

BÜYÜK MENDERES HAVZASI'NDA GÜNLÜK YAĞIŞ KONSANTRASYONUNUN ANALİZİ¹

Ercan YEŞİLİRMAK²

Özet

İklim değişikliği ile bağlantılı olarak ekstrem düşük veya yüksek yağışlar sel veya kuraklık hadiselerinin daha sık meydana gelmesine neden olabilecektir. Ekstrem yağış hadiselerinin incelenmesine yönelik olarak, frekans analizi, yağış homojenlik indisleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Büyük Menderes Havzası'nda yer alan yedi istasyonda kaydedilen uzun dönemli günlük yağış ölçümleri kullanılarak, bir yağış homojenlik indeksi olan günlük yağış konsantrasyonu indeksi (CI) meydana gelen zamansal ve konumsal değişimler incelenmiştir. Ayrıca, yağışlı gün sayısı (N), yağışlı günlerin en yüksek kuartilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdesi (P25) ve toplam yağış miktarı (P) da araştırılmıştır. Sonuçlar, CI değerlerinde havza genelinde istatistiksel olarak önemli zamansal bir değişim olmadığını göstermiştir. Havzada son 40 yıl içinde yıllık ortalama sıcaklıklarda gözlenen önemli artışa rağmen, yağış konsantrasyonu indeksi bir değişimin gözlenmemesi, yıllık ortalama sıcaklıklardaki artışın ana sorumlusunun yaz mevsimindeki sıcaklık artışının olmasına ve yaz mevsimi yağışlarının da yıllık toplam yağış içindeki oranının en az olmasına bağlanmıştır. Ayrıca, P25, N ve P parametreleri için de havza genelinde istatistiksel olarak önemli bir zamansal değişim saptanmamıştır. Konumsal değişim analizi sonucunda, CI ve P25'nin havzanın merkezine ve güneyine doğru, N'nin güneye ve doğuya doğru ve P'nin de batıya doğru bir artış eğilimi gösterdiği; Yatağan istasyonunun görece yüksek CI ve P25 değerleri ile sel ve kuraklık risklerine daha hassas olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes Havzası, iklim değişikliği, günlük yağış konsantrasyonu

Analysis of Daily Precipitation Concentration in Büyük Menderes Basin

Abstract

Extreme high and low values of precipitation associated with climate change would cause drought and flood events to occur more frequently. To evaluate extreme precipitation events, various methods such as frequency analysis of precipitation series and precipitation homogeneity indices have been used. In this study, spatial and temporal variabilities of daily precipitation concentration index (CI), which is a precipitation homogeneity index, were examined for seven stations located in Büyük Menderes Basin using long term daily precipitation data. Besides, number of rainy days (N), the percentage of precipitation contributed by the highest quartile of rainy days (P25) and total precipitation (P) were also investigated. The results showed no statistically significant temporal change in CI values in basin-wide scale. The reason that no significant temporal change in CI values were detected although a significant warming was observed in annual mean temperatures in the basin within last 40 years is attributed to the temperature increase in summer season being the main responsible of the temperature increase in the annual mean, and to the ratio of summer precipitation to the annual total precipitation being the lowest. Moreover, no statistically significant temporal changes for P25, N and P were detected in basin-wide scale. Spatial analysis showed increasing gradients toward the centre and south for CI and P25, toward south and east for N, and toward west for P. Yatağan was found to be relatively the most susceptible part of the basin in terms of flood and drought.

Key Words: Büyük Menderes basin, climate change, daily precipitation concentration index, trend analysis

GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımında meydana gelen hızlı artış ve arazi kullanımındaki değişiklikler sonucu atmosfere salınan sera gazlarında çok ciddi artışlar meydana gelmiştir. Meydana gelen bu artışın da iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açtığı konusunda kuvvetli kanıtlar ve yaygın bir konsensüs bulunmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliği ve küresel ısınma son yıllarda bilimsel, politik ve sosyal ortamlarda en çok tartışılan ve üzerinde araştırma yapılan çevre sorunlarından biri haline gelmiştir.

Sıcaklık ve yağış, iklim değişikliğinden en çok etkilenen ve etkilenmesi beklenen iklim elemanlarından. Geçen yüzyılda, 1906 ile 2005 arasında, küresel ortalama sıcaklıkta 0.74 °C'lik bir artış olduğu ve Dünyanın çeşitli bölgelerinde toplam yağış miktarlarında önemli değişimler meydana geldiği gözlenmiştir (IPCC 2007). Sıcaklık artışıyla, atmosferin nem tutma kapasitesinin artması ve, dolayısıyla, hidrolojik döngünün hızlanması ve yağışların zamansal-konumsal dağılımını etkilenmesi beklenmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, 1901-2005 arasında, küresel ısınmayla eşzamanlı olarak, yıllık toplam yağışların Kuzey ve Güney

¹Adnan Menderes Üniversitesi BAP tarafından desteklenmiştir (Proje No: ZRF-14004)

²Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü AYDIN

Amerika'da, Avrasya kıtasında ve Avustralya'da arttı; Afrika'nın Batısında, Sahel'de, Güney Amerika'nın batı kıyılarında ve Akdeniz havzasında ise azaldığı gözlemlenmiştir (Homar ve ark. 2010).

Bu bağlamda, son yıllarda, değişik iklim elemanlarının, özellikle sıcaklık ve yağış parametrelerinin zamansal ve konumsal değişimlerinin araştırılması bilim dünyasında oldukça fazla yer almıştır. Araştırmalar sonucunda, ortalama değerler yanında sel ve kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının şiddetinde ve frekansında değişimler gözlemlenmiştir. Dünyanın pek çok bölgesinde, yağışlı gün sayılarında önemli bir azalma ve yağış şiddetinde önemli bir artma meydana geldiği saptanmıştır (Zhang ve ark. 2009).

Bir yıl içinde düşen yağışın daha kısa bir zaman içinde meydana gelmesi (yani, yüksek yağış konsantrasyonu) sele ve kuraklığa yol açma potansiyeline sahiptir (Coscarelli ve Caloiero 2012). Yağış miktarında ve şiddetinde meydana gelebilecek artış toprakların erozyona daha duyarlı hale gelmesine ve şev stabilitesinin bozulmasına yol açabilecektir. Sel ve erozyon olaylarının daha sık ve daha şiddetli meydana gelmesi, daha fazla ekonomik zarara ve can kaybına neden olabilecektir. Bu nedenle, sel risklerinin tahmini, hidrolik yapıların tasarımı ile erozyon ve toprak kayması çalışmaları için, günlük yağış değerlerine dayanarak, iklim değişikliği bağlamında yağış oranlarının istatistiksel yapısının incelenmesi büyük önem arz etmektedir (Wang ve ark. 2013, Coscarelli ve Caloiero 2012). Bu amaca yönelik olarak, Martin-Vide (2004) en yağışlı günlerin toplam yağış içindeki katkısını değerlendirmek üzere bir konsantrasyon indeksi (CI) önermiştir. CI, yağış düzensizliğini ölçer ve yüksek bir CI değeri, daha heterojen yağış dağılımını ifade eder (Shi ve ark. 2013) ve heterojen (dengesiz) bir yağış dağılımı, aşırı yağışlı ve kurak dönemlere yol açar (Coscarelli ve Caloiero 2012).

Bölgesel ve yerel ölçekte, yağış konsantrasyonunun (CI) zamansal ve konumsal değişkenliğini incelemek üzere çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Martin-Vide (2004), 1951-1990 arası dönem için İspanya'da yağış konsantrasyonunun konumsal dağılımını araştırdığı çalışmasında, İspanya'nın doğu kısmında yüksek, kalan kısmında düşük yağış konsantrasyonları olduğunu saptamıştır. Coscarelli ve Caloiero (2012) Güney İtalya'nın Calabria bölgesinde CI değerlerinin konumsal ve zamansal değişkenliğini araştırdıkları çalışmalarında, batı kısmında düşük, doğu kısmında nispeten daha yüksek CI değerlerini olduğunu ve çoğu yağış istasyonunun CI serilerinde önemli bir zamansal trend olmadığını belirlemişlerdir. Cortesi ve ark. (2012) 1971-2010 yılları arasını kapsayan dönem için Avrupa üzerinde yayılmış 530 günlük yağış serisine ait CI değerlerinin zamansal-konumsal değişkenliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, CI değerlerinin kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri ile yıllık ölçekte

kuzey-batıdan güney-doğuya doğru, yaz mevsiminde ise kuzeyden güneye doğru azaldığını saptamışlardır. Bunun yanında, gerek mevsimsel gerekse de yıllık ölçekte çoğunlukla istatistiksel olarak önemsiz eğilimler belirlemişlerdir. Shi ve ark. (2013), Çin'in Lancang Havzası için CI değerlerini hesaplamış, en yüksek indeks değerlerini havzanın güney kısmında, en düşük değerleri de kuzey kısmında hesaplamıştır. Havzanın orta ve üst kısımlarında önemli azalma eğilimleri saptamıştır. Li ve ark. (2011), Çin'in Xinjiang bölgesinin güney kısımlarında yüksek, kuzey kısımlarında düşük CI değerleri hesaplamış ve bölgenin çoğunda önemli bir zamansal eğilim olmadığını saptamıştır. Vyshkvarkova ve Voskresenskaya (2014), Ukrayna'da 1951-2005 arası dönem için, yıllık CI değerleri 0.54 ile 0.71 olmak üzere, yıllık ve mevsimlik CI değerlerinin ülkenin kuzey-batısı ile kuzey-doğusundan güneye doğru arttığını saptamışlardır. Ayrıca, yıllık ölçekte ve tüm mevsimlerde CI değerlerinde genel olarak bir azalma eğilimi olduğunu, artış trendlerinin ülkenin güney doğusunda yoğunlaştığını belirlemişlerdir.

