



## Barajların Nehir Akımı Rejimine Olan Etkilerinin Trend Analizi Yöntemi ile Araştırılması: Sakarya Nehri Örneği

*Investigation for Effecting of Dam to River Flow Regime by Trend Analysis Method: Case Study of Sakarya River*

Emrah Doğan<sup>1</sup>, Gökmen Çeribaşı<sup>2\*</sup>, Uğur Akkaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye

<sup>3</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarıcı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bolu, Türkiye

### Öz

Barajlar, genellikle nehirlerin geçtiği derin vadiler üzerine inşa edilen, nehir ve yağmur sularını biriktirerek yapay bir göl oluşturan yapılardır. Barajlar, hidroelektrik enerji üretmek, kentlerin ve tarım alanlarının su ihtiyacını karşılamak ve oluşabilecek taşkınları önlemektedirler. Dolayısıyla bu çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde kurulu olan barajlardan Gökçekaya Barajı'nın Sakarya Nehri akımı rejimine olan etkisi araştırılmaktadır. Bu araştırmayı yapmak için Gökçekaya barajının tam kapasite işletmeye alınmasından önce ve sonraki durumlar için nehirdeki akımların değişimi ayrı ayrı incelenmektedir. İlk olarak Aşağı Sakarya Nehri üzerindeki Doğançay istasyonuna ait akım değerleri baraj işletmeye alındığı tarihin öncesi ve sonrası akım değişimleri grafikler halinde gösterilmiştir. Daha sonra Trend Analizi yöntemi uygulanarak baraj işletmeye alındığı tarihin öncesi ve sonrası analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, Gökçekaya barajının yapılmasından sonra akım değişimlerinde yağışlı aylara ait pik debilerin nicelik olarak azaldığı, kurak aylara ait minimum seviyelerin ise arttığı görülmektedir. Trend Analizi sonuçlarında ise; baraj inşaa edilmeden önce akım verilerinde artan bir trend gözlenirken, baraj inşaa edildikten sonra akım verilerinde trend gözlenmemiştir. Dolayısıyla, Gökçekaya Barajı inşaa edildikten sonra Sakarya Nehri akım rejimlerinin düzenlendiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Barajlar, Nehir akımı, Sakarya nehri, Trend analizi

### Abstract

Dams are generally erected on deep valleys through the river course and they collect rain water and river water then make out an artificial lake. Dams prevent the floods which may occur on the other hand they are used to produce hydroelectric energy to supply the water needs of cities and agricultural areas. Therefore, in this study Gokcekaya Dam built on the Sakarya River was investigated for the impact of it on the Sakarya River flow regime. In this study, flow changing volume was investigated before starting to work and after respectively in the Gokcekaya Dam. Firstly, flow volume of Dogancay Station located on down Sakarya River was shown in graphs before and after operation. Then Trend Analysis Method was applied to show change in the flow volume. According to analysis, after the Gokcekaya Dam erected, the changing of peak flow volume decreased in raining season and minimum flow changing volume increased in the dry season. In the result of trend analysis, before dam erected, while flow volume data observed displayed growing trend, after the dam erected the trend is not observed. Thus flow regime of Sakarya River is shown a regular flow after Gokcekaya dam was erected.

**Keywords:** Dams, River flow, Sakarya river, Trend analysis

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [gceribasi@sakarya.edu.tr](mailto:gceribasi@sakarya.edu.tr)

## 1. Giriş

Nehir yatağında bazı hidrolik etkenlerin değişmesi sonucunda, nehirlerin tabanında ve yan şevlerinde değişimler meydana gelir. Bu değişimler doğal olarak veya insani etkilerle; ani, yavaş ve uzun vadede olabilir. Nehrin herhangi bir noktasında yapılan yersel bir müdahale o noktanın hem memba hem de mansabında etkiler meydana getirecektir (Simons ve Senturk 1992, Schuman ve Winkley 1994, Işık vd. 2005). Sakarya Nehrinin son 50 yılda morfolojik, hidrolojik ve hidrolik karakteristiklerinde değişimler meydana gelmiştir. Bunların nedenleri; havzada yapılan barajlar, seddeler ve kum alımı gibi faaliyetlerdir (Simons ve Senturk 1992, Schuman ve Winkley 1994).

