

## Orta Karadeniz Bölgesi Yağış Değişimlerinin İstatistiksel ve Grafikselsel Yaklaşımlarla Analizi

Taner Mustafa CENGİZ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü 59850, Tekirdağ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1752-8875>

\*Sorumlu yazar: tcengiz@nku.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 03.11.2023

Kabul tarihi: 10.06.2024

Online Yayınlanma: 10.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Yıllık toplam yağış

Grafikselsel yaklaşım

Orta Karadeniz bölgesi

Yenilikçi trend değişim kutuları yöntemi

### ÖZ

Hidrolojik değişkenler arasında en önemlilerinden biri yağışlardır. Yağışın değişkenliğinin belirlenmesi, su yapılarının tasarımı, inşası ve işletilmesi, ayrıca tarım açısından büyük önem taşır. Bununla birlikte, kuraklık analizlerinde hidrolojik verilerin, özellikle de yağış değişkenliğinin belirlenmesi gereklidir. Hidrolojik değişkenlerin trend analizleri, geleceğe yönelik çeşitli çalışmalar için önemli bir faktördür. Hidrolojik değişkenlerin zaman serilerinde meydana gelen tarihsel değişikliklerin incelenmesinde birçok istatistiksel teknik kullanılmaktadır. Klasik istatistiksel yöntemler, incelenen zaman serilerine dayanan bir dizi varsayıma dayanmaktadır. Zaman serilerindeki değişiklikleri analiz etmek için kullanılan istatistiksel yöntemlerdeki varsayımları azaltmanın ve istatistiksel yaklaşımların güvenilirliğini artırmanın bir yolu, grafikselsel ve istatistiksel yöntemleri bir arada kullanmaktır. Bu çalışmada, Orta Karadeniz bölgesinde bulunan Samsun, Ordu, Çorum, Amasya ve Tokat istasyonlarının 1960-2015 yılları arasındaki yıllık toplam yağış trend analizi, hem klasik istatistiksel yöntemlerle hem de grafikselsel yöntemlerle yapılmıştır. Bu çalışmada, tarihsel yağış değişikliklerini analiz etmek için klasik istatistiksel Mann-Kendall yöntemi yanında, veri noktalarının aşma ve aşmama sayıları arasındaki farkın rafine edilmiş kümülatif toplamı (CSD) yöntemi ile Şen ve modifiye edilmiş Yenilikçi Şen Trend Değişim Kutuları (ITA-CB) grafik yöntemleri kullanılmıştır. Mann-Kendall yönteminde tespit edilemeyen gizli trendlerin, CSD yöntemi ve ITA-CB grafik yöntemleri ile değişik aralıklarda belirlenebildiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda, grafikselsel ve istatistiksel yöntemler arasında uyumlu bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, grafikselsel trend yöntemleri ile ekstrem yağışların eğilimlerinin daha detaylı bir şekilde incelenebileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, yağışlardaki değişkenliklerin yüksek olduğu durumlarda, bu yeni yöntemlerin farklı trendleri daha hassas bir şekilde belirleyebildiğini göstermektedir.

## Analysis of Precipitation Changes in the Central Black Sea Region with Statistical and Graphical Approaches

### Research Article

#### Article History:

Received: 03.11.2023

Accepted: 10.06.2024

Published online: 10.12.2024

#### Keywords:

Annual total precipitation

Graphical approach

Central black sea region

Innovative trend analyses change

boxes method

### ABSTRACT

One of the most important hydrological variables is precipitation. Knowing the variability of precipitation is very important for the planning, constructing and operation of water structures as well as for agriculture. In addition, it is necessary to determine hydrological data and especially precipitation variability in drought analyses. Trend calculations of hydrological variables are an important factor in various studies about the future. Numerous statistical techniques have been developed and used to analyse historical changes in time series of hydrological variables. Classical statistical methods are based on many assumptions about the time series to be analysed. One way to reduce the assumptions in statistical methods used to analyse changes in time series and to make the results of

