

# Barajlarda Güvenlik, Acil Durum Planları ve Su Alarm Sistemleri

*Baraj güvenliği; yapısal güvenlik, baraj güvenliğinin sürekli izlenmesi, işletme güvenliği ve acil durum planlamasını içeren bütünlük bir kavramdır.*

Yazarlar: Martin Wieland ve Rudolf Mueller, Research Gate, Ocak 2009

Çeviren: Ercan Caner, Sun Savunma Net, 17 Ağustos 2021



## Özet

Acil durum eylem planları ve su alarm sistemleri, hizmet ömürleri süresince barajların idame ve geliştirilmesine katkı sağlayabilir. İyi tasarlanmış ve takip edilmiş dolgu ve beton bir barajın ömrü kolaylıkla 100 yıla kadar ulaşabilir. İsviçre’de; yapısal güvenlik, baraj takip ve izleme, baraj bakımı ile acil durum planlamasından oluşan bütüncül bir baraj güvenlik konsepti geliştirilmiştir.

Bir baraj son teknoloji ve bilgilere göre inşa edilse dahi, riskler ancak asgari seviyeye indirilebilir ve asla tamamen ortadan kaldırılamazlar. Baraj için ve/veya barajdan kaynaklanan tehlikeli bir durum ortaya çıktığında, derhal önceden hazırlanmış acil

durum eylem planı (ADEP) devreye girmelidir. Alınacak önlemlerin önceden belirlenmesi, hazırlanması ve denenmesi çok önemlidir. Acil Durum Eylem Planları, baraj sahipleri ve işleticileri ile sivil savunma yetkililerine, bir baraj arızası ya da suyun bir depolama alanından kontrolsüz akmasının ardından gelişen selin zararlarını asgari seviyeye indirmede yardımcı olur.

İsviçre’de modern su barajlarının inşası 135 yıl kadar önce başlamış ve 1970’li yıllarda fiili bir duraklama dönemine girmiştir. O tarihten beri çok az yeni büyük barajlar inşa edilmiştir. Bununla birlikte iki adet büyük kemer tipi baraj yükseltilmiş ve birkaç baraj da onarılarak eski haline getirilmiştir.

İsviçre’deki mevcut barajların ortalama yaşı yaklaşık 50 yıldır (Şekil-1). Hidroelektrik projeleri için devletin verdiği imtiyaz süresi genellikle 80 yıldır, bu nedenle; çoğunluğu nehirler üzerinde olmak üzere, birkaç eski enerji santrali imtiyaz süresinin uzatılması maksadıyla onarılarak eski haline getirilmiştir. Yenilenen enerji santrallerinin beklenen hizmet ömrü 160 yıl olacaktır. Yenilenen bütün elektrik santralleri günün mevcut tasarım ölçütleri ve güvenlik standartlarına uymak zorundadır.



*Şekil-1: Solda görülen 285 metre yüksekliğindeki 1961 yılında yapımı tamamlanan Grande Dixence barajı dünyanın en yüksek beton barajıdır. Sağda görülen 250 metre yükseklikteki Mauvoisin (Kötü Komşu) çift eğimli barajın yapımı ise 1957 yılında tamamlanmıştır. Her iki baraj da 50 yıldır kesintisiz olarak hizmet vermeyi sürdürmüştür.*

Yaşlanmanın yanı sıra ana endişeler; birçok barajın inşa edildiği yıllarda geçerli olmayan güvenlik ölçütlerinden olan; sel ve depremlere karşı güvenlidir. Uzun bir hizmet ömrü ve verim için gereken ise; barajlar ve ilave yapıların yapısal güvenliğidir.

Genel bir kural olarak bir barajın ömrü uygun bakım yapılmasına bağlıdır. Bunun anlamı ise bir barajın hizmet ömrünün oldukça uzun olabileceğidir. Bununla birlikte bir baraja uygun bakım yapılmaz ve genel durumu sürekli olarak izlenmez ise barajın hizmet ömrü beklentilerin çok altında kalacaktır. Bu durum; iç savaş ve 1990’lı yılların başlarındaki bağımsızlık zamanında yaşanan karışıklıklar esnasında durumu

izlenmeyen Gürcistan'daki 272 metre yüksekliğindeki Enguri kemer barajında yaşanmıştır. Dünyanın en yüksek kemer barajı olan Enguri örneği, bir barajın güvenliğinin çok hızlı kötüye gidebileceğini ve yeni bir barajın dahi birkaç yıl içinde güvensiz hale gelebileceğini göstermiştir.



*Barajlar ülke ekonomilerine büyük katkıları olan devasa ve etkileyici yapılardır.*

İyi tasarlanmış, iyi inşa edilmiş ve iyi muhafaza edilmiş, dolgu durumu izlenen beton bir barajın hizmet ömrü kolaylıkla 100 yıla kadar uzayabilir. Ancak; kapaklar ve valfler gibi bazı unsurlar 40 ile 50 yıl sonrasında değiştirilmek zorunda kalınabilir. Elektro-mekanik donanım ve elektronik kontrol ünitelerinin hizmet ömürleri ise daha kısadır ve bazı parçalar teknolojik olarak modaları geçtiğinde ve idame ettirilmeleri artık mümkün olmadığında, evlerde kullanılan bilgisayarlar gibi sık bir şekilde değiştirilmek zorunda kalınabilir.

Bu makalede, yapısal güvenlik, izleme güvenliği, operasyonel güvenlik ve acil durum planlamasını içeren dört ana unsurdan oluşan büyük barajların bütünsel güvenlik kavramı incelenecektir. İlk üç güvenlik unsuru herkes tarafından çok iyi bilinmektedir. Ancak acil durum planlaması hakkında bilinenler, alarm sistemleri ve halkın tahliyesi genellikle ordunun ya da sivil savunma otoritelerinin kontrolü altında olduğundan, ne yazık ki oldukça yetersizdir. Bunun nedeni ise barajların savaş zamanı düşmanın olası potansiyel hedefleri arasında yer alması ve teröristlerin yüksek hasar potansiyeli olan hedeflere büyük ilgi duymalarıdır.

## **İSVİÇRE'DE BARAJ GÜVENLİĞİ**

### ***Baraj Güvenliğinin Yasal ve İdari Yönleri***

22 Haziran 1877 tarihli İsviçre Federal Su Polisi Yasası; yetersiz bakım ya da savaşın etkileriyle, tesisin varlığından kaynaklanabilecek öfke ve zararı mümkün olabildiğince önlemek maksadıyla mevcut ve gelecekte inşa edilecek su toplama havzalarında gerekli adımların atılmasından Federal Konsey'i sorumlu kılmaktadır.



