



**Uluslararası Katılımlı
IV. ULUSAL BARAJ
GÜVENLİĞİ SEMPOZYUMU**
09-11 Ekim 2014
ELAZIĞ

With International Participation
FOURTH NATIONAL
SYMPOSIUM
ON DAM SAFETY
October 09-11, 2014
Elazig/TURKEY

Editör/Edited by
Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU

Editör Yrd.
İnş. Yük. Müh. Mustafa TUNÇ

Barajlar, sıradan mühendislik yapıları değildir. Toplumun temel ihtiyaçlarının karşılanması ve standartlarının yükseltilmesi yönünde yaptığı katkıları yanında, canlı yaşam için önemli riskleri de taşımaktadır. Bu nedenle ki, konuyla ilgili toplum duyarlılığının artırılması aşamasında yeterli çalışmanın yapılması zorunludur.

Dams are not ordinary structures. They have high potential risk for downstream life and property, besides their contribution for providing the fundamental requirements of society and rising up the life standard of people. Therefore, the studies must be performed to increase the public awareness for providing safe and rational conditions of dam structures in Turkey.

DANIŐMA KOMİTESİ

Prof. Dr. Kutbeddin DEMİRDAĞ, FÜ Rektörü
Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU, FÜ
Prof. Dr. Hasan TOSUN, BGD Başkanı
Prof. Dr. Yusuf CALAYIR, FÜ
Yrd. Doç. Dr. Muhammet KARATON, FÜ

DÜZENLEME KOMİTESİ

Muhammet Emin EMİROĞLU, FÜ (Sempozyum Başkanı)
Mustafa TUNÇ, FÜ (Sempozyum Sekreteri)
Nihat KAYA, FÜ
Erkut SAYIN, FÜ
Sedat SAVAŞ, FÜ
Erkut YALÇIN, FÜ
Burak YÖN, FÜ
Mesut GÖR, FÜ

BİLİM KOMİTESİ

Necati AĞIRALIOĞLU, İTÜ
Mehmet AKKÖSE, KTÜ
Seçkin AYDIN, DSİ
M. Cihan AYDIN, Bitlis Eren Üni.
Dinçer AYDOĞAN, DSİ
Okan BAL, DSİ
Serhat BATMAZ, Hidromark
Orhan BAYKAN, PAÜ
Alemdar BAYRAKTAR KTÜ
Mehmet BERİLGİN, YTÜ
Zafer BOZKUŐ, ODTÜ
Yusuf CALAYIR, FÜ
Zekai CELEP, İTÜ
Kemal Önder ÇETİN, ODTÜ
Adem DOĞANGÜN, Uludağ Üni.
Aydın DUMANOĞLU, Avrasya Üni.
Ö. Faruk DURSUN, İnönü Üni.
M. Emin EMİROĞLU, FÜ
Erol GÜLER, BÜ
M. Şükrü GÜNEY, DEÜ
Ayhan GÜRBÜZ, GÜ
Sami GÜZEL, DSİ
Yunus KALKAN, İTÜ
Güven KARAÇUHA, DSİ
Halil KARADENİZ, Karabük Üni.
Muhammet KARATON, FÜ
Nihat KAYA, FÜ
Selami OĞUZ, Su Vakfı
İlker PEKER, DSİ
Nurettin PELEN, DSİ
Hasan SAVAŞ, ESOGÜ
Barış SEVİM, YTÜ
Evren SEYREK, Dumlupınar Ü
Zekai ŐEN, İTÜ
Gökmen TAYFUR, İYTE
Hasan TOSUN, ESOGÜ
Murat TÜRKÖZ, ESOGÜ
Ergün ÜZÜCEK, DSİ
Melih YANMAZ, ODTÜ
Kasım YENİGÜN, HÜ
Oğuz YILMAZ, İYTE
Semih YÜCEMEN, ODTÜ

ÖNSÖZ

4.Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, Fırat Üniversitesi ve Baraj Güvenliği Derneği'nin ortak katkılarıyla 09–11 Ekim 2014 tarihleri arasında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kongre Merkezinde düzenlenecektir. Birincisi 2007 yılında Ankara'da, ikincisi ve üçüncüsü 2009 ve 2012 yıllarında Eskişehir'de düzenlenen bu sempozyumların amacı, baraj ve yardımcı yapılarının daha güvenilir olması, çıkartılan derslerin uzmanlar tarafından paylaşılması ve hepsinden önemlisi kamu güvenliği yönünden toplumsal bilinç oluşturulması olarak değerlendirilebilir.

Baraj Güvenliği Sempozyumlarının temel amacı, baraj ve ilgili yapıların son teknolojik gelişmeler doğrultusunda güvenilirliğinin artırılması ve mansap yaşamının güvenliğinin sağlanmasıdır. Gelişmiş ülkelerde ve özellikle Kuzey Amerika'da sivil toplum örgütleri tarafından Ulusal düzeyde düzenlenen bu tür toplantılara çok önem verilir ve konuyla ilgili kamu çalışanlarının mutlak surette bu toplantılara katılması sağlanır. Özellikle özel sektör, bilim insanları ve baraj firmaları arasında ileri düzeyde işbirliği ortamının oluşmasına özen gösterilir.

Ülkemizde ise durum biraz daha değişiktir. Kamu sektörü, bu tür toplantıları düzenler ve kendi kendine tartışır. Oysa kamu sektörü; bu toplantıların düzenleyeni değil çok iyi bir izleyeni olmalı, çıkartılan derslerden yararlanabilecek sistemi kurmalı, kurumun geleceği ile ilgili alınacak stratejik kararlara bilgi kaynağı oluşturmalı, baraj ve ilgili yapıların toplam riskini toplumun diğer kesimleri ile paylaşabilmenin yollarını aramalıdır. Ülkemizde bu yıl düzenlenecek 4. Baraj Güvenliği Sempozyumu dâhil konuyla ilgili yapılan tüm toplantılar, esas itibariyle bu faydanın sağlanması amacıyla planlanmıştır.

Bu sempozyum, Fırat Üniversitesinin ev sahipliğinde ve organizasyonunda yapılmaktadır. Düzenleme komitesi, bu Sempozyumdan en büyük faydayı sağlamak doğrultusunda hiçbir fedakârlıktan kaçınmamıştır. Bir yılı aşkın bir süreden beri yapılan hazırlıklar, nihayetinde toplantı öncesi son güne kadar sürmüştür. Bu Sempozyuma katkı koyan herkese, özellikle büyük fedakârlıklarından ve katkılarından dolayı Düzenleme Komitesi Başkanı sayın Prof. Dr. M.Emin Emiroğlu hocamıza teşekkürlerimi ve şükranlarımı ifade etmek isterim.

Hep söylemeye devam ediyoruz: Bu ülke su ve toprak kaynakları yönünden küçümsenemeyecek bir varlığa sahiptir, bu varlıklar yeterince etkili kullanılmalıdır ve bu amaçla ortak akla dayalı kararların alınmasına ihtiyaç vardır.. Son zamanlarda oluşan baraj ve yardımcı yapı kazalarının, bu konuda oluşabilecek işbirliğinin sağlanmasında vesile olması gerektiğini düşünüyorum. Kamu güvenliği, bu ülkenin tüm aydınlarının ortak meselesidir. Bu konuda oluşacak ortak sorumluluğu, herkesin taşıması gereklidir.

Bundan tam 10 yıl önce kurulan Baraj Güvenliği Derneği'nin bu konudaki hassasiyeti ortadadır. Çok daha üzücü sonuçlar yaratan vakalarla karşılaşmamak için konuyla ilgili duyarlılığımızı, ilgili kamu kurum ve kuruluş yetkilerinin de taşımasını arzu ediyoruz.

Sempozyumun başarılı geçmesini diler, tüm katılımcılara sevgi ve saygılarımı sunarım.

Prof. Dr. Hasan TOSUN
BGD Başkanı

EDİTÖR ÖNSÖZÜ

Değerli Katılımcılar,

Fırat Üniversitesi, Baraj Güvenliği Derneği ve TÜBİTAK'ın ortak katkılarıyla 09–11 Ekim 2014 tarihleri arasında Fırat Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi ve Mühendislik Fakültesi Kongre Merkezinde Uluslararası Katılımlı 4. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu düzenlenecektir.

Bu sempozyumun amacı, baraj ve ilave yapılarının (dokusavak, dipsavak, derivasyon, kapaklar, enerji kırıcı yapı, su alma yapıları vb.) tasarım, inşaat ve işletme aşamalarındaki sorunlarının sunulması, tartışılması ve elde edilen deneyimlerin daha geniş bir kitleye aktarılmasıdır. Baraj çalışanlarının baraj güvenliği konusundaki duyarlılığının ve birikimlerinin arttırılması, sempozyumun önemli amaçlarından biridir. Sempozyumda yaklaşık 80 adet bildirinin sunulması beklenmektedir. Barajların deformasyon analizleri, sismik analizleri, baraj gövde tasarım analizleri, baraj yıkılması durumunda taşkın analizleri, baraj güvenliği ölçmeleri, yeni hidrolik tasarımlar, iklim değişikliği gibi farklı konularda bildiriler sunulacak ve tartışmalar yapılacaktır. Yurtiçi ve yurtdışından davet edilen konuşmacılar ve diğer katılımcılar, farklı konularda bildirimlerini sunacak ve özgün konularda bilgi aktarımını sağlayacaklardır.

Aynı zamanda program, “*Baraj Tasarımındaki Gelişmeler ve Türkiye’deki Barajlar*” başlıklı bir paneli de ihtiva etmektedir. Bu panelde baraj mühendisliğindeki gelişmeler ve Türkiye’ye yansımaları konusu tartışılacaktır.

“*Baraj güvenliği*” kavramı baraj gövdesi ile ilave yapılarının barajın hizmet verdiği süre içerisinde herhangi bir problem oluşturmaması yanında, milyonlarca suyu ihtiva eden rezervuar suyunun herhangi bir olumsuzluk durumunda baraj mansabında oluşturacağı mal ve can kayıplarını da kapsamaktadır.

Bir konunun hasar görmesi veya yıkılması durumunda onlarca kişi risk altında olmasına karşın, bir barajın benzer bir olumsuzlukla karşı karşıya kalması durumunda yüzbinlerce kişi risk altında olmaktadır. Benzer şekilde baraj yıkılması durumunda mal kaybı oranı da kat kat fazla olmaktadır. Bu açıdan bu sempozyumun ülkemizdeki ilgili mühendislere ve bilime katkısı önem taşımaktadır. Konuyla ilgili uzman akademisyenler ile uygulama ve tasarımcı mühendislerin bir araya gelmeleri, panel ve oturumlarda son teknolojik gelişmelerin tartışılması ülkemiz için oldukça önemlidir.

Bu Sempozyuma katkı sağlayan herkese, *Baraj Güvenliği Derneği Başkanı* Sayın Prof. Dr. Hasan TOSUN hocama ve ekibine, özellikle büyük katkılarından dolayı Kongre hazırlıklarının bütün yükünü benimle birlikte çeken sevgili öğrencim Arş. Gör. Mustafa TUNÇ’a çok teşekkür ederim. Bu hizmetin bu cennet vatana karşı bir borcumuz olduğu bilincinde olarak emek verdiğimizizi ifade etmek isterim. Sempozyumun başarılı geçmesini diler, tüm katılımcılara sevgi ve saygılarımı sunarım.

Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU
Sempozyum Başkanı

İÇİNDEKİLER /CONTENTS

ÖNSÖZ/ FOREWORD BİLDİRİLER/ PROCEEDINGS

| | Sayfa/Page |
|--|------------|
| <u>“Ermenek Dam – Monitoring During Impounding”</u> Johannes LINORTNER, Selami GÜVEN | 1 |
| <u>“Beyhan I Dam and HEPP Project”</u> Ali Enver ABİRAL, Fatih BABUÇCU | 23 |
| <u>“Internal Erosion Resulted from Dispersive Soils in Earthfill Dams and A Case Study”</u> Hasan TOSUN, Muharrem KILBIYIK | 39 |
| <u>“Watertight Geomembranes in New Fill Dams”</u> Alberto SCUERO, Gabriella VASCETTI, Marco BACCHELLI | 51 |
| <u>“Emergency Action Plan for Dams Safety Application for Seyhan Dam in Adana”</u> Şükrü Ayhan GAZİOĞLU, Mohsen Mahmoody VANOLYA, Emmanuel RUKUNDO | 63 |
| <u>“The Problems and Remedies of Mosul Dam in Iraq”</u> Mazen KAVVAS, Alaa AL-NUAIMI | 73 |
| <u>“Role of Flood Warning System on Reduction Loss of Life in Dam Break Scenarios”</u> Ahmet DOĞAN, Mohsen Mahmoody VANOLYA, Emmanuel RUKUNDO | 85 |
| <u>“Toprak Dolgu Barajlarda Depreme Bağlı Deformasyon Davranışı”</u> Bilge SİYAHİ, Haydar ARSLAN | 95 |
| <u>“Hasarlı Kemer Barajların Dinamik Karakteristiklerinin Zamana Bağlı Değişimlerinin Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi”</u> Alemdar BAYRAKTAR, Ahmet Can ALTUNIŞIK, Barış SEVİM, Süleyman ADANUR, Murat GÜNAYDIN | 105 |
| <u>“Baraj Performans İzleme Sistemlerinde İhtiyaç Belirlemesinden Veri Çözümlemesine Uzman Sürecin Değerlendirilmesi”</u> Ali Anıl YUNATCI, Kemal Önder ÇETİN, Habib Tolga BİLGE, Gürel ÖZDEMİR | 117 |
| <u>“Dolgu Barajlarda Filtre Tane Dağılımı Belirsizliğinin Sızmaya Olan Etkisi Üzerine Bir Çalışma”</u> Melih ÇALAMAK, A. Melih YANMAZ | 127 |
| <u>“İşletmedeki Eski Barajlar”</u> Nesrin BAYKAN, Ülker GÜNER BACANLI, Onur ABAY, N. Orhan BAYKAN | 139 |
| <u>“Barajlarda Ani Su İnmesi Durumundaki Davranışın Sayısal Analizi”</u> Mehmet BERİLGİN, Kutay ÖZAYDIN, Tuncer B. EDİL | 151 |
| <u>“Baraj Yıkılması Sonrasında Taşkın Yayılımının Hesabı için Verilerin CBS Ortamında Hazırlanması: Porsuk ve Alibey Barajları Örnekleri”</u> Şebnem ELÇİ, Gökmen TAYFUR, İsmail HALTAŞ | 159 |

| | |
|--|-----|
| <u>“Alibey Baraj Yıkılması Taşkın Dalgasının Simülasyonu”</u> | 171 |
| Gökmen TAYFUR, İsmail HALTAŞ, Bülent KOCAMAN, Şebnem ELÇİ | |
| <u>“Porsuk Barajı Yıkılması Taşkın Dalgasının İki Boyutlu Modellenmesi ve Haritalandırılması”</u> | 183 |
| İsmail HALTAŞ, Bülent KOCAMAN, Gökmen TAYFUR, Şebnem ELÇİ | |
| <u>“Kayrakkum Barajı Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi”</u> | 189 |
| Ersan YILDIZ, Ahmet Fikret GÜRDİL | |
| <u>“Barajlarımız ve Deformasyon İzleme Çalışmaları: Atatürk Barajı Örneği”</u> | 199 |
| Yunus KALKAN | |
| <u>“Dolgu Barajların Sismik Performanslarının Sayısal Yöntemlerle Belirlenmesi-Bir Vaka Örneği”</u> | 209 |
| Habib Tolga BİLGE, Kemal Önder ÇETİN | |
| <u>“Silindirle Sıkıştırılmış Beton Barajların Üç Boyutlu Deprem Analizi”</u> | 219 |
| Murat Emre KARTAL, Alemdar BAYRAKTAR, Muhammet KARABULUT | |
| <u>“Barajlar, Ekonomi ve Güvenlik”</u> | 231 |
| Selami OĞUZ | |
| <u>“Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı”</u> | 239 |
| Fuat AĞALDAY, Kamil EREN, Oğuz GÜNDOĞDU, Özden IŞIK, Uğur KAYNAK, Turgut UZEL, Ahmet Y. ÜRÜŞAN, Berk ÜSTÜNDAĞ | |
| <u>“Akbaş Barajı Eşdeğer Lineer Dinamik Analizi ve Kalıcı Deformasyon Tahminleri”</u> | 247 |
| Seçkin AYDIN, Mehmet Cihan AYDIN | |
| <u>“Kaya Dolgu Barajlarda Deprem Yükleri Altında Oluşan Oturmaların Mertebesi”</u> | 261 |
| Davut YILMAZ, Ergin ERAYMAN, Mustafa YILDIZ | |
| <u>“Balsam Meadow Barajı'nın Statik Yükler Altında Davranışının Duncan-Chang Hiperbolik Modeliyle Sonlu Elemanlar Analizi”</u> | 277 |
| Ergin ERAYMAN, Uğur Şafak ÇAVUŞ, Mustafa YILDIZ, Tuncer B. EDİL | |
| <u>“Rezervuarın Berke Barajı'nın Deprem Davranışına Etkisi”</u> | 289 |
| Barış SEVİM, Alemdar BAYRAKTAR, Ahmet Can ALTUNIŞIK | |
| <u>“Baraj Yeri Sismik Tehlike Analizlerine Genel Bir Bakış”</u> | 303 |
| Everen SEYREK, Hasan SAVAŞ, Murat TÜRKÖZ, Hasan TOSUN | |
| <u>“Silindirle Sıkıştırılmış Kum-Çakıl Beton (SSKÇB) Barajlar”</u> | 313 |
| Ayhan GÜRBÜZ | |
| <u>“İhsu Barajı Beton Yapılar Altındaki C ve D Tipi Jeolojik Tabakaların İncelenmesi”</u> | 321 |
| Bünyamin ÜNAL, Sedat OĞUZ, Arif Emre USUL | |
| <u>“Dolgu Barajların Şev Tasarımında Temel Esaslar ve Türkiye Pratiği”</u> | 335 |
| Hasan TOSUN, Abdullah KARADAĞ, Sadettin TOPÇU | |
| <u>“Dolgu Barajlarda Şev Stabilite Analizi ve Bir Uygulama”</u> | 345 |
| Hasan SAVAŞ, Murat TÜRKÖZ, Evren SEYREK, Ahmet ORHAN | |

| | |
|---|-----|
| <u>“Analitik Modellerin Beton Ağırlık Baraj Sismik Davranışını Taklit Etmekteki Verimliliğinin İrdelenmesi”</u> | 355 |
| Barış BİNİCİ, Alper ALDEMİR | |
| <u>“Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Baraj Gövdeleri İçerisinden Geçen Kondüvilerde Çatlak Analizi”</u> | 367 |
| Mehmet Murat TAŞDEMİR, Yüksel YILMAZ | |
| <u>“Baraj Güvenliği Ölçmeleri, Atatürk Barajı Çalışması”</u> | 377 |
| Fatih MANAV | |
| <u>“Barajların Sürdürülebilirliği ve Verimi”</u> | 389 |
| Murat AKDOĞAN, Turgut UZEL, Ahmet Y. ÜRÜŞAN | |
| <u>“Baraj Tasarım ve Risk Analizine Yönelik Hassas Üç Boyutlu Topografik Modelleme için Lidar Teknolojisi”</u> | 399 |
| Metin SOYCAN, Barış SÜLEYMANOĞLU | |
| <u>“Rezervuarlar ve Heyelanlar”</u> | 411 |
| Mustafa Yılmaz KILINÇ, Erkan ALKAN | |
| <u>“Yukarı Havza Sel ve Erozyon Kontrol Çalışmalarının Baraj Güvenliği ve Taşkın Açısından Önemi: Seyhan Barajı-Çakıt Havzası Örneği”</u> | 417 |
| Hanifi AVCI, M. Mustafa GÖZÜKARA, Mustafa COŞKUN, Ali KEŞ | |
| <u>“İklim Değişikliği ve Yeni Tasarım Esasları”</u> | 431 |
| Neslihan BEDEN, Aslı ÜLKE, Ayşenur USLU | |
| <u>“İklim Değişikliği Senaryoları Altında Akım Tahmini: Bir Ölçek İndirgeme Modeli ve Kemer Barajı Örneği”</u> | 441 |
| Umut OKKAN, Zafer Ali SERBEŞ, Yıldırım DALKILIÇ | |
| <u>“Küresel Isınmanın Kilis-Musabeyli Barajı ile Balıkesir-Bigadiç İlyaslar Barajı'na Etkisinin Araştırılması”</u> | 449 |
| Esra KAYA, Nihat KAYA | |
| <u>“Baraj Yapılabilirlik Çalışmalarında İnsani Değer Ölçütü”</u> | 457 |
| Necat ÖZGÜR | |
| <u>“Baraj Elemanlarının Tasarım ve Yapım Aşamasında Baraj Güvenliği Kıstasıyla İrdelenmesi: Ilısu Barajı Örneği”</u> | 469 |
| Kasım YENİGÜN, Ferhat YÜZGÜL | |
| <u>“Toprak Dolgu Barajlar için Risk Değerlendirmesi”</u> | 489 |
| Aytaç GÜVEN, Alper AYDEMİR | |
| <u>“Barajın Ani Yıkılması Durumunda Oluşan Taşkın Dalgalarının Çarpıtılmış Fiziksel Model ile Deneysel Olarak Araştırılması”</u> | 497 |
| Mehmet Şükrü GÜNEY, Gökmen TAYFUR, Eser YAŞIN, Gülpembe NEYİŞ, Tanıl ARKIŞ, Gökçen BOMBAR | |
| <u>“Çağdaş ve Gelecekteki Barajlar”</u> | 509 |
| Ülker GÜNER BACANLI, Mutlu YAŞAR, Murat ERDEM, N. Orhan BAYKAN | |

| | |
|---|-----|
| <u>“Toprak Dolgu Barajlarda Hidrolik Çatlama”</u> Hasan TOSUN, Sadettin TOPÇU | 519 |
| <u>“Artvin İli, Çoruh Vadisinde Bir Kemer Baraj Tasarımı”</u> Mehmet AKKÖSE, Ali YETİŞKEN, Demet ŞAHİN, Sakine BOSTAN | 531 |
| <u>“Ön Yüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajların Güvenilirliğine Doğrusal Olmayan Davranışın Etkisi”</u> Murat Emre KARTAL, Alemdar BAYRAKTAR | 545 |
| <u>“Değişerek Yayılan Yer Hareketine Maruz Beton Barajların Stokastik Dinamik Davranışına Zemin Etkisi”</u> Yasemin BİLİCİ BAYRAM, Alemdar BAYRAKTAR | 557 |
| <u>“Mikro Hidroelektrik Santraller”</u> Ahmet Alp Giray GENÇKURT, Aslı ÜLKE | 571 |
| <u>“Gerçek Zamanlı Baraj İşletmesinde Akademi – Uygulayıcı İşbirliği: Yuvacık Barajı Örneği”</u> Aynur ŞENSOY, Ali Arda ŞORMAN, Gökçen UYSAL, Tolga GEZGİN, Türker AKGÜN | 583 |
| <u>“Türkiye’de Nehir Tipi HES’ler ve Çevresel İlişkisi”</u> Mehmet Sinan YILDIRIM, Alper BABA | 593 |
| <u>“Hidroelektrik Santrallerde Proje Yönetimi”</u> Cumhur AYCANER, Bekir SOLMAZ | 601 |
| <u>“Barajların Ölçüm, Gözlem ve İzlenmesinde Kullanılan Aygıtların Tarihsel Gelişimi”</u> Mutlu YAŞAR, Nesrin BAYKAN, Murat ERDEM, N. Orhan BAYKAN | 613 |
| <u>“Barajların Gözlenmesi, Bakım ve Onarımlarına İlişkin Kurumsal Önlemler”</u> Murat ERDEM, Onur ABAY, Ülker GÜNER BACANLI, N. Orhan BAYKAN | 623 |
| <u>“Dim Barajı’nda Hidrodinamik Etkiler Sonucu Ortaya Çıkan Dipsavak Hasarlarının Araştırılması”</u> Şevket ÇOKGÖR, Özgür DURMUŞ, Murat AKSEL | 631 |
| <u>“Basamaklı Dolusavakların Tasarımı”</u> Muhammet Emin EMİROĞLU | 641 |
| <u>“Büyük Karaçay Barajı Dolusavağının CFD Analizi ile Değerlendirilmesi”</u> Mehmet Cihan AYDIN, Seçkin AYDIN | 651 |
| <u>“Eşikli Basamaklı Dolusavakların Akım Özelliklerinin Sayısal Analizi”</u> Ö. Faruk DURSUN, Mualla ÖZTÜRK | 665 |
| <u>“Dolgu Baraj Gövdelerindeki Sızma Debisinin Deneysel ve Analitik Yöntemlerle Belirlenmesi”</u> Hızır POLATLI, Elif ALTOK, Gökçen BOMBAR, Ebru ERİŞ, Necati AĞIRALIOĞLU | 677 |
| <u>“Konsolidasyonsuz Drenajsız (UU) ve Konsolidasyonlu Drenajsız (CU) Üç Eksenli Basınç Deneylerinden Elde Edilen Kohezyon ve İçsel Sürtünme Açılırları Arasında Deneysel ve Teorik Yaklaşımlar”</u> Mehmet ERDAL | 685 |

