

# İklim değişikliği ekseninde maksimum akım verilerindeki trendler ve baraj güvenliğine etkisinin izlenmesi

Kasım YENİGÜN<sup>\*1</sup> Müslüm Uğur ÜLGEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

## Öz

*Barajlar değişik amaçlarla inşa edilen büyük mühendislik yapılarıdır. Barajların büyük boyutları büyük riskleri de beraberinde getirmektedir. Baraj hasarlarının büyük bir kısmı yetersiz temel ve dolusavak eksikliklerinden kaynaklanmakta özellikle dolusavak problemlerinin temel yetersizliklerine de neden olduğu bilinmektedir. Bu durum dolusavakların her aşamada üzerinde titizlikle durulması gereken elemanlar olduğunu göstermektedir. Dolusavak tasarımındaki temel zorluk maksimum taşkın verisinin kestirilmesindeki güçlülüdür. Stokastik özellikler gösteren söz konusu parametre iklim değişikliği etkisi ile daha ekstrem değerler alabilmektedir. Bu durum risk analizlerinin önemini arttırmıştır.*

*Bu çalışmada, iklim değişikliğinin maksimum akım verileri üzerindeki olası etkileri incelenmiş ve iklim değişikliğinin seçilmiş bazı barajlara ait akarsular üzerinde bir trend etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Daha sonra iklim değişikliği etkisi altında seçilmiş barajların dolusavakları için risk analizleri gerçekleştirilerek barajların risk durumu ortaya konulmuştur. Ayrıca geçmişte yapılan bazı çalışmalar referans alınarak riskin zaman içindeki değişimi de incelenmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Trend analizi; Maksimum akım; Risk analizi; Dolusavak; Taşkın

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Kasım YENİGÜN.kyenigun@harran.edu.tr; Tel: (414) 318 3780

## **Giriş**

Barajlar, enerji üretimi, taşkın kontrolü, sulama ve buna benzer diğer amaçlarla inşa edilen çok büyük mühendislik yapılarındandır. Büyük boyutları göz önüne alındığında, barajların çevreye çok büyük etkileri vardır. Barajlar çalışma mantığı gereği rezervuarlarında çok büyük miktarlarda su biriktirirler ve bu yüzden tüm ekonomik ömürleri boyunca risk altındadırlar. Bu riskler yapısal yetersizlikler, deprem, taşkın ve diğer çevresel riskler olarak sınıflandırılabilir (Cheng, 1993; Vischer ve Hager, 1998; Cooper ve Chapman, 1993). Baraj hasarlarının yıkıcı etkileri düşünüldüğünde, söz konusu riskler altında baraj güvenliğinin sağlanmasının önemi açıktır.

Çeşitli sebeplerle hasar gören barajların hasar görme nedenleri ICOLD (International Commission on Large Dams-Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu) tarafından araştırılmış ve bu çalışmalar farklı araştırmacılar tarafından derlenmiştir. Buna göre; baraj hasarlarının en önemli iki sebebi temel problemleri ve dolusavakların yetersiz oluşudur (Kite, 1976; Uzel, 1991; Yenigün ve Erkek, 2002). Buna ek olarak, dolusavak yetersizlikleri ICOLD (2014) tarafından temel problemlerini tetikleyen bir unsur olarak belirtilmiştir. Bu sebepten dolayı, dolusavakların barajların en önemli elemanlarından biri olduğu, tasarımının, inşaatının, işletmesinin ve bakımının çok önemli olduğu söylenebilir. Dolusavakların temel tasarım parametresi maksimum taşkın debisidir ve bu değerın tespit edilmesi, iklim değişikliği gibi farklı etkenlerden etkilenen maksimum akım özelliklerinin gösterdiği stokastik özellikler nedeniyle genellikle güçtür.

İklim değişikliği, mühendislik sistemlerine olan etkileri nedeniyle gün geçtikçe daha da popüler hale gelen güncel bir konudur. Özellikle iklim değişikliğinin etkileri su yapıları üzerinde belirgin bir şekilde görülmektedir. Çünkü iklim değişikliği, su yapılarının temel tasarım girdi parametresi olan hava olaylarını (özellikle yağışı) etkilemektedir. İklim değişikliği nedeniyle taşkınlar ya da kuraklıklar gün geçtikçe daha aşırı ve düzensiz hale gelebilmektedirler. Bu duruma dikkat çekmek

