

Dolusavak Proje Boyutlarının Taşkın Riski Ve Boyut Rehabilitasyonu-Güvenilirlik İlişkisi Üzerine İrdelemeler

K. Yenigün

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Ş.Urfa, Türkiye

C. Erkek

İstanbul Teknik Üniv., İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Barajların inşa maliyetlerinin yüksekliği, giderek daha az yerde baraj yapılabilmesi ve eski barajlardan bazılarının rehabilitasyona ihtiyaç duyar hale gelmesi; planlamacı ve uygulayıcılara baraj yapımı ile birlikte bu barajların nasıl korunacağı, ne şekilde uzun ömürlü ve verimli çalıştırılacağı, risk olarak kabul edilen tehlikelere karşı nasıl hazırlıklı olunacağı gibi konuları düşünmeye itmektedir.

Göz önünde bulundurulmaya çalışılan önemli bir konu eskiden inşa edilmiş barajların güvenilirlik seviyeleridir. Böyle bir risk-güvenlik çalışmasının yapılmasıyla mevcut barajların durumu, güven düzeyleri ve yetersizlik gösteren alanlar belirlenmeye çalışılmakta, çeşitli tehlikelere hazırlıklı olunmaktadır.

Bazen de mümkün olabilecek rehabilitasyon çalışmaları gündeme gelebilmektedir. Üstelik bu çalışmalar yeni planlanacak barajlar için güncel bilgi ve tecrübe olarak kullanılabilmekte, benzeri riskler azaltılabilmekte veya tamamen önlenmektedir.

Bu çalışmada önce barajların güvenlik durumlarına ve tarihteki baraj kazalarına değinilmiş, ardından barajlarda tehlike oluşturan faktörler incelenmiştir.

Bu faktörlerden dolusavakların yetersizliği ve görev yapamama riski üzerinde öncelikle durulmuş ve taşkın zamanlarında dolusavakların davranışları ile ilgili güven durumları bu çalışmada baraj güvenliği değerlendirmeleri için esas alınmıştır. Dolusavakların hesaplanmasında kullanılan proje taşkın debilerinin gözlenmiş maksimum akim değerleri karşısındaki değişimleri ve gerçekçilikleri gösterilmiştir.

Barajlar için geliştirilmiş bir bilgisayar programı ile risk hesapları ve boyut rehabilitasyonu çalışmaları yapılmış ve riski azaltan alternatif boyut seçenekleri sunulmuştur. Elde edilen farklı çözümlerin, adım adım değişimleri ve bu değişimde etken olan faktörler (dolusavak boyutları ve hazne sönümleme faktörleri gibi) grafiklerle verilmiştir.

Riskli bulunan mevcut barajlar, boyut rehabilitasyonuna tabi tutularak, hidrolojik güvenliklerinin rehabilitasyonları için rasyonel bir yöntemle taşkına bağlı olarak tasarlanabilecekleri üzerinde durulmuştur.

Giriş

Stokastik (rasgele) özellik gösteren meteorolojik ve hidrolojik olaylardan hareketle projelendirilen ve pek çok amacın göz önünde bulundurulduğu barajlarda, ilk yapıldığı yıllardan beri dünya üzerinde çeşitli yerlerde yetersizlikler görüldüğü, kaza-yıkılma veya devre dışı kalma şeklindeki olumsuzluklarla karşılaşıldığı bir gerçektir.

Mühendisler buradan hareketle yapılan her yeni barajda daha çok ve düzenli veri, daha ileri teknoloji daha dikkatli projelendirme, kaliteli imalat ve bilgisayarlara dayanan gerçek-zaman işletme çalışmalarına yönlenmişlerdir.

Göz önünde bulundurulmaya çalışılan önemli bir konu eskiden inşa edilmiş barajların güvenilirlik seviyeleridir. Böyle bir risk-güvenlik çalışmasının yapılmasıyla mevcut barajların durumu, güven düzeyleri ve yetersizlik gösteren alanlar belirlenmeye çalışılmakta, çeşitli tehlikelere hazırlıklı olunmaktadır.

Bazen de mümkün olabilecek rehabilitasyon çalışmaları gündeme gelebilmektedir. Üstelik bu çalışmalar yeni planlanacak barajlar için güncel bilgi ve tecrübe olarak kullanılabilir, benzeri riskler azaltılabilmekte veya tamamen önlenmektedir.

Türkiye’de çok ciddi mali kaynak aktarımıyla gerçekleşen ve ülkemizin can damarı sayılabilen barajlarımızın da benzer bir gözle güvenilirlik kontrolünün yapılması çok daha büyük önem arz etmektedir.

