

YATAY KATMANDAN OLUŞAN HOMOJEN YAPILI TOPRAKLARDA FARKLI ZAMAN DİLİMLERİNDE UYGULANAN MALÇLAMA İŞLEMİNİN TOPRAK SICAKLIĞINA ETKİSİ

Arif ÖZBEK¹, Tuncay YILMAZ², Alper YILMAZ³, Orhan BÜYÜKALACA⁴, Hüsamettin BULUT⁵

^{1,2,3,4} Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 01330, Balçalı, ADANA

⁵ Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, ŞANLIURFA

¹arozbek@cu.edu.tr, ²tunyil@cu.edu.tr, ³alpyil@cu.edu.tr, ⁴orhanl@cu.edu.tr, ⁵bulut@harran.edu.tr

Özet: Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (TKIP), toprak sıcaklığının atmosfer sıcaklığına göre daha kararlı olması ve soğuk iklimlerde performansının daha yüksek olması nedeniyle enerjiyi daha etkin kullanırlar. TKIP sistemlerinde ısıtma sezonunda topraktan ısı enerjisi çekildiğinden toprak sıcaklığının yüksek, soğutma sezonunda ise toprağa ısı enerjisi atıldığından toprak sıcaklığının düşük olması istenir. Bu tür sistemlerin tasarımında ve binaların toprak içinde kalan kısımlarından gerçekleşen ısı transferinin hesaplanmasında toprak yüzeyi ve yüzey altı sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Toprak yüzeyi ve yüzey altı sıcaklıklarının toprak yüzey örtüsünün değişimiyle kontrol edilebildiği de bilinmektedir. Zirai uygulamalarda ise toprak yüzeyinin ince bir tabakayla kaplanarak toprak sıcaklığının kontrol edilmesine malçlama adı verilmektedir. Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden Adana il merkezi için alınan güneş ışıması, hava sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgar hızı rasat bilgilerinin 20 yıllık günlük ortalama değerleri kullanılarak toprak yüzey sıcaklıkları (TYS) ve toprak sıcaklıkları (TS) nümerik olarak hesaplanmıştır. Homojen yapılı, farklı fiziksel özelliğe sahip yatay katmandan oluşan tek bir toprak tipi ele alınarak farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda ısıtma ve soğutma sezonları için toprak sıcaklıklarının derinlikle değişimleri ve toprak yüzey sıcaklıklarının günlük değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Malçlama; Yatay katmanlı toprak; Toprak sıcaklığı

**INFLUENCE OF MULCHING PROCESS
APPLIED IN DIFFERENT TIME ZONES ON THE GROUND TEMPERATURE
DISTRIBUTION AT HORIZONTAL LAYER HOMOGENEOUS SOILS**

Abstract: Ground source heat pumps (GSHP) use energy more effectively due to the fact that soil temperature is more stable compared to ambient temperature and its efficiency is higher in cold climates. It is required that the soil temperature should be high because heat energy extracted from the soil in heating season and the soil temperature should be low because heat energy rejected to the soil in cooling season. Soil surface and soil temperatures at different depths must be known for the design of such systems and for the calculation of heat losses from the parts of buildings that are buried in the ground. It is known that, soil surface and soil temperatures at different depths can be controlled by changing of soil surface cover. On the other hand, the soil temperature can be controlled by being covered with a thin layer of soil surface in agricultural applications, that is called mulching. In this study, soil surface and soil temperatures were calculated numerically by using 20 years daily mean values of ambient temperature, solar radiation, relative humidity and wind velocity which are measured by The State Meteorological Affairs General Directorate (DMİ) for Adana. Temperature distribution at horizontal layered homogeneous soils and daily variation of ground surface temperature were investigated for heating and cooling seasons as a result of mulching process applied in different time zones.

