1/3}$

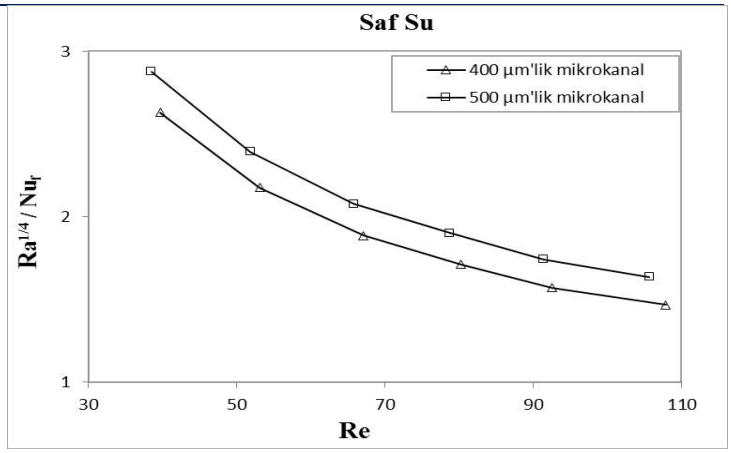


Şekil 4. Saf su ısı transferi sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması.

Şekil 5b'de 400 µm ve 500 µm'lik mikrokanal genişliklerinde Reynolds sayısına karşılık $Ra^{1/4}/Nu_f$' in değişimi gösterilmiştir. Shannon and Depew (1969) çalışması dikkate alınarak oluşturulmuş $Ra^{1/4}/Nu_f$ ifadesinde, $Ra^{1/4}$ terimi karma taşınımda transfer edilen ısı enerjisinin doğal taşınımla transfer edilen kısmını belirtirken, Nu_f terimi ise zorlanmış taşınım etkinliğini ifade etmektedir. Isı transferi prosesinde $Ra^{1/4}/Nu_f$ ifadesinin 1'e eşit olması doğal ve zorlanmış taşınım etkilerinin eşit olduğu anlamına gelmektedir. Yapılan deneysel çalışmada $Ra^{1/4}/Nu_f$ ifadesi yaklaşık olarak 1 ila 3 aralığında değerler almıştır. Şekilden görüldüğü gibi her iki kanal genişliği için $Ra^{1/4}/Nu_f$ sayısı azalma meylindedir. Bu da, artan Reynolds sayısıyla zorlanmış taşınım etkilerinin doğal taşınıma göre daha baskın gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bunun temel sebebi ise Reynolds sayısının artması ile atalet kuvvetlerinin kaldırma kuvvetlerinden daha baskın hale gelmesidir. Aynı atalet kuvetlerinin etkin olduğu akışta, geniş kanaldaki doğal taşınım etkileri dar olan kanaldakine göre daha baskın olduğundan dolayı geniş kanaldaki $Ra^{1/4}/Nu_f$ ifadesi daha yüksektir.



(A)



(B)

Şekil 5. Farklı kanal genişlikleri için (a) Nusselt sayısının Reynolds sayısıyla değişimi, (b) $Ra^{1/4}/Nu_f$'in Reynolds sayısıyla değişimleri.

4. Sonuç

Bu çalışmada, mikrokanal genişliğinin karma taşınımla ısı transferi performansı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. 400 µm ve 500 µm kanal genişliğine sahip mikrokanalların bulunduğu iki adet ısı alıcı kullanılmıştır. İş akışkanı olarak ise saf su kullanılmıştır. Deneyler sabit ısı akısı sınır şartında 40-110 aralığındaki Reynolds sayılarında yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilmiş veriler değerlendirilerek aşağıda sonuç ve öneriler sıralanmıştır.

- Deneysel çalışma neticesinde elde edilen saf su verileri Eubank-Proctor, Oliver, Brown-Thomas ve McAdams modelleri ile kıyaslanarak iyi bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür.
- Kanal genişliğinin azalması ısı transfer yüzey alanının artmasına ve doğal olarak ısı transferinin artmasına sebep olmuştur. Isı transferinin daralan kanal genişliği ile artmasının bir diğer sebebi olarak artan doğal taşınım etkileri gösterilebilir.
- Deneysel çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar, kanal genişliğinin soğutucu performansı için önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Mümkün olduğu kadar mikro boyutlu kanal tasarımı ve üretimi soğutucu etkinliğini arttırmaktadır.

5. Referanslar

[1] Brown, C. and Gauvin, W., 1965. Combined free-and-forced convection: I. Heat transfer in aiding flow. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 43 (6), 306-312.
[2] Chong, D., Liu, J., Yan, J. and Zhou, Z., 2007. Experimental investigation of mixed convection in a rectangular duct with a heated plate in the middle of cross section. Heat and Mass Transfer, 43 (12), 1283.
[3] Depew, C. and August, S.E., 1971. Heat transfer due to combined free and forced convection in a horizontal and isothermal tube. Journal of heat transfer, 93 (4), 380-384.
[4] Feng, Z., Li, W., 2013. Laminar mixed convection of large-Prandtl-number in-tube nanofluid flow, Part I: Experimental study. International Journal of Heat and Mass Transfer, 65, 919-927.
[5] Islam, N., Gaitonde, U. and Sharma, G., 2001. Mixed convection heat transfer in the entrance region of horizontal annuli. International Journal of Heat and Mass Transfer, 44 (11), 2107-2120.
[6] Mirmasoumi, S. and Behzadmehr, A., 2008. Numerical study of laminar mixed convection of a nanofluid in a horizontal tube using two-phase mixture model. Applied Thermal Engineering, 28 (7), 717-727.
[7] Teamah, M., Sorour, M. and Saleh, R.A., 2005. Mixed convection between two horizontal concentric cylinders when the cooled outer cylinder is rotating. Alexandria Eng. J, 44, 347-360.
[8] Wu, H.-W. and Perng, S.-W., 1999. Effect of an oblique plate on the heat transfer enhancement of mixed convection over heated blocks in a horizontal channel. International Journal of Heat and Mass Transfer, 42 (7), 1217-1235.
[9] Zanchini, E., 2008. Mixed convection with variable viscosity in a vertical annulus with uniform wall temperatures. International Journal of Heat and Mass Transfer, 51 (1), 30-40.

MİKROALG TEKNOLOJİSİ VE ÇEVRE

MICROALGAE TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT

Goknur ŞİŞMAN AYDIN

Deniz ve İçsu Bilimleri & Teknolojisi Bölümü, Su Ürünleri Fakültesi,
Ege Üniversitesi,İzmir Türkiye,

Özet

Dünyamızda bu gün yaşanan en önemli sorunlardan ikisi kuşkusuz çevre kirliliği ve artan enerji ihtiyacıdır. Çevre dostu üretim, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir yeşil ekonomi ülkelerin gündemini oluşturmaya başlamıştır. Mikroalglerin çevresel uygulamalarda kullanımı giderek artmakta ve mikroalg teknolojisi hızla gelişmektedir. Mikroalglerin su kirliliğini önlemede ve biyoenerjide kullanımı, gelecek için önemli bir ekolojik yatırım olarak gözükmektedir. Bu amaçla, hızla gelişmekte olan mikroalg teknolojisinin çevresel kullanımları ve enerji ihtiyacını karşılamadaki potansiyelleri açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Mikroalg, fikoremediasyon, biyoenerji.

Abstract

Two of the most important problems in our world today are undoubtedly environmental pollution and increasing energy demand. Eco-friendly production, sustainable environment and sustainable green economy have started to build the agenda of the countries. The use of microalgae in environmental applications is increasing and microalgae technology is developing rapidly. The use of microalgae in the prevention of water pollution and its use in bioenergy; it appears to be an important ecological investment for the future. For this purpose, the environmental uses of rapidly developing microalgae technology and their potential to meet the energy demands are explained.

Keywords:

Microalgae, phytooremediation, bioenergy

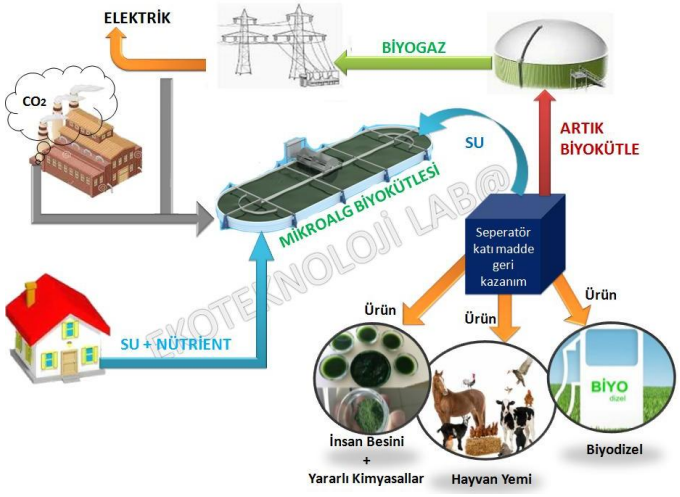
1. Giriş

Çevre kirliliğinin küresel olarak her geçen gün daha da artması, bilinçsiz enerji tüketimi ve küresel ısınma problemleri, insanları çevresel konularda alternatif çözümler arama ve temiz-ekolojik teknolojiler geliştirme yoluna sevk etmiştir. Türkiye'de ve dünyada sosyal ve ekonomik kalkınmanın en temel girdisi olan enerjiye gün geçtikçe daha fazla gereksinim duyulmakta ve beraberinde artan çevre kirliliğine karşı sağlıklı sürdürülebilir bir çevrede yaşamaya olan talep de artmaktadır. Çevre dostu üretim, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir yeşil ekonomi ülkelerin gündemini oluşturmaya başlamıştır. Bu bağlamda, hazırlanan bu derleme çalışmasıyla, hızla gelişmekte olan mikroalg teknolojisinin çevresel kullanımları ve enerji ihtiyacını karşılamadaki potansiyelleri üzerinde yoğunlaşılmıştır.

2. Mikroalg Kullanım Alanları ve Büyümesini Etkileyen Faktörler

Mikroalgler, besin zincirinin ilk halkasını oluşturmaları dolayısıyla sucul ekosistemin en temel parçası olup, çoğunlukla ototrofik fotosentetik ökaryotlardırlar[1]. Karbon ve silisyum döngüsü açısından küresel karbon fotosentetik fiksasyonunun yaklaşık %20-25 ni ve küresel primer üretimin %40'ını sağladıkları [2][3] için de ekolojik önemi büyüktür [4]. En yaygın mikroalg türleri diatomlar (Bacillariophyceae), yeşil algler (Chlorophyceae) ve altın renkli alglerdir (Chrysophyceae) [5].

Mikroalglerin birbirinden tamamen farklı birçok kullanım alanı mevcuttur (Şekil 1). Besin olarak tüketilmeleri Çinlilerle başlamış [5]. Küçük ölçekli yetiştirilmesi ise 1850'li yıllarda laboratuvar ortamında başlamıştır [6]. Ticari yetiştiricilik ise 1960 'lı yıllarda başlamıştır[7][8]. Mikroalgler protein, karbonhidrat, yağ asitleri (Tablo 1), vitamin, mineral, pigmentler ve daha pek çok önemli metabolitleri hücre içinde biriktirdikler. Bu sayede İnsanlar tarafından başlıca besin desteği olarak kullanılabilirler. İçerdikleri karbonhidratlar, nişasta, glikoz sakkaroz ve diğer polisakkaritler şeklinde bulunur. Ayrıca, insan vücudunda üretilemeyen Omega-3 ve Omega-6 maddeleri ve insan sağlığı için önemli vitaminleri içerirler. Bütün bu özelliklerinden dolayı sağlık, kozmetik, ilaç gibi alanlarda sıklıkla kullanılırlar [9]. Mikroalgler, son zamanlarda toprağa bağımlı olmayan yeni tarım üretim potansiyeline sahip, doğal bir kaynak olarak görülmektedirler. Atıksu arıtımı, ağır metal giderimi, biyo izleme materyali, ekotoksikolojik testler, gibi birçok alanda kullanılmaktadır [4][10].



Şekil 1 Mikroalg biyokütlesinin kullanım alanları

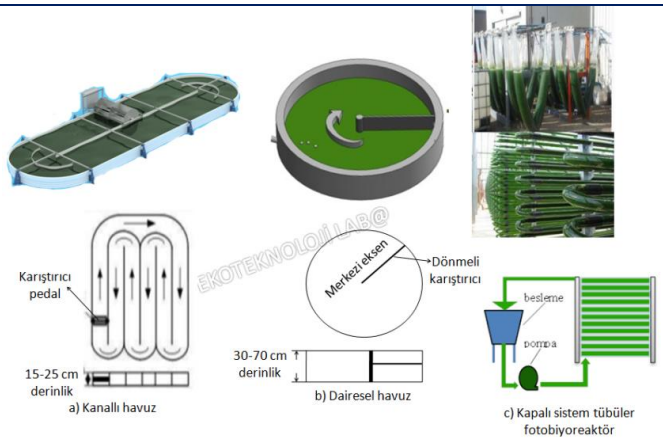
Tablo 1. Farklı mikroalglerin genel bileşenleri (% kuru madde) [46]

Mikroalg	Protein	Karbonhidrat	Lipid
Aabeana cylinrical	43-56	25-30	4-7
Aphanizomenon flos aquae	62	23	3
Chlamydomonas rheinhardii	48	17	21
Chlorella pyrenoidosa	57	26	2
Chlorella vulgaris	51-58	12-17	14-22
Dunaliella salina	57	32	6
Euglena gracilis	39-61	14-18	14-20
Porphyridium cruentum	28-39	40-57	9-14
Scenedesmus obliquus	50-56	10-17	12-14
Spirogyra sp	6-20	33-64	11-21
Arthrospira maxima	60-71	13-16	6-7
Spirulina platensis	46-63	8-14	4-9
Synechococcus sp	63	15	11

Mikroalg üretiminde, üretimi yapılacak türün üretim amacına göre seçilmesi son derece kritiktir. Genel olarak, mikroalg türü gıda amaçlı üretilecekse, protein, karbonhidrat, yağ asitleri, vitamin, mineral içerikleri yüksek olan türlerden; arıtma için kullanılacaksa, kirli bölgeden izole edilmiş türlerden [11-12] (Tablo 1); biyoyakıt üretimi için kullanılacaksa yüksek yağ içeriğine sahip olan türlerden seçilmesi uygun olacaktır [11][13-14].

Mikroalglerin üretiminde biyotik ve abiyotik faktörler başta olmak üzere, işletme sisteminden kaynaklanan birçok faktör etkilidir [14] [12]. Mikroalg büyümesini etkileyen en önemli abiyotik faktörler; ışık [15] [16]. [17]; sıcaklık [1] [17], fotoperiyot [19] ,nütrient [19-21], oksijen [22], karbondioksit [23,24], pH, tuzluluk [25][12] ve toksik kimyasallar gibi faktörlerdir [14] [26]. Bakteri, mantar, virüs gibi patojenler ve diğer alg türlerinden kaynaklanan rekabet ortamı gibi faktörler de üretimi etkileyen biyotik faktörlerdir [14][12]. Mikroalgal büyümeyi önemli ölçüde etkileyen diğer biyotik faktör, başlangıç yoğunluğudur [27] ve yüksek mikroalg yoğunluğudur [28]. Karıştırma yöntemi [11], seyreltme oranı ve hasat sıklığı [29][30] gibi parametreler büyokütle üretim verimini etkilemektedir [14][12].

Genel olarak, mikroalgal yetiştirilmesinde açık havuzlar ve kapalı fotobiyoreaktörler olmak üzere iki tip sistem kullanılır (Şekil 2). Açık havuzlara kıyasla, fotobiyoraktörler ışıktan faydanlanması, yüksek biyokütle eldesi, kontaminasyonun riskinin ve su kaybının (buharlaşma) az oluşu, karıştırma ve gas transferi kolaylığı açısından çok daha performanslıdır [31-32]. Ancak yatırım maliyeti daha yüksektir [33-36] [31]. Dış havuzlardaki alg üretimi nispeten ucuzdur. İç ortamdaki mikroalg üretimi, kültür koşullarının daha iyi kontrol edilmesini işletme maliyeti daha pahalıdır [36].



Şekil 2. Mikroalg üretim sistemlerinin şematik şekilleri

İster enerji sağlamak, ister besin ya da atıksu arıtımında kullanmak için olsun, mikroalg hasadı toplam maliyetin %20-30 kadarını kapsamaktadır [37-38]. Bu durumda işletme maliyetleri açısından hala ekonomik olarak gözükmemektedir. Mikroalg hasatı; santrifüj, flokülasyon, cazibe ile çöktürme, hava flotasyonu, elektroforez ve membran filtrasyonu gibi mevcut teknolojiler kullanılarak yapılmaktadır. Düşük maliyetle yüksek hasat için iki ya da daha fazla yöntem bir arada kullanılır. Örneğin, flokülasyon-sedimentasyon ile santrifüjün birlikte kullanımı işletme maliyetlerini düşürebilmektedir [39-41]. Hasat prosesinde ön mekanik yöntemler işletme ve bakım maliyetlerini azaltır.

3. Mikroalglerin Biyoremediasyonda Kullanımı (Fikoremediasyon)

Mikroalglerin arıtmada kullanılmalarının iki önemli nedeni vardır. Bunlardan birincisi: mikroalglerin fotosentezle oksijen üretme yetenekleri sayesinde çözünmüş oksijence fakir atıksu havuzlarının oksijenlenmesinde yardımcı olarak, biyosistemin ekolojisi bakımından verdiği katkıdır [4] İkinci olarak; mikroalgler azot ve fosfatça zengin sularda hızla çoğalabilen [1] [19-20] ve bu özelliklerinden dolayı aşırı üreme olaylarında rol alabilen organizmalardır [1]. Bu özelliklerinden dolayı azot ve fosfatça kirli suların arıtılmasında kullanılmasının mümkün olduğu ve arıtma veriminin son derece yüksek olduğu çeşitli araştırmalarca ortaya konmuştur [4][28] [42-44].

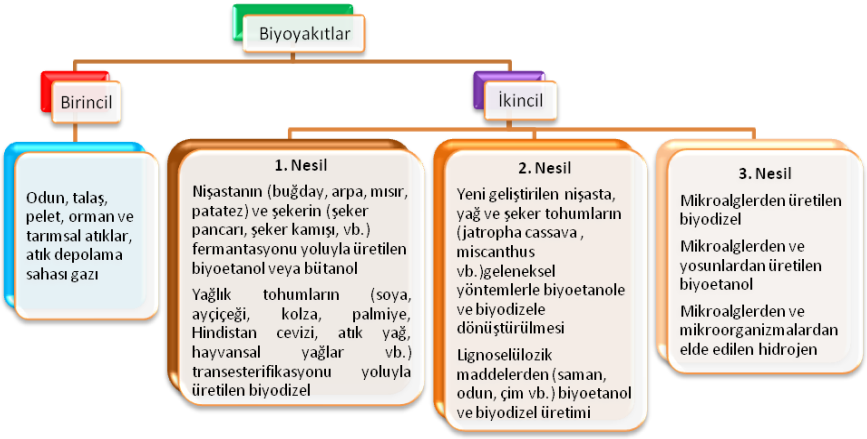
Mikroalgler arıtma sistemlerinde biyoremediasyon ya da fikoremdiasyon işleminde veya biyolojik arıtım prosesinde kullanılırlar. Fikoremediasyon tekniği, atık su için mikroalg türlerini kullanarak yapılan biyo-arıtma prosesi olarak tanımlanmaktadır [44-46]. Biyolojik atıksu arıtımında, nütrientlerin [47-49], ağır metallerin ve pestisitlerin [50], organik ve inorganik toksik maddeleri hücrelerinde uzaklaştırmadaoldukça başarılı organizmalardır [26][50-51]. Ayrıca, bazı mikroalg türlerinin antibakteriyel özelliklerinden dolayı patojenik bakterilerin inaktivasyonuna da katkıda bulunabilmekte [52] ve atıksu arıtma sistemlerinde yüksek pH larda dezenfektan görevi görebilmektedirler [53]. Bu nedenle, bir arıtma prosesi olarak fikoremediasyon, tekrar kullanımda sulama amaçlı sınırsız kullanılanabilir veya yüzey sularına deşarj edilecek atık suyun kalitesini arttırabilir [4] [32].

Diğer biyolojik sistemlerle karşılaştırıldığında atıksu arıtımında mikroalg kullanılmasının birçok avantajı vardır. Etkin maliyeti, düşük enerji gereksinimi, yararlı biyokütle üretimi, çamur oluşumunda azalma, ağır metallerin uzaklaştırılmasındaki başarısı, biyokütle içinde % 50'den fazla yağ ihtiva etmesi, elde edilen biyokütlenin yeniden değerlendirilip biyodizel üretiminde kullanılabilmesi ve arıtma verimliliğinin yüksek olması; atıksu arıtımında mikroalg kullanımının avantajları arasında sayılabilir [45][4]. Ayrıca, atıksu arıtımında kullanılan mikroalgal organizmalardan elde edilen biyo kütleden biyoyakıt, yem gibi farklı alanlarda yararlanılabilmektedir [54].

4. Mikroalg ve Biyo-Enerji

Dünya nüfusu 1950' li yılların başında 2,5 milyarken, 2050 yılında tahmini nüfusun 8,9 milyar olması beklenmektedir [55]. Bugün kullandığımız enerjinin temel kaynağı; petrol, doğal gaz, kömür, hidro ve nükleer enerjidir. Sera gazı emisyonlarını

azaltacak ve fosil yakıtların yerine geçecek yenilenebilir enerji üretiminde; dalga, hidrogüç rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisinden yararlanmanın yolları bilimsel araştırmalar ve teknolojik yatırımlarla her geçen gün geliştirilmektedir [56-57]. Mikroalglerin biyoenerjide kullanımı, günümüzün en önemli sorunlarından biri olan sera gazı emisyonlarını azaltacak ve fosil yakıtların yerine geçecek en önemli bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Biyoenerji kaynağı olarak, bitkisel ve hayvansal kökenli organik maddeler ve atıkların tamamı kullanılabilmektedir. Günümüzde biyoetanol, biyodizel, biyogaz, bitkisel biyoyağ, biyohidrojen gibi birçok biyoyakıt üretiminde biyokütleden yararlanılmaktadır. [58]. Bu enerji kaynakları içerisinde mikroalgler, hızlı büyüyebilmeleri, yüksek fotosentez yetenekleri, hızlı çoğalmaları yüksek biyokütle verimleri ve atıksuda/ bacagazında endüstriyel bazlı üretilebilmeleri gibi avantajlarıyla biyoyakıt üretimi için, 3. nesil biyoenerji potansiyeli ve çevreye duyarlı üretim fırsatı olarak umut vermektedir.[32] [59-60] (Şekil 3). Diğer geleneksel yağlık tohumlu bitkilere kıyasla 15 ile 300 kat daha fazla yağ ihtiva edebilmeleri [60], 3. nesil biyoenerji potansiyeli olarak görülmelerini sağlamaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Biyoyakıtların sınıflandırılması [60]

Yağ kaynağı	Yağ üretimi (l/ha)
Soya fasulyesi	446
Kanola	1190
Palm yağı	5950
Mikroalg (%30 yağ içerikli)	58700
Mikroalg (%70 yağ içerikli)	136900

Şekil 4 . Bazı biyodizel kaynaklarının karşılaştırılması [10][25]

Mikroalglerden biyoyakıt elde etmeye yönelik küçük ölçekli ilk üretim girişimleri 1950'lerde başlamış [56], pek rağbet görmemiştir [61] ve 1996' da çalışmalar durma noktasına gelmiştir [62]. 2008 yılı itibariyle algal biyoyakıtlarla ilgili projelere yatırım yapılmaya başlamasıyla hızlı bir gelişme kaydedilmiştir [63-64]. Mikroalglerden biyoyakıt üretim teknolojisi dört basamaktan oluşmaktadır. Bu aşamalar:

- mikroalglerin izolasyonu ve karakterizasyonu,
- mikroalgal biyokütle üretimi,
- hasat,
- ürün işleme prosesleri şeklindedir [12] (Şekil 3).

Günümüzde mikroalgler, biyokütlenin anaerobik bozunması ile metan [65][12], mikroalgal yağlardan biyodizel [66], fotobiyolojik reaksiyonlar ile biyohidrojen üretimi [68-69] ve biyolojik kömür üretimi gibi birçok türde biyoyakıt için ham madde kaynağı olarak kullanılmaktadırlar Mikroalglerden, biyokimyasal yöntemler ile elektrik üretimi de yapılabilmektedir

5. Sonuç ve Değerlendirme

"Yenilenebilir Enerji Kaynakları Direktifi" 27 AB üye ülkesi tarafından imzalanmış, 2020 yılına kadar ulusal toplam enerji ihtiyaçlarının en az %20'sini ve ulusal ulaşımda kullanılan yakıtların en az %10'unu yenilenebilir kaynaklarla karşılamayı taahhüt etmişlerdir [70]. Türkiye'de 2016 yılında toplam birincil enerji arzı içerisinde, fosil yakıtların ithalat içindeki payı %86 oranındadır. 2008 yılında toplam birincil enerji tüketimi 106,3 milyon ton petrol eşdeğeri (tep), üretimi ise 29,2 milyon tep olarak gerçekleşen Türkiye'nin enerji arzında %91,4'lük büyük bir pay ile fosil yakıtlar (doğalgaz, petrol ve kömür gibi)yer almıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidrolik dahil) %8,6'lık sınırlı bir kısmı karşılanmıştır [71-72].

Ulusal Enerji Ar-Ge ve Yenilik Strateji Belgesi'nde "Biyokütle kaynaklarından elektrik, ısı ve yakıt üretimi amacıyla gazlaştırma, sıvılaştırma, rafinasyon, kojenerasyon, biyoyakıtlar selülozik etanol üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi ve enerji bitkileri tarımı imkânlarının araştırılması" eylemi yer almaktadır [73]. Ülkemizde mikroalglerin enerji üretiminde kullanılmasının geliştirilip genişletilmesi ile gelecekte fosil yakıtların yerini alabilme olasılığı yüksektir.

Türkiye'de ticari üzerine yetiştiricilik amaçlı olanların dışında mikroalg ile yapılan çalışmalar sınırlıdır. Ancak, laboratuvar ölçeğinde birçok bilimsel araştırma mevcuttur [74-75][4][10][43-45]. Özellikle, ürün geliştirme, atıksu arıtımı [44] ve biyomas eldesi [59] [45] gibi alanlarda materyal olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle, çevre mühendisliği alanında, çoğu zaman atık su arıtımı çalışmaları ve ilerleyen mikroalg biyoyakıt projeleri bugün bir çok üniversitede yürütülmektedir. Boğaziçi Üniversitesi İMBAGB ve Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ekoteknoloji Laboratuvarı öne çıkan örneklerden ikisidir

Sürdürülebilir çevre ve enerji için; su kaynaklarında, gıda temininde, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında ve mikroalglerden yaralanmanın faydaları aşikardır. Mikroalgler, gelecek 100 yıl boyunca bugün öngöremediğimiz bir çok alanda sürdürülebilir çevre , sürdürülebilir enerji ve sürdürülebilir ekonomi için en temel konulardan biri olacaktır.

6. Kaynaklar

[1] Şişman Aydın, G., Kocataş, A. and Büyükışık, B. 2009. Effects of light and temperature on the growth rate of potentially harmful marine diatome: *Thalassiosira allenii* Takano (Bacillariophyceae). African Journal of Biotechnology, Vol.8 (19): 4983-4990.

[2] Field C.B., Behrenfeld M.J., Randerson J.T., Falkowski P.G. 1998. "Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components". *Science* 281: 237–240.

[3] Falkowski P.G., Barber R.T., Smetacek V.V. 1998. "Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production". Science 281: 200–207.

[4] Şişman Aydın, G, 2017. Bioremediation Approach to Wastewater Recovery : Example of Microalgae. 2nd International Water and Health Congress. Antalya.

[5] Sarıgül, T 2018. Çevreci Fabrikalar: Mikroalgler http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/cevreci-fabrikalar-mikroalgler.

[6] Cohn F., 1850. Zur naturgeschichte des protococcus pluvialis kützing, Nova Acta Academia Leopoldensis Caroliensis, 22, 607.

[7] Lavens P., Sorgeloos P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture, FAO Fisheries, 361, 1-295.

[8] Borowitzka M.A., Moheimani N.R., 2013. Algae for Biofuels and Energy, India, Cilt 5, Springer, 978-94-007-5479-9.

[9] Naz, M., Gökçek, K. 2006. Fotobiyoreaktörler: Fototropik Mikroorganizmalar için Alternatif Üretim Sistemleri. Ulusal Su Günleri 6-8 Ekim 2006, İzmir.

[10] Şişman Aydın, G. 2018. Fitoplankton Yağ İçeriğinde Evsel Atıksu Beslemesinin Etkilerinin Araştırılması E.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi. Proje No:14-SÜF-030. 71sayfa.

[11] Rashid N., Ur Rehman M.S., Sadiq M., Mahmood T., Han J.-I. 2014. Current status, issues and developments in microalgae derived biodiesel production, Renewable Sustainable Energy Rev., 40, 760-778.

[12] Elcik, H, Çakmakcı, M 2017. Mikroalg üretimi ve mikroalglerden biyoyakıt eldesi Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32:3 795-820.

[13] Rawat I., Ranjith Kumar R., Mutanda T., Bux F. 2013. Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production, Appl. Energy, 103, 444-467.

[14] Mata T.M., Martins A.A., Caetano N.S. 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review, Renewable Sustainable Energy Rev., 14 (1), 217-232.

[15] Blanken W., Cuaresma M., Wijffels R.H., Janssen M. 2013. Cultivation of microalgae on artificial light comes at a cost, Algal Res., 2 (4), 333-340.

[16] Hidaka T., Inoue K., Suzuki Y., Tsumori J. 2014.Growth and anaerobic digestion characteristics of microalgae cultivated using various types of sewage, Bioresour. Technol., 170, 83-89.

[17] Zhu J., Rong J., Zong B. 2013. Factors in mass cultivation of microalgae for biodiesel, Chin. J. Catal., 34 (1), 80-100.

[18] George B., Pancha I., Desai C., Chokshi K., Paliwal C., Ghosh T., Mishra S., 2014. Effects of different media composition, light intensity and photoperiod on morphology and physiology of freshwater microalgae Ankistrodesmus falcatus – A potential strain for bio-fuel production, Bioresour. Technol., 171, 367-374.

[19] Şişman Aydın,G., Büyükışık, B., Kocataş, A. 2013. "Farklı Azot Kaynağının (NO_3 ve NH_4) Zararlı Denizel Diyatomu Thalassiosira allenii Takano (Bacillariophyceae) Büyümesi Üzerine Etkisi", Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt 10(3), 90-96.

[20] Şişman Aydın, G., Büyükışık, B., Kocataş, A. 2014. Fosfat Ve Silikatın Zararlı Denizel Diyatom Büyümesi Üzerine Etkisi: *Thalassiosira allenii* Takano (Bacillariophyceae), JOTAF/ 11(1), 44-52.

[21] Samorì G., Samorì C., Guerrini F., Pistocchi R. 2013. Growth and nitrogen removal capacity of Desmodesmus communis and of a natural microalgae consortium in a batch culture system in view of urban wastewater treatment: Part I, Water Res., 47 (2), 791-801.

[22] Rashid N., Ur Rehman M.S., Sadiq M., Mahmood T., Han J.-I. 2014. Current status, issues and developments in microalgae derived biodiesel production, Renewable Sustainable Energy Rev., 40, 760-778.

[23] de Morais M.G., Costa J.A.V. 2007.Isolation and selection of microalgae from coal fired thermoelectric power plant for biofixation of carbon dioxide, Energy Convers. Manage., 48 (7), 2169-2173.

[24] Brennan L., Owende P. 2010. Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products, Renewable Sustainable Energy Rev., 14 (2), 557-577.

[25] Chisti Y. 2007. Biodiesel from microalgae, Biotechnol. Adv., 25 (3), 294-306.

[26] Şişman-Aydın, G., Büyükışık, B., Oral, R. 2013 (b). Bioaccumulation of Cadmium in Marine Diatom: *Thalassiosira allenii* Takano. *TRJFAS*, *13*, 861-867.

[27] Lau, P.S., Tam, N.F.Y., Wang, Y.S., 1995. Effect of algal density on nutrient removal from primary settled wastewater. Environ. Pollut. 89, 56–66.

[28] Abdel-Raouf N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem I.B.M. 2012. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences, 19 (3): 257–275.

[29] Chiu S.-Y., Kao C.-Y., Tsai M.-T., Ong S.-C., Chen C.-H., Lin C.-S., 2009. Lipid accumulation and CO2 utilization of Nannochloropsis oculata in response to CO2 aeration, Bioresour. Technol., 100 (2), 833-838.

[30] Widjaja A., Chien C.-C., Ju Y.-H., 2009.Study of increasing lipid production from fresh water microalgae Chlorella vulgaris, J. Taiwan Inst. Chem. Eng., 40 (1), 13-20.

[31] Demirbas, A. and Demirbas, M. F.2010. "Algae Technology. Algae Energy, Springer London.

[32] Şişman Aydın H.G. 2018. Bizi Mikroalg Kurtaracak. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, AYDIN, TÜRKİYE, 26-28 Ekim.

[33] Tredici, M.R. 2004. "Mass Production of Microalgae: Photobioreactors. In: Richmond A (ed.) Handbook of Microalgal Culture", Blackwell Science Ltd, Oxford, pp 178-214.

[34] Tredici M.R., Chini Zittelli G., Rodolfi L. 2010, "Photobioreactors" Editörler: Flickinger, M.C., Anderson, S. (eds) Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. Vol 6, pp. 3821-3838.

[35] Tredici, M.R, Biondi N, Chini Zittelli G, Ponis E, Rodolfi L. 2009. "Advances in microalgal culture for aquaculture feed and other uses". Editörler: Burnell, G., Allan, G., New Technologies in Aquaculture: Improving production efficiency, quality and environmental management. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK, and CRC Press LLC, Boca Raton, FL, USA, pp. 610-676.

[36] FAO,2018. Algal production cost. http://www.fao.org/docrep/003/w3732e/w3732e06.htm#b7-2.3.7.%20Culture%20of%20sessile%20microalgae.

[37] Molina Grima E., Belarbi E.H., Acién Fernández F.G., Robles Medina A., Chisti Y. 2003. Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics, Biotechnol. Adv., 20 (7–8), 491-515.

[38] Danquah M.K., Gladman B., Moheimani N., Forde G.M. 2009. Microalgal growth characteristics and subsequent influence on dewatering efficiency, Chem. Eng. J., 151 (1–3), 73-78.

[39] Zhang W., Zhang W., Zhang X., Amendola P., Hu Q., Chen Y., 2013. Characterization of dissolved organic matters responsible for ultrafiltration membrane fouling in algal harvesting, Algal Res., 2 (3), 223-229.

[40] Barros A.I., Gonçalves A.L., Simões M., Pires J.C.M. 2015 Harvesting techniques applied to microalgae: A review, Renewable Sustainable Energy Rev., 41, 1489-1500.
[41] Schlesinger A., Eisenstadt D., Bar-Gil A., Carmely H., Einbinder S., Gressel J. 2012. Inexpensive non-toxic flocculation of microalgae contradicts theories; overcoming a major hurdle to bulk algal production, Biotechnol. Adv., 30 (5), 1023-1030.
[42] Klausmeier C.A., Litchman E., Daufresne T., Levin S.A. 2004. Optimal nitrogen-to-phosphorus stoichiometry of phytoplankton Nature, 429 pp. 171–174.
[43] Aslan, S., Karapinar Kapdan, I., 2006. Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae. Ecological Engineering 2 8: 64–70.
[44] Şişman., G, Şimşek. K., 2017, Kesikli Sistemde Fitoplanktonik Organizma Kullanarak Atıksu Arıtımının Araştırılması, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projei, Proje no; 014-SÜF-010, Sayfa; 52.
[45] Şişman Aydın, G. 2018. Fitoplankton Yağ İçeriğinde Evsel Atıksu Beslemesinin Etkilerinin Araştırılması E.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi. Proje No:14-SÜF-030. 71sayfa.
[46] Wurochekke, A. A. R M S R Mohamed, A A S Al-Gheethi, E A Noman and A H Mohd Kassim, 2018 Phycoremediation: A Green Technology for Nutrient Removal from Greywater . Management of Greywater in Developing Countries pp 149-162.
[47] Martinez, M. E., Sanchez, S. vd. 2000. "Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga Scenedesmus obliquus", Bioresource Techonology, 73(3), 263-272.
[48] Park, J., Jin, H.-F., vd. 2010. "Ammonia removal from anaerobic digestion effluent of livestock waste using green alga Scenedesmus sp", Bioresource Technology 101(22), 8649-8657.
[49] Ting C., Stephen, Y.P., Yebo, Li. 2013. "Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae:Status and prospects", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19, 360–369.
[50] Abdel-Raouf N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem I.B.M. 2012. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences, 19 (3): 257–275.
[51] Jinsoo Kim, B. P. L., Rachael R., Joo-Youp L., Kaniz F. S. 2010. "Removal of Ammonia from Wastewater Effluent by Chlorella Vulgaris", Tsinghua Science And Technology 15(4), 391-396.
[52] Al-Gheethi AA, Ismail N, Efaq AN, Bala JD, Al-Amery RM., 2015, Solar disinfection and lime stabilization processes for reduction of pathogenic bacteria in sewage effluents and biosolids for agricultural purposes in Yemen. J Water Reuse Des 5(3):419–429.
[53] Laliberte, G., Proulx, D., De Pauw, N. and De La Noüe, J. 1994. "Algal Technology in Wastewater Treatment". Editörler: Kausch, H. and. Lampert, W. Advances in Limnology. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Sayfa: 283-382.
[54] Pittman, J. K., Dean, A. P., vd. 2011. "The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources." Bioresource Technology 102(1), 17-25.
[55] Andreev, K., Kantorov, V.. and Bongaarts,J. 2013. "Demographic Components of Future Population" Growth. Population Division Technical Paper No. 2013/3 United Nations New York.
[56] Amponsah N.Y., Troldborg M., Kington B., Aalders I., Hough R.L., 2014, Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations, Renewable Sustainable Energy Rev., 39, 461-475.
[57] Singh B., Guldhe A., Rawat I., Bux F., 2014 Towards a sustainable approach for development of biodiesel from plant and microalgae, Renewable Sustainable Energy Rev., 29, 216-245.
[58] Pragya N., Pandey K.K., Sahoo P.K., 2013. A review on harvesting, oil extraction and biofuels production technologies from microalgae, Renewable Sustainable Energy Rev., 24, 159-171.
[59] Soydemir G., 2016 Atiksu Ortamında Yetiştirilen Mikroalglerin Yağının Karakterizasyonu ve Değerlendirilmesi. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilim. Ens. D.Tezi.142 sayfa.
[60] Dragone G, Fernandes B, Vicente AA, Teixeira JA. Third generation biofuels from microalgae. Applied Microbiology. 2010;:1355-1366.
[61] Benemann, J., Pursoff, P. ve Oswald, W. J., 1978. *Engineering design and cost analysis of a large-scale microalgae biomass system* [Final Report to the US Department of Energy (NTIS# HCP/T1605-01 UC-61)].
[62] Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J. ve Roessler, P., 1998. *A look back at the U.S. Department of Energy's aquatic species program-biodiesel from algae* [http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf].
[63] Deng X., Li Y., Fei X., 2009, Microalgae: A promising feedstock for biodiesel, African Journal of Microbiology Research, 3 (13), 1008-1014.
[64] Chisti Y., Yan J., 2011. Energy from algae: Current status and future trends: Algal biofuels – A status report, Appl. Energy, 88 (10), 3277-3279.
[65] Hossain A.S., Salleh A., Boyce A.N., Chowdhury P., Naqiuddin M., 2008. Biodiesel fuel production from algae as renewable energy, Am. J. Biochem. Biotechnol., 4 (3), 250-254.
[66] Cheng J., Huang R., Li T., Zhou J., Cen K. 2014. Biodiesel from wet microalgae: Extraction with hexane after the

microwave-assisted transesterification of lipids, Bioresour. Technol., 170, 69-75.
[67] Ma G., Hu W., Pei H., Jiang L., Song M., Mu R. 2015. In situ heterogeneous transesterification of microalgae using combined ultrasound and microwave irradiation, Energy Convers. Manage., 90, 41-46.
[68] Oncel S.S.2013. Microalgae for a macroenergy world, Renewable Sustainable Energy Rev., 26, 241-264.
[69] Bahadar A., Bilal Khan M., 2013. Progress in energy from microalgae: A review, Renewable Sustainable Energy Rev., 27, 128-148.
[70] AEBIOM. 2011. Annual Statistical Report on the Contribution of Biomass to the Energy System in the EU27 [Internet]. Brussels: 2011. erişim: http://form.jotform.com/form/12090607658.
[71] Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi., 2010. "Enerji". İnternet sitesi: http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm =384&id=384).
[72] Anonim, 2017. Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Katynaklar Görünümü, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Sayı 15, 1 Ocak 2017, Ankara.
[73] Anonim, 2015. TürkiyeBiyoteknoloji StratejiBelgesiveEylemPlanı2015-2018, Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, MAYIS, 2015, 68 SAYFA)
[74] Say AN, Keriş ÜD, Şen Ü, Gürol M. 2010. Mikroalglerden Biyokütle Üretimi ve Türkiye. In: 8. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES'10). Bursa:. p. 263-271.
[75] Eliçin, K, Koç, C., Gezici, M, Gürhan, R. 2013. Biyoyakıt Amaçlı Nannochloropsis Salina Mikroalg Türünün Bazı Yetiştirme Parametrelerinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 9(2): 99-107

KARIŞIK ATIKSULARIN MİKROALG KÜLTÜRÜNDE KULLANIMI

USE OF MIXED WASTEWATERS IN MICROALGAE CULTURE

Göknur ŞİŞMAN AYDIN[1]
Kemal ŞİMŞEK[2]

[1,2] Deniz ve İçsu Bilimleri & Teknolojisi Bölümü, Su Ürünleri Fakültesi,
Ege Üniversitesi,İzmir Türkiye

Özet

Bu çalışmanın amacı, karışık atıksuların (evsel, tekstil ve süt) mikroalg biyokütle eldesinde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Çalışmada kullanılan karışık atıksu; evsel, tekstil ve süt endüstrisi atıksularının birlikte arıtıldığı bir arıtıma tesisinin dört farklı noktasından (giriş, dengeleme çıkış, aktif çamur çıkış, çıkış) alınan örnekler ile yapılmıştır. Denemeler kesikli kültür sisteminde, 5 L'lik şişelerde 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, tatlı su mikroalgi Chroococcus turgidus (Kützing, 1849) türü kullanılmıştır. Klorofil-a ve b tabanlı mikroalg büyümesi ve spesifik büyüme hızındaki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; C. turgidus türü karışık atıksulara iyi adapte olmuş ve en yüksek büyüme hızına, çıkış suyu denemesinde ulaşmıştır. C. turgidus Chl a tabanlı büyüme hızı 1,64±0,003 gün^{-1} olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, C. turgidus karışık atıksuların biyoremediasyon işlemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, karışık atıksuların mikroalg biyokütlesi elde etmek için kullanılabileceği gösterilmiştir. Elde edilen bu sonuç, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kaynak yönetimi için oldukça önemlidir.