Türkiye'de ise günlük yağış değerlerine dayalı yağış konsantrasyonları ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, günlük yağış ölçümlerine dayalı yağış konsantrasyon indeksinin Büyük Menderes Havzası'ndaki zamansal ve konumsal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Alanı

Büyük Menderes Havzası, Türkiye'nin güneybatı kısmında 37° 12'-38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15'-30° 15' batı boylamları arasında yer alır (Şekil 1). Havza, toplam 24,976 km²'lik drenaj alanına sahiptir ve yıllık debisi 3 km³ 'tür; bu değer Türkiye'nin su potansiyelinin % 1.6'sına tekabül eder (Apak ve Ubay 2007). Büyük Menderes Havzası'nın kuzeyi kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen karasal iklim özelliği; güneyi ve batısı kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklim özelliği göstermektedir (Akçay 2007).

Veriler

Bu çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 7 gözlem istasyonunda kaydedilen günlük yağış verileri kullanılmıştır. İstasyonların coğrafi konumları ile verilerin kayıt aralıkları Çizelge 1'de, havza içindeki lokasyonları Şekil 1'de verilmiştir. Veriler, üç istasyonda (Aydın, Denizli ve Uşak) 1960-2011; iki istasyonda (Nazilli ve Sultanhisar) 1972-2011; diğer istasyonlarda ise, 1964-2011 (Güney) ve 1968-2011 (Yatağan) arasındaki döneme aittir.

Yöntem

Bu çalışmada kullanılan günlük yağış konsantrasyon indeksi (CI), en yüksek yağışlı günlerin

toplam yağışa olan katkısını değerlendirmek amacıyla önerilmiştir. Belirli bir yerde ve dönem içinde, düşük yağışlı günlerin meydana gelme olasılığı yüksek yağışlı günlerin meydana gelme olasılığından fazladır. Yağış konsantrasyon indeksinin hesaplama yöntemi aşağıda verilmiştir (Shi ve ark. 2013):

(i) Uygun bir yağış sınıf aralığı belirlenir (bu çalışmada 1 mm sınıf aralığı kullanılmıştır).

(ii) Her bir aralığa denk gelen yağışlı gün sayısı hesaplanır ve ilgili yağış miktarı hesaplanır.

(iii) Bir önceki adımda saptanan değerlerin kümülatif toplamı hesaplanır.

(iv) Bir önceki adımda elde edilen sonuçlara dayanarak, yağışlı günlerin ve ilgili yağış miktarının kümülatif yüzdesi (sırasıyla, X ve Y) hesaplanır. X ve Y arasında eksponensiyel bir ilişki söz konusudur:

$$Y = aX \exp(bX) \quad (1)$$

Burada, a ve b en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilen katsayılardır. Bu katsayılar hesaplandıktan sonra, normalleştirilmiş günlük yağış konsantrasyon indeksi (CI) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CI = \frac{A}{5000} \quad (2)$$

Burada, A, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$A = 5000 - \int_0^{100} ax \exp(bx) dx \quad (3)$$

Her bir istasyonda her yıl için hesaplanan CI değerlerinden oluşan CI serileri ile diğer serilerinin eğilimleri %95 güven düzeyi dikkate alınarak Mann-Kendall testi, eğilimlerin büyüklükleri (eğimleri) ise Sen'in eğim testi kullanılarak saptanmıştır (Patal ve Kahya, 2006). Bu testler, MAKESENS Excel programı kullanılarak uygulanmıştır (Salmi ve ark., 2002). İstatistiksel olarak önemli seri korelasyon ve yüksek varyasyon katsayısı içeren serilere TFPW (Trend-Free Prewhitening) süreci uygulanmıştır (Yue ve ark. 2002).

BULGULAR

Konumsal değişim

Havzada yer alan 7 istasyon için, her bir istasyonun veri aralığındaki tüm veriler kullanılarak, Eşitlik (1)'de verilen eksponensiyel eğri ve eşitlikteki "a" ve "b" katsayıları ile Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) yardımıyla CI indisleri hesaplanmıştır. Hesaplanan CI değerleri ile "a" ve "b" katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 2'de gözlenen ve hesaplanan kümülatif yağış yüzdeleri, her bir istasyon için ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekil 2'den, tüm istasyonlarda gözlem ve hesap yoluyla elde edilen eğrilerin çok uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca, gözlenen ve hesaplanan kümülatif yağış yüzdeleri arasındaki,

determinasyon katsayıları (R²), tüm istasyonlarda 0.992'den büyüktür (Çizelge 2). Bu sonuçlar, Eşitlik (1)'in yağış değişkenliğinin tahmininde etkin olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

CI değerlerinin, genel olarak, kuzeyden güneye doğru arttığı, en düşük değer 0.581 ile Uşak'da, en yüksek değer ise 0.635 ile Yatağan'da gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 2, Şekil 3). Havzadaki diğer istasyonlarda CI değerleri 0.591 ile 0.612 arasında değişmiştir. Ayrıca, CI değerlerinin havzanın merkezine ve güneyine doğru bir artış gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlar, istasyonlar birbirleri ile karşılaştırıldığında, günlük yağışların yıl içerisinde Uşak'da en düzenli, Yatağan'da en düzensiz dağılım içerisinde olduğunu göstermektedir.

Yağışlı günlerin en yüksek kuartilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdeleri (P25), Çizelge 2'de, havza içindeki konumsal dağılımı da Şekil 4'de verilmiştir. P25 değerleri, %67.8 (Uşak'daki en düşük CI değerine karşılık) ile %73.2 (Yatağan'daki en yüksek CI değerine karşılık) arasında değişmiştir. P25'in en yüksek değeri ile en düşük değeri arasındaki fark (%5.4) nispeten azdır. Bu sonuç, yağışın en konsantre olduğu yer ile en düzgün dağıldığı yer arasında farklılığın oldukça az olduğunu göstermektedir.

CI değerlerinin konumsal dağılımına benzer şekilde, P25 değerleri de havzanın merkezine ve güneyine doğru bir artış eğilimi göstermektedir. Dolayısıyla, havzanın güney kısmında yer alan Yatağan ve çevresinin, sel riskine karşı havzanın diğer kısımlarına nazaran nispeten daha açık olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çalışma alanındaki istasyonların gözlem süreleri içindeki yıllık ortalama yağışlı gün sayıları (N) Çizelge 2'de verilmiş, havzadaki konumsal dağılımları Şekil 5'de gösterilmiştir. N değerleri 76 gün (Sultanhisar) ile 97 gün (Uşak) arasında değişmiştir. En yüksek değerler havzanın kuzeyinde ve güneyinde gerçekleşmiştir. En düşük değerler Aydın-Sultanhisar-Nazilli hattında (sırasıyla, 78, 76 ve 78 gün) saptanmıştır. Yağışlı gün sayısında güneye ve doğuya doğru bir artış eğilimi göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan veri aralığında yıllık ortalama yağışlar (P) incelendiğinde, en düşük yağış 547.6 mm ile Uşak'da, en yüksek yağış 651.5 mm ile Yatağan'da saptanmıştır. Şekil 6'de verilen yıllık ortalama yağışların konumsal dağılımı incelendiğinde, batıdan doğuya (kıyıda iç kesimlere) doğru bir azalma eğilimi görülmektedir.

Zamansal değişim

Çalışmada her bir istasyonda her yıla ait yağış konsantrasyon indeksi (CI), yağışlı günlerin en yüksek kuartilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdesi (P25), yağışlı gün sayısı (N) ve toplam yağış (P) değerleri hesaplanmış ve her istasyon için CI, P25, N ve P serileri elde edilmiştir. Her bir istasyondaki CI, P25, N ve P serilerindeki Mann-Kendall yöntemi

kullanılarak saptanmış eğilimlerin Z değerleri ile bu eğilimlerin Sen'in eğitim yöntemi kullanılarak saptanmış eğimleri Çizelge 3'de verilmiştir. Bu seriler içerisinde, Aydın istasyonunda N, Denizli istasyonunun CI ve P25, Güney istasyonunda P, Nazilli istasyonunda N ve Yatağan istasyonunda P25 ve N serilerine TFPW süreci uygulanmıştır.

Çizelge 3 incelendiğinde, CI ve P25 serilerinde Aydın, Denizli, Güney, Sultanhisar ve Uşak istasyonlarında artan yönde, Nazilli ile Yatağan istasyonlarında azalan yönde eğilimler tespit edilmiştir. Fakat, eğilimlerin hiç biri %95 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Eğilimlerin yönlerinin konumsal dağılımları (Şekil 7 ve Şekil 8) incelendiğinde havzanın doğu ve kuzey doğu kısımlarında %95 düzeyinde istatistiksel olarak önemsiz artış eğilimleri göze çarpmaktadır. Diğer kısımlarda ise belirli bir desen göze çarpmamaktadır.

N serileri ise Güney ve Sultanhisar'da artan, diğer istasyonlarda azalan eğilim göstermiş olup sadece Aydın istasyonundaki azalan yöndeki eğilim %95 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Eğilimlerin yönlerinin konumsal dağılımları (Şekil 9) eğilim yönlerinde belirli bir konumsal desen veya kümelenme göstermemektedir.

Yıllık ortalama yağış serileri (P), Aydın, Nazilli ve Sultanhisar'da istatistiksel olarak önemsiz artış; Denizli, Uşak ve Yatağan'da istatistiksel olarak önemsiz azalış göstermiştir. Sadece, Güney istasyonu P serisi istatistiksel olarak önemli bir azalış göstermiştir. Eğilimlerin yönlerinin konumsal dağılımları (Şekil 10), istatistiksel önemleri dikkate alınmadan, havzanın doğu, kuzey doğu ve güney kısımlarında azalma; batı kısımlarında artış şeklinde bir kümelenme ortaya koymaktadır. Havza geneli için yıllık toplam yağışlarda istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı söylenebilir.

CI, yağış düzensizliğini ölçen bir indekstir. Yüksek bir CI değeri, daha heterojen yağış dağılımını ifade eder (Shi ve ark. 2013) ve heterojen (dengesiz) bir yağış dağılımı da aşırı yağışlı ve kurak dönemlere yol açar (Coscarelli ve Caloiero 2012). Her bir istasyonun CI ve P25 zaman serileri Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmiş olup bu şekillerden yıl-yıl değişimler ile uzun dönemli ortalamadan sapmalar izlenebilmektedir. P25 değerleri CI değerlerine bağlı olarak hesaplandığından, yıldan yıla değişimler ile uzun dönemli monotonik değişimler birebir örtüşmektedir.