**Tablo-1 İsviçre Baraj Gözlem Altyapısı**

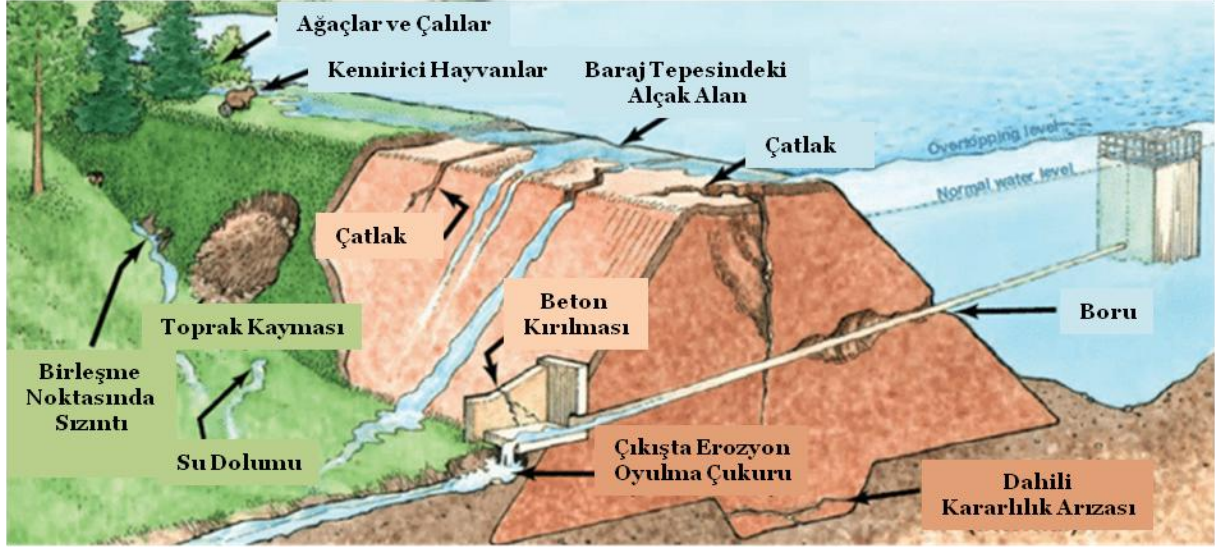
| Seviye | Sorumluluk                                              | Faaliyetler                                                                                                                     | Raporlar                                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Baraj sahibi (baraj emniyet mühendisi, teknik personel) | Düzenli gözle durum ve ölçümlerle davranış muayenesi. Savak ve dip çıkış kapı testleri.                                         | Kayıtların ve test protokollerinin izlenmesi.                                          |
| 2      | Deneyimli mühendisi (inşaat mühendisi)                  | Ölçülen veri ve gözlemlerin analiz edilmesi. Baraj yıllık muayenesi.                                                            | Durum ve ölçülen davranış yıllık raporu.                                               |
| 3      | Uzmanlar (inşaat mühendisi ve jeolog)                   | Beş yılda bir baraj muayenesi ve emniyet durumunun değerlendirilmesi.                                                           | Durum ve uzun vadede davranış raporu. Özel emniyetle ilgili soruların analiz edilmesi. |
| 4      | Baraj Emniyet Otoritesi                                 | Yerinde kontrol. Yıllık raporları ve uzman değerlendirmelerinin incelenmesi. Gerekli tedbirlerin uygulandığının teyit edilmesi. | Tedbir uygulanması gerektiğinde müdahale edilmesi.                                     |

Bu yasaya dayanılarak baraj güvenlik düzenlemesi oluşturulmuştur. Mevcut baraj güvenliği düzenlemesi 01 Ocak 1999 tarihinden beri yürürlüktedir ve önceki düzenlemelerin bir revizyonudur (Mouvet ve diğerleri, 2001). Baraj güvenlik düzenlemesinin herhangi bir baraja uygulanabilirliği; baraj yüksekliği ve rezervuar hacmi gibi geometrik kriterler ile akış yönünde, su altında kalacak olan bölgede meydana gelebilecek potansiyel zarara dayanmaktadır.

Düzenleme; baraj güvenlik otoriteleri, baraj sahipleri, baraj mühendisleri ve baraj uzmanları gibi baraj güvenliğinde rolü olan farklı tarafların görevlerini ortaya koymaktadır. Mevcut baraj güvenlik düzenlemesinin uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla; baraj güvenlik otoritesi tarafından aşağıda sıralanan kılavuzlar yayınlanmıştır:

1. Baraj güvenliği düzenlemelerine tabi barajlar için kriterler.
2. Barajların yapısal güvenliği.
3. Barajların sellere karşı güvenliği.
4. Barajların depremlere karşı güvenliği.
5. Barajların izlenmesi ve idamesi.

Su tutma yüksekliği 25 metreden fazla veya su tutma yüksekliği 15 metreden fazla ve depolama kapasitesi en az 50.000 m<sup>3</sup> olan veya su tutma yüksekliği 10 metreden az fakat depolama kapasitesi en az 100.000 m<sup>3</sup> olan ya da depolama hacmi en az 500.000 m<sup>3</sup> olan barajların yönetimi; bünyesinde özel baraj mühendisleri istihdam eden federal baraj güvenlik otoritesi tarafından yapılmaktadır. Daha küçük barajların güvenliği ise kantonların sorumluluğundadır.



Güvenlik otoritesi yeni baraj yapım projelerinin yanı sıra mevcut barajların onarım ve yenileştirme projelerini de incelenmesi ve onaylanmasından sorumludur. Bu nedenle baraj sahibi projesiyle ilgili çizimleri, analiz ve tasarım raporlarını ve jeoteknik ve hidrolojik inceleme rapor sonuçlarını onay maksadıyla otoriteye sunmak zorundadır. İnşa faaliyeti son tasarım onayı verilene kadar başlamaz.

Baraj güvenlik otoritesi, inşaat esnasında da muayene ve kontrollerini rutin bir şekilde yaparak faaliyetin onayladığı plana uygun olarak yapılmadığını denetler. Baraj güvenlik otoritesi yaptığı bütün denetlemelerde elde ettiği bulguları kayıt altına alır.