Anahtar kelimeler:
Karışık atıksu, mikroalg, büyüme

Abstract

The purpose of this study is to investigate the usability of mixed wastewater (domestic, textile and milk) in microalgae biomass. For this reason, the mixed wastewater used in this study was made with wastewater taken from four different points of the treatment plant (raw wastewater, active sludge influent, activated sludge effluent, discharge effluent). The experiments were carried out in a batch culture system, in 5 L bottles triplicates. In this study, freshwater microalgae species Chroococcus turgidus (Kützing, 1849) was used. Chlorophyll-a and b-based microalgae growth and changes in specific growth rates were investigated. According to the results obtained, the species were adapted well to the mixed wastewater. The highest specific growth rate of C. turgidus was obtained from the plant effluent. Chl-a growth rate of species was significantly higher (1,64 ± 0,003 days^{-1}) than the control group. As a result, it has been shown that C. turgidus and G. radiata can be used in mixed wastewaters bioremediation processes. Besides, it has been shown that mixed wastewater can be used to obtain microalgae biomass. These results are very important for sustainable environment and sustainable resource management.

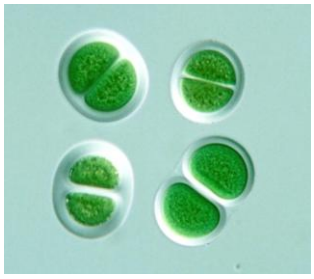
Keywords:
Mixed wastewater, microalgae, growth

1. Giriş

Dünya çapında temiz suyun kullanım alanları evsel, endüstriyel ve tarım alanında kullanılmaktadır. Kullanılan temiz suyun her farklı bir alanda belirli proseslerden geçerek büyük bir kısmı atık su şeklinde alıcı ortama (okyanus, deniz, göl ve gölet gibi) deşarj edilmektedir. Tüm atıksuların ortak bir alana deşarj edilmesi sonucu ekolojik denge bozukluğuna yol açmaktadır. Özellikle endüstriyel alanda en çok kirlilik yaratan sektörler süt işletmeleri atık suyu ve tekstil sanayisi atık suyudur. Dünya genelinde suyu en çok tüketen ülkelerden biri Hindistan olup kullanılan günlük temiz su miktarı ortalama 1,6 milyar m^3 'ün üzerindedir. (CSE, 2006). Ülkemizin su kullanım dağılımına bakıldığında %75 tarımsal sulama, %15 evsel kullanım, %11 sanayide kullanılmaktadır.(T. Yıldız, 2014).

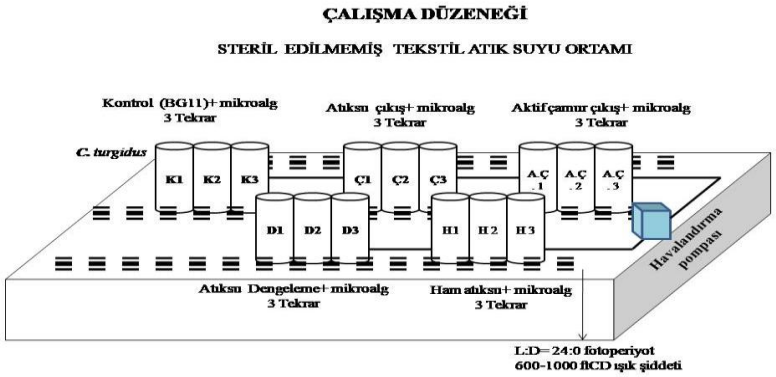
2. Yöntem

Çalışmada kullanılan tatlı su mikroalg türü *Chroococcus turgidus* (Kützing, 1849) Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ekoteknoloji Laboratuvarından temin edilmiştir (Şekil 1.). Doğal ortamdan izole edilerek kullanılan *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli 1849 türü *Cyanobacteria* Filumuna aittir. *C. turgidus* bazen kaba granüle, 4-40 µm. boyutları arasında değişen oval veya çubuk şekilli, kılıf kalınlığı 2-6 µm arasında değişen, katmanlı jelatinimsi kılıf ile kaplı 2-8 hücrelerin koloni mikroorganizmalardır. Tek hücreli bir organizma olan *Chroococcus turgidus*, parlak mavi-yeşil renktedir ve. dış kılıf içinde mikroskobik koloniler belirsiz trikomlarla bulunur. *C. turgidus* genellikle iki, dört veya sekiz hücreli kolonilerde, fotosentetik pigmentler içeren şeffaf koruyucu bir kılıf ile bulunur. Tüm siyanobakteriler gibi, *C. turgidus* bir prokaryottur ve bu nedenle ökaryotların membranöz organellerinden yoksundur. Habitat olarak göl ve nehir tabanlarının çamurunu tercih eder.



Şekil 1.*C. turgidus* türünün mikroskop altındaki görüntüsü
(http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Prokaryotes/Chroococcaceae/Chroococcus/turgidus/sp_18.html)

Çalışma, Aydın Söke'de bulunan karışık atıksu (evsel, tekstil ve süt) arıtma tesisinin dört farklı noktasından (ham, dengeleme, aktif çamur çıkış, çıkış) alınan örneklerle ile gerçekleştirilmiştir. Denemeler kesikli kültür sisteminde, 5 L'lik şişelerde 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Sürekli havalandırma ve aydınlatmada, (L:D= 24:0) ve 600-1200 ftCD ışık şiddetinde gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu hariç (steril edilmiş BG11 besi yeri, atıksu örnekleri için herhangi bir atık su süzme işlemi ve sterilizasyon uygulanmamıştır) aşağıdaki Şekil 2' de düzenek oluşturulmuştur.



Şekil. 2. Çalışma düzeneği

Büyüme hesaplamaları Guillard (1973)'e göre yapılmıştır.

$$\mu = 1/(t_2 - t_1) * \log_2 (N_2/N_1)$$

μ: Spesifik büyüme hızı, **N_1:** Üssel büyüme fazının başlangıcındaki Chl *a, b* değeri, µg/lt, **N_2:** Üssel büyüme fazının sonundaki Chl *a,b* değreri, µg/lt, **t_1:** N_1 değerinin tayin edildiği zaman dilimi, **t_2:** N_2 değerinin tayin edildiği zaman dilimi olarak ifade edilmiştir

3. Bulgular ve Tartışma

Karışık atıksu örneklerinin H (ham), D (dengeleme), A.Ç.Ç (aktif çamur çıkış) ve Ç (çıkış) noktasından alınan atıksuların sıcaklık, pH, Ç.O, tuzluluk ve iletkenlik değerleri Tablo. 1' de gösterilmiştir. Yapılan 15 günlük deneme sonucunda elde edilen verilere göre, *C. turgidus* Chl a grafiğine (Şekil. 3a) ve büyüme fazlarına bakıldığında (Tablo. 2) Ç (çıkış) 0-4. gün, A.Ç.Ç (aktif çamur çıkış) 0-8. gün, H (ham) 0-6. gün arasında gerçekleşen büyüme kontrol grubuyla benzer artış görülmektedir. D (dengeleme) denemesinde 0-3 gün arasında lag fazı, 3-9. gün arasında ise exponansiyel büyüme fazı görülmüştür.

TABLO 1. Karışık atık su karekterizasyonu

	H	D	A.Ç.Ç	Ç
T(°C)	32,4	32,9	25,5	24,0
pH	9,360	8,430	7.970	7,860
Ç.O (mg/L	7,10	2,40	6,05	7,22
‰S	3,9	3,1	3,3	3,3
İletkenlik (ms/cm)	7,12	5,61	6,11	6,07
Chl a (µg/L)	8,874	14,13	7,383	3,428
Chl b (µg/L)	5,627	11,89	5,260	3,227

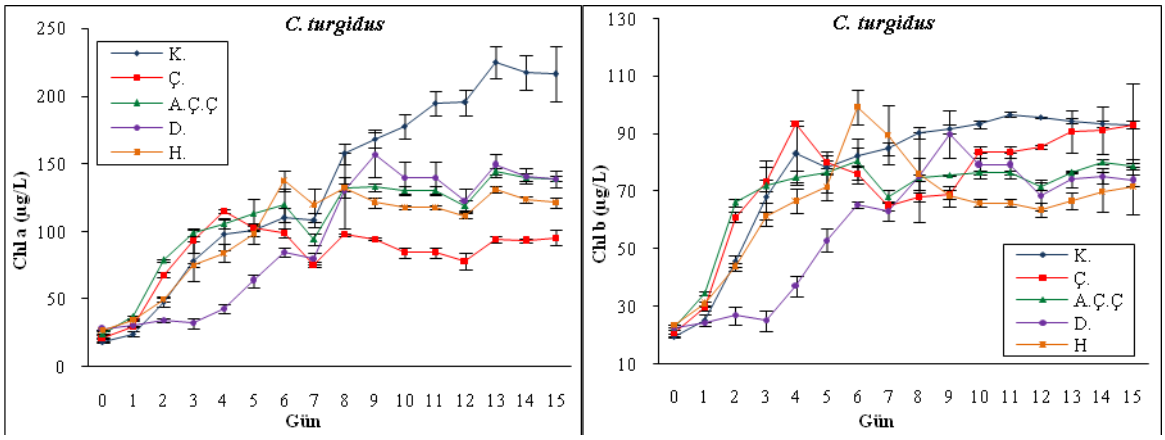
TABLO.2 *C. turgidus* mikroalg türüne ait Chl a ve Chl b' ye bağlı günlük büyüme fazları

	Chl a				Chl b			
GÜN	**Lag Phase**	**Exp. Phase**	**Str. Phase**	**Dead Phase**	**Lag Phase**	**Exp. Phase**	**Str. Phase**	**Dead Phase**
K	-	0-13	-	13-15	-	0-4	4-15	-
Ç	-	0-4	4-15	-	-	0-4	-	4-15
A.Ç.Ç	-	0-8	8-15	-	-	0-6	6-15	-
D	0-3	3-9	9-15	-	0-3	3-9	-	9-15
H	-	0-6	6-15	-	-	0-6	-	6-15

TABLO.3 *C. turgidus* mikroalg türüne ait Chl a ve Chl b' ye bağlı bağlı büyüme kotaları ve spesifik büyüme hızı

	C. turgidus *Başlangıç Chl a değeri ≈25 µg/L*				
	K (BG11)	**Ç**	**A.Ç.Ç**	**D**	**H**
max Chl *a* (µg/L)	217,2±20,4	115,2±1,21	144,1±2,33	148,8±8,49	132,4±7,84
μ_{exp} Chl *a* (gün^{-1})	0,59±0,27	1,64±0,003	0,85±0,18	1,16±0,61	1,13±0,48
max Chl *b* (µg/L)	96,7±0,79	93,5±2,34	80,1±0,94	89,9±8,2	99,3±6,09
μ_{exp} Chl *b* (gün^{-1})	1,50±0,81	1,55±0,010	0,98±0,47	1,003±0,37	1,04±0,43

Chl a kotası en yüksek grubundan 217,2±20,4 µg/L ile K (kontrol) grubundan elde edilmiştir (Tablo.3). İkinci en büyük Chl a kotasına sahip olan D (dengeleme) denemsinde 148,8±8,49 µg/L elde edilmiştir. Chl a kotası büyükten küçüğe sıralandığında K>D>A.Ç.Ç>H>Ç'dir. *C. turgidus* Chl a spesifik büyüme hızları sıralandığında Ç>D>H>A.Ç.Ç>K şeklinde dir. Spesifik büyüme hızı (Tablo.3) Ç denemesi 1,64±0,03 gün^{-1} iken K denemesinde 0,59±0,27'dir.



Şekil. 3. (a) *C. turgidus* Chl a ve (b) Chl b' ye bağlı K(Kontrol), Ç(Çıkış) ve A.Ç.Ç(Aktif Çamur Çıkış), D(Dengeleme) veH(Ham) ortamlarındaki büyümesi

C. turgidus için Chl b büyüme eğrisine (Şekil. 3b) bakıldığında Chl a' daki artışa benzer bir artış eğrisi gözlenmiştir, fakat K grubu Chlb eğrisi Chl a daki gibi sadece 0-4 gün arasında benzerlik göstermiştir. Chl b kotası (Tablo.3) en yüksek H denemsinde 99,3±6,09 µg/L, ikinci en yüksek Chl b kotası ise K denemesinde 96,7±0,79 gözlemlenmiştir. Chl b kotası büyükten küçüğe sıralandığında H>K>Ç>D>A.Ç.Ç şeklinde tespit edilmiştir. *C. turgidus* Chl b spesifik büyüme hızları (Tablo.3) sıralandığında Ç>K>H>D>A.Ç.Ç şeklinde dir. Chl b spesifik büyüme hızı Ç denemesi 1,55±0,010 gün^{-1} iken K denemesinde 1,50±0,81'dir.

4. Sonuç

Sonuç olarak *C. turgidus* mikroalg türü karma atıksu içerisinde olumlu bir büyüme göstermiştir. K denemesinde 13-15 günler arasında Chl a büyümesinde düşüş gözlemlenirken diğer Ç, A.Ç.Ç, D ve H denemelerinde 15. günün sonuna kadar saturasyon fazda kalmıştır. Büyüme devam ettirilebilmesi için karma atıksu ortamlarına besin takviyesi yapılabilir. En yüksek büyüme D denemesinde gözlemlenmiştir faka 0-3 günler arasında lag faz gözlemlendiği için *C. turgidus* kültürü zaman kazancı açısından olumlu görülmemiştir. H (ham) denemesi tercih edilmemesi yüksek sıcaklık ve yüksek pH kriterlerine sahip olduğundan mikroalg hücre ölümüne sebep olabilir. En iyi kültürü yapılabilir ortam şartları bakımında A.Ç.Ç denemesi gözlemlenmiştir. Diğer çalışmalarda evsel ve endüstriyel atıksu arıtım çalışmlarında kullanılan *Golenkinia radiata, Oscystis. solitaria, Nitzschia umbonata,* benzer bir büyüme göstermiştir (Şişman Aydın ve Şimşek, 2018) Şişman Aydın ve Gam, 2018' çalışmalarında evsel atık su arıtımında mikroalglerin kullanımı sonucu mikroalglerin yağ içeriğinde etkin bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Şişman Aydın, 2017, çalışmasında gerek endüstriyel gerekse evsel atıksu arıtımında kullanılarak atık suların geri kazanımı sağlanabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışma *C. turgidus* mikroalg türünün karışık atıksuların (evsel ve endüstriyel) türün kültüründe kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Bu sonuç, biyodizel üretimi için gerekli olan su kaynağı olarak, karışık atıksuların ileride kullanılabilecek bir alternatif olabileceğini ve karışık atksuların atıksu arıtma ve biyoremediasyon proseslerinde potansiyel bir material olabileceğini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi 18 SUF 012.nolu proje ile desteklenmiştir.

5. Referanslar

[1] CSE., 2006, Study on pollution of Bandi river by textile industries in Pali town, Centre for Science and Environment, New Delhi, and "Socio-Economic, Environmental and Clean Technology Aspects of Textile Industries in Tiruppur, South India", Prakash Nelliyat, Madras School of Economics.

[2] T, Yıldız., 2014, "Tekstil Sektörü Su Sorunu ve Su İhtiyacı", http://slideplayer.biz.tr/slide/2284190/. (Son erişim tarihi: 26.12.2017).

[3] Orhon, D., Kabdasli, I., Germirli Babuna, F., Sozen,S., Dulkadiroglu, H., Dogruel, S., Karahan, O. Ve Insel, G., (2003). Wastewater reuse for the minimization of fresh water demand in coastal reasselected cases from the textile finishing industry, Journal of Environmental Science and Health A 38, 1641-1657.

[4] Guillard R.R.L., 1973, Divition Rates, Handbook of Phycological Methods-Culture Methods and Growth Measurements, Cambridge University Press, Chapter 19, pp 289-311.

[5] Guillard R.R.L., 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. in: Culture of marine invertebrate animals. W. L. Smith & M.H. Chanley (eds.), Plenum Press, New York, 26–60.

[6] Kuhl, A. and Lorenzen, H., 1964, Handling and culturing of Chlorella, - In: Preston, D.M. (ed.): Methods of cell physiology, Academic Press, London, Vol. 1: p. 159-187

[7] Rippka, R. and Herdman, H., 1992, Pasteur Culture Collection of Cyanobacteria Catalogue & Taxonomic Handbook, Institut Pasteur, 1. Catalogue of Strains, Paris.

[8] Stanier, R.Y., Kunisawa, R., Mandel, M. & Cohen-Bazire, G., 1974, Purification and properties of unicellular bluegreen algae (order Chroococcales), Bateriologoical Reviews, 35(2): 171-205 pp.

[9] Azov. Y. and Shelef. G, 1987, The Effect of pH on the Performance of High-Rate Oxidation Ponds, Water Science and Technology, vol. 19 (12) 381-383.

[10] Şişman., G, Şimşek. K., 2017, Kesikli Sistemde Fitoplanktonik Organizma Kullanarak Atıksu Arıtımının Araştırılması, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projei, Proje no; 014-SÜF-010, Sayfa; 52.

[11] Elumalai, S. and Saravanan, G.K. 2016, " The Role of Microalgae In Textile Dye Industrial Waste Water Recycle (Phycoremediation)" International Journal of Pharma and Bio Sciences, 7(4): (B) 662 - 673.

[12] Abdel-Raouf N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem I.B.M. 2012. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences, 19 (3): 257–275

[13] Christian B. Sekomo, Diederik P.L. Rousseau, Saleh A. Saleh, Piet N.L. Lens, 2012, Heavy metal removal in duckweed and algae ponds as a polishing step for textile wastewater treatment, Ecological Engineering vol 44 102– 110.

[14] Borowitzka MA. Limits to growth, in Wastewater treatment with algae. In: Wong YS, Tam NFY, Editors. Springer Verlag. 1998. p. 203–226.

[15] Chevalier P, Proulx D, Lessard P, Vincent WF and De la Noüe J. Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cyanobacteria for potential use in tertiary wastewater treatment. J Appl Phycol. 2000.12: 105-112.

[16] Şimşek. K., Şişman Aydın H.G., "Tekstil Endüstrisi Atıksularının Mikroalg Kültüründe Kullanımı", Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, AYDIN, TÜRKİYE, 26-28 Ekim 2018, pps-s

[17] Şişman Aydın H.G., "Bizi Mikroalg Kurtaracak", Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, AYDIN, TÜRKİYE, 26-28 Ekim 2018, pps-s.

[18] Şişman Aydın H.G., "Bioremediation Approach to Watewater Recovery: Example of Microalgae.", 2nd INTERNATIONAL WATER AND HEALTH CONGRESS, ANTALYA, TÜRKİYE, 13-17 Şubat 2017, pp.----

[19] Baltaş M., Şişman Aydın H.G., Şimşek K., 2017, "Effects of Clinoptilolite and Mordenite on Growth of *Chlorella marina* (Butcher, 1952).", International Journal of Research and Innovations in Earth Science Volume 4, Issue 6, ISSN (Online): 2394-1375

[20] Şişman Aydın. H.G., Gam B., 2018, " Fitoplankton Yağ İçeriğinde Evsel Atıksu Beslemesinin Etkilerinin Araştırılması.", Ege Üniversitesi BAP 014 SUF 030. pp----

[21] Şişman Aydın. H.G., Şimşek K., 2017, "Kesikli Sistemde Fitoplanktonik Organizma Kullanılarak Atıksu Arıtımının Araştırılması", Ege Üniversitesi BAP 014 SUF 010. pp---

EKO-ETİKETLEME VE TÜRKİYE

ECO-LABELING AND TURKEY

Göknur ŞİŞMAN AYDIN
Deniz ve İçsu Bilimleri & Teknolojisi Bölümü, Su Ürünleri Fakültesi,
Ege Üniversitesi,İzmir Türkiye,

Özet

Eko-etiket sistemi, tüketiciler için tasarlanmış olup, daha yeşil ürün ve hizmetleri ayırt edebilmelerine yardımcı olmak amacıyla başlatılmış gönüllülük esasına dayanan bir sertifikalandırma uygulamasıdır. Çevre etiketi (Eko- etiket), gıda, içecek, ilaç ve tıbbi ürünler dışındaki alanlarda herhangi bir hizmet ya da ürün için verilebilmektedir. 1996 yılı itibariyle 6 ürüne verilmiştir. 2018 yılında 2091 adet ürün-hizmete eko-etiket lisansı verilmiş ve hergeçen gün gelişen ürün yelpazesiyle lisans sayısı artmaya devam etmektedir. Eko-etiket uygulamasının kullanımda olduğu 35 ürün grubu bulunmakla birlikte, eko-etiket belli kriterler çerçevesinde verilebilmektedir. Bu çalışma ile, eko-etiket kavramı, gelişim süreci, temel felsefesi, faydaları, konularını ve bu konuda Türkiye'deki son gelişmeleri incelemek amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler:

Eko-etiket, çevre etiketi,çevre standardı, çevre yönetimi

Abstract

The eco-label system is a volunteer-based certification application designed to help consumers distinguish more green products and services. Environmental labeling (Eco-label) can be given for any service or product in areas other than food, beverages, medicines and medicinal products. As of 1996, 6 products were given. In 2018, 2,091 product-service eco-label licenses were granted and the number of licenses continued to increase with the product range that developed every day. Although there are 35 product groups in which eco-label application is in use, eco-label can be given under certain criteria. With this study, the concept of eco-label, the development process, the fundamental philosophy, benefits, aimed to examine issues and latest developments in this field in Turkey.

Keywords:

Eco-label, environmental label, environmental standard, environmental management

1. Giriş

Nüfusun hızla artışı, endüstrileşmedeki teknolojik gelişmeler, bilinçsiz enerji tüketimi, artan enerji arzı, su kirliliği, fosil yakıtların çevresel etkileri gibi problemler, var olan doğal kaynakların hızla tükenmesine, kirlenmesine ve küresel ısınma gibi önemli sorunlara neden olmaktadır. Üretim ve tüketimden kaynaklı atıkların önlem alınmadan doğaya atılması çevre kirliliğinin daha da arttırmaktadır. Çevre kirliliğinin önüne geçmek için geliştirilen birçok yöntem, teknik ve yasal yaptırımlar mevcuttur. Eko standartlar, çevresel problemleri konu alan ve son dönemlerde üzerinde sıkça durulan standartlar olup, çevre yönetim sistemlerinin bir parçasıdır.

Bu derleme çalışmasıyla, eko-etiket kavramı, gelişim süreci, temel felsefesi, faydaları, süreç yönetimi ve ülkemizde sektörel bazda kullanım potansiyelleri konularını açıklamak amaçlanmıştır. Bu konudaki ulusal ve uluslararası sistem çerçevesi incelenmiştir.

2. Eko-etiket kavramı ve temel prensipleri

Artan çevre kirliliği, bilinçsiz enerji tüketimi ve küresel ısınma gibi problemler insanoğlunun çevresel konularda hassasiyetini arttırmıştır. Bu nedenle standardizasyon, ürünlerin üretim sürecinden atık haline gelip bertarafına, alınan hizmetlerden planlamaya kadar akla gelebilecek her çevresel ve sosyal konuyu bünyesine alacak şekilde gelişmektedir. Çevresel problemleri konu alan bir çeşit eko standardizasyon aracı olan yeşil etiketler, prensipler ve yerleşik kriterlere bağlı olarak geliştirilmiştir. Eko-etiket sistemi, sürdürülebilir çevre hedefleri doğrultusunda, yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri azaltılmış ürün veya hizmetleri teşvik etmek, tüketicilere doğru ve bilimsel temeli olan bilgi akışını sağlamak için gönüllülük esaslı çevre etiketi sistemi oluşturmak amacıyla geliştirilmiş bir sertifikasyon sistemidir. Eko-etiket sistemi, tüketiciler için tasarlanmış olup, daha yeşil ürün ve hizmetleri ayırt edebilmelerine yardımcı olmak amacıyla başlatılmış bir uygulamadır.Genel olarak EKO-ETİKET [1];

- Çevre etiketi olarak da bilinir
- Çevreye olan zararlı etkileri düşük, ürün ve hizmetlerde kullanılabilen bir etikettir.
- Bir ürünün çevresel yönleri belirtmek için bir iddiası vardır
- Bir ürüne bağlı çevre profillerinin bir sembol, logo, metin veya veri sayfası şeklinde tasarlanması şeklinde olabilir (Şekil 1)
- Eko- etiketleme ürünlerin üretimi, pazarlaması ve tüketiminde artan bir güçtür.
- Gönüllülük esasına dayananır ve tüketicilerin çevre dostu ürünlere yönelmesini teşvik eder

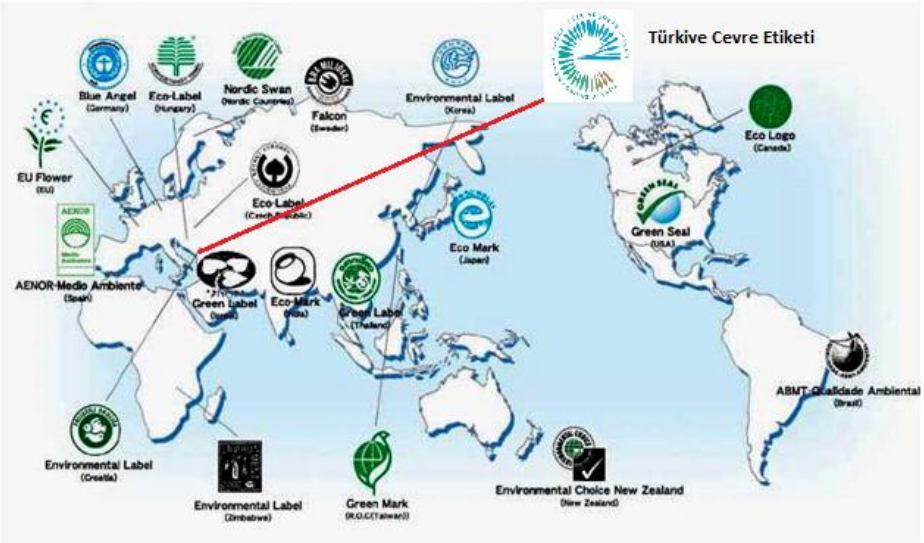
Bir çeşit eko standardizasyon aracı olan yeşil etiketler, prensipler ve yerleşik kriterlere bağlı olarak geliştirilmiştir ve çevresel problemleri çözmeye yarayan araçlar olarak görülmektedirler [2]. Eko standartlara en iyi örnek Çevre Yönetim Sistemlerinden ISO 14000 verilebilir. Bu standart, dünyanın en çok bilinen gönüllülük esasına dayanan girişimlerinden birisidir. Bunun yanı sıra, eko-etiket de son 25 yılda hızla yaygınlaşmaya başlayan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tip eko-standartlar piyasa tabanlı ve tüketici odaklı olmasının yanı sıra farklı semboller ile birbirinden ayırt edilmektedir.

3. Eko-etiketin Tarihsel Gelişimi

Çevre dostu üretim için Eko-etiket uygulamaları tüm dünyada 1970 lerde ortaya çıkmış ve giderek artan bir grafik izleyerek pazar payını genişletmiştir. İlk çevre-etiketli ürünler"Blue Angel" logosuyla 1978 yılında Almanya'da satışa sunulmuştur[3][4]. Daha sonra, 1989 yılında İskandinav Ülkeleri Konseyi "Blue Angel" modelini örnek alarak, "Nordic Swan" adlı eko-etiket oluşumu ile İskandinav ülkelerinde eko-etiket uygulamasını kurmuşlar ve uygulamayı çok uluslu boyuta taşımışlardır[2]. Eko etiketleme küresel olarak, 1992 yılında Birleşmiş Milletlerin Rio'da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda "*Tüketicilerin bilinçli seçimler yapmasına yardımcı olmak için tasarlanmış çevresel etiketleme ve diğer çevre ile ilgili ürün bilgileri programlarının yaygınlaştırılmasını teşvik edilmesi*" şeklinde tanımlanarak kabul edilmiştir [5] [6].

Avrupa Birliği'nde (AB) ise, Eko-Etiket fikri ilk olarak 1987 yılında ortaya atılmış, üç yıllık bir süreçten sonra AB Bakanlar Konseyi'nin 23 Mart 1992 tarihli ve 880 sayılı Tüzüğüyle yasallaşıp yürürlüğe girmiştir [7] [8]. Hedefi, AB tek pazarına satış yapan şirketlerin kullanabileceği ve tüketicilerin güvenini kazanabilecek Avrupa çapında gönüllü bir Çevresel Etiketleme Sistemi oluşturmaktır. Amacı, daha sürdürülebilir bir tüketime ve üretime teşvik etmek ve bu nedenle Yeşil Kamu Alımı ve Çevreye Duyarlı Tasarım1 gibi diğer ürün temelli AB politikaları ile bağlantılıdır [9] [10]. 1992 den beri, eko-etiketleme programları ürün ve sektörlerden geniş bir yelpazede, en çok sanayileşmiş ülkelerde geliştirilmiştir. Bu süreçte, 1996 yılı itibariyle 6 ürüne verilen AB eko-etiketi, 2010 yılında 1152 adet ürün gurubuna verilmiştir [11]. 2010 yılında mevzuat gözden geçirilerek düzenlenmiş ve 66/2010/EC sayılı Eko-Etiket Tüzüğü olarak yürürlüğe konulmuştur [12] 2011 yılı itibariyle 1357 ürün ve hizmete eko-etiket lisansı verilmiştir. [13] Bugün AB Eko-Etiketi çok geniş bir ürün ve hizmet yelpazesini kapsamakta olup, yeni gruplar sürekli olarak ilave edilmektedir., AB eko etiketi alan ülkelerin başında İspanya, İtalya ve Fransa gelmektedir [14]. Mart 2018 itibariyle 70.099 ürün ve hizmet için 2,091 AB Eko-Etiketi lisansı verilmiştir [14] .Ticari olmayan aynı zamanda tüm 27 Avrupa Birliği ülkesinin yanında Norveç, İzlanda ve Lüksemburg'da da geçerliliği olan tek etikettir.[15]

Eko etiketler piyasa tabanlı ve tüketici odaklı olmasının yanı sıra farklı semboller ile birbirinden ayırt edilmektedir (Şekil 1). Dünya çapında saptanabilen 431 kadar eko-etiketleme uygulaması olduğu bilinmektedir. AB Eko etiket uygulamasının kullanımda olduğu 35 ürün grubu vardır ve belli kriterler çerçevesinde verilmektedir [8][16]. Ürün grupları: kişisel bakım ürünleri, temizlik ürünleri, giyim ve tekstil, yapı malzemeleri, elektronik ekipman, yer kaplamaları, mobilyalar, bahçe ürünleri, ev aletleri, yağlayıcılar, ev eşyaları, kağıtürünleri, tatil ve konaklama şekilinde sıralanabilir [16]. AB Eko-etiketleme sisteminde gıda ürünlerine eko etiket verilememekte olup, yalnızca organik sertifikası verilmektedir. Avrupa Birliği Eko-etiketi (Eco-labeling), bir çiçek amblemi ile simgelenir ve üretim ve tüketim araçlarının çevreye saygılı olduğunu ifade eder. Türkiye'nin Çevre Etiketi ise 2018 yılında belirlenmiş ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tanıtımı yapılmıştır.



Şekil 1. Dünya çapında eko-etiketleme logolarına örnekler

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 90lı yıllarda çevre etiketleri ile ilgili bir dizi rehberlik standartlarını geliştirmiştir. Çevresel etiketleme sistemlerinin bir parçası olan Eko-etiketler, Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO)'nun tanımladığı üç etiketleme yönteminden biridir. ISO 'nun tanımladığı üç etiketleme sistemi mevcuttur [1]:

TİP 1: Gönüllü, çoklu ölçüte dayanan ve üçüncü taraflarca, yaşam döngüsü ilkelerine uygun ürün kategorileri içinde çevresel tercih edilebilirliğe sahip ürünleri ödüllendiren programlar,

TİP 2: Üreticilerin ve tedarikçilerin kendilerinin beyan ettikleri ve çoğunlukla tanıtımlarında kullandıkları çevresel iddiaları belgelendiren programlar,

TİP 3: Kalifiye bir üçüncü tarafça önceden belirlenmiş sayısal ölçütler kapsamında gönüllü olarak, yaşam döngüsü temelinde sayısal ölçütleri belirleyen ya da başka bir üçüncü tarafça onaylanan tip programlar şeklindedir.

Günümüzde kullanılan çoğu Eko etiket, Tip 1 etiketler sınıfına girmektedir. İkinci tarafın etiketleme sürecine dâhil olduğu Tip 1 ve Tip 3 etiketleme türlerinde, kriterler ve uyum teyidi endüstri temsilcileri veya üçüncü taraflar aracılığıyla belirlenir. Üçüncü tarafın etiketleme sürecine dâhil olduğu Tip 1 etiketleme türü, ilgili endüstriyel sektörlerin dışındaki bağımsız taraflar/paydaşlar tarafından gerçekleştirilir. Etiket düzenleme ile sorumlu olan taraflar kriterleri belirlemekle sorumludur. Bağımsız olması dolayısıyla, üçüncü tarafın etiketleme düzeninden sorumlu olduğu senaryo daha güvenilir ve güçlü olarak algılanmaktadır. Tüm etiket çeşitlerinin ortak özelliği çevre dostu ürünler ile pazarda talep oluşturmaktır. Birinci tarafın yer aldığı etiketleme sürecinde ise, üreticiler veya satıcılar tarafından oluşturulabilir. Bu tip etiketlemede belirli çevresel, gıda kalitesi ve sağlık gibi hususları kapsayan konular bir yeterlik beyanı niteliğindedir ve Tip 2 etiketleme olarak görülebilir [17].

4. Türkiye Çevre Etiketi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, müktesebata uyum için kapasite geliştirme kapsamında "Türkiye Ulusal Çevre Etiketi Altyapı Projesi"'sini Temmuz 2013 – Ekim 2014 tarihleri arasında yürütmüştür [18]. Proje'nin uygulamasında sistemin EMAS'a (Çevre Yönetim ve Denetim Sistemi) uygun hale getirilmesi ve USÖ (ISO) / EN 14000 standartlar grubunun tüm şartlarının karşılanması ve ilgili Bakanlıklar için Yaşam Döngüsü Analizine (LCA) yönelik olarak LCI (Yaşam Döngüsü Etkisi) veritabanlarına erişim sağlanması önerilmiştir [18]. Ayrıca, Türkiye'de Çevresel Ürün Beyanı (EPD) olarak adlandırılan ISO 14025 Tip III Etiketleme Sistemi 2012 yılında kurulmuştur ve Sürdürülebilir Üretim ArGe ve Tasarım Merkezi tarafından yürütülmektedir.

TABLO I. TÜRK ÜRETİCİLERİN ÇEVRE ETİKETLERİ VE ÜRÜNLER [13]

Ürün Grubu	Etiket Sayısı	Tipi	Ürün Sayısı
Elde Bulaşık Yıkama Deterjanları	1	AB Çevre Etiketi	14
	1	Nordic Swan	
Çok amaçlı ve sıhhi temizleyiciler	1	AB Çevre Etiketi	9
	1	Nordic Swan	
Durulanan (Rinse-off) Kozmetik ürünleri	1	AB Çevre Etiketi	1
Tekstil ürünleri	2	AB Çevre Etiketi	77
	3	Nordic Swan	
Sert Zemin Döşemeleri	1	AB Çevre Etiketi	3
	2	The Blue Angel	
Televizyonlar	2	AB Çevre Etiketi	13
Geri Dönüşümlü Plastikler	1	The Blue Angel	1
Kağıt Mendil	2	The Blue Angel	3
Toplam Etiket Sayısı	**18**		**121**

Türkiye'de AB Çevre Müktesebatını (EC 66/210 sayılı ve 25 Kasım 2009 tarihli Avrupa Parlementosu ve Konseyi Eko-Etiket Tüzüğü) uygulamak amacıyla, "Türkiye'de Çevre Etiket Sisteminin Kurulması Projesi" yapılmıştır. Papılan bu projeyle, "Ulusal Çevre Etiket Sistemi" kapsamında, Türkiye'de çevre koşullarını iyileştirmek, Uluslararası Çevre Etiket Sisteminin kurulmasında Türkiye'yi desteklemek ve Kurumsal Kapasitesinin oluşturulması sağlanması hedeflenmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen ve Merkezi Finans ve İhale Birimi'nin Sözleşme Makamı olduğu proje, 2017 Haziran başlamış ve Ocak 2018 tarihinde tamamlanmıştır. Bu proje kapsamında, Türkiye'deki birçok sektörde AB Eko Etiket faaliyetleri ve mevcut AB Eko Etiket sistemi açısından durumları incelenmiştir.

Eko Etiketleme için Hazır Olma Durumu, Eko Etiketleme İhtiyacı, ve Eko Etiketleme'nin Potansiyel Faydaları olmak üzere 3 ana ilkeye dayalı olarak, AB'de en çok sayıya sahip eko etiketli ürün grupları test edilmiş ve ülkemizdeki öncelikli sektör ve ürün grupları için bir sonuç alınmıştır. Ayrıca projede , eko-etiket sistemi hakkında kapasite oluşturulması, AB eko-etiket mevzuatı ve uygulaması hakkında gerçekleştirilen eğitimler, paydaşlarla işbirliği halinde Ulusal Eko-etiket mevzuatının AB mevzuatı ile uyumlu hale getirilmesi, seçilen üç sektörün Eko-etiket için hazır olma durumunu belirlemek için boşluk analizi yapılması ve taslak Eko-etiket mevzuatının hazırlanması yer almaktadır.

Türkiye'de az sayıda şirket, çok daha az sayıda ürün için AB Tip I Çevre Etiketleme Sistemi uyarınca etiket almayı başarmıştır (Tablo I) Proje uygulaması kapsamında Türkiye'de ilk kez tekstil, seramik ve kâğıt sektöründen üç farklı ürün için Çevre Etiketi uygulanacaktır. Kriterleri sağlayan, tekstil sektöründe 3, kâğıt sektöründe 2, seramik sektöründe 3 olmak üzere 7 firmanın ürünlerine çevre etiketi verilmiştir [18]. AB Eco-Label ve Türkiye Çevre Etiketi de ISO 14024 kapsamında Tip 1 etiketleme sisteminine girmektedir.

5. Sonuç

Türkiye'de bir Çevre Etiketlendirme Sistemi'nin kurulması hususunda önemli nedenlerden biri AB katılım sürecinde çevre mevzuatlarının uyumlulaştırılması hususunda Çevre Fasılı'nın gerekliliklerdir. Türkiye'nin endüstriyel kirlilik ve risk yönetimi alanlarındaki uyum düzeyi yıllar içerisinde gelişmekle birlikte, özellikle AB Çevre Yönetimi ve Denetim Sistemi (EMAS) ve Çevre Etiketleme başlıklarındaki aktarımlar henüz ilk aşamalardadır.

ISO 14024 standardında ve kılavuzluğunda olan AB Çevre Etiketi ve Küresel Çevre Etiketleme Ağı (GEN) için, Tip 1- ISO 14024 standardında Ulusal Türkiye Çevre Etiketi oluşturulmuştur. Başarılı bir Ulusal Çevre Etiketi uygulamasının önkoşulu, Çevre Etiketi Kurumu'nun kuruluşundan itibaren geniş bir paydaş katılımını temin etmektir. Türkiye Çevre Etiketi, piyasada üreticiden tüketiciye doğru çevresel bilgilendirmeyi sağlayacak ve iklim ve kirlilik tehditlerine karşı önlem alan şirketler için gelişen bir yeşil ekonomi ortamı oluşturacaktır. Sonuç itibariyle, bu sistemin devereye alınmasıyla; çevre, ürünleri için artan pazar payları ile üretici ve yeşil tercihleri için doğrulanmış çevresel bilgi alan tüketici olacaktır. Çevre Etiketi'nin sahip olduğu en önemli değerin etiketin güvenilirliği olduğu ve bunun için de kuruluşun esasları ve yetkinliğinin önem taşıdığı unutulmamalıdır.

6. Referanslar

[1] Kara, H. 2011, Eko-Etiket. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları III. ISBN: 978-975-6180-42-6

[2] Boström, M., Klintman, M. 2011. *Eco-standards, product labelling and green consumerism*. Houndmills: Palgrave MacMillan. 247 pages.

[3] Çaça, A. 2016. ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartlari İle Avrupa Birliği Çevre Etiketi Ve Aralarindaki İlişki: Türkiye'deki Uygulamalar. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.YL.Tezi. 245sayfa.

[4] Üçüncü, O. (2009). Turizmde Çevre Etiketi Olarak Mavi Bayrak. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

[5] United Nations Conference on Environment and Development (UNCED),Rio,1992

[6] Şişman-Aydin, G., 2013."Eko Etiket (Mükemmellik etiketi) ve Akuakültür", 17.Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. İstanbul.