CI'nin Yatağan dışındaki istasyonlarda, belirli dönemlerde düşük, belirli dönemlerde yüksek değerlere ulaşmasına rağmen uzun dönemli ortalama etrafında salınım gösterdiği görülmektedir. En yüksek CI değerleri, Aydın'da 2003, 2004 ve 2005, Denizli'de 1997, Güney'de 2000, Nazilli'de 1989, Sultanhisar'da 1989, 2003 ve 2004, Uşak'da 1964, Yatağan'da 1984 yıllarında meydana gelmiştir. Başka bir ifadeyle, günlük yağışların yıl içinde en düzensiz dağıldığı; sel ve kuraklık hadiselerinin en sık meydana geldiği

yıllardır. En düşük CI değerleri ise Aydın'da 1988, Denizli'de 1988, 2007, 2008 ve 2009, Güney'de 1988, Nazilli'de 2008, Sultanhisar'da 1979, Uşak'da 1978 ve Yatağan'da 1969 yılında gerçekleşmiştir. Bu yıllarda, günlük yağışlar yıl içinde görece daha düzenli bir dağılım göstermiştir.

CI değerlerinin Yatağan'daki zamansal gidişi diğer istasyonlardan farklılık göstermektedir. 1969 ile 1984 arasında CI değerlerinde çok önemli bir artış eğilimi meydana gelmiştir. CI değeri 0.53 değerinden 0.73 değerine çıkmıştır. 1985 sonrasında, yıldan yıla önemli sapmalar ve ortalamaya göre çok yüksek ve çok düşük CI değerleri meydana gelmesine rağmen, görece yatay bir seyir takip etmiştir.

İstasyonların yağışlı gün sayıları (N) zaman serileri Şekil 13'de verilmiştir. Aydın'da N değerleri iki farklı yıllık değişim göstermektedir. 1985 öncesinde uzun dönemli ortalamanın üzerinde, 1985 ve sonrasında ise uzun dönemli ortalamanın altında yağışlı gün gerçekleşmiştir. Denizli'de 1971 yılı ve öncesinde bir yıl içinde yağışlı gün sayısı genel olarak ortalamanın üzerindedir. Yatağan'da 1975'den 1984'e kadar olan dönemde yıllık yağışlı gün sayılarında hızlı bir artış gözlenmiştir. 1985 sonrasında ise uzun dönemli ortalamanın altında yıllık yağışlı gün sayısı söz konusudur. Diğer istasyonlarda ise, genel olarak, N değerlerinin uzun dönemli ortalamalar etrafında dalgalandığı; 1989-1993 arasındaki kurak dönemde genel olarak düşük N değerlerinin gerçekleştiği görülmektedir.

Yıllık toplam yağış (P) değerlerine ait zaman serileri Şekil 14'de verilmiştir. Şekil 14 incelendiğinde, Güney dışındaki istasyonlarda P değerlerinin uzun dönemli ortalama etrafında bir salınım sergiledikleri, 1989 ile 1993 yılları arasındaki kurak dönemin Aydın, Denizli, Nazilli, Sultanhisar ve Yatağan'da oldukça belirgin olduğu göze çarpmaktadır. Güney istasyonunun 1965 ile 1969 arasında, uzun dönemli ortalamadan oldukça yüksek yıllık yağış değerleri ile diğer istasyonlardan farklılık göstermektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Sanayi devrimi ile birlikte atmosferdeki konsantrasyonu artan sera gazlarının neden olduğu küresel ısınmanın, 1906 ile 2005 arasında, küresel ortalama sıcaklıkta 0.74 °C'lik bir artışa yol açtığı ortaya konmuştur (IPCC 2007). Bunun yanında, sıcaklık artışının atmosferin nem tutma kapasitesinde artışa ve, dolayısıyla, hidrolojik döngünün hızlanmasına ve toplam ve ekstrem yağışlarda değişikliğe neden olması beklenmektedir. 1901-2005 arasında, yıllık toplam yağışların Kuzey ve Güney Amerika'da, Avrasya kıtasında ve Avustralya'da arttığı; Afrika'nın Batısında, Sahel'de, Güney Amerika'nın batı kıyılarında ve Akdeniz havzasında ise azaldığı gözlemlenmiştir (Homer ve ark. 2010). Bunun yanında, toplam yağış değerlerindeki

değişimlere ek olarak, sel ve kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının şiddetinde ve frekansında değişimler gözlemlenmiştir. Dünyanın pek çok bölgesinde, yağışlı gün sayılarında önemli bir azalma ve yağış şiddetinde önemli bir artma meydana geldiği saptanmıştır (Zhang ve ark. 2009).

Yağış miktarında ve şiddetinde meydana gelebilecek artış toprakların erozyona daha duyarlı hale gelmesine ve şev stabilitesinin bozulmasına yol açabilecektir. Sel ve erozyon olaylarının daha sık ve daha şiddetli meydana gelmesi, daha fazla ekonomik zarara ve can kaybına neden olabilecektir. Bu nedenle, sel risklerinin tahmini, hidrolik yapıların tasarımı ile erozyon ve toprak kayması çalışmaları için, günlük yağış değerlerine dayanarak, iklim değişikliği bağlamında yağış oranlarının istatistiksel yapısının incelenmesi büyük önem arz etmektedir (Wang ve ark. 2013, Coscarelli ve Caloiero 2012).

İklim değişikliği bağlamında ekstrem yağış hadiselerinin zamansal ve konumsal değişimlerini değerlendirmek üzere, yağış serilerinin frekans analizi, yağış homojenlik indisi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak geliştirilen yağış konsantrasyon indeksi (CI) en yağışlı günlerin toplam yağış içindeki katkısını değerlendirir. Yüksek bir CI değeri, daha heterojen yağış dağılımını ifade ederken, düşük bir CI değeri günlük yağışın yıl içinde daha düzenli dağıldığını gösterir (Shi ve ark. 2013). Bir yıl içinde düşen yağışın daha kısa bir zaman içinde meydana gelmesi (yani, yüksek CI değeri) heterojen (dengesiz) bir yağış dağılımını ifade eder ve sele ve kuraklığa yol açma potansiyeline sahiptir (Coscarelli ve Caloiero 2012).

Küresel ısınmaya bağlı olarak CI değerlerinin zamansal eğilimleri dünya üzerinde bölgesel ve yerel ölçekte incelenmiş ve farklı bölgelerde farklı eğilimler saptanmıştır. Coscarelli ve Caloiero (2012) Güney İtalya'nın Calabria bölgesindeki çoğu yağış istasyonunda önemli bir zamansal eğilim olmadığını belirlemişlerdir. Cortesi ve ark. (2012) 1971-2010 yılları arasında kapsayan dönem için Avrupa üzerinde yayılmış 530 istasyonda gerek mevsimsel gerekse de yıllık ölçekte çoğunlukla istatistiksel olarak önemsiz eğilimler belirlemişlerdir. Shi ve ark. (2013), Çin'in Lancang Havzası'nda, havzanın orta ve üst kısımlarında önemli azalma eğilimleri saptamıştır. Li ve ark. (2011), Çin'in Xinjiang bölgesinin çoğunda önemli bir zamansal eğilim olmadığını saptamıştır. Vyshkvarkova ve Voskresenskaya (2014), Ukrayna'da 1951-2005 arasında, yıllık ölçekte ve tüm mevsimlerde genel olarak bir azalma eğilimi olduğunu, artış eğilimlerinin ülkenin güney doğusunda yoğunlaştığını belirlemişlerdir.

Küresel ısınmanın etkisiyle, iklim kuşaklarının ekvatoradan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabileceği ve bunun sonucunda Türkiye'nin, bugün Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da hâkim olan sıcak ve kurak iklim kuşağının etkisine girebileceği belirtilmektedir (Türkeş 1998). Ayrıca, Türkiye'nin

farklı bölgelerinin iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkileneceği tahmin edilmektedir. Örneğin, Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinin daha fazla etkilenmesi beklenmektedir (Türkeş 1998). Dolayısıyla, Ege Bölgesinde yer alan Büyük Menderes Havzası iklim değişikliğinden ülkemizin en önemli derece etkilenecek yörelerinden birisidir. Macana (2014), Büyük Menderes Havzası'nda 1970'li yılların başından 2011 yılına kadar olan dönem içerisinde yıllık ortalama sıcaklıklarda istatistiksel olarak önemli artış eğilimleri saptamıştır. Bu periyot içerisinde havzanın yıllık ortalama sıcaklığında 1.1°C'lik bir artış meydana gelmiştir. Macana (2014) tarafından saptanan istatistiksel olarak önemli sıcaklık artışına rağmen, bu araştırmanın sonucunda gerek günlük yağış konsantrasyonunda (CI) gerekse yıllık toplam yağışta (P) araştırılan dönem içerisinde havza geneli için istatistiksel olarak önemli bir değişim saptanmamıştır. Ayrıca, yağışlı günlerin en yüksek kuartilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdesi (P25) ile yağışlı gün sayısı (N) serilerinde de havza genelinde istatistiksel olarak önemli bir değişim saptanmamıştır. Havzada aynı dönem içerisinde gözlenen yıllık ortalama sıcaklıklardaki önemli artışa rağmen gerek CI ve P gerekse de N ve P25 değerlerinde, havza geneli için önemli bir değişim saptanmaması ilgi çekicidir. Çünkü bu sonuç beklenenle uyuşmamaktadır. Macana (2014), genellikle, yaz aylarında önemli artan eğilimler saptamış olmasına rağmen, kış aylarında çoğunlukla önemsiz değişimler olduğunu belirlemiştir. Havzaya düşen yıllık toplam yağışın büyük çoğunluğunun, sıcaklık değişiminin çoğunlukla önemsiz olduğu kış aylarında meydana gelmesi bu farklılığı açıklamaktadır. Esas sıcaklık artışı yaz aylarında meydana gelmesine rağmen, yaz ayları yağışın en az düştüğü, dolayısıyla CI, P25, N ve P serilerinde etkisi en az olan dönemdir.