İşte bu yüzden, öncelikle dünyada ve Türkiye’deki barajların durumu ve güvenlikleriyle ilgili bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Oluşturulabilecek bir risk takip programıyla hem belirsizlik taşıyan hidro-meteorolojik verilerin gözlenmiş değerleri istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulacak ve hem de barajların emniyeti dinamik bir işlemlerle sürekli olarak takip edilecek ve hem de ilerdeki zamanlarda faydalanılabilecek uzaktan algılama teknikleriyle daha hızlı ve doğru olarak güncellenen bilgilerle, alınması gerekli önlemler daha etkin bir şekilde devreye sokulabilecektir.

Bu çalışmada önce barajların güvenlik durumlarına ve tarihteki baraj kazalarına değinilmiş, ardından barajlarda tehlike oluşturan faktörler incelenmiştir.

Bu faktörlerden dolusavakların yetersizliği ve görev yapamama riski üzerinde öncelikle durulmuş ve taşkın zamanlarında dolusavakların davranışları ile ilgili güven durumları bu çalışmada baraj güvenliği değerlendirmeleri için esas alınmıştır.

Barajlarda Güvenlik Problemleri

20. Yüzyılda dünyada yaklaşık 200 dikkati çeken rezervuar yetersizliği olmuş ve 8000’den fazla insan hayatını yitirmiştir. 1929’da Berlin’de yapılan Dünya Enerji Konferansı’nda, baraj mühendisliğinin gelişmesi üzerindeki geniş bilgi ICOLD ‘un kurulmasına ön ayak olmuştur. ICOLD tarafından hazırlanan bir çalışmada tarihi çağdan 1965’e kadar uzanan bir zaman diliminde oluşan 202 adet büyük baraj yetersizliklerinden sözedilmektedir.(Uzel,1991).

1989’da, güvenlikle ilgili araştırmalar, Kanada’nın British Columbia bölgesindeki Wahleach Wahleach Barajı’nın olası maksimum taşkının % 25’inden fazla bir taşkını geçiremeyeceğini ortaya çıkarmıştır. Dolusavak, olası maksimum taşkını barajın üzerinden suyu aşırı maksızın güvenli bir şekilde geçirememektedir. Üstelik dolusavak boşaltım kanalında erozyonun başlaması, dolusavak temelini göçürtmekte ve barajda oyulmalar oluşturmaktadır (Salmon and Cattanaach, 1997).

Teksas Su Komisyonunun yaptığı çalışma, 1963-83 yılları arasında, Amerika’da 18 baraj yıkılmasını tespit etmiş ve bunları insan yaşamı kaybı ve ekonomik kayıp olarak iki aşamalı olarak ele almıştır. (Anonymous, 1998).

Türkiye akarsu havzalarında yer alan, 1936–1991 yılları arasında işletmeye açılan 141 adet baraj ile 1991 yılı sonu itibarıyla inşa halindeki 59 adet barajın seçilen OMT değerine göre hidrolojik yönden güvenlik kontrolü, tarihi taşkınların genel havza zarfına göre yapılmıştır. Bu ilk irdeleme sonucunda Türkiye’de işletme ve inşa halindeki toplam 200 adet barajdan 89 adedi kritik bulunmuştur. Genel havza zarfına göre kritik bulunan barajlar, havza içinde bulunduğu akarsu kolu dikkate alınarak hazırlanan tarihi taşkınların alt havza zarfına göre yeniden irdelenmiştir. Bu inceleme sonucunda kritik olan baraj sayısı 89’dan 23’e inmiştir. (Kulga,1997).

Hidrolik yapıların yıkılmaları, yapısal yıkılma ve performansa dayalı yıkılma olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. Yapısal yıkılma, hasarı ya da yapının veya özelliklerinin değişmesini kapsar. Böylece yapı istenildiği gibi çalışmaz. Ancak performans yıkılmasında, yapının performans sınırları aşılar ve yapıda istenmeyen sonuçlarla karşılaşılır.(Yen and Tung, 1993).

1600 baraj üzerinde yapılan bir araştırmada Tablo 1’de verilen baraj yetersizlikleriyle karşılaşılır. Bundan daha sonra yaklaşık 300 barajda yapılan bir çalışmada yetersiz dolusavak tasarımından kaynaklanan yıkılmaların oranının % 35 olduğundan söz edilmektedir (Kite, 1976).

Tablo 1. Barajların yetersizliklerinin nedenleri (Kite, 1976).