Literatürde daha önce bu konuda yapılan çalışmalar ise;

Benedek ve Hock (1980), yaptıkları çalışmada Avrupa'nın ikinci büyük nehri olan Tuna'da su kirliliği kontrolü çalışmaları gerçekleştirmişler, nehir havzasını inceleyerek gözlem ağını değerlendirmişler, baraj sistemlerinin nehre olan etkilerini değerlendirmişlerdir (Benedek ve Hook 1980).

Kara (1996), Kurtboğazi Barajı yağış havzasının hidrolojik yönden değerlendirilmesi çalışmasını yapmış ve geleceğe yönelik alınması gereken tedbirler sunmuştur (Kara 1996).

Parlak vd. (2007) Kurtboğazi Barajı havzasında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak yukarı havza erozyon ve rusubat kontrol çalışmalarında kullanılmak üzere erozyon risk haritası oluşturmuş, bu yöntemlerin uygulanması ile ileriye yönelik yukarı havza erozyon ve rusubat kontrolü çalışmalarında yeni bir bakış açısı oluşturmaya çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, havzada erozyon riskinin çok düşük olduğu sonucuna varmışlardır (Parlak vd. 2007).

Berkün vd. (2008) barajların akarsu ekosistemleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda da bu etkilerin en aza indirilmesi için alınması ve yapılması gereken önlemleri maddeler halinde sunmuşlardır (Berkün vd. 2008).

Yılmaz vd. (2012) Ayancık Çayı sularını kullanarak enerji üretmeyi amaçlayan hidroelektrik santrali inşası sırasında doğal ortama yapılan müdahalelerin sonuçlarının tartışılmasını hedeflemiştir (Yılmaz vd. 2012).

Bu çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde kurulu olan barajlardan Gökçekaya Barajı'nın Sakarya Nehri akımı rejimine olan etkisi araştırılmaktadır. Bu araştırmayı yapmak için Gökçekaya barajının tam kapasite işletmeye alınmasından

önce ve sonraki durumlar için nehirdeki akımların değişimi ayrı ayrı incelenmektedir. İlk olarak Aşağı Sakarya Nehri üzerindeki Doğançay istasyonuna ait akım değerleri baraj işletmeye alındığı tarihin öncesi ve sonrası akım değişimleri grafikler halinde gösterilmektedir. Daha sonra Trend Analizi yöntemi uygulanarak baraj işletmeye alındığı tarihin öncesi ve sonrası analizler yapılmaktadır.

## 2. Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, Devlet Su İşlerinin (DSİ) Sakarya Nehri üzerinde bulunan 1221 nolu istasyonun Gökçekaya Barajı yapılmadan önceki yıllık akım verileri (1953-1971) ile Gökçekaya Barajı yapımından sonraki yıllık akım verileri (1972-2000) kullanılarak akım değişimleri incelenmiş ve Trend Analizi yapılmıştır. Bu İstasyon, Gökçekaya Barajının mansap kısmında bulunmaktadır ve yeri Şekil 1'de gösterilmektedir.

### 2.1. Trend Analiz Yöntemleri

Hidrolojik büyüklükler zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir.