amacıyla yapılan bazı çalışmalar kapsamında, Kang ve ark. (2007) Yongdam Barajı'nın taşkın güvenliği için değişik iklim değişim modelleri kullanarak bazı duyarlılık analizleri yapmış ve uzun zaman dilimleri içinde bazı taşkın değerlerinin kritik haller aldığını bulmuştur. Zhang ve ark. (2008) Yangtze Delta'sı için geçmiş tarihi kayıtları baz alarak sürekli dalgacık dönüşüm yöntemlerini kullanarak değişen taşkın karakteristiklerini ortaya koymuş ve iklim değişikliğinin aşırı hava olaylarının sıklığını arttırabileceğini bulmuştur. Bouwer ve ark. (2010) iklim değişikliğinin ve sosyo-ekonomik değişikliklerin neden olduğu taşkın hasarlarının artan bir trend içinde olduğunu beklenen yıllık taşkın zararları bağlamında elde etmiştir. Yenigün ve Ecer (2013) harita katmanlama tekniği ile Fırat Havza'sındaki maksimum akım değerleri üzerinde trend analizleri gerçekleştirmişler ve iklim değişiminin akım değerleri üzerine etkilerini ve yöntemlerinin uygulanabilirliğini bulmuşlardır. Chernet ve ark. (2014) iklim değişikliklerinin, gelecekte olabilecek taşkınlar sırasında Aurland Hidroelektrik Barajlarına olası etkilerini araştırmak için farklı iklim senaryoları kullanmış ve gelecekteki taşkınların olası büyüklüklerinde değişimler gözlemlemiştir. Tüm bu çalışmalar su yapılarında risk ve belirsizliğin ortaya konulması için iklim değişiminin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Su yapılarının tasarımında, inşaatında ve işletilmesinde karşılaşılan en büyük zorluklardan birisi ele alınan problemin stokastik özellikler göstermesidir. Özellikle, su yapılarının tasarım aşamasında söz konusu belirsizlikler belirgin olmaktadır. Bu durum su yapılarında risk ve belirsizlik analizlerinin önemini arttırmaktadır. Son yıllarda birçok farklı risk analiz yöntemi farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemler kısaca; Geri Dönüş Periyodu, Güvenlik Faktörü ve Güvenlik Marjı, Monte Carlo Simülasyon Yöntemi, İntegrasyon ve İkinci Moment Yöntemleri şeklinde sıralanabilir (Türkman, 1990; Yen ve Tung, 1993; Yenigün, 2001) Her bir yöntemin kendine göre avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Söz konusu risk analiz yöntemlerinin yıllar içinde gelişimi

Goodarzi ve ark. (2013) tarafından kronolojik bir liste halinde düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, temel olarak, iklim değişikliğinin maksimum akım trendleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığı ve iklim değişikliğinin dolusavakların risk değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece değişen maksimum akım değerlerinin etkisi altında mevcut barajların risk durumlarının belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu maksatla, maksimum akımların iklim değişikliği etkisi altında zaman içindeki trendleri için trend analizleri, söz konusu etkiler altında mevcut barajların dolusavak risk değerlerinin belirlenmesi amacıyla da risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Saha çalışması olarak, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerini temsil edecek barajlar seçilmiş, bu barajlar üzerinde trend ve risk analizleri yapılmıştır. Bazı barajlar için, dolusavak risklerindeki zaman içindeki değişim konu ile ilgili önceki çalışmalarla kıyaslama yaparak gözlemlenmiştir. Çalışmanın başarısını arttırmak amacıyla,

geçmiş zaman dilimine ait verilerle yapılan eski çalışmalar güncel verilerle yenilenmiştir.

## **Materyal ve Metot**

### **Çalışma Alanı**

Çalışma alanı Türkiye olup, Asya ve Avrupa Kıtalarının kesişiminde yer alıp 26-45° doğu boylamları ve 36-42° kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Kayabalı ve Akın, 2003). Türkiye Akdeniz Makroiklim Bölgesi'nde yer almakla birlikte bazı coğrafi faktörler iklim koşullarında değişimlere neden olmaktadır (İkiel, 2005). Ülkenin hidrolojik karakteristikleri zamansal ve mekânsal büyük değişimler göstermektedir (Kahya ve Demirel, 2007). Bununla birlikte Türkiye'nin yarı kurak iklim kuşağında olduğu söylenebilir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin farklı bölgelerini temsil eden değişik barajlar ele alınmıştır. Bu barajlar Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışılan barajlar için kullanılan akım gözlem istasyonları da aynı şekil üzerinde verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı, Seçilen Barajlar ve Akım Gözlem İstasyonları

Seçilen barajlara ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada, seçilen barajların kısa ve uzun dönemdeki risk değişimini gözlemlemek için bazı geçmiş çalışmalar referans alınmıştır. Geçmiş çalışmalardan seçilen bu barajlar; Çatalan, Manavgat ve Oymapınar barajlarıdır.