Keywords: Mulching; Horizontal layer soil; Soil temperature

SEMBO LLER

α	İsl yayılım katsayısı [m^{-2}/s]	L	Toplam toprak derinliği [m]
α_s	Toprak yüzeyi yutma katsayısı	L_1	Üst katman kalınlığı [m]

f Buharlaşma katsayısı
 k_1 Üst katman ısı iletim katsayısı [W/mK]
 k_2 Alt katman ısı iletim katsayısı [W/mK]

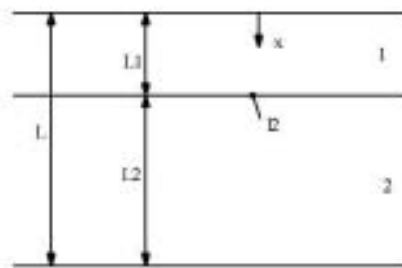
GİRİŞ

TKİP sistemlerinin uygulamalarında ve bazı zirai uygulamalarda toprak sıcaklıklarının ve toprak yüzey sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple birçok araştırmacı analitik, nümerik ve deneysel metodlar kullanarak toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapmışlardır. Mihalakakou (1997), Mihalakakou ve ark. (2002) ve ElDin (1999) toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ile ilgili analitik çalışmalar yapmışlardır. Toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ile ilgili bir çok araştırmacı nümerik modeller de geliştirmişlerdir (Piechowski, 1999; Suzuki ve ark., 1996; Rees ve ark., 2007). Bu çalışmada toprak yüzey sıcaklıklarının (TYS) ve toprak sıcaklıklarının (TS) derinlikle değişimlerini gösteren nümerik bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen nümerik model ile farklı fiziksel özelliklerdeki alt-üst katmanlar kullanılarak TYS ve TS'ler hesaplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların ise TKİP uygulamaları için yararlı olması beklenmektedir.

MATEMATİK MODEL

Tek katmanlı toprak için yapılan matematik model ve analitik metod Yılmaz ve ark. (2008)'de; geliştirilen nümerik model ise Özbek ve ark. (2008)'de açıklanmıştır. Daha detaylı bilgi 1. ve 2. Gelişme Raporu (2008)'de verilmiştir.

Şekil 1'de toprağın homojen, farklı fiziksel özellikteki iki yatay katmandan oluştuğu varsayılmıştır.



Şekil 1. İki yatay katmanlı toprak

İki ayrı yatay katmandan oluşan homojen yapılı topraklarda ısı transferin de 1. ve 2. katman için aşağıda verilen tek boyutlu zamana bağlı diferansiyel denklem geçerlidir:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

L_2 Alt katman kalınlığı [m]
 T Sıcaklık [°C]
 x Toprak derinliği [m]

Eşit.(1)'deki a_1 , alt ve üst katmanların ısıl yayınım katsayılarıdır.

$x=L_1$ ve $x=L_1+L_2$ 'deki sınır şartları aşağıdaki gibi verilebilir:

$$x=L_1 : k_1 \left(\frac{dT}{dx} \right)_1 = k_2 \left(\frac{dT}{dx} \right)_2 \quad (2)$$

$$x=L_1+L_2 : \frac{dT}{dx} = 0 \quad (3)$$

Eşit.(2)'deki k_1 ve k_2 ise sırasıyla alt ve üst katmanların ısı iletim katsayılarıdır.

Eşit.(3)'ün geçerli olabilmesi için L_2 'nin çok büyük bir değer olması gerekmektedir.

Toprak Fiziksel Özellikleri

Toprak içinde geçerli olan Eşit. (1)'deki diferansiyel denklem ve Eşit. (2)'deki sınır şartında ısı iletim katsayısı k ve ısıl yayınım katsayısı a bulunmaktadır. Tablo 1'de genel olarak Türkiye'de en sık karşılaşılan toprak tiplerinin ısıl özellikleri belirtilmiştir (1. Gelişme Raporu, 2008).