| | |
|--|-----|
| <u>“Baraj Gövdesi Dolgu Malzemesi Deneyleri, Kullanım Limitleri ve Risk Değerlendirmesi”</u> | 699 |
| Emre AKÇALI, Ayşe Bengü SÜNBÜL, Hasan ARMAN | |
| <u>“Hazneli Pompalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi ve Analizi”</u> | 713 |
| Mehmet BOZDEMİR, Mehmet KURBAN, Yıldırım BAYAZIT, Recep BAKIŞ, Cengiz KOÇ | |
| <u>“Aydın İkizdere Barajı Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Sızma Analizi”</u> | 721 |
| Bülent ÇELİK, Erhan TEKİN | |
| <u>“Porsuk Çayı’nın Eskişehir İli Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması”</u> | 731 |
| Yıldırım BAYAZIT, Recep BAKIŞ, Cengiz KOÇ, Turgut KAYA | |
| <u>“Çubuk Barajı İnşaat Özellikleri ve Taşıdığı Muhtemel Riskler”</u> | 739 |
| Ömer KÖSE, Gürol YILDIRIM, Cüneyd AKGÜMÜŞ | |
| <u>“Baraj Aks ve Rezervuar Gölü Güvenilirliği için Jeofizik Yöntemler”</u> | 745 |
| Uğur KAYNAK | |
| <u>“Hareketli Tabanlı Akarsulara Yerleştirilen Labirent Yan Savakların Taban Topografyasına Etkisi”</u> | 759 |
| Mustafa TUNÇ, Muhammet Emin EMİROĞLU | |
| <u>“Uzman Sistemler Yardımı ile Dolusavak ve Enerji Kırıcı Yapısı Tip Seçimi”</u> | 771 |
| Enes GÜL, Muhammet Emin EMİROĞLU | |
| <u>“Beton Ağırlık Barajların Lineer Olmayan Sismik Analizlerinde Sıvı Sıkışabilirliğinin Etkisi: Euler ve Lagrange Yaklaşımları”</u> | 783 |
| Muhammet KARATON, Yusuf CALAYIR | |
| <u>“Gördes Barajı’nda Su Kaçaklarının Oluşum Yerlerinin ‘Sualtı Akıntı Ölçüm Cihazları’ ile Tespiti”</u> | 795 |
| Cahit YERDELEN, Kurtuluş MENGÜLOĞLU | |
| <u>“Dolgu Barajlar İçin Sismik Tasarım Ve Performans Kriterleri”</u> | 811 |
| Kemal Önder ÇETİN | |

BARAJ ELEMANLARININ TASARIM VE YAPIM AŞAMASINDA BARAJ GÜVENLİĞİ KİSTASIYLA İRDELENMESİ; ILISU BARAJI ÖRNEĞİ

Kasım YENİGÜN¹, Ferhat YÜZGÜL²

ÖZ

Barajlarda görülen hasar ve yetersizlikler analiz edildiğinde, baraj tiplerine göre değişik yıkılma ve hasar sebepleri görüldüğü ve dolayısıyla baraj tiplerine göre alınması gereken önlem ve planlama kriterlerinin büyük önem arz ettiği bir gerçektir. Gerek yeni tasarımlarda, gerekse inşa ve işletme aşamasında bulunan barajların genel bir güvenlik değerlendirmesine tabi tutulmaları, (mevcut barajların risk unsuru olarak ele alınan parametreleri öncelikli olmak kaydıyla) dinamik olarak izlenmeleri, (gerekirse) her aşamada revizyon ve önlemlerin devreye alınması gerekliliği aynı derecede önemlidir.

Bu çalışmada; barajlarla ilgili genel risk ve güvenlik değerlendirmelerine yer verilerek, Türkiye de üzerinde çok durulan ve ilk olarak kil çekirdekli kaya dolgu olarak tasarlanıp ardından ön yüzü beton kaplı kaya dolgu (ÖYBK) baraj tipine dönüştürülen ILISU barajı örneğinde, barajlarda karşılaşılabilecek muhtemel problemler/riskler ele alınmış ve güvenlik kıstasıyla değerlendirilmiştir. Dünyada yaşanan çeşitli baraj hasar ve yetersizliği örneklerinden çıkarılan dersler çerçevesinde, boyut ve beklentiler itibarıyla ülkemizin önemli barajları arasında sayılan Ilısu Barajının, aks seçiminden gövde tipine, baraj elemanlarının boyut ve işlevleri ile inşa aşamasındaki problemleri de içeren ve revizyon ve/veya müdahale gerektiren/yapılan bazı uygulamaları örnek olarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj güvenliği, baraj tasarımı, ÖYBK kaya dolgu barajlar, Ilısu Barajı.

ABSTRACT

If you analyze the damages and deficiencies of dams; it can be seen different collapses and damages according to the dam type. Therefore it is fact that, the measures and the planning of dams will to be taken great significance according to the type of dams. It is clear that, general safety assessments must be done in new design and both the construction and operation phases of dams.

In this study; the risks and safety of dams are evaluated. Then the Ilısu dam, which firstly designed clay core rock fill and then converted to the concrete face rock fill type (CFRD), discussed and evaluated in safety criteria with potential risks.

With the context of the lessons that learned various dams damage and failure examples of the world; expectation of the parameters such as selection the axle, the body type, applications and size of elements and functions have evaluated with construction problems (including revision and / or some interventions) for Ilısu Dam sample under dam safety criteria.

Keywords: Dam safety, dam design, concrete-face rock-fill (CFRD) dams, Ilısu Dam.

¹ Doç. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
e-posta: kyenigun@harran.edu.tr

² İnş. Müh, DSİ 16. Bölge Müdürlüğü, Ilısu Barajı, Barajlar ve HES Şubesi, Mardin Türkiye.
e-posta: ferhatyuzgul@dsi.gov.tr

GİRİŞ

Sulamadan içmeye, enerji üretiminden taşkın korumaya kadar amaç genişliğine sahip barajlar, günümüz dünyasının vazgeçilmez mühendislik yapılarıdır. Artan nüfusla birlikte, ülkelerin tarımsal hayatı için de depoladıkları su hacmi bakımından büyük önem taşıyan, farklı malzemelerden ve değişik tiplerde inşa edilen bu büyük boyutlu mühendislik yapılarının güvenliği de her aşamada büyük önem taşımaktadır.

Barajlardaki hasar ve yıkılmalar, insanlığı bu konuda tedbirler almaya risk faktörlerini daha detaylı araştırmaya itmiştir. Yapılan araştırmalarda baraj hasar ve yıkılmalarının büyük oranda temel problemlerinden ve yetersiz dolusavaklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Uzel,1991).

Bir baraja ait planlama, projelendirme, inşaat, işletme ve bakım aşamalarıyla ilgili bilgiler ile barajın işletmesini kesintiye uğratan hasarlar ve uygulanan onarım çalışmalarına ait tüm bilgilerin, baraj emniyetine yönelik olarak dikkatli bir şekilde gözlenmesi, kayıt altına alınması, yorumlanması ve alınacak tedbirlerin belirlenmesi şarttır. Kayıt altına alınacak bu bilgiler, söz konusu barajın ileriye dönük problemlerin önlenmesi ya da tanımlanıp rehabilite edilmesi açısından hayati önem taşımaktadır. Barajda karşılaşılan problemler üzerinde yapılan bu çalışmalar, sonraki dönemlerde baraj davranışı konularında dünyadaki bilgi birikimine yeni halkalar eklerken bir yandan da projelendirme, inşaat, işletme ve bakım alanlarındaki gelişmelere de teşvik edecektir (DSİ, 2012).

Sözgelimi ABD’de yapılan bir güvenlik araştırmasında; 1975 – 2001 yılları arasında görülen baraj hasarlarının nedenleri incelenmiş %70 oranında taşkınlardan dolayı suyun gövdeyi aşması nedeniyle olduğu, %15 oranında ise hasarların sızıntı ve borulanma sebebiyle yaşandığı görülmüştür (ASDSO, 2012; Yenigün 2001).

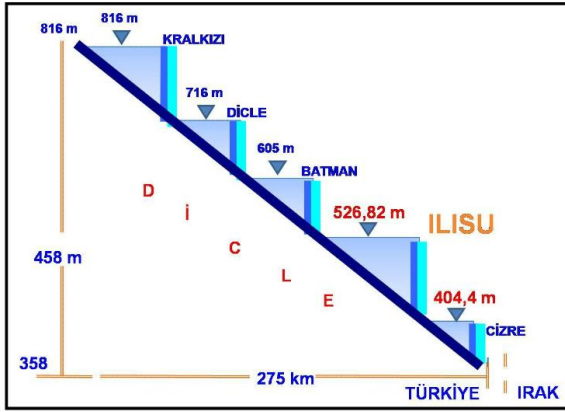
Barajlar için tehlike sınıflandırması bir çok araştırmacı tarafından değişik şekillerde yapılmış olsa da, en genel olarak; *“taşkın, sıcaklık, kuraklık, buzlanma, meteorolojik ve hidrolojik ekstrem olaylar, depremler, mamba tarafındaki dengesiz şevler ve membadaki barajların etkileri gibi faktörler”* dış tehlikeler olarak ve *“baraj tasarımı, yapımı, hazne işletmesi, inşaat ve işletme esnasında karşılaşılabilecek muhtemel tehlikeler gibi doğal olmayıp yapımla alakalı etkiler”* de iç tehlikeler olarak değerlendirilebilir.

Su yapılarının güvenilirliği, emniyeti ve işlevlerini istenilen şekilde yapabilmesi, dış yüklerle ve yapının dayanım kapasitesine doğrudan bağlıdır. Dış yükler hidrolojik, jeofiziksel ve insan kaynaklı olabilir. Belirli bir yapıya etki eden dış yükler ve yapının bu yüklerle karşı dayanımı zaman içinde değişmekte, yüklerle ve dayanıma etki eden faktörlerden pek çoğunun zaman içindeki davranışı belirli bir biçimden ziyade, rastgelelik özelliğini gösterdiğinden, değişim de rastgele olmaktadır. Örneğin bir beton ağırlık barajın güvenilirliği; yapının mukavemeti, temel ve yamaçların stabilitesi, dolusavak ve dipsavak gibi kontrol organlarının görevlerini istenilen düzeyde yapmasına bağlıdır (Türkman, 1990). Baraj hasar ve yıkılmaları sonucunda karşılaşılan bu problemlerin bundan sonra yapılacak barajlarda önlem alınması noktasında çok önemli çıktılar sağlamış ve baraj çalışmaları sırasında dikkat edilmesi gereken ana güvenlik unsurları bu problemlerin değerlendirilmesiyle yeni tasarım ve metodlar hususunda insanlığa yol gösterici olmuştur. Elbette bu konudaki kararların verilmesinde etkin parametreler; *“kabul edilebilir risk”* faktörünün yanı sıra *“malîyet”, “zaman” “teknik yeterlilikler”* ve *“verilerin eldesi”* ile bunların geleceğe dönük projeksiyonundaki yeteneklerdir.

