

## KARADENİZ VE SAKARYA HAVZALARINDA YILLIK ORTALAMA YAĞIŞLARIN TREND ANALİZİ

Gökmen ÇERİBAŞI\*, Emrah DOĞAN

### Özet

Yeryüzünde yaşamın vazgeçilmez unsurlarının başında hava ve su gelmektedir. Nüfusun hızla artması ve zorlaşan çevre şartları etkisiyle suyun artan talebi sonucunda korunması ve kullanımı açısından iyi bir planlamanın yapılması önem arz etmektedir. Çünkü küreselleşen dünya ölçeğinde, ısınma ve iklim değişikliklerinin etkisi ile sorunlar artmakta, kullanılabilir tatlı su kaynaklarının azalmasının ciddi bir risk oluşturacağı düşünülmektedir. Bu risklerden dolayı, son yıllarda iklim değişkenliğinin potansiyel etkileri üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak, iklim değişikliği var mı sorusuna cevap bulmak ve yeni modeller geliştirmek amacıyla yapılmaktadır. Bu çalışmada, Batı ve Doğu Karadeniz Havzaları ile Sakarya Havzasının yıllık ortalama yağış miktarlarına trend analizi uygulanarak yağış trendlerine bakılmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde Batı Karadeniz Havzasının yağış verilerinde trende rastlanmazken, Doğu Karadeniz Havzasının yağış verilerinde artan yönde trende rastlanmıştır. Diğer taraftan Sakarya Havzasının yağış verilerinde ise azalan yönde trend gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sakarya Havzası, Batı ve Doğu Karadeniz Havzası, Trend Analizi, Mann-Kendall Testi, Spearman'ın Rho Testi.

## TREND ANALYSIS OF AVERAGE ANNUAL PRECIPITATION FOR BLACK SEA AND SAKARYA BASINS

**Abstract:** Air and water are indispensable elements of life on earth. With the effect of increasing population and difficult environmental conditions, it is quite important to set a good planning for protection and use of water as a result of increasing demand for water. In the scale of globalizing world, problems increase with the effect of warming and climate changes, it is thought that decrease of usable freshwater bodies would pose a serious problem. Due to these risks, there are increasing number of studies about potential effects of climate changes in recent years. These studies are generally carried out in order to find answers for the question whether there is climate change and to develop models. Therefore in this study, trend analysis is carried out on average annual precipitation of West and East Black Sea Basins and Sakarya Basin precipitation trends are analyzed. In the study, considering the results of trend analysis, there is no trend observed in precipitation data of West Black Sea Basin; whereas there is an increasing trend in precipitation data of East Black Sea Basin. On the other hand, decreasing trend was observed in precipitation data of Sakarya Basin.

**Key Words:** Sakarya Basin, West and East Black Sea Basin, Trend Analysis, Mann-Kendall test, Spearman's rho test.

### 1. Giriş

Son zamanlarda aşırı ve bilinçsiz kaynak kullanımları küresel ısınmaya neden olmuş ve bu da beraberinde iklim değişikliğini getirmiştir. İklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık artışı ve yağış rejimlerinin değişmesi söz konusu olmuştur. İklim değişiminin; akarsu akışlarına, zemin suyu ve göllerdeki su hacimlerine, hava sıcaklığı ve yağışlarda görülen değişmelere bağlı olarak etkisi olduğu belirtilmektedir. Bu etkinin düzenli bir sürece sahip olmaması; kışın

\* Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye  
E-posta: gceribasi@sakarya.edu.tr, Tel: 0264 295 65 10, Fax: 0264 295 64 24

yağışların azalmasına, yazın ani yağışların olmasına ve mevsim sıcaklık ortalamalarının üstünde veya altında seyretmesine sebep olmaktadır (Kothyari, vd., 1997; Serrano, vd., 2006; Sandalcı ve Yüksel, 2007; Sandalcı ve Yüksel, 2011; Yüksel, vd., 2011).