Yetersizliğin Nedeni	Yetersizliğin Yüzdesi
Temel yetersizliği	40
Yetersiz dolu savak	23
Zayıf konstrüksiyon	12
Düzensiz oturma	10
Yüksek boşluk basıncı	5
Savaşın etkileri	3
Sedde kaymaları	2
Kusurlu malzemeler	2
Doğru olmayan işlem	2
Depremler	1

ICOLD hazırladığı bir raporda, 15 m’den yüksek barajlarda, 1900-1975 yılları arasında oluşan yapısal hasarlarla ilgili olarak,

- beton barajlardaki hasarların; % 29’u baraj üzerinden su aşması, % 53’ü temel problemleri, % 18’i diğer nedenler,
- dolgu barajlardaki hasarların; % 35’i baraj üzerinden su aşması, % 21’i temel problemleri,% 38’i borulanma ve sızıntı, % 6’sı diğer nedenler,
- ve bütün tipteki baraj hasarlarının; % 34’ü baraj üzerinden su aşması, % 30’u temel problemleri, % 28’i borulanma ve sızıntı, % 8’i diğer nedenler ile oluştuğu gözlenmiştir.

Dolgu baraj yıkılmalarıyla ilgili olarak; Pennsylvania’daki Southfork Barajı (1889), Idaho’daki Teton Barajı (1976), California’daki Baldwin Hills (1963), St. Frances (1928) Barajları, beton baraj yıkılmalarıyla ilgili olarak ise, Pennsylvania’daki Austin Barajı (1911), Arizona’daki Walnut Grove (1890), barajları örnek olarak gösterilebilir (Anonymous, 1998).

Büyük taşkın debilerinin oluştuğu yerlerde dolusavak tasarımı baraj gövdesinden daha önemli bir konuma gelmektedir. Ayrıca, büyük bir dolusavağın maliyeti, barajın toplam maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu sebepten dolusavakların emniyetli projelendirilmeleri gerekmektedir.

Taşkın sırasında suyun barajın üzerinden aşarak barajın güvenliğini tehlikeye düşürmemesi için haznenin yeterli kapasitede bir dolu savağı olmalıdır. Dolusavak

kapasitesinin hesabı için ilk olarak proje taşkınının belirlenmesi gerekir. Dolusavak, proje taşkını baraj için bir tehlike oluşturmadan geçirebilecek şekilde boyutlandırılacaktır.

Proje taşkını olarak seçilebilecek taşkın büyüklüğü (dönüş aralığı) barajın güvenliği açısından göze alınabilecek riske bağlıdır. Bu riskin değeri de söz konusu taşkın aşılması halinde ortaya çıkacak zararlarla ilgilidir. Can kaybı ya da çok önemli zararlar görülebilecekse, yeterli korumayı sağlamak için riski çok küçük seçmek gerekir. Buna karşılık ortaya çıkabilecek zararlar çok büyük değilse daha büyük bir risk kabul edilebilir.

Taşkın kabaca hesaplanmasından ve buna bağlı olarak gerekli şeyler düşünülmemesinden kaynaklanan kazalara örnek olarak Amerika'daki Johnstown - South Fork, Brezilya'daki Oros ve Hindistan'daki Machu II barajlarındaki yetersizlikler gösterilebilir.

Bu olaylarda ekstrem taşkınlar düşünülmediği ve taşkınların düşük değerleri göz önünde tutularak tasarım yapıldığı anlaşılmıştır. Bu tür kazalardan ders alınarak taşkınlara ilişkin tahminlerde daha dikkatli davranılmalı ve daha iyi tasarımlar yapılmalıdır (Uzel, 1991).

Baraj güvenliği, baraj tipi ve dolusavak tipinin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Depremden zarar görme riski altındaki bölgelerde ve hidrolojik verilerin yetersiz olduğu planlama çalışmalarında baraj güvenliği nedeni ile kapaksız dolusavakların tercihi düşünülebilir. Ancak bu durumda baraj tipinin seçimi daha da önemli olmaktadır.

Taşkın sırasında baraj gövdesi üzerinden olası bir su aşması olayından dolgu barajlar beton barajlara göre çok daha fazla etkilenirler. Bu nedenle dolgu barajların ömrü bir bakıma kapaksız dolusavak kararı ile de bağlantılı sayılabilir.

Kontrollü ve kontrolsüz dolusavaklar konusunda bugüne değin yayınlanmış kaynaklara göre, son yıllarda dünyanın çeşitli ülkelerindeki eğilim kapaksız dolusavakların tercihi yönünde olmaktadır.

Dolusavak kapaklarının istenilen şekilde işletilememesinden dolayı yakın geçmişte Euclides Da Cunha Barajı (Brezilya,1977), Machu II Barajı (Hindistan,1979), Hirakuo Barajı (Hindistan, 1980), Tous Barajı (İspanya,1982), Noppikoski Barajı (İsveç, 1985), Lutufallet Barajı (Norveç, 1986), Belci Barajı (Romanya, 1991), Folsom Barajı (ABD, 1995) hasara uğrayan bazı barajlardır.