[7] EU Comission, 1992. Council Regulation (EEC) No 880/92 of 23 March 1992 on a Community eco-label award scheme

[8] İMMİB, 2018. AB-Mevzuati-ve-Politikalari. http://ab.immib.org.tr/AB-Mevzuati-ve-Politikalari/Eko-etiket

[9] Sevinç, A. 2013 Yeşil Satin Alma Kriterleri Ve Yaklaşimi. Çevre Ve Şehircilik Bakanliği Strateji Geliştirme Başkanliği.Mali Hizmetler Uzmanliği Araştirma Raporu, 68 sayfa.

[10] Barut, N. 2017. İşletmelerde Yeşil Pazarlama. Hasan Kalyoncu üniversitesi Sosyal Bilimlerenstitüsü. Yl Tezi, 54 Sayfa

[11] Anonim, 2017a. Türkiye'de Ulusal Çevre Etiket Sisteminin Kurulması. Sözleşme N° DOGER/NELIT/TR2013/0740.10-2/SER/024. Sektör ve Ürün Seçimi Yaklaşımı ve Kriterleri. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ağustos ,2017

[12] EU, 2009. REGULATION (EC) No 66/2010 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the EU Ecolabel§ 6, 7, 8, 9, 10 *et seq.*

[13] Anonim, 2017b. Türkiye'de Ulusal Çevre Etiket Sisteminin Kurulması. Durum Analiz Raporu Revizyon 1. Sözleşme N° DOGER/NELIT/TR2013/0740.10-2/SER/024. Sektör ve Ürün Seçimi Yaklaşımı ve Kriterleri. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ağustos, 2017

[14] EU Comission, 2018, Environment- ecolabel facts-and-figures. http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/facts-and-figures.html

[15] Anonim, 2018 EU Ecolabel Hakkında. https://www.eko-etiket.org/eu-ecolabel

[16] Avrupa Çevre Etiketi(2008) https://www.eko-etiket.org/eu-ecolabelerişim tarihi 12.10.2018

[17] TaghvaeiAbrishami, A. 2008. Coexistence with drought, challenges and strategies. Journal of Research Project Coordination Coexistence with Drought. 2: 23-35.

[18] Anonim, 2018Türkiye'de Ekoetiket Dönemi Başlıyor http://www.wyg.com.tr/tr-tr/BizdenHaberler/ArtMID/449/ArticleID/95/T252rkiyede-Eko-etiket-D246nemi-Ba%C5%9Fl%C4%B1yor E.T: 8.10.2018

Homogen Dolgulardaki En Uygun Kil Oranı

Homogen Fills Most Suitable Clay Ratio

Reşit GERGER

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özet

Bu çalışmada, küçük tip homojen dolgu barajlarda, en uygun dolgu malzemesinin özellikleri araştırılmıştır. Çeşitli tipte dolgu malzemeleri ile test dolguları oluşturulmuştur. Bu dolguların serbest basınç dirençleri, geçirimlilikleri, boşluk oranları, poroziteleri ve bunlar arasındaki ilişkiler incelenmiş, küçük tip barajlar için uygun bir malzeme teklif edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, küçük tip barajlar için, 4,8 mm ve 10 mm çapındaki danelerin eşit oranda karışımlarına %30 oranında kil katılarak elde edilen malzeme ideal malzeme olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler:

Küçük barajlar, homojen dolgu barajlar, toprak dolgu barajlar, dolgu malzemesi özellikleri.

Abstract

In this study, the specifications of most proper filling material of small type homogeneous filled dams was investigated. Test samples has been formed with various type of filling materials. Free pressure resistances, permeabiliti es, void ratios and porosities of these samples and the re lationship between them were researched and a proper materi al was proposed for small type dams. In the result of completed experiments, for small dams, the material which is obtained by adding 30 % clay to the egual mixture of 4,8 mm and 10 mm diameter particle is found as the ideal material.

Keywords:

Small dams, homogeneous filled dams, earth dams, properties of the filled materials.

1. Giriş

Türkiye'nin ekonomik kalkınma hamlesinin içinde, tarımsal üretimin arttırılmasıyla ilgili çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır. Bir tarım ülkesi olan Türkiye'de, tarımsal üretimin arttırılması, ancak birim sahadan alınan verimin arttırılmasına bağlıdır. Birim sahadan alınan verimin arttırılmasında da en önemli faktör sulamadır.

Türkiye'nin 77,950 milyon hektar olan toprak kaynaklarının, 28, 05 milyon hektarlık kısmı (% 36,0) işlenebilir araziler olarak tanımlanmaktadır. İşlenebilir arazilerin de 25, 85 milyon hektarlık kısmı ise (% 92,2) sulanabilir nitelikte bulunmaktadır. Ancak, havzaların kapasiteleri dikkate alındığında, havzalar arası su taşıması yapılmadan, teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8,5 x 10^6 hektar olarak bulunmuştur. 2018 yılı başı itibariyle 6,570 x 10^6 hektar arazi sulanmaktadır.

Ülkemizin iklim özellikleri incelendiğinde, yağışların genellikle kış ve ilkbahar aylarında düştüğü, yazların kurak geçtiği görülür. Bunun sonucunda da, Karadeniz Bölgesi'ndeki küçük bir bölüm hariç, tarım alanlarının hemen hemen tamamında zirai sulama şart olmaktadır. Sulamanın gerçeklemesi için öncelikle sulama suyunun sağlanması gerekir. En önemli sulama kaynakları ise akarsular ve yer altı su kaynaklarıdır.

Ancak, Türkiye'deki akarsuların debileri yaz aylarında minimum olduğundan, bu kaynaklardan yararlanılarak yapılacak sulamalar da, minimum debi ile sınırlanır. Ülkemizdeki su kaynaklarının büyük bir kısmı, bitkinin suya ihtiyacının olduğu zamanlara uygun düşmemektedir. Bu nedenle suya ihtiyaç duyulmayan zamanlarda suyun rezerve edilerek, gerektiğinde düzenli olarak kullanılmak suretiyle su kaynaklarının rasyonel değerlendirilmesi mümkündür. Bu amaçla da barajlar veya göletler inşa edilmektedir.

Göletler, hiçbir şekilde değerlendirilemeyen, boşa akıp giden suların kullanılmadığı aylarda biriktirilerek, çeşitli amaçlarla kullanılmasına imkan veren önemli depolama tesisleridir. Toprak erozyonunu azaltmak, taşkın ve sel sularının zararlarını önlemek, toprağın su seviyesini sağlamak ve bazı hallerde insanlara içme suyu sağlamak gibi önemli yan faydalarıyla birlikte esas olarak; sulama suyu ve hayvanlara içme suyu temin edebilmek amacıyla inşa edilirler.

Ülkemizde yıllık yağışlar, 220 - 2500 mm arasında değişmekte olup, yıllık yağış ortalaması aritmetik olarak 574 mm'dir. Bu değere göre yıllık ortalama yağış miktarı 450 km^3 tür. Yılda ülkemize düşen bu suyun, yaklaşık 181 km^3 (% 40) lük kısmı akış haline geçmektedir. Yapılan etütlere göre bu potansiyelin rasyonel olarak kullanımı için yaklaşık 800 - 1000 adet baraj ve 10000 adet gölet yapılması gerekmektedir (D.S.İ).

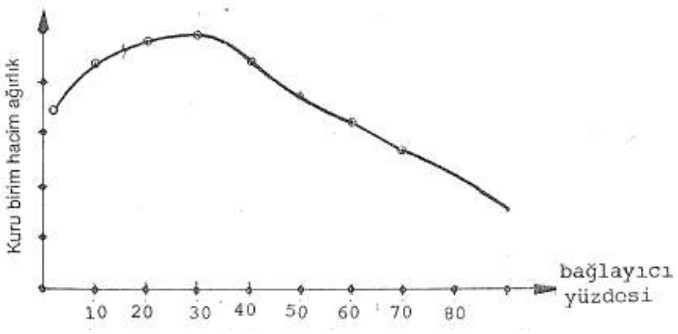
2. Yöntem

2.1. Konu İle İlgili Çalışmalar

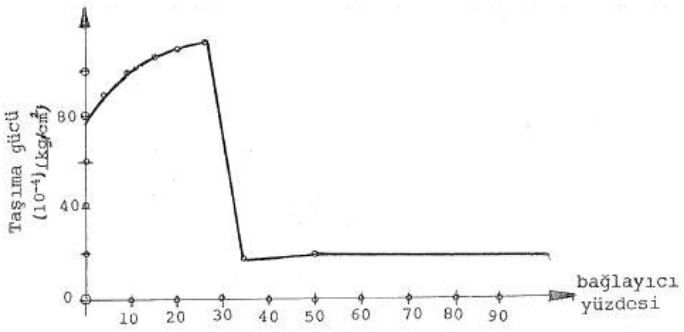
Literatürde dolgu barajların yapı malzemesi ile ilgili pek çok çalışma vardır. Ancak bu çalışmalarda, sıkıştırma enerjisi - zeminin granülometrisi ve dane şekli, kil oranı - taşıma gücü ilişkisi incelenmiştir.

California, Oroville Barajı'nın kil, kum ve çakıldan ibaret çekirdek malzemesi üzerinde yapılan deneylerde, elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlığın, malzemenin gra- dasyonundan çok plastikliğine karşi daha duyarlı olduğu, iri malzeme miktarıyla maksimum dane büyüklüğünün birlikte artmasıyla yoğunluğun arttığı ve optimum su muhtevasının azaldığı görülmüştür.

Bazı araştırmacılar tarafından plastik olmayan 4 nolu elek altı kum - çakil karışımına LL=3l, PL=25 olan siltli kil karıştırılarak yapılan standart sıkıştırma deneylerinde, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve taşıma gücü, bağlayıcı oranının % 26 olduğu değerde elde edilmiştir. Ayni malzeme ile optimum su muhtevalarında ve değişik bağlayıcı yüzdeleri ile hazırlanan numunelere ilişkin deney sonuçları Şekil 1. de ve Şekil 2. de verilmiştir [1].



Şekil 1. Maksimum kuru birim hacim ağırlığın bağlayıcı yüzdesiyle değişimi



Şekil 2. Taşıma gücünün bağlayıcı yüzdesiyle değişimi

Konu ile ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmada, homojen dolgulardaki kil oranının taşıma gücüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla yapılan deneylerde, farklı şev eğimlerinde model dolgular oluşturulmuş, dolgular yüklenerek taşıma güçleri tayin edilmiştir. Dolgu malzemesinin kil oranı değiştirilerek deneyler tekrarlanmış Deneylerde dolgu malzemesi olarak, 4 nolu elekten geçen iyi derecelenmiş kum kullanılmıştır. Bu malzemeye LL=72, PL=31 olan kil, farklı oranlarda (% 5, % 10, % 15, %20,% 25, % 30, % 35 ve % 40) katılarak, optimum su muhtevalarında standart sıkıştırma uygulanmıştır. Dolguların taşıma güçleri bulunduktan sonra, taşıma gücü - şev eğimi ve taşıma gücü - kil oranı ilişkileri araştırılmıştır.

Bu araştırma sonucunda kullanılan malzemelerin özelliklerine göre, maksimum taşıma gücü % 30 kil oranında elde edilmiştir. Bu değerden daha fazla miktardaki kil yüzdelerinde, taşıma gücünde azalma olduğu ve kil oranının şev eğiminden bağımsız olduğu tespit edilmiştir [2].

2.2. Materyal

Dolgu barajlarda esas prensip ideal malzeme kullanmak yerine inşaat çevresindeki mevcut malzemelerden mümkün mertebe yararlanmaktadır. Bu esastan hareketle doğal olarak bulunabilen malzemelerin seçimine gidilmiştir. Bu amaçla da en çok kullanılan 2 mm, 4,8 mm (4 no elek altı) , 10 mm (3/8)" nolu elek altı, 20 mm (3/4)" nolu elek altı çapındaki malzemelerle, bunların yarı yarıya karışımlarından oluşan malzemeler seçilmiştir.

Çalışmada, küçük tip dolgu barajlarda kullanılacak en uygun malzeme tipi araştırılmıştır. Bu amaçla da çeşitli malzemelerden oluşan dolguların özellikleri incelenmiştir. Çalışmadaki deneylerde, dolgu malzemesi olarak, 2 mm'den küçük çaptaki danelerden oluşan kumlu zemin , 4 nolu elekten geçen (4,8 mm) kırma taş, (3/8)" nolu elekten geçen (10 mm) kırma taş ve (3/4)"nolu elekten geçen (20 mm) kırma taş malzemeler kullanılmıştır. Ayrıca kırma taş malzemelerin birbirleriyle ayrı ayrı % 50 oranında karışımlarıyla elde edilen

malzemeler kulanılmıştır. Bu malzemelere, farklı oranlarda kil katılarak, elde edilen malzemelerle dolgular oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılan malzemelerin granülometrileri aşağıda tanımlanmıştır.

1 nolu malzeme: 2 mm den küçük çaptaki danelerden oluşan kum
2 nolu malzeme: 4 nolu elek altı malzeme (dane çapı 4,8 mm)
3 nolu malzeme: (3/8)" nolu elek altı malzeme (dane çapı 10 mm)
4 nolu malzeme: (3/4)" nolu elek altı malzeme (dane çapı 20 mm)
5 nolu malzeme: Malzemenin %50 si 4 nolu elek altı, % 50 si (3/8)" nolu elek altı
6 nolu malzeme: Malzemenin %50 si 4 nolu elek altı, % 50 si (3/4)" nolu elek altı
7 nolu malzeme: Malzemenin %50 si (3/8)" nolu elek altı, % 50 si (3/4)" nolu elek altı

Ayrıca bu yedi tip malzemeye, sırasıyla % 10, % 20, % 30, % 40 ve % 50 oranlarında kil karıştırılarak, toplam otuz beş çeşit dolgu malzemesi oluşturulmuştur. Deneylerde iri daneli malzemenin permeabilitesini düşürmek ve sıkıştırmayı sağlamak amacıyla dolgu malzemesi tiplerine sırasıyla % 10, % 20, % 30, % 40 ve % 50 oranlarında kil katılmıştır. Kullanılan Kil, Elazığ yakınlarındaki bir ocaktan sağlanmıştır. Kil üzerinde çeşitli deneyler yapılarak özellikleri belirlenmiştir.Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre, kullanılan kil, organik olmayan kil (CL) olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada kullanılan kil için, kıvam limitleri deneyleri yapılarak, kile ait aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

LL = %51
PL = %41
PI =LL – PL = %10

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre, plastisite kartında, LL - PI çiftinin belirlediği nokta CL bölgesine düşmektedir. Tanım olarak da kullanılan kil düşük plastisiteliden orta plastisiteliye organik kil, saf kil olarak sıfatlanabilir.

2.3. Metot

Yukarıda tanımlanan malzeme tipleri için kompaksiyon deneyleri yapılarak optimum su muhtevaları bulunmuştur. Her tip malzeme, optimum su muhtevasında standart kompaksiyon uygulanarak sıkıştırılmıştır. Kompaksiyon kalıbından çıkartılan silindir şeklindeki nümunelerin, permeabilite deneyleri ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Böylece her tip malzeme için değişik kil oranlarındaki taşıma güçleri ve permeabilite katsayıları elde edilmiştir. Ayrıca boşluk oranları ve porroziteleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler grafiklere dökülerek porrozite, boşluk oranı - permeabilite katsayısı - taşıma gücü ilişkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada hertip zemin için standart sıkıştırma sonucunda elde edilmiş bulunan zemin örneklerine ayrı ayrı serbest basınç deneyi uygulanmak suretiyle, her tip zeminin taşıma güçleri belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Deney sonucu elde edilen verilerle malzeme numaralarına göre boşluk oranlarını gösteren grafik Şekil.3 te çizilmiştir. Bu grafikten en düşük boşluk oranına sahip olan malzemenin, 5 nolu malzeme olduğu ve içinde %30 oranında kil bulunduğu görülmüştür.

Yine elde edilen bulgulara göre malzemenin geçirimlilik katsayısıyla taşıma gücü ilişkisi Şekil.4 te verilmiştir. Buradan da 5 nolu malzemenin en düşük geçirimlilik katsayısına sahip olduğu görülmektedir.

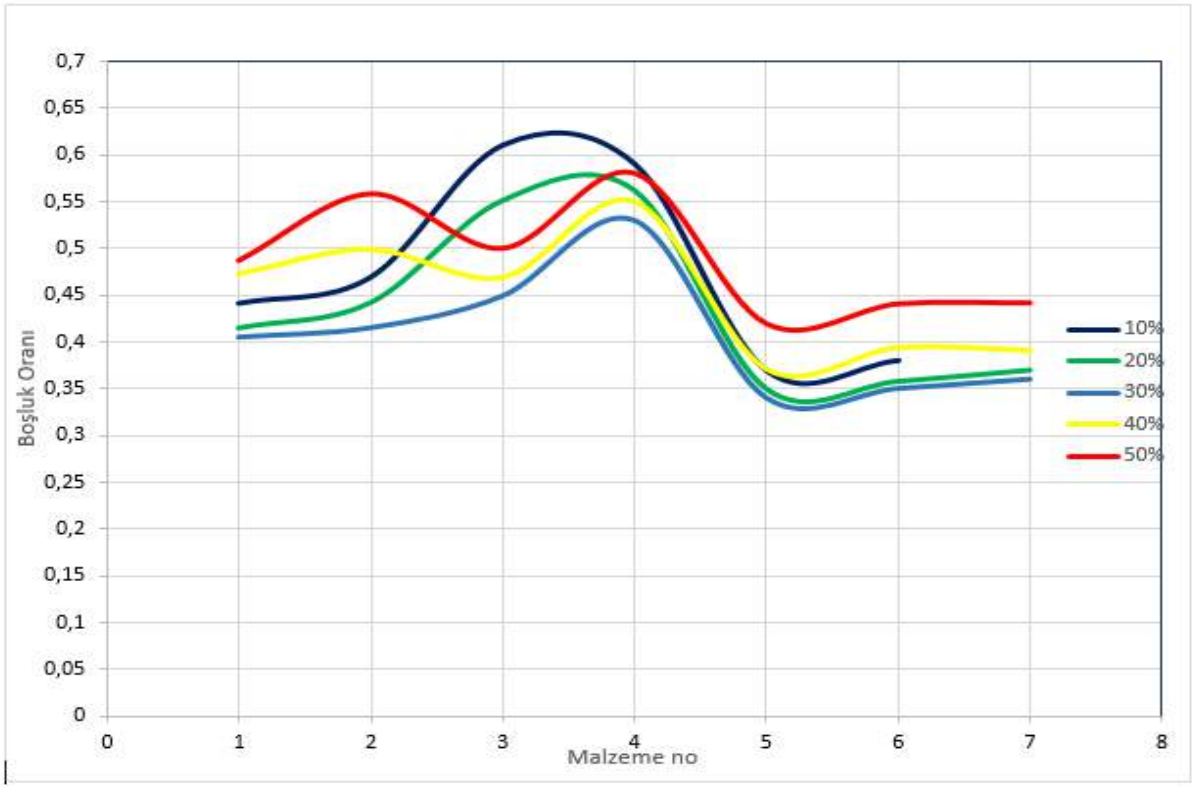
Yapılan deneyler sonucunda malzemelerin boşluk oranı ile taşıma gücü ilişkisi Şekil.5 te gösterilmiştir. Bu grafiğin de incelenmesinden, boşluk oranının minimum olduğu, buna karşılık taşıma gücünün maksimuma yükseldiği malzemenin 5 nolu malzeme olduğu belirlenmiştir.

Şekil.6 da boşluk oranının kil yüzdesiyle değişimi verilmektedir.Buradan da 5 nolu malzemenin %30 kil katılmasıyla minimum boşluk oranına sahip olduğu görülmektedir.

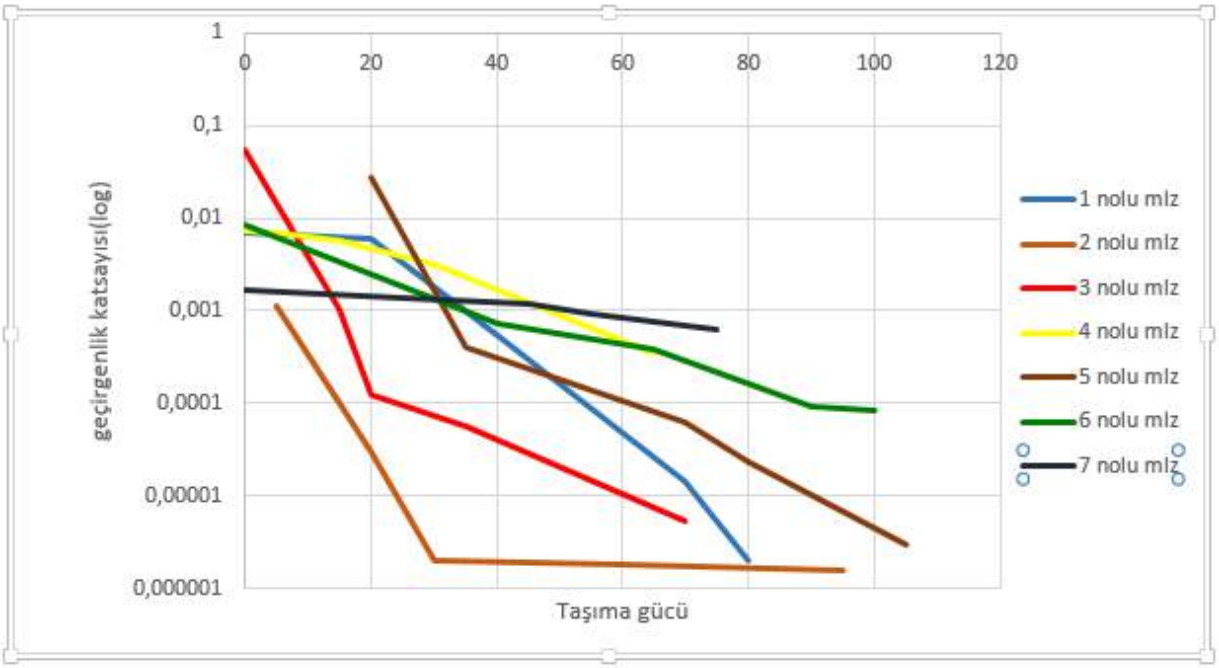
Şekil.7 de verilen malzemelerdeki kil yüzdesi ile taşıma gücü ilişkisini gösteren grafiğin incelenmesinden de %30 olarak bulunan ideal

kil oranı için maksimum taşıma gücü 5 nolu malzemede elde edilmiştir.

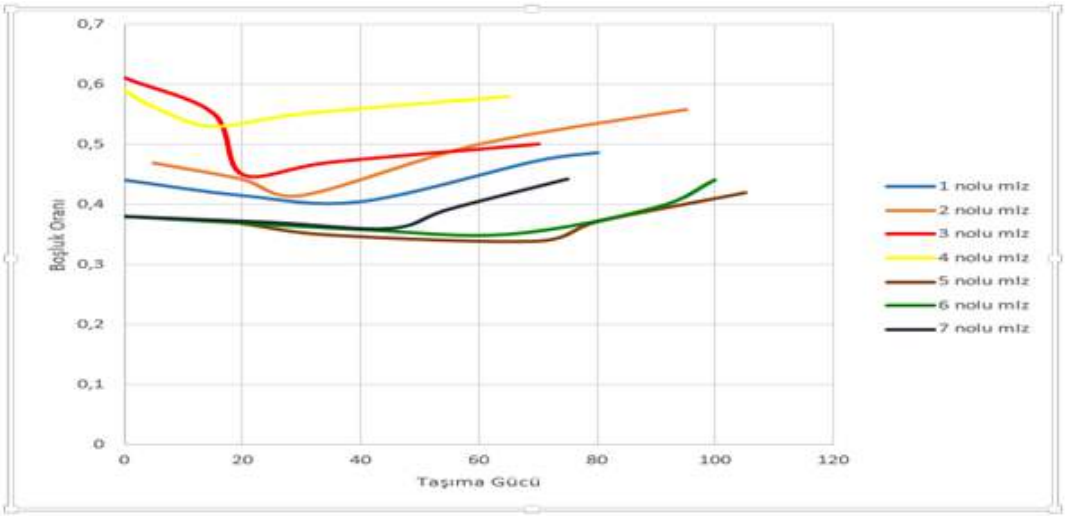
Elde edilen grafiklerin değerlendirilmesiyle, %30 kil katılmış olan 5 nolu malzeme, dolgularda kullanılması gereken malzeme olarak ön plana çıkmaktadır.



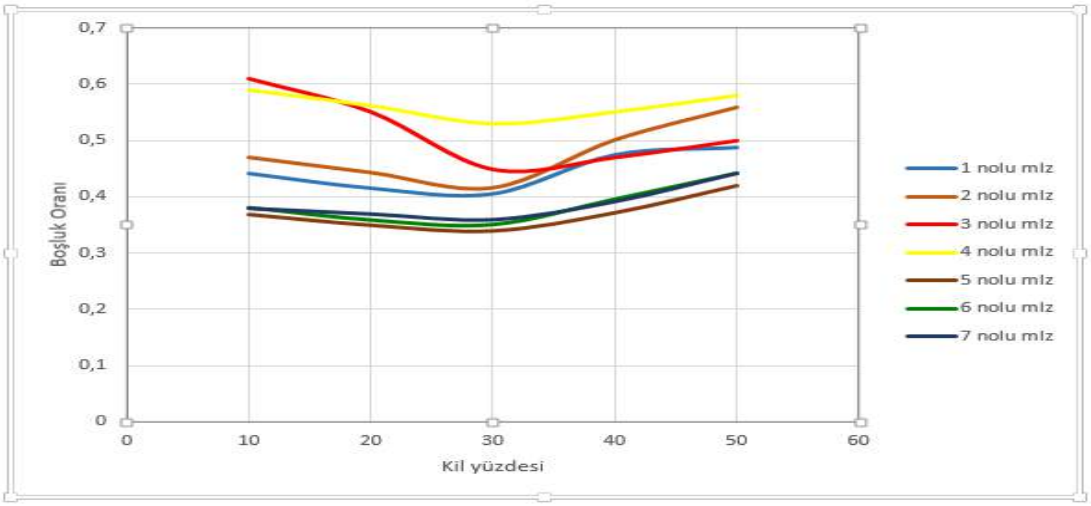
Şekil 3. Malzeme numaralarına göre boşluk oranları



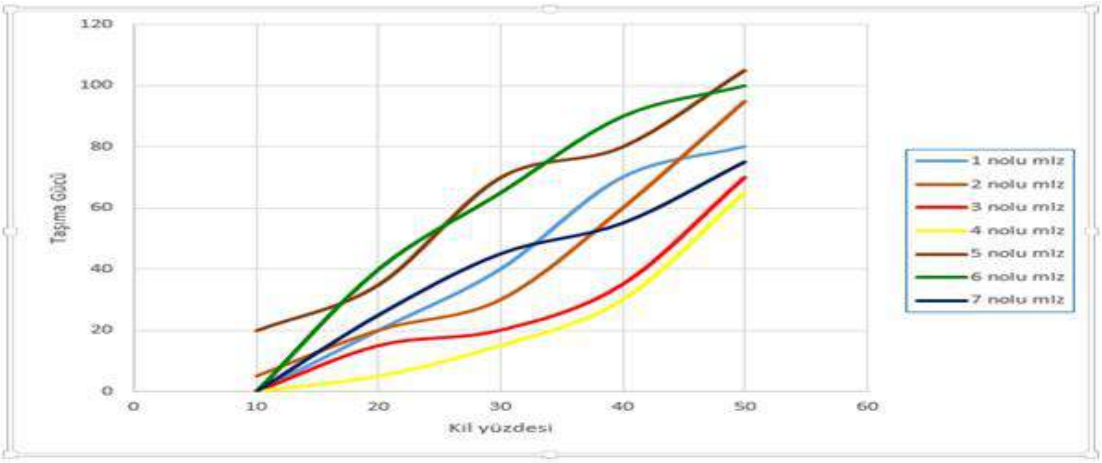
Şekil 4. Malzemelerin geçirimlilik katsayısı ile taşıma gücü ile ilişkisi



Şekil 5. Malzemelerin boşluk oranı ile taşıma gücü ilişkisi



Şekil 6. Boşluk oranının kil yüzdesiyle değişimi



Şekil 7. Malzemelerdeki kil yüzdesi ile taşıma gücü ilişkisi

4. Sonuç

Grafikler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

1. Boşluk oranı tüm zeminler için % 30 kil oranında minimum değer almaktadır .
2. En düşük boşluk oranını veren zemin cinsi 5 nolu zemin olup, % 50 oranında 4 nolu elek altı (4,8 mm) ve % 50 oranında da (3/8)" nolu elek altı (10 mm) malzemelerden oluşmaktadır . % 30 kil oranı için bu zeminde boşluk oranı e= 0,34 olarak bulunmuştur.
3. Malzemenin dane boyutu büyüdükçe, içerisindeki kil oranı artsa bile boşluk oranı azalmamaktadır. iri daneli zeminlerin minimum boşluk oranları bile, 5, 6 ve 7 nolu malzemeler in maksimum değerlerinden daha fazladır.
4. Diğer tip malzemelere göre, aynı kil oranında (% 30 için) maksimum taşıma gücünü 5 nolu zemin vermektedir. % 30 dan daha büyük kil oranları için, malzemenin taşıma gücü artmasına rağmen boşluk oranı da artmaktadır.
5. Malzemenin içerisindeki kil oranı arttırıldıkça taşıma gücü de artmaktadır. Ancak buna karşılık boşluk oranında değişimler olmaktadır. Boşluk oranının minimum olduğu kil yüzdesi (% 30) için maksimum taşıma gücü 5 nolu zeminde elde edilmektedir.
6. Elde edilen değerlerin incelenmesi neticesinde; homojen dolgularda kullanılması gereken ideal malzeme, % 30 kil içeren, 4 nolu elek altı malzeme ile (3/8)" nolu elek altı malzemelerin eşit oranda karışımıyla elde edilen ve 5 nolu olarak tanımlanan malzeme olmaktadır.

5. Referanslar

[1] Yayla, N. , (1972) . Granüler Yol Temel Malzemelerinin Sıkışma ve Penetrasyon Direncine Etkiyen Faktörler. İ. T. Ü. yayını, İstanbul .
[2] Gerger, R. (1987) . Şevlerin Stabilitesi ve Homojen Dolgulardaki Kil Oranının Kayma Yüzeyine Etkisi. Fırat Ün. Fen. Bil.Ens, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
[6] Hirschfeld, R. C. , Poulus, S. J. , (1972). Embankment Dam Engineering. John Wiley and Sons Inc. , New York.
[7] Ogunsanwo, O. , (1989) . Some Geotechnical Properties. Of Two Later ite Soils Compacted At Different Energies. Engineering Geology, v. 26, p. 261-269. Amsterdam.
[8] Önalp, A. , (1982) . İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi. Karadeniz Üniversitesi yayını, Trabzon.
[9] Özal, K. , (1966) . Küçük Toprak Barajların Planlama, Projelendirme, İnşaat ve İşletme Esasları, Ankara.
[10] Özenci, R. , (1985) .Dolgu Malzemesi Etüdü ve Barajlarda Dolgu Yapımında Karşılaşılan Güçlükler, Uygulamadaki Çözümleri. Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri, Adana.
[11] TERZAGHİ, K. ve PECK. , R. B (1967) . Soil Mechanichs in Engineering Practice. 2nd Edition. Wiley Int. Edition, New York .
[12] T. S. 1900, (1975) . İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri.T. S. E. , Ankara.
[13] T.S 1500 , (1974) . İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması. T. S. E. , Ankara
[14] Tuna, A. , (1985) . Toprak Dolgu Baraj ların Yapı Malzemesi; Dolgu Tipleri ve Stabili te Analizleri. Fırat Üniversitesi, Elazığ

Özet

Kontrol sistemlerinde, kontrolör tasarımı için sistemin modellenmesi temel adımlardandır. Modelleme ve elde edilen doğrusal olmayan modellerin doğrusallaştırılması çoğu zaman zahmetli ve zamanalan bir süreçtir.

Model Free Kontrol yaklaşımında ise sistemin modellenmeden ya da bazı parametreleri içeren temel bir model ile kontrol edilebilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma sistem modellemesi için yerel bir modeli baz alan özgün bir Model Bağımsız Kontrol metodunu incelemektedir.

Anahtar kelimeler:

Modelden Bağımsız Kontrol; Akıllı P Kontrolörler; Akıllı PI Kontrolörler; Akıllı PID Kontrolörler.

Abstract

System modelling is one of the key points in controller design process. Most of the time acquisition of exact models of systems is a tough, challenging and time consuming process in terms of modelling and linearizing non-linear models. It's aimed to maintain control on system with a fundamental model with limited parameters or even without a model.

This study examines Model-Free Control Method which is based on a local model for controller design.

Keywords:

Model-Free Control; Intelligent P Controllers; Intelligent PI Controllers; Intelligent PIDControllers.

Model Bağımsız Kontrol Metodu ve Uygulamalarının İncelenmesi

A Study on Model-Free Control and Model-Free Control Applications

Fatih KORKMAZ[1]
Hasari KARCI[2]

[1,2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

1. Giriş

Kontrol sistemlerinde modellemenin başarısı kontrolör performansını doğrudan etkilemektedir. Yakın dönemde çok başarılı ve hassas kontrol metotlarıgeliştirilmesine rağmen, bu tasarımlar oldukça iyi modellenmiş sistemlerde başarılısonuçlar vermektedir. Sistem modellenmesi sırasında yapılan varsayımlar ve sistemin davranışına etki eden tüm parametrelerin modele dahil edilmemesi dolayısı ile literatürdeki kontrol metotlarının başarısı düşmektedir. Model bağımsız kontrol yaklaşımında ise sistemi modellenmeden ya da az sayıda parametreyi içeren temel bir model ile kontrol edilebilmesi amaçlanmaktadır. Literatürde modelden bağımsız bir kontrolör tasarımı için bulanık mantık veya yapay sinir ağları kullanarak; PID, gürbüz (robust) ve uyarlanabilir (adaptif) kontrol gibi metotlar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ise Fliess ve Join'in model bağımsız kontrol yaklaşımının mevcut metodlara olan üstünlükleri ve sağladığı avantajlar simulasyon çalışmaları ile desteklenmiş ve bu konuda öne çıkan çalışmalardan sözedilmiştir. [1]

Sistemin eksiksiz bir modeli mevcut olmasa ve sisteme etki eden gürültü ve diğer dış etkenlerin karakteristiği tam olarak bilinmese dahi, yerel modelin gerçek zamanlı kestirimi metodunda güncelleme yaparak kontrolör performansını arttırmayı ve sistemin referans giriş değerini yüksek başarımlı takip etmesini sağlayacak bir metod geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Model Bağımsız Kontrol Metodu

Model bağımsız kontrol kavramı üzerine birçok araştırmacı tarafından farklı metotlarla çalışma yapılmıştır: Bilal Kadri (2009), Chang, Gao, and Gu (2011), Hahn and Oldham (2012), Hong-wei, Rong-min, and Hui- xing (2011), Keel and Bhattacharyya (2008), Killingsworth and Krstic (2006), Malis and Chaumette (2002), dos Santos Coelho, Wicthoff Pessˆoa, Rodrigues Sumar, and Rodrigues Coelho (2010), Spall and Cristion (1998), Swevers et al. (2007), Syafiie, Tadeo, Martinez, and Alvarez (2011), and Xu, Li, and Wang (2012).

İlgili çalışmalar, bulanık mantık ve neural network tabanlı klasik oransal – integral – türev (PID) kontrolörlerden gürbüz (robust) ve uyarlanabilir (adaptif) kontrol metotlarına uzanan bir skalada yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan model bağımsız kontrol metodubu yaklaşımlardan çok farklıdır ve birçok noktada ayrılmaktadır.

Fliess ve Join [2013] model bağımsız kontrol metodunda kolaylık sağlaması adına sistem tek bir kontrol değişkeni u ve tek bir çıkış değişkeni y ile ifade edilerek sınırlandırılmıştır. Bilinmeyen karmaşık matematiksel model yerel bir modelle değiştirilmektedir.

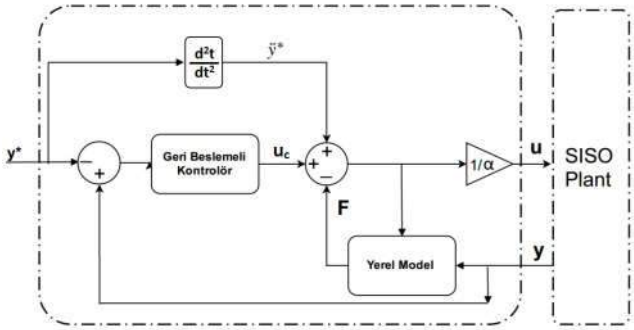
$$\boxed{y^{(\nu)} = F + \alpha u}$$

F, sürekli güncellenerek sistemin temel olarak bilinen parametrelerini ve dış bozucu gibi etmenlerini kapsayan bir ifade elde edilir. Kestirimi için F değerine parçalı sabit bir fonksiyon olarak yaklaşılır. Fliess ve Sira-Ramırez (2008), cebirsel metotları eşitliğe uygulanır. [2]

$$y^{(\nu)} = \phi + \alpha u$$

$$u = -\frac{F - y^{*(\nu)} + \mathfrak{C}(e)}{\alpha}$$

Yukarıdaki bağıntıda y* referans çıkış değeri e ise; e= y – y* olmak üzere hatayı temsil etmektedir. Sistem kapalı döngü bir PID döngüsü ile tamamlandığında elde edilen sistemin blok diyagramı şekildeki gibi olmaktadır; [3]



Şekil 1. Model Bağımsız Kontrolör Akış Diyagramı

F parametresinin gerçek zamanlı kestirimi için parçalı sabit bir fonksiyon tarafından yaklaşılır ve Fliess & Sira-Ramırez (2003,2008) teknikleri denkleme uygulanır. F parametresini ifade eden denklem aşağıdaki gibidir.

$$\phi = -\frac{6}{L^3}\int_{t-L}^{t} ((L - 2\sigma)y(\sigma) + \alpha\sigma(L - \sigma)u(\sigma))\, d\sigma$$

Literatürdeki birçok başarılı ve güncel kontrol algoritması yüksek doğrulukta modeller mevcut olmadığında endüstriyel sistemlere başarılı olarak uygulanamamaktadır. Doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerin çözümü ve doğrusallaştırılması, sistemin modelinin çıkarılması kontrolör tasarımının kilit aşamalarıdır ve kontrolör performansını doğrudan etkilemektedir. Model bağımsız kontrol metodu kontrol edilecek sistemin, gürültü ve dış bozucu gibi etkenlerin kesin modellerinin mevcut olmaması durumunda dahi yüksek başarımlı kontrolör tasarımını mümkün kılmaktadır.

İlgili çalışmada model bağımsız kontrol tabanlı PID metodunun, endüstriyel sistemlerde kullanılan klasik PID yaklaşımına sağladığı avantajlar belirtilmiştir. [4]

Model bağımsız kontrol metodu ilk olarak Fliess ve join tarafından ortaya atılmış ve ikinci bir çalışma ile çeşitli uygulamalar ve benzetim sonuçlarıyla çalışma sonuçları desteklenmiştir.

- FLIESS, M. ve JOIN, C., 2013. Model-free control. International Journal of Control. Vol. 86, No. 12: 2228–2252
- FLIESS, M. ve JOIN, C., 2009. Model-Free Control and Intelligent PID Controllers: Towards a Possible Trivialization of Nonlinear Control?. IFAC Proceedings Volumes. Volume 42, Issue 10: 1531-1550

Model bağımsız kontrol metodu ve bu metodun mevcut kontrol metotlarıyla hibrit olarak uygulanması, akıllı ulaşım sistemlerinden enerji yönetimine ve drone cihazlarının kontrolüne kadar çeşitli uygulamaları mümkün kılmaktadır.

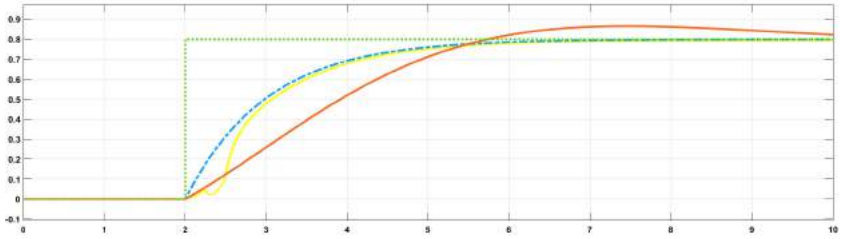
3. Model Bağımsız Kontrol (iPID) ve PID Kontrolörler

3.1 Sistem Değişikliklerine Tepki ve Uyum Hızı

Fliess ve Join [2013] Model Free Kontrol yaklaşımıyla tasarlanan iPID kontrolör ve klasik yaklaşımla tasarlanan PID kontrolörün kontrol performanslarına ilişkin MATLAB simülasyon sonuçları şekilde incelenmiştir.

$\dot{y}=F+\alpha u$ (Yerel Model 2. Dereceden Seçilmiştir.)

Söz konusu sistem aşağıdaki transfer fonksiyonu ile ifade edilmektedir;



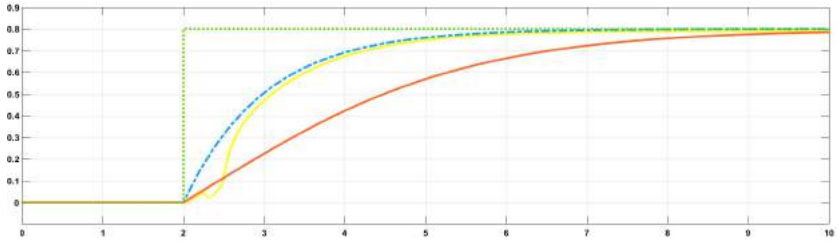
$$\frac{(2s+4)^2}{(3s+2)^3}$$

Zaman

Setpoint (…, Yeşil), Referans Değeri (-.-, Mavi), iP (-, Sarı), PID (-, Turuncu)

Şekil 2. iP ve PID Kontrolörlerin Kontrol Performansları - Sistem üzerine uygulanan iP kontrolörün klasik PID kontrolöre göre referans sinyalini daha kısa bir yatışma süresi ve minimum osilasyonla takip etmektedir.