İnşa edilen bir barajda ilk su tutulması da baraj güvenlik otoritesinin onayını gerektirmektedir. Baraj otoritesi, barajın bütün faaliyeti esnasında da baraj sahibi, deneyimli mühendis ve uzmanların gözetiminden sorumlu gözetim organizasyonunu da denetlemektedir. Deneyimli mühendis tarafından yıllık hazırlanan raporların yanı sıra uzmanlar tarafından beş yılda bir yapılan değerlendirmeler ve baraj durum ve davranış raporları da gecikmeksizin baraj güvenlik otoritesine bildirilir. Gözlemler ve yapılan kontroller sonucu elde edilen veriler derhal tedbir alınmasını gerektirdiği durumlarda gecikmesizin yerine getirilirler.



*Şekil-2: 21 Haziran 1990 tarihinde meydana gelen 7.5 büyüklüğündeki Manjil depremi esnasında hasar gören İran'daki payandalı Sefid Rud barajın onarım ve güçlendirilmesi: solda barajın akış yönündeki arazinin kuşbakışı görünümü, 25 adet payanda, blok başına 100 MN (mili Newton) kapasiteli kaya ile güçlendirilmiştir.*

### ***Baraj Güvenliği Kavramının Temel Unsurları***

Bütün güvenlik kavramlarının iki ana hedefi bütün risklerin azaltılması ve kalan riskin en iyi olası yöntemle yönetilmesidir. (Biedermann 1997). Bu hedeflere ulaşmak maksadıyla İsviçre'de aşağıdakileri unsurları içeren bütüncül bir baraj güvenlik konsepti oluşturulmuştur:

- i. Yapısal güvenlik,
- ii. Barajın izlenmesi ve idamesi,
- iii. Acil durum planlaması.

#### ***i) Yapısal Güvenlik***

Risklerin asgari seviyeye indirilmesi barajın uygun tasarım ve inşasını gerektirmektedir. Bunun anlamı ise tasarımın (tasarım ölçütleri ve konseptleri) periyodik olarak gözden geçirilerek en son teknolojiye göre yapısal güvenliğin garanti altına alınmasıdır. Şekil -2'de; tasarım ölçütlerine oranla çok daha şiddetli depremlere maruz kalan İran'da bulunan payandalı tip Sefid Rud barajı görülmektedir. Bu barajın tasarımında kullanılan sismik tasarım ölçütü ve dinamik analizler günümüzde artık geçerliliğini yitirmiştir.

#### ***ii) Barajın İzlenmesi ve İdamesi***

Bir baraj en son bilgilere göre inşa edilse dahi riskler azaltılabilir ancak tamamen ortadan kaldırılamazlar. Bu nedenle; düzeltici tedbirlerin alınması işlemlerin uygulanması maksadıyla; anormal davranışlar, hasar, yapısal güvenlikteki sorunlar ve yeni tip tehditler ve tehlikelerin mümkün olan en kısa sürede tespit edilmesi gerekmektedir. Bunu başarabilmek için barajın periyodik muayenelerinin yapılmasının yanı sıra periyodik güvenlik değerlendirmeleri de yapılmalıdır. Periyodik güvenlik muayeneleri; barajın uzun vadede davranışını kontrolün yanı sıra yapısal güvenliğin teyit edilmesi maksadıyla da kullanılır. İsviçre'de kullanılan baraj



gözlem sistemi Tablo-1’de sunulmuştur. Barajın gözlem altında tutulmasında ve baraj güvenliğinin izlenmesinde görevi olan farklı tarafların sorumlulukları aşağıda açıklanmıştır.



**Baraj Sahibi:** Baraj sahibi barajı daima iyi durumda muhafaza etmekten sorumludur. Baraj sahibi bu maksatla barajı sürekli olarak izleyecek bir organizasyon kurmak zorundadır. Baraj sahibi tarafından oluşturulan teknik ekip barajı gözle düzenli olarak izler ve haftalık veya aylık ölçümleri yapar. Otomatik olarak kaydedilen ölçümler ayda bir elle yapılan ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılır. Baraj teknisyeni yılda en az bir kez çıkış kapaklarının operasyonel hazırlık durumunu kontrol eder. Gözlemler ve alınan ölçümlerin sonuçları baraj sahibi tarafından belirlenen deneyimli bir mühendise iletilir.

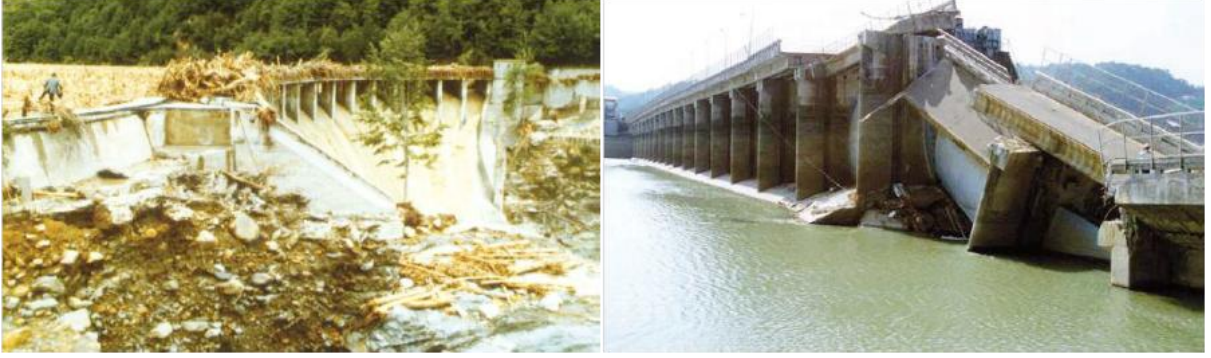
**Deneyimli Mühendis:** Deneyimli mühendis sürekli olarak gözlem sonuçlarını kontrol eder, barajın yıllık değerlendirmesini yapar ve barajın davranışları ve durumuyla ilgili yorumlarını yıllık bir raporda bir araya getirir. Deneyimli mühendis baraj sahibine teknik danışmanlık görevini de yürütür.

**Uzmanlar:** En az 40 metre yüksekliğinde rezervuar alanı olan veya 10 metre yükseklik ve en az bir milyon m<sup>3</sup> dolum alanı olan büyük barajlar her beş yılda bir belirlenmiş uzmanlar tarafından kapsamlı bir güvenlik incelemesine tabi tutulmalıdır. İnşaat mühendisleri ve jeologlardan oluşan uzmanlar baraj güvenlik otoritesi ile bir anlaşma dâhilinde görev yaparlar.