Baraj, düşünmeden yapım haline gelinceye kadar birçok araştırma, emek ve para gerektirir. Araştırmalar, proje oluşturulmasının hem pahalı hem de zaman alıcı kısmıdır. Ayrıca yapılması düşünülen projeler ekonomik veya teknik yönden mümkün olmayabilir. Bu bakımdan en kısa zamanda fazla para harcamadan projelerin güvenilirliğinin ortaya konması gerekir. İstikşaf ve fizibilite çalışmaları bu güvenilirliğin ve projenin ortaya çıkması için en önemli iki aşamadır. İstikşaf çalışmaları bir ön etüt niteliğindedir. Su ihtiyacının, kaynaklarının, temin planının belirlenmesi ve topografya ile ilgili jeoloji başta olmak üzere diğer faktörlerde göz önünde bulundurularak baraj aksının, tipinin ve kabaca boyutlarının belirlenerek ekonomiklik ve güvenilirlik karşılaştırmasının yapılması istikşaf çalışmaları kapsamındadır. Sonuç olarak baraj yapılması kanısına varılırsa artık

Tablo 1. Ilisu Barajı Teknik Bilgiler (DSİ, 2013)

| Ilisu Barajı | |
|-----------------------|--------------------------|
| Amaç | Elektrik |
| Gövde dolgu tipi | Kaya |
| Yükseklik | 135.00 |
| Göl hacmi | 11.000 hm ³ |
| Göl alanı | 526,82 km ² |
| Yağış Alanı | 35 517 km ² |
| Yıllık Ortalama Akım | 15 500 hm ³ |
| Muht. Maks. Fey. Piki | 20 357 m ³ /s |
| Derivasyon Fey. Piki | 6 914 m ³ /s |



Şekil 2. Ilisu Barajı'nın göl alanı ve Dicle nehri üzerindeki diğer barajlara göre konumu

Yöntem

Bu çalışmada, ilk önce kil çekirdekli kaya dolgu olarak planlanıp daha sonra Ön Yüzü Beton Kaplı (ÖYBK) Kaya Dolgu Baraja dönüştürülen Ilisu Barajı örneği üzerinden, barajlarda tasarım ve uygulama parametreleri özetle irdelenmiştir. Özellikle; temel ve sızma parametreleri, borulanma etkisi, derivasyon tünelleri, dipsavak ve dolusavak elemanlarının tasarım kriterleri ile baraj yeri ve gövde tipi seçiminde etken olan faktörler ele alınarak, risk ve güvenlik yönünden incelenmeye çalışılmıştır. Ilisu Barajı Tasarım Raporu esas alınmış ve saha gözlemleri ile değerlendirilmiştir.

Ilisu Baraj Yerinin Belirlenmesi, Jeolojik Yapının Temel Açısından Değerlendirilmesi

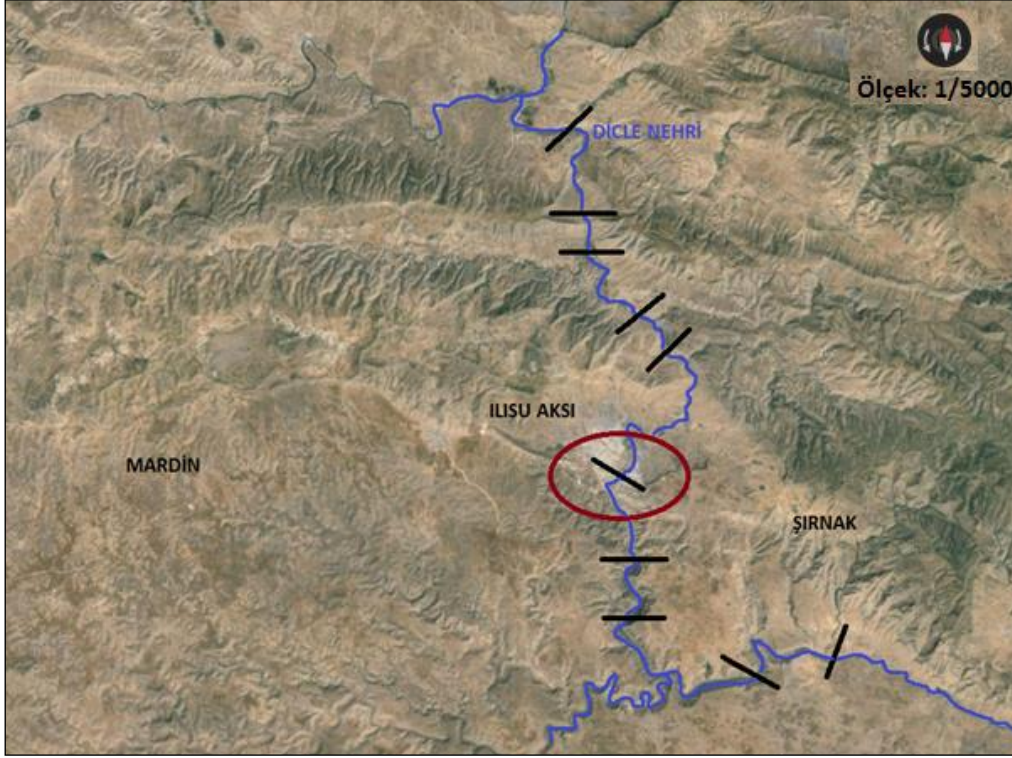
Baraj hasarlarıyla ilgili araştırmalarda, barajların hasar görüp yıkılmasına neden olan ana problemin temel yetersizlikleri olduğu tespit edilmiştir (Kite, 1976). Temel çöküşleri, temelin doğal kondisyonuyla veya onun yapımı sırasındaki tehlikeyle ilgilidir. Diferansiyel oturma, kayma, yüksek piyezometrik basınçlar ve kontrol edilemeyen sızıntı, temel sıkıntısının olağan olaylarıdır. Barajlardaki çatlaklar, bağıl olarak küçük olsalar bile temelde bir problem olduğunu gösterebilir.

Temel yetersizlikleri, temel malzemesinin suya doyması ve nihai yıkama veya kayma yüzünden oluşabilir. Temel erozyonu yavaş yavaş gelişebilir ama büyük kaymalar aniden ortaya çıkar (Yenigün, 1998).

Ilisu Barajının yer seçiminde yapılan araştırmalar da temelde herhangi bir sızıntı, kaçak ve sorun oluşturacak bir problem yaşanmaması için Dicle nehri güzergahı dolaylarında baraj yapımı için uygun bölgeler tespit edilmiş ve Şekil 3'te verilmiş olan 10 adet baraj aksı üzerinde durularak çalışmalar bu 10 adet aks üzerinde yoğunlaşmıştır. Ilisu baraj yeri seçilinceye kadar, diğer 9 çalışma aksında karşılaşılan (su sızdırmazlık ve jips-anhidrit ihtiva eden temel şartları gibi) problemler sebebiyle baraj yapımı için uygun olmayacağı düşünülmüş ve elimine edilmiştir.

Son eksen olan Ilisu, topoğrafik yönden geniş ise de jeolojik yönden en üstün olanı olarak değerlendirilmiştir. Barajın temeli olarak seçilen bölge, bir antiklinalin üzerine oturduğundan,

geçirimsiz killi kalker-marn zeminin *rezervuar su kaçağını tamamen keseceği* düşünülmüştür. Ayrıca evaporitli Gercüş serileri tamamen aşınmış ve kaybolmuş olduğundan *borulanma veya temelde anhidritin jipse dönüşmesi sonucu aşırı basınçların meydana gelmeyeceği* beklenmektedir (İlisu Tasarım Raporu, 1977).



Şekil 3. İlisu Barajı yer seçiminde çalışılan alternatif akslar ve nihai yer

Gövde Tipinin Seçimi ve Güvenilirlik Değerlendirmesi:

Gövde dolgusu için 7 alternatif incelenmiştir. Bu alternatiflerin üçü toprak dolgu, biri kaya dolgu, biri beton ağırlık, biri beton-toprak karışımı ve biri de beton-kaya dolgu karışımıdır. Her alternatif 525, 530, 535 m. olmak üzere üç ayrı kret kotu için incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda alternatifler arasında en uygunu *güvenlik, yapılabirlik ve maliyet açısından kil çekirdekli kaya dolgu* olarak tespit edilmiş ve çalışmalar bu tip üzerinde yoğunlaşmıştır. Daha sonradan yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda en ekonomik baraj yüksekliği 530 m. ve kurulu gücü 1200 MW olarak saptanmıştır (İlisu Tasarım Raporu, 1977).

Fakat daha sonra yapılan çalışmalarda, tip bakımından barajın ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu olmasına karar verilmiştir. Baraj tipinin belirlenmesi sırasında, yapılan ilk araştırmalarda yeterli kalitede kil bulunamamış ve bulunan kilin de işlem görerek kullanılabilirliği gibi nedenlerle kil çekirdekli kaya tipinden vazgeçilmiş ve son dönemde yapımı hızla artan ön yüzü beton kaplı kaya dolgu tipi üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar sırasında *ÖYBK barajların diğer tip barajlara göre çok daha güvenilir oldukları ve maliyetin diğer baraj tiplerine göre daha düşük olması ve yapımın kolaylığı* gibi temel nedenler sonucunda baraj gövde tipi olarak ÖYBK seçilmiş ve çalışmalar bu yönde devam etmiştir (Yeniğün ve Yüzgöl, 2013).

Gövde tasarımında ise *gövdenin gelen yükler neticesinde kaymasını sınırlamak ve engellemek için, kaya dolgu yapılmasına ve merkezi çekirdek kısımlarına ise bölgenin genel kazılarında çıkarılan marnlı kireç taşı kullanımına* karar verilmiştir. Laboratuar deneylerinde; gövde tipinin sadece *kaya dolgu yapılarak ön yüzeyin beton kaplanması sonucunda* büyük risk oluşturacağı, kaya dolguların köşeli ve sert yapısı nedeniyle *fazla oturma yapacağı ve su yükü nedeniyle beton plağına zarar*

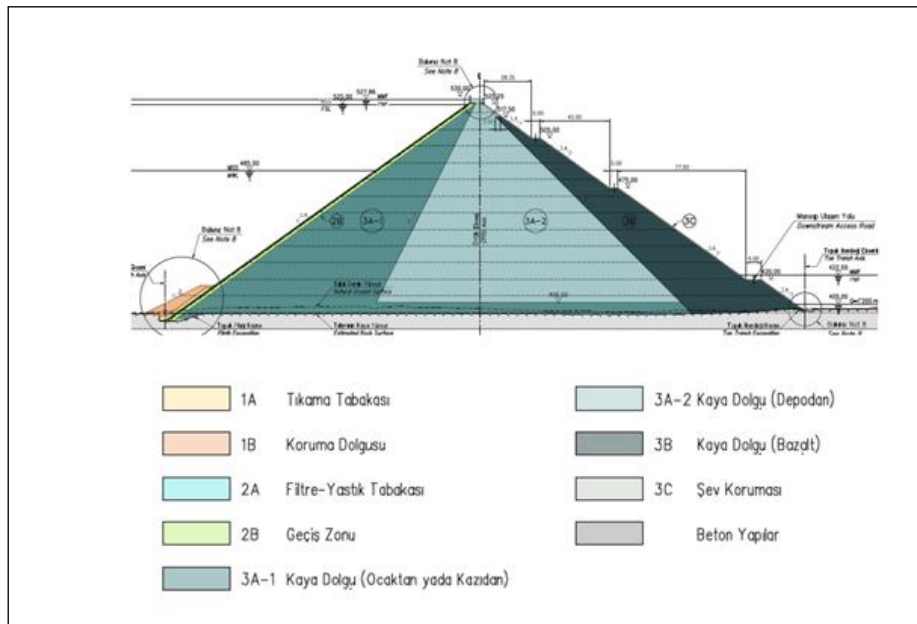
vereceği düşünülmüştür. Oturmaları nispeten azaltabilmek ve beton plağındaki kırılma ve çatlamları önleyebilmek için yumuşak geçiş malzemesinin kullanılması uygun görülmüş ve gövde tipi projelendirme çalışmalarına bu güvenlik kıyaslamaları yapılarak devam edilmiştir (Toplantı Notları, 2011).

Temelden itibaren 135 m yüksekliğe ve 2289 m kret uzunluğuna sahip olan Iısu Barajının Gövde Dolgu Kesitleri Şekil 4'te ve gövde çalışmaları Şekil 5'te verilmiştir.

Aylık gelen akımlar doğrultusunda baraj yüksekliğinin ve kurulu gücün çeşitli değerlerinde üretilecek enerjinin faydasını belirlemek amacıyla hazne işletme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda haznedeki max. su kotuna 530, 525, 520, 510 m. değerleri verilmiş, santralin kurulu gücü içinde 900, 1050, 1200, 1350, 1500 MW değerleri kabul edilerek çeşitli kombinasyonlarla 15 adet işletme çalışması yapılmıştır. Böylece her bir baraj yüksekliği ve kurulu güç değeri için 30 yıllık gözlem döneminde üretilebilecek güvenilir ve sekonder enerji değerleri belirlenmiş olmaktadır. Sonuç olarak belirlenen değerler 526.82 su kotunda 1200 MW kurulu güç ile üretilen yıllık güvenilir enerji optimum değerler olarak tespit edilmiştir.