CI, P25, N ve P değerlerinin havza içinde konumsal değişimleri incelendiğinde, CI ve P25 için havzanın merkezine ve güneyine doğru bir artış eğilimi, N için güneye ve doğuya doğru bir artış eğilimi ve P için ise batıdan doğuya doğru bir azalma eğilimi göze çarpmaktadır. Bu sonuçlar, havzanın güney kısmında yer alan Yatağan ve çevresinin, sel riskine karşı havzanın diğer kısımlarına nazaran nispeten daha açık olduğu ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. İstasyonların coğrafi konumları ve veri aralıkları.

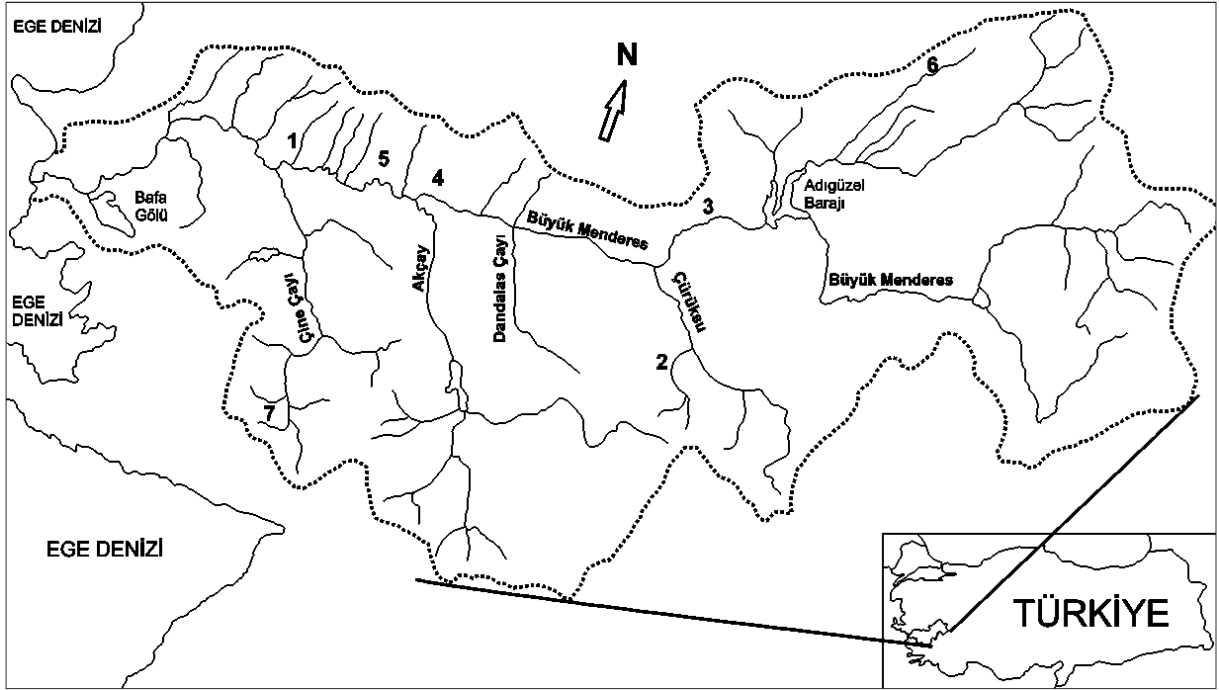
No	İstasyon Adı	Veri Aralığı	Enlem (°N)	Boylam (°E)	Yükselti (m)
1	Aydın	1960-2013	37.8402	27.8379	56
2	Denizli	1960-2013	37.7620	29.0921	425
3	Güney	1964-2011	38.1515	29.0587	825
4	Nazilli	1972-2011	37.9135	28.3437	84
5	Sultanhisar	1972-2011	37.8843	28.1504	73
6	Uşak	1960-2013	38.6712	29.4040	919
7	Yatağan	1968-2011	37.3395	28.1369	365

Çizelge 2. Eşitlik (1)'de gösterilen a ve b katsayıları, gözlenen ve hesaplanan kümülatif yağış yüzdeleri arasındaki determinasyon katsayıları (R²), günlük yağış konsantrasyon indeksi (CI), Yağışlı günlerin en yüksek kuartilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdesi (P25), yıllık ortalama yağışlı gün sayısı (N), yıllık ortalama yağış (P).

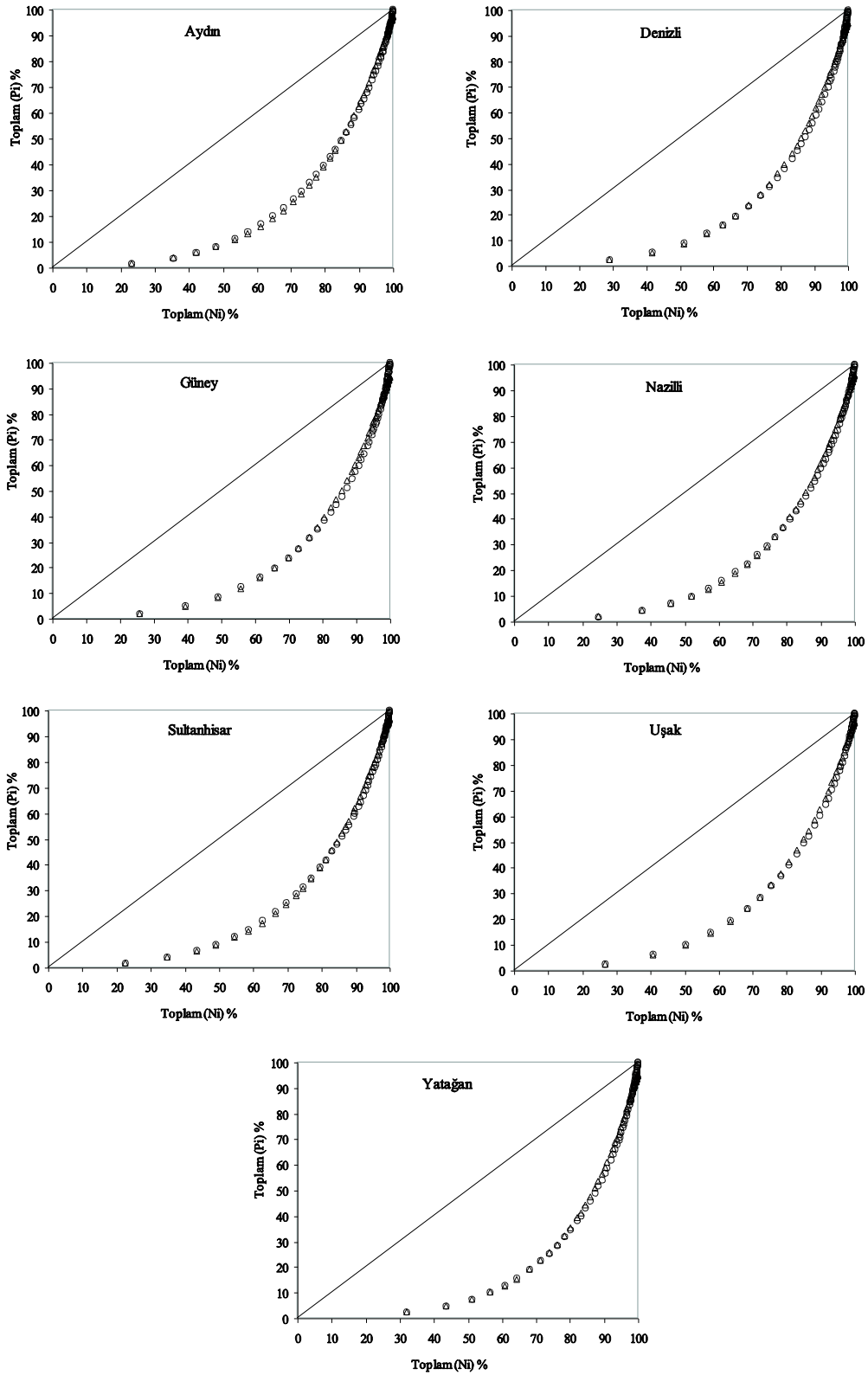
İstasyon Adı	a	b	R ²	CI	P25 (%)	N (gün)	P (mm)
Aydın	0.0318	0.0342	0.998	0.591	68.9	78	631.9
Denizli	0.0268	0.0357	0.994	0.612	70.7	90	567.2
Güney	0.0317	0.0340	0.993	0.602	69.7	85	554.0
Nazilli	0.0298	0.0347	0.996	0.602	69.8	78	577.9
Sultanhisar	0.0328	0.0338	0.997	0.591	68.9	76	600.1
Uşak	0.0377	0.0324	0.997	0.581	67.8	97	547.6
Yatağan	0.0190	0.0391	0.996	0.635	73.2	93	651.5

Çizelge 3. CI, P25, N ve P serilerinin eğilimlerinin Z değerleri ile eğim değerleri (%95 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