**Baraj Güvenlik Otoritesi:** Baraj güvenlik otoritesi, deneyimli mühendislerin yıllık raporlarının yanı sıra her beş yılda bir yapılan uzman değerlendirme raporlarını da inceler. Baraj güvenlik otoritesi ayrıca yerinde denetlemeler de yapar ve yıllık ile beş yıllık raporlarda belirtilen tavsiyelere uyulup uyulmadığını ve tedbirlerin alınıp alınmadığını da inceler.

### iii) Acil Durum Planlaması

Baraj için öncen belirlenmiş bir tehlike söz konusu olduğunda acil durum, acil durum planlama konseptine göre yönetilir. Alınacak tedbirlerin önceden hazırlanması çok önemlidir. Bu önlemler; bir strateji ve acil durum planlarından oluşmaktadır. Bir barajın yıkılması durumunda potansiyel olarak sular altında kalacak olan bölge belirlenmeli ve bir taşkın haritasında gösterilmelidir.



*Şekil-3: Doğal ortamdan kaynaklanan ve barajlara hasar veren tehlikeler: Solda yüzen enkaz tarafından savak tıkanması nedeniyle 1978 yılında taşan İsviçre’de bulunan Palagnedra barajı, sağda ise Tayvan’da meydana gelen 1999 Chi-Chi depreminde meydana gelen fay hareketinde iki kapağı hasar gören Shih-Kang barajı görülmektedir.*

Bu harita, sular altında kalacak olan bölgedeki halkın tahliyesinin planlanmasını sağlar. Diğer acil durum önlemleri ise alarm cihazlarının kurulumu veya en azından spesifikasyonlarının belirlenmesini ve halkın tahliyesini sağlamak maksadıyla yapılacak organizasyonel faaliyetleri içermektedir. Acil durum stratejisinde üç tehlike seviyesi tanımlanır. Her tehlike seviyesi için belirli teknik ve operasyonel hususların yanı sıra acil eylem faaliyetleri tanımlanır.

### **BARAJ GÜVENLİĞİ, BARAJ ARIZALARININ SONUÇLARI VE RİSK AZALTILMASI İÇİN TEDBİRLER**

Günümüzde büyük zarar görme potansiyeli olan geniş depolama alanlı barajlar ile nükleer tesisler için kapsamlı bir güvenlik konsepti geliştirilmiştir. Barajlar için oluşturulan kapsamlı güvenlik konsepti aşağıdakileri içermektedir:

- i. Yapısal güvenlik,
- ii. Baraj güvenlik izlemesi,
- iii. Operasyonel güvenlik ve bakım,
- iv. Acil durum planlaması.

Tasarım mühendislerinin genellikle önde tuttıkları yapısal güvenlik olmakla beraber, büyük depolama alanı olan kritik altyapılarda yapısal güvenlikten çok daha fazlası söz



konusudur ve baraj güvenlik izlemesinin yanı sıra acil durum planlamasını da kapsamalıdır. İsviçre baraj güvenlik konseptinde özel olarak değerlendirilmeyen operasyonel güvenlik de göze alınması gereken önemli bir husustur. Buna tipik olarak Aralık 2005’de arıza yapan Tauk Sauk üst rezervuar pompa depolama planının arızalanmasıdır.



*Tauk Sauk depolama alanının arıza öncesi ve sonrası görünümü*

Bir baraj arızasının sonuçları arasında insanların hayatlarını kaybetmesi, çevreye verilen zararlar, sel altında kalan bölgelerdeki mülk zararları, altyapı hasarları, elektrik üretiminin durması, sosyo-ekonomik ve politik etkiler yer almaktadır. Bu sonuçlar alınacak yapısal ve yapısal olmayan önlemlerle azaltılabilir. Yapısal önlemler esas olarak; sel güvenliği, deprem emniyeti ve tesisin koşulları gibi barajın güvenliği ile ilgili tedbirlerdir.

Yapısal olmayan önlemler ise; normal ve anormal şartlarda depolama alanının emniyetli işletme talimatları, acil durum eylem planı uygulamaları, su alarm sistem uygulamaları, personelin eğitimi, sorun teşkil edebilecek durumlarda su seviyesinin düşürülmesi, periyodik güvenlik kontrolleri, anormal acil durumlarla başa çıkmak için yedek mühendislik planları kara kullanım planı (siyasi karar), sigorta kapsamı, üçüncü taraflara verilen zararların tazmini (ekonomik kayıplardan koruma) gibi hususları kapsamaktadır. Yapısal olmayan önlemler genellikle yapısal önlemlerden çok daha etkilidir.

## **İSVİÇRE’DE ACİL DURUM PLANLAMASI**

Acil durum prosedürleri yetkililer ve halkın nasıl ikaz edileceğini içeren bir plandan ibarettir (Pougatsch ve diğerleri, 1998). Baraj sahibi, sular altında kalacak olan yerleri, depreşim dalga seviyesi ve sel dalgasının varış zamanını gösteren bir sel dalgası taşkın haritası hazırlamalıdır.

2 milyon m<sup>3</sup> ‘ten daha fazla depolama kapasitesi olan barajların yakın bölgesi olarak adlandırılan alanlarında bir su alarm sisteminin bulunması zorunludur. Bu bölge sel ve/veya taşkın sonrası en fazla iki saat içinde sular altında kalacak olan bölgedir. Bu

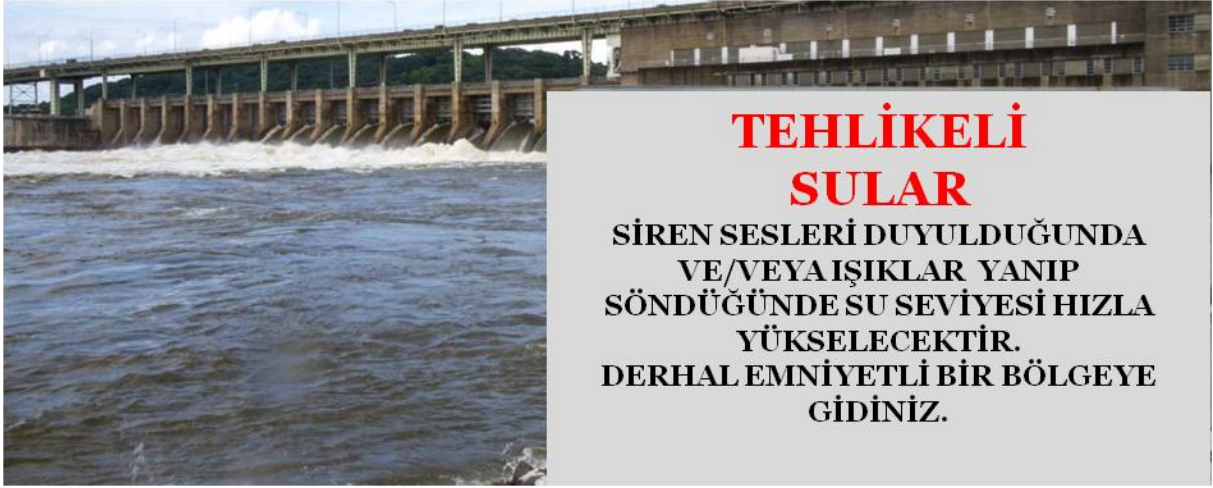
yaklaşık olarak barajın aşağısında kalan 30 kilometrelik bir mesafeyi kapsamaktadır. Su alarm sistemi, barajdan direkt olarak aktif hale getirilebilen özel sirenlerden oluşmaktadır.