Tablo 1. Bazı toprak tiplerinin ısıl özellikleri

Toprak Tipi	$a(\text{mm}^2/\text{s})$	$k(\text{W/m}^\circ\text{C})$
Çukurlu Toprak	0.139	0.52
Nemli-Hafif Toprak	0.555	0.87
Kuru-Ağır Toprak	0.521	0.95
Nemli-Ağır Toprak	0.648	1.30

NÜMERİK HESAPLAR

Çift katmanlı toprak için geliştirilen nümerik modelde de tek katmanlı modelde olduğu gibi sonlu farklar metodu uygulanmıştır. Yapılan nümerik hesaplamalar ile Adana merkezi için DMI'den alınan hava sıcaklığı, güneş ışıması, bağıl nem ve rüzgar hızı rasat bilgilerinin 20 yıllık günlük ortalama değerleri kullanılarak TYS ve TS'ler bulunmuştur.

Geliştirilen nümerik modelden elde edilen sonuçların doğruluğunu kontrol edebilmek için analitik hesaplarda yapılan tüm varsayımlar kullanılarak geliştirilen nümerik yöntem uygulanmıştır. Yapılan benleştirmeler ile nümerik hesaplarda da analitik hesaplamalardaki parametreler kullanılmış; birbirlerine çok yakın sonuçlar



17. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ KONGRESİ 24 - 27 HAZİRAN 2009

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ - SİVAS



edilmiştir ve böylece nümerik yön temin doğruluğu gösterilmiştir (1. ve 2. Gelişme Raporu, 2008).

SONUÇLAR

Bu çalışmada tek bir toprak türü için farklı zaman aralıklarındaki malçlama işleminin toprak sıcaklığına etkisi incelenmiştir. Hesaplamalar sırasında toprak nemliliğini gösteren buharlaşma katsayısı f ve toprak yüzey yutma katsayısı a_s değiştirilmiştir. 5 mm kalınlığında çakıllı toprak olarak kabul edilen üst katmanın ısı iletim katsayısı k ve ısı yayılım katsayısı a sırasıyla 0.52 W/mK ve 0.139 mm²/s olarak kabul edilmiş, alt katmanın kalınlığı da 10 m nemli-ağır toprak ($k=1.3$ W/mK, $a=0.648$ mm²/s) olarak alınmıştır. Malçlama işlemi belirli bir zaman aralığında yapılmıştır. Bu çalışma için malçlama zamanlarının 01 Ocak ile 01 Mayıs arasında ayın 1. gütünden başlayarak 6'şar aylık dönemler halinde 5 farklı malçlama dönemi alınması uygun görülmüştür. Malçlama işlemi için toprak yüzeyinin açık renkli ve su buharı geçiren ince strafor köpük ($a_s=0.2, f=0.45$) tüm bir malzeme ile kaplandığı; kalan zamanda ise toprak yüzeyindeki köpük kaldırılarak yerine ince muşamba ($a_s=0.9, f=0.0$) gibi koyu renkli su buharı geçirimeyen bir malzeme ile kaplandığı düşünülmüştür.

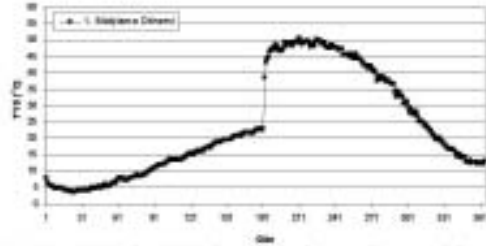
Eğer toprak yüzeyi suni olarak siyah muşamba gibi ince su buharı geçirmez bir katman ile kaplanırsa, toprak yüzeyinden atmosfere su buharlaşmasından dolayı ısı transferi olmayacak ve f 'nin değeri 0.0 olacaktır. Muşambanın siyah renginden dolayı da a_s 0.9 gibi yüksek bir değer olacaktır. $a_s=0.9$ olmasıyla yüzeye gelen güneş ışınlarının toprak yüzeyine serilen ince katman tarafından emilerek toprak sıcaklığı daha da yükselir. Bu da alt katman toprak fiziksel özelliklerinden bağımsız olarak toprak yüzeyi ve toprak sıcaklıklarının daha yüksek olması anlamına gelmektedir.