#### 2.1.1. Spearman'ın Rho Testi

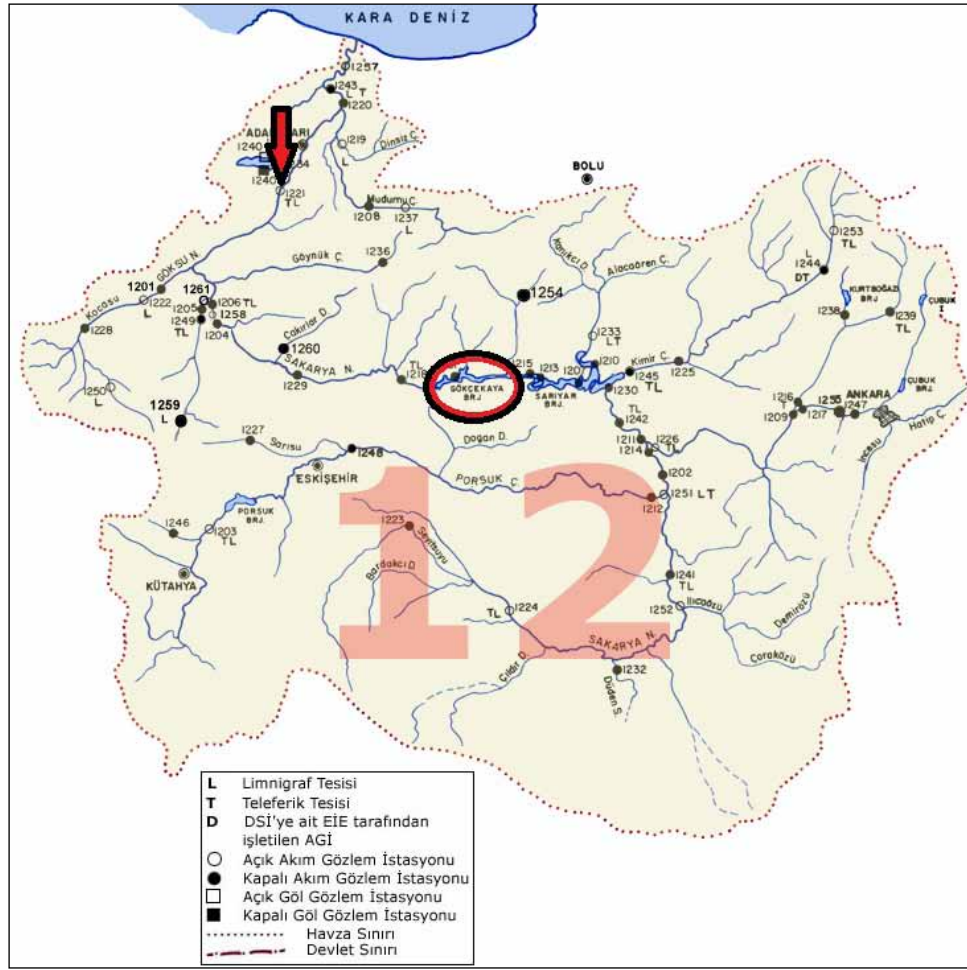
İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bir testtir. Sıra istatistiği olan  $R_{xi}$  verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Spearman'ın Rho testi istatistiği ( $r_s$ ), şu şekilde hesaplanır (Buyukkaracigan ve Kahya 1997, Gumus 2006, Ceribasi 2010, Ceribasi vd. 2013, Ceribasi vd. 2014, Ceribasi ve Dogan 2015a, Ceribasi ve Dogan 2015b, Çeribaşı vd. 2015).

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - i)^2}{(n^3 - n)} \quad (1)$$

$n > 30$  için  $r_s$  dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır. Bunun için  $r_s$ 'nin test istatistiği ( $Z$ ),

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (2)$$

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2}=1,96$  değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyük ise trend olduğu ve  $Z$  değeri pozitif ise artan yönde negatifse azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır (Gumus 2006, Ceribasi 2010, Ceribasi vd. 2013, Ceribasi vd. 2014, Ceribasi ve Dogan 2015a, Ceribasi ve Dogan 2015b, Çeribaşı vd. 2015).



Şekil 1. Gökçekaya Barajı'nın ve Mansap Kısımındaki 1221 Nolu İstasyonun Sakarya Havzasındaki Yeri (DSİ 2013).

