

Hakemli Makale Reviwed Article

Porsuk Çayı Havzasında akarsu akımlarında gözlenen uzun dönemli eğilimler

Observed long-term trends in river flows of Porsuk Creek Basin

İlyas Sadık TEKKANAT^a, Faize SARIŞ^a

a) Çanakkale Onsekiz Mart
Üniversitesi, Fen-Edebiyat
Fakültesi, Coğrafya Bölümü.

Geliş/Received: 16.11.2014
Kabul /Accepted: 06.05.2015

Sorumlu yazar/Corresponding author
(İ.S.TEKKANAT) ilyastekkanat@gmail.com

ÖZ

Bu çalışmada, Porsuk Çayı Havzası'nda yer alan akım gözlem istasyonlarının uzun dönem aylık minimum, maksimum ve ortalama akım verileri kullanılarak havzadaki akımların yıllar arası değişimi ortaya kondu. Hidroklimatolojik verilerin analizi için (1) eksik verilerin tamamlanması, (2) veri kontrolü (3) trend ve (4) korelasyon analizleri olmak üzere 4 grupta ele alınan istatistik metodlar uygulandı. Bu çoklu yöntem kullanımıyla hem yöntemlerin karşılaştırılarak sonuçların güvenilirliğinin artırılması hem de zaman serilerindeki çeşitli değişkenlik bileşenlerinin (inhomojenlik, ısrar, periyodiklik, trend) ortaya konulması amaçlandı. 1970-2011 dönemini kapsayan 42 yıllık aylık verilere uygulanan analizler sonucunda, Porsuk Çayı Havzası'nda gerek ortalama gerekse maksimum ve minimum akımlarda ciddi azalma eğilimleri tespit edildi. 5 istasyona ait toplam 60 aya uygulanan analizler sonucunda ortalama akımlarının %56.7'si, minimum akımların %48.3'ü ve maksimum akımların %65'inde, 0.05 anlamlılık düzeyinde azalma eğilimleri belirlendi. Mann Kendall sıra korelasyon test grafik sonuçlarına göre; zaman serilerinde belirlenen negatif trendin başlangıç yılı, 1980'li yıllarda yoğunlaşmaktadır. **Anahtar Kelimeler:** Hidroklimatoloji, veri tamamlama, trend analizi, Porsuk Çayı Havzası.

ABSTRACT

In this study, interannual change in riverflows of Porsuk Creek Basin was revealed by using long-term minimum, maximum and mean riverflow data of stations located within the basin. Statistical methods were applied to hydroclimatological data which are grouped as (1) data completion, (2) data control, (3) trend analysis and (4) correlation analyses. By adopting this multiple-method use, it is aimed to increase reliability of results and also reveal several variability components (inhomogeneity, persistence, periodicity, trend) in the time series. Significant decreasing trends were detected in riverflow data (both in mean, minimum and maximum series) for the 42 years period between 1970 and 2011. These significant decreasing trends were observed at 56.7% of mean riverflows, 48.3% of minimum riverflow and 65% of maximum riverflows at 0.05 significance level. According to results of test graphs of Mann-Kendall Rank Correlation, the starting point for detected negative trend in the time series is concentrated at 1980s.

Keywords: Hydroclimatology, data completion, trend analysis, Porsuk Creek Basin.

GİRİŞ

Akarsu akımlarındaki değişimler, su potansiyelinin belirlenmesi, su kaynaklarından yararlanma ve hidrolojik kökenli doğal afetlerin yönetilmesi gibi konular açısından oldukça önemlidir. Günümüzde çevresel değişiklik konularının başında, küresel ısınma ve iklim değişikliği gelmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği hidrolojik döngünün yoğunlaşmasına, yağış (yağmur ve kar) rejimlerinin değişmesine dolayısıyla akarsu akımlarında önemli değişkenliklere neden olmaktadır. İklimsel değişkenlik küresel, bölgesel ve yerel ölçekte hidrolojik koşulları değiştirebilir. Bu değişimler frekansı, şiddeti ve süresi artan doğal afetler olarak (sel, taşkın, kuraklık ve çölleşme gibi) kendini gösterebilir (Öz-

demir ve Leloğlu, 2015). İklim değişikliği süreçlerinde su kaynaklarının durumunu doğru bir biçimde ortaya koyabilmek için havza ölçekli çalışmaların sayıca artması gereklidir.

Akarsu akımlarında geçtiğimiz yüzyılda gözlenen değişimlere bakıldığında Avrupa'da özellikle minimum akımlarda 1970'lerden bu yana sistematik bir azalma olduğu ve hidrolojik kuraklığın giderek daha belirgin hale geldiği gözlenmiştir (Douglas vd., 2000; Zaidmann vd., 2001; Hodginks vd., 2005; Fleig vd., 2006). Stahl vd. (2010) Kıta Avrupası'nda özellikle güney ve doğu bölgelerde negatif trendlerin varlığı

ğını vurgularken, Hannaford ve Buys (2012) ise Birleşik Krallık'ta kış ve sonbahar akımlarında artış, baharda azalış olduğunu belirtmiştir. Kingston vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Kuzey Atlantik bölgesi için kış akımlarında anlamlı azalmalardan söz edilmektedir. Lorenzo-Lacruz vd. (2012) ise İber Yarımadasında kış, bahar ve yıllık akımlarda belirgin bir azalıştan söz etmektedir. Öte yandan pik akımların frekansında meydana gelen artış, Kuzey Avrupa'daki bazı akarsu havzalarında ani taşkınlara yol açmaktadır (e.g., Robson vd., 1998; Douglas vd., 2000; Svensson vd., 2005; Mudelsee vd., 2003; Hannaford ve Marsh, 2007; Dixon vd., 2006). Yağış niteliği, büyüklüğü, mevsimselliği ve şiddetindeki değişimler hidrolojik süreçlerin karmaşıklaşmasına ve yenilenebilir su potansiyelinin tahmininin güçleşmesine yol açmaktadır.

Antropojenik faaliyetlerin dikkate alınmadığı, Meteorolojik Araştırma Enstitüsü (MRI) nehir modeline dayalı olarak yapılan bir simülasyon çalışmasında simülasyon ile gözlenen veri setleri arasında Nil Havzası dışında benzer dalgalanma desenleri bulundu. 1979-2007 dönemi ile 2075-2099 dönemi ortalama akım oranlarındaki değişimin kıyaslandığında modelde, Kuzey Akdeniz bölgesinde esasen bölgede azalan yağışların (Kitoh vd., 2008) bir sonucu olarak ortalama akımlarda $10 \text{ m}^3/\text{s}'$ lik bir azalış bulundu. Modele göre en kuvvetli azalmalar; Ebro, Meriç ve Jordan nehirlerindedir. Özellikle Doğu Akdeniz'de bulunan Meriç ve Jordan nehirlerinde azalmalar modelde şu an ki akım ortalamasının neredeyse yarısıdır. Modelde Doğu Akdeniz'de sadece Nil ve Kafkas Dağları bölgesindeki nehir akımlarındaki artışlar ile Ortadoğu'da tüm nehir akımlarında azalmalar dikkat çekicidir (Jin, 2011; Jin vd., 2010). Türkiye ve çevresindeki akışlara ilişkin çıktılarda ise, *orta* iklim değişikliğinde Fırat nehrinde yıllık akımlarda %29'lara kadar varan bir azalma, *yüksek* iklim değişikliğinde ise %73'lere kadar varan bir azalma öngörülmüyor. Ceyhan Nehri'nde ise *orta* iklim değişikliğinde bölgenin yıllık akımlarında %39'a kadar varan bir azalma, *yüksek* iklim değişikliğinde de yıllık akımlarında %88'lere kadar varan bir azalma bekleniyor (Kitoh vd., 2008).

Türkiye'de akarsu akımlarının alansal ve zamansal ölçekte ele alındığı çalışma çıktılarına bakıldığında; Bayazit vd. (2002)'ye göre yıllık ortalama akımlar, yıllık maksimum anlık akımlar (taşkınlar) ve yıllık düşük akımlar (1 günlük ve 7 günlük) üzerinde yapılan trend analizlerinde akımların büyük kısmında azalan yönde bir trend bulunmuştur. 107 istasyonun ele alındığı çalışmada istasyonların yaklaşık %40'ın düşük akımlarında, %22'sinin ortalama akımlarında ve %13'ünün taşkınlarında anlamlı trendler tespit edildi. Ortalama akımlarda görülen trendlerin hepsi ise azalma yönündedir. Bunların yanında Trakya, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yer alan havzalar ile Yeşilirmak havzasında taşkınlarla, Çoruh, Aras ve Dicle havzalarında düşük akımlarda trend bulunmuştur. Kalaycı (2003); Kahya ve Kalaycı (2002; 2004) tarafından yapılan çalışmalarda; aylık ortalama akımlara dört farklı eğilim (trend) testi uygulanarak, Türkiye'deki havzaların akımlarındaki eğilimler incelendi. Çalışmada; Türkiye'nin batısında yer alan havzaların genelde azalan bir eğilim gösterdiği (Sakarya Havzası da

dahil), doğusundakilerin ise hiçbir eğilim göstermediği istatistiksel analizlerle ortaya konmuştur. Cıgızoğlu vd. (2004)'ün Türkiye nehirlerindeki taşkın, ortalama ve düşük akımlara ilişkin trend çalışmasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır; özellikle Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların özellikle ortalama ve düşük akımlarında (ve bazılarının maksimum akımlarında) anlamlı bir azalma eğiliminin varlığı tespit edilmiştir.

Seyhan Havzasında, yağışlarda ve akımlarda geçmiş yıllara göre önemli azalma eğilimleri ile birlikte pik akımların günümüzde daha erken oluşmaya başladığı gözlemlendi (Fujihara vd., 2008). Sakarya havzası ölçeğinde 11 adet akım gözlem istasyonuna ilişkin aylık ortalama akım verilerindeki lineer eğilimleri parametrik olmayan testlerle inceleyen Özel vd. (2004) 10 istasyonun Mart ayında istatistiksel açıdan anlamlı azalma eğilimleri tespit etmiştir. Aynı zamanda Mart ayı, maksimum eğiminde en fazla görüldüğü ay olmuştur. 5 istasyonla Nisan ayı en az trend tespit edilen aydır. Çalışmada belirtilen diğer önemli bilgiler, trend başlangıç yıllarının havza genelinde 1980'li yıllara tekabül ettiği ve global bir trende rastlanmadığıdır. Sarıç (2012a ve 2012b) Çoruh ve Doğu Karadeniz havzası akımlarının değişimini ele aldığı çalışmasında, akarsu akımlarında anlamlı değişikliklerin fazla olmadığını, kış aylarında Doğu Karadeniz'de Tozköy deresinde anlamlı artış, Çoruh'ta ise Çamlıkaya deresinde anlamlı azalış eğilimlerinin olduğunu ortaya koymuştur.