Kapaklı dolusavaklarda yetersiz bakım ve hatalı inşaa koşulları altında bütün kapakların yetersiz çalışması veya hiç çalışmaması riski de göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Bu durum, geçmişte yıllarda oluşan birçok kazada kendisini göstermiştir. Bu örneklerden birisi de ülkemizde Seyhan Barajı'ndan, 1985 yılında dolusavak radyal kapaklarından birisinin kopması ile yaşanmıştır.

Bir dolusavağın projelendirilmesinde bazı kapakların işletme dışı kalması olasılığını değerlendirerek bu durumda taşkın debisinin deşarjı için proje kriterlerini zorlamak uygun bir yaklaşım değildir. Bu konuda, bazı kapakların işletme dışı kaldığı koşullarda, dolusavağın bütün kapaklarının işletme dışı kalma olasılığı az da olsa söz konusu olabilir.

Dolusavak Güvenliği İçin Risk Analizi

Risk Hesapları

Yapıların (özelde hidrolik yapıların tasarımında) görev yapamama riskinin belirlenmesi için araştırmacılar;

Dönüş aralığı, emniyet faktörü, Monte Carlo Simülasyon, güvenilirlik indeksi, doğrudan integrasyon, ortalama değer birinci derece ikincil moment (MFOSM), ileri birinci derece ikincil moment (AFOSM), yöntemlerini öne sürmüşlerdir (Türkman, 1990), (Yen and Tung, 1993).

Risk belirleme yöntemlerinden dönüş aralığı, emniyet faktörü, doğrudan integrasyon, Monte Carlo Simülasyon, güvenilirlik indeksi ve daha ileri düzeyde ve oldukça yeni olan ortalama değer birinci derece ikincil moment (MFOSM) ve ileri birinci derece ikincil moment (AFOSM) yöntemleri özet olarak aşağıda verilmiştir.

Risk Analiz Programı

Yenigün (2001), çeşitli dönüş aralıklarındaki taşkınların hidrolojik ve hidrolik yükleri karşısında barajların performanslarını, risk değerlerini, uygun boyut rehabilitasyonlarını, belirlemek amacıyla BARAJ_RISK programını oluşturmuştur. Böylece risk oluşturan durumlarda yapılacak boyut rehabilitasyonu maliyet analizine hazır bir çalışma da yapılmıştır.

Bu programın, hem inşa ve hem de işletmede olan barajlarda kullanılabileceği gibi henüz proje safhasındaki barajlar için de ciddi bir değerlendirme mekanizması olarak kullanılabileceği düşünülmüştür.

Elde edilen parametrelere göre dağılım belirlenmesi ve alternatif taşkın boyutlandırmasının yanısıra, risk analizi ile alternatif tüm boyutlar için risk ve güvenilirlik değerlendirmesi yapılmıştır.

Hazırlanan bu programda;

- Gözlenmiş maksimum akım verilerinin istatistik anlamda değerlendirilmesi, karşılaştırılması, yorumlanması ve uygun istatistiksel dağılıma göre, (risk analizinde kullanmaya hazır halde) parametreleri belirlenebilmekte,
- MFOSM ve AFOSM gibi gelişmiş risk hesap yöntemlerinin kullanılmasıyla gerçekçi risk değerlendirmeleri yapılabilenekte,
- Riskin belirli bir değerde çıkması durumunda, bu değeri düşürecek yeni boyutlara göre yeniden risk hesapları yapılabilenekte,
- Söz konusu boyut rehabilitasyonu değişik boyutlar için yapılmakta olup, böylelikle yeni boyutları maliyet analizi ve fiziki yapılabilirlik açısından değerlendirmek için veri sağlanabilmekte,
- Dolusavakların taşkın karşısındaki davranışlarının ve risk düzeylerinin, elde edilen yeni gözlem verileriyle yeniden değerlendirmesine gerek duyulduğu için, bu program sayesinde yeni veriler rahatlıkla eklenebilmekte ve yeni sonuçlar hızla alınabilmekte,
- Risk seviyelerinin belirlenmesinde etkili olan hazne sönümlenme faktörünün, (hazne işletme seviyesine bağlı olarak) değerleri ve bu değerlerin sonuca etkisi doğrudan görülebilmekte,
- Program içerisinde bir alt bölüm olarak değerlendirilebilecek olan, verilerin istatistiksel değerlendirmeleriyle ilgili bölüme, yeni dağılım kontrolü yöntemlerinin ilavesi ve böylelikle daha gerçekçi sonuçlara ulaşım sağlanabilmektedir.