Tablo 2'de uygulanan 5 farklı malçlama dönemi için, malçlama işleminin başlama ve bitiş tarihleri ile toprak yüzeyinde kullanılan kaplamanın fiziksel özellikleri verilmiştir.

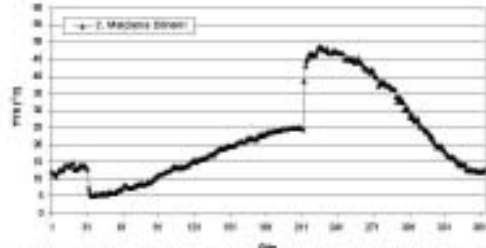
Tablo 2. Malçlama dönemlerinin başlama ve bitiş tarihleri

1. Malçlama Dönemi	01 Ocak - 30 Haziran arasında $a_s=0.2, f=0.45$	Yıllık ortalama zamanında $a_s=0.9, f=0.0$
2. Malçlama Dönemi	01 Şubat - 31 Temmuz arasında $a_s=0.2, f=0.45$	
3. Malçlama Dönemi	01 Mart - 31 Ağustos arasında $a_s=0.2, f=0.45$	
4. Malçlama Dönemi	01 Nisan - 30 Eylül arasında $a_s=0.2, f=0.45$	
5. Malçlama Dönemi	01 Mayıs - 31 Ekim arasında $a_s=0.2, f=0.45$	

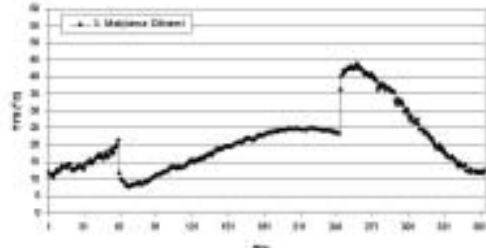
Şekil 2-6 arasında farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi gösterilmiştir.



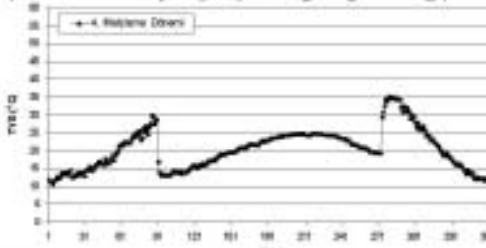
Şekil 2. 01 Ocak-30 Haziran arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi



Şekil 3. 01 Şubat-31 Temmuz arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi



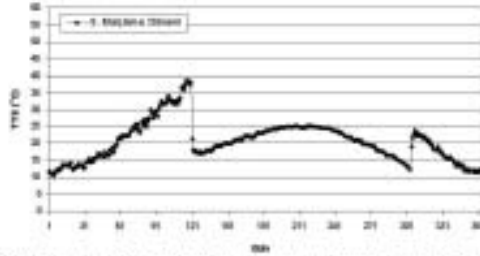
Şekil 4. 01 Mart-31 Ağustos arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi



Şekil 5. 01 Nisan-30 Eylül arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi



17. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ KONGRESİ
24 - 27 HAZİRAN 2009
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ - SİVAS



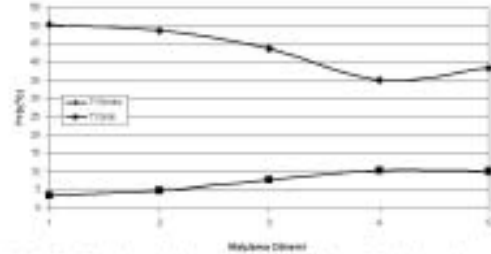
Şekil 6. 01 Mayıs-31 Ekim arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzey sıcaklığının günlük değişimi

Tablo 3'te Şekil 2-6'da farklı malçlama dönemlerinde oluşan toprak yüzey sıcaklıklarının maksimum ve minimum değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Farklı toprak yüzey sıcaklıklarının maksimum ve minimum değerleri

