



Baraj Emniyeti için Gözlemsel İnceleme ve Değerlendirmelerin Rolü

Yazışma yazarı:

M. Emin EMİROĞLU,
memiroglu@firat.edu.tr

Referans:

Emiroğlu, M.E., Edil, T.B., Kalkan, Y., Karadeniz H., Celep Z., (2020), Baraj Emniyeti için Gözlemsel İnceleme ve Değerlendirmelerin Rolü, Su Kaynakları, 5, (2) 40-47

M. Emin EMİROĞLU¹, Tuncer B. EDİL², Yunus KALKAN³, Halil KARADENİZ⁴, Zekai CELEP⁵

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye ORCID: 0000-0002-3603-0274

²İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Wisconsin-Madison Üniversitesi, ABD ORCID: 0000-0002-9911-8329

³Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0002-2520-8604

⁴İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0002-1435-4999

⁵İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0002-5246-9818

Makale Gönderimi : 28 AĞUSTOS 2020

Online Kabul : 25 EYLÜL 2020

Online Basım : 25 EYLÜL 2020

Özet Bu çalışmada, baraj emniyeti için periyodik olarak yapılan gözlemsel incelemelerin ve değerlendirmelerin rolü tartışılmıştır. Çeşitli ölçüm aletlerinin etkili kullanımı, sürekli ve güvenilir verilerin temini ve verilerin kayıt altına alınması ve değerlendirilmeleri ele alınmıştır. Barajların emniyeti; sosyal, ekonomik ve çevresel faktörler bakımından oldukça önemlidir. Baraj emniyeti için yapılan detaylı gözlemsel inceleme ve değerlendirmeler, barajların önemine, karmaşık tasarımına ve barajın hasar görme seviyesine göre değişiklik göstermektedir. Barajların emniyeti için barajlarda yapılan ölçüm sonuçlarının kayıt altına alınması ve gerekli durumlarda arazi ve laboratuvar deneylerinin yapılması önem taşımaktadır. Baraj emniyeti değerlendirmelerinde, farklı disiplinlerdeki uzmanların birlikte çalışmaları önemlidir. Barajların ve ilave yapılarının emniyetinin incelenmesinde sadece nicel veriler değil aynı zamanda sözel ifadelerin de bilgisayar ortamında kayıt altına alınması oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Baraj güvenliği, Gözlemsel inceleme ve değerlendirme, Baraj ölçüm aletleri

The Role of Observatory Investigation and Assessment for Dam Safety

Abstract In this study, the role of periodic observational inspection and evaluation for dam safety are discussed. Also effective operation of the various measurement facilities, supply of continuous and reliable data, and recording and evaluation of data are evaluated. The safety of dams is important in terms of social, economic, and environmental factors. The level of detailed observational inspection and evaluations that can be made for dam safety is assessed according to the importance, complexity and damage level of the dam. For dam safety, it is especially useful to compile the records of measurements made on the dams, to carry out field and laboratory investigations if necessary. For dam safety assessments, it is important for experts from different disciplines to work together. Not only quantitative data but also verbal and expert opinions regarding the dam body and auxiliary structures must be recorded and maintained in computer files.

Keywords: Dam safety, observational inspection and evaluation, dam measurement devices.

1. Giriş

Barajlar önemli mühendislik yapılarındandır. Baraj, su biriktirmek amacı ile hazne oluşturmak üzere bir akarsu vadisini kapatarak akışı engelleyen bir yapıdır. Barajın su biriktirme yanında, su seviyesini yükseltme ve geniş su yüzeyi meydana getirme gibi önemli iki fonksiyonu daha vardır. Barajların mansabında büyük nüfuslu yerleşim yerleri olabilmektedir. Bir barajın hasar görmesi veya yıkılması durumunda önemli can ve mal kayıpları yaşanmaktadır (Linsley vd., 1992).