### 2.1.2. Mann-Kendall Testi

Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi; “ $H_0$ : trend yok” ile kontrol edilmektedir. Testin uygulanacağı zaman serisi  $x_1, x_2, \dots, x_n$  de  $x_i, x_j$  çiftleri iki gruba ayrılır.  $i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P$  ve  $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M$  ile gösterilirse test istatistiği ( $S$ ),

$$S = P - M \quad (3)$$

Kendall korelasyon katsayısı:

$$\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]} \quad (4)$$

$n \geq 10$  için

$$\sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (5)$$

$$(S-1)/\sigma_s \quad S > 0$$

$$Z = 0 \quad S = 0 \quad (6)$$

$$(S+1)/\sigma_s \quad S < 0$$

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1,96$  değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyükse trend olduğu ve  $Z$  değeri pozitif ise artan yönde negatifse azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır (Mann 1945, Kendall 1975, Gumus ve Yenigun 2006, Ceribasi 2010, Ceribasi vd. 2013, Ceribasi vd. 2014, Ceribasi ve Dogan 2015a, Ceribasi ve Dogan 2015b, Çeribaşı vd. 2015).

### 2.1.3. Mann-Kendall Meritebe Korelasyon Testi

Uygulanan seride zamanla artma mı azalma mı olduğunu bulmak için kullanılan bir testtir. Sonuçlar grafiksel olarak ifade edilirken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir. Zamanla bir değişim yok varsayımı,  $u(t)$ 'nin sifıra yakın değerleri ile ifade edilirken  $u(t)$ 'nin büyük değerleri bir değişiminin olduğunu gösterir.  $u'(t)$  ise seri içinde geri yönde  $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır.  $u(t)$  ile  $u'(t)$ 'nin grafiksel olarak kesiştikleri nokta trendin başladığı zamanı gösterir. Şekil 2'de trend olması durumunda  $u(t) -$

$u'(t)$  grafiğini ve şekil 3'de trend olmaması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiğini göstermektedir (Mann 1945, Kendall 1975, Gumus ve Yenigun 2006, Çeribaşı vd. 2015).

### 3. Akım Değişimlerinin Değerlendirilmesi

Gökçekaya Barajının 1971 yılında işletmeye alınması esas alınarak, Akım Gözlem İstasyonundan alınan veriler 1953-1971 yılları arası ve 1972-2000 yılları arası ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu yapılan değerlendirmeler neticesinde aylık ortalama akım değerleri şekil 4'de gösterilmiştir.

Doğançay'da Gökçekaya Barajından önce (1971 ve öncesi) maksimum ve minimum akımlar sırası ile  $272,00 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $65,77 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Gökçekaya Barajından sonra ise (1975-1984 yılları arası) ise sırası ile  $178,43 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $86,25 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Bu sonuçlar, Gökçekaya barajının yapılmasından