Sistem karakteristiği değişse dahi Model Free Kontrolör kalibrasyona ihtiyaç duymadan uyum sağlayabilir. Sistemin transfer fonksiyonunda ciddi değişikliğe sebep olacak şekilde sistemin kutuplarından biri değiştirildiğinde Klasik PID Kontrolörün performansı ciddi oranda düşerken iP Kontrolör sistemdeki değişiklikten ciddi bir şekilde etkilenmemiştir.



$$\frac{(2s+4)^2}{(3s+2.4)^3}$$

Zaman

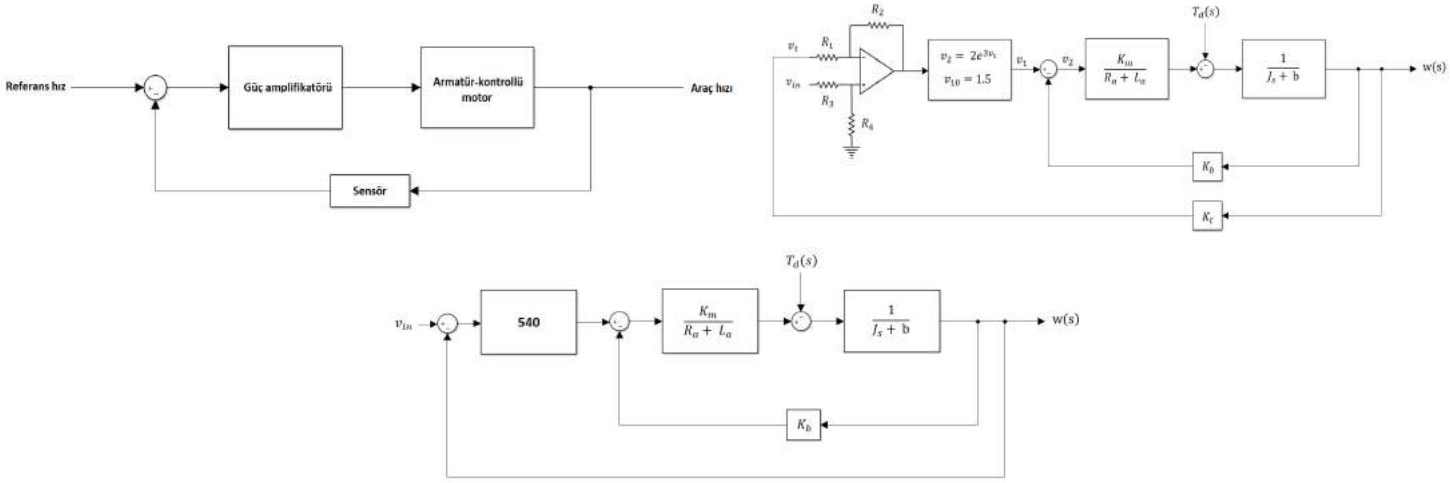
Setpoint (…, Yeşil), Referans Değeri (-.-, Mavi), iP (-, Sarı), PID (-, Turuncu)

Şekil 3. iP Ve PID Kontrolörlerin sistemin transfer fonksiyonundaki değişim karşısında performansları - Değişiklik sonrası PID kontrolörün yükselme süresi ciddi şekilde artarken iP kontrolör Model-Bağımsız bir yapıya sahip olduğu için bu değişime uyum sağlamış ve kontrol performansından pek birşey kaybetmemiştir.

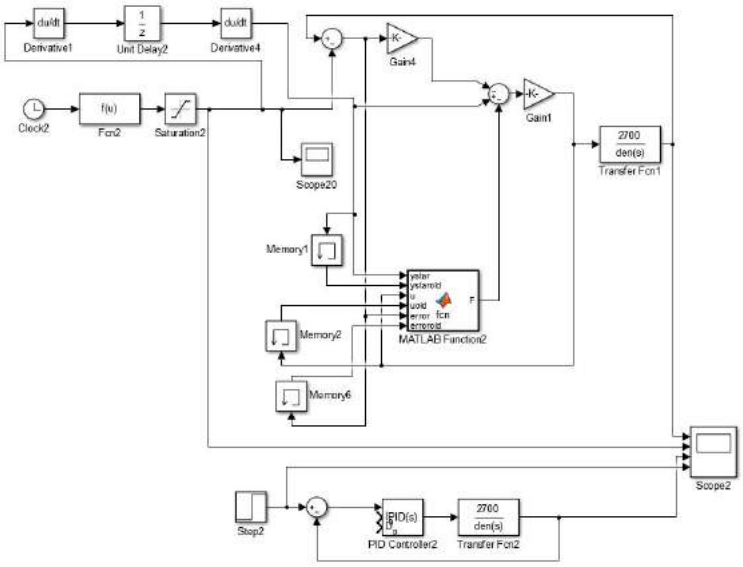
3.2 Electric Traction Motor (Cer Motoru) Kontrolü

Electric Traction Motor (Cer Motoru) elektrikli raylı sistemlerde yaygın olarak kullanılan bir DC motor türüdür. Çalışmanın bu kısmında DC motorun, motor parametrelerine bağlı olarak ifade edilen modeli ve transfer fonksiyonu aşağıdaki diyagramlarda belirtilmiştir. Model-Bağımsız Kontrolör ile Cer Motoru kontrolünün simüle edildiği Simulink modeli ve kontrol diyagramı belirtilmiştir.

Öncelikle DC motorun nominal parametreleri baz alındığında Klasik PID Kontrolörün ve iP Kontrolörün tepkileri karşılaştırılmıştır. İkinci kısımda ise DC motor parametrelerinde bazı değişiklikler yapılmış ve kontrolör performansları tekrar karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. Electric Traction Motor Modeli

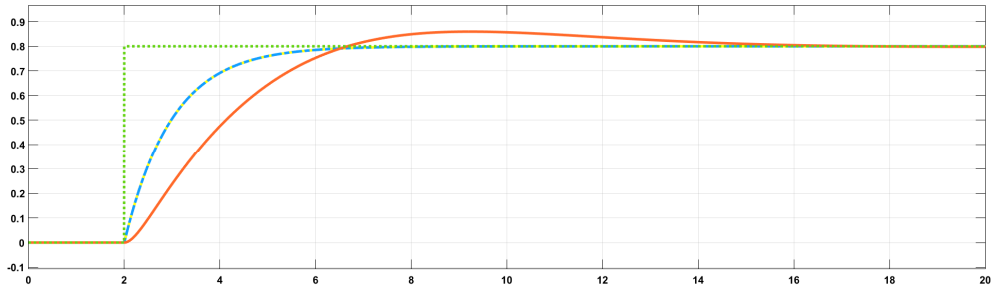


Şekil 4. Electric Traction Motor Modeli kontrolü için oluşturulan Simulink Modeli

Tablo 1. 1. Durum için DC Motor Parametreleri
ve Sistem Transfer Fonksiyonu

DC Motor Parametreleri	
$K_m = 10$	$J = 2$
$R_a = 1$	$b = 0.5$
$L_a = 1$	$K_b = 0.1$

$$\frac{5400}{2s^2 + 2.5s + 0.5}$$



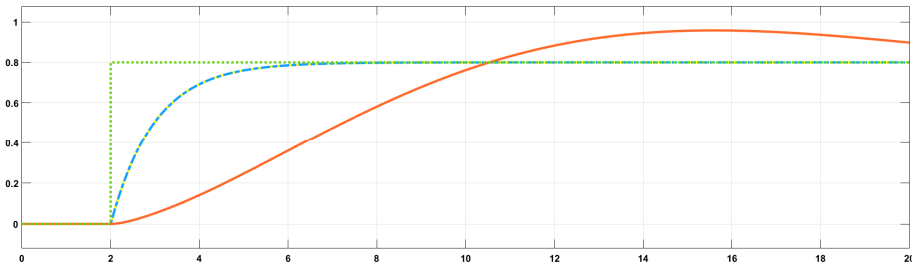
Setpoint (…, Yeşil), Referans Değeri (-.-, Mavi), iP (-, Sarı), PID (-, Turuncu)

Şekil 5. Electric Traction Motor Modeli için iP Ve PID Kontrolörlerin Tepkileri (1. Durum) – iP Kontrolör, PID Kontrolöre göre referans sinyalini daha kısa bir yatışma süresi ve minimum osilasyonla takip etmektedir.

Tablo 2. 2. Durum için DC Motor Parametreleri
ve Sistem Transfer Fonksiyonu

DC Motor Parametreleri	
$K_m = 15$	$J = 3$
$R_a = 2$	$b = 0.5$
$L_a = 1$	$K_b = 0.1$

$$\frac{8100}{6s^2 + 4s + 0.5}$$



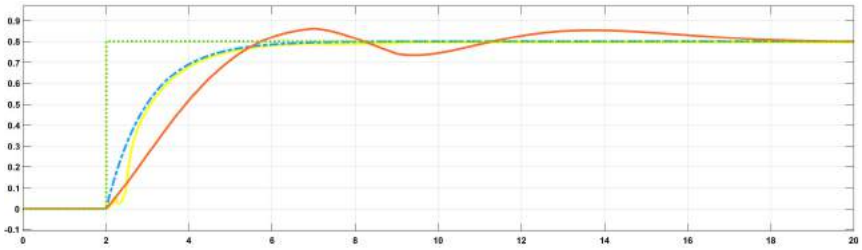
Setpoint (…, Yeşil), Referans Değeri (-.-, Mavi), iP (-, Sarı), PID (-, Turuncu)

Şekil 6. Electric Traction Motor Modeli için iP Ve PID Kontrolörlerin Sistem Değişikliğine Tepkileri (2. Durum) - Değişiklik sonrası PID kontrolörün yükselme süresi ciddi şekilde artarken iP kontrolör Model-Bağımsız bir yapıya sahip olduğu için bu değişime uyum sağlamış ve kontrol performansından pek birşey kaybetmemiştir.

3.3 Kontrolörün Kontrol Sinyalinde Güç Kaybına Tepkisi

7. ve 9. saniyeler arasında aşağıda verilen sistem için kontrol sinyali yarıya düşürülmüştür. Kontrol sinyalindeki değişim nedeniyle klasik PID Kontrolör referans değerini tekrar yakalayabilmek için oldukça uzun bir zamana ihtiyaçduymaktadır ve bu süreç sırasında osilasyonlara sebep olmuştur. iP Kontrolör performansı ise kontrol sinyalindeki değişimden aşağıdaki grafikte de görülebileceği gibi neredeyse hiç etkilenmemiştir.

$$\frac{(2s+4)^2}{(3s+2.4)^3}$$



Şekil 7. t=7-9s arasında Aktüatör sinyalinde yarı yarıya azalma olduğu durumda iP Ve PID Kontrolör tepkileri – Kontrol sinyalindeki ciddi güç kaybı ve bozulmaya ragmen iP Kontrolör referans değerini bu durumdan hiç etkilenmeden başarı ile takip etmeyi sürdürmektedir.

4. Sonuç

Model-Bağımsız Kontrol Metodu, kontrol literatüründe yeni sayılabilecek bir araştırma konusudur. Söz konusu bildiride incelenen metod; bulanık mantık, yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi diğer model-bağımsız kontrol metodlarına göre göreceli olarak daha Pratik uygulama imkanı sunmaktadır.

Sonuçları paylaşılan çalışmalardan da görüleceği üzere Intelligent PID (iPID), bir çok uygulamada mevcut PID kontrolörlerden üstün performans göstermekte ve hatta sistem üzerinde yapılan ciddi değişikliklere ragmen, kontrol devresini güncellemeye ihtiyaç duymadan referans sinyalini başarıyla takip etmeyi sürdürmektedir.

Bir diğer önemli çalışma olan kontrol sinyalinde yarı-yarıya güç kaybı uygulanan örnekte de görüleceği üzere iPID kontrolör başarıyla referans sinyalini takip etmektedir.

Bu çalışmada mevcut sistemler üzerinde sıklıkla görülen; zamana ve dış etkenlere bağlı olarak sistemin transfer fonkisyonun değişmesi ve kontrol sinyalinde elektronik ve mekanik arızalardan kaynaklanabilecek güç kayıpları yaşanması gibi senaryolar işlenmiştir. Model-bağımsızkontrolör devre yapısı literature geçmiş mevcut bir çok başarılı uygulamasının yanı sıra kontrol sistemlerinin güncel problemlerine de uygulanmaya elverişli ve umut vadeden bir çalışma alanıdır.

5. Referanslar

[1] Fliess, M. & Join, C. 2013. Model-free control. International Journal of Control. Vol. 86, No. 12: 2228–2252

[2] Fliess, M. & Sira-Ramırez, H. 2008. *Closed-loop Parametric Identification for Continuous-time Linear Systems via New Algebraic Techniques.* Identification of continuous-time models from sampled data*: 362–391*

[3] Al Younes, Y. & Drak, A. 2016. Robust Model-Free Control Applied to a Quadrotor UAV. Journal of Intelligent & Robotic Systems. Volume 84, Issue 1–4, pp 37–52

[4] d'Andrea-Novel, B., Boussard C., Fliess M., Join C., Mounier, H. & Steux, B. 2010. A mathematical explanation via 'intel- ligent' PID controllers of the strange ubiquity of PIDs. 18th Mediterranean Conference on Control and Automation, Marrakech.

Özet

Sınırlı olan su kaynaklarının tüketiminin kontrolü ve minimize edilmesi için bazı önlemlerin alınması kaçınılmaz olmuştur. Sanayi'inin nüfusa ve şehirleşmeye bağlı olarak büyümesi su tüketimini tetiklemektedir. Su kullanımı birbirleriyle ilişkili pek çok sektörde tasarrufu gerektirmektedir. Ham maddenin yetiştirilme ve hazırlanma aşamasında başlayan su kullanım zinciri ürünün üretilmesi, tüketiciye ulaştırılması ve hatta tüketici tarafından kullanılmasına kadar devam ediyor. Yaşamın vazgeçilmezi su, üretim için de önemli bir girdi ve üretim söz konusu olduğunda 2000-2050 yılları arasında üretimde kullanılan suya olan talebin yaklaşık %400 artması bekleniyor. Türkiye'de 2013 yılı verilerine göre ortalama sanayi de tüketilen su miktarı 5 milyar m^3 olduğu, bu rakamın 2023 yılında 22 milyar m^3'e çıkacağıdır. Bu çalışmada, ülkemiz sanayisinde su kullanım alanlarına bağlı olarak tüketilen suyun miktarı ve optimum su verimliliğinin artırılması için yapılması gereken çalışmalarla ilgili veriler ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler:

Sanayi; Su; Üretim; Verimlilik.

Abstract

In order to control and minimize the consumption of limited water resources, some measures have been inevitable. The growth of the industry due to population and urbanization triggers water consumption. Since the efficient and recycling of water is more profitable in the industry, the analysis of this issue is important for industry and water. Water use requires savings in many interrelated sectors. The water use chain, which started in the stage of cultivation and preparation of the raw material, continues until the product is produced, delivered to the consumer and even used by the consumer. Water is indispensable for life, and an important input for production and production is expected to increase by 400% between 2000-2050. The average amount of water consumed in the art according to the data of 2013 is 5 billion m3 Turkey, this figure I go to 22 billion in 2023. In this study, the data related to the amount of water consumed and the studies to be done in order to increase the optimum water efficiency in the industry of our country are shown.

Keywords:

Industry; Water; Production; Productivity.

Ülkemiz Sanayinde Kullanılan Suyun Tüketim ve Verimlilik Kriterlerinin Belirlenmesi

Determination of Consumption and Productivity Criteria of Water Used in Turkey Industry

A. Oktay YAŞAR [1]
Mustafa. H. AYDOĞDU [2]
Mehmet Fatih DİLEKOĞLU [3]

[1]Teknik Bilimler Yüksek Okulu İnşaat Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[2]Tarım Ekonomisi Bölümü, Ziraat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
[3]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.

1. Giriş

Hızlı nüfus artışı, aşırı sanayileşme, artan kuraklık ve aşırı tüketim ile birlikte tatlı su kaynakları hızla tükenmektedir. Kırsal nüfus giderek azalmakta insanlar sürekli bir şekilde köyden kentlere göç etmektedir. Ülkemizde son değerlere göre nüfusun % 20' si köylerde, % 80'i kentlerde yaşamaktadır. Bunun sonucunda şehirleşme ve yaşam standartlarının artmasına bağlı olarak içme suyu ve kullanma suyu tüketimi hızla artmaktadır. Bir insan günde 3-5 litre içme suyuna, 100-400 litre kullanma suyuna ihtiyacı vardır. [6]

Su kullanımı beş ana başlık altında toplanabilir;

1- Gıda ve Tarım (küresel olarak en çok su kullanan sektörler)
2- Enerji,
3- Sanayi,
4- Yerleşim alanları (evsel kullanım ve içme suyu amaçlı kullanımlar)
5- Ekosistemlerin su ihtiyaçları

Sanayinin geliştiği bölgelerde hızlı şehirleşme ve nüfus artışı söz konusu olmaktadır. Buna bağlı olarak, sanayinin ve nüfusun kullandığı içme suyu miktarı aşırı derecede artmaktadır. Ülkemiz su varlığı sıralamasına göre su zengini bir ülke olmayıp, su azlığı yaşayan bir ülkedir. Küresel olarak Dünya su kaynaklarının yaklaşık %70'i tarım amaçlı, %19 evsel, %11'i sanayide kullanılmaktadır(FAO Aquastat, 2013). Ülkemiz su varlığı sıralamasına göre su zengini bir ülke olmayıp, kişi başına düşen yıllık 1.519 m^3 su miktarı ile su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. [2] Türkiye'nin önümüzdeki 25 yıl içinde ihtiyaç duyacağı su miktarının, bugünkü ihtiyacı olan su miktarının üç katı olacağı anlaşılmaktadır.(TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörerek kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.000 m^3/yıl olacağı söylenebilir. [6]

2. Sanayide Kullanılan Suyun Özelliği

Sanayide su soğutmak için, ısıtmak için, enerji taşımak için, basınç taşımak için, yıkamak, temizlemek için, ıslatmak, kabartmak için, dezenfekte etmek için, pişirmek için, haşlamak için, yapıştırmak, birleştirmek, sertleştirmek, normalize etmek için iklimlendirmek için, rutubetlendirmek için, daha bir çok sayamadığımız işlemi yapabilmek için su gereklidir. [4] Bütün sanayi çalışanlarına su nasıl olmalıdır diye sorulsa temiz olmalıdır şeklinde cevap verirler. Endüstriyel işlemlerin sağlıklı ve verimli çalışabilmesi için, işlemlerde uygun özellikte sular kullanılması gerekmektedir. Uygun özellikte su kullanılmadığı zaman, işlemlerde aksamalar ve sistemde arızalanmalar sıklaşarak bakım masrafları artacak, verimde düşmeler gözlenecek ve ürün kalitesi azalacaktır. Bu nedenle endüstriyel işlem suyunun hazırlanmasında çekilen kuyu suyu (yer altı suyu)kalitesine bağlı olarak havalandırma, demir oksidasyonu, filtrasyon, yumuşatma, dezenfeksiyon gibi işlemlerin bir kısmı ya da tamamı uygulanmalıdır. Arıtma işleminden önce alınan numunelerde pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katılar, toplam sertlik, klorür, toplam demir ve silis analizleri yapılmalıdır. Şebeke suyu , kalsiyum, magnezyum ,askıda katı madde ,demir, mangan, klor ve başka organik maddeler içerebilir. Bütün bunlar, tesisatlarda, makinelerde ve ürünlerde istenmeyen arızalar doğurabilir. Su molekülerinin dipol özelliğinden dolayı kuvvetli bir çözücü olması sebebiyle de doğada saf olarak bulunması çok zordur. Örneğin yağmur suyunda yeryüzüne düşerken atmosferden çözerek aldığı Oksijen, Azot, Karbondioksit, Hidrojen Sülfür, v.s gibi gazlar bulunmaktadır. [2] Yüzey suları da (nehir, göl), yer altı suları gibi bulundukları bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak değişik nitelikler gösterirler. Kullanılan su kuyudan veya şebekeden alındığı hali ile hiçbir işlem yapılmadan kullanılırsa ve bu su içinde kalsiyum ve magnezyum bileşikleri oranı yüksek ise yani sert su ise, endüstride sorunlara yol açar. En büyük sorun ise kazanlarda kireç tabakaları oluşturarak, ısı kayıplarına, arızlara neden olmasıdır. Başka bir sorunda sert suların proseste (ürünlerde) kullanılmasıdır. Sudaki kireç oranı, ürünün kalitesini bozmakta ya da istenen kaliteye ulaşmak için daha fazla kimyasal harcanmasına neden olmaktadır. [3]

3. Sanayide Su Tüketimi

Sanayide en çok su tüketilen alanlar olarak % 40 kimyasal ürünlerde,% 20 tekstil ürünlerinde,%15 gıda imalatı, % 25 diğer metal ve diğer sektörler gelmektedir. [1] Sanayide kullanılan suyun net olarak hesaplanması oldukça zordur. Firmalar kendi arazilerine ait yerlerde yer altı suyu çektiğinden net rakamlar bilinmemektedir. Bunlara ek olarak şehir sınırlarındaki veya yakınlarındaki sanayi kuruluşları şebeke suyu kullandıklarından, bu miktar evsel kullanıma girmektedir. Sanayide su kullanımı çok fazla değişmemekle birlikte yaklaşık yıllık 4 ile 4,5 milyar m^3 arasında olup Türkiye'de toplam tüketilen suyun %11 oranına karşılık gelmektedir. Türkiye'de başlıca su tüketen sanayi kolları, çelik, kimya, kâğıt üretimi, petrol rafinerileri ve tarıma dayalı sektörlerdir. Sanayide Marmara bölgesi en fazla su tüketen bir bölgemizdir. İmalat sanayinde yer altı ve deniz suyunda çekim yapılarak özellikle soğutmada kullanılmaktadır. Endüstriyel su kullanımı iki farklı amaca yöneliktir. Birincisi doğrudan ürünün içerisine girdiği için yüksek kalite gerektiren hammadde olarak su kullanımı, ikincisi ise proses suyu kullanımıdır(yıkama, soğutma, boyama vb.). Günümüzde sanayi 1950 yılına oranla yedi kat daha fazla ürün sunmaktadır. Meyve suyu imalatında, kola imalatında ürünün büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır. 2016 da organize sanayi bölgeleri tarafından 263 milyon metreküp su geri dönüşümle deşarj edildi. 1995-2002 yılları arasında, yüzey ve yer altı suyu kaynaklarından çekilen su miktarında %32,9 oranında bir artış görülmüştür. Tablo 1' de çeşitli sanayi kollarında ihtiyaç duyulan su miktarları verilmektedir.

Organize sanayi bölgeleri Su Anketi kapsamında faal olan 217 organize sanayi bölgesi müdürlüğünden elde edilen sonuçlara göre 2016 yılında su şebekesi ile dağılmak üzere 175 milyon m^3 su çekildi. Çekilen suyun %48,2 si kuyudan,%11,5 i kaynaklardan,%14,3 ü şehir şebekesinden,%26' sı ise baraj ve palet ve akarsulardan çekildi. Organize Sanayi Bölgesi (OSB) şebekelerinin de genelde kuyu suyu olduğu düşünüldüğünde Türkiye'de imalat sanayinde en çok tüketilen tatlı su kaynağı yeraltı sularıdır. Bir bütün olarak ele alındığında sanayi sektörü dünya üzerindeki tüketilen suyun dörtte birinde sorumludur. Sanayide su kullanım oranı, endüstrileşmiş ülkelerde genel su tüketiminin %50-80'inine ulaşmıştır. [7]

Tablo 1. Ürün cinsine göre sanayi suyu ihtiyacı

(NACE Kodlarına Göre Sanayide Su Tüketimi (TÜİK, 2016)

Üretilen Ürün	Gereken Su Miktarı
2 dilim ekmek üretimi	1,5 ton
1 kg buğday işlenmes	1 ton
1 tişört üretimi	2,7 ton
1 A4 kağıt üretim	10 litre
1 otomobil üretimi	150 ton
1 ton çelik üretimi	240 ton
1 varil ham petrol rafine edilmesi	7 ton
1 kg kumaş üretimi	200 litre
1 kg deri kaplama	130 litre
1 kg plastik üretimi	180 litre
1 kg şeker üretimi	100 litre

4. Endüstriyel İşletmelerde Suyun akıllı kullanımı ve Su Tasarrufu

Sanayide 1950' iye oranla yedi kat daha fazla ürün sunmaktadır. Bu haliyle diğer hammaddelerin ile suyun da tüketim artışı artmaktadır. Su kaynaklarının giderek azalması ve kirlenmesi suyun tükenebilir bir doğal kaynak olarak önemini artırmış ve endüstriyel su verimliliği işletmeler için önem arz etmektedir. [12] Ayrıca işletmeleri strateji değiştirerek çevreye daha az zarar veren bir tutum sergilemeye ,doğal kaynakları daha etkin ve verimli kullanarak daha az atık üretmeye zorlamıştır Endüstriyel su kullanımında verimlilik en önemli kriterdir, çünkü tarımın aksine kullanılan suyun çok küçük bir bölümü tüketilmekte, büyük bir bölümü atık suya dönüşmektedir. Bu nedenle endüstriyel işletmelerde su tasarrufu gerekmektedir. Meyve suyu ve kola imalatında ürünün büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır. Özellikle proseslerde kullanılan suyun akıllıca ve verimli kullanımı ile su tasarrufu olacağı, ürünlerde tüketilen su miktarı azalacak ve maliyetler düşecektir. Sanayi işletmelerinde yatırım yaparak veya bazı önlemler alarak en az % 10 tasarruf yapmak mümkündür. [9] Endüstride su verimliliği işletmelere şu katkıları sağlar:

Su ve atık su masraflarından tasarruf, enerji masraflarından tasarruf, daha düşük çevresel kirlilik, kimyasal masraflardan tasarrufu sağlar.

5. Sonuç

Küresel ısınmaya bağlı kuraklıkların, su kaynaklarına olumsuz şekilde yansımalarını ülkemiz fazlasıyla görecektir. Endüstriyel su tüketimi de katlayarak artacaktır. Su verimliliği ile ilgili bütün alanlarda olduğu gibi, sanayi ile ilgili alanlarda çalışmalara biran önce başlanılmalıdır. [7]

1-Fabrika yöneticileri bu konuyla ilgili alt birimler oluşturmalı ve her türlü desteği sağlamalı

2-Her işletmenin çevre birimi, bakım birimi, idari işler ve su işlerini takip birim oluşturmalı

3-İşletmede tüketilen suyun miktarı, türleri ve maliyet sürekli takip analiz ve verilere göre geleceğe yönelik planlar oluşturmalı

4-Su tüketimi yüksek olan ekipmanların kontrolü, kaçak ve kayıpların tespiti en aza indirilmeli

5-Ön otomasyon sistemlerinin kurulması, proseslerin değişimi, eski kazanların ve tesisatların değiştirilmeli

6-İnsanların bilinçlendirilmeli, insan faktörü su tasarrufunda çok önemlidir. Sadece teknoloji değil insanlarda suyu kontrol eder.

7-Atık su geri kazanımının yaygınlaştırılmalı[13]

8-Sanayi bölgelerinde arıtma tesislerinin artırılmalı[11]

9-Sanayi bölgelerinin belirli bölgelerde oluşturulmaması, verimli tarım arazileri üzerine kurulmamalı[8]

10-Aşırı su tüketimine pahalı maliyet veya vergi konmalı

11-Yer altı suyu ve diğer kaynak suları yerine arıtılmış suların kullanılması teşvik edilmeli

12-Fabrikaların büyük çatı alanlarında yağmur suyu toplama ve biriktirme projeleri yapmalı

6. Referanslar

[1] Türkiye İstatistik Kurumu. TUİK. 2000. Sanayi grubu ve kaynağına göre temin edilen su miktarları. www.tuik.gov.tr/prelstatistik

[2] Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği .TUSİAD. 2008. Türkiye'de su yönetimi sorunları ve öneriler: Tusiad yayınları,İstanbul.3665

[3] Visvanathan, C , and T, Asona. 2001.The Potential for ındustrial waste water reuse.

Encylopedia of Life Support Systems, Unesco Publication.

[4] Scheele,U. and Malz.S. 2001. Water demand and water use in the domestic and industrial sectors An overviev.In. Lozan ,J.L.H.Grassl, P . Hufper, I. Menzel &C-D.Schönwise.Global Change. Enough water for all? Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 384 S

[5] Anonymous. 2010. Su kaynakları bakanlığı kuruluş kanunu tasarı taslağı önerisi.

[6] Kibaroğlı, A. And V. Sümer. And Ö. Sağsen. 2008. Türkiye'nin su kaynakları politikasına kapsamlı bir bakış. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.

[7] Bilgin, R. 1997. Türkiye'de su sorunları ve çözüm önerileri. Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı. 2: 18.

[8] Burak, S. And İ.Duranyıldız. and İ.Yetiş. 1997. Ulusal çevre eylem planı, su kaynakları yönetimi. Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

[9] Belediyesi, K. B. 2014. Su ve kanalizasyon idaresi faaliyet raporları, Kocaeli. www.isu.gov.tr

[10] T.U.İ.K. 2014. Türkiye istastik kurumu. www.tuik.gov.tr

[11] Büyükkamacı, N and N.A. Onbaşı. 2007. Endüstriyel atıksuların yeniden kullanımının değerlendirilmesi: Entegre et tesisi atıksuları. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir. 502-510.

[12] Özgür, N. 2008. Enerji verimliliği ve suyun verimli kullanılması: Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Tüketicinin ve Rekabetin Korunması Genel Müdürlüğü, Ankara.

[13] Özbay, İ. And M. Kavaklı. 2008. Türkiye'de ve diğer ülkelerde arıtılmış atıksuların geri kazanım uygulamalarının incelenmesi. Çevre Sorunları Sempozyumu, Kocaeli. 1052-65

Özet

Bu çalışmada Şırnak, Cizre, Silopi ve yakın yöresinin depremselliği incelenmiştir. İnceleme alanı Türkiye, Irak ve Suriye sınırlarının birleşim kavşağında, Arabistan Plakasının Avrasya Plakasının altına daldığı Bitlis Zagros Bindirmesinin güneyindeki kıvrım kuşağı üzerinde yer almaktadır.

Silopi yöresi genellikle az engebeli bir ova niteliğinde iken kuzeye doğru Cudi eteğinden geçen kuzeybatı güneydoğu doğrultulu bindirme karakterli Cizre Fayı'ndan sonra, Şırnak'a doğru yüksek dağlardan oluşan Cudi, Gabar ve Namazdağı Sıradağlarında çok engebeli bir topografyaya dönüşür. Şırnak'ın kuzeyinde Pervari-Beytüşşebap- Hakkari güzergahı boyunca devam eden Bitlis Zagros Kenet Kuşağı üzerinde tarih boyunca irili ufaklı pek çok deprem meydana gelmiştir. Cudi ve Gabar Dağlarının güney eteklerinden geçen Cizre Fayı aynı şekilde bindirme karakterli olup orta büyüklükte depremler üretebilme kapasitesindedir. Bu fay üzerinde meydana gelen en son depremler, ML 5.5 büyüklüğünde ve Io: VI şiddetinde 5.4 km derinlikteki 14 Haziran 2012 Silopi Pınarönü depremi ile ML 5.3 büyüklüğünde ve Uludere'de Io: V, Şırnak ve Silopi'de IV şiddetinde hissedilen 05 Ağustos 2012 Şırnak Uludere Ortabağ depremleridir. Silopi ilçesinin zemini iyi pekişmemiş genç Kuvaterner ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan meydana geldiğinden deprem büyütme etkisine sahiptir. Şırnak il merkezindeki zeminler ise pekişmiş kiltaşı-marn-kumtaşı ardalanmasından oluşmasına rağmen heyelan riskinden dolayı en küçük bir sismik harekette bile stabilitesini kaybedebilmektedir. Silopi Pınarönü depremi yüzeye çok yakın meydana geldiğinden Silopi ve yakın yöresindeki yapılarda önemli hasarlara neden olmuştur. Bölgede orta büyüklükte deprem üretebilme kabiliyetine sahip faylar bulunduğundan yapılacak yapıların ve sanayi yatırımlarının buna göre planlanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Deprem; Şırnak; Cizre; Uludere; Silopi, Heyelan, Yapı hasarı

Abstract

In this study, the seismicity of Şırnak, Cizre, Silopi and nearby regions was investigated. Investigated area is at the junction of Turkey, Iraq and Syrian borders and located on the southern belt of the Bitlis Zagros Trench, where the Plate of Arabia dives under the Eurasian Plate.

While the region of Silopi is generally a low-rugged plain, it is transformed into a very hilly topography in the Cudi, Gabar and Namazdağı Mountains, which are formed from high mountains towards Şırnak, after Cizre Fault, which is the northwestern southeast of the thrust region. On the Bitlis Zagros Cube Zone, which continues along the Pervari-Beytüşşebap-Hakkari route to the north of Şırnak, there have been many big and small earthquakes throughout the history. The most recent earthquakes on this fault were ML 5.5 in magnitude and 5.4 km in deep, Io: VI in intensity, 14 June 2012 Silopi Pınarönü earthquake and ML 5.3 in magnitude, Io: V in intensity, August 05, 2012 Şırnak Uludere Ortabağ earthquake. Silopi district has an earthquake magnification effect as it consists of young Quaternary and Plio-Quaternary alluviums which are not well developed. Although the ground in the city center of Şırnak consist of strong claystone-marl-sandstone alternation, they can lose their stability even in the smallest seismic movement due to the landslide risk. Silopi Pınarönü earthquake was very close to the surface and caused significant damage in the structures in Silopi and its vicinity. As there are faults that are capable of producing medium-sized earthquakes in the region, it is concluded that the structures and industrial investments to be made, should be planned accordingly.

Keywords:

Earthquake; Sirnak; Cizre; Uludere; Silopi, Landslide, Building damage.

Şırnak ve Yakın Yöresinin Depremselliği

Seismicity of Şırnak and Nearby Region

M. Şefik İMAMOĞLU[1]
İdris BEDİRHANOĞLU[2*]

[1]Maden Mühendisliği Bölümü,Genel Jeoloji Anabilim Dalı Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye,
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye,
*Sorumlu yazar: ibedirhanoglu@dicle.edu.tr

1. Giriş

Şırnak ili ve yakın yöresi önemli fay kavşaklarında bulunmasına rağmen yeterli çalışmalar yapılamadığından son zamanlara kadar çevrede ciddi bir deprem bilinci gelişmemiştir. Eski Deprem Bölgeleri Haritalarında, güney kısımları 2. ve 3. Derece deprem bölgesi olarak belirtilmiştir. Ancak 2012 yılında meydana gelen son depremlerden sonra, Cizre Fayı'nın aktif olduğu görülmüş ve bölgenin büyük kesimi birinci derece deprem kuşağı içine alınmıştır. Bu çalışmada Şırnak ve yakın yöresinde meydana gelen son depremler değerlendirilmiş ve yerinde yapılan incelemelerle bölgenin depremselliği ve zemin durumu irdelenmiştir.

2. Bölgenin Jeolojik konumu

Şırnak ili ve yakın yöresinde Arabistan Plakası üzerinde Güneydoğu Anadolu otoktonuna ait Mesozoik- Kuvaterner yaşlı kaya birimleri yüzeylenmektedir. Bölgede Triyas ve Kretase yaşlı Cudi Grubu ve Mardin Grubu'na ait kayaçlar temel konumda olup, genellikle farklı özellikli karbonatlardan oluşmaktadırlar. Bu karbonatlar Cudi ve Uludere yöresinde geniş yüzeylemeler sunar. Üst Kretase Eosen yaşlı kiltaşı, marn, ince kumtaşı ve plaket kireçtaşı ardalanmasından oluşan Germav formasyonu Şırnak yöresinde geniş bir şekilde yüzeylenmektedir. Eosen Oligosen yaşlı karbonatlar Şırnak'ın batısındaki Gabar Dağı ve kuzeydeki Namaz Dağında geniş yüzlekler sunar. Üst Miyosen Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler genellikle karasal kırıntılılar şeklinde olup, Silopi-Cizre arasında Cizre fayının güneyindeki nispeten düz alanda yüzeylenmektedirler. Fayın kuzeyinde topografya aniden yükselerek aşırı engebeli bir konum almaktadır. Şırnak yöresi genel itibariyle Güneydoğu Anadolu Bindirmesi veya

Bitlis Zagros Kenet Kuşağının güneyinde, kıvrımlı kuşak üzerinde yer almaktadır (Şekil 1, 2).

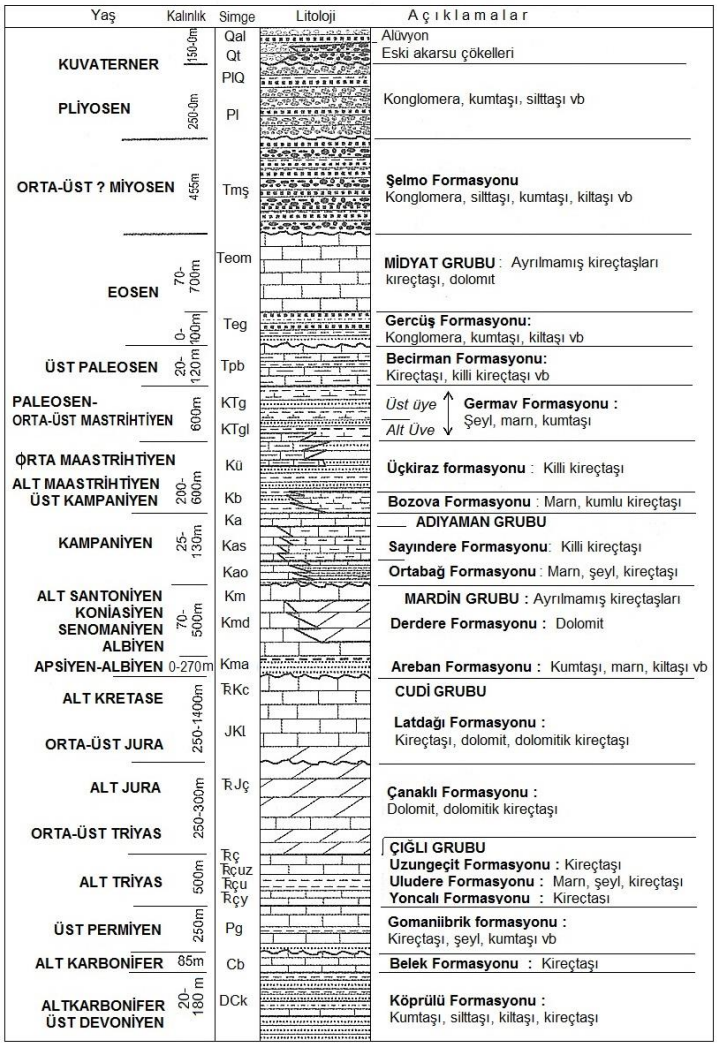
3. Bölgede meydana gelen önemli depremler

Bölgede 14 Haziran 2012 tarihinde meydana gelen en son depremler, 5.4 km derinlikte, ML 5.5 büyüklüğünde ve Io: VI şiddetindeki Silopi Pınarönü depremi ile 05 Ağustos 2012 tarihinde meydana gelen Uludere'de Io: V, Şırnak ve Silopi'de IV şiddetinde hissedilen ML 5.3 büyüklüğündeki Şırnak Uludere Pınarönü depremleri dışında son yıllarda orta ve büyük ölçekte önemli bir deprem etkinliği olmamasına rağmen son 18 yıllık süre içinde magnitüdü M>3.5 olan pek çok depremin meydana geldiği gözlenmektedir (Şekil 3).

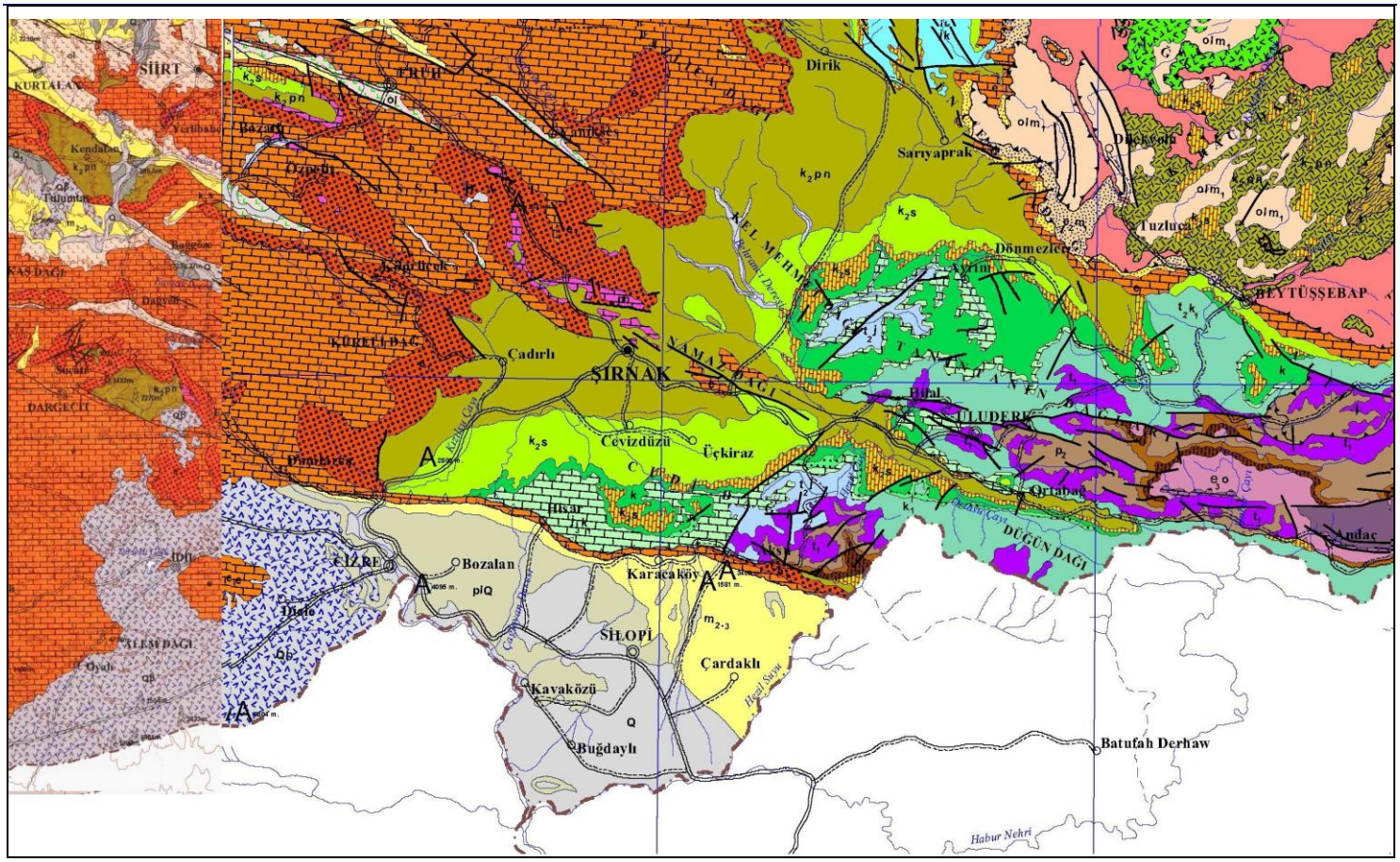
İnceleme alanında meydana gelen bu deprem etkinliğinin yanı sıra gerek tarihi depremler döneminde gerekse son yüzyıl içinde aletsel dönemde inceleme alanını ciddi şekilde etkileyen pek çok büyük deprem meydana gelmiştir (Şekil 4, 5 ve Tablo 1).