statistical approaches more reliable may be to use a combination of graphical and statistical methods. In this study, annual total precipitation trend analyses of Samsun, Ordu, Çorum, Amasya and Tokat stations located in the Central Black Sea region between 1960-2015 were carried out by both classical statistical and graphical methods. For this purpose, the classical statistical Mann-Kendall method as well as the refined cumulative sum of the difference between exceedance and non-exceedance counts of data points, the innovative Sen and Innovative Sen's modified Innovative Trend Change Boxes graphical methods were used to analyze historical rainfall changes. As a result of the study, it was observed that there was a good match between graphical and statistical methods. In addition, it is understood that the orientations of extreme precipitation can be analysed in more detail with graphical trend methods. In this study, it was found that these new methods can identify various trends in precipitation in different groups more precisely, especially when the variability of the data is high.

**To Cite:** Cengiz TM. Orta Karadeniz Bölgesi Yağış Değişimlerinin İstatistiksel ve Grafikselsel Yaklaşımlarla Analizi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(5): 2263-2283.

## 1. Giriş

Yaşadığımız dünyada, iklimlerin doğal süreçlerinin bozulmasına ve değişmesine çeşitli faktörler neden olmaktadır. Bunlar arasında, enerji kullanımının artmasıyla ortaya çıkan sera gazları, aşırı endüstrileşme, orman ve tarım alanlarının tahrip edilmesi gibi insan kaynaklı etkenler bulunmaktadır. Küresel iklim değişikliği, yağış desenlerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır ve bu değişiklikler dünyanın her bölgesinde hissedilmektedir. Son yıllarda birçok bölgede ani ve şiddetli yağışlar görülmektedir. Yağışlardaki bu değişikliklerin hem kurak hem de yağışlı dönemler açısından incelenmesi önemlidir. Son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri, tarım, sanayi ve su kullanımı gibi alanlarda olumsuz etkilere neden olan yağış desenindeki değişikliklere yol açmaktadır. İklimde uzun yıllar boyunca gözlemlenen yavaş değişimler, son yıllarda hızlı bir değişime işaret etmektedir (Karabulut, 2012). Bu durum, tarımsal üretimi olumsuz etkileyecektir. Yağışların azalması ve hava sıcaklığının artmasıyla ortaya çıkan kuraklık, tarımı ve su kaynaklarını olumsuz etkilemekte, bitkilerin büyümesi için gerekli suyun toprakta bulunmamasına neden olmaktadır (Mishra ve Singh, 2010).

Hidrolojik değişkenler arasında önemli bir yere sahip olan yağış ve bu değişkenin doğrudan etkilerini belirlemek, çevresel su miktarı, su kullanımı ve suyun zararlı etkilerinden korunma açısından önemlidir. Yağış, bir ülkenin sürdürülebilir ekonomik kalkınmasını sağlayan su kaynaklarının varlığını değerlendirmek için hayati bir hidrolojik değişkendir (Akınanola ve Ogunjobi, 2017). Son yıllarda sıkça karşılaşılan ani ve şiddetli yağışlar, taşkın afetlerinin sayısını artırmaktadır. Yağışlardaki azalma ise ciddi su kıtlığı ve kuraklık sorunlarına yol açabilir, bu da mahsul veriminin ve gıda güvenliğinin azalmasına neden olabilir (Pendergrass ve ark., 2017). Bu amaçlar doğrultusunda zamanla çeşitli istatistiksel yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerin kullanımında bazı zaman serileri için kısıtlamalar aranırken, diğerlerinde ise neredeyse hiç kısıtlama olmayabilir (Tabari ve ark., 2019). Gelecekteki su kaynakları projelerinin planlanması ve işletilmesi için, geçmiş hidrolojik değişkenlerin gözlemlenen değerleri incelenerek trendlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Başlangıçtaki trend testleri, farklı araştırmacıların ortak çalışmalarına dayanmaktadır (Mann, 1945; Kendall, 1975; Lehmann, 1975; Sen, 1968; Haan, 1977). Daha sonra, Helsel ve Hirsch (2002) ile Sonali