İklim değişikliklerinin etkilerini incelemek amacıyla, ülkemizde de yağış, sıcaklık, akım, solar radyasyon vb. hidrometeorolojik parametreleri kullanmak suretiyle trend analizleri yapılmıştır. Özellikle yağış konusunda gerek ulusal (Partal ve Kahya, 2006, Özfidaner, 2007; Sahin ve Cigizoglu, 2010) gerekse bölgesel (Saris vd., 2010; Bahadır, 2011, Eris ve Agiralioğlu, 2012) anlamda çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Bu çalışmada da bölgesel anlamda Batı Karadeniz Havzası, Doğu Karadeniz Havzası ve Sakarya Havzasının yıllık ortalama yağış miktarlarının trendi incelenmiştir. Trend incelemesi yapılırken Mann Kendall trend testi yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran en önemli özelliklerden ilki, seçilen bölgelerde kullanılan istasyon sayısı miktarının ulusal düzeydeki çalışmalara nazaran daha çok olmasıdır. İkinci olarak ise gözlem periyodu son yıllarında verilerini de içermekte ve bize son yıllar hakkında da yorum yapma fırsatı tanımaktadır.

## 2. Trend Analiz Yöntemleri

Hidrolojik büyüklükler zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir. Klasik parametrik testlerdeki normalite, doğrusallık ve bağımsızlık gibi temel varsayımlar genellikle tipik yüzey suyu kalitesi verilerinde sağlanmamaktadır. Bu nedenle parametrik olmayan testlerin kullanılması parametrik testlere oranla daha uygundur (Helsel ve Hirsch 1992).

### 2.1. Spearman'ın Rho Testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan  $R_{xi}$  verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Spearman'ın Rho testi istatistiği ( $r_s$ ), aşağıdaki bağıntısı ile hesaplanır (Buyukkaracigan ve Kahya 1997; Gumus 2006).

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

$n > 30$  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  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2}$  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.

## 2.2. Mann-Kendall Testi

Bu test, parametrik olmayan bir test olduğundan rastgele değişkenin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi; “ $H_0$ : trend yok” ile kontrol edilmektedir. (Mann 1945; Kendall 1975; Van Belle ve Hughes 1984; Partal, vd., 2003; Gumus ve Yenigun 2006; Kalayci ve Kahya, 2006; Partal ve Kucuk 2006; Partal ve Kahya, 2006). 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

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

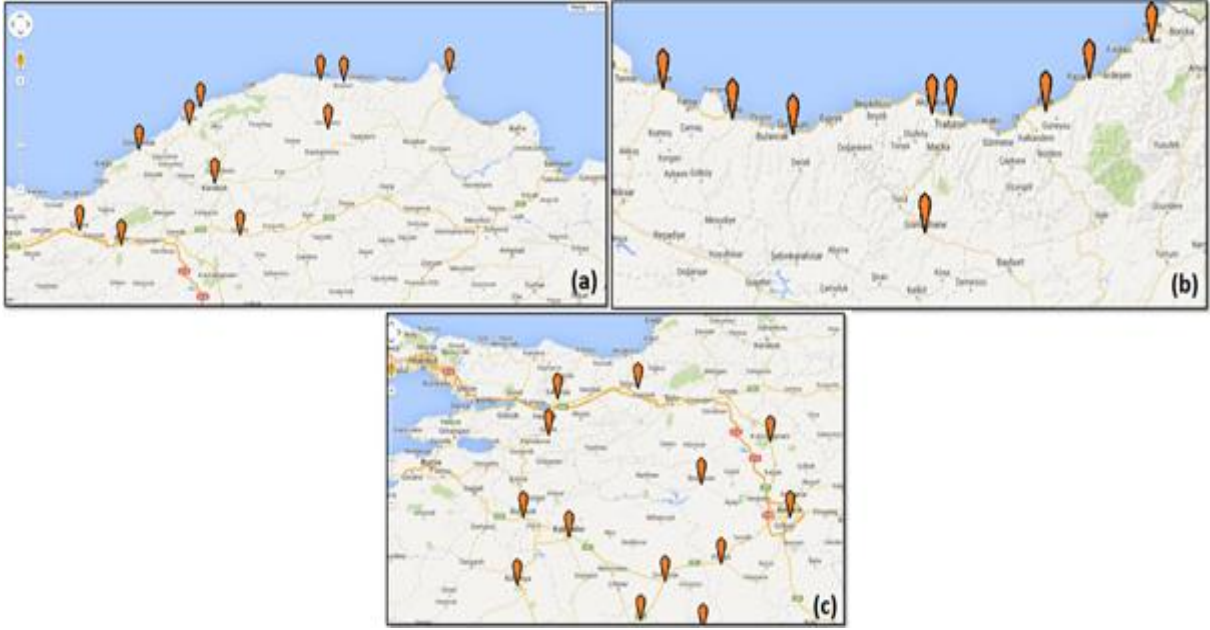
$$Z = \left. \begin{array}{l} (S-1)/\sigma_s \quad S > 0 \\ 0 \quad S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s \quad S < 0 \end{array} \right\} \quad (6)$$

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan  $Z$ 'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2}$  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 (Yu, vd., 1993; Cengiz, vd., 2003; Aris, vd., 2006; Seseogullari, vd., 2006; Hong, vd., 2008).