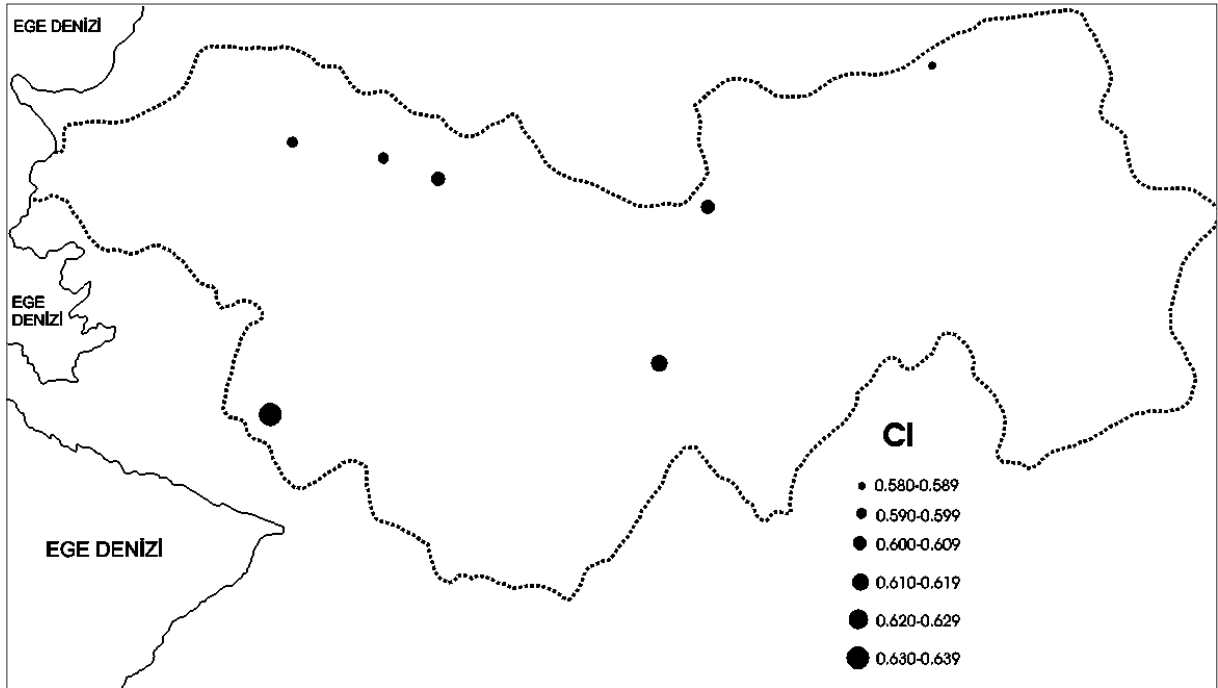
İstasyon Adı	CI		P25		N		P	
	Z değeri	Eğim (yıl ⁻¹)	Z değeri	Eğim (yıl ⁻¹)	Z değeri	Eğim (gün yıl ⁻¹)	Z değeri	Eğim (mm yıl ⁻¹)
Aydın	0.54	0.0002	0.63	0.020	- 2.63	- 0.273	0.22	0.255
Denizli	0.71	0.0006	1.34	0.034	- 1.20	- 0.125	- 0.03	- 0.061
Güney	0.23	0.0001	0.33	0.013	0.25	0.029	- 2.28	- 3.259
Nazilli	- 0.35	- 0.0002	- 0.12	- 0.002	- 0.24	- 0.045	0.57	0.966
Sultanhisar	1.49	0.0008	1.93	0.071	1.81	0.286	0.94	2.154
Uşak	1.51	0.0004	1.68	0.040	- 0.60	- 0.067	- 0.03	- 0.033
Yatağan	- 0.28	- 0.0002	- 0.75	- 0.031	- 1.70	- 0.358	- 0.27	- 0.298



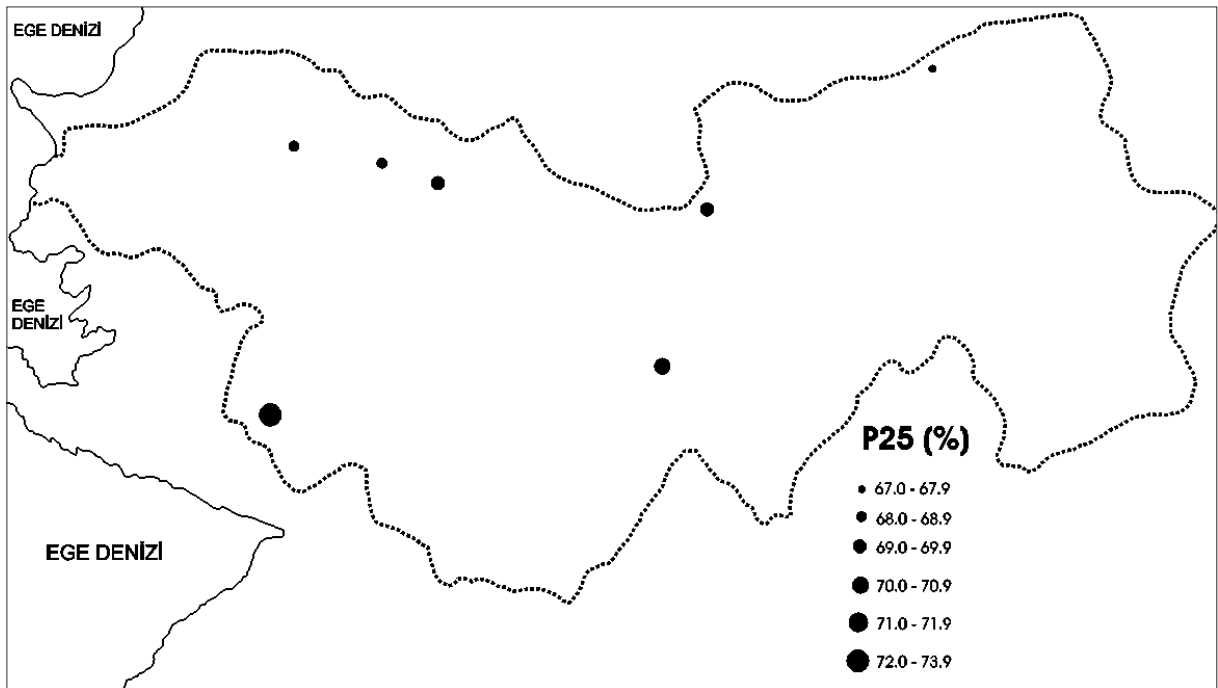
Şekil 1. Büyük Menderes Havzası'nın Türkiye içindeki ve istasyonların havza içindeki konumları.



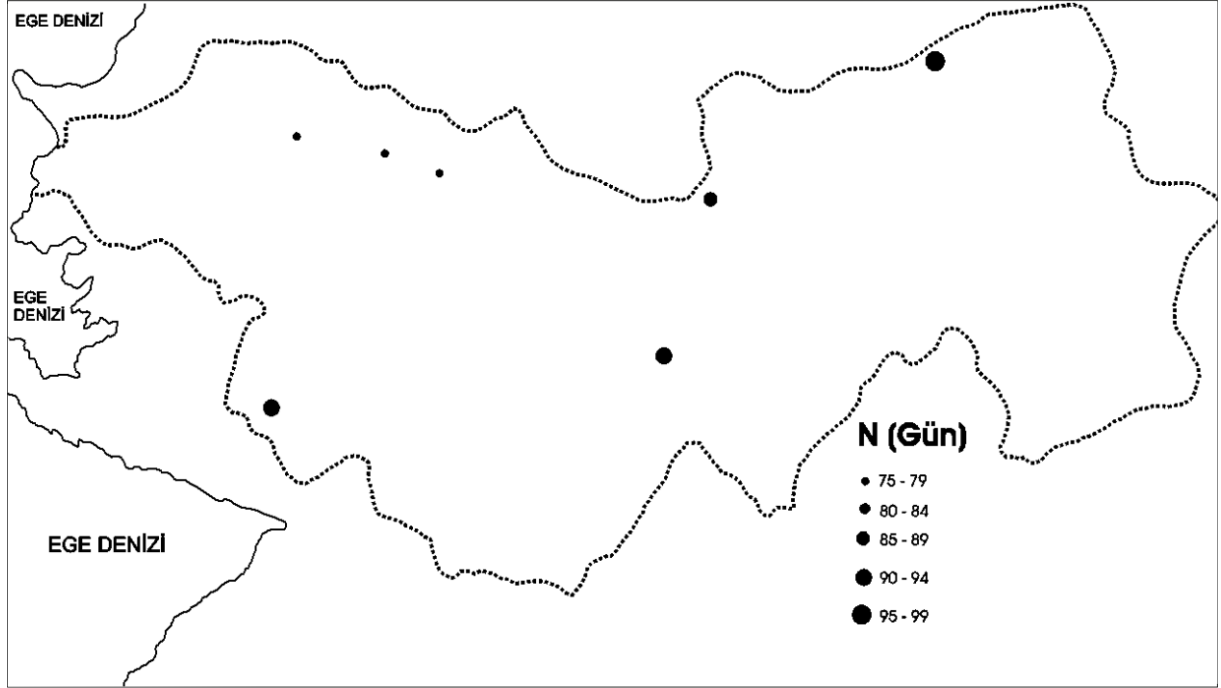
Şekil 2. Gözlenen ve hesaplanan kümülatif yağış yüzdesi eğrileri (Daireler gözlenen, üçgenler hesaplanan değerleri göstermektedir).



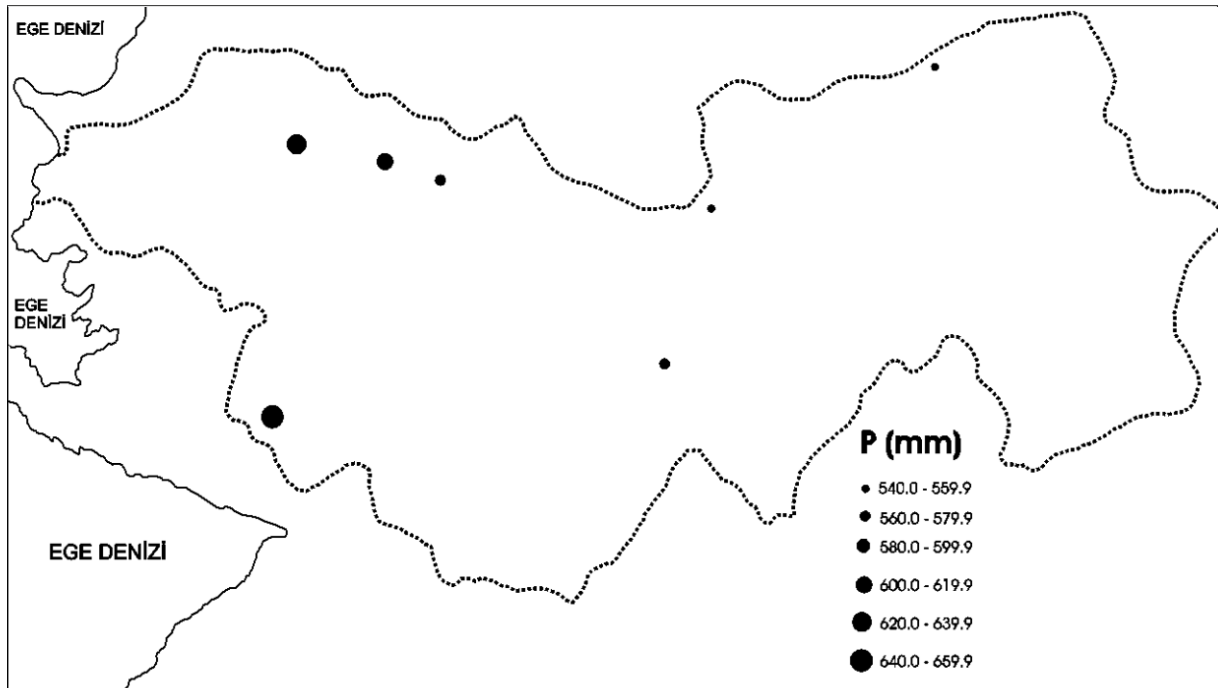
Şekil 3. Günlük yağış konsantrasyon indeksinin (CI) havzadaki konumsal değişimi.