Stabilite ve güvenlik açısından ÖYBK barajlarda dolgu zeminin erozyonu söz konusu değildir. Kil çekirdek olmadığından gerilme aktarımı ve borulanma da söz konusu değildir. Ayrıca topuk plağı altında yapılması gereken temel hazırlanması için çalışma alanı küçük olup kaya dolgu ve onun temelinden ayrı olarak inşa edilebilme imkânına sahip olması olarak ifade edilebilir. Son 20 yıllık ICOLD raporlarında "baraj yıkılması veya tahribatı" başlığı altında yayınlanmış bu tip baraja rastlanmamaktadır.

Toprak çekirdeği malzemesinin olmadığı yerlerde ÖYBK kaya dolgu barajların seçimi doğaldır. Bununla birlikte çoğu zaman ÖYBK kaya dolgu tipte seçilen ve proje çalışmaları sırasında bu tipin daha düşük maliyette yapılacağı anlaşılmış, hatta kil çekirdekli kaya dolgu için uygun malzemenin mevcut olması halinde bile bu durumun değişmediği sonucuna varılmıştır (Cooke, 1991). ÖYBK kaya dolgu barajlar bugüne kadar çok büyük yüksekliklerde başarı ile inşa edilmişlerdir. 300 m yüksekliğinde inşa edildiğinde bile performansının, sınır değerler içerisinde kalacağı belirtilmiştir (Cooke and Sherard, 1987).



Şekil 4. Iısu Barajının Gövde Dolgu Kesitleri



Şekil 5. Gövde dolgu çalışmaları

Sızma ve Borulanma Etkisinin Değerlendirilmesi

Suyun barajın veya temelini içinden akması, yapının kondüsyonunu gösteren önemli bir göstergedir ve ciddi bir tehlike kaynağı olabilir. Hiç kimse bir baraj gövdesinin temeli üzerindeki etkisinin kesin olarak ne olduğunu söyleyemez. Kontrolsüz sızıntı, artan sedde boşluk basıncıyla ve toprak kitlesinin zayıflamasıyla birleşebilir. Yüksek boşluk basıncı: seddenin haddinden fazla hızlı yer değiştirmesi, haddinden fazla nem, seddedeki geçirimli malzemelerin içindeki çatlaklar boyunca sızıntı nedenleriyle tehlike oluşturabilir (Yenigün, 1998).

Ilısu Baraj aksının temelini oluşturan killi kalker-marn üzerinde 10 atmosfere kadar yapılmış basınçlı su deneylerinde, 1m boyda 1 dakika süre içinde kaçan su miktarı, yapılan deneylerin ancak %2, 3'ünde 5 lt'yi geçmiştir ki, bu durum baraj yerinin çok geçirimsiz olduğunu kanıtlamaktadır. Özet olarak, mevcut yerin jeolojik yönden iyi bir eksen olduğu değerlendirilebilir. Özel işlem gerektirecek herhangi bir fay yoktur. Enjeksiyon perdesinin 25m derinliğe indirilmesi yeterli kabul edilmiştir (Ilısu Tasarım Raporu, 1977).

Deprem Etkisinin Değerlendirilmesi

Ilısu barajı gölalanı ve dolayındaki yamaçlarda yer yer kütle hareketleri görülmekte ise de, bunlar konumları ve büyüklükleri açısından tehlike doğuracak nitelikte bulunmamıştır. Baraj alanının deprem durumu için, baraj bölgesi ve dolayında kaydedilen depremlerin incelenmesinden 6 Richter şiddetinde deprem olabileceği, 6 Richter veya daha büyük şiddetli bir depremin Tablo 2'deki oranlarda riski gerektirdiği tespit edilmiştir (Ilısu Tasarım Raporu, 1977).

Tablo 2. Ilısu Barajı Deprem Risk Periyodu

| | |
|---------------------------|------|
| 25 yıllık periyot içinde | % 26 |
| 50 yıllık periyot içinde | % 46 |
| 75 yıllık periyot içinde | % 61 |
| 100 yıllık periyot içinde | % 71 |

Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajların tamamı kuru olduğundan deprem sallamaları kaya dolgu boşluklarında boşluk suyu basıncı oluşturmaz. Bu özelliğinden dolayı da ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu baraj depreme karşı dayanıklı kabul edilebilir. Kret oturmaları ise nispeten düşüktür. İlk birkaç yıldan sonra bu oranda çok büyük düşme gözlenmektedir. Bu tip barajlardan ciddi

deprem yüküne maruz kalıldığı pek kaydedilmemiştir. Boşaltmaya neden olacak kadar ciddi bir deprem yüküne maruz kalan ve hasar gören Ziping Pu Barajı (Şekil 6) bu konuda önemli bir örnek teşkil etmektedir. Kısa ve orta yükseklikteki bu tip barajların küçük ve orta dereceli depremlerde sızma artışı göstermeleri normal karşılanmıştır. Yüksek deprem riskli yapılarda ise plak kalınlığının artırılması yoluna gidilmiştir (DSİ, 2012).

Şiddetli depremler ve olumsuz durumlara rağmen ÖYBK barajlar, onarımları ve bakımları sonrası tekrar güvenli bir şekilde çalışmaktadır. Genel olarak ÖYBK tipinde barajların hasar ve yıkım tespitleri üzerinde yapılan araştırmalarda şiddetli deprem ve hasarlara rağmen hiç yıkılma kaydedilmemiş ve bu tip barajlar bakımları sonrasında tekrar güvenli bir şekilde çalışmalarını sağlamıştır. (Lekkas, 2012; Anonymous, 2008).

Eldeki veriler bu tip barajların çok yüksek inşa edilmeleri halinde bile performanslarının sınır değerler içerisinde kaldığını, *depreme karşı dayanıklı olabildiğini* göstermektedir. (Emiroğlu, 1998; Yenigün, 2013).



Şekil 6. ZipingPu Barajında Gözlenen Hasar ve Deformasyonlar

Erozyon ve Sediment Hareketlerinin Değerlendirilmesi

Ilisu barajı göl havzasında çoğu jipsli şelma formasyonu için de yer alan irili ufaklı heyelan ve kaya düşmeleri şeklinde kütle hareketleri gözlenmiştir. Bu formasyon, Dermah-Rezuk-Hasankeyf-Zagaran köyleri ve Batman Çayı dolayında geniş alanları kaplar ve kıltaşı, silt taşı, gevşek çimentolu kumtaşı ve konglomeralardan oluşur. Bunların hazne hacmi içerisinde baraj gölünü büyük hacimde doldurarak, herhangi bir sakınca oluşturacağı düşünülmemektedir.

Baraj yeri ve göl alanında, erozyona karşı bir takım önlemlerin alınmasının faydalı olacağı düşünülmekle beraber, gölü çevreleyen alandaki erozyonun Ilisu projesine etkisinin sadece sedimentasyon yönünde olacağı değerlendirilmiştir.

Ilisu barajının en düşük işletme seviyesindeki hacmi 2 950 milyon m³'tür. Baraj gölüne girecek yıllık çökelti değerlendirmesi yapıldığında, 50 yıl sonundaki ortalama birim ağırlık 1.20 ton/m³ kabul edilerek ve taban sürüntü maddesi askıdaki sedimentasyonun % 20'si alınarak 32 milyon m³ olmaktadır. Bu durum ölü hacim bakımından barajın 92 yılda dolacağını göstermektedir. Ilisu barajında sedimentasyon bakımından ciddi bir problemin ortaya çıkmayacağı raporlanmıştır (Ilisu Tasarım Raporu, 1977).

Dolusavak Değerlendirmesi

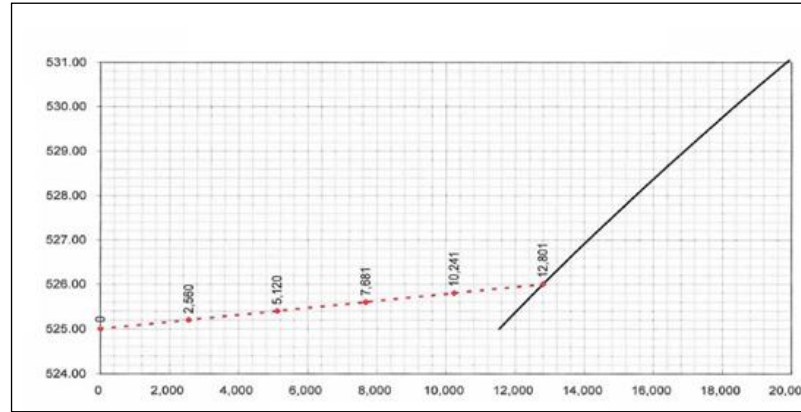
Barajların yıkılmalarında rol oynayan birinci dereceden etkenler taşkın debisinin yetersizliği dolayısıyla meydana gelen taşmalar, temel problemleri ve yer sarsıntılarınıdır. Barajlarda dolu savak

taşkın debisi olarak seçilebilecek taşkın büyüklüğü (dönüş aralığı) barajın güvenliği açısından göze alınabilecek riske bağlıdır. Can kaybı yada çok önemli zararların görülme olasılığı yüksek ise, yeterli korumayı sağlamak için riski çok küçük seçmek gerekir. Buna karşılık ortaya çıkabilecek zararlar çok büyük değilse, daha büyük bir risk kabul edilebilir (Yenigün, 2000).

Proje taşkını, esas alınan taşkından daha büyük bir taşkın meydana gelmesi durumunda oluşacak zarar ile projede daha büyük bir taşkın olarak seçilmesi durumunda yapılacak fazla yatırımlarla karşılaştırılarak belirlenir. Bu sebepten yeterli bir emniyet ve ekonomi sağlayacak şekilde belirlenen proje taşkınında daima bir riski göze almak gerekir (Erkek ve Ağralıoğlu, 1986).

Pratikte iyi işletilen bir barajda dolusavak çalışmaz. Genelde baraj ömrü 100 yıl kabul edilmesine rağmen, proje taşkın debisi 100 yıllık taşkın debisinden büyük seçilir (Şentürk, 1988).

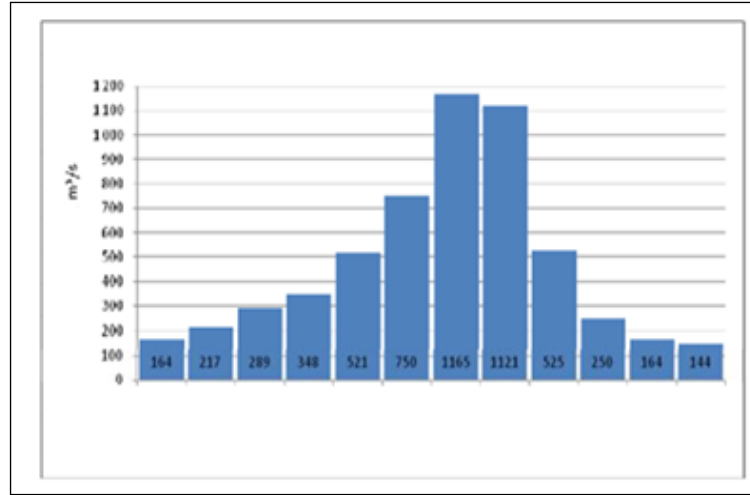
Ilısu barajı dolusavak tasarım çalışmalarında Dicle nehri proje yerindeki taşkınlar belirlenmiş ve en büyük taşkın 23.03.1969 tarihinde meydana geldiği ve debisinin $6\,450\text{ m}^3/\text{sn}$ olarak saptandığı tespit edilmiştir. Yağmur hidrografi ve kar erime hidrografi sonucu max taşkın hidrografi $21\,100\text{ m}^3/\text{sn}$ olarak tespit edilmiştir. Şekil 7’de Ilısu Barajı Dolusavak Anahtar Eğrisi ve Tablo 3’te Ilısu Barajı Taşkın Öteleme Sonuçları verilmiştir.