## 3. Uygulama

Bu çalışmada trend analizi yöntemi kullanılarak yıllık ortalama yağış verilerinin analizi yapılmıştır. Analiz için Batı Karadeniz Havzası, Doğu Karadeniz Havzası ve Sakarya Havzasında bulunan Devlet Meteoroloji İşlerinin (DMI) yağış istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Veriler yıllık ortalama olarak hesaplanmış ve analizler yapılmıştır.

Batı Karadeniz Havzası yağış istasyonlarının yer aldığı lokasyon haritası şekil 1(a)'da, Doğu Karadeniz Havzası yağış istasyonlarının yer aldığı lokasyon haritası şekil 1(b)'de ve Sakarya Havzası yağış istasyonlarının yer aldığı lokasyon haritası ise şekil 1(c)'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Yağış istasyonlarının yer aldığı lokasyon haritası (a) Batı Karadeniz Havzası, (b) Doğu Karadeniz Havzası, (c) Sakarya Havzası.

Batı Karadeniz Havzasına ait yıllık ortalama yağış miktarlarının Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Batı Karadeniz Havzası Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	İstasyon	Spearman'ın Rho testi (Z)	Mann-Kendall testi (Z)	Trend Durumu
1979-2012	17020	Bartın	-0,88	-0,77	Trend Yok
1979-2012	17022	Zonguldak	-0,70	-0,83	Trend Yok
1979-2012	17024	İnebolu	-0,41	-0,42	Trend Yok
1979-2012	17026	Sinop	0,94	0,95	Trend Yok
1979-2012	17070	Bolu	1,21	1,25	Trend Yok
1979-2012	17072	Düzce	-1,79	-1,81	Trend Yok
1996-2012	17078	Karabük	<b>-2,72</b>	<b>-3,09</b>	Azalan Trend
1979-2011	17602	Amasra	-0,71	-0,70	Trend Yok
1979-2011	17606	Bozkurt	-1,78	-1,91	Trend Yok
1980-2012	17618	Devrekani	<b>-2,97</b>	<b>-2,97</b>	Azalan Trend
1979-2011	17646	Çerkeş	-1,18	-1,26	Trend Yok

Doğu Karadeniz Havzasına ait yıllık ortalama yağış miktarlarının Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Doğu Karadeniz Havzası Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	İstasyon	Spearman'ın Rho testi (Z)	Mann-Kendall testi (Z)	Trend Durumu
1979-2012	17033	Ordu	1,24	1,36	Trend Yok
1979-2012	17034	Giresun	1,51	1,60	Trend Yok
1979-2012	17038	Trabzon	1,09	1,16	Trend Yok
1979-2012	17040	Rize	<b>2,02</b>	<b>2,00</b>	Artan Trend
1979-2012	17042	Hopa	0,99	0,93	Trend Yok
1979-2012	17088	Gümüşhane	1,12	1,10	Trend Yok
1980-2011	17624	Ünye	1,65	1,77	Trend Yok
1979-2011	17626	Akçaabat	0,45	0,57	Trend Yok
1979-2011	17628	Pazar	<b>2,70</b>	<b>2,65</b>	Trend Yok

Sakarya Havzasına ait yıllık ortalama yağış miktarlarının Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Sakarya Havzası Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall testi Z sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	İstasyon	Spearman'ın Rho testi (Z)	Mann-Kendall testi (Z)	Trend Durumu
1979-2012	17069	Sakarya	<b>-3,15</b>	<b>-3,29</b>	Azalan Trend
1991-2012	17123	Eskişehir	<b>-2,36</b>	<b>-2,48</b>	Azalan Trend
1979-2012	17130	Ankara	1,26	0,92	Trend Yok
1979-2011	17155	Kütahya	<b>-2,34</b>	<b>-2,34</b>	Azalan Trend
1979-2011	17662	Geyve	<b>-2,68</b>	<b>-2,31</b>	Azalan Trend
1991-2011	17664	Kızılcahamam	1,28	1,48	Trend Yok
1979-2011	17680	Beypazarı	-1,37	-1,41	Trend Yok
1979-2011	17702	Bozüyük	-1,04	-0,85	Trend Yok
1979-2011	17726	Sivrihisar	-0,51	-0,36	Trend Yok
1979-2011	17728	Polatlı	-1,91	-1,75	Trend Yok
1979-2011	17752	Emirdağ	-1,43	-1,50	Trend Yok
1979-2011	17798	Yunak	-1,53	-1,75	Trend Yok