Bozkurt ilçesinde meydana gelen sel ve taşkın felaketi hakkında açıklama yapan Tarım ve Orman Bakanı Bekir Pakdemirli; "Burada HES'le alakalı bir problem yok. Regülâtör kapakları, taşkın esnasında açılıyor, ondan patladı, diyorlar ama böyle bir durum söz konusu değil. Genelde HES'ler bu işin sebebi yerine genelde bana göre mağduru oluyor" ifadelerini kullanmıştır. Haritada sel ve taşkınlarda mağdur konumuna düşen hidroelektrik santraller görülmektedir.

Baraj alarm sistemi, baraj sahibi tarafından sürekli faal tutulmalı ve düzenli olarak test edilmelidir. Sular altında kalan sahanın geri kalan kısmı olan uzak alanlarda alarm genel sivil savunma sirenleriyle çalınır. Bu alarm sistemi kantonlar tarafından kurulur ve işletilir. Aslında yeni nesil sirenler hem su alarm hem de genel alarm görevi yapabilecek durumdadırlar.

Küçük su altında kalacak sahaları olan daha küçük barajlarda su alarm sistemleri sivil savunma genel alarm sirenleri kullanılarak duyurulur. Kantonlar ve belediyeler acil durum direktiflerinin hazırlanması ve yayınlanmasıyla halkın tahliye edilmesinden sorumludur.



Sular altında kalacak sahaları gösteren haritalar bir anlamda acil durum planlaması maksadıyla kullanılmakta, bir anlamda da özel bir baraj için düzenlemelerin uygulanabilirliğini tanımlamaktadır. Sel dalgasının yoğunluğu, su derinliğiyle birlikte akış hızı olarak tanımlanır ve Tablo-2’de verilen limit değerleri esas alınarak değerlendirilmelidir.

### **ACİL DURUM EYLEM PLANLARI**

Acil durum eylem planının ana hedefi insan hayatını kurtarmaktır. Baraj sahibinin ekonomik kayıpları ve sular altında kalanların kayıpları sigorta ile ödenebilir. Acil Durum Eylem Planları (ADEP) baraj sahibi ve işletmecisiyle barajın neden olduğu selin sonuçlarını asgari seviyeye düşürmek isteyen acil durum otoritelerine yardım etmek maksadıyla hazırlanır. ADEP, sorumlu personele acil durumları tanımlama, izleme, tepki gösterme ve zararlarını asgariye indirme konularında rehberlik eder.

ADEP, acil durumlarda ya da güç santralinin güvenliğini etkileyen beklenmedik durumlarda kimin, ne zaman, nerede ve neler yapacağını ayrıntıları ile ortaya koyar. ADEP; düzenli olarak ve barajın güvenliğini etkileyen önemli olayların ardından güncellenmelidir. Esas olarak baraj sahibi, güvenlik durumunun izlenmesi, işletme el kitapları, bakım, onarım ve yenileştirmeler yoluyla barajı sürekli olarak güvenli durumda muhafaza etmekten sorumludur.

Acil bir durumda baraj sahibi uygun alarm seviyelerinin izlenmesi ve belirlenmesinden, halkın uyarılmasından, barajda acil durum eylemlerinin yerine getirilmesinden, acil durumun ne zaman ortadan kalktığını belirlemekten ve bütün faaliyetleri kayıt altına almaktan sorumludur. Acil bir durumda baraj sahibi, etkilenen halkı uyarma ve tahliyeden sorumlu olan yetkililere derhal durumu bildirmek zorundadır. Sular altında kalması muhtemel bölgelerde yaşayan insanlar özel su alarm sistemleri ile ikaz edilirler.



| <b>Tablo-2: Tehlike Seviyeleri &amp; Sel Dalgalarının Yüksekliği</b>                                                                              |                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tehlike Seviyeleri &amp; Akıntı Yoğunluğu</b>                                                                                                  | <b>Tehlike Seviyeleri Aşıldığında Uygulanacak Baraj Emniyet Kuralları</b>                                       |
| <b>Yüksek Tehlike</b><br>$h > 2$ metre veya<br>$v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{saniye}$                                                          | Büyükleri dâhil bütün binalar, tren vagonları, yolcu araçları ve kamp yerlerindeki insanlar tehlike altındadır. |
| <b>Orta Tehlike</b><br>$2 \text{ metre} \geq h > 1$ metre veya<br>$2 \text{ m}^2/\text{saniye} > v \cdot h > 1 \text{ m}^2/\text{saniye}$         | Binalar, yolcu araçları ve kamp merkezlerindeki insanlar tehlike altındadır.                                    |
| <b>Hafif Tehlike</b><br>$1 \text{ metre} \geq h > 0.5$ metre veya<br>$1 \text{ m}^2/\text{saniye} \geq v \cdot h > 0.5 \text{ m}^2/\text{saniye}$ | Yolcu araçları içindeki ve kamp merkezlerindeki insanlar tehlike altındadır.                                    |
| <b>Düşük Tehlike</b><br>$h \leq 0.5$ metre veya<br>$v \cdot h \leq 0.5 \text{ m}^2/\text{saniye}$                                                 | Tehlike kuralları geçerli değildir.                                                                             |
| $H = \text{Su Derinliği}, v = \text{Akıntı Hızı}$                                                                                                 |                                                                                                                 |

Tahliye planlamasının temeli; barajın ani yaşanan bir acil durum gibi en kötü arıza senaryosunda sular altında kalacak alanda meydana gelecek sel dalgasının analizidir. İlave olarak taşkın dalgasının varış zamanı, akış hızları ve su derinliği de bu tür bir analizden elde edilen sonuçlardır. Genel bir kural olarak, bir sel dalgasının 30 kilometreye ulaşması için yaklaşık iki saat sürmektedir. Acil Durum Eylem Planı aşağıda sıralanan birkaç bileşen ve görevden oluşmaktadır:

**Tehlike Sınıflandırması** – Tehlike sınıflandırması tesisin güvenliğini etkileyebilecek tehlike tiplerinin belirlenmesidir. Tehlikeler; Şekil-3’de görüldüğü gibi seller, fırtınalar, depremler, dâhili erozyon gibi doğal olaylar ve süreçlerle, kapak sıkışması, izleme donanımının arızalanması gibi güvenlikle ilgili hidro-mekanik ve elektro-mekanik donanımın çalışmasıyla ve sabotaj ve terör gibi insanlar tarafından bilerek verilen zararlar ile ilişkilendirilebilir.