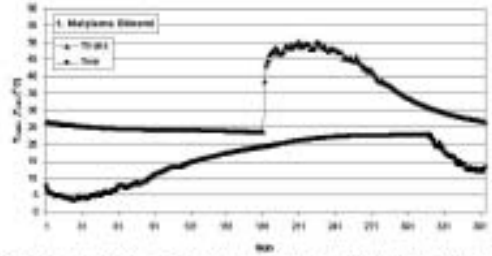
Malçlama Dönemi	1	2	3	4	5
TYS _{max} (°C)	50.42	48.57	43.81	35.15	38.60
TYS _{min} (°C)	3.50	4.88	7.83	10.34	10.19

Şekil 7'de farklı malçlama dönemlerinde yıl içinde oluşan maksimum ve minimum toprak yüzey sıcaklıklarının değişimi gösterilmiştir. Malçlama başlangıcı 01 Ocaktan 01 Mayıs'a gittikçe oluşan maksimum ve minimum TYS'ler arasındaki fark giderek azalmaktadır.

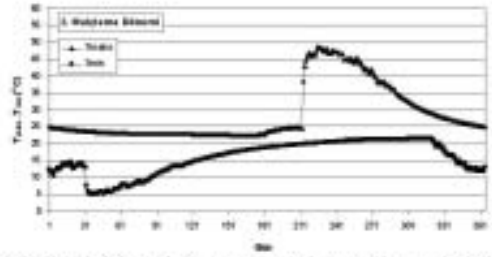


Şekil 7. Farklı malçlama dönemlerinde yıl içinde oluşan maksimum ve minimum toprak yüzey sıcaklıkları

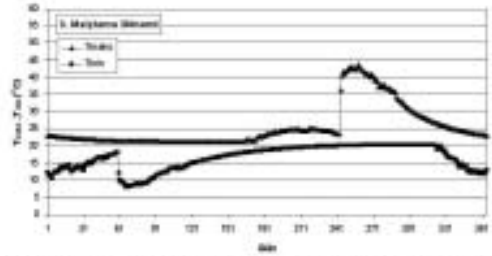
Şekil 8-12'de ise farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak yüzeyi ile 10 m derinlikteki dip noktası arasında yıl içinde oluşan maksimum ve minimum toprak sıcaklıklarının günlük değişimi gösterilmiştir.



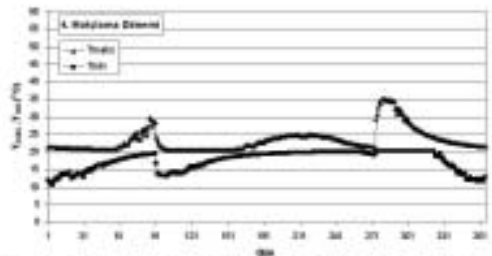
Şekil 8. 01 Ocak-30 Haziran arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprakta oluşan maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük değişimi



Şekil 9. 01 Şubat-31 Temmuz arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprakta oluşan maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük değişimi



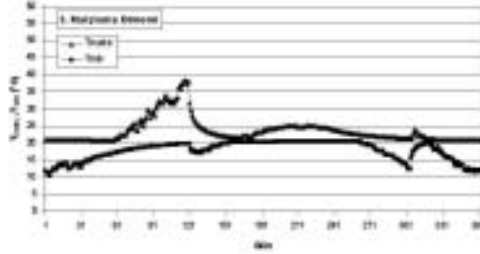
Şekil 10. 01 Mart-31 Ağustos arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprakta oluşan maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük değişimi



Şekil 11. 01 Nisan-30 Eylül arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprakta oluşan maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük değişimi