ve Kumar (2013), çeşitli başka trend analizi yöntemlerini önermişlerdir. Bu yöntemler, bir çok araştırmacı tarafından farklı hidrometeorolojik değişkenlere uygulanmıştır (Yue ve ark., 2002; Yue ve ark., 2003; Birsan ve ark., 2005; Chowdhury ve Beecham, 2010; Sayemuzzaman ve Jha, 2014; Caporali ve ark., 2021). Türkiye'de, yağış, akım, sıcaklık, göl su seviyesi gibi değişkenler üzerinde yapılan trend analizi çalışmaları önemli bir yoğunluğa sahiptir (Bayazıt ve ark. 2002; Kahya ve Kalaycı, 2004; Yenilmez ve ark., 2011; Haktanir ve Citakoglu, 2014; Türkeş ve Erlat, 2018; Yagbasan ve ark. 2020; Çıtakoğlu ve Minarecioğlu, 2019; Çeribaşı, 2019; Citakoglu ve Minarecioğlu, 2021; Dabanli ve ark., 2021).

Şen (2012) tarafından önerilen Yenilikçi Şen Yöntemi (ITA), parametrik olmayan (veri serisinin uzunluğuna, verinin dağılımına ve içsel bağımlılığına bağlı olmayan) grafiksel trend tanımlama yöntemidir. Son yıllarda bu yöntem farklı hidrometeorolojik zaman serilerine birçok araştırmacı tarafından uygulanmıştır (Caloiero, 2018; Ali ve ark., 2019; Alifujiang ve ark., 2020; Pour ve ark., 2020; Boudiaf ve ark., 2021; Gul ve Ren, 2022; Talukdar ve ark., 2023; Agbo ve ark., 2023). Türkiye'de, yağış, akım, sıcaklık gibi farklı hidrometeorolojik değişkenler üzerinde yapılan ITA çalışmaları önemli bir yoğunluğa sahiptir (Kisi, 2015; Öztopal ve Şen, 2017; Tokgöz ve Partal, 2020; Çeribasi ve ark., 2021; Mersin ve ark., 2022; Esit, 2023). Klasik trend yöntemleriyle ITA'yı birlikte kullanan pek çok çalışma bulunmaktadır (Saplıoğlu ve ark., 2014; Kisi, 2015; Şen, 2017; Dabral ve Hangshing, 2017; Öztopal ve Şen, 2017; Güçlü, 2020; Şan ve ark., 2021; Gümüş ve ark., 2022; Buyukyildiz, 2023).

Son zamanlarda geliştirilen bir diğer görsel niceliksel trend analizi yöntemi, toplam farkın birikimi (CSD) testidir. CSD, veri noktalarının aşma ve aşmama sayıları arasındaki farka dayanan bir grafiksel-istatistiksel yaklaşımdır (Onyutha, 2020). Bu metodoloji ile, son yıllarda hidrometeorolojik verilerin değişkenliğini araştıran çalışmalar yaygınlaşmıştır (Onyutha, 2021; Mubialiwo ve ark., 2021; Mubialiwo ve ark., 2023). Alashan (2018), ITA yönteminin görsel açıdan daha iyi anlaşılması için ITA-Değişim Kutuları (ITA-CB) yöntemini önerdi. Bu yöntem, farklı bölgelerden sıcaklık, yağış ve akım verilerinin trend olasılıklarının daha iyi yorumlanması ve detaylı bir şekilde sınıflandırılması amacıyla geliştirilmiş olup ITA-CB yönteminin etkinliğini göstermektedir. Son zamanlarda, ITA-CB yöntemi, farklı hidrometeorolojik zaman serilerinin trend analizlerinde başarıyla uygulanmıştır (Cengiz, 2020; Pandey ve ark., 2021; Anık ve ark., 2021).