### **Veri**

Çalışılan akım gözlem istasyonlarına ait isim, kod, yer ve konum bilgileri Tablo 2' de yer almaktadır. Çalışmada taşkın karakteristiklerini temsil edebilmek adına maksimum akım değerleri ile çalışılmıştır. Analizlerde kullanılan

maksimum akım değerleri DSİ'den temin edilmiştir. Kullanılan verilerin uzun zamanlı, kesiksiz olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca her bir baraj için seçilen akım gözlem istasyonunun ilgili barajın memba kısmında olmasına dikkat edilmiştir.

**Tablo 1. Seçilen Barajların Özellikleri**

Baraj	İl	Amaç			Baraj Türü	İşletme Başlangıç Yılı	Baraj Gövde Hacmi (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Temelden Yükseklik(m)	Dolusavak			
		E*	S*	T*					Türü	Kapak Sayısı	Taşkın Hesap Debisi (m <sup>3</sup> /sn)	
Geçmiş Çalışmalarla Referan	Çatalan	Adana	x	x	x	Toprak Dolgu	1997	14.50	82	Karşidan Alışlı, Kapaklı	6	10055
	Manavgat	Antalya	x	x	x	Toprak Dolgu	1987	1.20	29	Karşidan Alışlı, Kapaklı	3	4000
	Oymapınar	Antalya	x			Beton Kemer	1984	0.68	185	Karşidan Alışlı, Kapaklı	4	3600
Bu Çalışmada	Almus	Tokat	x	x	x	Toprak Dolgu	1966	3.41	95	Yandan Alışlı	-	2243
	Aslantaş	Adana	x	x	x	Toprak Dolgu	1984	8.49	95	Karşidan Alışlı, Kapaklı	6	14280
	Kayaboğazi	Kütahya		x	x	Toprak+Kaya Dolgu	1987	0.63	45	Karşidan Alışlı, Kapaklı	3	1998
	Kemer	Aydın	x	x	x	Beton Ağırlık	1958	0.74	113.5	Karşidan Alışlı, Kapaksız	-	5000

(E\*: Elektrik, S\*: Sulama, F\*: Taşkın Kontrolü)

**Tablo 2. Geçmişte ve Bu Çalışmada Kullanılan Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Bilgiler**

Baraj	İstasyon Kodu	Yeri	Konumu	Referans
Çatalan	E18A018	Adana/Kozan	37:25:25K 35:27:17D	Yenigun ve Erkek, 2002a
Manavgat	E09A901	Antalya/Akseki	36:56:51K 31:31:01D	Yenigun ve Erkek, 2002b
Oymapınar	E09A901	Antalya/Akseki	36:56:51K 31:31:01D	Yenigun, 2001
Almus	E14A018	Tokat/Almus	40:18:42K 37:07:43D	Yeni Çalışıldı
Aslantaş	D20A046	Osmaniye/Kadirli	37:26:51K 36:15:16D	Yeni Çalışıldı
Kayaboğazi	D03A020	Kütahya/Tavşanlı	39:25:53K 29:36:34D	Yeni Çalışıldı
	D03A083		39:19:39K 29:37:33D	
Kemer	E07A004	Aydın/Nazilli	37:36:27K 28:28:49D	Yeni Çalışıldı

**Tablo 3. Kullanılan Verilerin Bazı İstatistiksel Özellikleri**

Baraj	İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	İstatistik		
					Ortalama (m <sup>3</sup> /sn)	Standart Sapma	Çarpıklık
Çatalan	E18A018	Seyhan N. (Üçtepe)	148	13740.6	1120.068	552.652	1.526
Manavgat	E09A901	Manavgat (Homa)	25	928.4	633.217	212.501	0.605
	E09A012	Manavgat (S.Hoca)	245	625.6			
Oymapınar	E09A901	Manavgat (Homa)	25	928.4	633.217	212.501	0.605
	E09A012	Manavgat (S.Hoca)	245	625.6			
Almus	E14A018	Yeşilirmak N. (G.Önü)	820	1608	177.339	64.725	1.813
Aslantaş	D20A046	Keşiş S. (Sarı D.)	200	420	198.621	105.633	1.523
Kayaboğazi	D03A020	Kocadere (Akçay)	873	1082.7	104.636	149.262	2.846
	D03A083	Kocadere (Esatlar)	945	847			
Kemer	E07A004	Akçay (Amasya)	155	3138	202.653	231.583	2.079