Çatalan Barajı İçin Uygulama

Üzerinde çalışma yapılacak baraja ait tanım ve tasarım bilgileri ile akım gözlemleri için DSİ'nin yan ısıra EİEİ'nin de akım gözlem istasyonları ve bu istasyonların gözlem verilerinden faydalanılabilmektedir.

Çatalan Bucağı, Seyhan Nehri üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alışı, kapaklı tipte dolusavağı bulunan ve 24 yıllık akım gözlem değeri bulunan Çatalan Barajı verileri, sözü edilen BARAJ_RİSK programında risk analizine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo.2’de verilmiştir. (Anonymous, 1987), (Özkan ve Yılmaz, 1999).

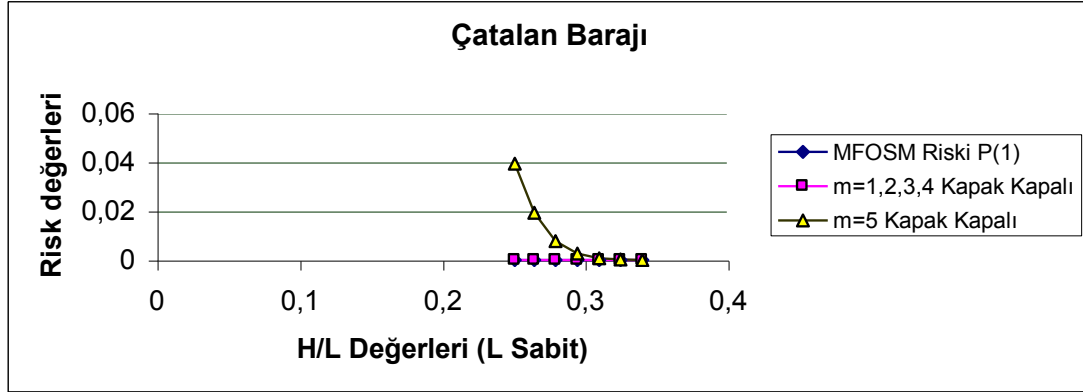
Tablo 2. Çatalan barajında risk - rehabilitasyon raporu

Baraj Adı	Çatalan
Yeri	Adana
Amacı	Enerji, sulama, Taşkın kontrolü
Dolusavak Tipi	Karşıdan alışı, kapaklı
Dolusavak Yüğü (m)	16.44
Dolusavak Genişliği (m)	66
Proje taşkın debisi (m ³ /sn)	10.055
Hazne sönümlleme faktörü	0.74
Kapak sayısı	6
Akım gözlemi sayısı	24
MFOsm Riskleri	
Qproje durumu	0
m=1 kapak kapalı	0
m=2 kapak kapalı	0
m=3 kapak kapalı	0
m=4 kapak kapalı	0
m=5 kapak kapalı	0.0418
Qgözlem durumu	-----
Q100	0
Q200	0
AFOsm Riskleri	
Qproje durumu	0
a=1 kapak kapalı	0
a=2 kapak kapalı	0
a=3 kapak kapalı	0
a=4 kapak kapalı	0
a=5 kapak kapalı	0
Qgözlem durumu	-----
Q100	0
Q200	0
Q500	0
Ara rapor	Rehabilitasyon
Rehabilitate Edilen Riskler	m(5)=0.0418
Rehabilitasyon Boyutları	
Sabit L – Değişken h	L=66.00 ve H=22.54
Sabit H – Değişken L	L=105.2 ve H=16.44
Değişken L ve H	L=71.10 ve H=21.54

Çatalan Barajı için MFOSM yöntemine göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın altı kapağından beşinin kapalı olması durumunda 0.0418’lik bir risk değeri elde edilmiştir. Çatalan Barajının dolusavak kapaklarından beşinin de kapalı olması durumunda oluşabilecek bu risk değeri, dolusavağın mevcut boyutları L=66 m ve H=16.44 m iken bu boyutların, a) L=66 m, H=22.44 m, b) L=105.1 m, H=16.44 m, c) L=71 m, H=21.44 m değerlerini alması halinde sıfırlanmaktadır. Çatalan barajında değişken yükseklikli veya değişken genişlikli dolusavak boyutları için MFOSM’a göre riskin değişimi; Tablo.3, Tablo.4, Şekil.1 ve Şekil.2’de verilmiştir.