Z'nin mutlak değerleri seçilen  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın  $Z_{\alpha/2} = 1,96$  değerinden küçük olursa sıfır hipotezi "H<sub>0</sub>: Trend Yok" kabul edilmekte eğer büyük olursa sıfır hipotezi "H<sub>0</sub>: Trend Yok" reddedilmekte ve  $Z < 0$  olursa incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmakta eğer  $Z > 0$  olursa incelenen zaman serisinde artan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'deki test sonuçları incelendiğinde;

Batı Karadeniz Havzasının yağış değerlerinin test sonuçlarında, Karabük ilinin ve Devrekani ilçesinin yağış verilerinde azalan yönde trendler gözlenirken, diğer istasyonların yağış verilerinde trende rastlanılmamıştır.

Doğu Karadeniz Havzasının yağış değerlerinin trend analizi sonuçlarında, Rize ilinin yağış verilerinde artan yönde trendler gözlenirken, diğer istasyonların yağış verilerinde trende rastlanılmamıştır.

Sakarya Havzasının yağış değerlerinin trend analizi sonuçlarında, Sakarya, Eskişehir ve Kütahya illerinin ve Geyve İlçesinin yağış verilerinde azalan yönde trendler gözlenirken, diğer istasyonların yağış verilerinde trende rastlanmamıştır.

#### 4. Sonuçlar

Batı Karadeniz Havzası trend analizi sonuçları incelendiğinde; havzanın bazı bölgelerinde azalan yönde trendlere rastlanmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası trend analizi sonuçları incelendiğinde; havzanın bazı bölgelerinde artan yönde trendlere rastlanmaktadır. Sakarya Havzası trend analizi sonuçları incelendiğinde ise; havzanın çoğu bölgelerinde azalan yönde trendlere rastlanmaktadır. Azalan yada artan yönde trend gösteren bölgelerde azalmaya neden olacak genel sebebin büyük ölçüde ülkemizde son yıllarda yaşanan iklim değişikliğidir. İklim değişikliği, ülkemizin eski yıllara göre bazı bölgelerin daha az yağış almasına ve sıcaklıkların artmasına bazı bölgelerin ise daha fazla yağış almasına sebep olmaktadır.

Dolayısıyla, yaşanan bu iklimsel değişikliğin ülkemize zarar vermesini engellemek ya da en aza indirmek için almamız gereken önlemler; suyun doğal döngüsü ve akışının, yeryüzündeki yaşam için paha biçilmez ekolojik ve ekonomik faydası bilindiğine göre doğal ve yapay su alanlarında su kaynakları yönetiminin çok iyi planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Mevcut kaynakların en faydalı şekilde kullanılması gerekmektedir. Ormanların korunması, ağaç dikmenin özendirilmesi bu konuda yapılacak en güzel çalışmalardandır. Ağaçlandırma çalışmaları gerek küresel ısınmanın etkilerine karşı gerekse baraj rezervuarının sedimente karşı korunması noktasında yapılabilecek en etkili çalışmalardır. Küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasında önemli bir diğer adımı da eğitimidir. Gelecek nesillere küçük yaşlarda aşırı derecede su tüketimine gitmemesinin öğretilmesi, suyu israf etmeden tasarruflu kullanmanın bir üstünlük olduğunun anlatılması gerekir.