Akım gözlem istasyonlarının seçimini esas alınarak yapılmıştır. 1960 ile 1990 arasında ölçümlerin uzunluğu, sürekliliği ve güvenilirliği gözlemlenen maksimum akım değerleri

çalışmanın ilk aşamasında kullanılmıştır. Daha sonra aynı analizler 2012'ye kadar olan veriler dâhil edilerek gerçekleştirilmiştir. Ölçüm aletleri ve teknikleri güvenilir olduğundan verilerdeki olası hatalar dikkate alınmamıştır. Akım gözlem istasyonlarının bulunduğu akarsular ilgili barajın memba kısmında bulunup barajın düzenleme etkisinden ve olası insan etkilerinden uzaktır (Yenigün ve Ecer, 2013). Çalışmada kullanılan verilere ait genel istatistiksel özellikler Tablo 3'te yer almaktadır.

## **Yöntemler**

### *Trend Analizi Yöntemleri*

Trend analiz yöntemleri, eldeki bir veri setinde azalma ya da artma eğiliminin olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. Literatürde farklı trend analiz yöntemleri mevcuttur. Bu metotlar parametrik olmayan, parametrik ve karışık yöntemler olarak sıralanabilir (Helsel ve Hirsch, 1992). Parametrik olmayan yöntemlerin seçimi, problemi veri setinin istatistiksel dağılımından bağımsız hale getireceği için avantajlıdır. Bu çalışmada, Mann-Kendall, Spearman'ın Rho Testi maksimum akım değerlerinde bir trend olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Trendlerin doğrusal değişim katsayıları Sen'in eğim tahmin metodu yardımıyla hesaplanmıştır. Söz konusu bu yöntemlere ait detaylar Yenigün ve ark. (2008)'te mevcuttur.

Mann-Kendall Metodu (Mann, 1945; Kendall, 1975) standardize olmayan veri koşullarında bile sağladığı kolaylık, esneklik, programlanabilirlik ve güçlü sonuçlar ile en popüler trend analiz yöntemlerinden biridir (Hamed ve Rao, 1998; Burn ve Elnur, 2002; Xu ve ark., 2003; Kahya ve Kalaycı, 2004; Silva, 2004). Bu nedenlerle, bu yöntemin hidrolojik analizlerde kullanılması uygundur (WMO, 1988). Bu yöntemde, trendin varlığı sıfır hipotezi ( $H_0$ ) ile test edilir. Sıfır hipotezinin kabulüne ya da reddine bağlı olarak, trendin olup olmadığına karar verilir.

Spearman'ın Rho yöntemi de tıpkı Mann-Kendall Yöntemi gibi parametrik olmayan bir yöntem olup, istenen anlamlılık düzeyinde

trendin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir (Yue ve ark., 2002).

Sen'in t Testi eldeki verilerde bir trend olması durumunda trendin eğimini (birim zamandaki değişimini elde etmekte kullanılır) Bu yöntem Sen (1968) tarafından geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, bahsedilen trend analizleri TAFW (Trend Analysis for Windows) isimli program yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Program ilk olarak Gümüş (2006) tarafından yazılmış, daha sonra Yenigün ve ark. (2008) tarafından geliştirilmiştir.

### *Risk Analiz Yöntemleri*

Risk analiz yöntemleri, yeterliliklerine, uygulanabilirliklerine, gerekli hesaplama gereksinimlerine ve hassasiyetlerine göre sınıflandırılabilirler. Bu aşamada diğer risk analiz metotları arasından MFOSM (Mean Value First Order Second Moment-Ortalama Değer Birinci Mertebe İkinci Moment) ve AFOSM (Advanced First Order Second Moment-Gelişmiş Birinci Mertebe İkinci Moment) yöntemleri hassasiyet ve uygulanabilirlik açısından optimum noktada bulunmaktadır. Çünkü mühendislik problemlerinde, kapasite ve yük fonksiyonları problemin doğası gereği yeterince iyi tanımlanamamakta ve bu iki yöntem irdelenen probleme ait elde edilmesi daha kolay olan ortalama değer ve varyansa dayanmaktadır (Yenigün, 2001). Buna ek olarak Taylor seri açılımının bu yöntemlerde kullanılması sürekli ve kesikli değişkenlere ait olasılık yoğunluk fonksiyonlarının elde edilmesini basitleştirmektedir (Goodarzi ve ark. 2013). MFOSM ve AFOSM yöntemleri arasındaki tek fark Taylor seri açılımlarında ortalama değerler ya da gerçek değerlerin kullanılmasından ibarettir. Bu yöntemlerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bir husus, bu yöntemlerin normal dağılıma uyan değişkenler için iyi sonuç vereceğidir. Normal dağılıma uymayan veri koşulları için eşdeğer normal dağılım elde edecek dönüşümlerin yapılması gerekmektedir. MFOSM ve AFOSM yöntemlerine ait matematiksel detaylar Yenigün ve Erkek (2007)'de mevcuttur.