Bu çalışma, tarihsel zaman serilerini analiz etmek için tek başına kullanılan yöntemler yerine grafiksel ve istatistiksel yaklaşımların bir arada kullanılmasını önermektedir. Ana amaç, yağıştaki değişimleri çeşitli yöntemler kullanarak anlamaya çalışmaktır. Bu yaklaşım, farklı yöntemlerin sonuçlarını birbirleriyle karşılaştırarak doğrulamayı mümkün kılabilir. Özellikle istatistiksel anlamlılık kavramının yanlış anlaşılması olasılığı göz önünde bulundurularak. MK, ITA, CSD ve ITA-CB yöntemleri, Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesinde 1960-2015 yılları arasındaki yağış değişikliklerini incelemek için kullanılmıştır. Bölge, kış aylarında soğuk, kuru ve stabil hava kütlelerinin; yaz aylarında ise sıcak, nemli ve dengesiz hava kütlelerinin etkisi altındadır. Orta Karadeniz'in kıyı bölgesindeki yamaç yağışları, bölge üzerinden geçen hava kütlelerinin nem topladığı zamanlarda oluşur (Deniz ve ark.,

2011). Bölgedeki yağışın karmaşık doğası, çeşitli hava kütleleri ve karmaşık topografya etkileşimleri nedeniyle grafiksel ve istatistiksel yaklaşımların birlikte kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Diğer çalışmalarla kıyaslandığında, bu makalenin ana yeniliği, Orta Karadeniz bölgesinin yağış trendlerini belirlemek için son zamanlarda geliştirilen farklı yaklaşımlara dayanmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Samsun, Ordu, Çorum, Amasya ve Tokat (Şekil 1) şehirlerinin yıllık toplam yağış verileri kullanıldı. Veriler, 1960 ile 2015 yılları arasındaki 55 yıllık dönemi kapsamaktadır. Karadeniz iklimi genel olarak yazları serin, kışları ılıman ve her mevsim yağışlı bir yapıya sahiptir. Bu durumda en büyük etken, dağların kıyıya paralel uzanmasıdır. Orta Karadeniz'in kıyı kesimlerinde bulunan Samsun ve Ordu'nun kıyı bölgeleri, dağların kıydan uzaklaşarak yüksekliklerinin azalması nedeniyle Doğu Karadeniz Bölgesi'nden daha az yağış almaktadır. Samsun ve Ordu illerinde genel olarak ılıman bir iklim görülürken, sahil şeridinde ve iç kesimlerde farklı iklim özellikleri göstermektedir. Karadeniz ikliminin etkisi sahil şeridinde belirgindir; kışları ılık ve bol yağışlı, yazları ise sıcak geçer. İç kesimlere doğru ilerledikçe ise kara iklimi etkisi gözlenir. Orta Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde bulunan Çorum, Amasya ve Tokat illerinde hem Karadeniz hem de Yarı Kurak İç Anadolu iklimi özellikleri gözlenir. Bu bölgelerde kışlar soğuk, yazlar ise ılık ve denize yakın bölgelerde etkisi görülür (Ünal, 2006; Hekimoğlu ve ark., 2007; Gülersoy, 2013; Yılmaz, 2020). Çalışmada kullanılan 5 adet yağış istasyonuna ait istasyon numarası, yıllık toplam yağış verilerinin ortalamaları, standart sapmaları, çarpıklık katsayıları, değişim katsayıları ve basıklık katsayılarının istatistikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Orta Karadeniz bölgesi ve istasyonların yerleri.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan istasyonlarının yıllık toplam yağış istatistikleri.

İst.	İst. no	Ort. (mm)	St.sap. (mm)	Çarp. K.	Değ. k.	Bas. k.
Samsun	17030	706,39	107,50	0,59	0,15	0,79
Ordu	17033	1029,88	126,38	0,29	0,12	0,51
Çorum	17084	443,39	77,40	0,12	0,18	0,20
Amasya	17085	462,42	80,63	0,77	0,17	0,30
Tokat	17086	435,69	67,43	0,21	0,16	-0,48