#### Kaynaklar

- Aris, P., Sophia, M. ve Antonios, P. (2006) Simulation and Trend Analysis of the Water Quality Monitoring Daily Data in Nestos River Delta, Contribution to the Sustainable Management and Results for the Years 2000-2002, Vol. 116, Number 1-3, pp.543-562.
- Bahadır, M. (2011) Güneydoğu Anadolu Proje (GAP) Alanında Sıcaklık ve Yağışın Trend Analizi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, The Journal of International Social Research, 4(6): 46-59.
- Buyukkaracigan, N. ve Kahya, E. (1997) The Dependency Analysis of Annual Peak Flows of Streams in Konya Basin, International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, Ankara, Turkey.
- Cengiz, T., Kahya, E. ve Karaca, M. (2003) Trends and Annual Cycles in Turkish Lake Levels, International Association of Hydraulic Engineering and Research Congress, Thessaloniki, Greece.
- Eris, E. ve Agiralioglu, N. (2012) Homogeneity and Trend Analysis of Hydrometeorological Data of the Eastern Black Sea Region, Turkey, Journal of Water Resource and Protection, 4(2): 99-105.
- Gumus, V. (2006) Evaluation of Fırat River Basin Streamflow by Trend Analysis, Institute of Science, Department of Civil Engineering, Harran University, Sanliurfa, Turkey.
- Gumus, V. ve Yenigun, K. (2006) Evaluation of Lower Fırat Basin Streamflow by Trend Analysis, 7<sup>th</sup> International Advances in Civil Engineering Conference, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.

- Helsel, D.R. ve Hirsch, R.M. (1992) *Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation, Chapter A3, Amsterdam.*
- Hong, W., Leen-Kiat, S., Ashok, S. ve Xun-Hong, C. (2008) *Trend Analysis of Streamflow Drought Events, Water Resource Management, Vol. 22, Number 2, pp. 145-164.*
- Kadioglu, M. (1997) *Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey, International Journal of Climatology, Vol. 17, Number 5, pp. 511-520.*
- Kalayci, S. ve Kahya, E. (2006) *Assessment of Streamflow Variability Modes in Turkey, Journal of Hydrology, Vol. 324, Number, 1-4, pp.163-177.*
- Kendall, M.G. (1975) *Rank Correlation Methods. 4th ed. Charles Griffin, London.*
- Kothyari, U. C., Singh, V. P. ve Aravamuthan, V. (1997) *An Investigation of Changes in Rainfall and Temperature Regimes of the Ganga Basin in India, Journal of Water Resources Management, Vol.11, pp.17-34.*
- Mann, H.B. (1945) *Non-parametric Tests against Trend, the Econometric Society, Vol. 13, Number, 3, pp. 245-259.*
- Özfidaner, M. (2007) *Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.*
- Partal, T ve Kahya, E. (2006) *Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, Hydrological Processes, Vol. 20, Number 9, pp. 2011-2026.*
- Partal, T., Kahya, E., Seker. D. ve Kabdasli, S. (2003) *Precipitation Trends in the Aegean Region, International Association of Hydraulic Engineering ve Research Congress, Thessaloniki, Greece.*
- Partal, T. ve Kucuk, M. (2006) *Long-term Trend Analysis Using Discrete Wavelet Components of Annual Precipitations Measurements in Marmara Region (Turkey), Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Vol. 31, Number 18, pp.1189-1200.*
- Sahin S. ve Cigizoglu, H. K. (2010) *Homogeneity Analysis of Turkish Meteorological Data Set, Hydrological Processes, Vol. 24(8): 981-992. doi:10.1002/hyp.7534.*
- Sandalcı, M. ve Yüksel, İ. (2007) *Su Kaynakları Kullanımının İklim Değişikliği Üzerindeki Etkisi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – Tıkdek, İstanbul, Türkiye.*
- Sandalcı, M. ve Yüksel, İ. (2011) *İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Göller ve Barajlar Üzerindeki Etkisi, Yapı Dünyası Dergisi, Sayı 181, syf. 25-29.*
- Saris, F., Hannah D. M. and Eastwood, W. J. (2010) *Changes in Precipitation and River Flow in Northeast Turkey: Associations with the North Atlantic Oscillation, Proceedings of the 6<sup>th</sup> World FRIEND Conference, Fez, 25-29 October 2010, IAHS Publ.340.*
- Serrano, A., Garcia, A.J., Mateos, V.L., Cancillo, M.L. ve Garrido, J. (2006) *Monthly Modes of Variation of Precipitation over the Iberian Peninsula, J. Climate, 12:2894-2919.*
- Seseogullari, B., Eris. E. ve Kahya, E. (2006) *Trend Analysis of Sea Levels along Turkish Coasts. Hydrology Days.*
- Van Belle, G. ve Hughes, J.P. (1984) *Nonparametric Tests for Trend in Water Quality, Water Resources Research, Vol. 20, Number 1, pp. 127-136.*
- Yu, S., Zou, S. ve Whittemore, D. (1993) *Non-parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, Journal of Hydrology, Vol.150, Number 1, pp.61-80.*
- Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G. ve Yüksek, Ö. (2011) *Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri, Ulusal 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21-23 Kasım, Trabzon, Türkiye.*