Akımlardaki azalmaları etkileyen faktörleri belirlemek, ölçmek ve nedensellik zincirini çözmek oldukça güçtür. Alansal ve zamansal ölçek değiştikçe faktörlerin önem sırası ve etki derecesi de değişmektedir. Ancak akım üzerinde etkili olan faktörlerin karşılıklı ilgi ve bağlantıları hakkında değerlendirmelerde bulunulabilir. Nitekim Özfidaner (2007), Türkiye ölçeğinde akımlarda gözlenen genel azalmalarda yağışlardan çok, sıcaklıktaki artış, bilinçsiz su kullanımı, buharlaşma ve insan faaliyetlerinin etkili olduğunu belirtirken; Kalaycı ve Kahya (2006), akımlardaki önemli azalmaların gerçekleştiği dönemlerin (1970-74, 1982-86, 1989-94) oluşmasında ortalama sıcaklıklardaki artışlar, yağışlardaki küçük değişimler ve buharlaşmadaki artışların doğrudan etkili olabileceğini ifade etmiştir. Saltabaş vd. (2003)'ün yaptığı çalışmada ise son 30 yıl içinde Yukarı, Orta ve Aşağı Sakarya havzalarında inşa edilen baraj ve sel kapanı gibi su biriktirme yapılarının, nehrin akış rejimini oldukça düzenlemiş olduğu belirtilmiştir. Aşağı Sakarya Nehrinin son 50 yılda morfolojik, hidrolojik ve hidrolik karakteristiklerindeki değişimleri havzada yapılan barajlar, regülatörler, seddeler ve kum alımı gibi faaliyetlerin etkilediği DSİ fizibilite raporlarında da belirtilmektedir (DSİ, 1965). Sakarya Nehrinde barajların mansap etkisini araştıran Işık vd. (2006)'nın çalışmasındaysa Aşağı Sakarya Nehrinde 1975 yılından sonra akımların düzenlendiği, genel olarak pik debilerin düştüğü, ortalama ve minimum debilerin ise arttığı belirtilmiştir.

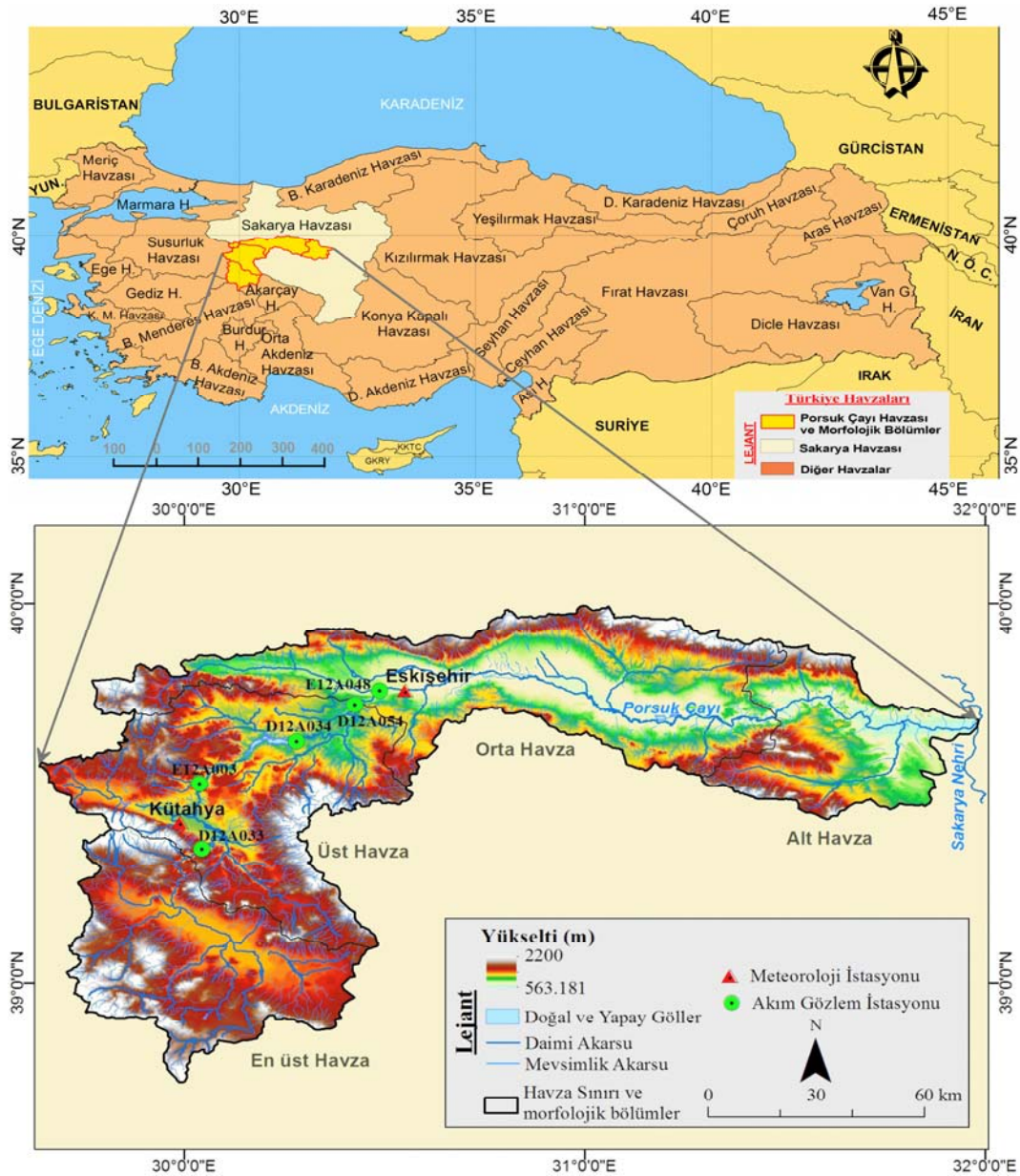
Önceki çalışmalar göstermektedir ki, Türkiye'de akımlar değişmekte, değişim desenleri havzalara göre farklılaşmakta ve bu farklılaşmanın nedenleri atmosferik ve yerel di-

namiklere bağlı olarak gelişmektedir. Bu durum, her havzanın ayrıntılı bir şekilde hidroklimatolojik yönden ele alınması ve ülke/bölge içerisindeki farklılaşmaların somut olarak ortaya konulması gereğini işaret etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Sakarya nehrinin bir kolu olan Porsuk Çayı alt havzasının hidroklimatolojik karakterini tanımlayarak; özellikle ortalama, minimum ve maksimum akımlarında görülen uzun dönemli aylık ve yıllık eğilimlerin (trend) incelenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için Porsuk çayı havzasının (1) iklim özellikleri ve akım rejim özellikleri açıklandı, (2) akım serilerinde (minimum, maksimum, ortalama) gözlenen yıllar arası değişkenlik ve eğilimler belirlendi, (3) akımla ilişkili meteorolojik parametrelerdeki uzun dönemli eğilimler belirlendi ve (4) elde edilen bulgular sentez bir şekilde sunularak Porsuk Çayı havzasının hidroklimatolojik analizi ortaya konuldu.

VERİ ve YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı; Sakarya nehrinin bir kolu olan Porsuk Çayı Havzası'dır. Kuzeybatı Anadolu'da Doğu-Batı yönünde 201 km, Kuzey-Güney yönünde 135 km uzunluğunda 10.869 km²'lik bir alanı kapsayan havza, 29° 38'-31° 59' doğu boylamları ile 38° 44'-39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Ege, Marmara, İç Anadolu Bölgelerinin kesiştiği noktada bulunan ve her üç bölgenin özelliğini taşıyan araştırma sahası; İç Batı Anadolu Bölümü, Yukarı Sakarya Oluğu, Porsuk Oluğu ve Sündiken Dağları Yöresini içine alır. İl ve ilçe ölçeğinde ise Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ile illere bağlı 7 ilçe merkezi, Ankara, Uşak ve Afyon sınırlarının da bir kısmını içine alır (Şekil 1). Çalışmada kullanılan istasyonlara ait genel bilgiler Tablo 1'de verildi.



Şekil 1. Araştırma sahasının coğrafi konum haritası.
Figure 1. Geographic location map of the study area.

Tablo 1. Porsuk Çayı Havzasındaki akım gözlem istasyonları ve meteoroloji istasyonlarına ait genel bilgiler.**Table 1.** General information of river-gauging and meteorological stations in Porsuk Creek Basin.

| İstasyon No | İstasyon Adı | Rasat Yılları | Boylam | Enlem | Kot(m) | Yağış Alanı (km ²) |
|-------------|---------------------|---------------|-----------|-----------|--------|--------------------------------|
| D12A033 | Porsuk Çiftliği | 1970-2011 | 39°2'0" | 39°20'38" | 951 | 2432 |
| E12A003 | Beşdeğirmen | 1970-2011 | 30°2'56" | 39°31'43" | 855 | 3938.4 |
| D12A034 | Porsuk Barajı Çıkış | 1970-2011 | 30°16'47" | 39°38'5" | 842 | 465.5 |
| D12A054 | Eşenkara | 1970-2011 | 30°20'28" | 39°43'52" | 807 | 5169 |
| E12A048 | Eskişehir | 1970-2011 | 30°30'38" | 39°46'32" | 790 | 6340 |
| 17155 | Kütahya | 1970-2011 | 29°58' | 39°25' | 969.3 | |
| 17123 | Eskişehir | 1970-2011 | 30°31' | 39°49' | 787 | |
| 17124 | | 801 | | | | |
| 17126 | | 785.8 | | | | |

Veri

Hidroklimatolojik analizler için 1970-2011 dönemini kapsayan 2 meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki meteoroloji istasyonlarından (Mİ) elde edilirken, 5 akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait 1970-2011 dönemini kapsayan günlük akım verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki akım gözlem istasyonlarından elde edildi. Zaman serileri aylık ve yıllık seriler olarak hazırlandı. Çalışmada istasyon seçilirken hem alansal olarak iyi bir temsiliyet hem de zamansal olarak süreklilik kriterleri göz önünde bulunduruldu. Ancak bazı istasyonlar günlük verilere bulunan eksik veriler yöntemi bölümünde açıklanan bazı istatistik metotlar kullanılarak tamamlanmaya çalışıldı.

Yöntem

Bu bölümde çalışmada kullanılan istatistik yöntemler 4 başlık altında gruplandı. İlk bölümde eksik verilerin tamamlanması için kullanılan veri tamamlama yöntemlerine değinildi. Bu yöntemler klimatoloji ve hidrolojide yaygın olarak kullanılan ve atıf yapılan çalışmalarda detaylı bir şekilde ele alınan yöntemlerdir. İkinci olarak, veri kontrolü için, Kruskal-Wallis (K-W) Homojenlik (türdeşlik) Sınaması, Gidişler Sınaması ve Wald-Wolfowitz (W-W) Dizisel İlişki Sınaması kullanıldı. Bu yöntemlerden Kruskal-Wallis yöntemi zaman serilerinde inhomojenlik olup olmadığını kontrol ederken, Gidişler sınaması ve Wald-Wolfowitz yöntemi zaman serilerinin ısrar bileşeninden kaynaklı olarak herhangi bir inhomojenlik gösterip göstermediğini belirlemeye yardımcı olur. Üçüncü olarak eğilim sınamaları başlığı altında verilen yöntemlerle zaman serilerindeki uzun dönemli trendler, trend başlangıç yılları, değişim noktaları, zaman serilerindeki dönemsellik ve dalgalanmalar belirlenmeye çalışıldı. Son olarak korelasyon analizleri, diğer yöntemlerden farklı olarak yalnızca akımı etkileyen sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamına ilişkin zaman dizileri ile ortalama akım veri dizilerine uygulandı ve serilerde doğrusal olan dizisel bir ilişkinin varlığı belirlenmeye çalışıldı. Yöntemler seçilirken hidroklimatolojik analizlerde yaygın olarak kullanılan yöntemler seçildi ve karşılaştırmalı sonuçlar vererek anlamlı trendlerin doğruluğunu güçlendirmek amaçlandı.

Veri tamamlama

Uzaklıkların Kareleri Ters Yöntemi: Coğrafyanın 0. Teoremine göre; birbirine yakın noktaların birbirlerine daha çok benzemesi ve karşılıklı etkinin daha fazla olması sebebiyle çalışmada enterpolasyon yöntemi olarak daha çok bu metot kullanıldı. Bu enterpolasyon yönteminde; uzaklıkların işin içine katılması için eksik verisi olan istasyon bir kartezyen koordinat sisteminin başlangıç noktası olacak şekilde düşünülerek, 4 kuadratin her birinde başlangıca en yakın bir istasyon tespit edilerek metot uygulanır (Şen, 2002). Çalışmada, Porsuk Çayı Havzası sınırları içinde eksik verisi olan 4 istasyonda (E12A033 dışında) 4 kuadrat özelliğini yansıtan herhangi bir akım gözlem istasyonuna rastlanmadığı için enterpolasyon uygulanacak istasyona yakın 2 ya da 3 akım gözlem istasyonu seçildi.