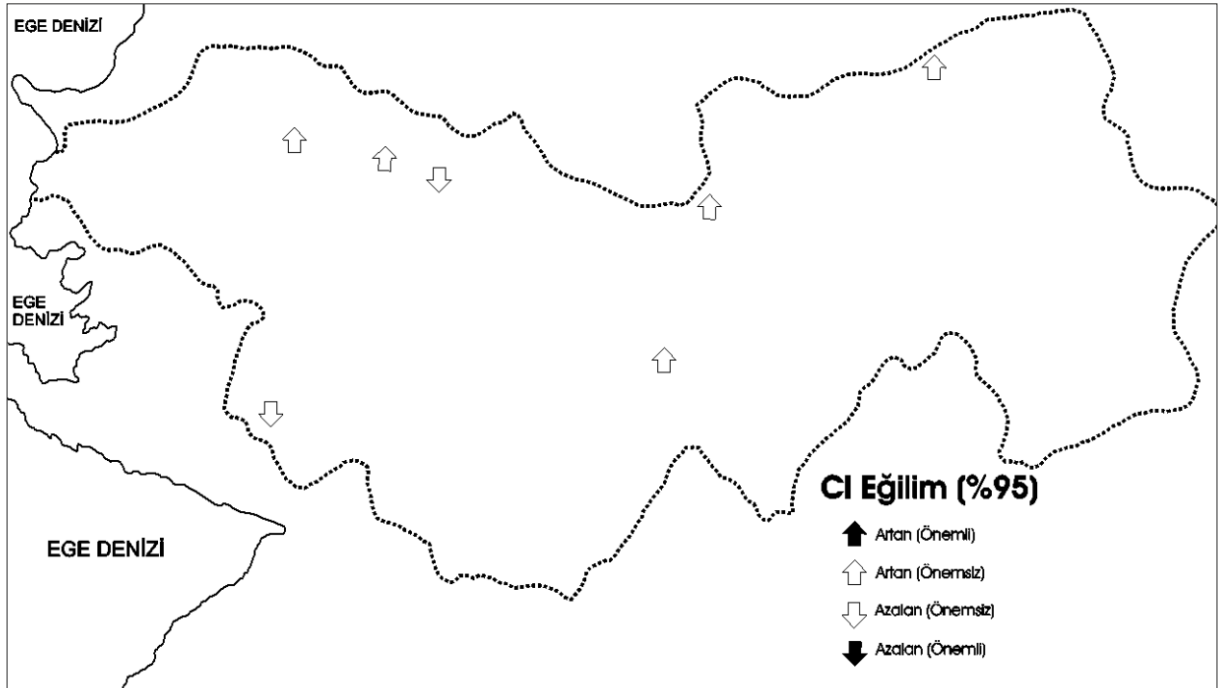
Şekil 4. Yağışlı günlerin en yüksek kuantilinin sağladığı yağışın toplam yağış içindeki yüzdesinin (P25) havzadaki konumsal değişimi.



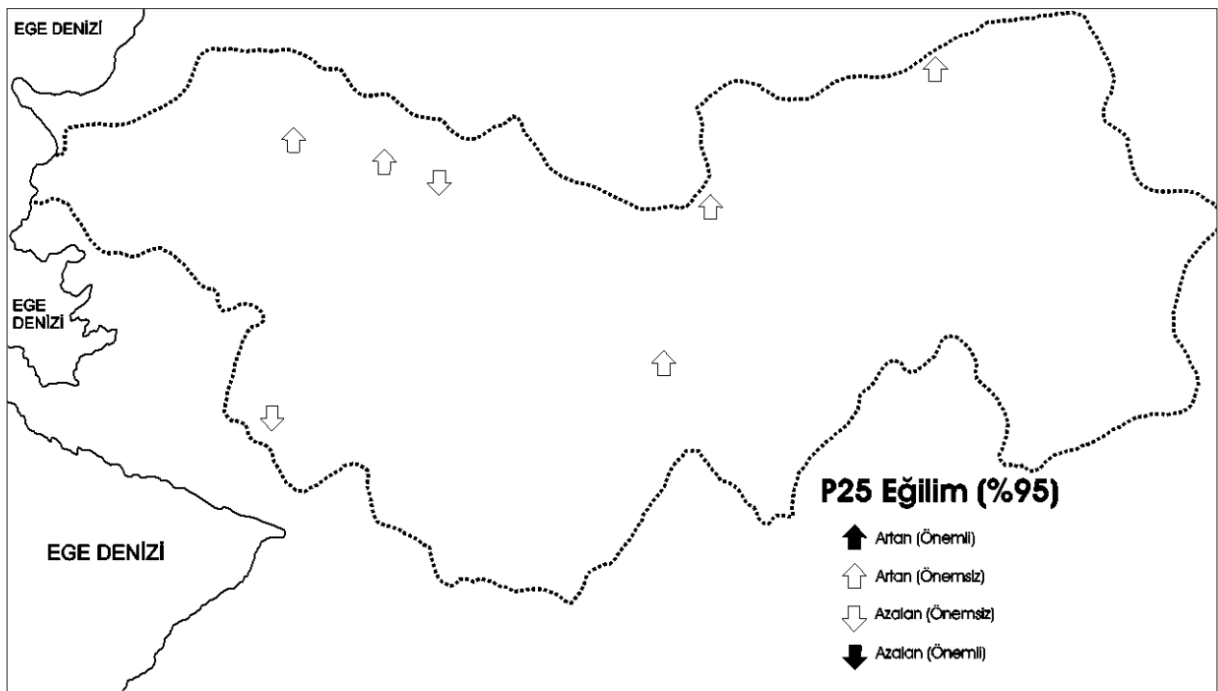
Şekil 5. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısının (N) havzadaki konumsal değişimi.



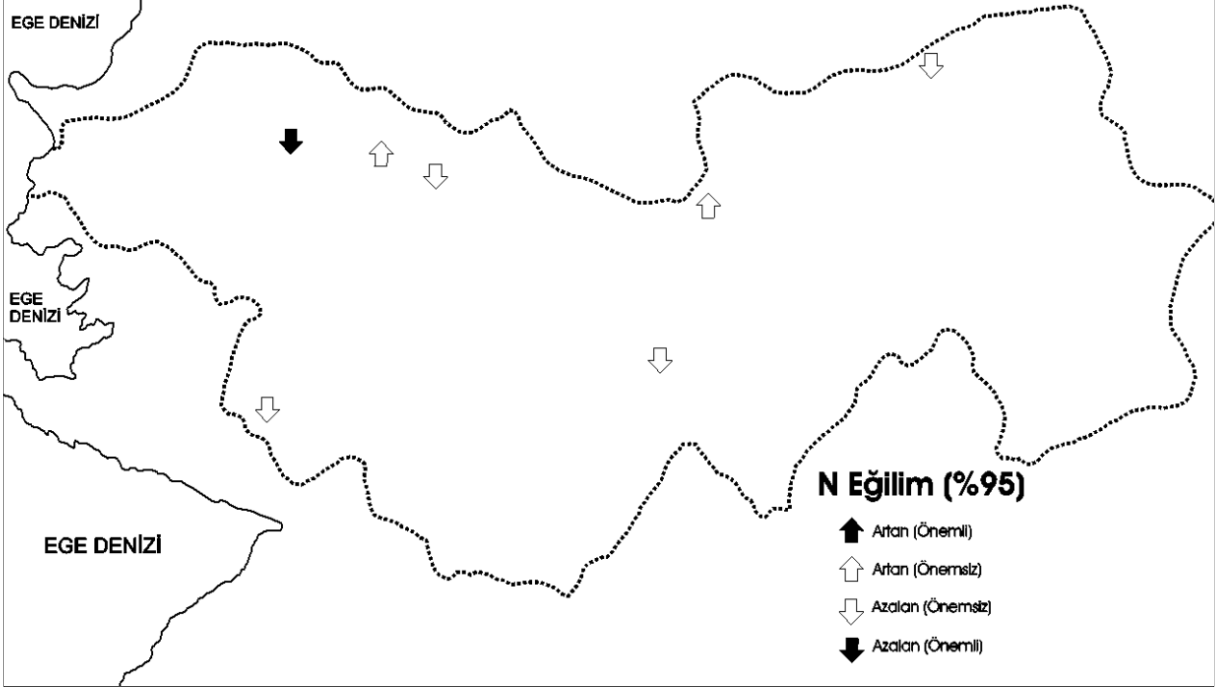
Şekil 6. Yıllık ortalama yağışın (P) havzadaki konumsal değişimi.