Bu çalışmada risk analizleri DamRisk isimli Java ortamında geliştirilmiş bir bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Program Yenigün (2001) tarafından geliştirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen trend analizlerinin sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

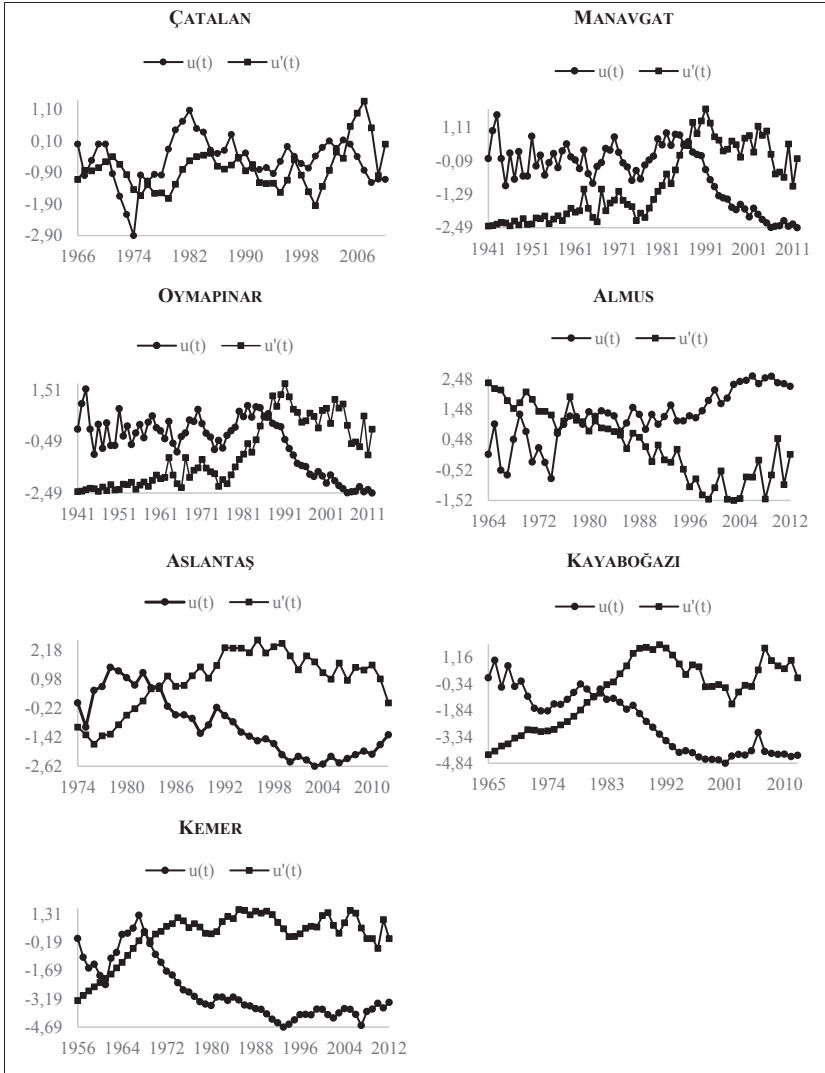
**Tablo 4.** Trend Analizi Sonuçları

Baraj	Mann-Kendall Test Sonuçları			Spearman'ın Rho Testi Sonuçları			Trendin Başlangıç Yılı	Sen'in Eğim Değeri
	Kendall Korelasyon Katsayısı	Z	Trend	Rho Test Değeri	Z	Trend		
Çatalan	-0.12	-1.11	-	-0.17	-1.13	-	-	-6.761
Manavgat	-0.20	-2.43	▼	-0.34	-2.64	▼	1986	-2.735
Oymapınar	-0.20	-2.43	▼	-0.34	-2.64	▼	1986	-2.735
Almus	0.23	2.35	▲	0.34	2.38	▲	1985	1.290
Aslantaş	-0.11	-0.99	-	-0.20	-1.25	-	-	-1.911
Kayaboğazi	-0.43	-4.35	▼	-0.64	-4.40	▼	1982	-3.129
Kemer	-0.30	-3.28	▼	-0.47	-3.49	▼	1967	-0.92