Lineer Enterpolasyon Yöntemi: Bu metot (Cillov, 1976) sadece, Eşenkara (D12A054) akım gözlem istasyonunda 2005 yılı uzun dönem aylık ortalama ve maksimum akım verilerini tamamlamak için kullanılmış olup, enterpolasyon için iki belirli nokta olarak aynı istasyonun 2003 ve 2007 yıllarına ait uzun dönem aylık ortalama ve maksimum akım verileri kullanıldı.

Veri kontrolü

Kruskal-Wallis (K-W) Homojenlik (türdeşlik) Sınaması: K-W türdeşlik sınaması, ortalamaların ve varyansların türdeşliğini doğrulamak için kullanılan etkili bir parametrik olmayan (nonparametrik, evrendeğersiz) sınamadır (Türkeş, 2008; Türkeş vd., 2007). Çalışmada bu metot, 5 adet AGİ'ye ait ortalama akım verilerine ve Eskişehir ve Kütahya Mİ'lerine ait ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamalarına uygulandı.

Gidişler Sınaması: Gidişler sınaması parametrik olmayan bir sınamadır. Buradaki gidiş terimi gözlem dizisi içinde belirlenen bir sınır değer (medyanın ya da ortalamasının) altında ya da üstünde giden ardışık gözlem gruplarının her birini ifade eder (Türkeş, 2008). Klimatolojik çalışmalarda gidiş sınamalarının belirlenmesinde genelde medyan alınmakta olup buna göre zaman serisinin gidiş sayısı belirlenir. Daha sonraki aşamalarda ilgili dağılım tabloları ile birlikte hipotez kontrolü yapılarak bir karara varılır. Çalışmada bu

metot, 5 adet AGİ'ye ait akım (ortalama, maksimum ve minimum akım) verileri ile Eskişehir ve Kütahya Mi'lerine ait ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamlarına uygulandı.

Wald-Wolfowitz (W-W) Dizisel İlişki Sınaması: W-W Dizisel İlişki Sınaması ile genel olarak dizilerdeki ardışık gözlemler arasında bir dizisel ilişkinin ya da bağımlılığın bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Parametrik olmayan bir yöntemdir (Sneyers, 1990; Türkeş, 2008). Çalışmada bu metot, 5 adet AGİ'ye ait ortalama akım verilerine ve Eskişehir ve Kütahya Mi'lerine ait ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamlarına uygulandı.

Eğilim sınamaları

Mann Kendall (M-K) Testi: M-K testi parametrik olmayan bir test olup, klimatolojik ve hidrolojik zaman serilerindeki doğrusal olmayan eğilimlerin tespitinde sıklıkla kullanılır (Türkeş vd., 2002; Türkeş, 2012). Güçlü bir trend testidir. Detaylı bilgi için Türkeş (2012) ve Türkeş vd. (2002; 2009) kaynaklarına başvurulabilir. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir. Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama, maksimum ve minimum akımlar) ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Spearman Rho Testi: İki gözlem serisi arasında anlamlı bir korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan Spearman Rho testi, sıra istatistiklerine dayanarak birlikte lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir metottur. (Büyükyıldız, 2004). Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama, maksimum ve minimum akımlar) ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Sen's Trend Eğim Metodu: Çalışmada trendlerin lineer eğimleri (birim zamandaki değişim), Sen (1968) tarafından geliştirilen ve parametrik olmayan bir metot kullanılarak hesaplandı. Bu metot, veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen ve eksik değerlerin bulunduğu serilere uygulanabilmektedir (Yu vd., 1993; Büyükyıldız 2004). Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama, maksimum ve minimum akımlar) ve trendi etkileyen iklimsel faktörlere ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Gauss Süzgeci: Bu metot (WMO, 19666; Türkeş, 1996) zaman serilerindeki mevsimsel ve rassal bileşenlerin etkisinin giderilmesi ve uzun süreli dalgalanmaların kolay incelenmesi için tercih edildi. Çalışmada, 5 adet AGİ'nin 1970-2011 dönemi ortalama, maksimum ve minimum akım verilerine uygulandı.

Korelasyon analizi

İki rasgele değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması halinde bu ilişki için en çok kullanılan ölçü birimi korelasyon katsayısıdır (Bayazit, 1996). İstatistikte çeşitli şekillerde korelasyon hesaplaması yapılabilmekte olup "Pearson", "Kendall's tau-b" ve "Spearman" korelasyon hesaplamaları en yaygın kullanılanlardır. Hangi korelasyon katsayısının kullanılacağını parametrik testlerde olduğu gibi varsa-

yımlar belirler. Değişkenlerin normal dağılım gösterdiği, değişkenlerin sürekli olduğu, veri grubunda uç değerlerin bulunmadığı ve örnek hacminin yeterli olduğu ($n \geq 10$) durumlarda Pearson korelasyon katsayısı, bu varsayımların yerine gelmediği durumlarda Spearman-rank korelasyon katsayısından yararlanılması daha doğrudur (Mendeş, 2012).

BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

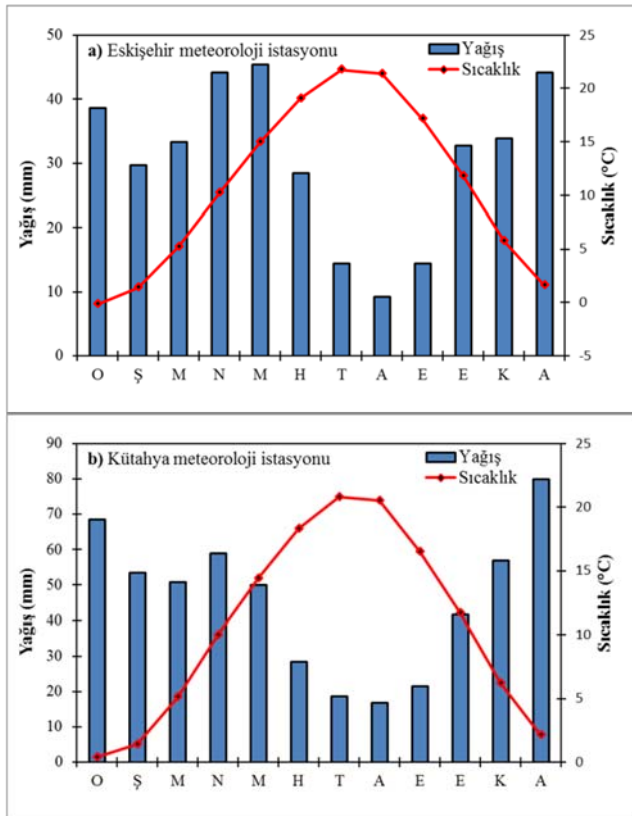
Porsuk Çayı Havzası'nın İklim Özellikleri

Türkiye geneli için yapılan çalışmalarda, Karasal ve Karasal Akdeniz Geçiş iklimleri ile karakterize olan çalışma sahası (Sarış vd., 2010), iklim tipi olarak Yarı nemli Orta-Batı Anadolu ve Kurak yarı-nemli karasal Orta Anadolu iklim bölgelerine dahil edilmektedir (İyigün vd., 2013). Bu çalışmada Porsuk Çayı havzası için Thornthwaite ve Köppen iklim tipi belirleme yöntemleri değerlendirilerek, iklim tipi analizi gerçekleştirildi. Türkiye'nin iç kesiminde doğu batı yönünde, genişçe bir alanda konumlanan çalışma sahasında iki farklı iklim tipi etkilidir. Thornthwaite iklim sınıflamasına göre, Üst ve En üst Havza; yarı nemli, birinci dereceden mesotermal, kış mevsiminde şiddetli/çok kuvvetli su noksanı ve karasal şartlara yakın iklim tipine girmektedir. (C_2, B'_1, S_2, b'_3). Alt ve Orta Havza yarı kurak, birinci dereceden mesotermal, su fazlası olmayan ya da çok az olan ve karasal şartlara yakın iklim tipine girer (D, B'_1, d, b'_3). Kış mevsiminde Alt ve Orta Havza'da gezici alçak basınç koşulları, yaz mevsiminde subtropikal yüksek basınç koşulları ve termik alçak basınçlar etkilidir. Üst ve En üst Havza'da ise kış mevsiminde güneye doğru genişleyerek Ege ve Akdeniz üzerinde etkin olan Polar cephe, yaz mevsiminde güneyden gelen sıcak hava kütleleri önemli hava olayları üreticisi ve yüzey hava koşullarını denetleyen önemli denetçilerdir.

Köppen'in (1884) iklim sınıflama sistemine göre (Esenwager, 2001); Porsuk Çayı Havzası'nın sıcaklık rejim tipi, tümüyle Orta/Ilıman Kuşak karasal sıcaklık rejimi sınıfına girer. Havza'nın ortalama sıcaklığı 10.4°C, yıllık maksimum sıcaklık ortalaması 21.1°C ve yıllık minimum sıcaklık ortalaması -0.4°C'dir.

İki çeşit yağış rejim tipi görülen havzada Kütahya bölgesinde, Akdeniz Geçiş (Aralık maksimumu ve bahara uzamış kış) yağış rejimi; Eskişehir bölgesinde, Karasal İç Anadolu (Nisan-Mayıs Maksimumu) yağış rejimi egemendir (Sarış vd., 2010). Yıllık ortalama 470 mm yağış alan havza da yıllık maksimum yağış ortalaması 603 mm iken yıllık minimum yağış ortalaması yaklaşık 283 mm'dir. Havzanın uzun dönemli aylık yağış ve sıcaklık ortalamalarına bakıldığında en kurak ayları sırasıyla Ağustos (13.6 mm), Temmuz (16.5 mm) ve Eylül ayları (17.5mm) oluşturur. En nemli ayları Eskişehir Mayıs (45.4 mm), Aralık ve Nisan (44.2 mm) oluşturmakla birlikte Kütahya istasyonunda sırasıyla Aralık (77.8 mm), Ocak (64.2 mm) ve Nisan (59.4 mm) aylarıdır. Havza genelinde en sıcak ayları; Temmuz (21.8°C), Ağustos (21.5°C) ve Haziran (19 °C) ayları oluştururken en soğuk

ayları Ocak (0 °C), Şubat (1.4 °C) ve Aralık (1.8 °C) ayları oluşturur (Şekil 2).