Tablo 3. Çatalan barajı için değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk

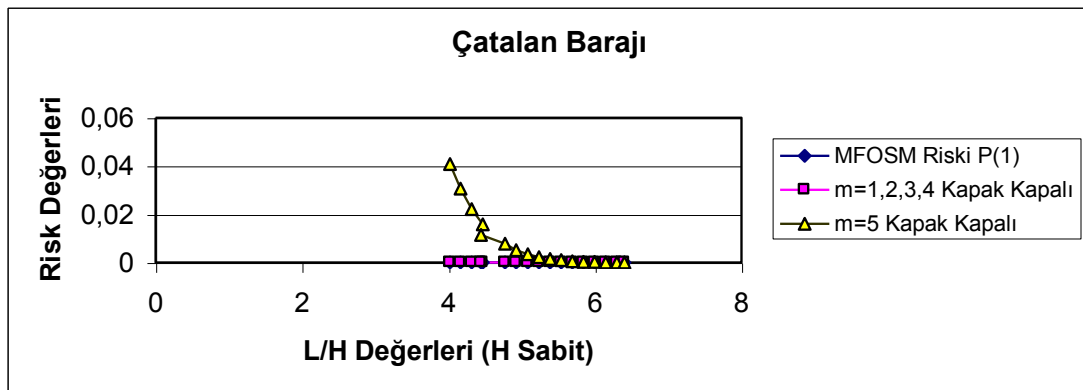
Sabit L	Değişken H	H/L Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2,3,4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3,4,5 Kapak Kapalı
66	16,54	0,250606	0	0	0,0392	0	0
66	17,44	0,264242	0	0	0,0192	0	0
66	18,44	0,279394	0	0	0,0078	0	0
66	19,44	0,294545	0	0	0,0027	0	0
66	20,44	0,309697	0	0	0,0008	0	0
66	21,44	0,324848	0	0	0,0002	0	0
66	22,44	0,34	0	0	0	0	0



Şekil 1. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (sabit genişlik)

Tablo 4. Çatalan barajı için değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk

Sabit H	Değişken L	L/H Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2,3,4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3,4,5 Kapak Kapalı
16,44	66,1	4,020681	0	0	0,0409	0	0
16,44	68,5	4,166667	0	0	0,0307	0	0
16,44	73,5	4,470803	0	0	0,0158	0	0
16,44	73	4,440389	0	0	0,0113	0	0
16,44	78,5	4,774939	0	0	0,0078	0	0
16,44	81	4,927007	0	0	0,0052	0	0
16,44	86	5,231144	0	0	0,0023	0	0
16,44	88,5	5,383212	0	0	0,0014	0	0
16,44	91	5,53528	0	0	0,0009	0	0
16,44	93,5	5,687348	0	0	0,0006	0	0
16,44	96	5,839416	0	0	0,0003	0	0
16,44	101	6,143552	0	0	0,0001	0	0
16,44	103,5	6,29562	0	0	0,0001	0	0
16,44	105,2	6,399027	0	0	0	0	0

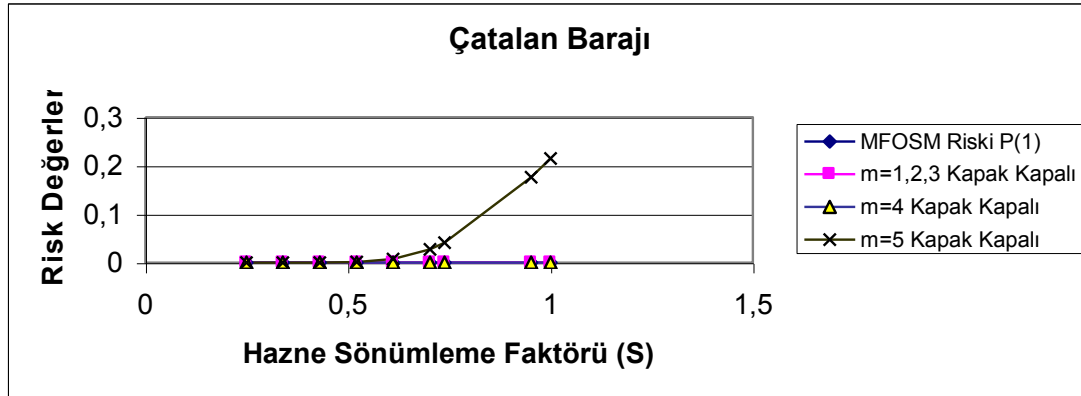


Şekil 2. Çatalan barajı için MFOSM yönteminde riskin değişimi (sabit yükseklik)

Haznenin normal su seviyesindeki rezervuar hacmi ile, maksimum su seviyesindeki rezervuar hacminin bir fonksiyonu olan hazne sönümlenme faktörü, risk değerinin hesabı için kullanılan MFOSM ve AFOSM yöntemlerinin her ikisinde de önemli ve sonuçta oldukça etkili olduğundan, riskin azaltılması amacıyla yapılan boyut rehabilitasyonunun yanı sıra barajın işletme şekli ve dolusavak tipi ile yakından ilgili olan bu faktörde yapılabilecek bir değişikliğin de risk değerlerini önemli ölçüde değiştireceği açık olup bu konuda yapılacak çalışmalar için bir ön fikir oluşturması açısından anlamlıdır. Farklı rezervuar seviyelerinde, hazne sönümlenme faktöründe meydana gelen değişiklikler sonucu riskteki değişim Tablo.5 ve Şekil.5 ve Şekil.6’da gösterilmiştir.