Trend analizlerinin yorumlanmasına esas olan Mann-Kendall Sıra Korelasyon testine ait  $u(t)$  ve  $u'(t)$  grafikleri her bir baraj için Şekil 2’de yer almaktadır.

Tablo 4’te ve Şekil 2’de sunulan trend analizi sonuçları incelendiğinde Çatalan ve Aslantaş barajları için trend elde edilememiş, Almus barajı için artan; Manavgat, Oymapınar, Kayaboğazi ve Kemer Barajları için ise azalan yönde bir trend

gözlemlenmiştir. Genel olarak azalan yönde bulunan trendler, ülkemizde iklim değişikliğinin yağışların azalmasına sebep olduğunu öngören çalışma sonuçlarıyla uyumludur (Kahya ve Kalaycı, 2004; Cıgızoğlu ve ark., 2005). Sadece Almus barajı için elde edilen artış yönlü trend bölgenin lokal yağış karakteristikleri ile açıklanabilir.



Şekil 2. Her bir baraj için  $u(t)$  ve  $u'(t)$  İlişkileri

Çalışma içinde gerçekleştirilen risk analiz sonuçları geçmiş ve şimdiki dönemler için ayrı ayrı Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Buna göre; Çatalan, Manavgat ve Oymapınar barajlarında risk değerleri uzun dönem dikkate alındığında azalış göstermektedir. Özellikle Manavgat ve Oymapınar Barajları için elde

edilen azalan yönlü trend bu durumu desteklemektedir. Almus Barajı'nı temsil eden akım gözlem istasyonunda artan yönde bir maksimum akım trendi gözlemlenmesine rağmen bu artış dolusavak riskini değiştirmemiştir. Risk her iki dönemde de 0 olarak bulunmuştur. Aslantaş, Kayaboğazi ve

Kemer Barajları için de dolusavak riski her iki durumda bir baraj görünmemektedir. Bu durum durumda 0 olarak hesaplanmıştır. Çalışma seçilen barajların yeterince güvenli olduğunu kapsamında, yeni çalışılan barajlarda uzun ortaya koymaktadır. dönemin dikkate alınması neticesinde kritik

**Tablo 5. Geçmiş (Kısa) Dönem Risk Analiz Sonuçları**

Baraj	MFOSM	AFOSM	Açıklama
Çatalan	0.0409 <sup>a</sup>	0.0000	a: m=5 kapak kapalı durum için MFOSM riski
Manavgat	0.0003 <sup>b</sup>	0.0002 <sup>c</sup>	b: m=2 kapak kapalı durum için MFOSM riski c: Q100 taşkın debisi için AFOSM riski
Oymapınar	0.3745 <sup>d</sup>	0.001 <sup>e</sup>	d: m=3 kapak kapalı durum için MFOSM riski e: Q100 taşkın debisi için AFOSM riski
Almus	0.0000	0.0000	
Aslantaş	0.0000	0.0000	
Kayaboğazi	0.0000	0.0000	
Kemer	0.0000	0.0000	

**Tablo 6. Güncel (Uzun) Dönem Risk Analiz Sonuçları**

Baraj	MFOSM	AFOSM	Açıklama
Çatalan	0.0222 <sup>a</sup>	0.0000	a: m=5 kapak kapalı durum için MFOSM riski
Manavgat	0.0001 <sup>b</sup>	0.0002 <sup>c</sup>	b: m=2 kapak kapalı durum için MFOSM riski c: Q <sub>100</sub> taşkın debisi için AFOSM riski
Oymapınar	0.2611 <sup>d</sup>	0.001 <sup>e</sup>	d: m=3 kapak kapalı durum için MFOSM riski e: Q100 taşkın debisi için AFOSM riskir
Almus	0.0000	0.0000	
Aslantaş	0.0000	0.0000	
Kayaboğazi	0.0000	0.0000	
Kemer	0.0000	0.0000	



## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin maksimum akım değerleri üzerine olası etkileri ve maksimum akımlardaki olası değişimlerin barajların dolusavak risklerine katkısı araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma kapsamında trend ve risk analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bir baraj hariç tüm barajlarda ya trend gözlemlenememiş ya da aşağı yönlü trend gözlemlenmiştir. Çalışılan maksimum akım değerlerinin ekstrem özellikler göstermesi ve iklim değişikliğinin ülkemizde, literatürde belirtilen, yağışları azaltıcı etkisi olması bu durumun başlıca sebeplerindedir.