4. Cizre Fayı ve son depremler

Şırnak yöresinde kuzey-güney yönlü kompresyonel etkiye bağlı olarak eksenleri doğu-batı doğrultulu pekçok kıvrım, doğu-batı gidişli ters fay ve bindirmelerin yanısıra kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu gidişli yanal atım bileşeni bulunan faylar gelişmiştir. Yanal atımın yanında kısmen gerinim ve açılma özelliği de taşıyan bu fayların içine Şırnak ve Silopi yöresinde asfaltit filonları



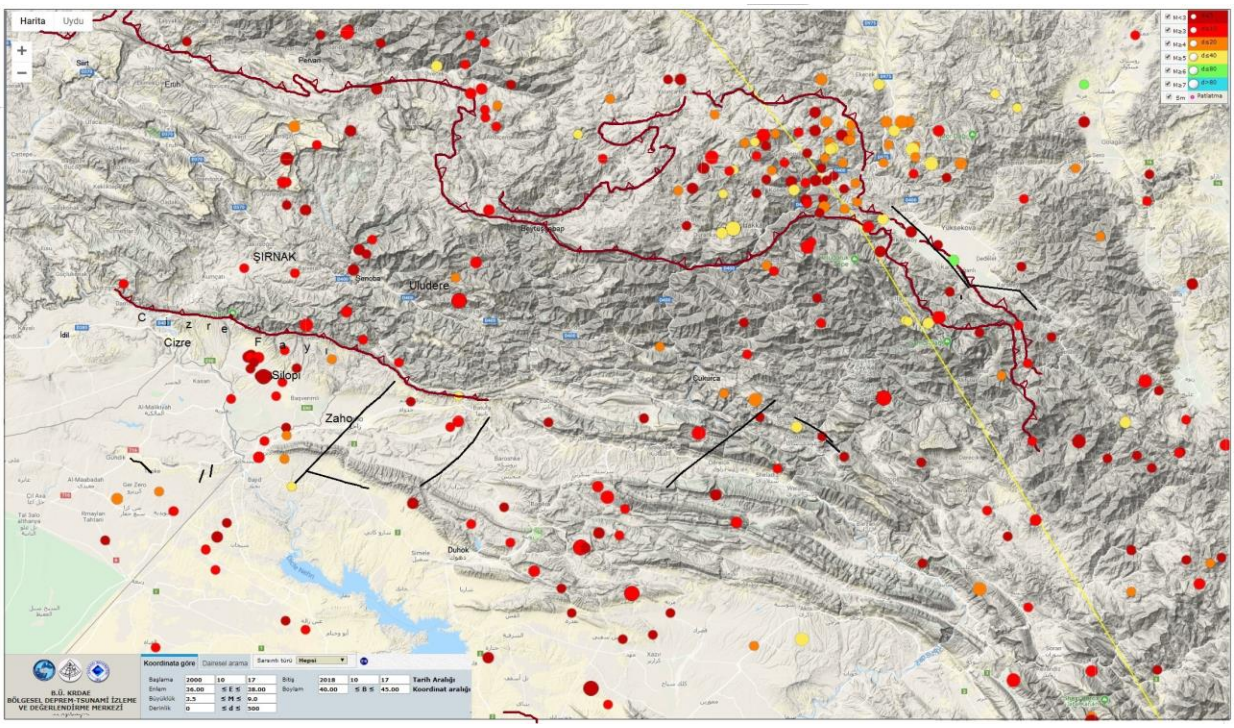
Şekil 1. Şırnak yöresi stratigrafik dikme kesiti (MTA 2007)



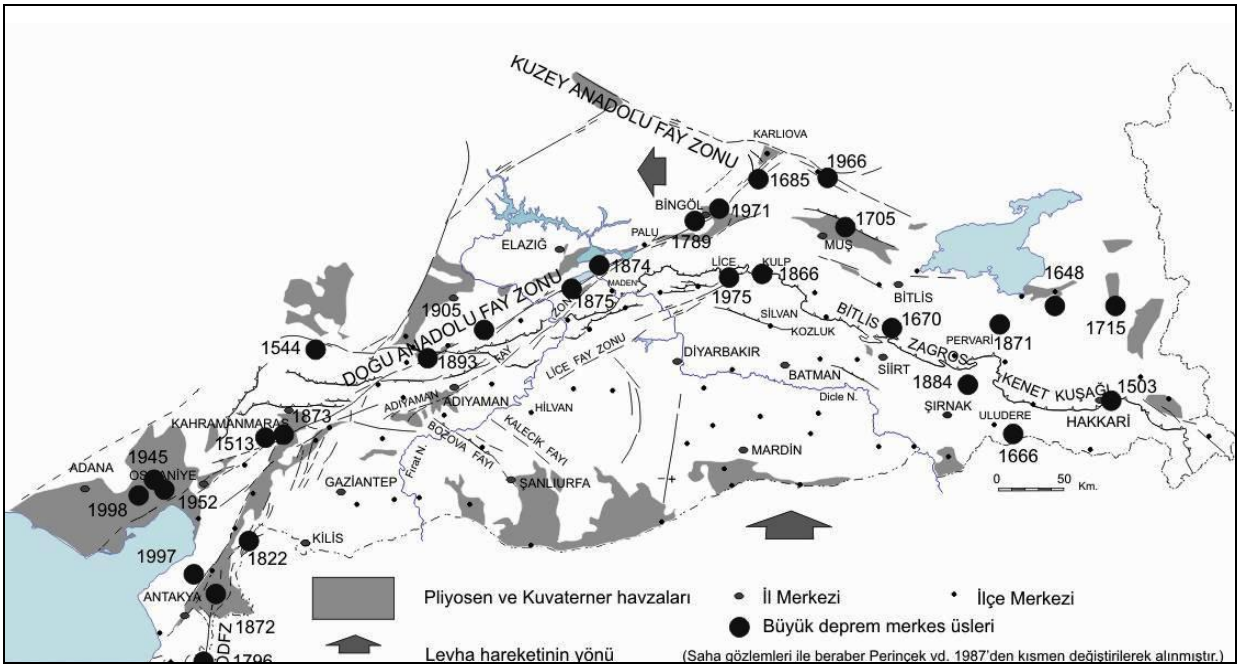
Şekil 2. Şırnak yöresi jeolojisi (MTA 2007-2008)

yerleşmiştir. Bölgede yeterli incelemeler yapılamadığından bu fayların tümü eski dönemde oluşmuş ve şu anda aktif olmayan faylar olarak belirtilmekte idi. Bu nedenle özellikle Cizre Silopi arasındaki bölgede aktif fayların olmadığı var sayılarak eski diri fay haritalarında aktif fay yer almamıştı. Ancak 2012 yılında meydana gelen Şırnak Silopi Pınarönü ve Şırnak Uludere depremlerinden sonra yaklaşık doğu-batı doğrultulu ters ve bindirme karakterli fayın diri bir fay olduğu ve birbirine paralel iki fay şeklinde geliştiği görülmüştür. Bu fay, 2013 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritasında Cizre fayı olarak yer almıştır.

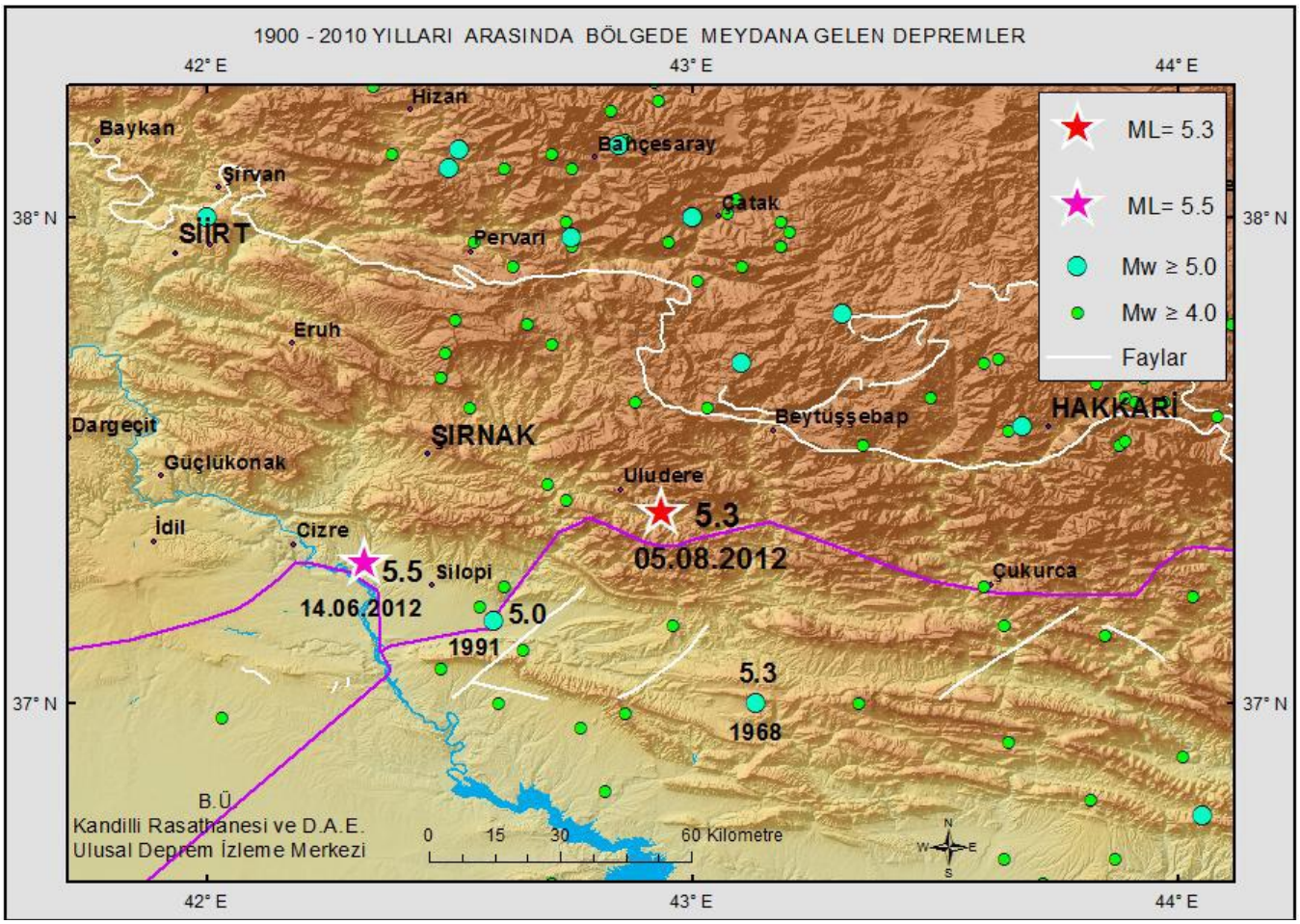
Cizre fayı Cudi Dağının güneydeki az engebeli alana geçiş bölgesinde güneydoğu-doğu ve kuzeybatı-batı doğrultusunda Midyat Grubu kireçtaşlarının, karasal kırıntılılardan oluşan Şelmo formasyonu'na bindirmesi şeklinde gözlenmektedir. Fay Kasrik Boğazı ve Silopi'nin kuzeyinde çok güzel bir şekilde takip edilebilmektedir. Bu fay tek bir fay şeklinde olmayıp kuzey-güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak birbirine paralel gelişen ekaylı bir zon şeklinde görülmektedir. Nitekim güneyde tespit edilen bu faya nispeten paralel olarak Cudi Grubu kireçtaşları Midyat Grubu kayaçlarına bindirmektedir. 2012' de meydana gelen fayların ikisi de bu faylara bağlı olarak gelişmiştir.



Şekil 3 . Şırnak ve yakın yöresinde 17.10.2000 ile 17.10.2018 yılları arasında bölgede meydana gelen M>3.5 olan depremler (KRDAE 2018)



Şekil 4. Bölgeyi etkileyen tarihi depremler (İmamoğlu ve Çetin 2007)



Şekil 5. Son yüzyılda bölgede meydana gelen önemli depremler (KRDAE)

Uludere Pınarönü depremi bindirme karakterinin yanında daha çok sağ yanal atımlı bir faya bağlı olarak gelişmiştir.

14 Haziran 2012 tarihinde yerel saatle 08:52'de ML=5.5 büyüklüğünde ve Io=VI şiddetinde meydana gelen depremin merkez üssü 37.2935 K Enlemi – 42.3248 D Boylamında Silopi İlçesi Pınarönü köyü olup, deprem özellikle Silopi, Şırnak, Cizre, Mardin ve yakın çevresinde kuvvetli bir şekilde hissedilmiştir (Şekil 5). Ayrıca zemine bağlı olarak Şırnak ve Silopi yöresinde önemli hasarlara neden olmuştur.

5 Ağustos 2012 tarihinde yerel saat ile 23:37'de ML=5.3 büyüklüğünde ve Io=V şiddetinde meydana gelen depremin merkez üssü ise 37.3885 K Enlemi – 42.9282 D Boylamında Uludere Ortabağ köyüne 2 km, Uludere'ye 8.8 km, Şırnak'a 41 km uzaklıktadır. Deprem Uludere başta olmak üzere Şırnak merkez, Beytüşşebap, Silopi ilçeleri ile Siirt, Hakkari ve bazı ilçelerinde hissedilmiştir (Şekil 6). Deprem büyüklüğünün fazla olmaması ve zemin yapısının merkez üssünde sağlam olması yüzünden bu depremde önemli bir hasar oluşmamıştır.

5. Bölgenin Zemin Yapısı

Şırnak il merkezi Üst Kretase Eosen yaşlı kiltaşı, marn, ince kumtaşı ve plaket kireçtaşı ardalanmasından oluşan Germav formasyonu üzerinde yer almaktadır. Bu birimlerin dış hava şartlarıyla bozuşması ve şehir merkezinin eğimli bir topografya üzerinde kurulmuş olmasından dolayı bazı bölümleri heyelan riski taşımaktadır. Şehrin birinci derece deprem bölgesinde yer almasından kaynaklanan küçük sarsıntılar heyelan riskini bir kat daha arttırmaktadır.

Tablo 1. Bölgeyi Etkileyen Depremler (İmamoğlu ve Çetin, 2007'den düzenlenerek alınmıştır.)

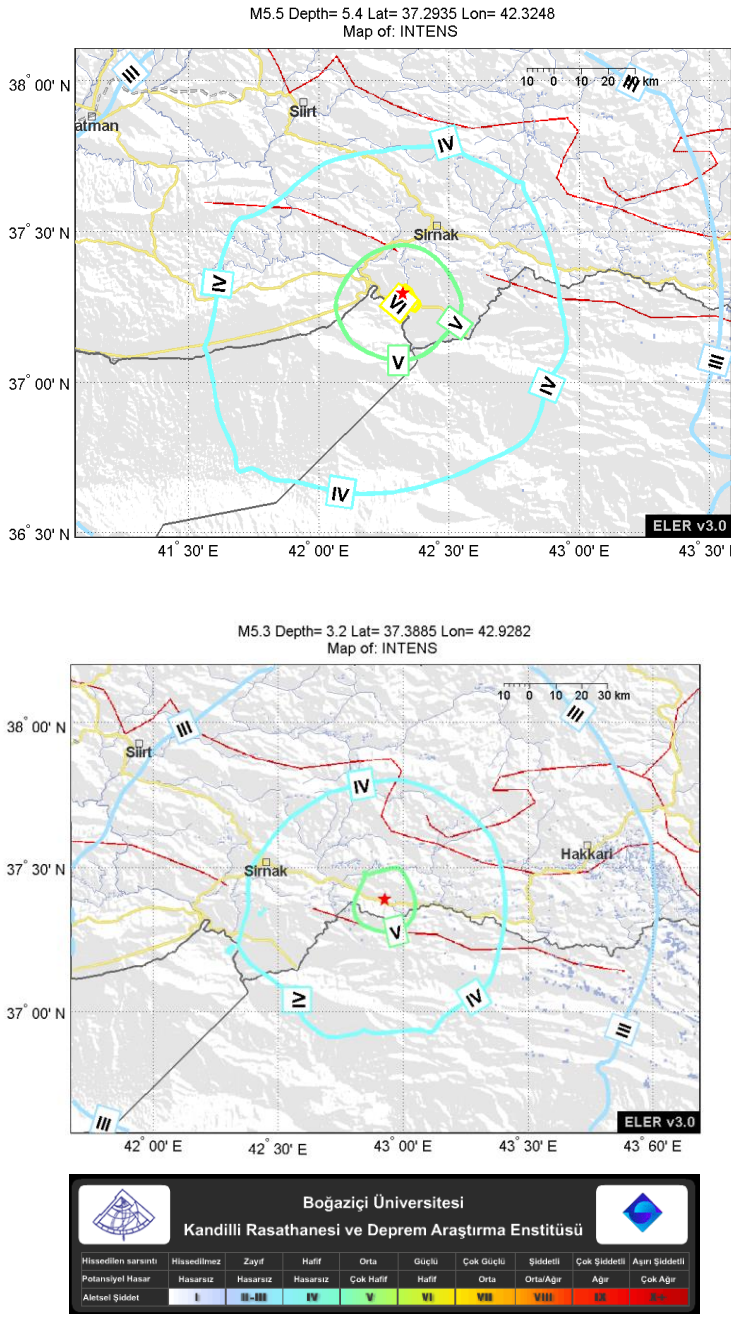
Tarih	Enlem (N)	Boylam (E)	Oluş Yeri/Etkilenen Alan	Büyüklük	Şiddet	Açıklama
995	38.50	39.50	Palu , Sivrice		VI	
? .05.1789	38.70	39.90	Palu , Elazığ		VIII	Faylanma L:20 km. 51000 ölü
22.07.1866	38.40	39.40	Hazar Gölü güneyi-Elazığ	5.5		
03.05.1874	38.65	39.20	Harput-Elazığ, Diyarbakır		VIII	
04.05.1874	38.40	39.50	Maden-Elazığ, Diyarbakır	6.1	VIII	
1889	38.70	39.90	Palu yöresi –Elazığ	4.3	VI	
? .11.1890	38.35	38.30	Malatya yöresi		VI	
31.03.1893	38.40	38.70	İzoli yöresi – Malatya	6.7	IX	469 ölü
? .10.1895	38.40	38.30	Malatya Akçadağ	4.3	VI	
14.06.1964	38.35	38.30	Malatya yöresi	6	VIII	8 ölü, 678 hasarlı bina
1968	38.70	39.90	Bingöl-Elazığ	5.1		2 ölü
22.05.1971			Bingöl	6.7	VIII	878 ölü, 5617 hasarlı bina
26.03.1977			Palu-Elazığ	5.2	VII	8 ölü, 842 hasarlı bina
01.05.2003			Bingöl	6.4		
1245	38.74	42.50	Ahlat, Van, Bitlis, Muş		VIII	
1276	38.90	42.90	Ahlat, Erciş, Van		VIII	
1363	38.70	41.50	Muş ve yöresi		VIII	Pek çok ölü
1441	38.35	42.10	Van, Bitlis, Muş		VIII	Nemrut Dağı'nın volkanik etkinliği ile, 30.000 ölü
1582	38.35	42.10	Bitlis ve geniş yöresi		VIII	
02.04.1647	39.15	44.00	Van, Muş, Bitlis		IX	
1715	38.70	43.50	Van ve Erciş yöresi		VIII	
1869	38.40	42.10	Bitlis ve yöresi		VI	
05.031871	38.50	43.40	Van yöresi	5.5	VII	
30.05.1881	38.50	43.40	Van, Bitlis, Muş	7.3	IX	Van yöresinde 400 ev yıkıldı.
10.02.1884	37.80	42.60	Pervari -Siirt	6.1	VIII	Pek çok ölü
28.04.1903	38.70	41.50	Malazgirt, Muş	6.7	IX	2626 ölü, 4500 hasarlı bina
06.05.1930			Hakkari	7.2	X	2514 ölü, 3000 hasarlı bina
26.12.1939			Erzincan	7.9	X	32962 ölü binlerce hasarlı bina
10.09.1941	38.70	43.50	Erciş-Van	5.9	VIII	194 ölü, 600 hasarlı bina
29.07.1945	38.50	43.40	Van yöresi	5.8	VIII	12 ölü, 2000 hasarlı bina
31.05.1946			Varto-Muş	5.9	VIII	839 ölü, 3000 hasarlı bina
17.08.1949			Karlıova	6.7	VIII	450 ölü, 3500 hasarlı bina
07.03.1966			Varto-Muş	5.6	VIII	14 ölü, 1100 hasarlı bina
19.08.1966			Varto-Muş	6.9	IX	2964 ölü, 20007 hasarlı bina
16.07.1972	38.50	43.40	Van	5.2		1 ölü, 400 hasarlı bina
24.11.1976			Çaldıran-Van	7.2	IX	3840 ölü, 9552 hasarlı bina
M.Ö. 131	37.05	36.60	Islahiye		VII	Filistin'de de duyuldu.
128	37.30	36.80	Islahiye , Maraş		VIII	
30.09.587	36.25	36.10	Antakya		IX	60.000 ölü
718	37.15	38.80	Urfa		VIII	
21.03.1003	37.10	38.80	Urfa ve yöresi		VIII	
18.12.1037	37.10	38.80	Urfa		VII	
29.11.1114	37.60	36.90	Maraş, Urfa, Harran		VIII	
1115	37.10	38.80	Urfa	7		
06.09.1975			Lice-Diyarbakır	6.9	VIII	2385 ölü, 8149 hasarlı bina
1977			Lice-Diyarbakır	4.8		8 ölü, 210 hasarlı bina
05.05.1986			Sürgü – Malatya	5.8	VII	8 ölü, 824 hasarlı bina
06.06.1986			Sürgü – Malatya	5.6		1 ölü, 1174 hasarlı bina
13.03.1992			Erzincan	6.8		653 ölü 3850 yaralı
? .09.1999			Şanlıurfa	5.0		
01.05.2003	39.01	40.49	Bingöl Sancak Oğuldere	6.4	VIII	176 ölü, 6000 hasarlı bina
25.01.2005			Hakkari	5.5		2 ölü
12.03.2005	39.38	40.85	Bingöl Karlıova Kızılçubuk	5.7	VII	Her üç depremde toplam 38 yaralı, 1800 hasarlı bina
14.03.2005	39.35	40.89	Bingöl Karlıova Kızılçubuk	5.9	VII	
23.03.2005	39.39	40.79	Bingöl Karlıova Kızılçubuk	5.5	VII	
23.10.2011	38.76	43.36	Van Tabanlı	7.2	IX	604 ölü,
09.11.2011	38.45	43.26	Van Edremit	5.7	VII	40 ölü,
12.11.2017	34.96	45.79	Irak-İran sınırı Halabja*	7.3	VIII	620 ölü, 70000 hasarlı bina

*İmamoğlu ve Bedirhanoğlu 2018

Bu nedenle Şırnak merkezde eğimin yüksek olduğu kesimlerde yapılaşmaya gidilmeden önce heyelan riski açısından iyi etüt edilmesinde yarar vardır.

Silopi yöresi ise tamamen Üst Miyosen Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı genellikle karasal kırıntılılardan oluşmakta olup, Silopi-Cizre arasındaki bölümde Cizre fayının güneyindeki nispeten düz alanda yüzeylenmektedirler. Bu birimler iyi pekişmemiş olmalarından dolayı deprem dalgalarını belli bir oranda büyütme özelliğine sahip olmalarının yanında, taşıma gücü açısından da biraz zayıftırlar. Bu nedenle yapılaşma açısından bu özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Uludere yöresindeki zeminler tamamen kireçtaşlarından oluştuğundan burada yapılaşmaya gidildiğinde karstlaşma sonucu oluşan boşluklara ve kaya düşmelerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 6. Silopi Pınarönü ML=5.5 ve Uludere Ortabağ ML=5.3 depremleri tahmini şiddet haritaları (KRDAE UDİM)

6. Son depremlerde meydana gelen hasarlar

Silopi ilçesine bağlı Pınarönü Köyü'nde 5.5 büyüklüğünde meydana gelen ve Şırnak, Mardin, Siirt ve Diyarbakır başta olmak üzere bölgedeki yerleşim birimlerinde hissedilen, merkez üssü Silopi-Pınarönü Köyü olan depremde can kaybı yaşanmamasına karşılık, özellikle Silopi'nin merkez ve birçok köylerinde çok sayıda evde hasar meydana gelmiştir (Şekil 7 , 8). Bazı yığma yapıların köşelerinde ayrılmalar şeklinde hasar oluşmuştur. Silopi'nin Pınarönü köyünde bir kısım tek katlı yığma yapıların duvar birleşiminde ayrılma şeklinde çatlaklar oluşmuştur (Şekil 9) görülmektedir. Silopi merkezde zeminde ayrılma ve oturmalara bağlı çatlaklar oluşmuştur (Şekil 10). Şırnak merkezde bulunan Külliye Camisine ait her iki minaresinin külah kısmında çatlak ve yıkılma şeklinde hasar meydana gelmiştir (Şekil 11). Bütün bu hasarlar Şırnak ve Silopi bölgelerinin depremden ciddi bir şekilde etkilendiğini göstermektedir.

7. Sonuç

Şırnak ili Silopi ilçesi Pınarönü Köyü'nde 14 Haziran 2012 tarihinde ML= 5.5 büyüklüğünde meydana gelen deprem ile 5 Ağustos 2012 tarihinde Uludere ilçesi Ortabağ köyünde ML=5.3 büyüklüğünde meydana gelen depremler bu bölgede aktif diri fayların var olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Şekil 7. Silopi merkezde iki katlı bir evin duvarında oluşan X kırığı çatlaklar

Şekil 8. Silopi'nin bir köyünde yığma yapının köşelerinde oluşan ayrılma şeklinde hasar

Şekil 9. Silopi'nin Pınarönü köyünde tek katlı yığma yapının duvar birleşiminde ayrılma şeklinde oluşan çatlaklar

Bölgede tespit edilen Cizre fayının diri ve aktif fay olarak deprem ürettiği görülmüştür.

Özellikle Şırnak Silopi ve Cizre yerleşimlerinin üzerinde bulunduğu zeminler ve konumları deprem sırasında üzerinde bulunan yapılarda ciddi hasarlar oluşturabilecek özellikte zeminlerdir.

Bölgede yeterli araştırmalar yapıldığı taktirde aktif durumda bulunan daha pek çok fayın ortaya çıkarılabileceği açıktır. Tüm bu özellikleri ile Şırnak yöresinin depremsellik konusunda çok hassas bir bölgede olduğu ve yapılacak yapıların buna uygun yapılması ve tasarlanması gerektiği unutulmamalıdır.

Şekil 10. Silopi'de zeminde oluşan çatlak ve çatlak boyunca yarılan çakıl taşı

Şekil 11. Şırnak merkezde bulunan Külliye Camisine ait her iki minarenin külahında çatlak ve yıkılma şeklinde meydana gelen hasarlar

8. Teşekkür

Çalışmalarımızda maddi ve manevi katkılarını esirgemeyen Özkentaş İnşaat firmasından İnşaat Yüksek Mühendisi Metin AKSOY'a teşekkürü bir borç biliriz.

9. Referanslar

İmamoğlu M.Ş. , Bedirhanoğlu, İ. and Mollamahmutoğlu Ç. **2018** Evaluation of 12 November 2017 Mw 7.3 30 km South of Halabja Iraq-Iran Border Earthquake and Its Effects on Darbandikhan Dam from a Geological Perspective. 5th International Symposium on Dam Safety, 27 October-01 November 2018 Istanbul Turkey p.140-155

Bedirhanoğlu İ.,Mollamahmutoğlu Ç. and İmamoğlu M.Ş **2018** Damage of The Derbendikhan Dam During the Last Mw 7.3 Halabja Earthquake . 5th International Symposium on Dam Safety, 27 October-01 November 2018 Istanbul Turkey p.576-588.

İmamoğlu M.Ş. and Çetin E. 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği. D.Ü.Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 9, p. 93-103.

KRDAE 2012. 14 Haziran 2012 Pınarönü- Silopi (Şirnak) Depremi. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi Basın Duyurusu 2 s.

KRDAE 2012. 5 Ağustos 2012 Uludere-Şırnak Depremi. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi Basın Bülteni 3 s.

KRDAE2018.udim.koeri.boun.edu.tr/zeqmap/osmap.asp

MTA 2007, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Cizre-M48 Paftası No:58, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 31 s.

MTA 2008, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Cizre-M49 Paftası No:57, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 46 s.

MTA 2007, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Cizre-N48 Paftası No:59, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 29 s.

MTA 2007, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Cizre-N49 Paftası No:60, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 37 s.

Tarihi Zerzevan Kalesi Güney Kulesinin Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi

Evaluation of the Present Situation of the South Tower of Historical Zerzevan Castle

İdris BEDİRHANOĞLU[1]
Çağrı MOLLAMAHMUTOĞLU[2*]

[1]Doç. Dr. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye,
[2]Dr. Öğretim Üyesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
*Sorumlu yazar: cagri.mollamahmutoglu@gmail.com

Özet

Bu çalışmada tarihi Zerzevan kalesinin Güney Kulesi yapısal olarak incelenmiştir. Kule genel olarak yıkık durumdadır. Kulenin bir duvarının önemli bir kısmı ayaktadır. Bunun dışında bu duvara dik kısa bir duvar parçası da ayakta kalabilmiştir. Yapının restitüsyon projelerinden faydalanarak temsili üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak yatay yükler altında davranışı incelenmiştir.
Ayrıca kulenin mevcut hali ile yatay yüklere karşı yapısal güvenliğini incelemek için ayakta kalan duvar bölümlerini oluşturan üç boyutlu sonlu eleman modellemesi oluşturulmuştur. Duvar bağlantıları mevcut halinde olduğu gibi oldukça zayıf olarak modellenmiştir. Kulenin yıkık halinin orijinal durumuna göre oldukça zayıf olduğu ve mevcut halinin güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Zerzevan; Güney Kule; Sonlu eleman; Deprem; Diyarbakır.

Abstract

In this study historical remains of Zerzevan Castle's south tower is investigated structurally. Although most parts are ruined south wall of the tower is still existing with a perpendicular short section. Using restitution drawings a complete form of the tower is modeled and analyzed with respect to lateral loads.
Also in order to address the current state of the tower remaining south wall is modeled via a 3D finite element model. Wall sections are assumed to be weak and material parameters are selected as. It is concluded that the remaining sections are relatively weak with respect to the original state of the tower and requires significant work in terms of retrofitting.

Keywords:

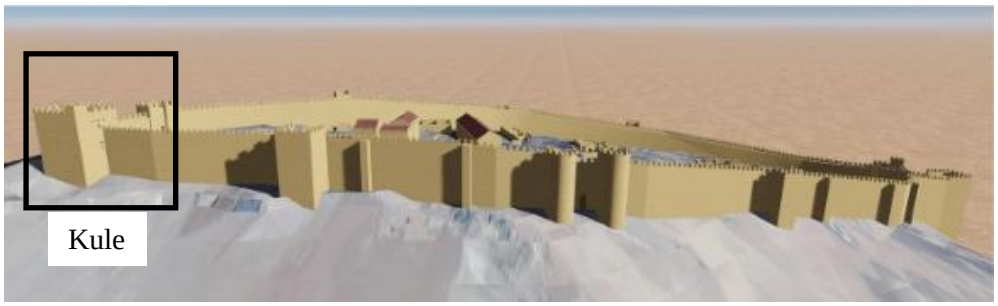
Zerzevan; South tower; Finite elements, Earthquake; Diyarbakir.

1. Giriş

Tarihi yapıların korunması ve geleceğe güvenli bir şekilde ulaşmalarının sağlanması günümüz bilim camiasının uğraştığı önemli konular arasındadır. Bu amaç ile sonlu eleman modellemeleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada Diyarbakır'ın Çınar İlçesi sınırlarında bulunan Zerzevan Kalesi'nin bir parçası olan Güney Kule incelenmiştir. Bölge 2. Derece deprem bölgesi olmasından dolayı bölgedeki yapılar sismik etkilere yoğun bir şekilde maruz kalmaktadır. Dolayısı ile özellikle hasarlı tarihi yapıların yatay yükler altında davranışlarının iyileştirilerek olası bir yer sarsıntısında tamamı ile yıkılmalarının önüne geçilmelidir. Bu çalışmada Güney Kulenin sonlu eleman modeli oluşturularak yatay yükler altında davranışı incelenmiştir.

2. Zerzevan Kalesi

Mardin-Diyarbakır karayolunun hemen doğusunda, Çınar ilçesinin 15 km., Aşağıkonak köyünün ise 2 km. güneydoğusunda, Demirölçek (Kale-i Zerzevan) köyü sınırları içerisinde, denizden 900 m, hemen yanındaki karayoluna göre ise yaklaşık 100 m yükseklikteki bir tepe üzerinde yer almaktadır. Yerleşimin ilk inşa edildiği dönem kesin olarak bilinmemektedir. Antik yol üzerinde bulunan Zerzevan'da mevcut kazı çalışmalarına göre alanın M.S. 3. yy.'da kullanıldığı ve büyük olasılıkla surların ve yapıların Anaslasios I (M.S. 491-518) ve Juslinianos I (M.S. 527-565) dönemlerinde onarılarak mevcut son haline geldiği belirtilmektedir (Coşkun, 2017). Kalenin simülasyon görüntüsü Şekil 3'te görülmektedir. Bölge kale duvarları, kuleler, kilise ve birçok konut yapısından oluşmaktadır. Yapıların hepsi bölgede bulunan kireç taşlarından inşa edilmiştir.



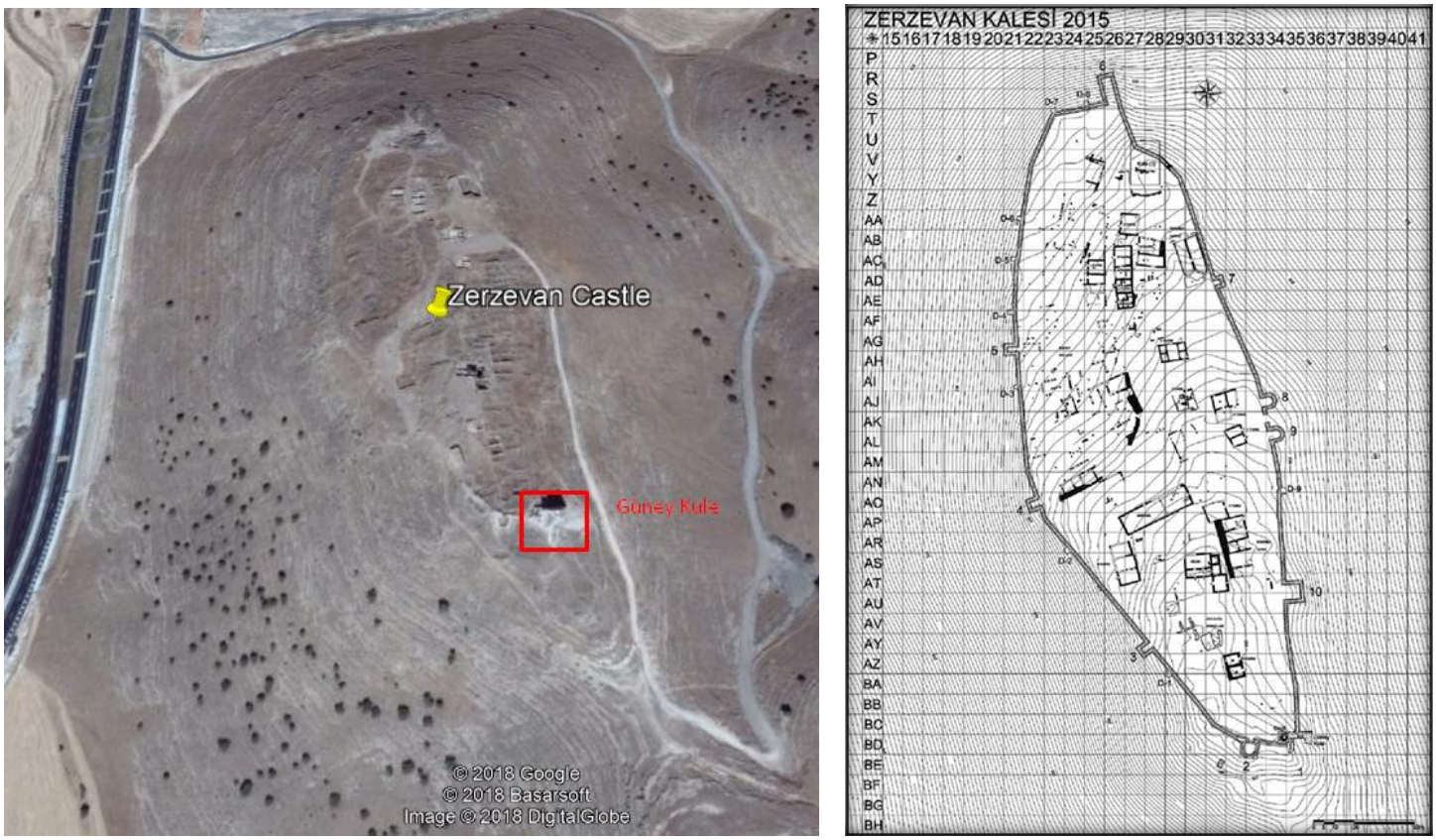
Şekil 1. Kalenin temsili modeli (Coşkun 2017)

3. Güney Kule, Kulenin Restitüsyonu ve mevcut durumu

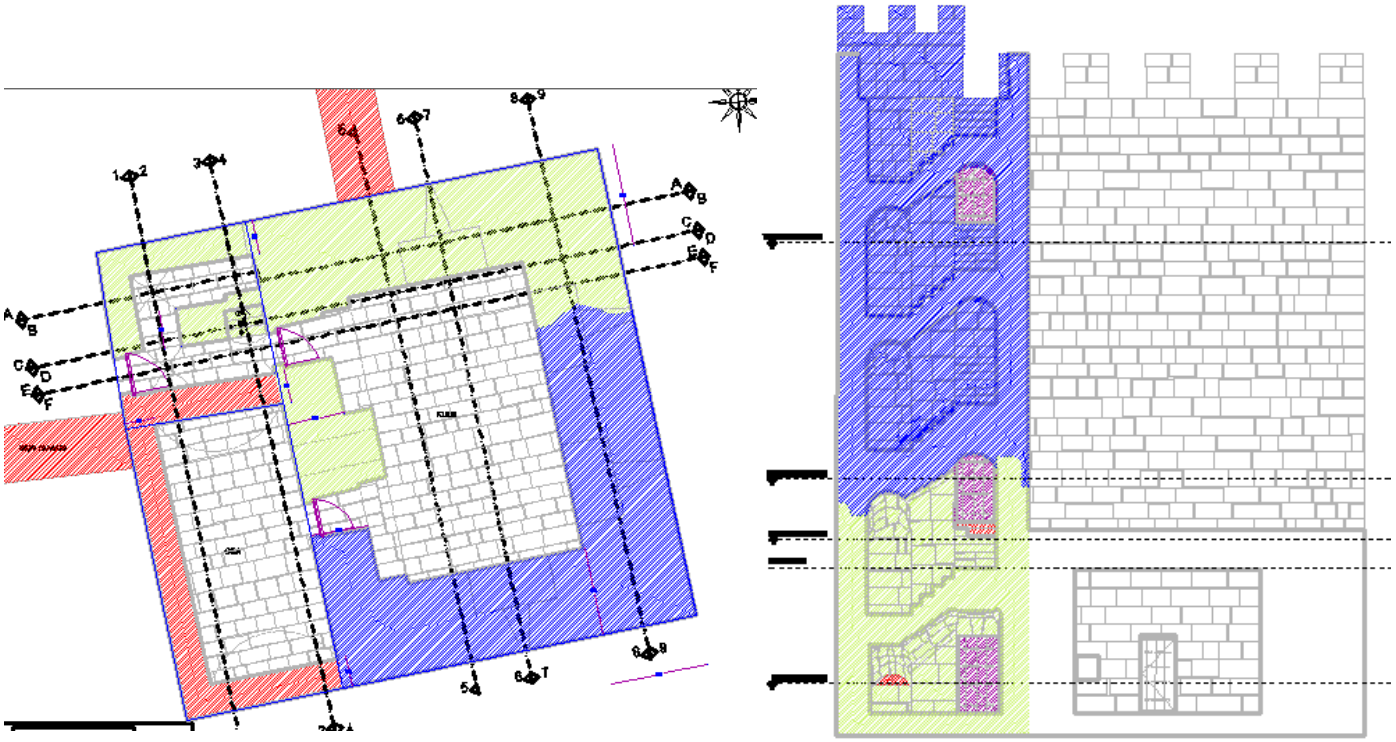
Güney Kule, kale üzerinde Şekil 2'de yer alan vaziyet planında Doğu-Batı eksende BC ve BD, Kuzey-Güney eksende 34 ve 35 karelerde yer almaktadır.