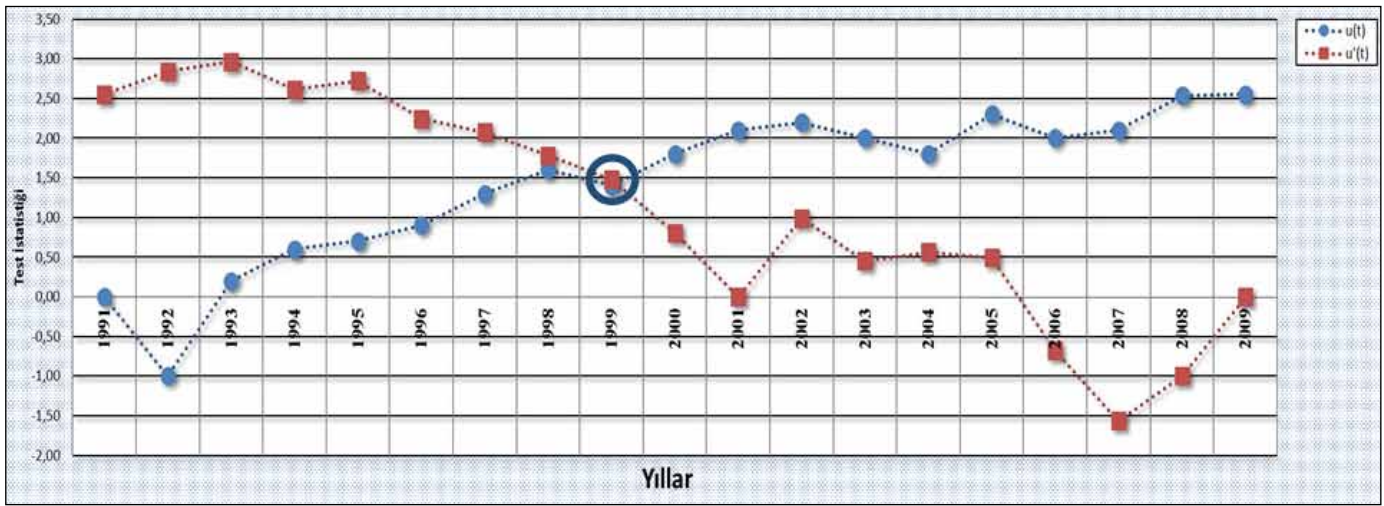
sonra Doğançay istasyonunda yağışlı aylara ait pik debilerin nicelik olarak azaldığını, kurak aylara ait minimum seviyelerin ise arttığını göstermektedir.

### 4. Trend Analizi Testlerinin Değerlendirilmesi

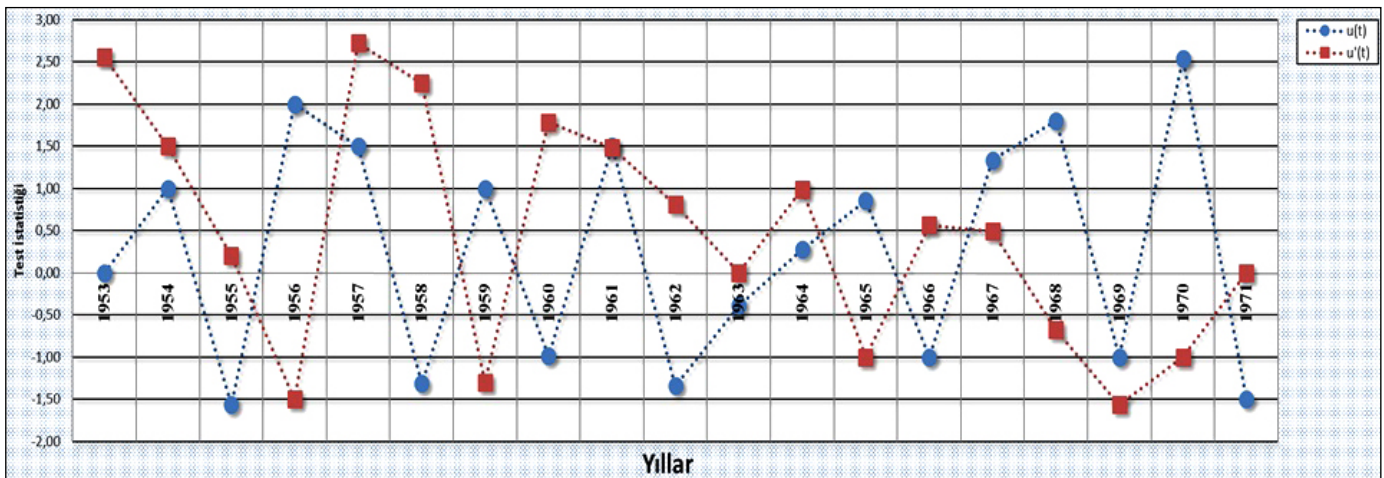
Sakarya Nehri üzerinde bulunan 1221 nolu Gökçekaya istasyonunun Gökçekaya Barajı yapılmadan önceki yıllık akım verileri ile Gökçekaya Barajı yapımından sonraki yıllık akım verileri kullanılarak Trend Analizi yapılmıştır. Trend analizi yapmak için kullanılan Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları çizelge 1'de verilmiştir.