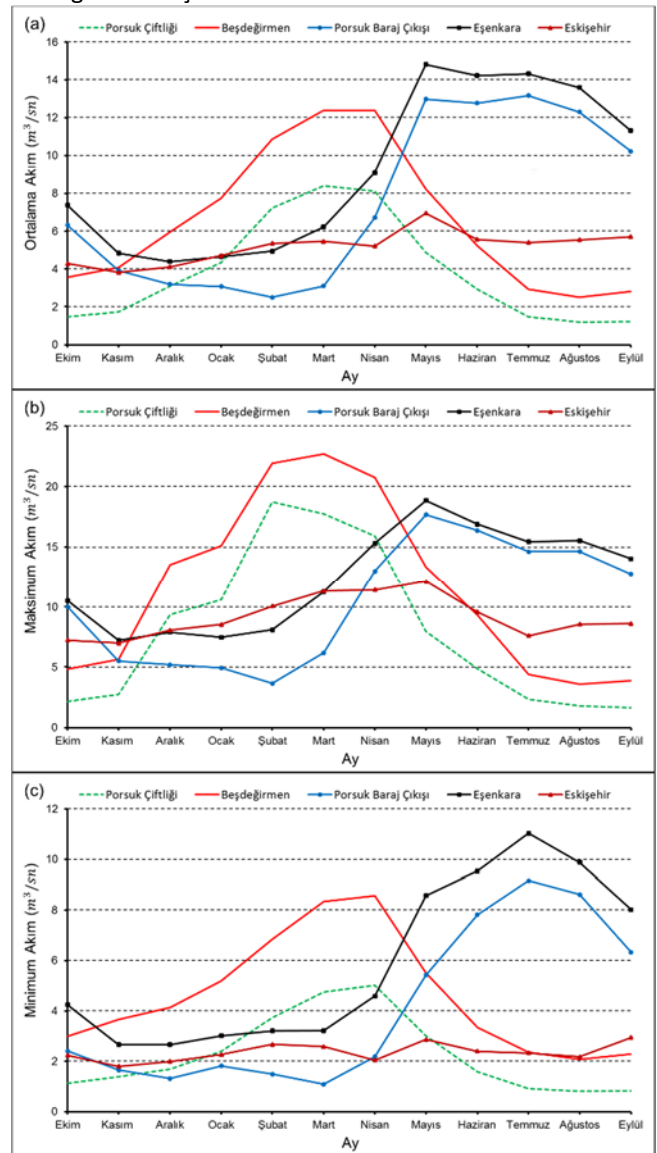
Şekil 2. Eskişehir ve Kütahya'nın sıcaklık ve yağış rejim grafikleri.

Figure 2. Temperature and precipitation regime graphics of Eskişehir and Kütahya.

Porsuk Çayı Havzası Akım Rejim Özellikleri

Porsuk Çayı Havzası'nda yer alan AGİ'lerin akım rejim özellikleri Şekil 3'teki grafiklerde gösterildi. Akımların büyüklüğü ele alındığı zaman istasyonlar arasında çok belirgin bir rejim farklılığından söz edilemez. Eşenkara istasyonu minimum, ortalama ve maksimum akımlarda en yüksek akım miktarına sahip istasyondur. Akım değerinin en düşük olduğu istasyonlar ise Porsuk Çiftliği (ortalama $3.8 \text{ m}^3/\text{sn}$) ve Eskişehir (ortalama $5.1 \text{ m}^3/\text{sn}$) istasyonlarıdır. Bu istasyonlardan Eskişehir istasyonu mevsimsellik açısından da belirgin bir paten göstermeyen, düşük akımlı ancak düzenli akım rejimine sahip bir istasyon olarak dikkat çeker. Büyüklük yönünden diğer istasyonlar değerlendirildiğinde Eşenkara istasyonunun ortalama $9.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik akımı varken; Beşdeğirmen ve Porsuk Barajı Çıkış istasyonlarının ortalama akım değerleri ise sırasıyla $6.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve $7.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Eskişehir istasyonu dışında kalan 4 istasyonu mevsimsellik özelliğine göre iki grup halinde ele almak mümkündür. Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonlarının akım rejiminin mevsimsellik özelliğine bakıldığında, belirgin bir kış-ilkbahar maksimumu gösterdikleri ve Mart ayında pik akıma ulaştıkları görülür. Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara istasyonlarının akım rejimlerinde ise, belirgin bir ilkbahar-yaz maksimumu gösterdikleri ve Mayıs ayında pik akıma ulaştıkları görülür. Havza genelinde akımları besleyen birincil unsur kış yağışları olmakla birlikte Nisan-Mayıs-Haziran

döneminde görece yüksek olarak seyreden akımlar kar erimelerinin ve ilkbahar yağışlarının da etkisini gösterir. Havzanın üst kısmında kış mevsimi boyunca karla yağışlı ve karla örtülü gün sayısı aylık 7 gün, maksimum kar kalınlığı ise 40-50 cm civarındadır. Dolayısıyla doğrudan kar erimesinin baskın olduğu bir rejimden söz edilemez. Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonları eğimin fazla akımın hızlı olduğu Üst Havza'da yer alır, dolayısıyla, kar erimelerine daha erken tepki gösteren istasyonlardır. Öte yandan, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara istasyonlarının gecikmeli pik dönemi ise, Orta Havza'da yer almaları ve suyun Üst Havza drenajından toplanarak gelmesi ile geçen süre göz önüne alındığında anlaşılabilir.



Şekil 3. Porsuk Çayı Havzası (a) ortalama, (b) maksimum ve (c) minimum akımlara ilişkin rejim grafikleri.

Figure 3. Regime graphics of mean, maximum and minimum riverflows in Porsuk Creek Basin.

Akarsu Akımlarında Gözlenen Eğilimler

Aylık maksimum akımlarda gözlenen eğilimler

Mann Kendall ve Spearman Rho testi sonuçlarına göre, Kütahya ovasının güneyinde yer alan Porsuk Çiftliği istasyo-

nuna ait maksimum akımlarda %5 anlamlılık düzeyinde 7 ayda (Ekim-Aralık, Haziran-Eylül) azalan yönde eğilimler tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalmanın Aralık ayında olduğu ve trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin/büyükliğünün birbirine yaklaştığı görülür. Ayrıca, Gidişler sınamasına göre, anlamlı azalma eğilimlerinin görüldüğü aylık dizilerin büyük kısmı (Ekim ve Aralık hariç) rasgelelik göstermez (Tablo 2). Biraz daha kuzeyde Kütahya-Beşdeğirmenler civarında yer alan Beşdeğirmen istasyonunda 10 ayda (Mart ve Mayıs hariç) azalma eğilimi bulundu. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalmanın Şubat ayında olduğu ve trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin birbirinden uzaklaştığı görülmektedir (Tablo 3). Porsuk Barajı'nın mansabında kurulu olan Porsuk Barajı Çıkış istasyonunda 5 ayda (Ekim, Kasım, Mart, Ağustos ve Eylül) azalma eğilimi tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma, Ekim ayında $-0.260 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ olmakla birlikte trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir (Tablo 4). Eskişehir il merkezi sınırları içerisinde yer alan Eşenkara istasyonunda, Mart ayı hariç tüm aylarda anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmekle birlikte en büyük eğim değerine Ekim ayında rastlanır (Tablo 5). Eskişehir-Kütahya yolunun çıkışındaki beton köprünün 1 km mansabında yer alan Eskişehir istasyonunda ise 6 ayda (Ekim-Mart) azalma eğilimleri tespit edildi. Anlamlı trendler içerisindeki en kuvvetli azalma ise Mart ayına karşılık gelmektedir (Tablo 6).

Tablo 2. 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

Table 2. Trend analysis results of monthly maximum riverflows at the D12A033 station during the period from 1970 to 2011 ($\alpha = 0.05$).

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -3.03 | -3.45 | -0.062 | -1.25 | ↓ |
| Kasım | -2.97 | -3.71 | -0.077 | -3.12 | ↓ |
| Aralık | -2.49 | -2.83 | -0.410 | -0.94 | ↓ |
| Ocak | -1.52 | -1.62 | -0.114 | -1.87 | 0 |
| Şubat | -0.15 | -0.14 | -0.027 | 0.01 | 0 |
| Mart | -1.13 | -1.10 | -0.222 | 0.00 | 0 |
| Nisan | -0.91 | -0.92 | -0.087 | 0.00 | 0 |
| Mayıs | -1.82 | -1.93 | -0.115 | -1.25 | 0 |
| Haziran | -2.67 | -2.71 | -0.010 | -2.81 | ↓ |
| Temmuz | -2.86 | -3.17 | -0.064 | -3.44 | ↓ |
| Ağustos | -2.73 | -3.24 | -0.043 | -2.50 | ↓ |
| Eylül | -2.67 | -3.18 | -0.041 | -1.86 | ↓ |

Uzun süreli aylık maksimum akımlara ilişkin yapılan Mann-Kendall sıra korelasyon test sonuçlarına göre, havza genelinde trend başlangıç yılları 1980-1989 yılları arasında değişim göstermekle birlikte, bazı istasyonlarda ve bazı aylarda 2000-2005 yılları ikinci bir trend başlangıç yılını oluşturur. Negatif yönlü trend başlangıç yıllarının %40'ı 1986-1988 döneminde gerçekleşmiştir. 5 istasyonun tamamında sadece Ekim-Kasım aylarında negatif yönlü trend başlangıç yılı tespit edilirken, en az trend görülen ay Mayıs ayıdır (sadece Eşenkara istasyonunda) (Tablo 17). Havzada, maksimum akımlardaki anlamlı azalma eğilimleri, Kütahya

bölgesinde Mart ve Mayıs ayı hariç tüm aylarda toplandığı görülürken Eskişehir bölgesindeki anlamlı azalma eğilimlerinin ay geneline bir yayılmadan ziyade Ekim-Mart döneminde toplandığı ya da yoğunlaştığı görülür.

Tablo 3. 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

Table 3. As in Table 2, but for E12A003.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -4.14 | -3.90 | -0.090 | -2.50 | ↓ |
| Kasım | -3.64 | -3.95 | -0.104 | -2.50 | ↓ |
| Aralık | -3.45 | -3.51 | -0.217 | 0.62 | ↓ |
| Ocak | -2.73 | -2.87 | -0.214 | -2.50 | ↓ |
| Şubat | -2.28 | -2.45 | -0.329 | 0.64 | ↓ |
| Mart | -1.91 | -2.04 | -0.315 | -0.62 | 0 |
| Nisan | -2.20 | -2.07 | -0.248 | -1.25 | ↓ |
| Mayıs | -1.86 | -2.08 | -0.156 | -0.92 | 0 |
| Haziran | -2.71 | -2.82 | -0.179 | -0.94 | ↓ |
| Temmuz | -3.73 | -3.62 | -0.110 | -2.81 | ↓ |
| Ağustos | -3.90 | -3.63 | -0.080 | -3.12 | ↓ |
| Eylül | -2.93 | -3.29 | -0.068 | -3.75 | ↓ |

Tablo 4. 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

Table 4. As in Table 2, but for D12A034.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -3.16 | -3.18 | -0.260 | -2.81 | ↓ |
| Kasım | -2.17 | -2.20 | -0.133 | -2.50 | ↓ |
| Aralık | -0.69 | -1.00 | -0.036 | -3.12 | 0 |
| Ocak | -0.13 | -0.17 | -0.004 | -2.50 | 0 |
| Şubat | 0.13 | -0.02 | 0.000 | -2.19 | 0 |
| Mart | -2.17 | -2.33 | -0.148 | -1.87 | ↓ |
| Nisan | 0.46 | 0.34 | 0.026 | -1.87 | 0 |
| Mayıs | -0.74 | -0.76 | -0.071 | -3.75 | 0 |
| Haziran | -1.04 | -1.27 | -0.068 | -5.00 | 0 |
| Temmuz | -1.17 | -1.67 | -0.085 | -4.69 | 0 |
| Ağustos | -2.1 | -2.20 | -0.146 | -3.44 | ↓ |
| Eylül | -2.88 | -3.39 | -0.156 | -3.75 | ↓ |

Tablo 5. 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

Table 5. As in Table 2, but for D12A054.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -4.12 | -4.00 | -0.361 | -3.75 | ↓ |
| Kasım | -2.97 | -2.85 | -0.171 | -2.50 | ↓ |
| Aralık | -3.19 | -2.78 | -0.156 | -2.50 | ↓ |
| Ocak | -2.77 | -2.97 | -0.161 | -3.12 | ↓ |
| Şubat | -2.40 | -2.04 | -0.093 | -1.25 | ↓ |
| Mart | -1.91 | -2.05 | -0.137 | 0.62 | 0 |
| Nisan | -2.21 | -2.26 | -0.167 | -1.87 | ↓ |
| Mayıs | -2.20 | -1.94 | -0.121 | -2.50 | ↓ |
| Haziran | -3.81 | -3.90 | -0.187 | -3.12 | ↓ |
| Temmuz | -2.80 | -3.62 | -0.130 | -2.19 | ↓ |
| Ağustos | -3.77 | -4.00 | -0.189 | -4.06 | ↓ |
| Eylül | -4.14 | -4.00 | -0.211 | -4.37 | ↓ |