Şekil 7. Ilısu Barajı Dolusavak Anahtar Eğrisi (Dolusavak Hidrolik Raporu, 2010).

Tablo 3. Ilısu Barajı Taşkın Öteleme Sonuçları (Dolusavak Hidrolik Raporu, 2010).

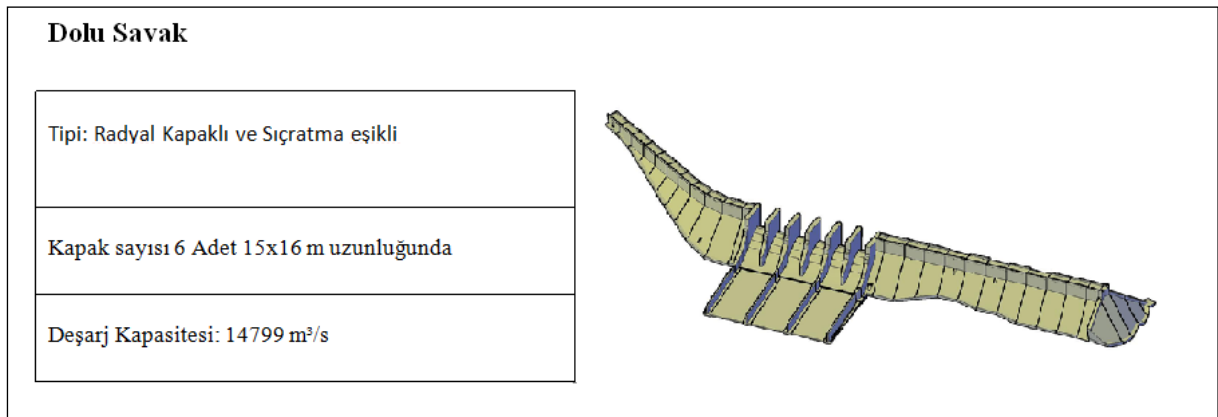
| Taşkın | Giriş Akımı (m^3/s) | Çıkış Akımı (m^3/s) | RWL (m.d.s.ü.) |
|-----------|--|--|-------------------|
| PMF | 20357 | 14799 | 527.71 |
| 10000 yıl | 12293 | 11214 | 525.2 |
| 100 yıl | 6914 | 6914 | 525 |
| 50 yıl | 6216 | 6216 | 525 |
| 25 yıl | 5648 | 5648 | 525 |
| 5 yıl | 4350 | 4350 | 525 |
| 2.33 yıl | 3616 | 3616 | 525 |



Şekil 8. Aylık Ortalama Akım Oranları (Dolusavak Hidrolik Raporu, 2010).

Bu veriler ışığında, Şekil 8’de verilen aylık ortalama akım değerleri de dikkate alınarak, 17 100 m³/sn savaklama kapasiteli, 15x15 mxm boyutlarında 8 adet radyal kapaklı ve sıçratma eşiği yapısına sahip olarak dolusavak tasarımı yapılmıştır (İlisu Tasarım Raporu, 1977). Şekil 9 ise dolusavak şema ve genel bilgilerini vermektedir.

Daha sonra yapılan çalışmalarda, muhtemel max taşkın debisinin 20 357 m³/sn olarak saptanmış olması nedeniyle, *ekonomi ve emniyet faktörleri açısından optimum çözümün elde edilmesi maksadıyla tasarımda revizyon* yapılması gerekli görülmüştür. Yeni durumda 20 357 m³/sn’lik max. taşkın debisi değeri dikkate alınarak karşıdan alıslı, kontrollü tipte, radyal kapaklı tasarım yapılmıştır. Dolusavak kapakları 15x16 mxm boyutlarında 14 799 m³/sn boşaltım kapasiteli olarak planlanmış, ayrıca *boşaltım sırasında barajın güvenliği açısından tehlike oluşturacak oyulmaların engellenmesi için*, Şekil 10’da verilen sıçratma eşiği ve düşüm havuzu tasarlanmıştır (Dolusavak Tasarım Raporu, 2010).



Şekil 9. Dolusavak şema ve genel bilgileri



Şekil 10. Dolusavak Sıçratma Eşiği ve Düşüm Havuzu

Derivasyon Çalışmalarının Değerlendirmesi

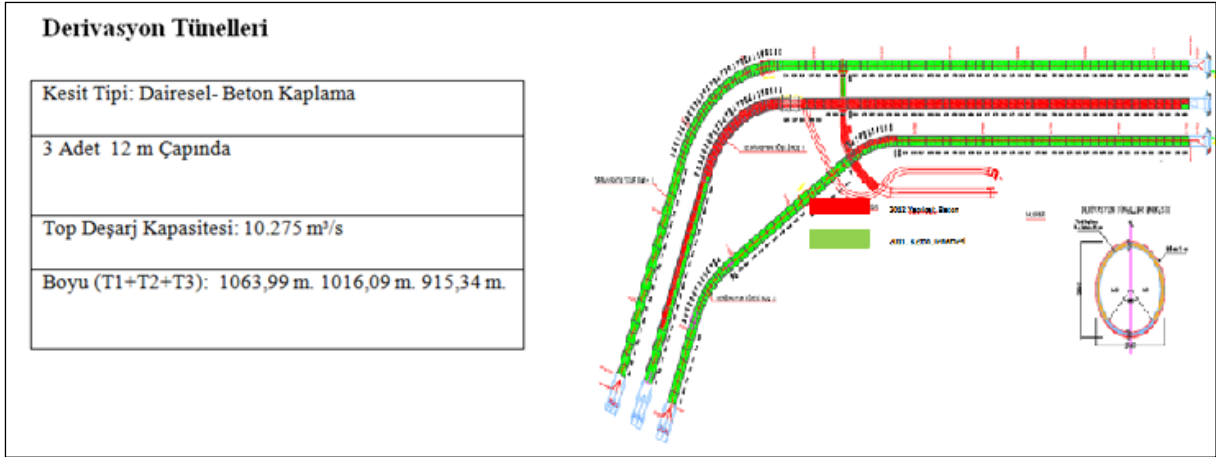
Bir baraj inşaatı esnasında nehir aksına dik doğrultuda inşa edilecek olan baraj gövdesi ile alakalı çalışmaların yürütülebilmesi için nehir yatağındaki su akışının durdurulması ve çalışma alanında kuru bir bölgenin elde edilmesi gerekmektedir. Bu maksatla nehir akışını derive ederek uygun çalışma koşullarını oluşturmak ve güvenli biçimde baraj inşaatını sürdürmek maksadıyla derivasyon tünelleri inşa edilerek, nehir derivasyonu sağlanır.

Suyun yönünü değiştiren bu yapılar, gövde çalışmaları sırasında nehir akımının çalışma alanına akışını engelleyerek uzaklaştırılmasını ve gelebilecek olan herhangi bir taşkını, gövde çalışma alanında herhangi bir risk oluşturmadan güvenli bir şekilde aktarmasını sağlayan yapılardır.

Ilisu barajı derivasyon tünelleri tasarım çalışmaları sırasında 25 yıllık periyot için giren akım 8840 m³/sn, çıkan akım ise 5875 m³/sn olarak hesaplanmış ve 3 adet 12 m çapında tünelle bunun sağlanması planlanmıştır. Bu çalışmalarda tünel çapının 14 m veya 15 m olarak tasarlanması halinde maliyet bakımından yaklaşık %10 oranında daha ekonomik olacağı hesaplanmıştır. Fakat *yapım ve imalat açısından değerlendirildiğinde bu tünel çapında, yapım çalışmaları esnasında yükseklik açısından karşılaşılabilecek sıkıntılar bu ihtimale olanak vermemiş* ve tüneller 3 adet 12 m çapında tasarlanmıştır (Ilisu Tasarım Raporu, 1977).

Derivasyon aşaması sonrasında dip savak olarak kullanılması planlanmış olan 2 nolu tünel ile alakalı olarak da dip savak tasarımı yapılmıştır. Düşey sürgülü kapaklı, 2 açıklıklı ve kapak boyutları 2 adet 2.65x4m olan ve 802 m³/sn savaklama kapasiteli bir tasarım yapılmıştır (Derivasyon Tünelleri Hidrolik Raporu, 2010).

Derivasyon tünelleri ile alakalı olarak yapılan kazı çalışmalarında 6 noktada sürdürülebilecek çalışma alanını 12 noktaya çıkararak hem ciddi manada zaman kazanmak hem de iç kısımda *havalandırmanın sağlanması ve çalışma ortamının uygun koşullara getirilebilmesi açısından orta kısımdan ulaşım galerisi açılmış* ve kazı çalışmaları bu şekilde 3 bölgeden hızla sürdürülmüştür. Bu şekilde ayrıca *içeriye hava pompalama sistemleri kurulmuş ve çalışma ortamı rahatlatılmaya çalışılmıştır*. Derivasyon tünelleri genel bilgileri, çalışma bölgesi ve giriş çıkış yapıları Şekil 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.



Şekil 11. Derivasyon şema ve genel bilgileri



Şekil 12. Derivasyon Tünelleri Çalışma Bölgesi



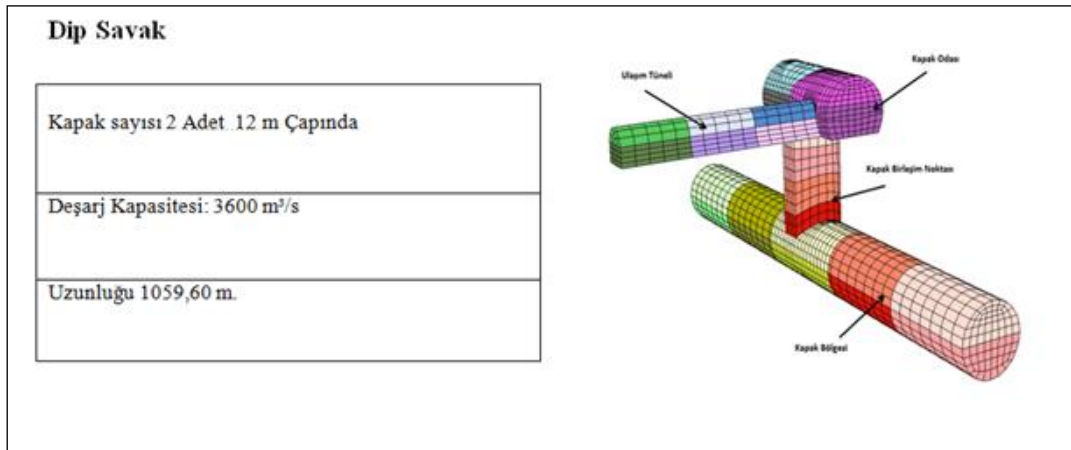
Şekil 13. Ilisu Barajı Derivasyon tünelleri Giriş ve Çıkış Yapıları

Dipsavakların Değerlendirmesi

Dipsavaklar gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolusavak debisini azaltmak, akarsu mansabına bırakılması için gerekli miktarda suyu vermek için kullanılan tesislerdir.

Ilisu barajı derivasyon çalışmalarında, yapılan planlamanın aksine yaşanan gecikmeler nedeniyle dipsavak ve buna bağlı hidrolik sistem çalışmalarının yağışlı mevsime denk gelmesi, bu çalışmalara geçilmesi durumunda derivasyon işleminin yapılamayacak olması nedeniyle gövde kazı dolgu işleri çalışmalarının ötelenmesine ve bu durumda da ciddi zaman kaybına sebep olacağından, bu tip olumsuzlukların önüne geçebilmek için, dip savak kapak ve hidrolik çalışmalarının derivasyon işlemlerinden sonraya bırakılmasına karar verilmiştir.

Daha sonra, suyun yönünü çevirmek için geçici sedde çalışmaları yapılarak bu şekilde derivasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada *risk oluşturan durum, mevsim açısından yağışlı sezona denk gelmesi ve aşırı bir feyezana gelmesi durumudur*. Bu durumun baraj çalışmalarına zarar vereceği düşünülerek *geçici sedde kil bandı kalınlığı arttırılmış* ve bunun arkasına memba batardosu hızlı bir şekilde yapılarak yaklaşık 3 ay gibi bir zaman kazanımı sağlanmıştır. *Nehir aksında ise memba batardosu tamamlanmadan herhangi bir çalışma yapılmamış, gelebilecek bir feyezanın bütün çalışmaları olumsuz etkileyebileceği düşüncesinden hareketle memba batardosunun tamamlanması beklenmiştir*. Dip savak çalışmaları ise ilerleyen dönemlerde yaz mevsimine ertelenerek çalışmalar sırasında giriş ve çıkış kapakları kapatıldıktan sonra rahat bir çalışma ortamında kolaylıkla yapılacağı planlandı ve çalışmalar bu şekilde sürdürülmüştür. Çalışmalar sırasında herhangi bir aksama veya sorun yaşanmamış bu şekilde yaklaşık 3 ay gibi bir zaman kazanılmıştır. Şekil 14 ve 15'te dipsavak şema ve çalışma görüntüleri verilmiştir.