## 2.2. Mann-Kendall (MK) Testi

Parametrik olmayan bu testte veri değerlerinden daha çok verilerin birbirlerine göre sıralanışı yani büyüklük-küçüklük halleri önemlidir. Zaman serisinde her bir değer kendinden önceki değerlerin farkı alınır. MK testinde, zamana göre sıralanmış  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  verileri  $H_0$  sıfır hipotezine göre “trend yok” yani veriler zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir.  $H_1$  hipotezine göre ise  $(k \neq j)$  ve  $n \geq k, j$  olmak üzere seride  $X_k$  ve  $X_j$  peş peşe veri değerlerinin dağılımı benzer değildir (Mann, 1945; Kendall, 1975), kısaca veri setinde lineer bir trend olduğudur. Burada;  $n$ ; veri sayısı,  $x_i$  ve  $x_j$  ve  $j$  zaman serilerindeki ( $j > i$ ) veri değerleri  $sgn(x_j - x_i)$ ; işaret fonksiyonu olup aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$S = Sgn(X_j - X_k) \quad (1)$$

$$Sgn(X_j - X_k) = \begin{cases} 1; & \text{Eğer}(X_j - X_k) > 0 \\ 0; & \text{Eğer}(X_j - X_k) = 0 \\ -1; & \text{Eğer}(X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$Var(S) = n(n - 1)(2n + 5)/18 \quad (3)$$

Varyans ve  $Z_{MK}$  standart normal değişken değeri aşağıdaki formülle hesaplanarak kritik z değeri ile kıyaslanır;

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} & ; S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

## 2.2. Kümülatif Sıralama Fark Toplamı Trend Testi ve Teşhisi (CSD)

Kümülatif Sıralama Farkı (Cumulative Sum of Difference) trend testi ve teşhisi yardımıyla, veri noktalarının aşılabilir ve aşılma sayıları arasındaki kümülatif fark toplamına dayalı yaklaşım kullanılarak alt seriler için trend analizi yapılabilir (Onyutha, 2016). Geleneksel olarak, trend analizi, MK testinin tüm zaman serisine uygulayarak sıfır hipotezi  $H_0$ 'ın (trend yok) test edilmesini içerir. Bu, verilerdeki gizli kısa süreli artan veya azalan trendler (veya alt trendler) hakkında bilgi eksikliğine yol açar. Alt trendlerden faydalanmak için, hidrolojik zaman serilerindeki trend ve değişkenlik analizleri için CSD geliştirilmiştir (Onyutha ve Kerudong, 2022). Trend analizlerinin CSD'ye dayalı yaklaşımları hem grafiksel tanı hem de

istatistiksel test içermektedir (Onyutha, 2016; Cengiz ve ark., 2020). X, n örneklem büyüklüğü ile seçilmiş verileri temsil ediyorsa ve Y onun kopyasıysa, veri noktalarının aşılma ve aşılmama sayıları açısından dönüştürülmüş bir seri (d) şu şekilde elde edilebilir:

$$d_i = 2 \sum_{j=1}^n sgn_1(y_j - x_i) - \left[ n - \sum_{j=1}^n sgn_2(y_j - x_i) \right] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$sgn_1(y_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } (y_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{eğer } (y_j - x_i) \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$sgn_2(y_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } (y_j - x_i) = 0 \\ 0 & \text{eğer } (y_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Serideki değişikliklerin grafiksel teşhislerini yapmak için, d'nin kümülatif toplamı olan (c<sub>i</sub>), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir. Aşağıdaki eşitlik ve CSD grafiğini elde etmek için gözlem süresine (örneğin yıl) göre çizilir,

$$c_i = \sum_{j=1}^i d_j \quad 1 \leq i \leq n \quad (8)$$

Burada d, yukarıda tanımlandığı gibidir. CSD grafiğinde, c=0 çizgisi, tamamen trendin olmadığı durumu belirten referans olur. Verinin pozitif (negatif) bir trendi varsa, CSD grafiğindeki dağılım noktaları tipik olarak referansın çoğunlukla üstüne (veya altına) düşen bir eğri oluşturacaktır. Veride herhangi bir trend yoksa dağılım noktaları CSD grafiğinde referansı rastgele keser. Trendlerin önemini grafiksel olarak değerlendirmek için, yukarıdaki eşitliğin c değişkenine başka bir q serisi elde etmek için adım adım bir toplam uygulanır.