Barajlar inşa edilirken baraj gövdesine, ilave yapılarına ve çevresine çok sayıda ölçüm cihazı yerleştirilmektedir. Bu cihazların yerleştirilme amaçları; barajın, ilave yapılarının ve çevresinin emniyet açısından izlenmesi, gerektiğinde müdahale edilmesi ve tasarım ve inşaat açısından geri beslenme temin edilmesi şeklinde açıklanabilir (Penman, 2017). Barajlara yerleştirilen cihazların maliyeti, barajın toplam maliyeti yanında kayda değer bir orana sahiptir. Bu nedenle barajlara yerleştirilen cihazlardan yeteri düzeyde yararlanmak önemlidir.

Bu çalışma bildiri kapsamında barajların gözlemsel incelemelerinin gerekliliği vurgulanmış, örnekler

sunulmuş ve ölçüm cihazlarından alınan verilerin değerlendirilmeleri tartışılmıştır. Ayrıca baraj emniyetinin temin edilebilmesi için tecrübelerden edinilen bilgilerden yola çıkılarak ilgili kurum ve kuruluşlara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. Gözlemsel İnceleme ve Değerlendirmenin Önemi

Barajların belirli periyotlarda uzman elemanlar tarafından gözlemsel incelemelerinin yapılması önem taşımaktadır. Gözlemsel inceleme aşamasında baraj gövdesi ve ilave yapılarının (dolusavak, dipsavak, derivasyon tüneli, kapaklar ve mekanik teçhizatları, sualma yapıları, kuyruksuyu kanalı, düşüm havuzu ve enerji kırıcı yapılar, dolusavak yaklaşım kanalı, batardo kapakları, HES binası ve teçhizatları) titizlikle incelenmesi fotoğraflarla belgelenmesi önem taşımaktadır. İnceleme tarihine kadar mevcut ölçüm cihazlarından alınan verilerin anlamlı olup olmadıklarının ve cihazların çalışıp çalışmadıklarının tespiti de yarar sağlamaktadır. Temin edilen verilere ait anlamlı grafiklerin çizilmesi ve yorumlanması gerekmektedir.

Aşağıda barajların gözlemsel incelemelerinden birkaç örnek verilmiştir. Şekil 1(a)'da da baraj kretinde su birikintilerinin olduğu görülmektedir. Şekil 1(b)'de ise kretin tamamen su ile dolduğu görülmektedir. Bu durumun, baraj stabilitesi açısından istenmeyen bir durum olması nedeniyle gerekli tesviye işlemlerinin yapılması uygun olacaktır.



(a)



(b)

Şekil 1. Baraj kretinde su birikintisi

Şekil 2'de baraj şevlerinde aşırı bitkilenmenin olduğu ve özellikle yağmurlama sisteminin kurularak sulandığı gözlenmiştir. Baraj şevlerinde bitkilenme nedeniyle vahşi hayvanların yuva yapmalarına neden olacağından ve şev malzemesinin ayrışmasına neden olacağından baraj kretinde ve şevlerinde bitkilenmeye müsaade edilmemesi gerekmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

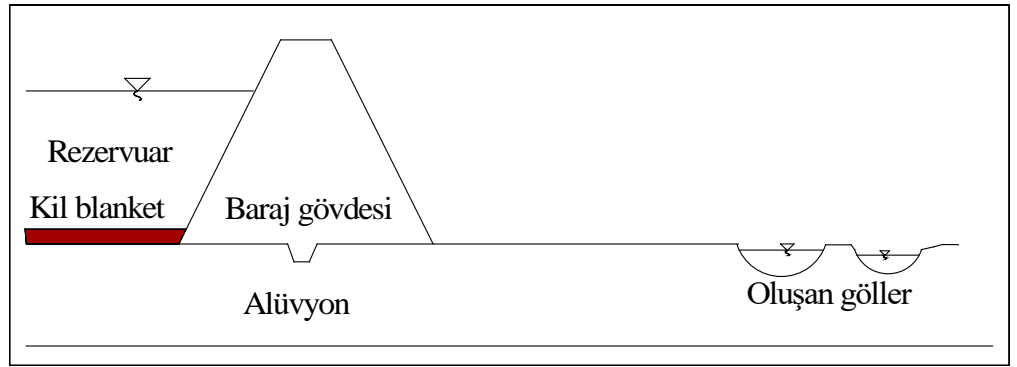
Şekil 2. Farklı baraj şevlerinde oluşan bitkilenme

Şekil 3'te bir barajın memba şevinde oluşan oturmalar görülmektedir. Barajda oluşan oturma ve kabarmaların zamana bağlı olarak izlenmesi önemlidir.