Tablo 5. Çatalan barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi

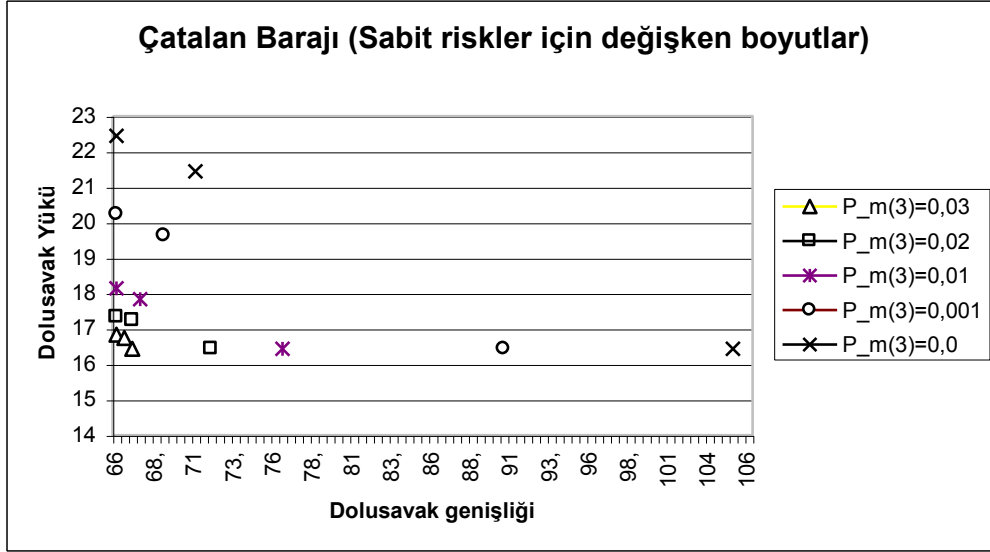
Max.Rez. Hacmi Vmax	Su Seviyesi H	Rezervuar hacmi Vt	Sönümlenme Faktörü S	MFOSM Riski P (1)	m=1,2,3 Kapak Kapalı	m=4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	A=1,2,3,4,5 Kapak Kapalı
2206	Min.S.S.	550	0,249320036	0	0	0	0	0	0
2206		750	0,339981868	0	0	0	0	0	0
2206		950	0,430643699	0	0	0	0	0	0
2206		1150	0,52130553	0	0	0	0,0008	0	0
2206		1350	0,611967362	0	0	0	0,0069	0	0
2206		1550	0,702629193	0	0	0	0,0274	0	0
2206	Nor.S.S.	1629	0,738440617	0	0	0	0,0409	0	0
2206	Taşkın Ü.S.	2100	0,951949229	0	0	0,0001	0,1762	0	0
2206	Max.S.S.	2206	1	0	0	0,0002	0,2148	0	0



Şekil 3. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)

Tablo 6. Çatalan barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları

Dolusavak Genişliği	P _{m(3)} =0,03 riskini veren yükseklik	P _{m(3)} =0,02 riskini veren yükseklik	P _{m(3)} =0,01 riskini veren yükseklik	P _{m(3)} =0,001 riskini veren yükseklik	P _{m(3)} =0,0 riskini veren yükseklik
66	16,84	17,34	18,14	20,24	22,44
66,5	16,74				
67,0	16,44	17,24			
67,5			17,84		
69				19,64	
71					21,44
72		16,44			
76,5			16,44		
90,5				16,44	
105					16,44



Şekil 7. Çatalan barajı için benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi. MFOSM'göre. ($P_m(3)=0.0$ çizgisi üstü boyut bakımından güvenilir bölgedir)

Çatalan Barajı için, risk analizi çalışması sonunda elde edilen risklerden bir kısmı için yapılabilecek farklı bir grafik değerlendirme ile aynı riskleri veren farklı boyutları kolayca görmek ve buradan hareketle, yapılabilecek herhangi bir boyut rehabilitasyonu çalışması için maliyet analizinde etkili bir veri oluşturulabildiğini görmek mümkündür. Bu çalışma Çatalan Barajı için $P_m(5)0.0418$ riskinde uygulanmıştır.(Tablo.6) (Şekil.4)

Sonuç Ve Öneriler

Barajların performanslarının sürekli izlenmesi, hasara yol açabilecek herhangi bir kusurun kontrolünü sağlayacaktır. Mevcut barajlar üzerinde yapılacak çalışmalarla yetersizliklerin nedenleri, etkileri ve alınacak önlemler hakkında önemli bilgiler edinilebilir.