$$q_k = \sum_{j=1}^k c_j \quad 1 \leq k \leq n \quad (9)$$

Trendin grafiksel teşhisi için q<sub>k</sub>, k veya gözlem zamanına karşı çizilir. Pozitif ve negatif trendler, sırasıyla referansın üstünde ve altında (q<sub>k</sub>=0 çizgisi) dağılım grafiğinin sağ kuyruğu ile gösterilir. Pozitif ve negatif trendler, sırasıyla referansın (q<sub>k</sub>=0 çizgisi) üstünde ve altında dağılım grafiğinin sağ kuyruğu ile gösterilir. Ayrıca, seçilen bir α, % (100-α) Güven aralığı sınırları oluşturulur ve q<sub>k</sub>'ya karşı k grafiğine dahil edilir. Herhangi bir dağılım noktası % (100-α) sınırlarının dışına çıkarsa, H<sub>0</sub> (trend yok) reddedilir, aksi halde H<sub>0</sub> reddedilmez. İstatistiksel olarak, trend istatistiği T<sub>CSD</sub> kullanılarak hesaplanır (Onyutha, 2016; Cengiz ve ark., 2020).

$$T_{CSD} = \frac{6}{(n^3 - n)} i = 1 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^i d_j \quad (10)$$

$$V_a = \frac{1}{n-1} \left( 1 - \frac{10}{17} e^2 - \frac{7}{17} e \right) \quad (11)$$

$v_a$  eşitliğindeki  $e$  verilerdeki ilişkinin bir ölçüsüdür. Ortalaması sıfır varyansı bir olan standart normal dağılımı izleyen standartlaştırılmış trend testi istatistiği  $Z_{CSD}$  şu şekilde hesaplanır (Onyutha, 2016):

$$Z_{CSD} = T_{CSD} \times \left[ V_a \times \left| 1 + \frac{2}{n(n^2-3)} \times \sum_{k=1}^{n-2} (n-k)^3 r_k^\alpha \right| \right]^{-0.5} \quad (12)$$

Son eşitlikteki (12)  $r_k^\alpha$  seçilen  $\alpha$ 'da önemli gecikme-k seri korelasyon katsayısıdır.  $Z_{\alpha/2}$ , seçilen bir  $\alpha$  'deki standart normal değişkeni göstermek üzere,  $\alpha$  'de  $|Z| > Z_{\alpha/2}$  sıfır hipotez  $H_0$  (trend yok) reddedilir; aksi takdirde  $H_0$  reddedilmez.

### 2.3. ITA ve ITA-CB Trend Belirleme Yöntemi

ITA yöntemi, zaman serisini iki eşit parçaya ayırarak ardışık iki zaman dilimi arasındaki değişimleri incelemeyi amaçlar (Şen, 2012). Bu yöntemde, veriler ilk veriden başlayarak eşit uzunlukta iki farklı gruba ayrılır ve ardından sıralanır. Sonrasında, ilk grup verileri yatay eksen, ikinci grup verileri ise dikey eksen göstermek üzere bir grafik oluşturulur. Oluşan grafik üzerine 1:1 (45°) doğrusu çizilir ve verilerle bu doğru karşılaştırılır. Eğer grup verileri 1:1 (45°) doğrusu üzerinde dağılıyorsa, incelenen zaman serisinde herhangi bir trend olmadığı anlaşılır. Ancak, eğer dağılım 1:1 (45°) doğrusunun üstünde ise artan bir trend, altında ise azalan bir trend olduğu sonucuna varılır (Alashan ve ark., 2015). Şen'in yönteminin yenilikçi yönü, grafiksel olarak tüm veri aralıklarında trendlerin gözlemlenebilmesidir. ITA yönteminin üstünlüğü analizi yapılan bir zaman serisindeki verileri düşükten yükseğe doğru farklı sınıflara ayırıp bu farklı sınıftaki değişimlerin incelenebilmesidir. (Şekil 4). Düşük, orta ve yüksek değerlerdeki trendler ayrı ayrı analiz edilir. Böylelikle yapılan araştırma ile uç değerlerin trendleri tespit edilebilmektedir. Mesela taşkın için önemli olan yüksek değerlerdeki trendler ya da kurak dönemdeki düşük değerlerdeki trendler şekil üzerinden yorumlanabilmektedir. Şen (2015) tarafından bu yöntem eklenen istatistiksel süreç, sonuçların istatistiksel olarak denetlenmesini sağlamıştır. Bu istatistiksel sürecin işlem adımları aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir.