Tablo 6. 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 6.** As in Table 2, but for E12A048.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -2.23 | -2.38 | -0.156 | -2.19 | ↓ |
| Kasım | -2.20 | -1.87 | -0.091 | -0.94 | ↓ |
| Aralık | -2.90 | -2.80 | -0.198 | -2.19 | ↓ |
| Ocak | -2.77 | -2.81 | -0.201 | -1.56 | ↓ |
| Şubat | -2.32 | -2.41 | -0.181 | 0.94 | ↓ |
| Mart | -2.34 | -2.44 | -0.194 | -0.94 | ↓ |
| Nisan | -0.98 | -1.08 | -0.097 | -2.81 | 0 |
| Mayıs | -0.54 | -0.21 | -0.077 | -1.56 | 0 |
| Haziran | -0.37 | -0.37 | -0.045 | -1.56 | 0 |
| Temmuz | 0.04 | -0.02 | 0.000 | -4.69 | 0 |
| Ağustos | -0.93 | -0.95 | -0.079 | -3.44 | 0 |
| Eylül | -1.28 | -1.41 | -0.141 | -2.19 | 0 |

Aylık ortalama akımlarda gözlenen eğilimler

Mann Kendall ve Spearman Rho testi sonuçlarına göre, Porsuk Çifliği istasyonuna ait ortalama akımlarda %5 anlamlılık düzeyinde 8 ayda (Ekim-Ocak, Haziran-Eylül) azalma eğilimleri tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma Ocak ayına rastlamaktadır. Trend belirlenen diğer aylarda ise eğim değerleri/büyüklikleri birbirine yakın değerler göstermektedir. Ayrıca, anlamlı azalma eğilimlerinin görüldüğü ayların tümünde gözlem dizileri istatistiksel açıdan rasgelelik göstermemektedir (Tablo 7). Beşdeğirmen istasyonunda ise 10 ayda (Mart ve Nisan hariç) azalma eğilimi tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma Şubat ayına rastlamaktadır (Tablo 8). Porsuk Barajı Çıkış istasyonuna bakıldığında, sadece Ekim ve Eylül aylarında görülen anlamlı azalma eğilimlerinde eğilimlerin büyüklüğü birbirine yakındır. Gidişler sınaması sonuçlarına göre, Mart gözlem dizileri dışında, diğer tüm aylarda istatistiksel açıdan rasgele olmama durumu söz konusudur (Tablo 9). Eşenkara istasyonunda 8 ayda (Ekim-Kasım, Mart-Nisan, Haziran-Eylül) trendler bulunurken, en kuvvetli azalma eğilimi Eylül ayında $-0.268 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ ve Ekim ayında $-0.250 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ olarak hesaplandı (Tablo 10). Son olarak Eskişehir istasyonunda 4 ayda (Ekim, Ocak-Mart) azalma eğilimleri tespit edildi. Anlamlı trendler içerisindeki en hızlı azalma ise Mart ayına karşılık gelmektedir (Tablo 11).

Uzun süreli aylık ortalama akımlara ilişkin yapılan Mann-Kendall sıra korelasyon test sonuçlarına göre, havza genelinde trend başlangıç yılları 1984-1989 yılları arasında değişim göstermekle birlikte, Eskişehir bölgesindeki bazı istasyonlarda ve bazı aylarda 2004-2005 yıllarının ikinci bir trend başlangıç yılını oluşturduğu görülmektedir. Özellikle ilkbahar aylarında (Şubat-Haziran) trend başlangıç yıllarının oluşmaması, ortalama akımlarda kuvvetli eğilimlerin olmadığını gösterir. Tüm istasyonlarda sadece Ekim ayında negatif yönlü trend başlangıç yılının tespit edilmesi ise dikkat çekicidir. (Tablo 17). Havzada, ortalama akımlardaki anlamlı azalma eğilimleri, Kütahya bölgesinde Mart ve Nisan ayı hariç tüm aylarda toplandığı görülürken Eskişehir bölgesindeki anlamlı azalma eğilimlerinin Ekim ve Mart aylarında toplandığı görülür.

Tablo 7. 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 7.** Trend analysis results of monthly mean riverflows at the D12A033 station during the period from 1970 to 2011 ($\alpha = 0.05$).

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -3.12 | -3.54 | -0.039 | -3.75 | ↓ |
| Kasım | -2.93 | -3.64 | -0.048 | -3.75 | ↓ |
| Aralık | -2.93 | -3.35 | -0.064 | -3.12 | ↓ |
| Ocak | -2.17 | -2.30 | -0.073 | -3.12 | ↓ |
| Şubat | -0.54 | -0.66 | -0.033 | -2.50 | 0 |
| Mart | -1.15 | -1.09 | -0.081 | -1.25 | 0 |
| Nisan | -1.17 | -1.26 | -0.064 | -1.87 | 0 |
| Mayıs | -1.8 | -1.84 | -0.076 | -1.25 | 0 |
| Haziran | -2.36 | -2.51 | -0.059 | -2.19 | ↓ |
| Temmuz | -2.67 | -3.14 | -0.035 | -3.75 | ↓ |
| Ağustos | -2.80 | -3.29 | -0.025 | -3.75 | ↓ |
| Eylül | -2.80 | -3.26 | -0.028 | -2.50 | ↓ |

Tablo 9. 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 9.** As in Table 7, but for D12A034.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -4.36 | -4.28 | -0.079 | -4.37 | ↓ |
| Kasım | -3.94 | -4.03 | -0.082 | -3.75 | ↓ |
| Aralık | -3.84 | -3.90 | -0.119 | -3.75 | ↓ |
| Ocak | -3.40 | -3.48 | -0.134 | -3.75 | ↓ |
| Şubat | -2.11 | -2.14 | -0.165 | 0.00 | ↓ |
| Mart | -1.84 | -1.87 | -0.186 | -1.88 | 0 |
| Nisan | -1.58 | -1.77 | -0.129 | -0.62 | 0 |
| Mayıs | -2.38 | -2.66 | -0.127 | -0.94 | ↓ |
| Haziran | -3.60 | -3.08 | -0.117 | -1.56 | ↓ |
| Temmuz | -3.66 | -3.62 | -0.063 | -2.81 | ↓ |
| Ağustos | -3.84 | -3.86 | -0.054 | -3.12 | ↓ |
| Eylül | -3.62 | -3.76 | -0.058 | -4.37 | ↓ |

Tablo 10. 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 10.** As in Table 7, but for D12A054.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -4.10 | -4.28 | -0.250 | -5.00 | ↓ |
| Kasım | -2.43 | -2.50 | -0.099 | -2.50 | ↓ |
| Aralık | -1.15 | -0.97 | -0.029 | -3.12 | 0 |
| Ocak | -1.78 | -1.74 | -0.046 | -2.50 | 0 |
| Şubat | -1.26 | -1.27 | -0.033 | -1.25 | 0 |
| Mart | -2.19 | -2.31 | -0.063 | -1.87 | ↓ |
| Nisan | -2.71 | -2.69 | -0.128 | -3.12 | ↓ |
| Mayıs | -1.34 | -1.23 | -0.067 | 0.00 | 0 |
| Haziran | -3.53 | -3.48 | -0.163 | -2.50 | ↓ |
| Temmuz | -3.23 | -3.70 | -0.136 | -2.81 | ↓ |
| Ağustos | -3.62 | -3.95 | -0.159 | -3.75 | ↓ |
| Eylül | -4.14 | -4.36 | -0.268 | -3.12 | ↓ |

Tablo 11. 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 11.** As in Table 7, but for E12A048.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -2.10 | -2.16 | -0.082 | -2.19 | ↓ |
| Kasım | -1.32 | -1.47 | -0.031 | -1.87 | 0 |
| Aralık | -1.76 | -1.63 | -0.049 | -2.81 | 0 |
| Ocak | -2.45 | -2.34 | -0.083 | -2.50 | ↓ |
| Şubat | -2.36 | -2.39 | -0.090 | -0.62 | ↓ |
| Mart | -2.67 | -2.65 | -0.104 | -2.19 | ↓ |
| Nisan | -1.56 | -1.43 | -0.056 | -2.19 | 0 |
| Mayıs | -0.02 | 0.52 | -0.009 | -2.19 | 0 |
| Haziran | -0.13 | 0.14 | -0.007 | -2.19 | 0 |
| Temmuz | -0.37 | -0.22 | -0.018 | -3.44 | 0 |
| Ağustos | -1.20 | -0.80 | -0.033 | -2.81 | 0 |
| Eylül | -1.54 | -1.62 | -0.082 | -2.19 | 0 |

Aylık minimum akımlarda gözlenen eğilimler

Mann Kendall ve Spearman Rho testi sonuçlarına göre, Porsuk Çifliği istasyonuna ait minimum akımlarda %5 anlamlılık düzeyinde 10 ayda (Mart-Nisan hariç) azalan yönde eğilimler tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma Mayıs ayında olmakla birlikte trend belirlenen diğer aylarda eğim değerleri/büyüklikleri birbirine yaklaşmaktadır (Tablo 12). Beşdeğirmen istasyonunda ise tüm ayda azalma eğilimleri tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma eğilimi Mart ve Nisan aylarına rastlamakla birlikte diğer aylarda trend eğimleri birbirine yaklaşmaktadır (Tablo 13). Porsuk Baraj Çıkışı istasyonunda sadece Ağustos ve Eylül aylarında görülen anlamlı azalma eğilimlerinde, en büyük azalma eğimi Eylül ayına karşılık gelmektedir. Gidişler sınaması sonuçlarında ise, 9 ayda (Mart-Mayıs hariç) gözlem dizilerinde istatistiksel açıdan rasgele olma durumu söz konusudur (Tablo 14). Eşenkara istasyonunda sadece Eylül ayında azalan bir trend tespit edilmiş olup 10 ayda (Kasım ve Haziran hariç) istatistiksel açıdan rasgele olmama durumu söz konusudur. Trend eğimi ise $-0.065 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ 'dır (Tablo 15). Son olarak Eskişehir istasyonunda 5 ayda (Ekim, Nisan, Temmuz-Eylül) azalma eğilimleri tespit edildi. 10 ayda (Mayıs ve Haziran hariç) istatistiksel açıdan rasgele olmama durumu söz konusudur. Anlamlı trendler içerisindeki en kuvvetli azalma ise Eylül ayında $0.269 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ 'dır (Tablo 16).

Uzun süreli aylık minimum akımlara ilişkin yapılan Mann-Kendall sıra korelasyon test sonuçlarına göre, havza genelinde trend başlangıç yılları 1982-1988 yılları arasında değişim göstermektedir. En fazla trend başlangıç yılına rastlanan istasyonlar, 11 ay ile Beşdeğirmen istasyonu (Nisan ayı hariç) ve 10 ay ile Porsuk Çifliği istasyonudur (Mart ve Nisan ayı hariç). Tüm istasyonlarda, negatif yönlü trend başlangıç yılının görüldüğü tek aysa Eylül ayıdır (Tablo 17). Havzada, minimum akımlardaki anlamlı azalma eğilimleri, Kütahya bölgesinde Nisan ayı hariç tüm aylarda toplandığı görülürken Eskişehir bölgesindeki anlamlı azalma eğilimleri ay geneline bir yayılmadan ziyade sadece Eylül ayında toplandığı görülür.

Tablo 12. 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık minimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 12.** Trend analysis results of monthly minimum riverflows at the D12A033 station during the period from 1970 to 2011 ($\alpha = 0.05$).