Yapılan analizlerde 1953-1971 yılları arası artan trend gözlenirken 1972-2000 yılları arasında trend gözlenmemiştir.

Trend başlangıç yılını tespit etmek için yapılan Mann-Kendall Merit Korelasyon Testi  $u(t) - u'(t)$  grafiği Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 2. Trend olması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiği.



Şekil 3. Trend olmaması durumunda  $u(t) - u'(t)$  grafiği.

Şekil 4.1'e göre Sakarya Nehri akım verilerinin 1953-1971 yılları arası artan trendin başlangıç yılı 1965 yılıdır.

## 5. Sonuçlar

Barajlar, üzerine inşaa edildikleri akarsuların Hidrolojik, Morfolojik ve Sediment Taşıma Kapasitesi gibi karakteristik özelliklerinde zaman içinde önemli ölçüde değişiklikler meydana getirmektedirler. Bu değişiklikleri incelemek ve çıkan sonuçların olumlu ya da olumsuz yönlerini görmek için bu çalışmada, Orta Sakarya Havzasında yer alan Gökçekaya

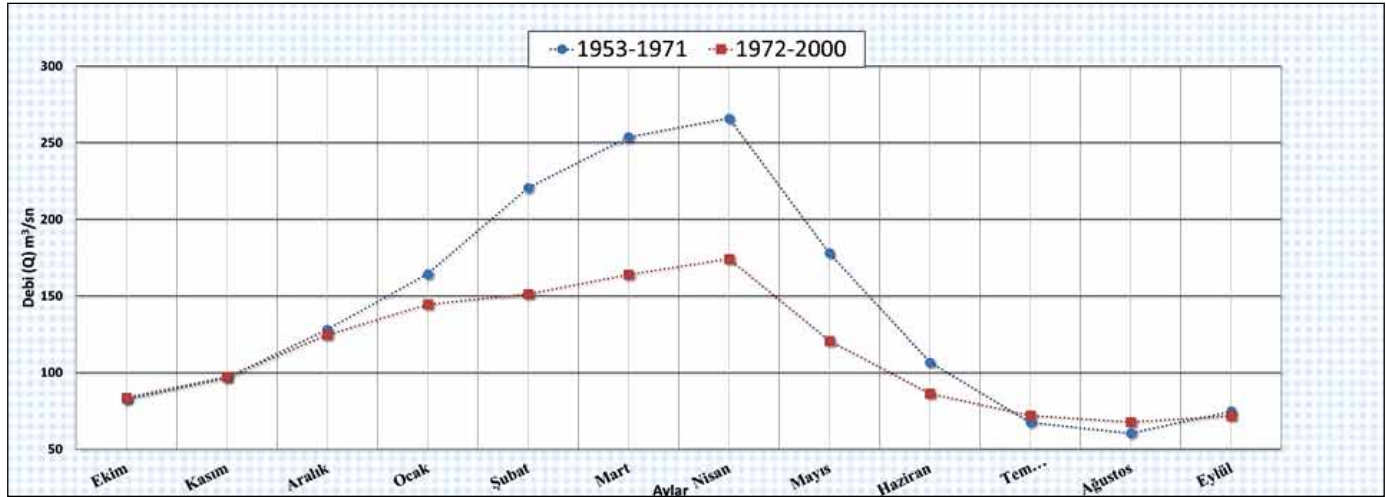
Barajının inşaa edilmesinden sonra Aşağı Sakarya Nehrinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır.