**Acil Durum Sınıflandırması** – Acil durum sınıflandırması; bir olay veya bir izleme cihazı ya da mekanik/elektrikle çalışan parçanın olağandışı davranışının ciddiyetinin belirlenmesidir. Dâhili Uyarı, Gelişen Durum ve Olması Muhtemel Durum olmak üzere üç acil durum sınıflandırması bulunmaktadır. Acil durumun şiddet düzeyinin değerlendirmesine yardımcı olmak amacıyla barajın özellikleri ve çevreye bağlı olarak tesisten tesise farklılıklar gösteren bir değerlendirme matrisi hazırlanabilir. Örnek bir değerlendirme matrisi Tablo-3’de sunulmuştur.

Olağandışı bir olayın görülmesi veya böyle bir durum hakkında bilgi alınmasının ardından; harici yardıma ihtiyaç duyulup duyulmadığı ve halka, binalara veya çevreye tehdit oluşturan olumsuz etkilerin olup olmadığı değerlendirilmelidir. Durumun

aciliyeti, bir olayın ciddiyetini belirleme ve sınıflandırmada ana faktördür. Aşağıda sıralanan alarm seviyeleri belirtilen acil durumlarda uygulanabilir:

i) Olağandışı bir durum hakkında verilen dâhili alarm ardından yapılması gerekenler baraj çalışanları tarafından yerine getirilebilir. Tipik dâhili alarm senaryolarına örnek olarak; selin büyüklüğü ve potansiyel tehlikeleri hakkında bilgi almadan yapılanlar ve sıvı basıncı, drenaj tesislerinden boşalma ya da yapıların yer değiştirmesi gibi belirli göstergelerdeki okumaların önceden belirlenen limitleri geçtiğinde ve anormal okuma sonuçları gözlemlendiğinde yapılan alarmlar verilebilir.

ii) Gelişen durum, gözlemlenen olayın açık bir şekilde barajın ve suyun akış yönünde yaşayan halkın can güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturma eğiliminde olmasıdır. Bu aşamada gelişen durumun kontrol altına alınıp alınamayacağı henüz bilinmemektedir.

iii) Yakın tehlike durumu artık olayın gelişiminin veya tehdidin durdurulamayacağını ancak, örneğin halkın tahliye edilerek zarar ve sonuçlarının hâlâ hafifletilebileceği durumdur.

Meydana gelen olayın duyurulması veya haber verilmesi; olağandışı olayın ciddiyetine bağlı olarak, sadece dâhili olarak ya da hem dâhili hem de harici olarak yapılabilir. Olayın harici olarak duyurulması acil durum eylem planının uygulanmasından sorumlu olan yetkililerin haberdar edilmesi anlamına gelmektedir. İlgili taraflar ile tesisin yönetici kadrosu arasında bilgi akışını gösteren önceden hazırlanmış bildirim çizelgeleri unutmama ve karışıklıkları engelleyerek iletişimi kolaylaştırır. Olağandışı olaya dâhili olarak yapılacak eylemler ise çalışan personelden oluşturulan bir Acil Durum Görev Grubu (ADGG) tarafından gerçekleştirilir.



*Solda Bulgaristan ülkesinin en büyük rezervuarı olan Iskar Rezervuarı görülmektedir. Iskar nehri üzerindeki rezervuar başkent Sofya'nın su ihtiyacının üçte ikisini karşılamaktadır. Toplam hacmi 673 milyon m<sup>3</sup> olan rezervuarın 580 milyon m<sup>3</sup> kadarı kullanımda geri alanı rezerv olarak tutulmaktadır. Deniz seviyesinden 820 metre yükseklikte olan barajın uzunluğu 204 metre ve yüksekliği 76 metredir. Su baskını ve sel tehlikesini ortadan kaldırmak amacıyla birçok ülkede çok sıkı hidroelektrik baraj kural ve yasaları uygulanmaktadır. Barajların*

tasarım ve yapım faaliyetlerine büyük çabalar harcanırken teknik veya insan hatasında rezervuardan kontrolsüz su akışını engellemeye yönelik çabalar nispeten daha azdır. Bir barajın patlaması bütün nehir vadisinde su baskını ve sele neden olabilir ve azgın sular potansiyel olarak önlerine çıkan köy ve kasabaları haritadan silebilir. Iskar Rezervuarı gibi büyük yapılar, mahalli halk için çok büyük bir risk kaynağıdır. Bulgaristan yetkilileri herhangi bir acil durumda halkı uyarmak için su alarm sirenleri kullanmaktadır. Ortada görülen haritada 1'inci siren Iskar Barajı yakınında 12 metre yükseklikte bir direk üzerine monte edilmiştir. 2'nci siren rezervuarın akıntı yönündeki Dolni Pasarel köyünde belediye binası üzerine, 3'üncü siren Kokaļane Barajında 6 metre yükseklikteki bir direk üzerine, 4'üncü siren ise Kokaļane köyünde belediye binası üzerine monte edilmiştir. Solda, Iskar Rezervuarı akış istikametinde yaşayan insanların acil bir durumda hayatlarını kurtarmak amacıyla yerleştirilen siren görülmektedir.



Dr. R. Demirtaş'a ait çizimde; Bozkurt faciasına neden olan hatalı düzenlemeler gösterilmektedir. Google Earth haritası üzerine yerleştirilen Taşkınovaşına ait bilgilere bakıldığında; 400 metre yatak genişliği ve ortalama 40 metre yatak derinliği olan Ezine Çayının 15 metre içine hapsedilmeye çalışıldığı görülmektedir.