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -2.90 | -3.43 | -0.027 | -3.75 | ↓ |
| Kasım | -2.75 | -3.41 | -0.039 | -3.12 | ↓ |
| Aralık | -2.75 | -3.55 | -0.045 | -2.46 | ↓ |
| Ocak | -2.60 | -2.58 | -0.036 | -2.50 | ↓ |
| Şubat | -1.97 | -2.25 | -0.052 | -2.50 | ↓ |
| Mart | -1.47 | -1.54 | -0.060 | -1.25 | 0 |
| Nisan | -1.80 | -1.80 | -0.076 | -1.87 | 0 |
| Mayıs | -2.10 | -2.23 | -0.056 | -1.56 | ↓ |
| Haziran | -2.49 | -2.55 | -0.036 | -2.19 | ↓ |
| Temmuz | -3.12 | -3.54 | -0.022 | -3.12 | ↓ |
| Ağustos | -3.14 | -3.70 | -0.021 | -3.12 | ↓ |
| Eylül | -3.23 | -3.68 | -0.022 | -3.75 | ↓ |

Tablo 13. 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık minimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 13.** As in Table 12, but for E12A003.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -4.03 | -4.12 | -0.067 | -4.37 | ↓ |
| Kasım | -4.18 | -4.11 | -0.077 | -3.12 | ↓ |
| Aralık | -4.05 | -4.20 | -0.088 | -5.00 | ↓ |
| Ocak | -3.40 | -3.45 | -0.096 | -4.37 | ↓ |
| Şubat | -2.58 | -2.80 | -0.103 | -3.75 | ↓ |
| Mart | -2.15 | -2.08 | -0.122 | -1.25 | ↓ |
| Nisan | -2.25 | -2.27 | -0.122 | -1.25 | ↓ |
| Mayıs | -2.77 | -2.91 | -0.103 | -0.94 | ↓ |
| Haziran | -3.6 | -3.02 | -0.073 | -2.81 | ↓ |
| Temmuz | -3.36 | -3.56 | -0.047 | -3.74 | ↓ |
| Ağustos | -3.32 | -3.78 | -0.037 | -2.81 | ↓ |
| Eylül | -3.53 | -3.76 | -0.044 | -3.75 | ↓ |

Tablo 14. 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık minimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 14.** As in Table 12, but for D12A034.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | 0.00 | -0.44 | 0.000 | -3.12 | 0 |
| Kasım | 1.84 | 1.84 | 0.023 | -3.44 | 0 |
| Aralık | 1.39 | 1.28 | 0.010 | -2.19 | 0 |
| Ocak | 0.70 | -0.12 | 0.000 | -3.44 | 0 |
| Şubat | 0.95 | 0.77 | 0.002 | -2.18 | 0 |
| Mart | 1.82 | 2.03 | 0.005 | -2.19 | 0 |
| Nisan | 0.65 | 0.56 | 0.001 | -0.31 | 0 |
| Mayıs | 1.52 | 1.46 | 0.076 | -0.62 | 0 |
| Haziran | -1.37 | -1.28 | -0.088 | -1.25 | 0 |
| Temmuz | -0.95 | -1.35 | -0.077 | -2.19 | 0 |
| Ağustos | -2.10 | -2.20 | -0.136 | -2.50 | ↓ |
| Eylül | -3.03 | -3.58 | -0.200 | -3.75 | ↓ |

Tablo 15. 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık minimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 15.** As in Table 12, but for D12A054.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -2.40 | -2.34 | -0.052 | -3.12 | ↓ |
| Kasım | 0.63 | 0.54 | 0.046 | -2.78 | 0 |
| Aralık | 1.24 | 1.31 | 0.011 | -4.69 | 0 |
| Ocak | 0.00 | -0.33 | -7.252 E-5 | -4.68 | 0 |
| Şubat | -0.13 | -0.33 | -0.027 | -2.81 | 0 |
| Mart | -0.50 | -0.41 | -0.010 | -2.80 | 0 |
| Nisan | -2.41 | -2.57 | -0.052 | -2.50 | ↓ |
| Mayıs | 0.74 | 0.75 | 0.030 | -1.56 | 0 |
| Haziran | -1.08 | -1.13 | -0.078 | -1.25 | 0 |
| Temmuz | -2.49 | -2.85 | -0.119 | -3.12 | ↓ |
| Ağustos | -2.62 | -2.92 | -0.140 | -3.09 | ↓ |
| Eylül | -3.90 | -4.23 | -0.269 | -3.75 | ↓ |

Tablo 16. 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık minimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).**Table 16.** As in Table 12, but for E12A048.

| İstasyon İndex No | Mann Kendall (Z) | Sperman Rho Testi (Z) | Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan}) | Gidişler Sınaması (Z) | Trend Yönü |
|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ekim | -1.41 | -1.29 | -0.028 | -1.87 | 0 |
| Kasım | -1.41 | -1.50 | -0.011 | -0.31 | 0 |
| Aralık | 0.90 | -0.02 | 0.000 | -2.81 | 0 |
| Ocak | -0.82 | -0.86 | -0.019 | -1.87 | 0 |
| Şubat | -0.22 | -0.32 | -0.002 | -2.81 | 0 |
| Mart | -1.13 | -1.09 | -0.020 | -2.19 | 0 |
| Nisan | -1.17 | -0.90 | -0.023 | -2.81 | 0 |
| Mayıs | -0.54 | -0.20 | -0.015 | -2.19 | 0 |
| Haziran | 0.17 | 0.42 | 0.002 | -1.56 | 0 |
| Temmuz | 0.93 | 0.82 | 0.015 | -2.19 | 0 |
| Ağustos | -0.67 | -0.63 | -0.016 | -4.06 | 0 |
| Eylül | -3.25 | -3.22 | -0.065 | -2.50 | ↓ |

Tablo 17. Porsuk Çayı Havzası trend başlangıç yılları ($\alpha = 0.05$).**Table 17.** The starting years of trends for Porsuk Creek Basin ($\alpha = 0.05$).

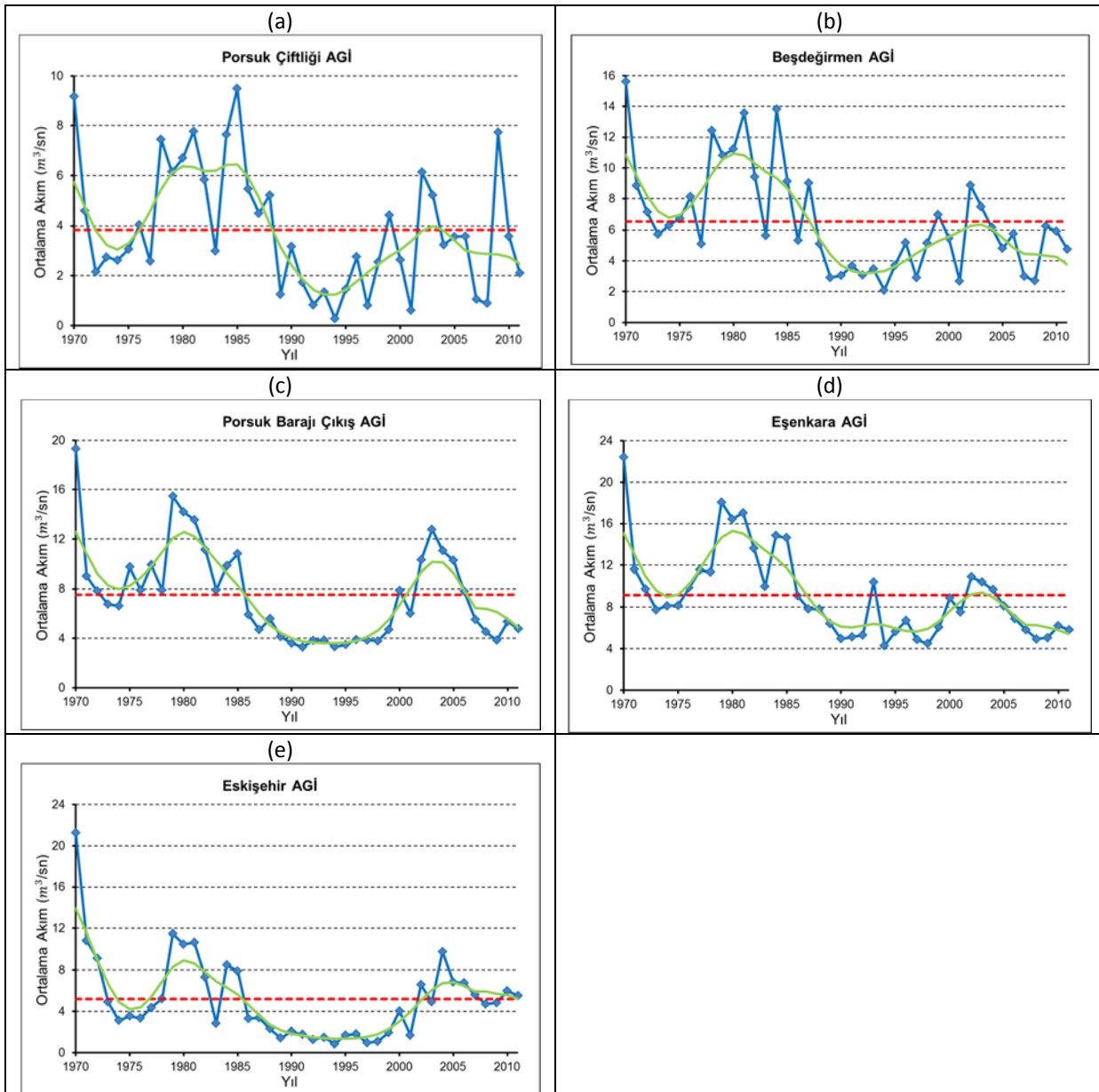
| | İstasyon İndex No | Ekim | Kasım | Aralık | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül |
|---------------------------|---------------------------|---------|-------|--------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|
| | Ortalama Akım (m^3/s) | D12A033 | 1988 | 1989 | 1989 | 1988 | - | - | - | - | - | 1988 | 1988 |
| E12A003 | | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1987 | - | - | 1985 | 1982 | 1984 | 1984 | 1984 |
| D12A034 | | 1987 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1986 |
| D12A054 | | 1988 | 2005 | - | - | - | 1985 | 2004 | - | 2004 | 1987 | 1987 | 1988 |
| E12A048 | | 1985 | - | - | 2004 | 1983 | 1982 | - | - | - | - | - | - |
| Maksimum Akım (m^3/s) | D12A033 | 1986 | 1988 | 1987 | - | - | - | - | - | 1987 | 1988 | 1988 | 1988 |
| | E12A003 | 1986 | 1988 | 1987 | 1988 | 1989 | - | 2003 | - | 1983 | 1984 | 1984 | 1982 |
| | D12A034 | 1987 | 1985 | - | - | - | 2004 | - | - | - | - | 1982 | 1985 |
| | D12A054 | 1989 | 2003 | 1986 | 1980 | 1980 | 1986 | 2004 | 1988 | 2002 | 1987 | 1986 | 1999 |
| | E12A048 | 1987 | 2005 | 1979 | 1981 | 1980 | 1982 | - | - | - | - | - | - |
| Minimum Akım (m^3/s) | D12A033 | 1988 | 1988 | 1988 | 1988 | 1987 | - | - | 1988 | 1987 | 1988 | 1987 | 1986 |
| | E12A003 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1987 | 1984 | - | 1985 | 1982 | 1984 | 1984 | 1984 |
| | D12A034 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1982 | 1985 |
| | D12A054 | 1986 | - | - | - | - | - | 2005 | - | - | 1983 | 1984 | 1987 |
| | E12A048 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1986 |

Yıllık akımlarda gözlenen eğilimler

Havzada Porsuk Barajı'nın kuzey kesiminde ya da çıkış bölgesinde yer alan istasyonlara ait ortalama, minimum ve maksimum akım dizilerindeki yıllar arası değişkenlik (%44.46-%81.64), barajın güney kesimi ya da ana beslenme bölgesini oluşturan sahaya göre oldukça yüksektir (%47.37-69.10). Maksimum, ortalama ve minimum akımlara ilişkin zaman dizisi grafiklerinde negatif ve pozitif yönlü eğilimler, aşağı-yukarı benzer dönemlere karşılık gelir (*Tüm şekiller verilmedi, sadece Şekil 4a-e*). Havza bütününde; 1970'li yılların başından 1980'li yılların ortasına kadar nispeten belirgin, yüksek değişkenlikte, pozitif yönlü bir eğilim vardır. Bunu 1980'lerin ortasından 2000'li yılların başına kadar uzun süreli ve kuvvetli negatif yönlü bir eğilim, 2000'li yılların ortalarında kısa süreli pozitif bir dönem ve ardından negatif yönlü bir eğilim takip eder. Bu genel durum içerisinde, Porsuk Barajı'nın güney kesiminde yer alan Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonlarında pozitif yönlü eğilim dönemleri nispeten daha uzun süreli, negatif yönlü eğilim dönemleri ise nispeten daha kısa sürelidir.