Şekil 3. Memba şevinin bozulmuş yüzey şekline ait bir görünüm

Şekil 4'te baraj temeli alüvyondur. Temelden kaçan su miktarını azaltmak için memba blanketi yapılmıştır. Yine de barajın mansap topuğunda yaklaşık 250 m sonra iki adet küçük göl oluşmuştur. Bu kaçak sularının zamana bağlı olarak izlenmesi barajın emniyeti açısından önemlidir.



Şekil 4. Baraj temelinden kaçan suların oluşturduğu su birikintileri

Şekil 5'te galeri içerisinde mevcut boru tesisatının görev yapamaz olduğu görülmektedir. Bu durumda gerekli bakım ve onarımın yapılması, çalışmayan ölçüm cihazlarının gerekli görülmesi durumunda yenilenmesi uygun olacaktır.



(a)



(b)

Şekil 5. Galerinin içerisinde bakımsız durumda tesisat



(a)



(b)

Şekil 6. Parapet duvarlarında oluşan çatlaklar

Şekil 6(a)'da bir ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj (ÖYBK) barajın parapet duvarındaki açılma görülmektedir. Bu açılmada su tutucu malzemenin yeterli kota kadar da çıkarılmadığı da görülmüştür. Bu açılmanın zamana bağlı olarak izlenmesi önemlidir. Şekil 6(b)'de ise beton gövde üzerine yerleştirilen sualma yapısının parapet duvarında bir açılma görülmektedir. Bunun da izlenmesi önem taşımaktadır.

Şekil 7'de dolusavakların bakım ve onarımı için baraj yakınında bulundurulmuş batardo kapakları görülmektedir. Bu kapaklar barajın radyal kapaklarının ön kısmında bulunan genellikle düz emniyet kapaklarıdır. Bu kapakların bakım ve onarımlarının periyodik olarak yapılması, vinç sisteminin çalışır durumda olması ve aralarında bitkilenmenin oluşumunun engellenmesi önem taşımaktadır.



Şekil 7. Batardo kapaklarından görünüm



Şekil 8. Farklı barajlara ait dolusavaklardan görünüm

Şekil 8(a)'da dolusavak boşaltım kanalı içerisinde büyük oranda kaya malzemenin aktığı görülmektedir. Sağ sahil tarafındaki yamaçta yeraltı suyunun yükselmesi ve drenaj edilememesi neticesinde yamaçta akma meydana gelmiştir. Boşaltım kanalından malzemelerin kaldırılmaması durumunda ve ani bir taşkın neticesinde maksimum taşkın debisinin deşarj edilmesi gerekliliği durumunda baraj emniyetinin büyük risk altında olacağı ifade edilebilir. Şekil 8(b)'de dolusavakın sağ sahil tarafındaki yan duvarın arkasında inşa esnasında bırakılan yaklaşık 0.50 m'lik kısmın dolduğu ve boşaltım kanalı içerisine malzeme aktığı görülmektedir. Şekil 8(c) ise dolusavak yaklaşım kanalı kaya malzemeler ile kaplanmıştır. Bu malzemelerin büyük debilerin deşarjı esnasında yerinden kopacağı ve eşik yapısının önünü tıkayarak akım yapısını bozacağı açıktır. Bu nedenle bu kısmın püskürtme beton ile kaplanması yararlı olacaktır. Şekil 8(d)'de dolusavaklarda su kaçakları ve uzun süre açılmamaları nedeniyle ogee kretinde, havalandırma kanallarında ve boşaltım kanalında beton derz aralarında bitkilenmeler oluşabilmektedir. Bunlar betonun zarar görmesine neden olacağı gibi havalandırma kanallarının dolması ile dolusavakta kavitezyon riskini arttıracığı söylenebilir.