$$S = \frac{2(\bar{Y} - \bar{X})}{n} \quad (13)$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{Y}\bar{X}}} \quad (14)$$

$$\rho_{\bar{Y}\bar{X}} = \frac{E(\bar{Y}\bar{X}) - E(\bar{Y})E(\bar{X})}{\sigma_{\bar{Y}\bar{X}}} \quad (15)$$

Denklemlerde; ( $\bar{X}$ ) birinci veri grubunun ortalamasını, ( $\bar{Y}$ ) ikinci veri grubunun ortalamasını, ( $\rho$ ) birinci ve ikinci veri grubu arasındaki korelasyon katsayısını,  $s$  trend eğim değerini,  $n$  tüm veri sayısını,  $\sigma$  tüm verilerin standart sapmasını,  $\sigma_s$  eğim standart sapmasını göstermektedir.

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \pm S_{kritik} \sigma_s \quad (17)$$

$S_{kritik}$  belirli bir güven aralığında standart normal dağılımdaki  $z$  değeridir. Her istasyonun eğim değeri,  $s$ 'nin alt ve üst güven sınırlarının dışındaysa, zaman serisinde bir trend olduğu kabul edilir. Trendin yönü,  $s$ 'nin işaretine bağlı olarak (+ ise artan, - ise azalan) belirlenmiş olur.

Ayrılan düşük, orta ve yüksek değerli veri grup trendlerinin sayısal değişimleri Alashan (2018) tarafından ITA-CB Trend Belirleme Yöntemi ile belirlenebilmektedir. Düşük, orta ve yüksek veri grubun aralıkları sırasıyla aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$\begin{aligned} X_{düşük} &\rightarrow X < \bar{X} - \sigma_X \\ X_{orta} &\rightarrow \bar{X} - \sigma_X < X < \bar{X} + \sigma_X \\ X_{yüksek} &\rightarrow X > \bar{X} + \sigma_X \end{aligned} \quad (18)$$

Alashan (2018) her grup için değişiklikleri sayısal olarak elde etmek için ITA yöntemine değişim kutularını eklemiştir. ITA-CB yöntemindeki ilk veri seti  $x$ , ikinci veri seti  $y$  olarak tanımlanır ve yüzdelik değişimleri  $((y_i - x_i) / x_i * 100)$  eşitliği ile her grup için hesaplanır. Grupların yüzdelik değişimleri hesaplandıktan sonra minimum, ortalama ve maksimum yüzdelik değişim değerleri her grup için kutu grafiklerinde gösterilir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada incelenen istasyonlarda ölçülen yıllık toplam yağış verilerine göre, beş istasyon arasında en yüksek yıllık toplam yağış ortalaması Ordu'da, en düşük ise Tokat yağış istasyonunda tespit edilmiştir (Tablo 1). Ordu istasyonunu sırasıyla Samsun, Amasya ve Çorum istasyonları izlemektedir. Samsun ve Ordu istasyonlarının standart sapmaları birbirine çok yakınken, Tokat istasyonunun standart sapma değeri bölgede en küçük olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı göz önüne alındığında, istasyonlara ait serilerin tamamı pozitif yönlü çarpıktır. En yüksek çarpıklık Amasya iline ait yağış serileri için hesaplanmış olup, Amasya'yı sırasıyla Samsun, Ordu, Tokat ve Çorum yağış serileri izlemiştir. Değişkenlik katsayısı verilerin değişkenliğini ölçmek için kullanılır. Bu katsayıya göre, en fazla değişkenlik Çorum iline ait yıllık toplam yağışlarda gözlemlenmiştir ve Çorum'u Amasya, Tokat, Samsun ve Ordu istasyonları takip etmiştir. İstasyonlar arasında değişkenlik oldukça benzerdir. Basıklık katsayısı incelendiğinde, Tokat istasyonunun yıllık toplam yağış serilerine ait histogram, diğer tüm istasyonlardan farklı olarak normal dağılıma göre daha basık bir yapı göstermektedir. Çorum yağış serisinin histogramı ise, normal dağılımın histogramına en yakın olanıdır.