Bu çalışmada, bir baraj için tehlike oluşturabilecek faktörler belirlenmiş ve bunlardan baraj güvenliği açısından büyük önem taşıyan taşkınlar, etken risk faktörü olarak dolusavakların güvenilirlik düzeylerini saptamada esas alınmıştır.

Risk değeri saptanan barajlar için yapılan boyut rehabilitasyonu sonucunda; Çatalan Barajının dolusavak kapaklarının bir bölümünün kapalı olması durumunda, gelen taşkın karşısında alternatif olabilecek çeşitli dolusavak boyutları için risk değerlerinde düşme gözlenmiştir.

Üstelik elde edilen boyut rehabilitasyonu değerlerinin risk ile değişimini gösteren grafik, risksiz bölgeyi göstermesi ve alınacak önlemler için baraj yerinin özelliklerine, teknik ve mali koşullara bağlı olarak en uygun boyut değerlerini de kapsamı bakımından önemlidir.

Riskin azaltılması amacıyla yapılan boyut rehabilitasyonunun yanı sıra hazne sönümlleme faktöründe oluşabilecek bir değişiklik te risk değerlerini değiştirebilecektir.

Öte yandan sayısal anlamda sıfır çıkması durumunda bile riskin asla ortadan kalkmadığı, riskin hesabında kullanılan verilerin stokastik özellikli olduğu ve dolayısıyla zaman içinde gözlenen yeni değerlerin değişmesiyle risk değerlerinde de değişimler olabileceği gerçeğinden hareketle; her zaman için kabul edilebilir bir risk değerinin belirlenmesi ve olasılığı oldukça düşük tutulması gereken bu değere göre boyutlandırma yapmanın zorunluluğu, buna rağmen teorik anlamda kabul edilen risk ve

boyut değerlerinin pratiğe dökülmesi esnasında, mali ve teknolojik kısıtlar başta olmak üzere daha pek çok bağlayıcı faktörün de göz ardı edilmemesi gerektiği unutulmamalıdır.

Rehabilitasyon çalışmasının temeli, dolusavak boyutlarındaki değişime ve hazne sönümlenme faktörüne dayanmakta olup, benzeri bir risk azaltma çalışması için kullanılacak alternatif faktörlerin tip ve büyüklükleri irdelenmeye açıktır.

Referanslar

Anonymous. (1987). Çatalan Barajı Ve HES Tesisleri Kati Projesi, C:1, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonymous. (1998). Guidelines For Operation And Maintenance Of Dams In Texas, Office of Water Resource Management, Water Quantity Division, Flood & Weather Management Section, Dam Safety Team, Texas, USA.

Bowles, S.D. (1989). Risk Assessment In Dam Safety Decision Making, Risk-Based Decision Making In Water Resources, p.254, ASCE, New York, USA.

Cheng, S.T. (1993). Statistics Of Dam Failures, Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design, p.97, ASCE, New York, USA.

Kite, G.W. (1976). Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Inland Waters Directorate, Water Resources Branch, Applied Hydrology Division, Network Planning and Forecasting Section, Ottawa, Canada.

Kulga, Z. (1997). Türkiye Barajlarının Hidrolojik Yönden Güvenlik Kontrolü, TMMOB İnşaat Müh. Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 392, 21-23, Ankara.

Nielsen N.M., Vick S.G., Hartford D.N.D. (1994). Risk Analysis in British Columbia, International Water Power and Dam Construction, Vol:45, 8, 35-40, UK.

Özkan, Ş.Ö., Yılmaz, Ş. (1999). Türkiye'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Salmon G.M. and Cattnach D. (1997). Risk Management at Wahleach Dam, Civil Engineering, Vol.67, 2, 39-41.

Türkman F. (1990). Su Yapılarının Risk Ve Güvenilirliğinin Belirlenmesi, Su Mühendisliği Problemleri Semineri, DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Uzel, T. (1991). Barajların Güvenliği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Yen, B:C., Tung Y.K. (1993). Some Recent Progress In Reliability Analysis For Hydraulic Design, Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design, p.35, ASCE, New York, USA.

Yenigün, K. (2001). Barajlarda Güvenilirlik ve Dolusavak Boyutlarının Risk Düzeyine Etkisi, İTÜ, FBE Doktora tezi, (yayımlanmamış), İstanbul, Türkiye.