İklim Verilerinde Gözlenen Eğilimler

Porsuk Çayı Havzası'nda yıllık ortalama akımlarda görülen anlamlı eğilimlerde, iklim elemanlarının ne derece ve ne yönde etkili olduğunu anlayabilmek için; Eskişehir ve Kütahya istasyonlarına ait yıllık sıcaklık ortalamaları, bağıl nem ortalamaları ve yağış toplamlarına türdeşlik ve rasgelelik sinamaları (K-W, Gidişler ve W-W sinaması) ile birlikte trend analizi (M-K, Mann Kendall sıra korelasyon testi, Spearman Rho testi ve Sen'in trend eğim metodu) uygulandı. Daha sonra aylık akım ortalamaları ile iklim değişkenleri arasındaki korelasyon katsayıları (Pearson ya da Spearman Sıra korelasyon katsayıları) bulundu ve anlamlılığı test edildi (*Tablolar burada verilmedi*).



Şekil 4. 1970-2011 dönemi boyunca Porsuk Çayı Havzası'nda yer alan 5 adet akım gözlem istasyonunun ortalama akımlarındaki yıllar arası değişimler. Değişimler uzun dönemli medyan (---), 9 noktalı Gauss süzgeci (—) ve akımlara ilişkin zaman dizisi (—■—) ile gösterildi.

Figure 4. Interannual variations in mean riverflow series of five stations in Porsuk Creek Basin during the period from 1970 to 2011. Variations are illustrated with smoothed line by 9-yr Gaussian filter (—), long-term median (---) and mean riverflow series (—■—).

Yıllık yağış toplamalarına ilişkin K-W ve Gidişler sınamasında homojenlik tespit edilirken, yıllık bağıl nem ortalarına ilişkin dizilerde inhomojenlik tespit edildi. Yıllık ortalama sıcaklık dizilerinde ise sadece Kütahya istasyonu K-W sınamasında inhomojenlik bulundu. Yıllık yağış toplamı, yıllık bağıl nem ortalaması ve yıllık sıcaklık ortalaması W-W sonuçlarında ise gözlem dizilerindeki değişimler dizisel ilişki açısından rasgelelik göstermektedir. Havzada uzun süreli yıllık ortalama akıma ilişkin yapılan türdeşlik ve rasgelelik sınamalarında; 7 yıllık alt dönemlere uygulanan K-W sınamasında 5 AGİ'nin tamamında meydanlarda inhomojenlik tespit edildi. Gidişler sınaması (Beşdeğirmen AGİ hariç) ve

W-W dizisel ilişki sınamasında ise gözlem dizilerinde rasgele olmama durumu vardır. Havzada bu gözlem dizilerindeki inhomojenlikler, sıçrama biçimli değişiklikten ziyade uzun süreli eğilimlerden kaynaklanmaktadır.

İklim değişkenlerine uygulanan trend analizlerinde, Eskişehir bölgesine ait yıllık yağış toplamı (trend başlangıç yılı, 1978; trend eğimi, -1.583 mm/yıl) ve yıllık bağıl nem ortalamalarına ilişkin gözlem dizilerinde (trend başlangıç yılı, 2003; trend eğimi, -0.152 %/yıl) azalan yönde anlamlı eğilimler bulundu. Yıllık ortalama sıcaklıklarda, Eskişehir bölgesinde anlamlı bir artış eğilimine rastlanılmazken; Kütahya bölgesinde trend başlangıç yılı 2000 ve trend eğimi $+0.033$ °C/yıl olan anlamlı bir artış eğilimine rastlandı. AGİ'lere

ilişkin yapılan trend analizlerinde ise; Beşdeğirmen, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara istasyonlarında sırasıyla trend başlangıç yılı, 1985, 2005, 1987; trend eğimi, -0.119, -0.115, -0.161 m³/sn/yıl özelliğinde anlamlı azalma eğilimleri tespit edildi.

Kütahya bölgesinde akımlardaki azalmalar üzerinde, sıcaklık daha baskın iken, Eskişehir bölgesinde bağıl nem sıcaklığa göre daha baskın olmakla birlikte Porsuk Çayı Havzası'nda akım üzerinde en etkili iklim elemanı; sıcaklık ve bağıl nemden ziyade yağış miktarlarıdır. Trendi etkileyen iklimsel etmenlere ilişkin yapılan korelasyon analizlerinde, Porsuk Çayı Havzası'nda, ortalama akımlar ile ortalama sıcaklıklar arasında istatistiksel açıdan anlamlı olmayan doğrusal çok zayıf bir ilişki vardır. Kütahya Mİ ile Beşdeğirmen, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara AGİ'leri arasındaki ilişkinin yönü negatif iken diğerleri pozitif yönlüdür.

Trendi etkileyen iklimsel etmenlere ilişkin yapılan korelasyon analizlerinde, sıcaklık ve akım değişkeni arasında istatistiksel açıdan anlamlı doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. Var olan ilişki, anlamlı olmayan doğrusal zayıf bir ilişkidir. Kütahya Mİ ile Beşdeğirmen, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara AGİ'leri arasındaki ilişkinin yönü negatif iken diğerleri pozitif yönlüdür. Eskişehir bölgesinde azalan bağıl nem değerleri ile Eskişehir bölgesini temsil eden AGİ (Porsuk Barajı Çıkış, Eşenkara ve Eskişehir) akımları arasında genelde istatistiksel açıdan önemli pozitif yönlü doğrusal zayıf bir ilişki varken, negatif yönlü ilişki sadece Eskişehir AGİ ile Eskişehir Mİ bağıl nem değerleri arasındadır. Havzada yıllık yağış toplamları ile yıllık akım ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı pozitif yönde %31-%41 arasında değişen zayıf doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu anlamlı zayıf ilişkiler; Kütahya yıllık yağış toplamları ile Porsuk Çiftliği, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara yıllık ortalama akımları arasında ve Eskişehir yıllık yağış toplamları ile Beşdeğirmen yıllık ortalama akımları arasındadır.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Porsuk Çayı Havzası'nda maksimum, ortalama ve minimum akımlardaki uzun süreli eğilimler çeşitli parametrik olmayan testlerle incelenmiş, trend eğimi ve trend başlangıç yılları belirlenmiştir. Daha sonra, akım trendini etkileyebilecek iklimsel faktörlere trend ve korelasyon analizleri uygulanmış, iklimin akım üzerinde etkileri incelenmiştir.

Akımlara ilişkin yapılan trend analizi, türdeşlik ve rasgelelik sınamalarından aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1- Porsuk Çayı Havzası'na ilişkin aylık trend analiz sonuçlarına göre, testler arasında (bazı aylar hariç) büyük bir uyum ve tutarlılık bulunmuştur.

2- Sakarya Havzası ölçeğinde akım eğilimlerinin incelendiği çalışmalar (Kahya ve Kalaycı 2002, 2004; Bayazit vd., 2002; Kalaycı 2003; Özel vd., 2004) ile bu çalışma arasında, özellikle trend yönleri ve genel trend başlangıç yılları açısından, uyumluluk ve tutarlılık ortaya konmuştur.

3- Uzun süreli maksimum akım dizilerinde, %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Ekim ve Kasım ayları, sadece birer istasyonda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Mart (Porsuk Çiftliği istasyonu) ve Mayıs (Beşdeğirmen istasyonu) ayları oluşturur. Anlamlı trendlerin görüldüğü istasyonlarda, en büyük eğim değeri Eskişehir bölgesinde Ekim ayında -0.361 m³/sn/yıl olarak hesaplanırken, en düşük eğim değeri Kütahya bölgesinde Haziran ayında -0.010 m³/sn/yıl olarak hesaplanmıştır.

4- Uzun süreli ortalama akım dizilerinde, %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği tek ay; Ekim ayıdır. Sadece birer istasyonda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Nisan (Beşdeğirmen istasyonu) ve Mayıs (Eşenkara istasyonu) ayları oluşturur. Anlamlı trendlerin görüldüğü istasyonlarda, en büyük eğim değeri Eskişehir bölgesinde Ekim ayında -0.268 m³/sn/yıl olarak hesaplanırken, en düşük eğim değeri Kütahya bölgesinde Ağustos ayında -0.025 m³/sn/yıl olarak hesaplanmıştır.

5- Uzun süreli minimum akım dizilerinde, %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği tek ay; Eylül ayıdır. Bununla birlikte, anlamlı eğilimlerin en az görüldüğü ay; sadece Beşdeğirmen istasyonundaki anlamlı azalma eğilimiyle Mart ayıdır. Anlamlı trendlerin görüldüğü istasyonlarda, en büyük eğim değeri Eskişehir bölgesinde Ekim ayında -0.269 m³/sn/yıl olarak hesaplanırken, en düşük eğim değeri Kütahya bölgesinde Ağustos ayında -0.021 m³/sn/yıl olarak hesaplanmıştır.

6- En kuvvetli azalmanın görüldüğü istasyon, Eskişehir il merkezi sınırları içerisinde Porsuk Çayı üzerinde konulanmış Eşenkara (D12A054) istasyonu olmakla birlikte, en zayıf azalma eğiliminin görüldüğü istasyon Eskişehir'e 42 km mesafedeki Porsuk Barajı aksının 15 km mansabında yer alan Porsuk Barajı Çıkış (D12A034) istasyonudur.

7- Maksimum, ortalama ve minimum akımlara ilişkin gözlem dizilerinin, sırasıyla yaklaşık %66.7'sinde, %83.3'ünde ve %80'inde inhomojenlik tespit edilmiştir. Havzada görülen inhomojenlikler, genelde trend inhomojenliği olmakla birlikte belirli dalgalanmalarla açıklanabilirken, Porsuk Barajı Çıkış istasyonuna ilişkin gözlem dizilerindeki dalgalanmalar, doğal değişkenliği yansıtmayan bir durumdur. Bu durum, daha çok baraj işletilmesinden kaynaklanan mevsimlik su politikalarıyla ilgili olabilir. Bu değerlendirmeyi, yapılan türdeşlik ve rasgelelik sınamaları ile birlikte trend analizleri de destekler.

8- Mann Kendall sıra korelasyon test grafik sonuçlarına göre; uzun süreli maksimum, ortalama, minimum ve yıllık ortalama akım dizilerinde azalma trendinin başlangıç yılı, 1980'li yıllarda yoğunlaşmaktadır. Bu dönemler, Eskişehir ve Kütahya bölgelerinde, 1981 yılından sonra daha kurak

koşullara doğru belirgin bir gidişin olduğu dönemlere karşılık gelir.