## SU ALARM SİSTEMLERİ

İsviçre'de 65 adet baraj su alarm sistemleriyle donatılmıştır. İlk su alarm sistemlerinin barajlara yerleştirilmesi 50 yıl kadar gerilere uzanmaktadır. Su alarm sistemlerinin barajlara yerleştirilmesinin arkasındaki güç İsviçre ordusudur. İsviçre ordusu, İkinci Dünya Savaşı esnasında Almanya'da yaşanan birkaç büyük barajın tahrip edilmesinin ardından yaşananlara karşı bir tedbir geliştirmek amacıyla barajlara su alarm sistemlerinin yerleştirilmesini talep etmiştir. Barajlara su alarm



sistemlerinin takılma ihtiyacı savaş esnasında yaşanabileceklere tedbir almak maksadıyla doğmuş olsa da zaman içinde bu durum değişmiş ve savaş zamanı dışında da özellikle barajlar ve su depolama alanlarının akıntı yönünde yaşayan halkı korumak maksadıyla kullanılmaları bir zorunluluk haline gelmiştir.

Barajlara yerleştirilen su alarm sistemleriyle ilgili problemlerden bir tanesi; günümüzde birçok barajın 7/24 gözetlenmemesidir. Özellikle uzak yerlerde, kış aylarında baraj tesislerinde hiç kimse bulunmamaktadır. Bu nedenle, acil durumlarda barajlara ulaşmak ayrı bir lojistik problemidir. Ağır yağmur esnasında veya bir deprem sonrasında yollar geçilmez hale gelebilir.

Su alarm sistemleri yanlış alarmları engellemek maksadıyla genellikle standby durumunda muhafaza edilmekte ve önceden belirlenmiş bir alarm seviyesine ulaşıldığında aktif hale getirilmeleri gerekmekte, bu da sadece manuel olarak yapılabilir. Sadece sirenler aktif modda olduklarında ve önceden belirlenen bir alarm seviyesine ulaşıldığında bir barajın çökebileceği ve ardından belirli bir akustik sinyalin devreye girmesi beklenmelidir.



*Toddbrook Rezervuarı (solda): Barajın hasar görmesinin ardından, yetkililerin sellerin devam edebileceği yönündeki uyarısı üzerine, İngiliz polisi binlerce insanı hayatlarını kurtarmak maksadıyla bölgeden süratle tahliye etmiştir. Sağda ise 17 Temmuz 2020 günü alınan fotoğrafta Çin'in Hubei Eyaletindeki Yichang yakınlarındaki Yangtze Nehri üzerindeki Three Gorges Barajı'ndaki savaklardan su akışı görülmektedir. Kaynak: Wang Gang/Xinhua.*

İsviçre'de; sel dalgasının iki saat içinde kat edeceği alan olarak tanımlanan yakın saha ile bu limitin ötesinde kalan saha arasında bir ayırım yapılmıştır. Baraj sahipleri yakın sahaya su alarm sistemleri yerleştirmekten sorumludur, normal sivil savunma sirenleri ise uzak sahada kullanılırlar. Şans eseri bugüne kadar insanların tahliyesini gerektiren bir acil durum ile karşılaşılmamıştır. Yetkililer ve baraj sahipleri tarafından yıllık tahliye tatbikatları yapılmakta ve cihazların işlerliği kontrol edilmektedir.

Su alarm sistemlerinin baraj sahipleri ve yetkililerin güvenilirliğine, büyük barajların akış yönünde yaşayan halkın güvenliği konusunda duyarlı olduklarını göstererek, önemli ölçüde katkı sağladıkları aşikârdır.

| Tablo-3 Tehlike Matrisi & Koruyucu Tedbirler                    |                    |                                  |                              |         |                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------------|---------|----------------------|
| TEHLİKELER                                                      | KORUYUCU TEDBİRLER |                                  |                              |         |                      |
|                                                                 | Rehabilitasyon     | Su Seviyesinin Kısmi Düşürülmesi | Rezervuarın Tam Boşaltılması | Tahliye | Olay Sonrası Tahliye |
| <b>Doğal Tehlikeler</b>                                         |                    |                                  |                              |         |                      |
| <b>Seller</b>                                                   | A                  | B                                | C                            |         |                      |
| <b>Buz Problemleri</b>                                          | A                  |                                  |                              |         |                      |
| <b>Depremler</b>                                                |                    |                                  |                              |         | C                    |
| <b>Fırtına ve Şimşek</b>                                        | A                  |                                  |                              |         |                      |
| <b>Yapısal Tehlikeler</b>                                       |                    |                                  |                              |         |                      |
| <b>Anormal Gösterge Okumaları</b>                               | A                  | B                                |                              | C       |                      |
| <b>Savak Kapı ve Donanım Arızaları</b>                          |                    |                                  | C                            | C       |                      |
| <b>Bağlantı Arızaları</b>                                       | A                  |                                  |                              | C       |                      |
| <b>Yapının Diferansiyel Hareketi</b>                            | A                  | B                                | C                            | C       |                      |
| <b>Boru ve Sızıntı Hatlarının Dolması</b>                       | A                  | B                                | C                            |         |                      |
| <b>Elektriki/Mekanik Arızalar veya Güç Ünitesinin Kapanması</b> | A                  |                                  |                              |         |                      |
| <b>İnsan kaynaklı Tehlikeler</b>                                |                    |                                  |                              |         |                      |
| <b>Yangın</b>                                                   | A                  | B                                |                              |         |                      |
| <b>Petrol veya Tehlikeli Madde Salınımı</b>                     | A                  |                                  |                              |         |                      |
| <b>Suç Faaliyeti, Sabotaj, Terör</b>                            |                    | B                                |                              |         | C                    |
| <b>İnsan hatası</b>                                             | A                  |                                  |                              |         |                      |

Acil Durum Sınıflandırması: A- Dâhili Uyarı, B-Gelişen Durum, C-Yakın Tehlike

Teknoloji son yıllarda çok hızlı gelişmiş ve su alarm sistemleri de teknolojiye bu hızlı değişimden başta donanım ve haberleşme olmak üzere büyük ölçüde faydalanmıştır. Sular altında kalacak olan bölgeler nasıl değişmiyor ise su alarm sistemleri de değişmemektedir, fakat teknolojiye yeni gelişmelerle ilave ikaz sistemlerine (sirenler) ihtiyaç duyulabilir.



*Şekil-4: Solda tahliye yönlerini de gösteren Zürich kenti sel haritası (hasar gören Sihlsee barajı Zürich'ten 30 kilometre uzaklıktadır), ortada su alarm sireni, sağda ise bir genel alarm sireni görülmektedir.*

Sihlsee barajının taşma olasılığına karşı Zürich kenti halkına dağıtılan bir broşür örneği Şekil-4'te görülmektedir. Broşürde olası taşma durumunu gösteren haritada tahliye/kaçış istikametleri gösterilmiş ve su alarm sireni ile genel alarm sireni örnekleri yer alan broşür, felakete hazırlıklı olması ve acil bir durumda hayatlarını kurtarabilmeleri için Zürich kenti halkına dağıtılmıştır.