Barajlara ait dolusavak risk değerleri de trend sonuçlarıyla uyumlu olup uzun dönem dikkate alındığında azalış göstermektedir. Yeni çalışılan tüm barajlarda risk değerleri her iki dönem için de 0 olarak hesaplanmıştır. Bu durum barajların bu etkiler altında güvende olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, barajlara gelen akımların sadece akarsulardan izlenmesi yerine doğrudan göl hacimlerindeki değişimler üzerinden incelenerek daha kapsamlı hale getirilebilir. Ayrıca, farklı iklim senaryoları ile ileriye dönük (25 yıl, 50 yıl gibi) yağış ve akışa dönen yağış tahminlerinde bulunarak ilgili barajların gelecekteki risk durumları ortaya konabilir.

## Kaynaklar

- Bouwer L. M., Bubeck P., Aerts J., (2010) Changes in future flood risk due to climate and development in a Dutch polder area, *Global Environmental Change*, Volume 20, Issue 3, August 2010, Pages 463-471.
- Burn DH, Elnur MAH. (2002) Detection of hydrologic trends and variability. *J. Hydrol.* 255: 107-122.
- Cigizoglu HK., Bayazit M. and Onoz B. , (2005) Trends in the maximum, mean and low flows of Turkish rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 6, No. 3, 280-290.
- Chernet, H., Alfredsen, K., and Midttømme, G. (2014) Safety of Hydropower Dams in a Changing Climate. *J. Hydrol. Eng.*, 19(3), 569-582.
- Cheng ST (1993) Statistics of dam failures, reliability and uncertainty analyses in hydraulic design. ASCE, New York, USA, p 97.
- Cooper DF, Chapman CB (1993) Risk analysis for large projects. John Wiley and Sons, USA
- DSİ (General Directorate of Turkish Hydraulic State Works). (2014a). <http://rasatlar.dsi.gov.tr/> (accessed 3 February 2015)
- DSİ (General Directorate of Turkish Hydraulic State Works). (2014b). <http://barajlar.dsi.gov.tr/> (accessed 3 February 2015)
- Goodarzi E., Ziaei M., Teang SL., (2013) Introduction to Risk and Uncertainty in Hydrosystem Engineering, Springer: New York.
- Gumus V. (2006) Evaluation of Euphrates basin's streamflow with trend analysis, MSc thesis, Harran University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering, Sanliurfa, Turkey (In Turkish).
- Hamed KH, Rao AR. (1998) A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *J. Hydrol.* 204: 182-1196.
- Helsel DR, Hirsch RM. (1992) *Statistical Methods in Water Resources*. Elsevier: Amsterdam.
- ICOLD (International Commission on Large Dams). (2014) [http://www.icold-cigb.org/GB/Dams/dams\\_safety.asp](http://www.icold-cigb.org/GB/Dams/dams_safety.asp) (accessed 3 February 2015).
- Ikiel C. (2005) Rainfall regime regions in Turkey (a statistical climate study). *Proceedings of International Conference on Forest Impact on Hydrological Processes and Soil Erosion*. University of Forestry, Yundola, Bulgaria, , pp. 108-116.
- Kahya E, Kalayci S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *J. Hydrol.* 289: 128-144.
- Kahya E., Demirel M. C. and Piechota T. C. (2007) Spatial grouping of annual streamflow patterns in Turkey. *Proceedings of 27th AGU Hydrology Days*, Fort Collins, Colorado, 169-176.
- Kang B., Lee SJ., Kang DH., Kim YO., (2007) A flood risk projection for Yongdam dam against future climate change, *Journal of Hydro-environment Research*, Volume 1, Issue 2, 4 Pages 118-125.
- Kendall MG. (1975) *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin: London.
- Kite GW (1976) *Frequency and risk analyses in hydrology*, Inland waters directorate. Water Resources Branch, Applied Hydrology Division, Network Planning and Forecasting Section, Ottawa, Canada.
- Mann HB. (1945) Non-parametric test against trend. *Econometrika* 13:245-259.