Şekil 9'da bir barajın sol sahilde gevşek malzeme görülmektedir. Baraj rezervuarı çok küçük olması nedeni ile ani alçalma ve yükselme oluşacağı tahmin edilmektedir. Yamaçtaki malzemenin rezervuara akma riski nedeni ile yamaçın kaplanması yararlı olacaktır.



Şekil 9. Baraj gövdesine yakın sol sahilden görünüm

Şekil 10'da bir barajın cebri boruları görülmektedir. Cebri boruların ek yerlerindeki sızdırmazlıkların belirli periyotlarda kontrol edilmesi ve bakım ve onarımların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, cebri boruların boya işlemlerinin yapılması ve tabanında oluşan bitkilenmelerin de engellenmesi önem taşımaktadır.



Şekil 10. Cebri borulardan görünüm

Şekil 11(a)'da kaçak suların debisini belirlemek için bir açık kanala büzülmesiz bir savak yerleştirilmiştir. Nap yükünü belirlemek için kanal içerisine elektronik bir seviye ölçer monte edilmiştir. Bu tür ölçüm sistemlerinde doğru sonuçlar alınabilmesi savak önüne biriken katı maddelerin temizlenmesi ve oluşan bitkilenmesinin oluşumunun engellenmesi gerekmektedir. Şekil 11(b)'de kil çekirdekli bir kaya dolgu barajın kreline yerleştirilen ivmeölçer görülmektedir. İvmeölçerin koruma altına alınması, düz bir zemin oluşturulup üzerine yerleştirilmesi, yağış sularından etkilenmemesi için önlem alınması gerekmektedir.



(a)



(b)

Şekil 11. Ölçüm cihazları: (a) Elektronik su seviyesi ölçer, (b) İvmeölçer

3. Ölçüm Cihazlarından Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

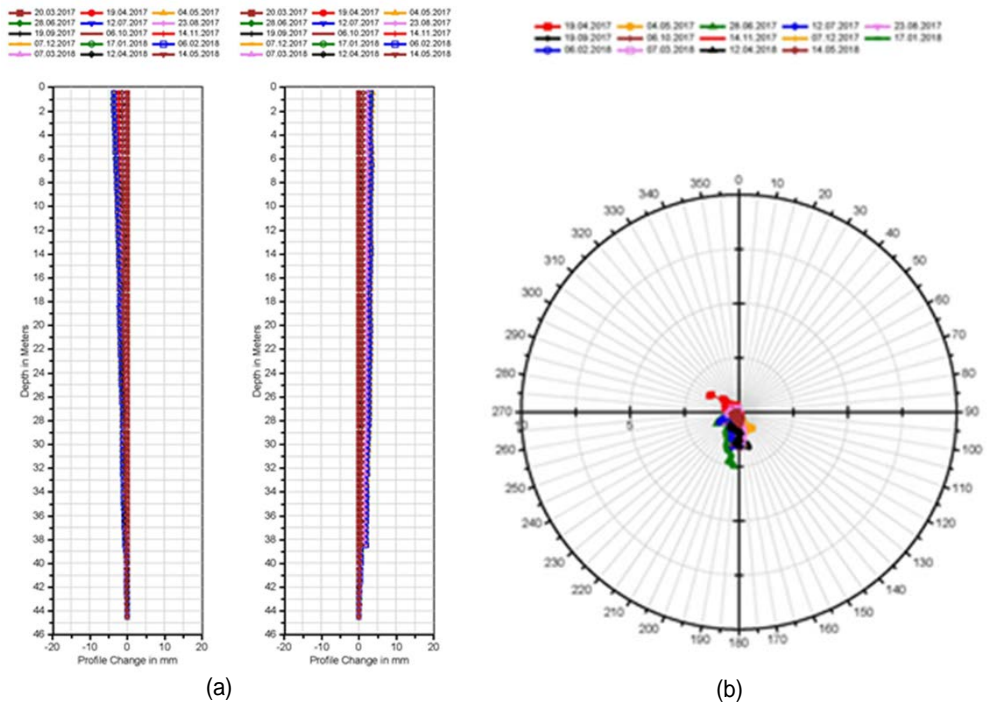
Barajların gövdesi içerisine, gövde üzerine ve ilave yapılarına çeşitli ölçüm cihazları yerleştirilmektedir. Bu şekilde barajların emniyeti kontrol edilebilmekte ve buradan öğrenilen tecrübeler, ileriki baraj inşaatlarında daha iyi tasarımların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Ölçüm cihazlarından sağlanan veriler kullanılarak aşağıda verilen grafiklerin çizilmesi mümkündür.