Akım değişimler incelendiğinde; Doğançay'da Gökçekaya Barajından önce (1971 ve öncesi) maksimum ve minimum akımlar sırası ile  $272,00 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $65,77 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Gökçekaya Barajından sonra ise (1975-1984 yılları arası) ise sırası ile  $178,43 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $86,25 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

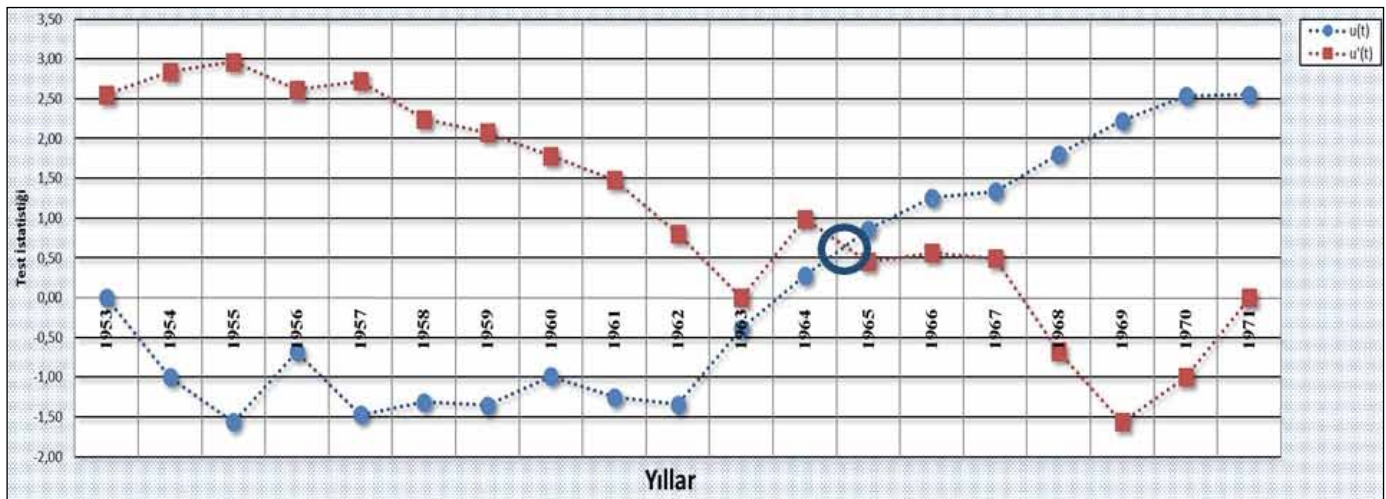
Trend Analizi sonuçları incelendiğinde; 1953-1971 yılları arası artan trend gözlenirken 1972-2000 yılları arasında trend gözlenmemiştir.

**Çizelge 1.** Akım verilerinin Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları

Gözlem Yılı	İstasyon No	İstasyon	Spearman'ın Rho	Mann-Kendall
1953-1971	1221	Doğançay	<b>2,81 (Artan Trend)</b>	<b>2,51 (Artan Trend)</b>
1972-2000	1221	Doğançay	-1,892 (Trend Yok)	-1,707 (Trend Yok)



**Şekil 4.** Doğançay Akım Gözlem İstasyonunda Aylık Ortalama Akımların Değişimi.



**Şekil 5.** Sakarya Nehri akım verilerinin 1953-1971 yılları arası  $u(t)-u'(t)$  grafiği.

Bu sonuçlar, Gökçekaya barajının yapılmasından sonra Doğançay istasyonunda yağışlı aylara ait pik debilerin nicelik olarak azaldığını, kurak aylara ait minimum seviyelerin ise arttığını göstermektedir. Böylece, nehir veya akarsu üzerine yapılan herhangi bir hidrolik yapı, akım rejimi düzenlemekte yani olası taşkınları önlemektedir. Ayrıca, tarım alanlarının zamanında ve yeterli olarak sulanmasını, hidroelektrik enerji üretilmesini, içme, kullanma ve endüstri için gerekli suyun sağlanmasını, toprak erozyonunun önlenmesi veya azaltılması için toprak muhafazasını sağlamaktadır. Bunun yanında iklim değişikliği üzerinde büyük ölçüde etkisi bulunmaktadır.