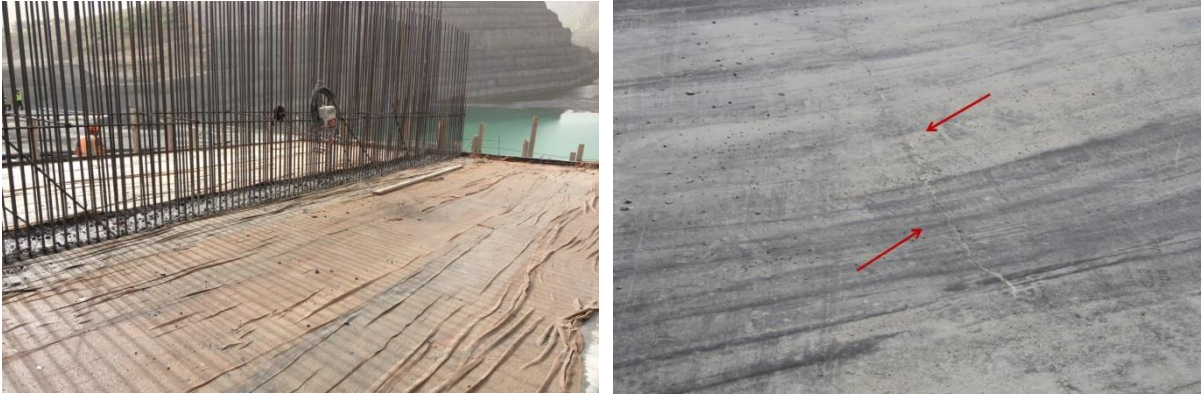
Şekil 14. Dipsavak şema ve genel bilgileri



Şekil 15. Ilisu Barajı Dipsavak çalışmaları

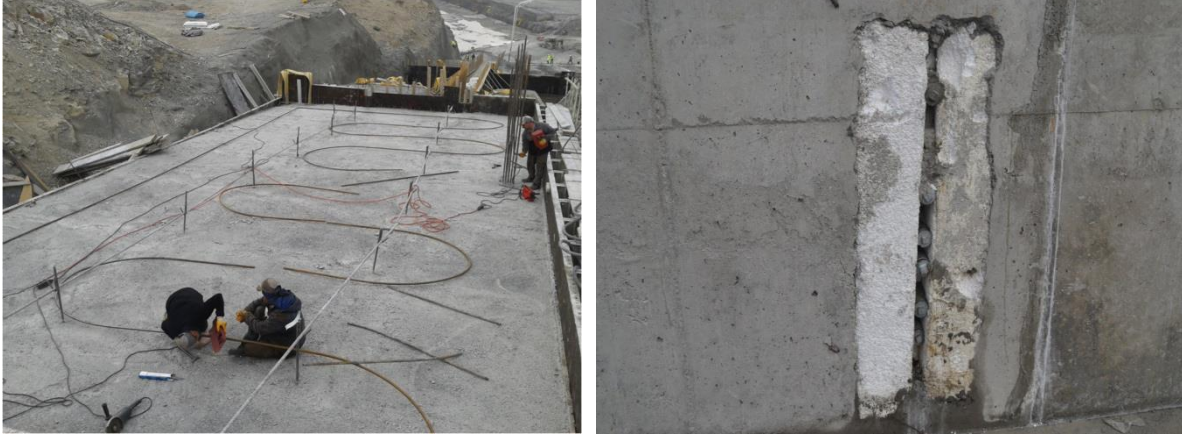
Beton İşlerinin Değerlendirmesi:

Ilisu barajı Güneydoğu bölgesinde yer alan Mardin ve Şırnak illeri arasında olduğu ve yaz sıcaklarının 45-50 derecesi bulduğu bir bölgedir (MGM. 2013). Yaz sıcaklığı nedeniyle üretilen *taze betonda hidrasyon ısısının dengelenmesi ve beton sıcaklığının şartname limitlerinde tutulabilmesi* için taze beton üretiminde kullanılacak buzun üretimi için tesisler kurulmuştur. Sürekli soğuk su desteğiyle betondaki aşırı sıcaklıklar engellenmeye çalışılmaktadır. Beton dökümü akabinde, dehidratasyon sırasında *aşırı ısınmaların engellenebilmesi için beton sürekli sulanarak korunmaya çalışılmaktadır* (Şekil 16).



Şekil 16. Dolusavak beton kür işlemleri ve buna rağmen beton yüzeyinde görülen çatlaklar

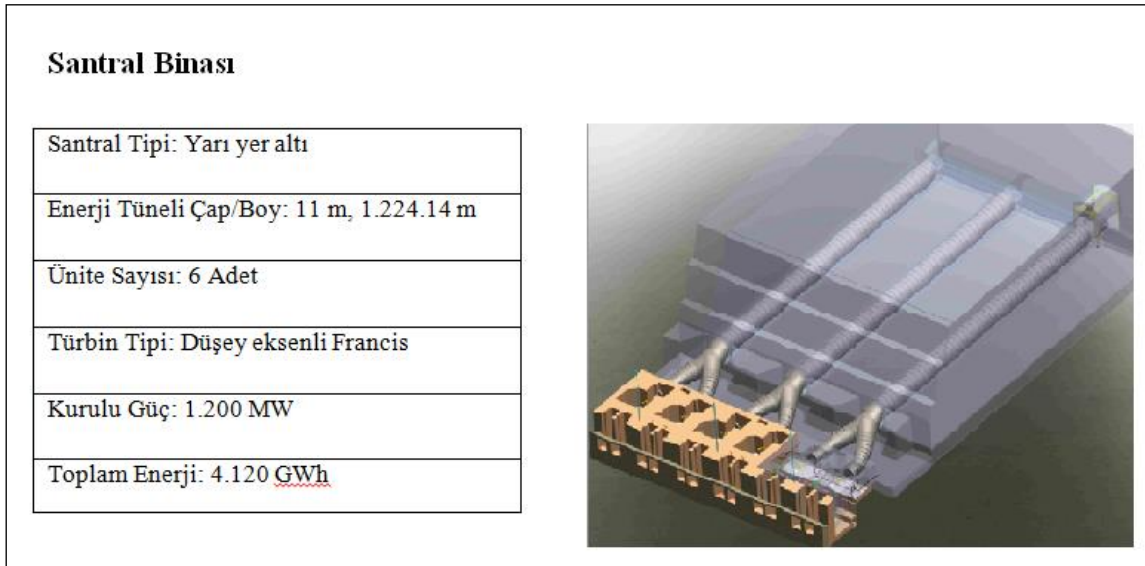
Ayrıca kütle betonlarının döküldüğü kısımlarda ise betonun iç hidrasyon ısısı nedeniyle çatlakların önüne geçebilmek için, *beton içerisine yerleştirilen borulardan soğuk su gönderilerek betonun aşırı ısınması önlenmeye çalışılmış ve bu şekilde çatlama, aşınma ve benzeri bir sorunun oluşmaması* açısından çözüm sağlanmaya çalışılmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Beton soğutma işlemleri için yerleştirilen borular ve soğuk su beslemeleri

Ilısu Barajında Sıçratma eşiği, Dolusavak Eşik Yapısı derz enjeksiyonları için belirlenen kapanma sıcaklığı 15 °C'dir. Ard soğutma sistemi, beton dökümü esnasında açılarak borular içerisinde 0,5 m/s hızla 0,3 lt/sn nehir suyu geçirilerek beton sıcaklığı 0,6 °C/günü aşmayacak şekilde düşürülerek ilk soğutma periyodu için belirlenen 22 °C'ye indirilir. Beton sıcaklığını istenen sıcaklığa düşüp düşmediğini öğrenmek için ard soğutma boruları, borunun ano üzerinde kapladığı alanına bağlı olarak 24 (300 m²) ve 48 (600 m²) saat süreyle su, borular içerisine hapsedilir. Bu süre sonunda su bir kaba alınarak sıcaklığı ölçülür. Soğutma işlemi tamamlandıktan sonra derz işlemleri başlar.

Beton işleri ağırlıklı olarak dolusavakta ve Şekil 18 ve 19'da verilen santral binasında yoğunlaşmıştır.



Şekil 18. Ilısu barajı santral binası şeması ve genel bilgileri



Şekil 19. Ilisu barajı santral binası çalışmaları

Gövde Ön Yüz Beton Kaplamasının Değerlendirmesi

Ilisu Barajı çalışmaları sırasında *imalatı henüz başlamamış olan* ön yüz beton kaplama işlemlerinde *sızdırmazlık yüzünün mümkün olan en yüksek kaliteye sahip olması* için alınması gereken önlemler aşağıda şu şekilde değerlendirilmiştir:

- Bordür duvarı yüzeyine ön yüz betonu ile bağ oluşturması için bitüm emisyonu kaplaması uygulaması yapılacaktır.
- Kalıp, donatı ve "T" eğimli derzlerdeki bakır su tutucu detayları, beton yerleşimi dâhil olmak üzere başlangıç döşemeleri inşaatı sırasında sızmaların engellenmesi için su tutucular kullanılacaktır.
- Bakır Su tutucuyu karşılayacak olan PVC yastık ve düşey lokasyonlarında dâhil olmak üzere bordür yüzeyindeki düzenlemeler yapılarak bakır su tutucular 15m boyunda olacak şekilde tasarlanacak bu şekilde kaynak yapılacak noktalar azaltılarak sızdırma bölgeleri azaltılacaktır.
- Kayar kalıp detayları tasarımı yapılırken beton dökümü sırasında herhangi bir sorun yaşanmaması için tüm önlemler alınacak ve kayar kalıp makinası için yan kalıp montajı yapılacaktır.
- Ön yüz döşemesinde hareketlerin incebilmesi için gerekli cihazlar yerleştirilecektir. Baraj inşası sırasında ve sonrasında ortamda oluşabilecek deformasyonların ve şev hareketlerinin, gözlenmesi ve tespiti amacıyla inklinometre tipi ölçüm cihazları yerleştirilecek ve betondaki tüm hareketler tespit edilmeye çalışılacaktır.
- Beton yüz döşemesi sonrası bakımının yapılabilmesi için kür tesisleri kurulumu ile ilgili detaylar hazırlanacak ve betonda herhangi bir sorun oluşturmayacak şekilde kür ve bakım işlemleri yapılacaktır.
- Düşey sıkışma ve genleşme dâhil çevre ve parapet derzleri için genel inşaat detayları hazırlanarak gerekli önlemler alınacaktır.
- Derz Malzemesinin yerleştirilmesi ve omega su tutucu tasarımı detaylı bir şekilde yapılarak su geçişleri önlenmeye çalışılacaktır.
- Ekipman için ilgili makinelerin ve ekipmanların sayısını ve farklı iş aktivitelerini gösteren özet tablo hazırlanacak ve çalışmalar sırasında makine teçhizat yetersizliğinden oluşacak problemler önlenmeye çalışılacaktır.

Diğer uygulamalarla ilgili özet bilgiler, tasarım raporuna bağlı olarak aşağıda sıralanmıştır;

Bakır Su Tutucu

Çevre derzi ve genişleme derzleri üstüne ilave bir bakır su tutucunun eklenmesi uygulaması sadece 190 m' den yüksek iki barajda (El Cajon ve La Yesca) yapıldığı ancak bu uygulamanın maliyetli bir uygulama olduğu ve Ilısu Barajı için gerekli olmadığı düşünülmüştür. Ilısu Barajı 135 m yüksekliğe sahip olup, bu yükseklikte olan barajlarda bu tip bir uygulama olmadan düzgün bir şekilde işletildiğini gösteren oldukça fazla örnek vardır. 2 bariyerli bir sistemle tasarlanan Ilısu Barajı için altta bakır su tutucu ve üstte aşınabilir malzeme yeterli görülmüştür.