- Çökme ölçerden elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler
- Eğimölçerden elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler
- Piyezometre okumalarından elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler
- Ters sarkaç ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler

- Rockmetre cihazı ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler
- Zamana bağlı galerilerden, baraj gövdesinden ve tabandan kaçak sularının debilerine ait grafikler
- Sıcaklık ve iletkenlik ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler
- Zamana bağlı rezervuar su seviyesi değişimi grafiği
- Jeodezik okumalardan elde edilen veriler kullanılarak çizilen baraj kret oturmaları grafiği
- Jeodezik okumalardan elde edilen veriler kullanılarak çizilen baraj memba ve mansap şevlerinin zamana bağlı oturma/kabarma grafikleri

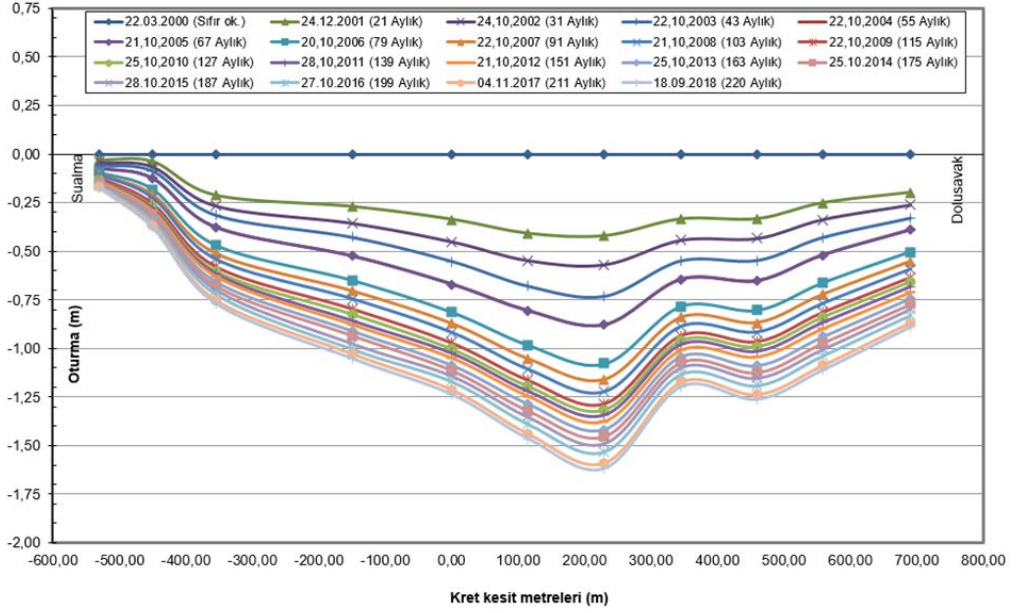
Bu grafiklerin sayısı arttırılabilir. Zamana bağlı olarak bu grafiklerden elde edilen bulgular tartışılabilir ve yorumlanabilir. Aşağıda, (Şekil 12 ve 13'de) örnek olarak iki adet farklı ölçme grafiklerinden söz edilmiştir. Şekil 12'de, Atatürk baraj gövdesinde tesis edilmiş inklinometre cihazlarından birisinde yapılan ölçüm sonuçlarına ait grafikler verilmiştir. Bilindiği gibi, inklinometre ölçümleriyle, baraj gövdesinde açılan düşey sondaj kuyularında, farklı kottardaki yatay hareketlerin zaman içindeki değişimleri izlenmektedir. Genel olarak kret eksenini doğrultusu B eksenine, buna dik doğrultu ise A eksenine olarak seçilir ve düşey doğrultuya göre bu doğrultulardaki değişimler belirlenmeye çalışılır. Aşağıdaki ilk iki grafikte düşey eksen, kuyu derinliği olarak, yatay eksen ise sırasıyla A ve B eksenleri olarak seçilmiştir (Şekil 12a). Üçüncü grafik ise, A ve B eksenleri doğrultusundaki değişimlerin bileşkesini ve doğrultusunu göstermektedir (Şekil 12b). Beklenmeye uygun olarak, üst kottarda daha fazla hareket geliştiği ve bunun da genelde memba-mansap doğrultusuna yakın ve mansaba doğru olduğu, grafiklerin incelenmesinden görülmektedir.