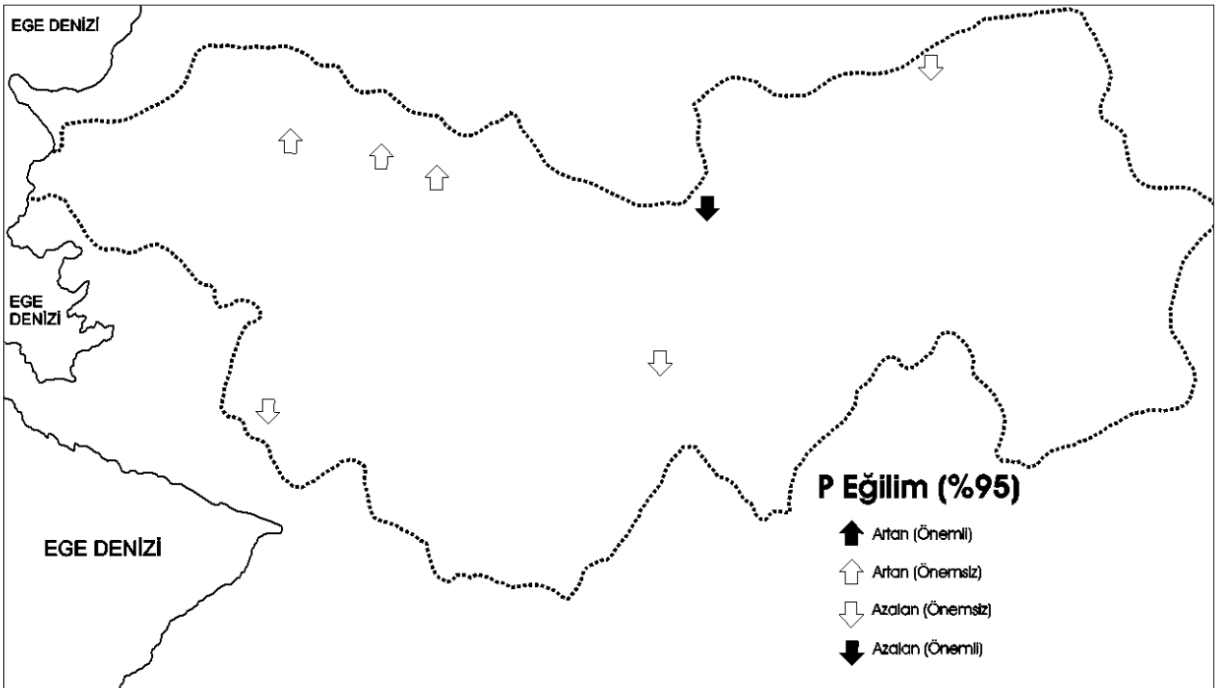
Şekil 7. CI eğilimlerinin yönleri.



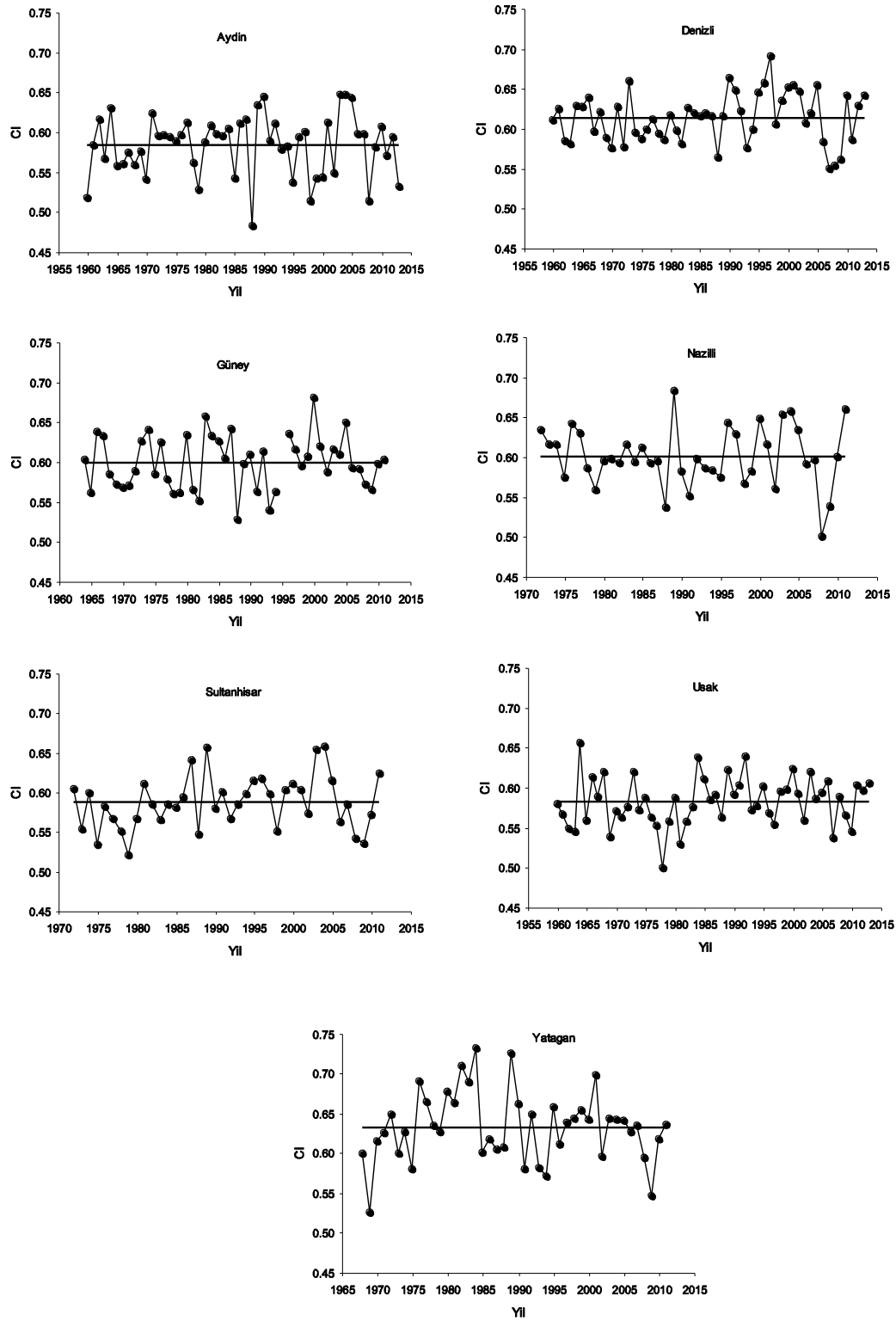
Şekil 8. P25 eğilimlerinin yönleri.



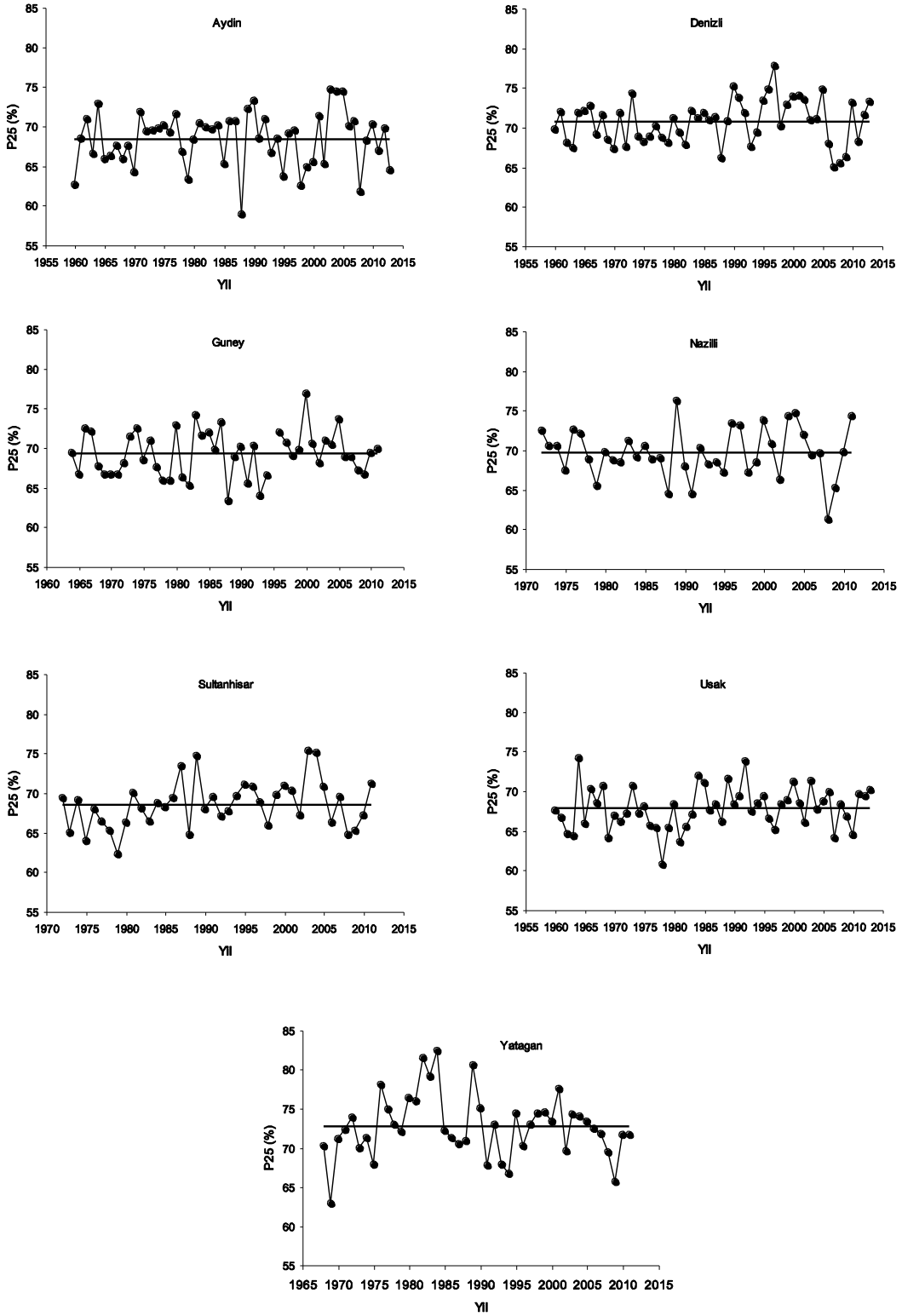
Şekil 9. N eğilimlerinin yönleri.