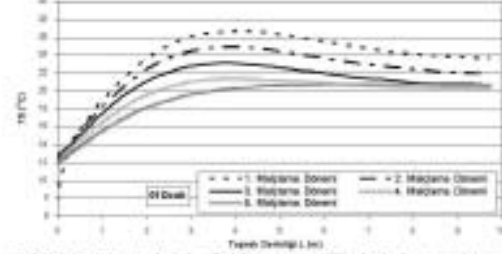
17. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ KONGRESİ
24 - 27 HAZİRAN 2009
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ - SİVAS



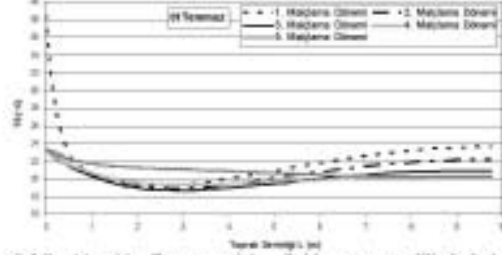
Şekil 12. 01 Mayıs-31 Ekim arasında uygulanan malçlama işlemi sonucunda oluşan maksimum ve minimum sıcaklıkların günlük değişimi

Şekillerden de görüldüğü üzere malçlama işlemini başlangıç zamanı 01 Ocaktan 01 Mayıs'a geldikçe oluşan maksimum sıcaklıkların en büyüğü ile oluşan minimum sıcaklıkların en küçüğü arasındaki fark giderek küçülmektedir.

Şekil 13 ve 14'te 01 Ocak ve 01 Temmuz için farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işleminde toprak sıcaklığının derinlikle değişimi gösterilmiştir. TKIP uygulama ları için ısıtma sezonunda toprak sıcaklığının yüksek, soğutma sezonunda ise daha düşük olması istendiğinden, şekillerden de görüldüğü üzere malçlama işleminin 01 Ocak-30 Haziran arasında yapılması daha uygun görülmektedir.



Şekil 13. 01 Ocak için farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak sıcaklığının derinlikle değişimi

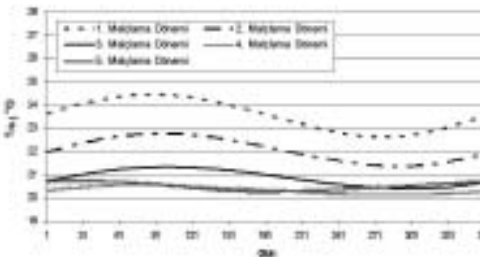


Şekil 14. 01 Temmuz için farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak sıcaklığının derinlikle değişimi

Tablo 4. 01 Ocak ve 01 Temmuz için toprak , maksimum, minimum ve dip sıcaklık değerleri

Malçlama Dönemi		1	2	3	4	5
01 Ocak	$T_{maks} (^{\circ}C)$	26.61	24.83	23.03	21.41	20.76
	T_{maks} 'ın olduğu derinlik, (m)	3.94	3.94	3.94	3.94	6.46
	$T_{dip} (^{\circ}C)$	23.58	21.95	20.70	20.31	20.70
01 Temmuz	$T_{min} (^{\circ}C)$	19.23	18.85	18.69	19.35	20.26
	T_{min} 'in olduğu derinlik, (m)	2.61	2.83	2.83	3.07	9.76
	$T_{dip} (^{\circ}C)$	23.54	22.17	20.97	20.33	20.26

Şekil 15'te ise farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda L=10 m'deki toprak dip sıcaklıklarının günlük değişimi görülmektedir.



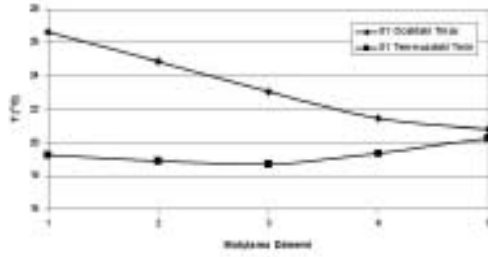
Şekil 15. Farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda toprak dip sıcaklığının günlük değişimi

Şekil 8-15 arasındaki toprak , maksimum, minimum ve 10 m'deki dip sıcaklık grafiklerinden 01 Ocak ve 01 Temmuz için Tablo 4'teki değerler bulunur.