Şekil 3'te Güney Kule'nin restitüsyon projeleri verilmiştir. Restitüsyon projelerine göre yapı oturum alanı yaklaşık 15.5X17.0 m ve yüksekliği 23.9 metredir. Kule altta iki oda ve merdiven bölümünden oluşmaktadır. Büyük oda yukarıya doğru devam etmemektedir. Dolayısı ile alt bölüm kare gibi olsa da yukarı kısımlarda kule planı L şeklini almaktadır.

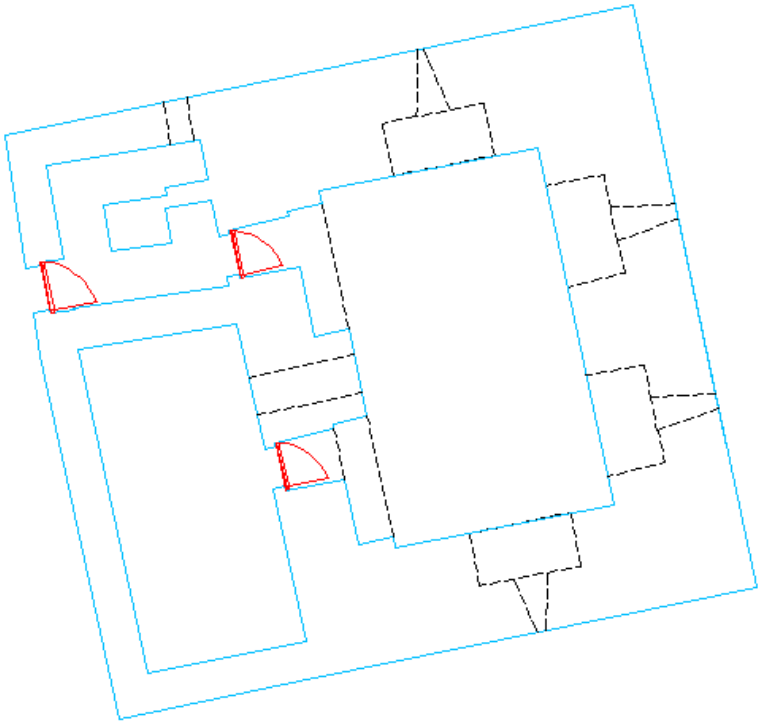
Şekil 4'te Güney Kule'nin mevcut durumuna ait plan görülmektedir. Şekil 5'te Güney Kule'nin mevcut durumuna ait Güney ve Kuzey cephelerinden görünümleri verilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü gibi kulenin dört duvarından sadece bir duvarının ayakta kaldığı görülmektedir. Bu duvara dik kulenin dört duvarından diğer bir duvarının küçük bir parçası da ayakta kalan duvara bağlı olarak ayakta kalmıştır. Ayakta kalan duvarın özellikle en yukarı kısmındaki taşlar arasındaki bağlantının çok zayıf ya da yok olduğu yerinde yapılan incelemelerde görülmüştür. Ayrıca Şekil 5'te Kuzey Cephe'de boyuna büyük çatlaklar olduğu görülmektedir. Sonuç olarak mevcut ayakta kalan bölümlerin de ağır hasarlı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Zerzevan Kalesi 2015 Kazısı Vaziyet Planı (Aytaç Çoşkun'dan) ve Google Earth görüntüsü

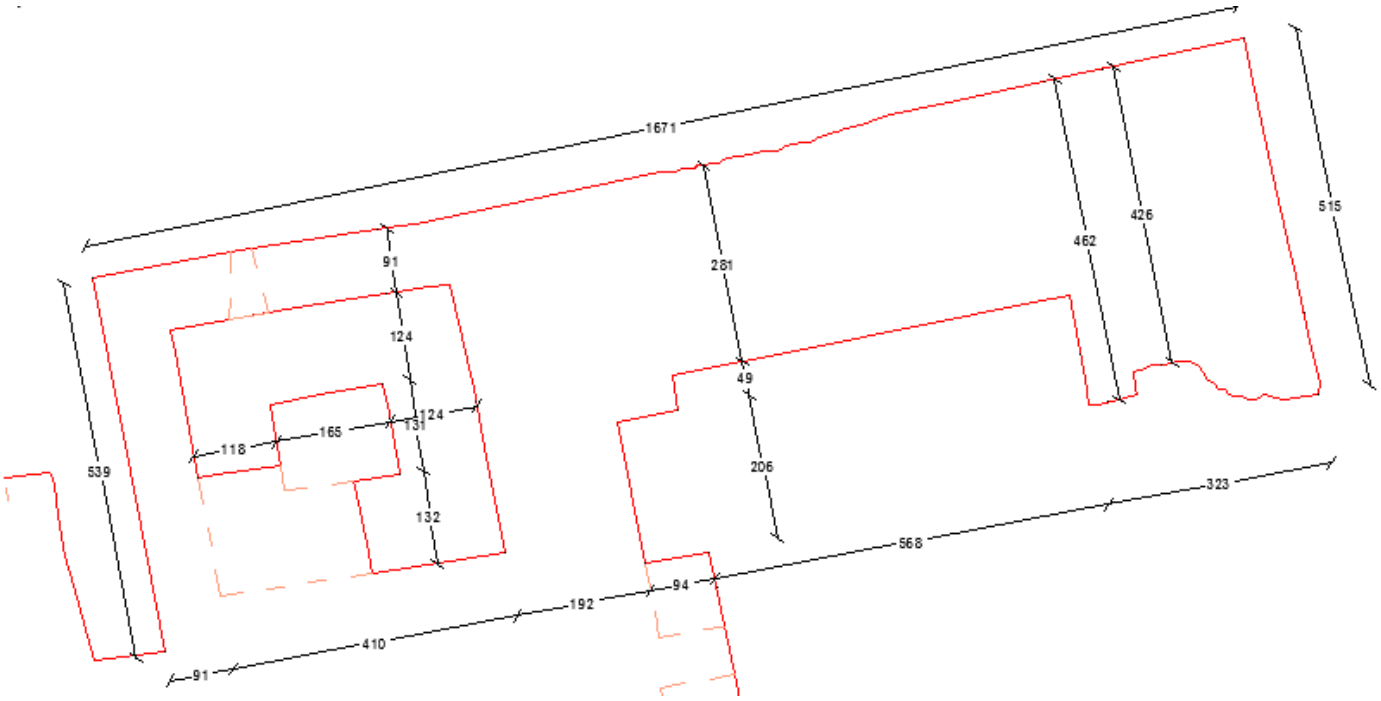


Plan Görünüş



Plan

Şekil 3. Kulenin restitüsyon projesi (Aksoy ve diğ. 2018)



Şekil 4. Kulenin mevcut durumunun planı (Aksoy ve diğ. 2018)

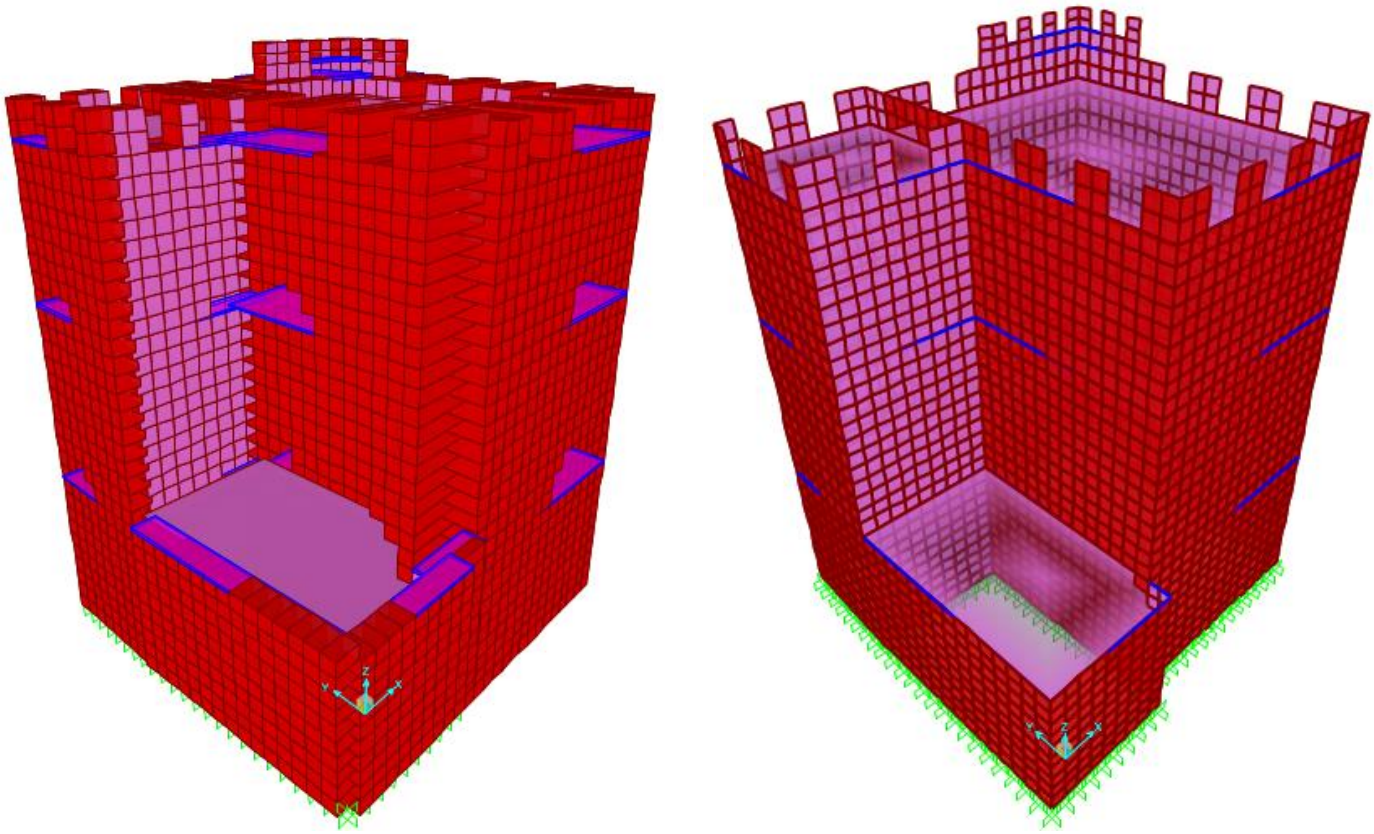
Şekil 5. Kulenin mevcut durumu-Güney Cephesi ve Kuzey Cephesi

4. Kulenin restitüsyonunun static açıdan değerlendirimesi

Kulenin önemli bir kısmı yıkık durumdadır. Sadece bir cephesinin duvarı büyük ölçüde ayakta ve diğer bölümlerin büyük bir kısmı yıkık durumdadır. Ayakta kalan duvara dik yönde çok kısa bir duvar parçası daha ayakta kalabilmiştir. Kulenin restitüsyon projesine uyularak basit bir üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Kulenin modal titreşim şekilleri, duvardaki gerilmeler ve deformasyonlar belirlenmiştir.

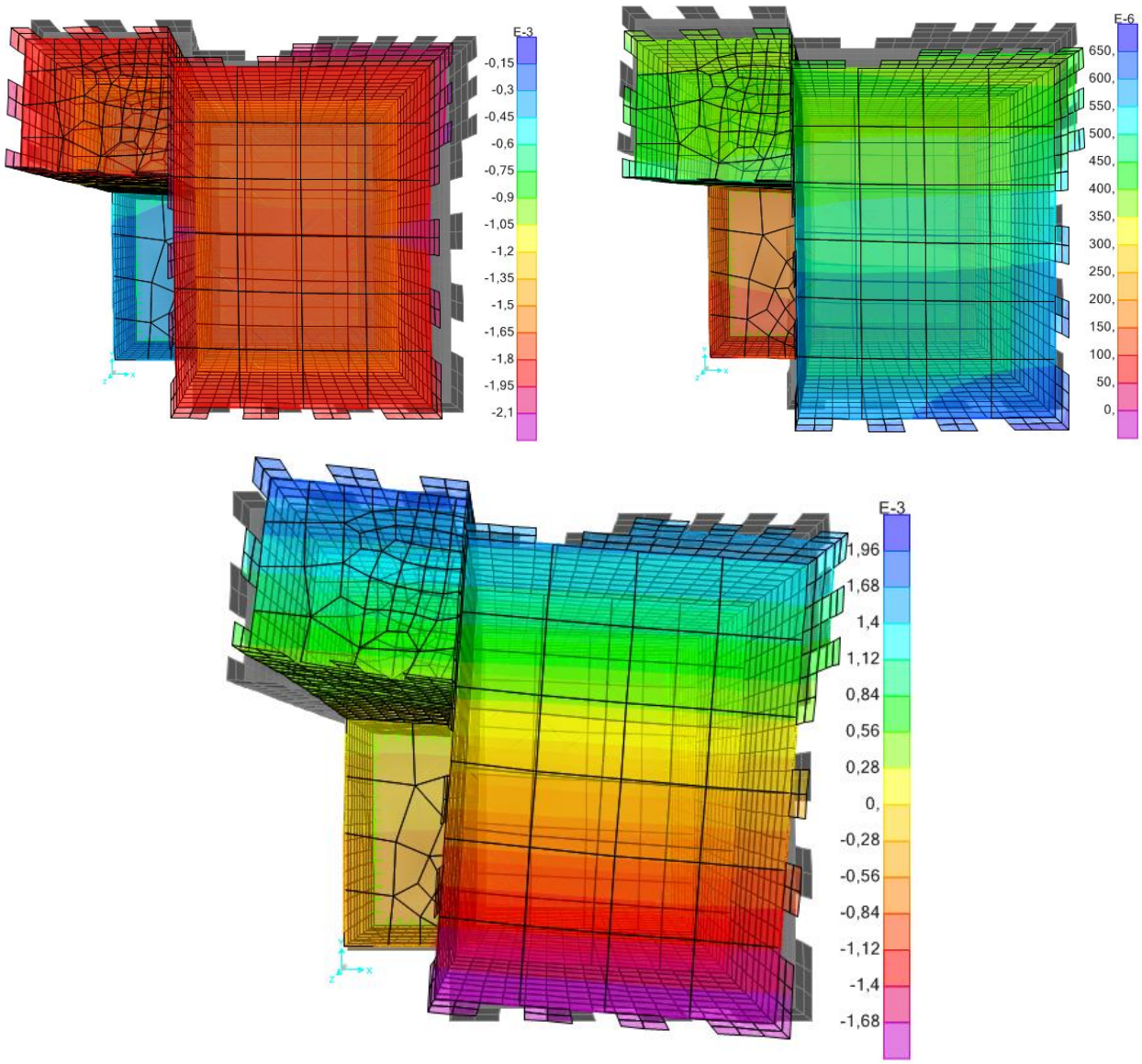
Zemin sınıfı ZB olarak göz önüne alınmıştır. Ara katlarda döşemelere 250 kg/m^2 ve çatı katında 500 kg/m^2 ölü yük tanımlanmıştır. Aynı şekilde ara katlara 250 kg/m^2 ve çatı katına 200 kg/m^2 hareketli yük tanımlanmıştır. Taş duvarın elastisite modülü 1300 MPa olarak göz önüne alınmıştır.

Şekil 6'da kulenin SAP2000 [3] programı ile oluşturulan sonlu eleman modeli sunulmuştur. Bu model kule için hazırlanan restitüsyon projesinde verilen ölçüler ile hazırlanan kaba bir modeldir. Yapının yatay yükler altındaki davranışı hakkında bilgi vermesi hedeflenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kulenin birinci doğal tireşim periyodunun 0,3 saniye mertebesinde olduğu görülmüştür. Kule ile ilgili elde edilen diğer modal özellikler Tablo 1 ve Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü 3. modun burulma olduğu görülmektedir. Şekil 8'de artırılmış yükler altında düşey gerilme değişimi verilmiştir ve bu şekilden en büyük düşey gerilmenin 0.64 MPa mertebesinde olduğu görülmektedir.



Üç boyutlu model | Sonlu eleman ağı

Şekil 6. Kulenin Sonlu Eleman Modeli



Şekil 7. İlk üç mode şekli

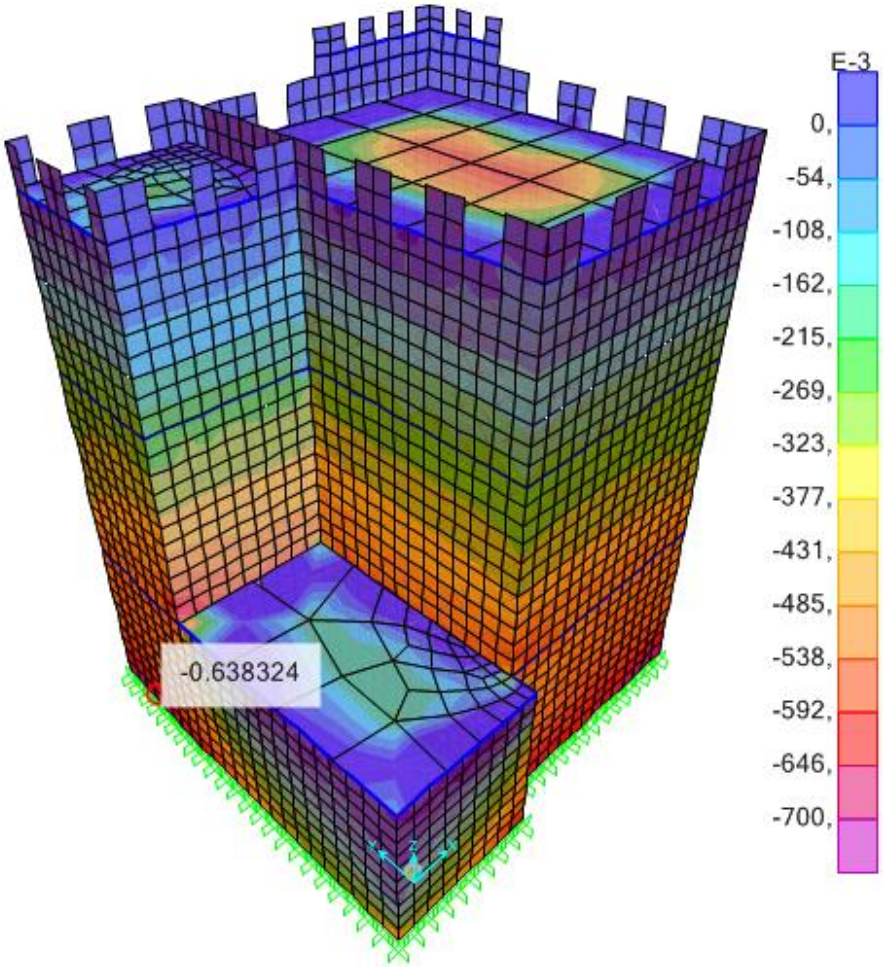
5. Kulenin mevcut durumunun statik açıdan değerlendirimesi

Mevcut ayakta kalan parçalar sonlu elemanlar analizi ile modellenmiştir. Olası bir deprem de duvarın durumu yapısal olarak değerlendirilmiştir. Kule ve bağlı duvarların durumlarının nasıl bir davranış sergileyebileceklerinin öngörülmesi amacıyla basit bir 3D sonlu eleman analizi yapılmıştır. Ölçüler röleve paftalarından alınmış ve malzeme homojen kabul edilmiştir. Model geometrisini basit tutmak için yapıdaki boşluklar ve kayıp kısımlar ihmal edilmiş yaklaşık bir geometri kabul edilmiştir. Bununla beraber kabul edilen malzeme sabitleri literatürde karşılaşılabilecek en küçük değerler mertebesinde seçilmiştir. Mohr-Coulomb plastik model kullanılan yapıya önce kendi ağırlığı daha sonra ise temsili deprem olarak 1999 Kocaeli depremi yer ivmesi yükleri verilmiştir.

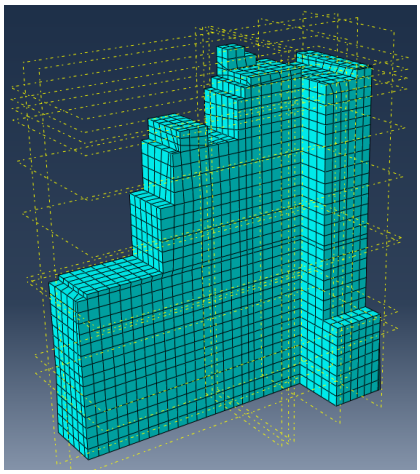
Mohr-Coulomb modelinde maksimum çekme gerilmesine sınırlandırma getirilmiştir. Buna göre orijinalde 0.1 MPa iken bu değer yeni yapılacak duvar kısmında 0.02 Mpa alınmıştır (Tablo 2). Analizde kullanılan sonlu eleman ağı Şekil 9'da görülebilir. Burada 5317 sonlu elemen kullanılmıştır. Şekil 10'da orijinal ve düzlem içi güçlendirmeli hallerdeki plastik şekil değiştirme yığılma bölgeleri görülmektedir. Düzlem içi güçlendirmenin deprem halinde özellikle düzlem dışı doğrultuda katkı sağlayamadığı anlaşılmıştır. Düzlem içi ilave güçlendirmelere ek olarak mevcut duvarın da iyileştirilmesi (enjeksiyon, eksik yerlerin tamamlanması, vs.) gerekmektedir.

Tablo 1. Kulenin modal özellikleri

Mod	Periyot (sn)	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ
1	0,327119	0,612754	0,044916	0,612754	0,612754	0,044916	5,7E-05
2	0,295207	0,049346	0,612342	0,6621	0,6621	0,657257	0,000155
3	0,187185	1,8E-05	0,001312	0,662118	0,662118	0,65857	0,000157
4	0,161388	0,000226	6,9E-05	0,662345	0,662345	0,658639	0,081023



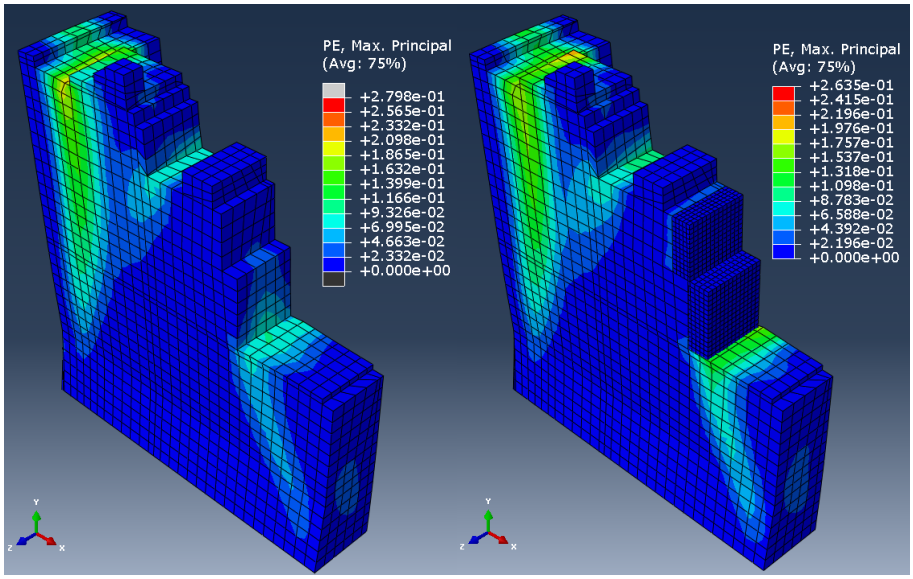
Şekil 8. Kule yapısının düşey yükler altında oluşan gerilmeler



Şekil 9. Kule yapısının mevcut durumda sonlu eleman modeli ve ağ yapısı

Tablo 2. Malzeme Parametreleri

	E (Mpa)	v	c (Mpa)	Φ	f_{ut} (Mpa)	f_{uc} (Mpa)	Max Çekme (Mpa)	ρ (t/m^3)
Orijinal	200	0.28	0.16	55	0.1	1	0.02	1.6
Güçlendirme	10000	0.28	1.6	55	1	10	0.1	1.6



Şekil 10. Kule yapısının mevcut durumda düşey yükler altında oluşan plastik şekil değiştirme yığılmaları

6. Sonuç

Bu çalışmada Zerzevan güney kule yapısal olarak değerlendirilmiştir. Kulenin temsili tamamlanmış hali ve mevcut durumu sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek deprem yüklerine maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak kulenin temsili tamamlanmış üç boyutlu modelinin yatay yüklere karşı iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Buna karşılık mevcut hali ile ve kabul edilen zayıflatılmış malzeme parametreleriyle kulenin ayakta kalan kısımlarının yatay yüklere karşı dayanımının yeterli olmadığı yapılan üç boyutlu sonlu eleman modellemesinde görülmüştür. Duvarının deprem güvenliğini artırmak üzere mevcut bağlantı özelliklerinin iyileştirilmesi ve ek duvarların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

7. Teşekkür

Katkılarından dolayı Özkentaş İnş. Firmasından İnş. Müh. Metin Aksoy'a teşekkür ederiz.

8. Referanslar

[1] Çoşkun, A. 2017. Zerzevan Kalesi / Roma'nın Sınır Garnizonu, ISBN: 978-605-149-919-2, Diyarbakır.
[2] ABAQUS™ 6-13 Analysis User Manual taken from http://dsk.ippt.pan.pl/docs/abaqus/v6.13/books/usb/default.htm.
[3] CSI, "SAP2000 Integrated Software for Structural Analysis and Design," Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
[4] Aksoy, M., Bedirhanoğlu, İ. ve İmamoğlu, M.Ş. 2018. Zerzevan Kalesinde Yer Alan Güney Kule ve Kilisenin Yapısal Hasarlarının Değerlendirilmesi ve Müdahale Önerileri, T.C. Kültür ve Turizim Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Diyarbakır Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü.

Darbandikhan Barajında Oluşan Hasarın İki Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Evaluation of the Damage Occurred on the Darbandikhan Dam by Using 2D Finite Elements

İdris BEDİRHANOĞLU[1]
Çağrı MOLLAMAHMUTOĞLU[2*]

[1]Doç. Dr. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye,
[2]Dr. Öğretim Üyesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
*Sorumlu yazar: cagri.mollamahmutoglu@gmail.com

Özet

Irak-İran sınırında Halepçe'nin yaklaşık 30 km Güneyi'nde Mw 7.3 şiddetinde meydana gelen depremde Süleymaniye kentine yakın olan Darbandikhan barajı ciddi bir şekilde hasar görmüştür. Bu çalışmada Darbandikhan Barajı'nda yerinde yapılan hasar incelemelerinde baraj hasarının gerçekleşme mekanizmasının değerlendirilmesi amacı ile yapının iki boyutlu sonlu eleman modeli üzerinde deprem etkilerinin yansıtıldığı dinamik analiz yapılmıştır. Sonuç olarak barajdaki hasarın baraj gövdesine belli bir açı ile etki eden ve barajı mansaba doğru eğen etkiler sonucu oluştuğu ve kaya dolgunun dinamik etkiler neticesinde kil çekirdekten ayrılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler:

Darbandikhan barajı, kaya dolgu, deprem, hasar, sonlu elemanlar analizi.

Abstract

An Earthquake of Mw 7.3 magnitude occurred along Iraq-Iran border 30 km South of Halabja. The area in general and specifically the district of Darbandikhan near Sulaymaniyah province was seriously affected. The dam of Darbandikhan, a rock fill clay core dam, sustained serious damages as observed during a technical visit. In this study a 2D finite element model is used to analyze the main damage mechanism on the dam body. It can be concluded that strong ground motions separated the clay core and the surrounding rock filling. Resulting damage pattern through finite element analysis fit the on-site observations.

Keywords:

Darbandikhan dam, rock fill, earthquake, damage, finite element analysis

1. Giriş

Kaya veya toprak dolgu barajların deprem etkilerine karşı davranışları depremin hareketinin hızı ve ivmesine (Newmark 1965) ayrıca baraj gövdesinin jeolojik olarak yerleşimine de bağlıdır (Anastasiadis ve diğ. 2004). Barajın iyi sıkıştırılmış olması gibi kalite parametreleri de baraj güvenliği için önem arz etmekte olup barajın en hassas kısmı tepe bölümüdür. Paul (2004) depremlerde hasar görmüş toprak barajları incelemiş ve bu tür baraj hasarlarının onarımı için yöntemler önermiştir. Ayrıca Seco and Pedro (2010) depremlerde hasar görmüş barajlar üzerine çalışma yapmışlardır. Barajlar diğer mühendislik yapıları ile karşılaştırıldığında göreceli olarak çok büyük yapılar olmakla beraber diğer mühendislik yapıları gibi hem işletme rantabilitesi açısından hem de yapısal güvenlik bakımından barajların da belli bir servis ömürleri vardır. Fakat bu yapıların olası göçmesi durumunda büyük bir etkiye sebep olacakları ve uzak bölgeler olmak üzere birçok yerleşim yerindeki yapılaşmaya büyük zarar verebilecekleri unutulmamalıdır. Bundan dolayı barajların güvenliklerinin sık aralıklarla takip edilmesi, göçme senaryoları gerçekleştirilerek olası bir göçme durumunda zararların minimize edilmesi yönünden tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Barajların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dinamik analizi üzerine yapılan çalışmalar mevcut olmasına karşılık özellikle kaya dolgu barajların dinamik analizi üzerine yapılan çok az sayıda çalışma mevcuttur (Anastasiadis ve diğ. 2004, Ismail ve Ismail, 2007). Ayrıca geliştirilen sonlu eleman modellerinin gerçekçi sonuç verip vermediğinin değerlendirilerek geliştirilen modellerin kalibrasyonu için hasar görmüş barajların analizinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada depremde hasar görmüş kaya dolgu Darbandikhan barajı örnek bir uygulama olarak ele alınmış ve iki boyutlu sonlu eleman modelli oluşturularak hasar mekanizması incelenmiştir.

2. Derbendikhan Barajı'nın Konumu ve Halepçe Depremi

Darbandikhan (Derbendixan) Barajı Darbandikhan ilçesine yakın kuzey-kuzeydoğusunda dar bir vadide yer almaktadır (Şekil 1). Darbandikhan ilçesi ise Süleymaniye'nin güneyine yakın bir mesafede Irak-İran sınırına çok yakın bir yerdedir (Şekil 2). İnceleme konusu Darbandikhan barajını etkileyen deprem 12.11.2017 günü yerel saatle 21:18:17'de Irak Süleymaniye Halepçe kentinin 30 Km güneyinde Irak-İran sınırında meydana gelmiştir. Bu deprem Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı üzerinde bindirme karakterindeki faylara bağlı olarak, Richter ölçeğine göre 7.3 Mw büyüklüğünde meydana gelmiştir. Bağdat, Basra, Musul, Cizre, Diyarbakır, Van, Tebriz, Tahran ve Ahvaz'a kadar geniş bir alanda hissedilen depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yerleri ve nüfusları aşağıda verilmiştir (Tablo 1). Tablo 1'de görüldüğü gibi bölgede önemli bir nüfus popülasyonu vardır. Bölgenin sismik etkiler açısından aktif bir bölge olduğunu Şekil 3'ten rahatlıkla anlayabiliriz. Afrika, Arabistan ve Hindistan plakaları kuzey-kuzeydoğu yönünde Avrasya Plakasına doğru hareket etmekte ve arada

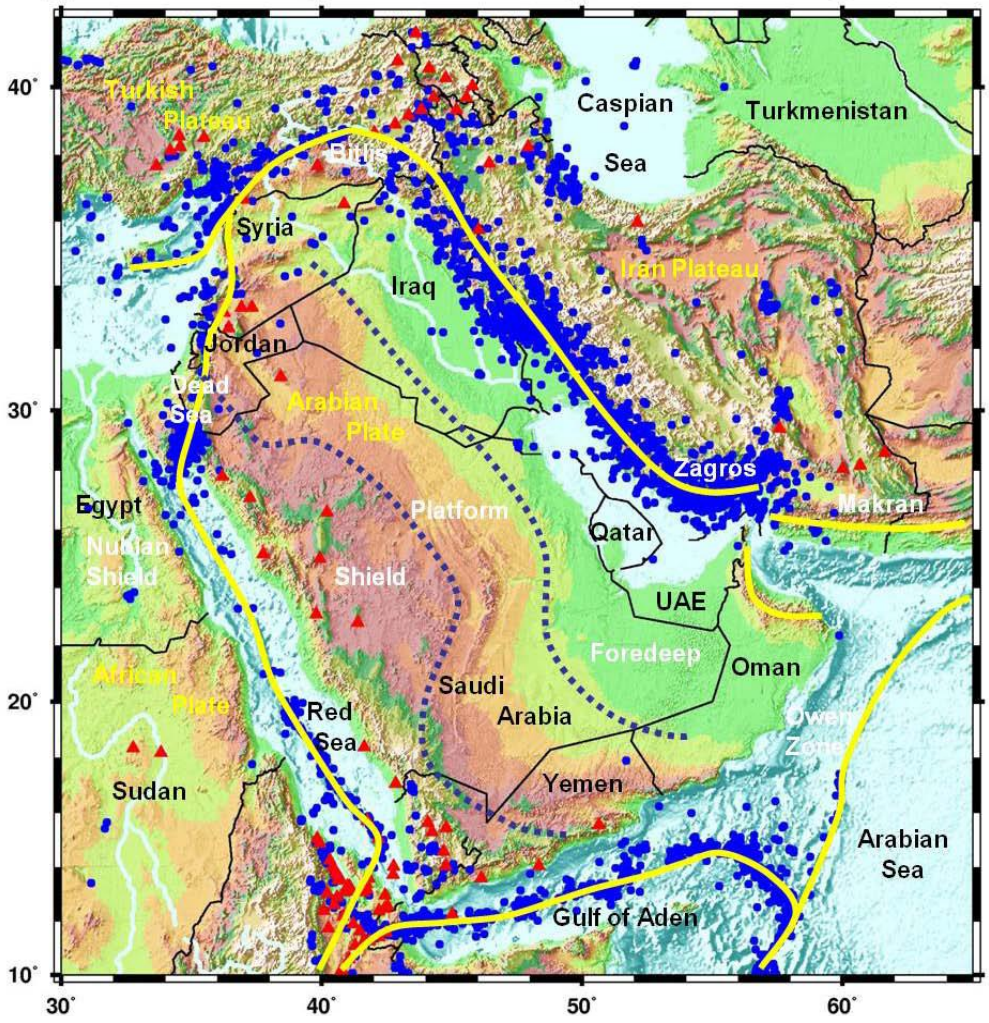
kalan Tetis okyanusal kabuğu Bitlis Zagros Kenet Kuşağı boyunca itilmektedir. Bu hareket sonucu, kenet kuşağı boyunca kıtaların birbiri ile çarpışması ile oluşan kompressional (sıkışmalı) tektonik dolayısıyla arada kalan Anadolu Blok'unun batıya doğru hareketi bölgenin depremselliğinde önemli rol oynamaktadır. USGS verilerine göre barajın bulunduğu bölge Mercalli Şiddet haritasına göre depremin 8 şiddetinde hissedildiği bölgededir.

Şekil 1. Derbendikhan ilçesi ve Derbendikhan barajı

Şekil 2. Derbendikhan'ın konumu

Tablo 1. Deprem merkez üssüne en yakın yerleşim yerleri ve nüfusları (USGS)

Yerleşim Yeri	İlk Odağa Uzaklık	İkinci Odağa Uzaklık	Nüfus
Derbendikhan, Irak	19.7 km (12.3 mi)	31.8 km (19.8 mi)	>20,000
Halepçe, Irak	30.2 km (18.8 mi)	30.4 km (18.9 mi)	57,333
Pāveh, İran	52.4 km (32.6 mi)	39.6 km (24.6 mi)	17,779
Sarpol-e Ẕahāb, Iran	55.4 km (34.4 mi)	50.0 km (31.1 mi)	51,611
Süleymaniye, Irak	75.0 km (46.6 mi)	87.3 km (54.3 mi)	723,170

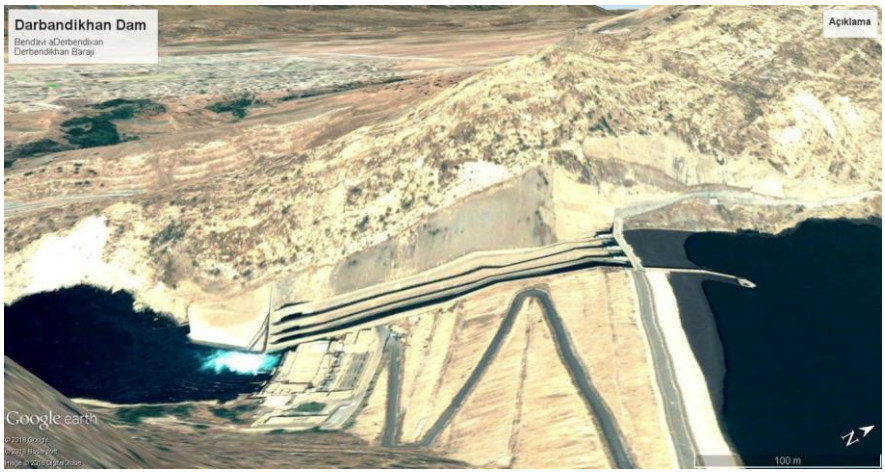


Şekil 3. Arabistan plakasının ve çevresindeki bölgelerin sismotektoniği. (mavi noktalar depremleri, kırmızı üçgenler volkanları göstermektedir.) (Reilinger, R. F., (2009; in Hafidh et al. 2012)

3. Darbandikhan Barajı

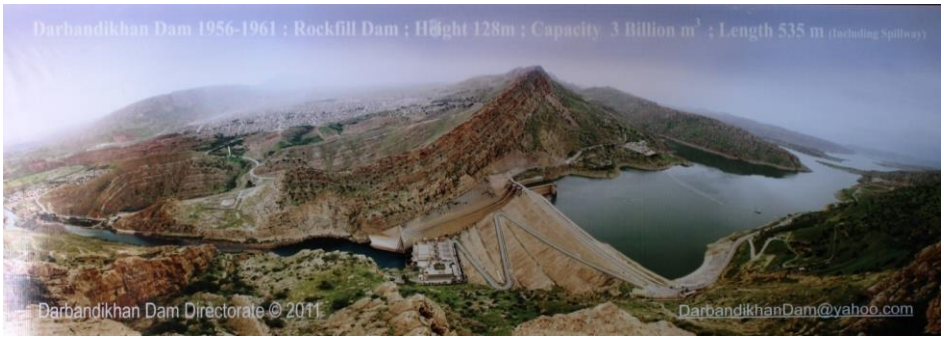
Darbandikhan barajı kiltaşı silttaşı ardalanmalı bir serinin üzerine gelen kalın kireçtaşı seviyesinin üzerinde, barajı besleyen Diyala Nehri'nden dolayı yarılmış dar bir boğazda inşa edilmiştir (Şekil 4). 1956-1961 yılları arasında kaya dolgu tipinde inşa edilen barajın gövde uzunluğu 535 m'dir ve yüksekliği 128 m'dir, Şekil 5. Darbandikhan barajı 3 milyar metreküp kapasiteye

sahiptir. Darbandikhan barajının ölçülerinin belirlenmesi için baraj yönetim binasında bulunan Şekil 6'da verilen görüntüsünden faydalanılmıştır. Ayrıca Google Earth üzerinden de ölçümler yapılmıştır. Konu ile ilgili detaylı bilgiler Bedirhanoglu ve Imamoglu (2017) ve Imamoglu ve Bedirhanoglu (2017) kaynaklarından edinilebilir.



Şekil 4. Derbendikhan Barajı

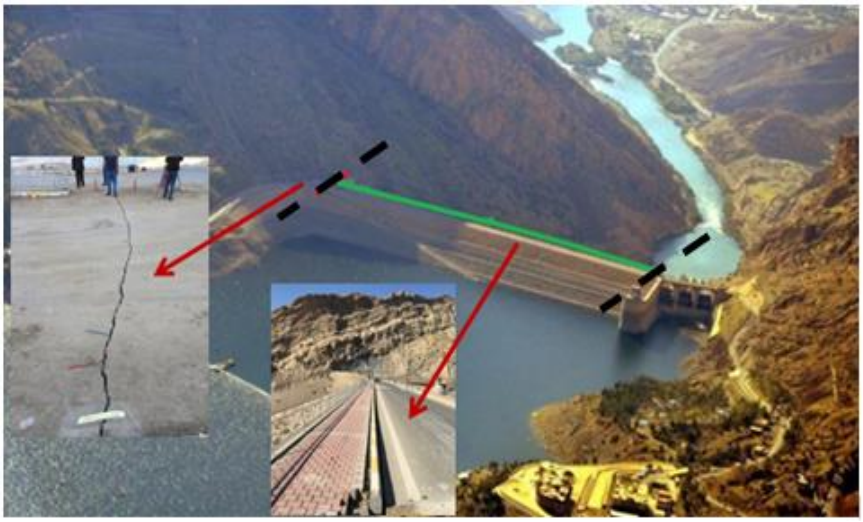
Şekil 5. Darbandikan barajı geometrik ölçüler



Şekil 6. Darbandikan barajının baraj yönetim binasında asılı bulunana görüntüsü

4. Halepçe Depreminin Darbandikhan Barajına Etkileri

Darbandikhan Barajının olabilecek Mw 6.5 büyüklüğündeki depreme karşı güvenli olduğu daha önce Cordell (2006) tarafından yapılan analizler ile belirlenmiştir. Buna karşılık Derbendikhan barajı Halepçe depreminde hasar görmüştür. Baraj görünür bir şekilde hasar gördüğünden dolayı depremden hemen sonra barajın suyu bırakılarak baraj gövdesine gelen su yükünün azalması sağlanmıştır. Baraj gövdesinde iki doğrultuda önemli çatlaklar oluşmuştur. Bu çatlaklar Şekil 7'de düz ve kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. Birinci tür çatlak baraj gövdesinin orta kesimlerinde daha geniş olmak üzere gövdenin ortasında bulunan kil çekirdeğin mansap yanında gövde boyunca genişliği 21 cm'yi bulan derin çatlaktır (Şekil 7'de düz çizgi). Ayrıca bu boyuna çatlağın mansap kısmında 20-30 cm çökme de gözlenmiştir. Boyuna çatlaklar baraj gövdesine dik ciddi etkilerin oluştuğunu göstermektedir. Kil çekirdekli kaya dolgu barajın ortasında sıkıştırılmış olan kil çekirdek kaya dolguya göre daha esnektir. Baraj gövdesine dik etki eden kuvvetler uzun kil çekirdeği bir yay gibi esneterek çekirdeğin her iki tarafındaki kaya dolguların çekirdekten ayrılmalarında sebep olmuştur. Ayrıca kaya dolgunun kendi ağırlığının da kaymanın oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.