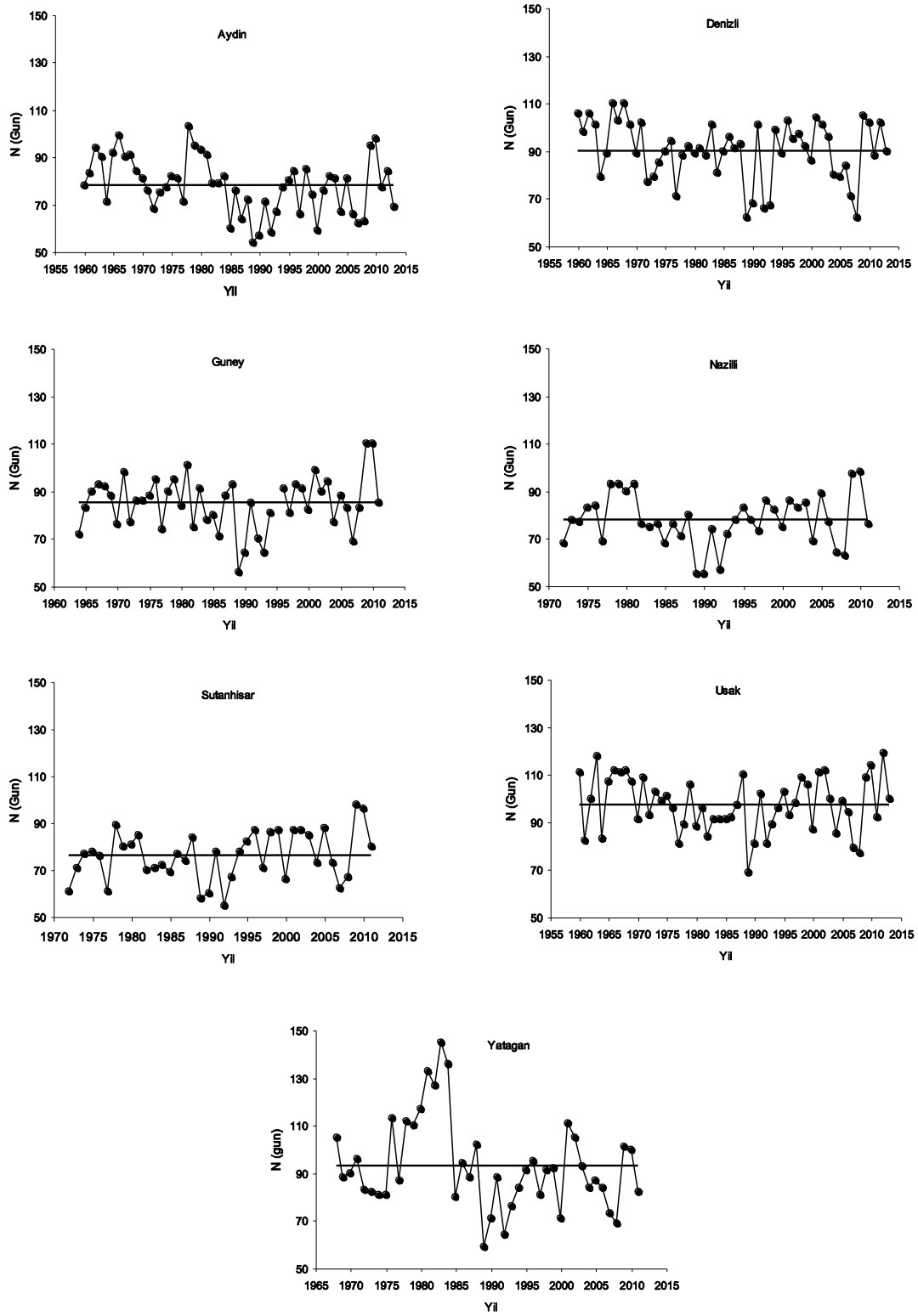
Şekil 10. P eğilimlerinin yönleri.



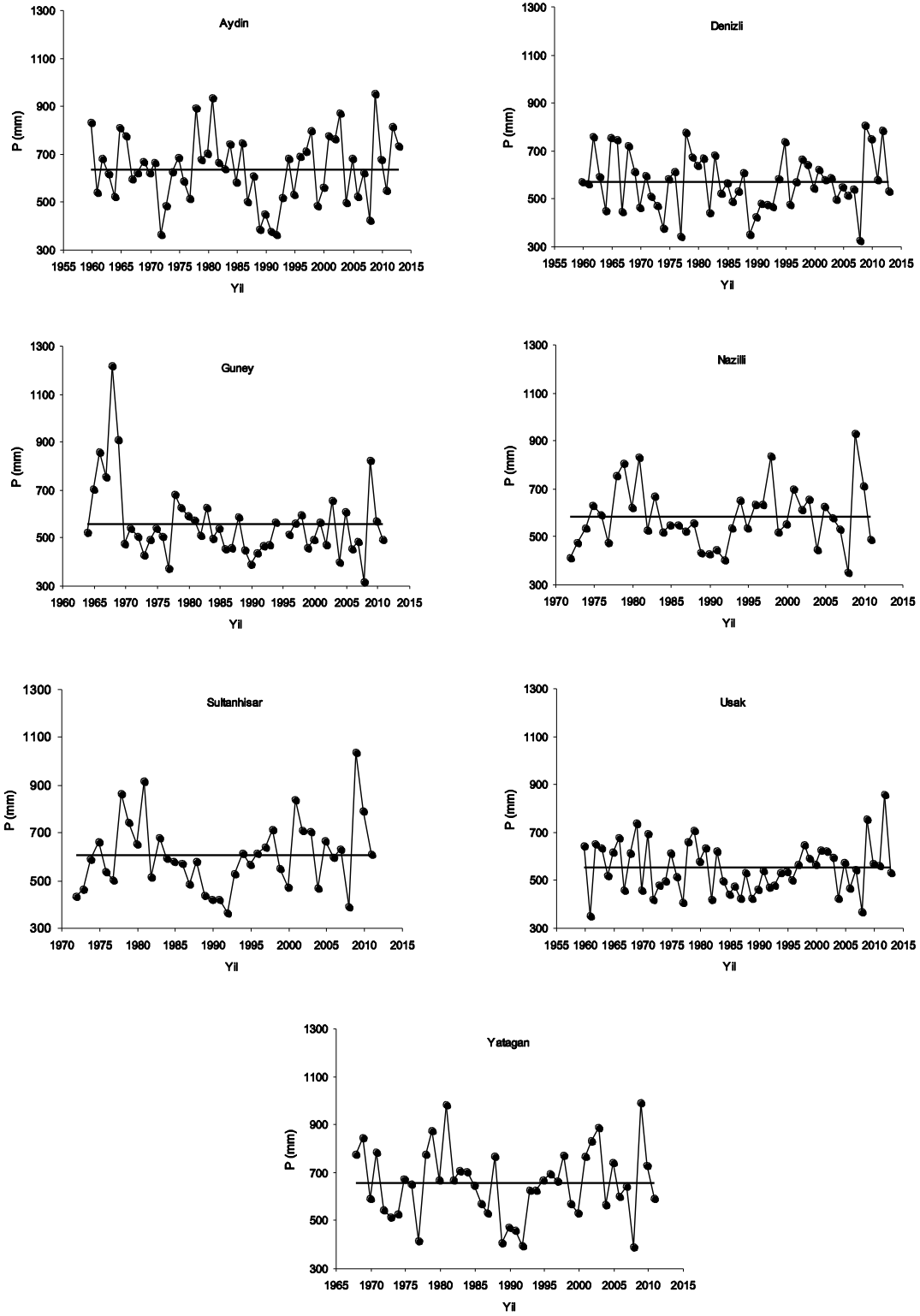
Şekil 11. CI zaman serileri (yatay düz çizgi uzun dönemli ortalamayı göstermektedir.)



Şekil 12. P25 zaman serileri (yatay düz çizgi uzun dönemli ortalamayı göstermektedir.)



Şekil 13. N zaman serileri (yatay düz çizgi uzun dönemli ortalamayı göstermektedir.)



Şekil 14. P zaman serileri (yatay düz çizgi uzun dönemli ortalamayı göstermektedir.)

KAYNAKLAR

- Akçay SM (2007) Aşağı Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinin Devir Sonrası Performanslarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Apak G, Ubay B (2007) Türkiye İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, [http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/bildirim1.pdf], Erişim: 31.03.2015.
- Bayazit M, Önöz B (2007) To prewhitened or not to prewhitened in trend analysis. Hydrological Sciences Journal, 52: 611-624.
- Cortesi N, Gonzales-Hidalgo JC, Brunetti M, Martin-Vide J (2012) Daily precipitation concentration across Europe 1971-2010. Natural Hazards and Earth Systems Sciences 12: 2799-2810
- Coscarelli R, Caloiero T (2012) Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). Journal of Hydrology 416-417: 145-156.
- Homar V, Ramis C, Romero R, Alonso S (2010) Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). Climatic Change 98: 199-211.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers, In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Li X, Jiang F, Li L, Wang G (2011) Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. International Journal of Climatology 31: 1679-1693
- Macana E (2014) Büyük Menderes Havzasında Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklıklarda 1970 Sonrasında Gözlenen Eğilimler. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Martin-Vide J (2004) Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. International Journal of Climatology 24: 959-971.
- Partal T, Kahya E (2006) Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological Processes 20: 2011-2026.
- Salmi T, Määttä A, Anttila P, Ruoho-Airola T, Amnell T (2002) Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates 'the Excel Template Application MAKESENS'. Publications on Air Quality, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Shi W, Yu X, Liao W, Wang Y, Jia B (2013) Spatial and temporal variability of daily precipitation concentration in the Lancang River basin, China. Journal of Hydrology 495: 197-207.
- Tabari H, Talaei PH (2011) Temporal variability of precipitation over Iran: 1966-2005. Journal of Hydrology 396: 313-320.
- Türkeş M (1998) Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey. International Journal of Climatology, 18: 649-680.
- Vyshkvarkova E, Voskresenskaya E (2014) Precipitation inequality over Ukraine. Journal of Scientific Research and Reports 3: 384-396.
- Wang W, Xing W, Yang T, Shao Q, Peng S, Yu Z, Yong B (2013) Characterizing the changing be of precipitation concentration in the Yangtze River Basin, China. Hydrological Processes 27: 3375-3393.
- Yue S, Pilon P, Phinney B, Cavadias G (2002) The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrological Processes 16: 1807-1829.
- Zhang Q, Xu C-Y, Gemmer M, Chen YD, Liu C (2009) Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 23: 377-385.

Sorumlu Yazar

Ercan YEŞİLİRMAK
eyesilirmak@adu.edu.tr

Adnan Menderes Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Bölümü AYDIN

Geliş Tarihi : 01.04.2015
Kabul Tarihi : 02.07.2015