- MEF (Ministry of Environment and Forestry). (2007) First National Communication of Turkey on Climate Change. Ankara, Turkey.
- Sen PK. (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.* 39: 1379–1389.
- Sen B., Topcu S., Türkeş M, Sen B., Warner JF (2012) Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Clim Res* 52:175-191.
- Silva VPR. (2004) On climate variability in Northeast of Brazil. *J. Arid. Environ.* 58(4): 575–596.
- Turkman F (1990) Identification of risk and reliability of water structures. The Seminar of Water Engineering Problems, DSI TAKK, Ankara, Turkey (in Turkish)
- Uzel T (1991) Barajların Güvenliği. Doğan Publ, İstanbul.
- Vischer DL, Hager WH (1998) Dam hydraulics. John Wiley and Sons Pub, USA
- WMO (World Meteorological Organization). (1988) Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect to Climate Variability. WMO, Geneva, Switzerland, WCAP-3, WMO/TD- No: 224, pp. 1–12.
- Xu ZX, Takeuchi K, Ishidaira H. (2003) Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *J. Hydrol.* 279: 144–150.
- Yen BC, Tung YK (1993) Some recent progress in reliability analysis for hydraulic design, reliability and uncertainty analyses in hydraulic design. ASCE, New York, USA, p 35
- Yenigün K., (2001) “Barajlarda Güvenilirlik ve Dolusavak Boyutlarının Risk Düzeyine Etkisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Su Mühendisliği Programı, Doktora tezi (yayımlanmamış), İstanbul. (In Turkish)
- Yenigün, K., (2007), “Dolusavaklarda Taşkına Dayalı Güvenilirlik ve Baraj risk Programıyla Risk Analizi Uygulaması”, 1. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, Mayıs 28-30, Ankara. (In Turkish)
- Yenigün, K., Erkek, C., (2002a), “Mevcut Barajlarda Dolusavak Proje Boyutlarının Taşkın Riski İle Boyut Rehabilitasyonu-Güvenilirlik İlişkisi Üzerine Bazı İrdelenmeler”, Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, September 25-27, İstanbul. (In Turkish)
- Yenigün, K., Erkek, C., (2002b), “Risk Mühendisliği Yaklaşımıyla Baraj Güvenliğinin İrdelenmesi”, GAP IV. Mühendislik Kongresi, (Uluslararası Katılımlı), C:2, S:1116-1125, Şanlıurfa. (In Turkish)
- Yenigün, K., Erkek, C., (2007), “Reliability in dams and the effects of spillway dimensions on risk levels”, *Water Resources Management*, Vol. 21, Num. 4 / April, p. 747-760.
- Yenigün, K., Ecer, R., (2013), "Climatic Change Impact on Water Resources by Overlay Mapping Technique", *Meteorological Applications*, 20: 427–438.
- Yenigün, K., Gümüş, V., and Bulut, H., (2008), “Trends in Streamflow of Euphrates Basin, Turkey”, *ICE Water Management*, Volume: 161, Issue: 4, p. 189-198, Thomas Telford.
- Yue S, Pilon P, Cavadias G. (2002) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *J. Hydrol.* 259: 254–271.
- Zhang Q., Gemmer M., Chen J., (2008) Climate changes and flood/drought risk in the Yangtze Delta, China, during the past millennium, *Quaternary International*, Volumes 176–177, January 2008, Pages 62-69.

## **Trend analysis of maximum flows and its impact on spillway safety**

### **Extended abstract**

*Dams are huge engineering structures for different aims. In this regard, dams also contain important risks. These risks can be seen as different types of failures. One of the major reason of dam failures is spillway inadequacy. So, the design, construct and operating of spillways are very important. The flood discharge capacity is used for spillway design as input parameter and it is sensitive under climate change effects or other factors. So, it must be evaluated by the view of trend analysis of maximum flow data. In addition to observe the trends, risks of spillways must be evaluated by risk analysis using same observed maximum flow data.*

*In this study, Mann-Kendall and Spearman's Rho tests are used for investigating the existence of trends for selected dams in Turkey. Then, the MFOSM (Mean Value First Order Second Moment) and AFOSM (Advanced First Order Second Moment) methods are used for analyzing the possible spillway risks that affected from changing maximum flows. Using maximum flow parameters, it is reported existence the trends and safety level of spillways for selected dams. That results show us, the process of observation of updated maximum flow data and its effect on risk level for dam safety using effective and modern methods is crucial.*

**Keywords:** *Trend analyses; Max flows; Risk analysis; Spillway; Flood.*

# mühendislik dergisi