Şekil 16'da farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda oluşan 01 Ocak'taki maksimum ve 01 Temmuz'taki minimum toprak sıcaklıklarının değişimi görülmektedir. Malçlama başlangıcı 01 Ocaktan 01 Mayıs'a gittikçe oluşan maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki fark giderek azalmaktadır.

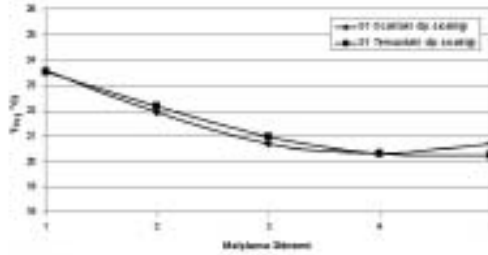


17. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ KONGRESİ
24 - 27 HAZİRAN 2009
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ - SİVAS



Şekil 16. Farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda 01 Ocak ve 01 Temmuzda oluşan maksimum ve minimum toprak sıcaklıklarının değişimi

Şekil 17'de ise farklı malçlama dönemlerinde 01 Ocak ve 01 Temmuz için elde edilen 10 m'deki dip sıcaklıklarının değişimi görülmektedir.



Şekil 17. Farklı zaman dilimlerinde uygulanan malçlama işlemi sonucunda 01 Ocak ve 01 Temmuzda oluşan toprak dip sıcaklıklarının değişimi

Bu çalışmada malçlama işleminde malçlama dönemini değiştirmenin toprak yüzey ve toprak sıcaklıklarını önemli ölçüde etkilediği anlaşılmaktadır. Ancak belirli bir malçlama döneminde dip sıcaklıklarının yılın çeşitli günlerinde ki değerleri tek katmanlı topraktan da beklediğimiz gibi pek değişmemektedir. Toprak yüzey örtüsünün belirli zaman aralıklarında suni olarak değiştirilmesiyle kontrol edilebilecek toprak sıcaklıklarının, TKİP uygulamaları için yararlı olabileceği görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada TÜBİTAK tarafından "107M380" Nolu proje kapsamında desteklenmektedir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

El-Din, M. M. S., On the heat flow in to the ground, *Renewable Energy* 18, 473-490, 1999.

Mihalakakou, G., Santamouris, M., Lewis, J. O. and Asimakopoulos, D. N., On the application of the energy balance equation to predict ground temperature profiles, *Solar Energy* 60, 181-190, 1997.

Mihalakakou, G., On estimating soil surface temperature profile, *Energy and Buildings* 34, 251-259, 2002.

Özbek A., Yılmaz T., Yılmaz A., Büyükalaca O., Çeşitli Toprak Türleri İçin Toprak Sıcaklıklarının Analitik ve Nümerik Olarak Hesaplanması, *Ç. Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 30. Yıl Sempozyumu*, 16-17 Ekim 2008 Adana.

Piechowski, M., Heat and mass transfer model of a ground heat exchanger: Validation and sensitivity analysis, *Int. J. Energy Res.* 23, 571-588, 1999.

Roes, S. W., Zhou, Z. and Thomas, H. R., Ground heat transfer: A numerical simulation of a full-scale experiment, *Building and Environment* 42, 1478-1488 2007.

Suzuki S., Anju A., Kawahara M., Management of Ground Temperature by Bang-Bang Control Based on Finite Element Application, *International Journal of Numerical Methods in Engineering* 39, 885-901, 1996.

TÜBİTAK 1. Gelişme Raporu, Proje No: 107M380.

TÜBİTAK 2. Gelişme Raporu, Proje No: 107M380.

Yılmaz T., Yılmaz A., Özbek A., Büyükalaca O., Yer Kaynaklı Isı Pompaları İçin Toprak Sıcaklıklarının Belirlenmesi, *1. Soğutma Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi*, İzmir, 128-136, 2008.