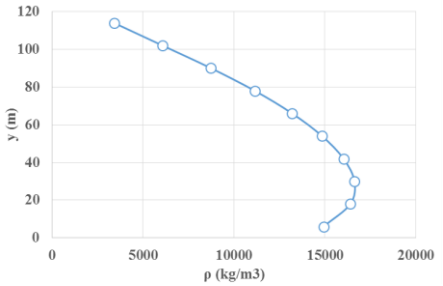
Şekil 7. Darbandikhan Baraj gövdesinde oluşan hasar

Memba tarafındaki kaya dolgu sürekli su kuvvetinden dolayı çekirdekten ayrılmamış, buna karşılık mansap tarafındaki kaya dolgu kil çekirdekten ayrılmıştır. İkinci tür çatlak barajın gövdesine paralel oluşan boyuna çatlağa dik olarak oluşan çatlaklardır ve baraj gövdesinin her iki ucunda oluşmuştur (Şekil 7'de kesikli çizgiler). Bu çatlaklar 500 metreden daha fazla uzunluğa sahip gövdenin depremin çevrimsel etkilerinden dolayı iki yönde esnediğini göstermektedir. Baraj gövdesinde çevrimsel bir zorlama olduğunun diğer bir göstergesi de çatlakların kalınlığının gövdenin her iki tarafında yaklaşık eşit kalınlıkta olmasıdır. Baraj gövdesinde enine yönde oluşan çatlaklar üzerinde 3 metreyi aşan kazı yapılarak inceleme yapılmış ve çatlakların derinlere kadar devam ettiği görülmüştür. Hasar ile ilgili detaylı bilgi Bedirhanoğlu ve diğ. (2018) yayınında bulunabilir.

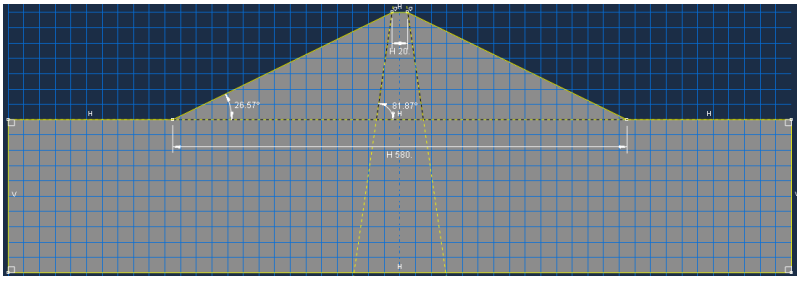
5. Barajın iki boyutlu sonlu eleman modellemesi

Barajın düzlem gerilme hali olarak kesiti modellenmiştir. Modellemede öncelikle barajın kendi öz ağırlığı altında yük alması, sonra hidrostatik basınca maruz kalması son olarak da hidrodinamik etkileri içeren yer hareketi etkisinde olması düşünülmüştür. Statik tipte yüklerin analizi quasi-statik bir yükleme rejimi altında gerçekleştirilirken deprem ve hidrodinamik yükler eksplisit dinamik çözüm alanında hesaba alınmıştır. Barajın kil çekirdeği ve kaya dolgu kısımları için Tablo 2'de parametreleri verilen Mohr-Coulomb malzeme modeli kullanılmıştır. Hidrodinamik etkiler ise Chwang (1978)'de izah edildiği gibi depremde baraj gövdesi ile beraber hareket edecek ek bir su kütlesinin barajın memba tarafındaki yüzüne verilmesiyle hesaba katılmıştır. Buna göre barajın mansap yüzeyinde tabandan itibaren 120 m yüksekliğinde su kotu için 2.5 m kalınlığındaki kaya tabakasının yoğunluğu Şekil 8'deki gibi arttırılmış olacaktır. 580 m taban ve 20 m kret genişliğine sahip olan kesit Şekil 9'da görülebilir.

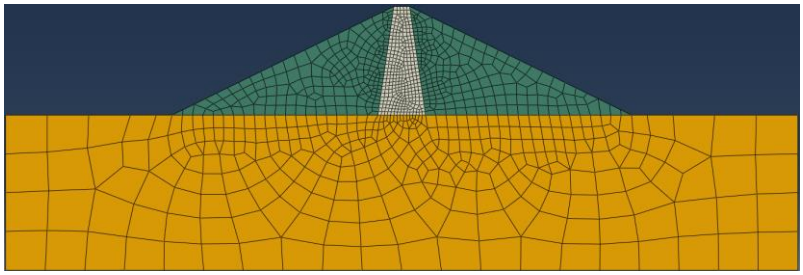
Şekil 10 ise sonlu eleman ağını ve malzeme kesitlerini göstermektedir. Modelde 988 CPE4R ve 31 CPE3 tipi eleman kullanılmıştır (ABAQUS 2013). Deprem yükü olarak elde kayıtlar olmadığından dolayı deprem etkilerini temsil etmek üzere1999 Kocaeli depreminin doğu-batı ivme bileşeni 0.5 ile çarpılarak zemin tabanına verilmiştir (Şekil 11).



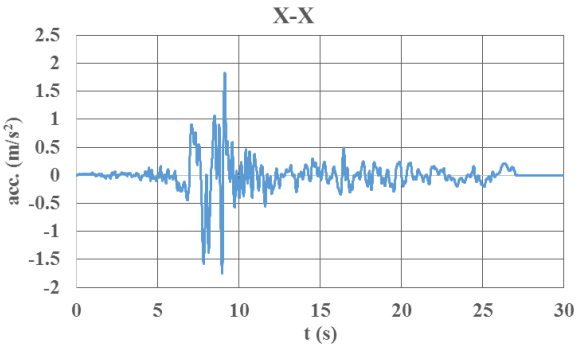
Şekil 8. Hidrodinamik etkiler dolayısıyla mansap tarafındaki 2.5 kalınlığındaki şeritte arttırılmış yoğunluklar



Şekil 9. Baraj kesiti geometrisi



Şekil 10. Baraj kesiti yapısı ve sonlu eleman ağı



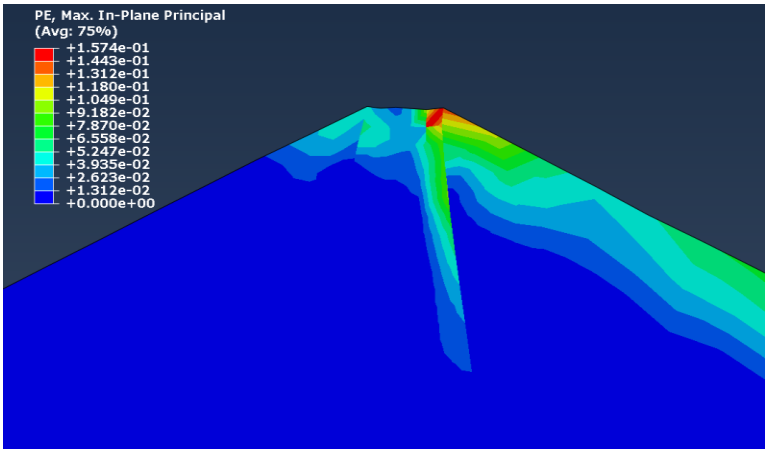
Şekil 11. Baraj kesiti yapısı ve sonlu eleman ağı

Tablo 2 Malzeme Parametreleri

	E (Mpa)	**ν**	**c (kPa)**	**φ**	***φ***	**ρ (kg/m^3)**
Kil Çekirdek	40	0.32	80	26	0	1600
Kaya Dolgu	80	0.28	20	37	8	2000
Zemin	3000	0.28	5	42	7	2250

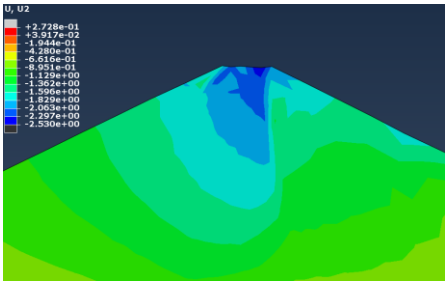
6. Hasar değerlendirmesi

Mohr-Coulom modelinde en büyük asal plastik şekil değiştirme değerleri hasarın (çatlak) yoğunlaştığı yer hakkında kabaca olsa da bir fikir vermektedir. Buna göre 30 saniyelik deprem neticesinde Şekil 12'de plastikleşmenin yoğunlaştığı bölgelerin gerçekten de mansap tarafındaki kil çekirdek ve kaya dolgu arasında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu Şekil 7'de gözlenen boyuna çatlak hasarıyla uyumludur. Ayrıca Şekil 13 ve 14'te sırasıyla depremin hemen öncesi ve sonrasına ait düşey yer değiştirmeler görülmektedir. Buna göre deprem sonucunda krette yaklaşık 50 cm civarında bir çökme meydana gelmiştir ki bu da gözlemlerle uyumludur. Bu basit modelin sonuçlarının gözlemlerle uyumlu olduğu kabul edilebilir.



Şekil 12. Plastikleşme tipi hasarın yoğunlaştığı bölgeler

Şekil 13. Deprem öncesi düşey yer değiştirmeler



Şekil 14. Deprem sonrası düşey yer değiştirmeler

7. Sonuç

Çalışma sonucunda yerinde yapılmış gözlemlerle modelin uyumlu olduğu görülmüş olup kaya çekirdeğin deprem ve hidrodinamik etkiler neticesinde mansap tarafından kaya dolgudan ayrılmış olduğu sonucuna varmak mümkündür. Bu durumda barajın güvenli bir şekilde hizmet verebilmesi için onarım görmesi gerektiği düşünülmektedir.

8. Teşekkür

Bu çalışmamızda yakın ilgilerini gördüğümüz Diyarbakır İKK ve İMO Diyarbakır Şube yetkilisi, aracı ile araştırma yaptığımız süre içinde sürekli bize eşlik eden, rehberlik ve tercümanlık yapan Dicle Üniversitesi Fizik Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi Qadri Ahmed Yousif'a ve araştırmalarımız sırasında bize eşlik eden Duhok Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümünden Dr. Ramazan Hamza Muhammed, Duhok Meteoroloji ve Sismoloji Müdürlüğü yetkilileri ve Süleymaniye Meteoroloji ve Sismoloji Müdürlüğü yetkililerinden Müdür Dara Hasan Faraj, Sismolog Bakir M.Saeed Ali, Sismolog Aras Muhammed Tofik, Sismolog Omid Muhammed Mahsun ve Sismolog Borhan İbrahim Salih, Mühendisler Sendikası Duhok Şubesi Sekreteryasından Abdul Emir ve Dılêr Abo'ya araştırma heyeti olarak teşekkürü bir borç biliriz. Maddi destekleri için Özkentaş İnş. Firmasından İnş. Müh. Metin Aksoy'a teşekkür ederiz.

9. Referanslar

[1] Newmark, N.M. Effects of Earthquakes on Dams and Embankments. Géotechnique 1965, 15, 139–160.

[2] Anastasiadis, A.; Klimis, N.; Makra, K.; Margaris, B. On seismic behavior of a 130m high rockfill dam: An integrated approach. In Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada, 1–6 August 2004.

[3] Sêco e Pinto, Pedro Simão, Understanding Seismic Embankment Dam Behavior Through Case Histories" (2010). International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics. 10. http://scholarsmine.mst.edu/icrageesd/05icrageesd/session10/10

[4] Ismail ve Ismail, 2007. Dynamic analysis of Concrete Faced Rockfill Dam using finite element method. Journal of Engineering and Applied Sciences 12(7):1772-1776.

[5] USGS, 2010. www.usgs.govs

[6] Reilinger, R. F., (2009). Seismotectonics of the Arabian Plate and its boundaries III, EOS Trans AGU, 90 (52), Fall Meeting Suppl. Abstract T54C-2011.

[7] Hafidh A. A. Ghalib, Ghassan I. Aleqabi, Eid Al-Tarazi, TawfiqGh. Al-Yazjeen, Omar Q. Ahmed, Bakir S. Ali, Khozga Qadr, Ali A. Ali, 2012. A Proposal to Establish a Middle East Seismographic Network, Sulaimaniyah Kurdistan Directorate General of Meteorology and Seismology

[8] Bedirhanoğlu, İ. ve İmamoğlu, M.Ş., 2017. "12 Kasım 2017 Halepçe Depremi Ön Değerlendirme Raporu". Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Genel Jeoloji Anabilim Dalı Başkanlığı, 29 Kasım 2017, DİYARBAKIR

[9] İmamoğlu, M.Ş. ve Bedirhanoğlu, İ. (2017). 12 Kasım 2017 M 7.3 -Halepçe'nin 30 km Güneyi Sismotektonik Ön Değerlendirme Raporu, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Genel Jeoloji Anabilim Dalı Başkanlığı, 29 Kasım 2017, DİYARBAKIR.

[10] Cordell, M.C. Dokan and Derbendikhan Dam Inspections; SMEC International Pty. Ltd.: Malvern East,
Australia, 2006.

[11] Bedirhanoglu, I., Mollamahmutoglu, C. ve Imamoglu, M.S.. 2018. Damage of Darbandikhan Dam During the Last Mw 7.3 Halabja Earthquake, 5th International Symposium on Dam Safety and Exibition, 27-31 October, Istanbul.

[12] Imamoglu, M.S.., Bedirhanoglu, I., and Mollamahmutoglu, C. 2018. Evaluation of 12 November 2017 Mw 7.3 – 30 km South of Halabja Iraq-Iran Border Earthquake and Its Effects on Darbandikhan Dam From Geological Perspective, 5th International Symposium on Dam Safety and Exibition, 27-31 October, Istanbul.

[13] Chwang, A. T., Hydrodynamic pressures on sloping dams during earthquakes. Part 2. Exact theory, J. Fluid Mech, 87, part 2, 343-348, 1978.

[14] ABAQUS™ 6-13 Analysis User Manual taken from http://dsk.ippt.pan.pl/docs/abaqus/v6.13/books/usb/default.htm

Bolu Atmosferinde Belirlenen Ana İyonların Gece ve Gündüz Konsantrasyonları

Day and Night Levels of Major Ions in Bolu Ambient Air

Melek KELEŞ[1]
Fatma ÖZTÜRK[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye,

Özet

Bu çalışmada Mayıs-Haziran 2013 ve Eylül-Ekim 2013 tarihleri arasında 12 saat süreyle toplanan PM_{10} (aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan partikül madde) örneklerinin ana iyonlar açısından kimyasal kompozisyonu incelenmiştir. Örnekler Bolu şehir merkezinde kurulan bir istasyonda SFU örnekleyici kullanılarak kuvars filtreler üzerine gece ve gündüz olmak üzere toplanmış ve toplanan örneklerin kütle konsantrasyonları belirlendikten sonra DIONEX 1100 IC cihazı kullanılarak anyonlar (F^-, Cl^-, NO_2^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} ve SO_4^{2-}) ve katyonlar (Li^+ , Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+} ve Ca^{2+}) açısından analiz edilmiştir. Mayıs ve Ekim ayında PM_{10} kütle konsantrasyonunun yönetmelik sınır değeri olan 50 µg m^{-3} değerini aştığı saptanmıştır. İlkbaharda toplanan örneklerde belirlenen iyonların gece ve gündüz konsantrasyonları arasında istatiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı, buna karşın sonbahar örneklerinde K^+ ve Cl^- konsantrasyonlarının gece ve gündüz örneklerinde istatistiksel açından anlanmlı ($p<0.05$) fark gösterdiği bulunmuştur. Bilgimiz dahilinde, bu çalışma ile ülkemiz için ilk kez atmosferik inorganik iyonların gece ve gündüz konsantrasyonları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler:

PM_{10}, iyon, Bolu

Abstract

Diurnal PM_{10} (particulate matter with aerodynamic diameter less than 10 µm) samples were collected between May-June 2013 and September-October 2013 and analyzed in terms of major ions in this study. Samples were collected at a station located in the Bolu city center by means of SFU sampler on qurtz filters and PM10 concentration of the collected samples were determined. After that, anions anyonlar (F^-, Cl^-, NO_2^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} and SO_4^{2-}) and cations katyonlar (Li^+ , Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+} and Ca^{2+}) in the samples were determined with DIONEX 1100 IC. It has been found that PM10 mass concentration measured during May and October exceeded the threshold value, which is 50 µg m^{-3}, set by Turkish Air Quality and Management and Control Regulation. The day and night time concentrations of ions determined in spring PM_{10} samples do not show any statistically significant difference. On the other hand, K^+ and Cl^- levels determined in autumn PM_{10} samples depicted statistically significant difference ($p<0.05$). To our best knowledge, this study is the first one for our country reporting the day and night time concentrations of major ions bound to PM_{10} samples.

Keywords:

PM_{10}, ion, Bolu

1. Giriş

Bolu, Karadeniz bölgesinin batısında yer almaktadır. Bolu yaklaşık olarak % 56 sının dağlarla kaplı olduğu ve dağların rakımlarının 2499 metreye kadar uzandığı bir bölgedir. İl merkezinin etrafı dağlarla çevrili olup, çanak görünümündedir. Bolu, İstanbul ve Ankara gibi iki büyük kentin arasında bulunmasına rağmen endüstriyel olarak çok fazla gelişme göstermemiştir. İlin sekiz ilçesi bulunmakta olup, nüfus şehir merkezinde yoğunlaşmaktadır. Şehir merkezinde ve ilçelerde evsel ısınma kaynağı olarak kömür yakılmakta olup, doğal gaz kullanımı ise son yıllarda kısmen gerçekleştirilebilmektedir. Şehirde ulaşım sadece karayolları aracılığıyla sağlanmakta olup deniz, hava ve demiryolu ulaşımı mevcut değildir. Şehirde hava kirliliğine sebep olan ana kaynaklar arasında evsel ısınma, şehir içinden geçen TEM ve D100 karayolları ve ülkemizin kanatlı et ihtiyacının % 8'ini karşılayan tavuk çiftlikleri sayılabilir. Tüm bu kirletici kaynaklarından farklı kimyasal kompozisyona sahip partikül madde (PM) atmosfere salınmakta ve şehrin hava kalitesini etkilemektedir.

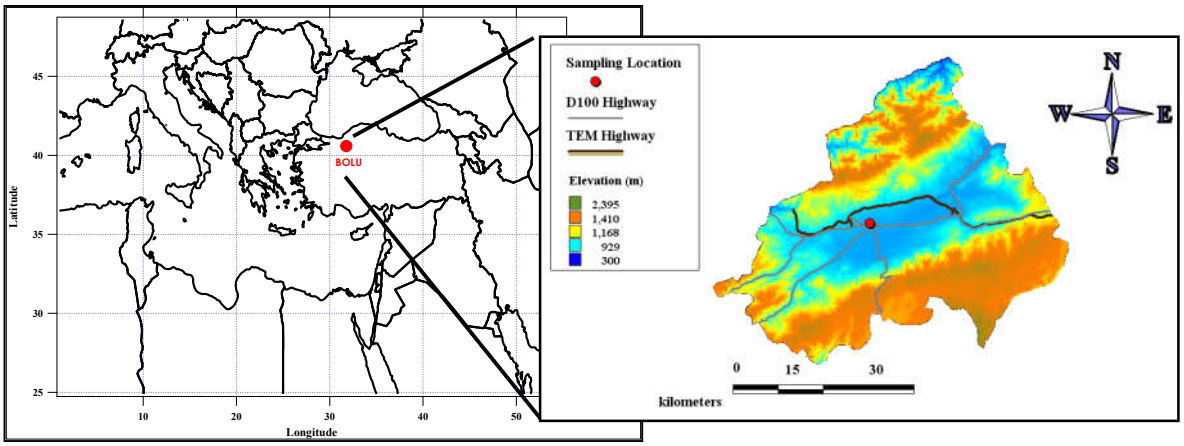
Gerçekleştirilen bu çalışmada, Bolu şehir merkezinde gece (19:00-07:00) ve gündüz (07:00-19:00) PM_{10} örnekleri toplanmış ve toplanan örnekler ana iyonlar açısından analiz edilmiştir. Örneklerin bu tasarımda toplanıp analiz edilmesi gece ve gündüz farklılık gösteren atmosferik fotokimyasal tepkimeler, meteorolojik olaylar ve emisyonlar tarafından kirletici konsantrasyonlarının ne ölçüde etkilendiğini belirlememize fırsat vermiştir.

2. Yöntem

Bu çalışmada analiz edilen PM_{10} (aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan partikül madde) örnekleri Bolu şehir merkezinde (40° 44' 01.65" K - 31° 36' 05.67" D, 741 m) Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünün bahçesinde kurulan istasyonda toplanmıştır (Şekil 1). Örnekleme istasyonunun olduğu bölge şehrin tam merkezinde olmakla birlikte yakınında iki adet hastane ve iki adet okul bulunmaktadır. İstasyon iki cadde arasında kalmakta olup, bu caddeler şehir içi ulaşımda çok sık kullanılmaktadır. Örnekleme istasyonunda cihazın yerden yüksekliği yaklaşık 1.70 m olup, hali hazırda bulunan kabin içerisine konuşlandırılmıştır. Örnekleme ilkbahar (Mayıs 2013–Haziran 2013) ve sonbahar (Eylül 2013-Ekim 2013) mevsimlerinde yapılmıştır. Örnekler 12 saat aralıklarla (07:00-19:00 ve 19:00-07:00) gece ve gündüz olarak toplanmıştır.

PM örnekleri "Gent Marka Stacked Filter Unit (SFU)" (F & J, Specialty Products Instrument, Ocala Florida, ABD) hava örnekleyici cihazı yardımıyla (Hopke vd., 1997) toplanmıştır. SFU cihazı ortalama 16.7 L/dk havayı çeken pompadan ve örnekleri filtre üzerine toplayan başlıktan oluşmaktadır. Bu

başlığın içerisinde bulunan filtre kaseti iki bölmeden oluşmakta olup, bu .çalışmada örnekler 47 mm WHATMAN kuvars filtre üzerinde toplanmıştır. Toplanan örneklerin kütle konsantrasyonları hassasiyeti 0.01 mg olan AND GH-202 hassas terazi ile belirlenmiştir. Örneklerin iyon içeriklerini belirlemek amacıyla toplanan PM örnekleri DI su kullanılarak sıvı faza alınmış daha sonra ise DIONEX 1100 (Thermo Scientific, ABD) IC cihazı kullanılarak katyonlar (Li^+ , Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+} ve Ca^{2+}) ve anyonlar (F^-, Cl^-, NO_2^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} ve SO_4^{2-}) açısından analiz edilmiştir. Yapılan analizlerin doğruluğunu belirlemek amacıyla ERM-CA 408 yağmur suyu standart referans maddesi (SRM) kullanılmış ve SRM örneklerle beraber aynı koşullarda analiz edilmiştir. SRM geri kazanım değerlerinin % 86 ve % 121 arasında değiştiği saptanmıştır. Bunun yanında analiz edilen parametreler için tayin sınırı ve ölçümlerin tekrarlanabilirliği de yakından takip edilmiştir.Tayin sınırı değerlerinin 1.3 ppb (Li^+) ile 191 ppb (Ca^{2+}) arasında ve tekrarlanabilirlik değerlerinin de % 0.7 (K^+) ve % 7.9 (NH_4^+) arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil. 1. PM örneklerinin toplandığı örnekleme noktası

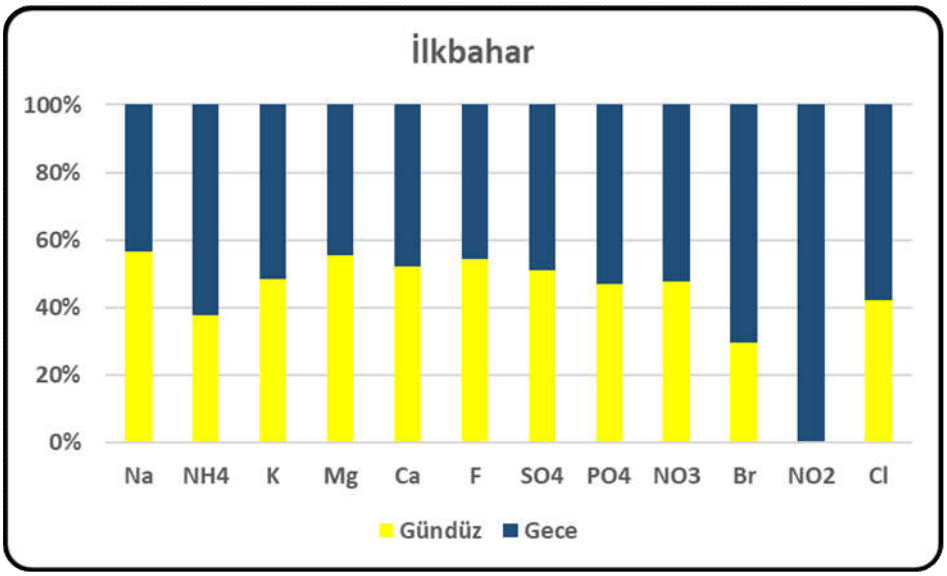
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada ilkbahar (Mayıs-Haziran 2013) ve sonbahar (Eylül-Ekim 2013) mevsimlerinde gece ve gündüz PM_{10} örnekleri toplanmış ve toplanan bu örnekler katyonlar ve anyonlar açısından analiz edilmiştir. İlkbahar döneminde toplanan örneklerin ortalama gece ve gündüz PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 75±34 µg/m^3 (N=32) ve 93±42 µg/m^3 (N=31) olarak belirlenmiştir. Sonbahar döneminde toplanan örneklerde ise ortalama gece ve gündüz PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 75±61 µg/m^3 (N=28) ve 56±47 µg/m^3 (N=28) olarak saptanmıştır. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde PM_{10} örneklerinde belirlenen ana iyonların gece ve gündüz konsantrasyonlarının birbirine kıyasla değişimi sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'de sunulmuştur.

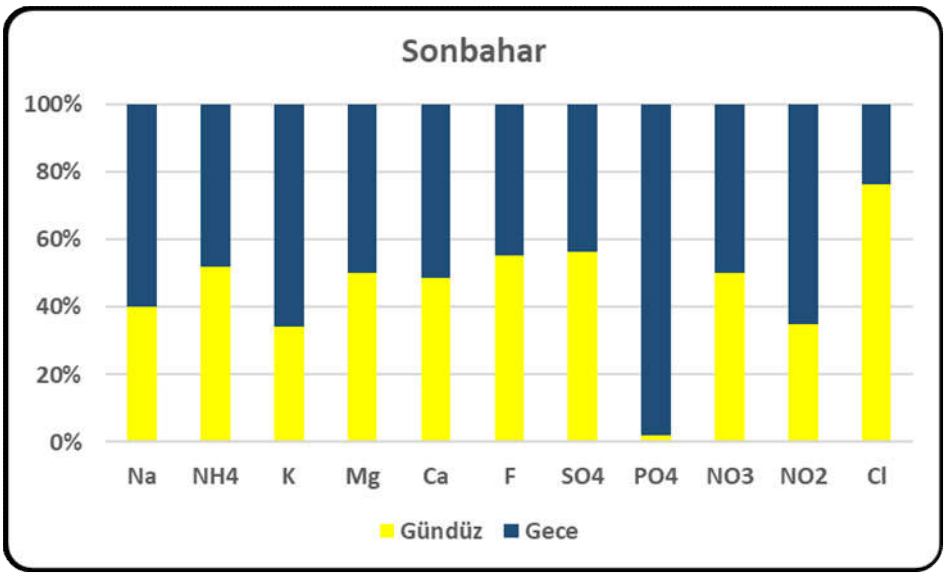
İlkbahar döneminde toplanan örneklerde belirlenen iyon değerleri (Şekil 2) incelendiğinde Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^- ve SO_4^{2-} parametreleri için gündüz ölçülen konsantrasyon değerlerinin gece ölçülen konsantrasyon değerlerine nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerden Na, Mg ve Ca toprak kökenli olup gündüz insan faaliyetlerinin (örneğin trafik gibi) daha fazla olması nedeniyle emisyonları daha fazladır. Bunun yanı sıra, SO_4^{2-} iyonu atmosferde fotokimyasal tepkimeler sonucu oluşan bir kirleticidir. Bu parametrenin gündüz derişimlerinin gece gözlemlenen değerine göre daha fazla olması kirleticinin atmosferik oluşum mekanizmasıyla açıklanabilir. Diğer taraftan, NO_2^-, NO_3^- ve NH_4^+ gece konsantrasyonlarının gündüz değerlerine nazaran daha yüksek olduğu, hatta NO2- iyonunun sadece gece örneklerinde bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu durum bu kirleticilerin düşük sıcaklıklarda atmosferde partikül fazda daha kararlı olması ile açıklanabilir. İlkbaharda toplanan örneklerin gece ve gündüz konsantrasyonları arasında istatiksel açıdan bir fark olup olmadığı t-test uygulanarak belirlenmeye çalışılmış ve % 95 güven seviyesinde bu dönemde belirlenen parametrelerin gündüz ve gece konsantrasyon değerlerinin farklı olmadığı saptanmıştır.

Sonbaharda toplanan örneklerde Br^- belirlenememiştir (Şekil 3). İlkbahardan farklı olarak, sonbaharda gece örneklerinde belirlenen K^+ konsantrasyonu gündüz örneklerinde belirlenen değere kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Potasyum odun gibi biyo-kütlenin yanması sonucu atmosfere salınan bir kirletici olup, gece konsantrasyonlarının yüksek olması sıcaklığın düşmesine bağlı olarak evsel ısınma amaçlı daha fazla

emisyonun atmosfere salınması ile açıklanabilir. Sonbaharda toplanan örneklerin gece ve gündüz konsantrasyonları arasında istatiksel açıdan anlamlı fark olup olmadığı incelendiğinde, K^+ ve Cl^- konsantrasyonlarının % 95 güven seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir. İlkbahar ve sonbaharda gündüz ölçülen konsantrasyonlar arasında fark olup olmadığına bakıldığında ise PM_{10}, Na^+, NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^- ve NO_3^- açısından iki dönemde aynı zaman diliminde toplanan örneklerde istatiksel açıdan anlamlı ($p< 0.05$) fark olduğu görülmektedir. İlkbahar ve sonbaharda gece toplanan örneklerin konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise PM_{10}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, F- ve Cl^- dışında bütün parametrelerin konsantrasyon değerlerinin birbirinden istatiksel açıdan anlamlı derecede ($p< 0.05$) farklı olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür.



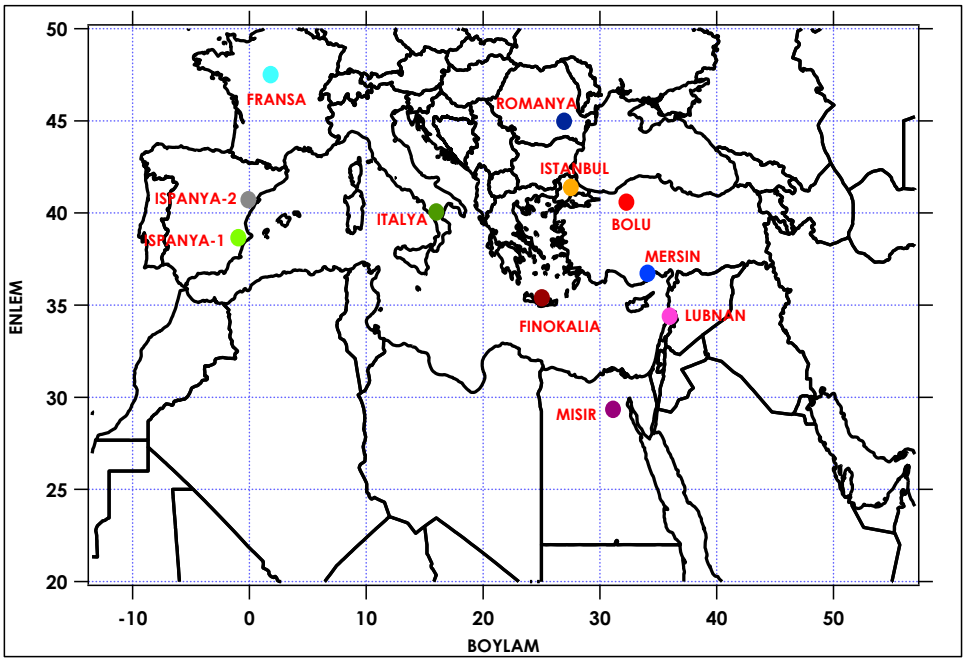
Şekil. 2.İlkbahar döneminde PM_{10} örneklerinde belirlenen ana iyonların gece ve gündüz konsantrasyonlarının değişimi



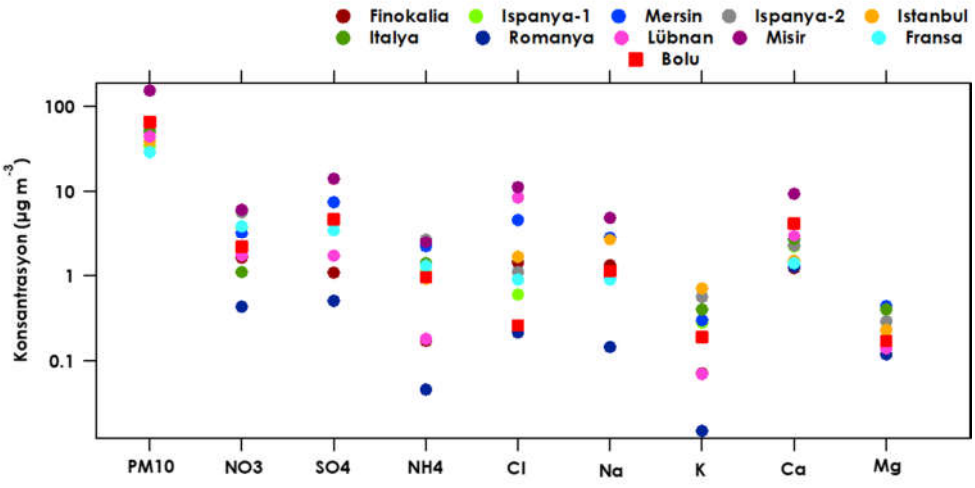
Şekil. 3.Sonbahar döneminde PM_{10} örneklerinde belirlenen ana iyonların gece ve gündüz konsantrasyonlarının değişimi

Bu çalışmada ölçülen PM_{10} ve ana iyon konsatrasyon değerleri literatürde yapılan çalışmalarla da kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada kullanılan değerler çalışmada her iki mevsimde gece ve gündüz konsantrasyonlarının ortalaması alınarak elde edilen konsantrasyon değerleridir.

Karşılaştırmada kullanılan istasyonlar arasında Şekil 4'de gösterildiği gibi İstanbul (Theodosi vd., 2010), Mersin (Koçak vd., 2004), Lübnan (Kouyoumdjian ve Saliba, 2005), Mısır (Favez vd., 2008), Finokalia (Koulouri vd., 2008), İspanya 1 (Nicolas vd., 2009), İspanya 2 (Querol vd., 2001), İtalya (Paola vd., 2011), Fransa (Cachier vd., Yayınlanmamış Veri Seti) ve Romanya (Arsene vd., 2011) bulunmaktadır. Söz konusu karşılaştırmada kullanılan değerler Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil. 4.Literatür karşılaştırmasında kullanılan istasyonların lokasyonları



Şekil. 5.Bu çalışmada belirlenen değerlerin literatürde raporlanan değerlerle karşılaştırılması

Karşılaştırma PM_{10} konsantrasyonu açısından incelendiğinde, Favez vd. (2008) tarafından Kahire'de yapılan çalışmadan sonra en yüksek PM_{10} konsantrasyonu Bolu'da yapılan bu çalışmada belirlenmiştir. İstanbul gibi büyük bir mega-şehirden daha yüksek PM_{10} seviyesinin bu çalışmada belirlenmesi gerçekten çok ilginç bir bulgudur. Bununla birlikte PM'nin asitlik özelliğini belirleyen ve genelde yanma sonucu atmosfere salınan kirleticilerden olan SO_4^{2-}'da Bolu'da (4.71 µg m^{-3}) İstanbul için bulunan değere (4.73 µg m^{-3}) çok yakın

bulunmuştur. Bolu'da PM_{10} kompozisyonunda belirlenen NO_3^- konsantrasyonu (2.17 µg m^{-3}) İstanbul'da ölçülen NO_3^- seviyesinden (1.74 µg m^{-3}) yaklaşık olarak 1.25 katı daha fazladır.

Bolu'da belirlenen Cl^- iyonu konsantrasyonu Romanya'da bulunan değerden sonra karşılaştırmada kullanılan diğer istasyonlardan daha küçük değere sahiptir. Bu beklenen bir sonuçtur. Klor iyonu deniz tuzu kaynaklı olarak atmosfere taşınan bir iyon olup genelde büyük daneli PM üzerinde atmosfere ulaşır. PM çapı büyük olduğundan bu partiküller atmosferde uzun süre taşınmaz ve hemen yeryüzüne geri dönerler. Bu nedenle deniz kıyısından uzaklaştıkça deniz tuzu ile ilgili olan bu iyonun konsantrasyonuda azalmaktadır. Diğer bir deniz tuzu iz iyonu olan Na^+ ise bu çalışmada deniz kenarında bulunan bazı istasyonlardan daha düşük (İstanbul, Erdemli, Finokalia) bazılarından da (İspanya 2 ve İtalya) daha büyük seviyelerde bulunmuştur.

Toprağın en önemli bileşenlerinden birisi olan Ca^{2+}'da bu çalışmada Mısır'da bulunan değerden sonra en yüksek değere sahiptir. Diğer yandan hem toprağın yapısında hem de deniz tuzunun yapısında bulunan Mg^{2+} ise diğer istasyonlarda bulunan değerlerle karşılaştırılabilir düzeydedir.

4. Sonuç

Bilgimiz dahilinde bu çalışmada ilk kez ülkemiz için atmosferde bulunan inorganic iyonların gece ve gündüz konsantrasyonları ile bir veri seti üretilmiştir. Mayıs ve Ekim aylarında günlük ortalama PM_{10} konsantrasyon değerlerinin Türk Hava Kalitesi Yönetimi ve Kontrolü yönetmeliğinde verilen eşik değerin (50 µg m^{-3}) üzerinde olduğu saptanmıştır. Haziran ve Eylül ayında belirlenen PM_{10} konsantrasyon değerleri eşik değeri aşmamakla birlikte, bu değerin civarında olduğu belirlenmiştir. İlkbaharda toplanan örneklerde belirlenen ana iyonların gece ve gündüz konsantrasyon değerlerinin istatiksel açıdan anlamlı fark göstermediği, diğer taraftan sonbahar örneklerinde iyonlar için belirlenen konsantrasyon değerleri incelendiğinde K^+ ve Cl^- konsantrasyonlarının % 95 güven seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir.

5. Referanslar

[1] Theodosi, C., Im, U., Bougiatioti, A., Zarmpas, P., Yenigun, O., Mihalopoulos, N., 2010. Aerosol chemical composition over Istanbul. The Science of the Total Environment 408: 2482-2491.

[2] Koçak, M., Kubilay, N., Mihalopoulos, N., 2004b. Ionic composition of lower tropospheric aerosols at a north eastern Mediterranean site: implications regarding sources and long-range transport. Atmospheric Environment 38: 2067-2077.

[3] Kouyoumdjian, H. and Saliba, N. A. 2005. Ion concentrations of $PM_{10-2.5}$ and $PM_{2.5}$ aerosols over the eastern Mediterraneanregion: seasonal variation and sourceidentification. Atmos. Chem. Phys. Discussions 5, 13053–13073.

[4] Favez, O., Cachier, H., Sciare, J., Alfaro, S., El-Araby, T.M., Harhash, M.A., Abdelwahab, M.M., 2008. Seasonality of major aerosol species and their transformations in Cairo megacity. Atmospheric Environment 42:1503-1516.

[5] Koulouri, E., Saarkoski, S., Theodosi, C., Markaki, Z., Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Makale, R.H., Mihalopoulos, N., 2008. Chemical composition and sources of fine and course aerosol particles in the Eastern Mediterranean. Atmospheric Environment: 42 6542-6550.

[6] Nicolas, J.F., Galindo, N., Yubero, E., Pastor, C., Esclapez, R., Crespo, J., 2009. Aerosols inorganic ions in a semiarid region on the southeastern Spanish Mediterranean Coast. Water Air Soil Pollution 201: 149-159.

[7] Querol, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Ruiz, C.R., Cots, N., Massague, G., Puig, O., 2001. PM_{10} and $PM_{2.5}$ source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain. Atmospheric Environment 35: 6407-6419.

[8] Arsene, C., Olariu, R.I., Zarmpas, P.,Kanakidou, M., Mihalopoulos, N., 2011. Ion composition of coarse and fine particles in Iasi, north-eastern Romania: Implications for aerosols chemistry in the area, Atmospheric Environment 45: 906-916

[9] Carofalo, I., Paola, F., & Perrone, M., Piazzalunga, A., 2008. Advection patterns and composition of TSP and $PM_{2.5}$ samples over south-east Italy. Chemical Engineering Transactions 16: 185-192.