9- Havza genelinde akımlarda meydana gelen azalmalar, belirli bir eşik değer altındaki düşük akımları odak noktasına alarak hidrolojik kuraklık açısından havzanın durumunun incelenmesini gerektirir. Havzada maksimum akımların %65'inde görülen anlamlı azalmalar, hidrolojik kökenli doğal afetler ve tetikleyici diğer afetler açısından pozitif bir etki yaratırken ortalama akımların %56.7'sinde ve minimum akımların %48.3'ünde görülen anlamlı azalma eğilimleri başta Porsuk Barajı olmak üzere diğer doğal ve yapay su rezervleri üzerinde negatif bir etki yaratmaktadır. Ekonomik sektörler açısından, gelecekte akarsu akımlarındaki azalma eğilimlerinin bu şekilde devam etmesi, özellikle havzanın %56.43'ünü oluşturan tarım alanlarını (özellikle sulu tarım alanları) olumsuz bir şekilde etkilemesi kuvvetle muhtemeldir.

Bu araştırmada elde edilen bulgular doğrultusunda şu önerilerde bulunulabilir:

1- Porsuk Çayı Havzası bütününde ve alt havzalar bazında Orta Havza hariç (1.05 km/ km²) km²'ye düşen akarsu uzunluğu 1 km/km²'nin altındadır. Havzada doğal bir göl bulunmazken, havza bütününde bulunan yapay set gölleri ve göletlerin yüzey alanları 27 km²'yi geçmez ya da havzanın yaklaşık %0.25'i göl yüzeyi ile kaplıdır. Bu sayısal ifadeler yanında Porsuk Çayı Havzası'nda, kişi başına düşen su tüketimi 865 m³tür [Türkiye ortalamasının neredeyse yarısı, (Büyükerşen ve Efelerli, 2008)]. Bu nedenle havza için doğal ve sosyal özelliklerini bütüncül bir yaklaşımla ele alan sürdürülebilir ve verimli bir su yönetim planı hazırlanması yararlı olacaktır.

2- Yağışların karakterinin ve miktarının değişmesine paralel olarak akımlarda gözlenen azalmalar kuraklaşmaya işaret etmektedir. Havzada özellikle tarımsal ve evsel su kullanımı konusunda planlamaların ve denetimlerin ciddiyetle ele alınması, modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması gereklidir.

3- Kuraklığın sosyo-ekonomik sektörler üzerindeki etkilerinin izlenebilmesi ve kuraklıkla mücadelede havzaya yönelik doğru eylem planlarının hazırlanması için kuraklığa ilişkin veri tabanı yönetim sistemi (KVTYS) oluşturulmalıdır. Gerekli veri ve bilgilerin üretilebilmesi için çayı besleyen dereler üzerinde de AGİ'lerin kurulması ve uzun süreli işletilmesi gereklidir.

KATKI BELİRTME

Proje Numarası: SYL-2014-175 olan bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Üniversite birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bayazıt, M. (1996). *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası. İstanbul, s.245.
- Bayazıt, M. Cığızoğlu, H. K.ve Önöz, B. (2002). "Türkiye Akarsularında Trend Analizi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 420-421-422/4-5-6.
- Büyükerşen, Y. ve Efelerli, S. (2008). "Havza Su Yönetimi Porsuk Havzası ve Eskişehir", *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, İMO Kongre Merkezi, 20-22 Mart, Ankara.
- Büyükyıldız, M. (2004). *Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi ve Stokastik Modellemesi*. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, s.137-138.
- Cığızoğlu, H.K., Bayazıt, M., Önöz, B., Yıldız, M. ve Malkoç, Y. (2004). "Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendler", *IV Ulusal Hidroloji Kongresi*, 21-25 Haziran, İstanbul.
- Cillov, H. (1976). *İstatistik Tekniği ve Uygulaması*. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayını, No 365, İstanbul, s.303-305.
- Dixon, H., Lawler, D.M. and Shamseldin, A. Y. (2006). "Streamflow trends in western Britain", *Geophysical Research Letters*, 33, 10.1029/2006GL027325.
- Douglas, E.M., Vogel, R.M. & Kroll, C.N. (2000). "Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation", *Journal of Hydrology*, 240, 90-105.
- DSİ, (1965). *Feasibility Report for Lower Sakarya Project*. DSİ Matbaası, Ankara, 1965.
- Essenwager, O.M. (2001). *General Climatology (World Survey of Climatology)*. Vol. 1C, Huntsville-ABD.
- Fleig, A.K., Tallaksen, L.M., Hisdal, H. & Demuth, S. (2006). "A global evaluation of streamflow drought characteristics", *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 535-552.
- Fujihara, Y., Tanaka, L., Watanabe, T., Nagano, T. and Kpjiri, T. (2008). "Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations", *Journal of Hydrology*, 353, 33-48.
- Hannaford, J. and Marsh, T.J. (2008). "High-flow and flood trends in a network of undisturbed catchments in the UK", *International Journal of Climatology*, 28(10): 1325-1338.
- Hannaford, J. and Buys G. (2012). "Trends in seasonal river flow regimes in the UK", *Journal of Hydrology*, 475, 158-174.
- Hodgkins G.A., Dudley, R.W. & Huntington, T.G. (2005). "Summer low flows in New England during the 20th century", *Journal of the American Water Resources Association*, 41(2), 403-412.
- Işık, S., Şaşal, M. ve Doğan, E. (2006). "Sakarya Nehrinde Barajların Mansap Etkisinin Araştırılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 2, No: 3, 401-408.

- Iyigün, C., Türkeş, M., Batmaz, İ., Yozgatlıgil, C., Gazi, V.P., Koç, E.K. and Öztürk, M.Z. (2013). "Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method", *Theoretical and Applied Climatology*, 114: 95–106.
- Jin F (2011). *Climate changes in future atmospheric moisture fields over the Middle-East based on regional climate modeling*. PhD Thesis. Dept. Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University, Israel.
- Jin, F., Kitoh, A. and Alpert, P. (2010). "Watercycle changes over the Mediterranean: a comparison study of a super-high-resolution global model with CMIP3", *Phil. Trans. Roy. Soc. A.*, 368, 5137-5149, DOI:10.1098/rsta.2010.0204.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano S.M., López-Moreno, J.I., Morán-Tejeda, E. & Zabalza, J. (2012). "Recent trends in Iberian streamflows (1945–2005)", *Journal of Hydrology*: 414–415, 463–475.
- Kahya, E. and Kalaycı, S. (2002). "Trend Analysis of Streamflow in Turkey", *Journal of Hydrology*, 289, 128-144.
- Kahya, E. and Kalaycı, S. (2004). "Non-parametric tests Trend Analysis of Streamflow in Turkey", *Journal of Hydrology*, 209, 128-144.
- Kalaycı, S. (2003). *Türkiye'deki Nehir Debisi Değerlerinin Değişkenlik Analizi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- Kalaycı, S. and Kahya, E. (2006). "Assessment of streamflow variability modes in Turkey: 1964-1994", *Journal of Hydrology*, 324, 163-177.
- Kingston D.G., Daniel G., Hannah D.M., Lawler D.M. & McGregor G.R. (2011). "Regional classification, variability, and trends of northern North Atlantic riverflow", *Hydrological Processes*, 25, 1021-1033.
- Kitoh, A., Yatagai, A. and Alpert, P. (2008). "First super-high-resolution model projection that the ancient "Fertile Crescent" will disappear in this century", *Hydrological Research Letters*, Vol. 2, p.1–4.
- Köppen, W. (1884). "Die Wärmazonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world)". *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 1, 215–226. (translated and edited by Volken, E. and S. Brönnimann – *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 20, No. 3, (June 2011), 351–360).
- Mendeş, M. (2012). *Uygulamalı Bilimler İçin İstatistik ve Araştırma Yöntemleri*. Kriter Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul, s.177; 267.
- Mudelsee, M., Börngen, M., Tetzlaff, G. & Grünwald, U. (2003). "No upward trend in the occurrence of extreme floods in central Europe", *Nature*, 425, 166–169.
- Özdemir, A. and Leloğlu U.M. (2015). *Climate change impact assessment on river basin: Sarisu-Eylükler river, Turkey* in "Sustainable Watershed Management (SuWaMa) 2014 Conference Proceedings", Eds: I. Ethem Gönenç, John P. Wolflin and Rosemarie C. Russo, p.102.
- Özel, N., Kalaycı, S., Sevimli, F.M. ve Büyükyıldız, M. (2004). "Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Sayı 19.
- Özfidaner, M. (2007). *Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Robson, A.J., Jones, T.K., Reed, D.W. & Bayliss, A.C. (1998). "A study of national trend and variation in UK Floods", *International Journal of Climatology*, 18, 165-182.
- Saltabaş, L., Işık, S., Şaşal, M. ve Doğan, E. (2003). "Aşağı Sakarya Nehrinde Akım Değişimlerinin İncelenmesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt:7, Sayı:2.
- Sarıç, F., Hannah, D.M. and Eastwood, W.J. (2010) "Spatial variability of precipitation regimes over Turkey", *Hydrological Sciences Journal*, 55, 234-249.
- Sarıç, F. (2012a). "Kuzeydoğu Türkiye'de (Doğu Karadeniz ve Çoruh havzaları) sıcaklık, yağış ve akım serilerinin rejim ve trend analizi" *1. Ulusal Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 28-30 Mayıs 2012. Atatürk Üniversitesi-Erzurum.
- Sarıç, F. (2012b). "Türkiye'nin kuzeydoğusunda yağış ve akım ekstremlerinin değişimi ve dağılım özelliklerinin jeomorfolojik süreçlerle değerlendirilmesi" *3. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*, Mustafa Kemal Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Hatay.
- Sen, P.K. (1968). "Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 63, No. 324, p.1379-1389.
- Sneyers, R. (1990). *On Statistical Analysis of Series of Observations*. W.M.O Technical Note, World Meteorological Organization, Geneva.
- Stahl, K., Hisdal, H, Hannaford., J., Tallaksen, L.M., Van Lanen, H.A.J., Sauquet, E., Demuth, S., Fendekova, M. and Jordar, J. (2010). "Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments", *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 2367-2382.
- Svensson, C., Kundzewicz, Z.W., Maurer, T. (2005). "Trend detection in river flow series: 2. Flood and low-flow index series", *Hydrological Sciences Journal*, 50(5), 811-824.
- Şen, Z. (2002). *Hidrolojide Veri İşlem, Yorumlama ve Tasarım (Seminer Notları)*. Su Vakfı Yayınları, s.86-87.
- Türkeş, M. (1996). "Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey", *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş, M., Sümer, U.M. and Demir, İ. (2002). "Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999", *International Journal of Climatology*, 22, 947-977.
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sarıç, F. (2007). "Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin

- Zamansal ve Alansal Çözümlemesi", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), s.60.
- Türkeş, M. (2008). *Klimatolojik ve Hidrolojik Verilerin Türdeşlik Analizi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğ 525 Yüksek Lisans Ders Notları (yayımlanmamış), Çanakkale.
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. (2009). "Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey", *International Journal Climatology*, Vol. 29, Issue 8, p.1056-1074.
- Türkeş, M. (2012). *Klimatolojik ve Hidrolojik Verilerin İklimsel Değişkenlik Analizi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğ 5014 Yüksek Lisans Ders Notları (yayımlanmamış), Çanakkale.
- WMO. (1966). *Climatic Change*, World Meteorological Organization (WMO), Technical Note, No. 79, Geneva, p.79.
- Yu, Y.S., Zou, S. and Whittemore, D. (1993). "Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas", *Journal of Hydrology*, Vol.150, Issue 1, p.61-80.
- Zaidman, M.D., Rees, H.G. & Young, A.R. (2001). "Spatio-temporal development of streamflow droughts in northwest Europe", *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4), 733-751.