## SONUÇLAR

Acil durum planlaması ve büyük bir barajın akış yönü istikametindeki bölgelere su alarm sistemlerinin yerleştirilmesi insanların hayatlarını kurtarmak için bir zorunluluktur. Bir baraj yapısal olarak ne kadar sağlam ve güvenli olursa olsun doğadan veya insan hatalarından kaynaklanabilecek olaylar arızalar ve felaketlere neden olabilir. Acil durum planlamasının etkili olabilmesi için etkilenen halk planlamaya dâhil edilmeli ve acil bir durumda neler yapması gerektiği konusunda bilgilendirilmelidir. İsviçre'deki barajlara ilk su alarm sistemleri 50 yıl kadar önce yerleştirilmiştir.

Su rezervleri ve nehir üstü tesisler için hazırlanan Acil Durum Eylem Planı (ADEP), baraj sahibi veya işleticisine, baraj veya çevresinden kaynaklanabilecek olası olumsuz etkilerle başa çıkmakta yardımcı olan çok etkili bir baraj güvenlik aracıdır. Tehlikelerin tanımlanması ve sınıflandırılması, olağandışı durumlar matrisi ve acil durum sınıflandırması ve haber verme kartları gibi bir ADEP 'de yer alan hususlar,



insanlara olağanüstü bir durumla karşı karşıya geldiklerinde yapmaları gerekenleri açık ve net bir şekilde sağlamaktadır.

ADEP, karar verme sürecini kolaylaştırır ve sorumlu personel arasındaki iletişimi düzenler. Acil Eylem Durum Planı baraj sahibinin kurduğu organizasyonda yapılması gereken kilit faaliyetlere destek sağlar.

### **Referanslar**

- 1) Pougatsch H., Mueller R., Kobelt A. (1998): Water Alarm Concept In Switzerland, Dam Safety, Berga (ed.) Balkema, Rotterdam, Holland.
- 2) Mouvet L., Mueller R.W., Pougatsch H. (2001): Structural safety of dams according to the new Swiss legislation, Proc. ICOLD European Symposium, Gelranger, Norway.
- 3) Biedermann R. (1997): Safety concept for dams: Development of the Swiss concept since 1980, wasser energie luft, 89 Jahrgang, Heft 3-4 Baden, Switzerland, pp. 55-63.

**Çevirenin Notları:** Martin Wieland ve Rudolf Mueller tarafından kaleme alınan ve 16-18 Ekim 2008 tarihlerinde Beijing kentinde icra edilen High-Level International Forum on Water Resources and Hydropower Forumunda sunulan bu makale aslına sadık kalınarak çevrilmiştir.



*Keban Barajı, Elâzığ ilinin Keban ilçesinde, Fırat Nehri üzerinde, 1965-1975 yılları arasında inşa edilmiş olan elektrik enerjisi üretimi amaçlı barajdır. Beton ağırlık ve kaya dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 16.679.000 m<sup>3</sup>, akarsu yatağından*

yüksekliği 210,00 m, normal su kotunda göl hacmi 31.000,00 hm<sup>3</sup> normal su kotunda gölün alanı 675,00 km<sup>2</sup>'dir.



Barajların birçok önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Dünyada elektrik enerjisinin yaklaşık beşte birini üretirler ve akış yönünde suyun kontrollü bir şekilde akmasını sağlayarak, sulama suyu ve insanların su ihtiyacının karşılanmasına hizmet ederler. Barajların en önemli fonksiyonları arasında toprak kaymaları ve sellerin önlenmesi de bulunmaktadır.



Barajlar, inşaat mühendislerinin eseri devasa yapılardır ve inşa edildikleri ortamda yaşayan insanlar için bir tehdit oluşturmaktadır. Baraj yapısında meydana gelen küçük bir arıza dahi inanılmaz büyüklükte zarara ve hatta felakete neden olabilir. Tehdit seviyesini sıfırlamak her ne kadar mümkün olmasa da



*alınabilecek çeşitli tedbirlerle olağanüstü durumlarda barajların neden olabileceği zararlar hafifletilebilir.*

*Baraj duvarları, borular ve kapakların, kısaca tesisin düzenli olarak muayenesi dahi kesinlikle %100 güvenlik sağlamayacaktır. Şiddetli sağanak yağışlar, toprak kaymaları veya insan kaynaklı hatalar her zaman barajın hasar görmesine veya yırtılmasına neden olabilir. En kötü durum senaryolarında barajlar ve su rezervuarlarının yakınlarında yaşayan insanların hayatlarını kurtarmak için modern güvenlik ve emniyet sistemleri geliştirilmiştir ve birçok tesiste kullanılmaktadır.*

*Bir baraj veya su rezervuarının güvenliği için kullanılan sistemler; izleme, uyarı ve bildirmeyi sağlayan üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden en önemlisi izlemedir, bunun nedeni ise su taşkınlarının çok kısa bir zaman dilimi içinde çok büyük zararlar vermesidir. Yanlış alarmları engellemek amacıyla kullanılan su alarm sisteminde en az üç farklı sensör kullanılmalıdır. Tehlikeli bir durum ortaya çıktığında potansiyel tehdidi haber veren bir sinyali otomatik olarak baraj kontrol merkezindeki personeli uyarır. Kontrol merkezi de derhal tehlikeyi haber vererek herkesin durumdan haberdar olmasını ve gerekli tedbirleri almasını sağlar.*



*Barajlar ve su rezervuarlarının özellikle akış istikametinde olan riskli bölgelere genellikle 5-30 siren yerleştirilmektedir. Tehlike altında olan bölge tanımına taşkın dalgasına 60 dakika içinde maruz kalacak bütün sahalar girmektedir.*

*Günümüzün gelişen teknolojisi sayesinde; acil durumlarda tedbir almaktan sorumlu yetkililere ve hayatlarını kaybetme riski olan bölge sakinlerine etkin ve güvenli bir şekilde haber verilebilmektedir.*

*Makalenin orijinaline aşağıdaki link üzerinden erişebilirsiniz.*

[https://www.researchgate.net/publication/292872467\\_Dam\\_safety\\_emergency\\_action\\_plans\\_and\\_water\\_alarm\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/292872467_Dam_safety_emergency_action_plans_and_water_alarm_systems)