Derz Detayları

Dolgu çok düşük bir deformasyon modülüne sahip olmadığı sürece sıkışabilir derzlere gerek yoktur. Böyle bir durumda dahi sadece iki adet sıkışabilir derz sol sahilin tabanına yakın olacak şekilde düşünülmelidir. Bu tip bir karar, ön yüz dökmesine başlanmadan önce işleri etkilemeyecek şekilde alınmalıdır. Daha önce başarılı bir şekilde uygulanmış projelerden alınarak geliştirilmiş derz detaylarının tasarlanması uygun olacaktır. Ön detaylar, bakır su tutucu kıvrım yüksekliğinin basınç ve genişleme derzleri için de aynı olduğunu göstermektedir. Basınç derzleri için bu değer 3,5 cm'den daha yüksek olmamalıdır çünkü bu yükseklik beton kontak uzunluğunu kısaltmakta ve bu nedenle dökmenin yatacın basınca olan direncini de azaltmaktadır.

Derz Tiplerinin Dağılımı

Bu barajdaki genişleme derzleri sol sahilde ve teraslar arasındaki iki basamakta yer almalıdır. Diğer bütün derzler basınç derzleri olmalıdır.

Ön Yüz Dökme Genişliği

Son zamanlarda daha geniş dökemelerde istenmeyen gerilmelerin kontrol altına alınması amacıyla daha küçük genişliğe sahip dökemelerin kullanılması dikkat çekmektedir. Fakat her bir ek derzin sızma ihtimalini artırma olasılığı ortaya çıktığı unutulmamalıdır. Derz detaylarındaki kusurlar, kütle betonundaki kusurlardan daha muhtemel oluşabilecek kusurlardır. Sonlu eleman modeli sonuçları kullanılarak nihai dağılıma karar verilebilir. Yakın zamanda inşa edilmiş yüksek bir barajda, dik bir sahile sahip olması nedeniyle bu yapılandırma kullanılmıştır. İnceleme komisyonu buna şiddetle karşı çıkmıştır. Şu anda sızma miktarı 650 lt/s'den fazla olmasına rağmen ön yüz betonunda herhangi bir çatlakla rastlanmamıştır. Ilısu Barajı için eğer sol sahil boyunca herhangi bir özel bir yapılanma olmadığı takdirde 7,5 m genişliğinde dökemelerin kullanılmasını uygun olacaktır.

Donatı Oranı

Bir sıra veya çift sıra donatı kullanılması ile ilgili tasarımlar düşünülmüş çevre derzinde 5m mesafede nehir kesitinde 10m mesafede donatı oranının % 0,5 olması uygun görülmüştür. Bunun için normalde 2 sıra donatı gerektirmektedir. Barajın geri kalan kısımları için tek sıra veya çift sıra halinde yerleştirilebilecek % 0,35 donatı oranı yeterli olacaktır. Eğer çift sıra donatı kullanılırsa sıra başına donatı miktarı toplam oranın yarısı kadar olmalıdır.

Ön Yüz Betonunun Yüzmesine Karşı Drenaj

Bu konu etraflıca tartışılmıştır. Ana nokta topuk plağının değil ön yüz betonunun drenaj gerekliliğidir. Birçok ÖYBK Kaya Dolgu barajda mansaptaki aşırı su basıncı nedeni ile önyüz dökmesi suyun alttan kaldırma basıncına maruz kalmıştır. Suyun alttan kaldırma kuvveti sadece zon 1 malzemesi yerleştirilmemiş ve ön yüz betonu arkasındaki mansap su seviyesi topuk plağının en az 3 m üstündeyse oluşabilir. Yüzdürmenin oluşması için ya topuk plağı kotunun mansap temel kotu altında ya da kuyruk suyu seviyesinin topuk plağı kotunun üstünde olması gereklidir. Suyun alttan kaldırma basıncının önlenmesi adına birçok detay kullanılmıştır. Deneyimlere göre drenaj borusunun topuk plağına değil beton yüze yerleştirilmesinin tercih edilmesi uygun görülmüştür.

Sızıntı Akım Ölçümü

Barajın performansının değerlendirilmesi için en önemli ölçüm cihazı baraj mansabında oluşturulacak sızıntı akımı ölçüm savağıdır. Ilısu Barajı projesi için kuyruk suyu seviyesinin üstünde ve orta bölümünde, ölçüm savağı yerleştirilebilmesine olanak verecek kotta nehir yatağı boyunca bir duvar inşa edilmesi gereklidir

Enjeksiyon Perdesi

Derinliklerine göre değişen enjeksiyon delik aralıkları için bir kriter önerilmiştir. Deneyimlere göre sadece bir kıstas kullanılmalıdır: Eğer enjeksiyon alımı herhangi bir kademede metre başına 1 torba çimentodan fazla ise her iki tarafa ara delikler eklenmelidir. Jeolojik raporlardan da anlaşıldığı gibi bu projedeki temel kaya oldukça düşük bir geçirimsizliğe sahiptir ve daha yüksek maliyetler gerektiren daha katı bir ölçüt aranmasına ihtiyaç yoktur. Kaya kütlelerinde en önemli çatlakların hepsi neredeyse düşeydir. Bu çatlakların daha verimli bir şekilde ıslah edilmesi için eğimli delikler kullanılmalıdır. Raporla membaya doğru eğimli delikler öngörölmüştür. Yapılan araştırmalara göre bu uygun ve gerekli değildir. Eğim yönü topuk plağı aksına doğru olmalıdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Geçmişte ve (günümüzde hala) yaşanan baraj kazalarında ortaya çıkan felaketlerin boyutları düşünöldüğünde, baraj güvenliği kavramının, bu büyük mühendislik yapıları için vazgeçilmez bir konu olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Bu çalışmada, İlisu Barajının ana elemanlarının tasarım ve uygulama safhasındaki durum ve davranışları, risk ve güvenilirlik açısından kısaca bir değerlendirmeye tabi tutulmuş ve irdelenmeye çalışılmıştır.

Detaylarının çalışma içinde verildiğı baraj tasarım ve inşaatının tüm safhaları incelendiğinde; taşkın, kuraklık, sıcaklık, buzlanma, rüzgâr, sızıntı ve deprem gibi dış tehlikelerin hepsinin ayrı ayrı ele alınarak risk değerlendirmelerinin yapılıp “*güvenli alanda kalmak koşulları*” bağlamında projelendirilmeleri gerektiğı ortaya çıkmaktadır. Bunun dışında, bütün üretim ve yapım işlerinde olduğı gibi insan kusuru göz önünde bulundurularak yapım aşamasının her noktasında teknik personelin hiçbir aksamaya yol açmayacak şekilde denetimlerinin sürekli yapması son derece önemlidir.

Ayrıca sürekli ölçümlerle ve gerçek-zaman işletme mantığıyla sistemin dinamik takibinin yapılması “*kontrol*” sistemi ve “*acil müdahale*” senaryolarının hazır edilmesi şarttır. Barajın yıkılması veya hasar görmesi, tahribat ve/veya can kayıplarının meydana gelmesi durumuyla ilgili hazırlıkların yapılması ve yapısal risklerin yanında işletme ve izleme ile bu çerçevede meydana gelebilecek risklerin de kadar minimize edilmesi de temel bir gerekliliktir.

İlisu Barajının ölkemizde yapılan en büyük ön yüzü beton kaplı baraj olması nedeniyle, bu aşamada yapılacak çalışma ve değerlendirmeler ile işletme safhasında gözlem ve raporlamalar gelecekte ölkemiz için örnek bir çalışma teşkil edecektir. İlisu Barajı'nın güvenlik değerlendirmesinde ele alınan kriterler, projede yapılan değişiklikler ve projeye etki eden faktörlerin bir arada değerlendirilmesi ve güvenlik risk açısından yapılacak olan değerlendirmelerin gelecekte bu tip barajlar açısından oldukça faydalı çıktılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ağıralioğlu, N., 2011. Baraj Güvenliği, Beta Yayınları, 275 sayfa, İstanbul.
- Anonymous 2008, web: <http://www.internationalrivers.org/resources/sichuan-earthquake-damages-dams-may-be-dam-induced-3619> , (Erişim tarihi: 11.02.2013).
- ASDSO (Association of State Dam SafetyOfficials), 2012. Web Site = <http://www.damsafety.org/news/?p=412f29c8-3fd8-4529-b5c9-8d47364c1f3e>
- Cooke, J.B. and Sherard, J.L., (1987) “Concrete-FacedRockfill Dam: I “, Journal of GeotechnicalEngineering, Vol. 113, No. 10, ASCE, pp. 1096-1112
- Cooke, J.B., 1991, Concrete-facedRockfill Dam. Int. WaterPowerand Dam Construction 43:11,1115,DSİ,2013,web:http://www2.dsi.gov.tr/pdf_dosyalar/ilisu_baraji_bilgilendirme_notu.swf , (Erişim: 11.02.2013)

- Derivasyon Tünelleri Hidrolik Raporu, 2010., Nehir derivasyonu ve Dipsavak – Hidrolik Hesaplamalar, Mem-130.CH/0004-e, Rev.3, Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri konsorsiyumu.
- Dolusavak Tasarım Raporu 2010., Dolusavak Hidrolik Raporu, DSI/ECS Rep-14. 160/0030- Rev.1.
- DSİ, 2012, Dolgu Barajlar Tasarım Rehberi, Rehber No:003, 1.Barajlar Kongresi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ, 2013, web: http://www2.dsi.gov.tr/pdf_dosyalar/ilisu_baraji_bilgilendirme_notu.swf , (Erişim: 11.02.2013)
- Emiroğlu M.E., 1998, “Ön Yüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajların Avantajları Ve İnşasındaki Son Gelişmeler”, Türkiye Mühendislik Haberleri, 393(47-56), TMMOB İMO, Ankara.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N., 1986, Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Yayınları, İstanbul.
- Ilısu Tasarım Raporu, 1975, Dicle – Ilısu Projesi Yapılabilirlik Raporu, C:I Temel Mühendislik Tasarım ve Proje, İstanbul.
- Ilısu Tasarım Raporu., 2010 ..Nehir Derivasyonu ve Dipsavak Hidrolik Raporu, Rap. 4819/4057 Rev0, Mart 2011, Stucky Ltd.
- Kite, G.W., 1976, Frequency and risk analyses in hydrology, Inland waters directorate. Water Resources Branch, Applied Hydrology Division, Network Planning and Forecasting Section, Canada.
- Lekkas, E, 2013, ZipingPu Dam Failures (Sichuan Prefecture, China) Caused by the 7.9R Earthquake on the 12th May 2008, web: http://www.eeri.org/site/images/lfe/pdf/china_20080512_dam.pdf (Erişim tarihi: 11.02.2013)
- MGM, 2013, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, web: www.mgm.gov.tr.
- Şentürk, F., 1988, “Hydraulics Criteria for Design of Dams”, DSI Publ., Ankara, Turkey.
- Toplantı Notları, 2011, DSİ, 16.Bölge Müdürlüğü, Genel Koordinasyon Toplantıları, Dargeçit, Mardin.
- Türkman F., 1990. Su Yapılarının Risk Ve Güvenilirliğinin Belirlenmesi, Su Mühendisliği Problemleri Semineri, DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Turfan, M., 1988, “Özetle Baraj Nedir ?”, DSİ Genel Müdürlüğü, Ank.
- Uzel, T., 1991. Barajların Güvenliği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Yenigün K. ve Sepetçioğlu, M.Y., 2012, Güncel Baraj Hasarlarının Analizi, III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 10-12 Ekim 2012, Eskişehir, Türkiye.
- Yenigün K. ve Yüzgöl, F., 2013. Baraj Güvenliği Açısından Tip Seçimi: ÖYBK Barajlarda Etkin Faktörler ve Ilısu Barajı Örneği, Bursa Uluslar arası Su Kongresi ve Sergisi, Bursa.
- Yenigün, K. ve Yıldız, İ., 2000, “Baraj Güvenliğinde Risk Analizi Uygulamaları”, TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, İstatistik Araştırma Sempozyumu, Ankara.
- Yenigün, K., 1998. Gap Barajlarında Risk Faktörlerinin İncelenmesi, Harran Üniversitesi, GAP II. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa.
- Yenigün, K., 2001. Barajların Güvenliği ve Dolusavak Boyutlarının Risk Düzeyine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış doktora tezi), İstanbul.