Şekil 12. İnklinometre kuyusu: (a) Profil değişimi grafiği, (b) Üst görünüm grafiği

Şekil 13'te ise, Atatürk Barajı kret eksenini boyunca, kretteki oturumları izlemek üzere yapılmakta olan prezisyonlu nivelman ölçme sonuçlarına ait bir grafik verilmiştir.

12 AYLIK PERİYOTLAR İÇİN KRET OTURMA GRAFİĞİ 18.09.2018



Şekil 13. Merkez kret oturmalarının aylık periyotlara göre değişimi

Söz konusu barajda, kil üst kotundaki değişimleri izlemek için kret merkezinde tesis edilmiş 12 adet nivelman noktası mevcuttur. Bu noktalar üzerinde periyodik olarak yapılan ölçmelerden, 2000 ve 2018 yılları arasındaki ve 12 aylık periyotlardaki ölçüleri değerlendirilerek değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Grafiğin incelenmesinden görülebileceği gibi, 18 yıllık süre içinde en büyük oturmanın yaklaşık 1.65 m ile +230 m kesit noktasında olduğu anlaşılmaktadır. Beklenmeye uygun olarak kret ortalarında ve akarsu yatağı civarında en fazla oturmanın gerçekleştiği görülmekte ve ayrıca, kret oturma hızının da giderek azaldığı anlaşılmaktadır.

Özet olarak, baraj gövdesi ve yakın çevresinde yapılan ölçmelerle, özellikle baraj gövdesindeki geometrik ve fiziksel değişimlerin belirlenmesi ve bunların proje öngörülerini uyumlu olup olmadığının irdelenmesi, baraj emniyeti ve baraj verimliliği bakımından önemli olmalıdır.