[10] Cachier vd., yayınlanmamış veri seti (Favez, O., 2008. Caractérisation physico-chimique de la pollution particulaire dans des mégapoles contrastées, Doktora Tezi)

LAMEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN ADHESİF AŞINMA DAVRANIŞI ÜZERİNE AKIMSIZ NİKEL-BOR KAPLAMANIN ETKİSİ

EFFECT OF ELECTROLESS NICKEL-BORON COATING ON THE ADHESIVE WEAR BEHAVIOR OF GREY CAST IRON

Hüseyin DALGIÇ[1], Ferhat GÜL[2,3]
[1]Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya
[2]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malz. Müh. Böl.
fgul@gazi.edu.tr
[3]Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Amasya, ferhat.gul@amasya.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada, lamel grafitli dökme demirlerin adhesif aşınma davranışı üzerine akımsız nikel-bor kaplamanın etkisi incelenmiştir. Lamel grafitli dökme demirlerin akımsız nikel bor kaplama işlemi 85ºC sıcaklıkta 4 süre ile yapıldı. Aşınma testleri pin-on-disk tipi cihazda uygulandı. Adhesif aşınma testleri, su verilmiş, temperlenmiş AISI 52100 karşılık disk üzerinde, 20N, 40N ve 60N yükler altında, 1 m/s kayma hızında ve 3600 m kayma mesafesinde 1 saat süre ile gerçekleştirildi. İşlem öncesinde ve sonrasında aşınma yapılacak olan numuneler hassas terazi yardımı ile tartılarak aşındırma sonucunda numunelerin aşınma miktarlarına bakıldı. Aşınma deneyi sırasında sürtünme kuvveti ve ortalama kuvvet uygulanan sistemin bilgisayar ile entegrasyonu yardımı ile gerçekleştirildi.
Anahtar sözcükler: Adhesiv aşınma, Lamel grafitli dökme demir, Akımsız nikel kaplama

ABSTRACT

In this study, effects of electroless nickel-boron coating on the adhesive wear resistance of grey cast iron were investigated. Electroless nickel-boron coating process of grey cast iron was carried out at 85°C for four hours. Adhesive wear tests were performed on pin on disc type tribometer using hardened and tempered AISI 52100 bearing steel disc under loads of 20N, 40N and 60N loads and sliding distance of 3600 m at the sliding speed of 1 m/s for 1 hour. Adhesive wear test results show that electroless nickel-boron coatings increase the adhesive wear resistance of grey cast iron. During the adhesive wear test, friction force were applied with the help of computer integration.

Key words: Adhesive wear, grey cast iron, electroless nickel coating.

1.GİRİŞ

Ham demirin (pik) ergitme fırınlarında ergitilmesi ve bazı metalürjik işlemlerle değişiklik yapılması sonucu bir kalıp içine dökülmesine ve kalıp boşluğu şeklini alarak katılaşması ile meydana gelen malzemeye dökme demir adı verilmektedir (Yıldız 2014).

Dökme demirler, sürekli dağınık grafit veya karbür yapılara sahip metal matriks görünümündedirler. Dökme demirlerin özellikleri mikroyapılarına göre belirlenmekte olup ve bu da katılaşma sürecinin ve uygulanan ısıl işleme bağlı olarak belirlenmektedir. Grafit, kararlı dökme

demirdeki saf karbonun formudur. Şekil, boyut grafitin mikroyapıda düzenlenmesi pullardan (gri dökme demir), dökümün mekanik özelliklerini etkiler [Agustino,2017].

Gri dökme demirler katılaşmadan sonra, içerdiği karbonun büyük kısmı serbest halde veya başka deyimle grafit lamelleri halinde bulunacak şekilde bir bilesime sahip dökme demir tipidir.

Gri dökme demirin kırık yüzeyi gri renktedir. Gri dökme demirler esas olarak demir– karbon–silisyum alasımı olup, ötektik sıcaklıkta östenit katı eriyiğinin içerebileceğinden fazla karbon bulunan alasımlardır. Bileşimdeki bu fazla karbon, grafit lamelleri halinde çökelir. Gri dökme demirler genellikle % 1.7 ila 4.5 karbon ve % 1-4 silisyum içerirler.

Akımsız nikel kaplama elektrik akımı kullanılmadan bir yüzeyin nikel kaplanması işlemidir ve hipofosfit, aminoboran veya borhidrid gibi indirgeyici kimyasallar yardımı ile nikel iyonunun metalik nikel şeklinde kaplama yapılacak yüzeyde biriktirilmesi şeklinde yürür. İlk defa 1946 yılında Brenner ve Riddel tarafından geliştirilmiştir [Çapkın,2014]. Kimyasal bir indirgeme sürecidir. Nikelin sulu çözeltisinin kimyasallar yardımı ile indirgenmesi ile yapılan kaplama yöntemidir [Kundu,2014]. Yukarıda saymış olduğumuz kullanılan indirgeyici çeşitleri bağlı olarak nikel-fosfor, nikel-bor kaplamalar elde edilebilmektedir [Çapkın,2014]

Akımsız nikel kaplamalar birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Dünya'da metal kullanım artışına göre, kullanılan metallerin yüzeylerinde tahrip olma tehlikesi de artmaktadır. Modern yüzey teknolojisinin esas amacı endüstriyel, taşıma ve servis araç gereçlerinin ömrünü arttırmak ve bunlara uygun dekoratif ve fonksiyonel kaplamalar sunmaktır. Pratikte bu amaç için nikel büyük bir kullanım alanına sahiptir. Nikel kaplama teknolojisi daima gelişim halindedir ve nikel modern endüstrinin çok değişik sektörlerinde kullanılmaktadır. Günümüzde nikel kaplama modern yüzey teknolojisinin en çok kullanılan proseslerinden biri haline gelmiştir [Çam 2009].

Birbirleriyle temasta olan yüzeyler hareket ettiklerinde oluşan aşınma gittikçe artan malzeme kaybını içererek her iki yüzeyde malzeme kaybı oluşturarak ciddi hasar yaratır. Aşınma parçalar arasındaki açıklığın artmasına, istenmeyen hareket serbestliğine, hassasiyet kaybına ve bunlarla birlikte kırılmaya sebep olabilir.

Aşınma iki yüzeyin temas ettiği uygulamalarda kaçınılmaz bir durumdur. Endüstrilerde ve otomobillerde kullanılan parçaların çoğu, yüksek mukavemet, aşınma ve korozyona karşı direnç

gösteren gerektirir. İki benzemeyen malzeme arasındaki hareketin, malzemenin yüzeyinde aşınmaya yol açtığı bilinmektedir.

Birbirleriyle temas ederek çalışan makina parçalarında meydana gelen aşınma, önlem alınmadığı zaman ekonomik kayıplara neden olur. Bu nedenle aşınmanın bilinmesi ve önlenmesi veya azaltılması ve gereken tedbirlerin alınması önemlidir [Sarı,1996]. Otomobillerdeki bulunan parçaların çoğu, sürtünme hareketine maruz kalır ve bu da aşınmaya ve malzeme hasarına neden olur [Kumar,2016].

Bu çalışmanın amacı; GG25 lamel grafitli dökme demirin yüzeyine yapılan akımsız nikel-bor kaplamanın adhesiv aşınmaya direncinin incelenmesidir.

2.Yöntem

Bu çalışmada Tablo 1'de bileşimi verilen lamel grafitli dökme demir malzeme üzerine akımsız nikel bor kaplama uygulanmıştır. Uygulanan akımsız nikel bor kaplama parçalar 6mm çapında ve 35mm uzunluğundadır. Akımsız nikel bor yapılan lamel grafitli dökme demirin mikro yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. KGDD malzemesinin kimyasal kompozisyonu

Element	C	Si	Mn	P
%	3,5±0.2	2,2±0.2	0,6±0.15	<=0,02

Akımsız nikel kaplama yapılacak numuneler üzerine ilk önce ön işlem uygulanmıştır. Bu uygulanan ön işlemin amacı uygulanan akımsız nikel bor kaplamanın yüzeye tutundurmasını sağlamaktır. Ön işlemler şu sırayla uygulanmıştır.

1. 800'lük zımpara kullanılarak akımsız nikel bor kaplama yapılacak yüzeyleri zımparalamak,
2. Saf su kullanılarak numune yüzeylerini durulamak,
3. %50 HCl asit çözeltisine numuneleri daldırmak,
4. Numuneleri durulamak,
5. Akımsız nikel bor kaplama işlemini uygulamak.
6. Kaplama yapılan numuneleri saf su ile durulamak.

Numuneler üzerine uygulanan akımsız nikel bor kaplama bileşikleri ve kullanılan miktarlar aşağıdaki

Tablo'2 de gösterilmiştir.

Tablo 2. Akımsız nikel bor kaplama için uygulanan banyo bileşikleri

Nikel Klorür	20g
Sodyum Borhidrür	0.8g
Etilendiamin	59g
Sodyum Hidroksit	20g
Kurşun Nitrat	0.0145g
Ph	12-14
Kaplama zamanı	4 saat
Kaplama sıcaklığı	85ºC
Banyo toplam hacmi	1000 ml

Yukarıda verilmiş olan kimyasal bileşimlerin hepsi ayrı ayrı saf su ile çözünür. Çözünme işlemi sonrasında bileşiklerin hepsi behere konuldu. Behere konulan bileşimlerin üzerlerine saf su konularak 1000 ml hacmine tamamlandı. Hazırlanan bileşim içerisinde kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Cam beherin içine manyetik balık koyuldu. Manyetik balık dakikada 400 rpm hızında döndürülerek kaplandı. Kaplama işlemi 85 °C'de 4 saat olarak uygulandı. Kaplama işlemi sonunda numuneler kaplama banyosundan çıkarıldı. Banyodan çıkarılan numuneler saf su içerisinde durulandı. Numuneler adhesiv aşınma testine hazır hale getirildi.

Akımsız nikel kaplama işlemi yapılan numunelere adhesiv aşınma işlemine geçildi. Adhesiv aşınma işlemi 85 °C'de 4 saat akımsız nikel kaplama işlemi uygulanan lamel grafitli dökme demirler üzerine uygulandı. Bu uygulama 6mm çapında ve 35mm uzunluğundaki numuneler, disk üzerinde pim tipi test cihazında, su verilmiş, temperlenmiş AISI 52100 çelik karşılık disk üzerinde adhesive aşınma testi gerçekleştirildi.

Kaplamasız ve kaplama işlemi yapılmış numuneler üzerine 20N, 40N ve 60N yükler, 1 m/s kayma hızında 1 saat boyunca toplam 3600 m kayma mesafesinde adhasif aşınma testi uygulandı. Aşınma testi öncesi ve sonrası aseton ile temizlenen ve kurulunan numunelerin 0,1 mg hassasiyete sahip hassas terazi ile tartımları gerçekleştirildi. Aşınma öncesi ve sonrası ağırlık kaybı, aşınma kaybı olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

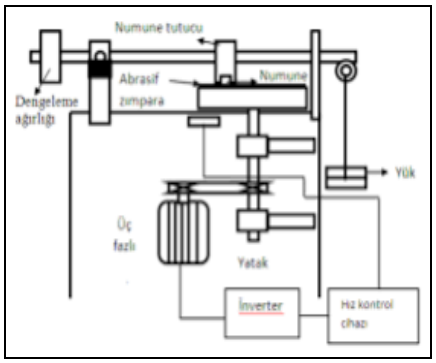
Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin mikroyapısal özellikleri Şekil 4'de verilmiştir. Şekilde verilen mikroyapıda ferritik matriks içerisinde grafit lamellerinden oluşan bir yapı

görülmektedir.

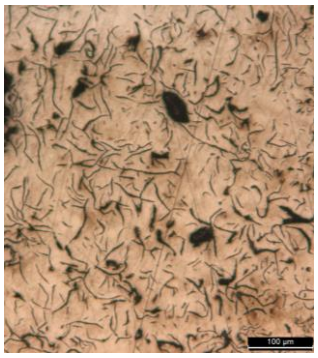
Lamel grafitli dökme demirler üzerine yapılan kaplamasız ve akımsız nikel kaplama ve adhesiv aşınma işleminde numunelerin aşınma miktarları Şekil 5'de verilmiştir.

Yapılan işlemler sonucunda kaplamsız numunelere uygulanan adhesiv aşınmada 20N'da 45mg, 40N' da 81mg, 60N' da 155mg aşınma değerleri elde edildi. Akımsız nikel kaplama işlemi yapılan numuneler üzerine uygulanan adhesiv aşınma oranları ise; 20N' da 36mg, 40N'da 65mg, 60N' da 116mg değerleri elde edildi.

Şekil 2. Akımsız nikel bor kaplama işlemi



Şekil 3. Disk üzerinde pim aşınma cihazı [Gül, 2017]



Şekil 4. LGDD mikroyapısı

Tablo 3. Adhesiv aşınma testi sonucu meydana gelen ağırlık kayıpları (mg)

Malzeme	20N	40N	60N
İşlemsiz Lamel G.D.D	45mg	81mg	155mg
Akımsız Nikel-Bor Lamel	36mg	65mg	116mg

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen değerler Tablo 3 ve Şekil 5'de verilmiştir. Buna göre çizelgelerde görülen lamel grafitli dökme demir malzemenin, elektriksiz nikel kaplama işlemi ile aşınmaya karşı daha üstün özellikler sergilediği belirlenmiştir.

Elde edilen aşınma sonuçlarına göre lamel grafitli dökme demirin, elektriksiz nikel kaplama işlemine ile 20, 40 ve 60 N yükler için aşınma kaybında yaklaşık sırasıyla % 20, % 20 ve % 25 oranında bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Ancak yapılan kaplama çalışmasında 85 C'de yapılan kaplama işlemi ile yeterli kaplama kalınlığı sağlanamadığı ve aşınma performansının yeterli derecede gelişme serilemediği belirlenmiştir.

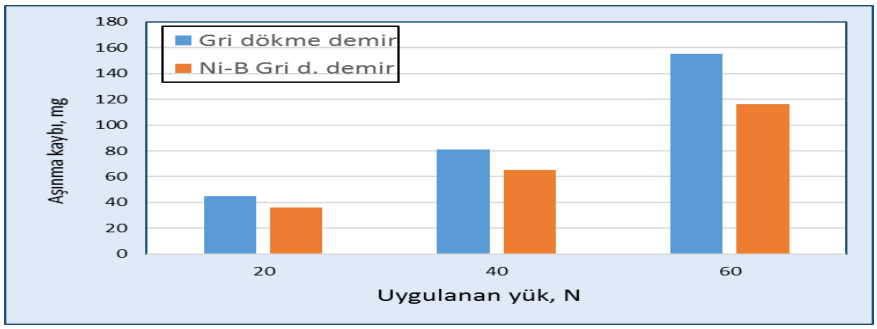
4. Sonuç

Yapılan akımsız nikel kaplama işlemleri ile lamel grafitli dökme demire başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Bu işlemlerin Lamel grafitli dökme demir malzemenin aşınma direncini arttırdığı belirlenmiştir.

Söz konusu aşınma kayıpları konusundaki gelişmede aşınma yükünün etkili olduğu belirlenmiştir.

İleride yapılacak çalışmalarda akımsız nikel kaplama işlemlerinin farklı döküm malzemelere uygulanması, kaplama sıcaklık ve süresinin etkilerinin arraştırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 5. İşlemsiz ve 4 saat 85 °C'de akımsız Ni-B kaplanmış küresel grafitli dökme demirlerde uygulanan yüke göre aşınma kaybının değişimi

5. Referanslar

Lauro D. Agustino, Vittorio Di Cocco, Diego O. Fernandino, Francesco Lacoviello, 2017. Damaging micromechanisms in an as cast ferritic and a ferritized ductile cast iron, XXIV Italian Group of Fracture Conference, 1-3 March 2017, Urbino, Italy, 201-207

Sanjib Kundu, Suman Kalyan Das, Prasanta Sahoo, 2014. Properties of electroless nickel at elevated temperature-a review, 12th Global Congress On Manufacturing and Management, GCMM 2014 , 1698-1706

Mahmut Sami Çapkın, 2014. Akımsız Kaplama Tekniği Kullanılarak ASTM A105 Kalitede Çeliğin Nikel Kaplanması, Mikro Yapısına, Korozyon Direncine ve Sertliğine Isıl İşlem Etkisinin İncelenmesi, Anadolu Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Esin Çam, 2009. Akımsız Nikel Kaplama Banyolarının Karakteristiklerinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Nejat Y. Sarı, Erdinç Kaluç, 1996. Endüstride Aşınma Problemleri, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mak. Müh. Bölümü

Muhterem Yıldız, 2014. Dökme Demirlerde Nicel Faz Analiz Tekniklerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

H.Sert, A.Canb, H.Arıkan, B.Selçuk, H.Toprak, 2006. Wear Behavior of Different Surface Treated Cam Spindles, Wear 260, 1013-1019

M.Çolak, M.Uçurum, M.Çınar, Ü.Atıcı, 2018. GG25 Gri Dökme Demir Malzemesinin Üretiminde Bulanık İstatiksel Proses Kontrolünün Uygulanması

F. Gül, Fused Silika Takviye Edilmiş Alüminyum Alaşimi Kompozitlerin Abrasif Ve Adhasif Aşınma Davranışının Araştırılması, Mühendislik Bil. ve Tasarım Der. 5(1), 337-350, 2017 e-ISSN: 1308-6693

Ruşeym ile Zenginleştirmenin Eriştenin Bazı Besinsel Özelliklerine Etkisi

The Effect of Germ Enrichment of Noodle on Its Some Nutritional and Quality Properties

Mehmet KÖTEN[1]
Mehmet Metin YAZMAN[2]
Ali Mücahit KARAHAN[3]
Leyla EREN KARAHAN[4]

[1]Gıda Mühendisliği Bölümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye,
[2]Espiye Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye
[3]Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye
[4]Gıda Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye,

Özet

Bu araştırmanın amacı ruşeym kullanımının eriştenin bazı besinsel kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. Erişte üretiminde ruşeym 6 farklı oranda (% 0, 10, 20, 30, 40 ve 50) kullanılmıştır.

Ruşeym ilavesi eriştelerin, toplam besinsel lif, toplam fenolik madde, antioksidan ve fitik asit miktarlarını arttırmıştır.

Anahtar kelimeler:
Ruşeym, erişte, erişte kalitesi.

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of Wheat germ on nutritional properties of noodle. Wheat germ at 6 different replacement ratios (0, 10, 20, 30, 40, 50 %) were used in noodle preparation.

The addition of wheat germ increased the total dietary fiber, total phenolic substance, antioxidant and phytic acid amounts.

Keywords:
Wheat germ, noodle, noodle quality.

1. Giriş

Erişte, Asya ülkelerindeki insanların diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bugün Asya'da tüketilen toplam unun yaklaşık %40'ı erişte üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada Asya eriştelerinin birçok çeşidi bulunmaktadır. Farklı kültür, iklim, bölge ve üretilen ülkedeki tüketici tercihindeki farklılıkların sonucunda, eriştele çeşitlenmiştir [1, 2, 3].

Erişte, kullanılan ingredientler, gerçekleştirilen proses ve tüketim şekli itibariyle makarnadan oldukça farklılık göstermektedir. Makarna üretiminde özellikle sert makarnalık buğday olarak bilinen Tr. durum ile Tr. aestivum'un sert çeşitlerinden elde edilen irmik kullanılmaktadır. Erişte ise undan üretilmektedir [1, 4].

Erişte, sert veya yumuşak buğday ununa, su ve çeşitli tuzların ilavesi sonucunda elde edilen hamurun, yaprak şeklinde açılıp ince şeritler halinde kesilmesiyle elde edilen ve uygun yöntemlerle kurutulan, genellikle çorba ve yemeklerin içerisinde tüketilen bir gıda maddesidir. Ancak ürün çeşidine göre değişmekle birlikte eriştelere, karbonat tuzları, gamlar, çeşitli baharatlar, yumurta, mantar, karides ve et mamulleri de katılabilmektedir [1, 4, 5].

Basit hazırlama prosesi, düşük maliyeti, hızlı ve kolay pişirilmesi, duyusal özellikleri ve kurutulmuş olanlar için uzun raf ömrü, çeşitliliği ve besleyiciliği nedeniyle eriştelerin popülaritesi sürekli artmaktadır. Bu sebeple eriştenin, zenginleştirme için uygun bir gıda olduğu düşünülmektedir [1, 6, 7]. Dünya gıda pazarı gittikçe çeşitlenmektedir ve bu nedenle yeni besleyici eriştelerin çeşitli şekillerini çalışmak ve geliştirmek kaçınılmazdır [1, 8]. Şimdiye kadar eriştenin zenginleştirilmesi ve çeşnilendirilmesi amacıyla çeşitli materyallerin kullanımı ve bunların son ürün kalitesi üzerine etkileri çalışılmıştır [1, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Erişte ve benzeri ürünleri zenginleştirmek ya da fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla buğday unu dışında baklagil, diğer tahıl unları ve tahıl fraksiyonları da erişte üretiminde kullanılabilmektedir.

Buğday ruşeymi yaklaşık olarak; % 28 protein, % 42 karbonhidrat, % 10 yağ, % 2 lif ve % 4 mineral madde içerir. Ruşeym buğday ununa göre, daha fazla protein (3 kat), yağ (7 kat), şeker (15 kat), mineral madde (6 kat) içeriğine sahiptir. İçerdiği proteinlerin biyolojik değeri, hayvansal kaynaklı

proteinlere yakındır. Yapılan birçok çalışmada da buğday ruşeymi ve ekstraktlarının özellikle de antikanserojenik özelliğe sahip olduğu bilimsel olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca tokoferollerin (E vitamini) en zengin kaynağı olan ruşeym, aynı zamanda B grubu vitaminlerin, doymamış yağ asitlerinin (özellikle de oleik, linoleik ve α-linoleik asit) ve fonksiyonel özellikli fitokimyasalların (flavonoidler ve steroller), esansiyel amino asitlerin oldukça zengin bir kaynağıdır. Besleyici değerinin çok yüksek olmasının yanı sıra, tat ve lezzetinin de uygun oluşu nedeniyle buğday ruşeymi, gıda maddelerinin protein ve vitaminlerce zenginleştirilmesinde kullanılabilecek çok uygun bir kaynaktır. Özellikle de ekmekte, bisküvilerde, keklerde, bebek mamalarında ve bazı et ürünlerinde kullanıldığı bilinmektedir [13].

Bu çalışmada yukarıda olumlu özellikleri bildirilen ruşeymin, kurutulmuş Japon tipi eriştesinin bazı besinsel özellikleri üzerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Böylece besin değeri yüksek çeşnili erişte üretiminin mümkün olup olmadığı da belirlenmiştir.

2. Yöntem

2.1. Materyal

Erişte üretiminde, piyasadan sağlanan Tip 550 un (Fedaioğlu Un Fabrikası, Gaziantep) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan ruşeym (Sinangil marka, Eksun Gıda Tarım Sanayi ve Tic. A.Ş. Tekirdağ) çekiçli değirmende (Yücebaş Hammer Mill, 0.5 mm gözenek çaplı eleğe sahip, Türkiye) öğütülerek kullanılmıştır.

Ayrıca erişte üretimde sofralık rafine mutfak tuzu (Salina marka) kullanılmıştır. Hamur yoğurmada kullanılan su, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Kampüsü su şebekesinden temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Deneme planı

Erişte denemeleri; ruşeymin 6 farklı oranda (%0-kontrol, 10, 20, 30, 40, 50) buğday ununa ilave edilmesi ile 6x2 şeklinde düzenlenen faktöriyel deneme desenine göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

2.2.2. Erişte üretimi

Yalçın (2005)'ın erişte üretim metodu modifiye edilerek çeşnili erişte (ruşeym katkılı) üretimi gerçekleştirilmiştir. Şahit (kontrol) eriştenin üretiminde 200 g un, 4 g tuz, 90 ml su kullanılmıştır [14].

Erişteye katkı olarak katılan ruşeym 6 farklı oranda (%0-kontrol, 10, 20, 30, 40, 50) katılıp, bu karışımlardan erişte yapma makinesi kullanılarak eriştеler üretilmiş ve çalışmalar bu erişte örnekleri üzerinde yürütülmüştür (Tablo 1). Kontrol ve farklı oranlarda ruşeym katılarak hazırlanan erişte formülasyonuna, tüm eriştelerde, kullanılan ekmeklik buğday unu üzerinden % 1 oranında sofra tuzu ve yeterli miktarda destile su ilave edilerek (Tablo 1) hamur yoğurma makinesinde homojen şekilde karıştırılıp yoğrulmuştur. Katılan su oranı ve yoğurma süresi ön denemelerle hamur özelliklerine bakılarak belirlenmiştir. Hamur elde edildikten sonra 3 parçaya ayrılıp yuvarlandıktan sonra 15 dakika dinlendirilmiştir. Sonra merdane yardımı ile ön inceltmeye tabi tutulan hamurlar erişte makinesinin 6 ve 7 nolu ayarlarda valslerden geçirilerek yaklaşık 1.5-2 mm kalınlığına inceltilmiştir. İnceltilen hamurlar 10 dakika daha dinlendirildikten sonra erişte makinesinde 5 mm genişlik ve 2 mm kalınlıkta şeritler halinde kesilmiştir. Bu şekilde elde edilen eriştеler etüvde 50°C'de 30 saat kurutulmuştur. Kurutma sonunda eriştеler çift katlı polietilen poşetlerde ambalajlanıp oda şartlarında depolanarak analize alınmıştır.

Tablo 1. Erişte üretim formülasyonu

Un (%)*	Ruşeym (%)*	Tuz (%)*	Su (%)*
100	0	2	45
90	10	2	45
80	20	2	45
70	30	2	42.5
60	40	2	40
50	50	2	38.5

Araştırmada üretilen eriştelerin analizler için kahve değirmeninde homojen bir şekilde öğütmeleri yapılmış ve daha sonra 500 µm'lik çelik

elekten (Retsch, Haan, Almanya) elenerek analize hazır hale getirilmiştir.

2.2.3. Analiz Yöntemleri

Toplam Besinsel Lif Analizi: Araştırmada kullanılan tahıl unları ve pişmemiş erişte örneklerinin toplam besinsel lif (TBL, %) miktarı Megazyme Total Dietary Fiber Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz kitinde yöntem Lee ve ark. (1992) ve Prosky ve ark. (1988, 1992) metotları modifiye edilerek oluşturulmuştur [15, 16, 17].

Toplam Fenolik Madde İçeriği: Gutfinger (1981) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır [18]. Un, ruşeym ve erişte örneklerinde TFM tayini için öncelikle ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Bu amaçla 1 gr örnek 10 ml %80 metanol/su karışımında 2 saat 200 rpm'de 37˚C' de çalkalamaya bırakılmıştır. Süre sonunda örnekler 4100 rpm' de 1 dakika santrifüj edilip filtre kağıdından geçirilen süzüntüden analiz yapılmıştır. TFM içeriği için Folin-Ciocalteau metodu kullanılmıştır. 100µL örnek üzerine 900µL su ilave edilip sonra 1 ml %10 seyreltilmiş Folin-Ciocalteau ayracı (Merck, Almanya) ve 2 ml %10' luk sodyum karbonat (Na2CO3, Merck, Almanya) solüsyonu eklenip karıştırılmıştır. 1 saat oda sıcaklığında inkübasyona bırakılıp 765 nm' de spektrofotometrede (Biochrom Libra S60, UK) saf metanole karşı absorbans değerleri ölçülmüştür. TFM içeriği; okunan absorbans değerlerinin önceden gallik asit ile oluşturulan aşağıdaki absorbans/ konsantrasyon satandart grafiğinden elde edilen denklemde yerine konularak hesaplanmıştır. 1 gr örnek için mg gallik asit eşdeğer (GAE) miktarı olarak belirlenmiştir.

Antioksidan Aktivite Tayini: Un, ruşeym ve erişte örneklerinde antioksidan aktivite tayini için 0.1 gr örnek tartılıp sonra 3 ml metil alkol eklenerek 1 saat ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 9000 rpm'de 20 dakika santrifüjlenen tüplerin süpernatant kısmı ayrı bir tüpe alınarak ekstrakt stoğu hazırlanmıştır. Yu ve ark., (2002)'nın metodu modifiye edilerek kullanılmıştır [119]. Bu yöntem, pembe renkli stabil bir bileşik olan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl) radikalinin yok edilmesi sonucu, renkte meydana gelen azalmanın spektrofotometrik olarak ölçülmesi esasına dayanmaktadır. 3 ml DPHH solüsyonu (0.025 g/L metanol) 0.1 ml ekstrakt ile karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 120 dakika tutulmuştur. Süre sonunda örnek absorbansları 515 nm'de saf metanole karşı ölçülmüştür. DPHH radikalinin inhibisyon oranı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

DPPH radikalinin inhibisyon oranı (%) = $[(A_{Kör}-A_{Örnek})/A_{Kör}] \times 100$

Burada;

$A_{Kör}$ = Körün absorbansı

$A_{Örnek}$ = Örnek absorbansı

Fitik asit analizi: Örneklerdeki fitik asitin Fe^{+3} ile çözünmez formu olan demirfitat şeklinde çöktürülüp arta kalan yani çökelmeyen Fe^{+3} miktarının bipyridine ile oluşturduğu rengin spektrofotometrik olarak ölçülmesi esasına dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Bu ölçüm miktarı ile fitik asite bağlanıp çöken Fe^{+3} miktarı da dikkate alınarak fitik asit konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Bu analize aslında bir nevi Fe tayini de denebilir. Kurve ters lineer çıktığı için elde edilen sonuç fitat miktarını ifade etmektedir [20].

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çalışmada kullanılan unun ve ruşeymin fonksiyonel özellikleri

Araştırmada kullanılan buğday ununun ve ruşeymin toplam besinsel lif özellikleri,toplam fenolik madde, antioksidan ve fitik asit değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Erişte üretiminde kullanılan hammaddelerin fonksiyonel özellikleri

	TBL* (%)	TFM* (mg GAE/L)	Antioksidan (%)	Fitik asit* (mg/g)
Ruşeym	15.66	334.17	33.73	11.85
Un	1.97	102.16	87.72	1.74

* Kuru maddede hesaplanmıştır

Besinsel lif özelliklerinden toplam besinsel lif (TBL, %), toplam fenolik madde (mg GAE/L) ve fitik asit (mg/g) miktarları kuru madde üzerinden

verilmiştir. Buna göre, buğday unu ve ruşeymin TBL miktarları sırasıyla %1.97 ve %15.66 olarak bulunmuştur. Buğday ununun TBL içeriği bir araştırmada %2.3 [21], bir başka araştırmada ise %3.0 olarak belirtilmiştir [22]. Üretimde kullanılan ruşeym ve unun toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 334.17 ve 102.16 mg GAE/L olarak bulunmuştur.

Tablo 3. Erişte örneklerine ait fonksiyonel özellikler

Örnek	Ruşeym katkı oranı (%)	TBL*(%)	TFM* (mgGAE/L)	Antioksidan (%)	Fitik asit (%)
Kontrol	0	2.28	145.56	34.93	1.42
Erişte	10	3.26	165.42	35.76	2.19
	20	4.00	191.76	36.72	3.99
	30	5.51	229.83	37.67	4.89
	40	8.09	282.02	39.91	6.88
	50	9.46	293.04	42.57	7.83

*Kuru maddede hesaplanmıştır.

3.2. Eriştelerin Besinsel (Fonksiyonel) Özellikleri

Kontrol eriştesi ile ruşeym katkılı eriştelerin toplam besinsel lif (TBL), toplam fenolik madde (TFM) ve antioksidan aktivite (DPHH radikalinin inhibisyon yüzdesi şeklinde) değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

TBL analizleri pişmemiş eriştelerde ve hammaddelerde yapılmış, sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Buna göre, Tablo 3 incelendiğinde, ruşeym katkılı eriştelerde katım oranlarının artırılması ile birlikte TBL değerlerinde de artış görülmüştür. Ruşeymin bütün ikame oranları ile üretilen eriştelerin TBL değerleri kontrol eriştesinin TBL değerinden yüksek bulunmuştur.

Kontrol eriştesinde bulunan TBL değeri %2.28 olarak tespit edilmiştir. Yokoyama ve ark. (1997)'nin yaptığı bir çalışmada durum buğdayı irmiğinden yapılan kontrol eriştesinde TBL miktarı % 4.1 olarak bulunmuştur. Araştırma kapsamında üretilen tüm eriştele içinde en yüksek TBL değeri % 50 (%9.46) ruşeym katkılı eriştede ve en düşük TBL değeri ise kontrol eriştesinde belirlenmiştir [23].

Besinsel lif ve antioksidanca zengin tahıllardan geleneksel yöntem ile erişte üretimi üzerine yapılan bir çalışmada tritikale, arpa ve yulaf değişik oranlarda katılarak eriştele üretilmiştir. Her üç katkının da katım oranlarının artışına bağlı olarak erişte örneklerinde TBL değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada tritikale katkılı eriştelerde TBL değerleri %6.48-17.62, kavuzsuz arpa katkılı eriştelerde %5.60-17.69, yulaf katkılı eriştelerde ise %5.29-18.25 arasında bulunmuştur [24].

Kontrol eriştesi ve ruşeym katkılı eriştelerin toplam fenolik madde (TFM) sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Araştırmada TFM analizleri erişte üretiminde kullanılan hammaddeler (un ve ruşeym) ile pişmemiş eriştelerde ayrı ayrı yapılmış ve sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Buna göre, kontrol eriştesi ve ruşeym katkılı eriştelerin pişmemiş formlarında saptanan TFM miktarları genellikle birbirine yakın bulunmuştur. Ruşeym katkılı tüm eriştelerin TFM miktarı, katım oranı artışı ile artma eğilimi göstermiştir. TFM miktarı ortalama % 217.99 olarak bulunmuş olup, TFM miktarı en düşük %145.56 ile kontrol eriştesinde gözlenirken, en yüksek değer ise %293.04 ile %50 ruşeym katkısı içeren eriştede elde edilmiştir. Bu değerler Güvendi (2011) [24]'in yaptığı çalışmayla paralellik göstermiştir.

Kontrol eriştesi ile ruşeym katkılı eriştelerin pişmemiş formlarında tespit edilen antioksidan aktivite, DPHH radikalinin inhibisyon yüzdesi şeklinde (%) ifade edilmiş ve sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Buna göre, ruşeym katkılı eriştelerin antioksidan aktivite değerleri kontrol eriştesinden yüksek bulunmuştur. Ruşeym katkılı eriştelerin antioksidan aktivitesi, katım oranının artırılması ile yükselmiştir.

Tablo 3'te fitik asit miktarlarına bakıldığında ruşeym katım oranının artışına paralel olarak örneklerde fitik asit değerlerinin yükseldiği görülmüştür. En yüksek fitik asit miktarı (7.83 mg g^{-1}) % 50 ruşeym katkılı erişte örneğinde bulunurken % 10 ruşeym katkılı erişte örneğinde bu değer 2.19 mg g^{-1}, e düşmüştür. Fitik asitin bitki için çok önemli fonksiyonları olmasına karşın insan vücudunda bir takım olumsuzlukları bulunmaktadır. Bunların başında Ca, Fe, Zn, Mn gibi bazı esansiyel minerallerle kompleks oluşturarak bunların absorpsiyonunu engellemesi gelir. Ayrıca fosforun büyük bir kısmını fitat fosforu olarak bünyesinde bağlayarak veya bazı amino asitlerle interaksiyona girerek de etkili olabilmektedir [25, 26, 27, 28]. Bu açıdan bakıldığında gıdalarda miktarının düşük olması istenir. Ancak son yıllarda fitik asidin insan sağlığı üzerindeki etkisi konusunda yapılan çalışmalar fitik asitin antikanserojen ve antioksidan etkisi nedeniyle pozitif etkilere de sahip olduğunu göstermiştir [29].

4. Sonuç

Son yıllarda tüketicilerin hayat beklentilerinin artması, sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi, obezite ve kalp damar hastalıklarında meydana gelen artışlar nedeniyle, tüketicilerin aldıkları gıdalardan besleyici özelliğin yanı sıra çeşitli yararlar sağlamayı beklemesi fonksiyonel gıda üretimi ve tüketimini arttırmıştır. Fonksiyonel gıda üretimi için yapılan zenginleştirme çalışmalarında temel amaç çeşitli nedenlerle gıdalardan kaybedilen besin elementlerini yerine koymak ve gıdalara daha fazla besin öğesi ekleyerek beslenme yetersizliği sorunlarını önlemeye çalışmaktır. Bu doğrultuda yaptığımız bu çalışmada erişte üretiminde hamura ruşeym ilave edilerek zenginleştirmeye gidilmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında; besleyici özelliğin yanında sağlığa yararlı özelliklerden olan toplam besinsel lif, fenolik madde, antioksidan madde ve fitik asit değerlerinin yüksek bulunduğu görülmüştür. Ürünlerin fonksiyonelliğini artırmak için yapılan çalışmaların çoğaltılması ve ülkemizde geleneksel olarak üretilen erişteden alternatif sağlıklı ürünler elde edilmesi ilerideki amaçlarımızdan biri olmalıdır.

5. Referanslar

[1] Eyidemir, E. 2006. Kayısı Çekirdeği İlavesinin Eriştenin Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 84s.

[2] Hou, G., Kruk, M. 1998. Asian Noodle Technology. American Institute of Baking Research Department Technical Bulletin. Volume 20(12): 1-10.

[3] Demir, B. 2008. Nohut Ununun Geleneksel Erişte ve Kuskus Üretiminde Kullanım İmkanları Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 77s.

[4] Yu, L.J. 2003. Noodle Dough Rheology and Quality of Instant Fried Noodles. Department of Bioresource Engineering Acdonald Campus, McGill University Montreal, Quebec (unpublished), p1-138.

[5] Karadeniz, D. 2007. Farklı Besinsel Lif Katkılarının ve Hidrokolloidlerin Erişte Üretiminde Kullanımı. On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 86s.

[6] Bergman, C.J., D.G. Gualberto, C. W. Weber. 1994. Development of a High-Temperature-Dried Soft Wheat Pasta Supplemented with Cowpea (Vigna unguiculata (IL.) Walp). Cooking Quality, Color, and Sensory Evaluation. Cereal Chem. 71(6):523-527.

[7] Lee, L., Baik, B. K., Czuchajowska, Z. 1998. Garbanzo Bean Flour Usage in Cantonese Noodles. Journal of Food Science. Vol. 63, No.3.

[8] Ge, Y., A., Sun, Y., Ni, T., Cai. 2001. Study and Development of Defatted Wheat Germ Nutritive Noodle. Eur. Food Res. Technol. 212:344-348.

[9] Chompreeda, P.A., V.A., Resurreccion, Y.C., Hung, L.R., Beuchat. 1987. Quality Evaluation of Peanut-Supplemented Chinese Type Noodles. Journal of Food Science. 52 (6): 1740–1741.

[10] Collins, J.L. and P.Pangloli. 1997. Chemical, Physical and Sensory Attributes of Noodles with Added Sweetpotato and Soy Flour. Journal of Food Science. 62 (3): 622–625.

[11] Lee, C.H., Cho, J. K., Lee, J. S., Koh, W., Park, W., Kım, C.H. 2002. Enhancing β- Carotene Content in Asian Noodles by Adding Pumkin Powder. Cereal Chemistry. 79 (4):593-595.

[12] Izydorczyk, M.S., Lagasse, S.L., Hatcher, D.W., Dexter, J.E., Rossnagel, B.G. 2004. The Enrichment of Asian Noodles With Fiber-Rich Fractions Derived From Roller Milling of Hull-Less Barley. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85(12):2094-2104.

[13] Demir, M.K. ve Elgün, A. 2011. Buğday ruşeyminin beslenmedeki yeri. 1. Ulusal helal ve sağlıklı gıda kongresi, 19-20 Kasım, Ankara, s184-185.

[14] Yalçın, S. 2005. Glutensiz Erişte Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara. 109s.

[15] Lee, S.C., Prosky, L. and Devries, J.W. 1992. Determination of Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods-Enzymatic-Gravimetric Method, MES-TRIS Buffer: Collaborative Study. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 75: 395-416.

[16] Prosky, L., Asp., N.-G., Schweizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I. 1988. Determination of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products, Interlaboratory Study. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 71: 1017-1023.

[17] Prosky, L., Asp., N.-G., Schweizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I. 1992. Determination of Insoluble and Soluble Dietary Fiber in Foods and Food Products, Collaborative Study. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 75: 360-367.

[18] Gutfınger, T. 1981. Polyphenols In Olive Oils, Journal of American Oil Chemical Sociation., 58: 966-968.

[19] Yu, L., Haley, S., Perret, J., Haris, M., Wilson, J. and Qian, M. 2002. Free Radical Scavenging Properties Of Wheat Extracts, Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 50: 1619-1624.

[20] Haug, W. and Lantzsch, H.J. 1983. Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products. J. Sci. Food Agric., 34, 1423–1426.

[21] Charalampopoulos, D., R. Wang, S.S. Pandiella ve C. Webb. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. International Journal of Food Microbiology, Vol.79 (1-2): 131-141.

[22] Slavin, J.L., Martini, C.M., Jacobs, D.R And Marquart, L. 1999. Plausible Mechanisms For The Protectiveness Of Whole Grains. American Society For Clinical Nutrition 70:459-63.

[23] Yokoyama, W.H., Hudson, C.A., Knuckles, B.E., Chiu Mei-Chen, M., Sayre, R. N., Turnlund J.R. and Schneeman B.O. 1997. Effect Of Barley B-Glukan In Durum Wheat Pasta On Human Glycemic Response. Cereal Chemistry. 74(3):293-296.

[24] Güvendi, Ö. 2011. Besinsel lif ve antioksidanca zengin tahıllardan geleneksel yöntem ile erişte üretimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Bolu.

[25] Zhau, J. R. and Erdman, J. W. 1995. Phytic acid in health and disease. Critical Reviews in Food Sci. and Nut., 35, 495-508.

[26] Dendougui, F. and Schwedt, G. 2004. In vitro analysis binding capasities of calcium to phytic acid in different food samples. European Food Res. and Tech., 219, 409-415.

[27] Egli, I., Davidson, L., Zeder, C., Walczyk, T. and Hurrel, R. F. 2004. Dephytinization of a complementary food based on wheat and soy increases zinc, but not copper, apparent absorption in adults. J. Food Sci., 134, 1077-1080.

[28] Hurrel, R. F. 2004. Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailabilty. J.Nutrition., 133, 2973-2977.

[29] Tolay, İ., Aytaç, Z., Gülmezoğlu, N., Budak, Z., Kınacı, G. ve KınacıI, E. 2005. Tahıllarda Fitik Asit İçeriği ve Beslenme Açısından Önemi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya, 1187-1192.

GAP 2018

6. Uluslararası GAP Mühendislik Kongresi

ISBN: 978-975-7113-68-3