## 6. Kaynaklar

- Benedek, P., Hook, B. 1980.** Water Pollution Control on the River Danube. *River Poll. Cont.*, pp. 77, England.
- Berkün, M., Aras, E. ve Koç, T. 2008.** Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler. *TMH*, 452: 41-48.
- Buyukkaracigan, N., Kahya, E. 1997.** The Dependency Analysis of Annual Peak Flows of Streams in Konya Basin. *Int. Conf. on Water Prob. in the Med. Count., Ankara, Turkey.*
- Ceribaşı, G., Doğan, E., Sonmez, O. 2013.** Evaluation of Sakarya River Streamflow and Sediment Transport with Rainfall Using Trend Analysis. *FEB.*, 22: 846-852.
- Ceribaşı, G., Doğan, E., Sonmez, O. 2014.** Evaluation of Meteorological and Hydrological Data of Sapanca Basin by Trend Analysis Method. *J. Env. Prot. Eco.*, 15: 705-714.
- Ceribaşı, G., Doğan E. 2015a.** Karadeniz ve Sakarya Havzalarında Yıllık Ortalama Yağışların Trend Analizi. *SDU Int. J. of Tech. Sci.*, 1: 1-7.
- Ceribaşı, G., Doğan E. 2015b.** Trend Analizi Yöntemi Kullanılarak Batı ve Doğu Karadeniz İle Sakarya Havzası Akım Miktarlarının Değerlendirilmesi. *SDU Int. J. of Tech. Sci.*, 2: 1-12.
- Çeribaşı, G. 2010.** Sakarya Nehrinin Taşımış Olduğu Katı Madde Debrisinin Trend Analizi Yöntemi İle Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Çeribaşı, G., Doğan, E., Akkaya, U. 2015.** Batı Karadeniz Havzası İle Sakarya Havzası Akım ve Askıda Katı Madde Miktarlarının Trend Analizi İle İncelenmesi. *Yapı Dün. Der.*, 236-237: 49-54.
- Devlet Su İşleri (DSİ). 2013.** Sakarya Havzası Haritası.
- Gumus, V., Yenigun, K. 2006.** Evaluation of Lower Fırat Basin Streamflow by Trend Analysis. *7<sup>th</sup> Int. ACE Conf., Yıldız Tech. Uni., Istanbul, Turkey.*
- Gümüş, V. 2006.** Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye.
- İşık, S., Şaşal, M., Doğan, E. 2005.** Sakarya Nehrinde Barajların Mansap Etkilerinin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Der.*, 21: 401-408.
- Kara, G. 1996.** Kurtboğazı Barajı Yağış Havzasının Hidrolojik Yönden Değerlendirilmesi. Yüksek Müh. Tezi, İ.Ü. Fen Bil. Ens., İstanbul.
- Kendall, M.G. 1975.** Rank Correlation Methods. *4<sup>th</sup> ed. Charles Griffin, London.*
- Mann, H.B. 1945.** Non-parametric Tests against Trend. *The Econ. Society*, 3: 245-259.
- Parlak, M., Dinçsoy, Y., Seyrek, K. 2007.** Determination of Erosion Risk According to Corine Methodology (A Case Study: Kurtboğazı Dam), ICRBM, *DSI*, 1: 844-846.
- Schuman, A.S., Winkley, R.B. 1994.** The Variability of Large Alluvial Rivers. *ASCE, New York.*
- Simons, D.B., Senturk, F. 1992.** Sediment Transport Technology. *Water Res. Publ., Littleton, Colorado.*
- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H.İ. ve Kaya, M. 2012.** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık Hes. *NWSA-Nature Sciences*, 7: 50-67.