4. Baraj Emniyeti Ve Gözlemler İçin Genel Öneriler

- 1) 1) Yapılacak minimum bakım ve onarımlarla, daha sonra ortaya çıkabilecek masraflı tamiratlar önlenebilir.
- 2) Eski barajlarda ölçüm aletlerinin pahalı bir şekilde yenilenmesi yerine, mevcutların çalışır duruma getirilmesinin tercih edilmesi tavsiye edilir.
- 3) Ölçümleri yapacak teknik elemana sorumluluğunun anlatılması, faydalı olacağı için tavsiye edilir.
- 4) Barajlarda bulunan mevcut çökme röper noktalarının ve piyezometre yerlerinin tahrip olmaması ve kaybolmaması için temizlenmesi ve işaretlenmesi tavsiye edilir.
- 5) Yeni projelendirilen ve inşaatı yapılan barajlarda ölçüm aletlerinin sayısı ve veri alma türü günümüz şartlarına uygun ve ayrıntılı değerlendirmeleri yapabilecek seviyededir. Bu durumda en önemli husus baraj inşaatının tamamlanmasından sonra, bu verilerin düzenli okunması ve değerlendirilmesi ve değişimlerin sayısal ve grafik olarak sunulmasıdır. Bu işlem de yeterli sayıda ve belirli bilgi seviyesinde olan personelle mümkün olacaktır. Bu konuda gerekli tedbirlerin gözden geçirilmesi tavsiye edilir.
- 6) Birçok barajda eleman eksikliği veya sürekli eleman olmaması ve yetersiz imkânlar gibi sebeplerle ölçme işlerinin devam ettirilmesi ve iyileştirilmesi bazı barajlarda sağlanamamaktadır. Bu imkânların genişletilmesi, elde edilecek sonuçların daha ayrıntılı ve kullanılabilir olmasını sağlayacaktır. Özellikle, görevlilerden emekliye ayrılacak personelin yerine genç elemanların yetiştirilmesine önem verilmesi tavsiye edilir.
- 7) Barajlarda bitkilenmesinin önlenmesi ve temizliğin sağlanması bakımından, periyodik olarak baraj ve çevresinin bakım ve temizliğinin yapılması tavsiye edilir.
- 8) Barajlarda gözlemsel, jeoteknik ve jeodezik inceleme raporlarının belirli periyotlarda hazırlanması, bu raporlara göre yapılan iyileştirmelerin performansının takip edilmesi önem arz etmektedir. Aynı şekilde ölçme ve izleme alt yapısının bakımlı ve güncel tutulması tavsiye edilir.
- 9) Barajlardaki ölçme ve değerlendirme çalışmalarında özel sektörden de hizmet alımı yapılması faydalı olabilir.

- 10) Her bir baraj için bir baraj bilgi sistemi oluşturularak şimdiye kadar toplanan tüm bilgilerin uygun bir format içerisinde bu sistem içerisinde depolanması tavsiye edilir.
- 11) Yurdumuzdaki tüm barajlara ait toplanan ölçme verilerini, her bir baraj için değerlendirecek bir ortak yazılım sisteminin geliştirilmesi tavsiye edilir.
- 12) Barajların bakımı, ölçme verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi konusunda teknik elemanların idare içinde yıllık eğitimlere alınması tavsiye edilir.
- 13) Barajın yapısal emniyetinde tehlike olması durumunda kullanılması gereken dipsavak vanaların tüm barajlarda bakımlarının yapılması tavsiye edilir.
- 14) İnşa aşamasındaki barajlarda çalışmalar sırasında ölçüm alet kablolarının itina ile korunması ve belirli kotlardan alınacak ölçüm verilerinin raporlanması önerilir. Ayrıca, baraj bitiminde ölçüm aletlerinden ölçüm verileri alacak ve raporlayacak personelin inşaat aşamasından itibaren yetiştirilmesi uygun olur.
- 15) Yeni yapılmakta olan barajlarda oluşturulacak aletsel ölçüm sisteminin otomatik ve uzaktan erişimli olması önerilir.
- 16) Deformasyon ölçmeleri kapsamında, üç ayda bir kret nivelman ölçmelerinin yapılması ve yıllık periyotlarda da diğer obje noktalarında jeodezik ölçmeler yapılması ve baraj geometrisindeki değişimlerin izlenmesi oldukça önemlidir.
- 17) Her baraj için bir acil durum tahliye planı geliştirilmesi çok önemlidir.

5. Katkı Bildirme

Yazarlar, Tarım Bakanlığı Baraj Emniyeti İhtisas Komisyonu üyeleridirler. Tarım Bakanlığı'na, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne ve Bölge Müdürlükleri'nde destek veren personeline katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- Linsley R. K., Franzini, J. B., Freyberg, D.L., Tchobanoglous, G. (1992). Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Penman, A. D. (2017). Instrumentation, monitoring and surveillance: Embankment dams. Routledge.