### 3.1. Mann-Kendall Testi

Yıllık toplam yağış verilerinin tam serisi ile birinci ve ikinci yarısını oluşturan alt serilerinin Mann-Kendall (MK) testi ile elde edilmiş olan Z değerleri Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde %95 güven aralığında Ordu ve Tokat istasyonlarında yıllık toplam yağışlarında önemli artış trendi belirlenmiştir Zaman serisinin ilk ve ikinci yarısını göz önünde bulundurarak, çoğu yıllık trendin ortadan kalktığı gözlemlenmektedir; sadece Ordu istasyonu, ilk yarısında artan bir trende sahipken, Amasya istasyonu yıllık yağış serisinin ikinci yarısında önemli ölçüde artan trende sahiptir. Diğer istasyonların alt serilerinde anlamlı herhangi bir trend tespit edilmemiştir. Daha evvel 1971-2010 arası yıllık toplam yağışların eğim analizini yapan (Saplıoğlu ve Çoban, 2013) MK testinde Amasya ve Tokat için artan trend tespit etmiştir. MK testi sonucu, aynı zaman aralığında daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile tam olarak uyuşmaktadır (Demir, 2018; Partal ve Yavuz, 2020).

### 3.2. Kümülatif Sıralama Farkı (CSD)

Yıllık toplam yağışlardaki zamansal farklılıkların kümülatif etkileri, Şekil 2’de bir CSD grafiği olarak gösterilmektedir. Şekil 2 (a–e)’deki yukarı/aşağı oklar pozitif/negatif alt-trendleri göstermektedir. Referans olarak  $c = 0$  yatay bir çizgisi alınmıştır. Tablo 3, yıllık yağışların CSD yöntemine göre trend sonuçlarını göstermektedir. Yıllık toplam yağış sonuçlarına göre tüm istasyonlarda  $H_0$  (trend yok) reddedilmemiştir ( $p > 0,05$ ). Zaman serisinin ilk ve ikinci yarısındaki trendler dikkate alındığında, sadece Amasya istasyonunun ikinci yarım serisinde istatistiksel anlamlı artan trend bulunmuştur. CSD grafiğinden, bölgedeki Çorum hariç tüm istasyonların dağılım noktalarının, referansın üzerinde bir eğri oluşturduğu aşikârdır. Bu durum, Samsun, Ordu, Amasya ve Tokat istasyonlarda yıllık yağışta monotonik bir artışın genel olarak tüm veri dönemi boyunca hâkim olduğu anlamına gelmesidir. Bu bulgu, istatistiksel CSD testi sonuçları ile tutarlıdır. Samsun ve Amasya yağış istasyonlarda (Şekil 2a ve d), dağılım noktaları referansın üstünde ve altında küçük eğriler oluşturmuştur. Bu durum, bu iki istasyon için yıllık yağış verilerinde hem pozitif hem de negatif alt trendlerin var olduğu anlamına gelmektedir. Bu bulgu, istatistiksel CSD testinin sonuçlarıyla uyumludur (Tablo 3). Grafiklerde dikkat çeken bir husus, alt trendlerin uzunluklarının istasyonlar arasında değişkenlik göstermesidir ki bu durum, yağışın mekânsal değişkenliğinden kaynaklanmaktadır.

**Tablo 2.** Mann-Kendall test sonuçları (%95 güven aralığı için  $z_{kr} = \pm 1,96$ )

İstasyonu	Tam seri	İlk yarım alt seri	İkinci yarım alt seri
Samsun	1,32	-1,01	1,05
Ordu	<b>2,11</b>	<b>1,97</b>	0,48
Çorum	0,41	1,03	-0,38
Amasya	1,36	0,30	<b>2,04</b>
Tokat	<b>2,03</b>	1,63	-0,54

**Tablo 3.** Yıllık toplam yağışların CSD yöntemi sonuçları ( $p < 0.05$  için  $z = \pm 1.96$ )

İstasyon	Tüm zaman serisi	İlk yarım alt seri	İkinci yarım alt seri
Samsun	0,97	-1,00	0,86
Ordu	1,88	1,93	0,92
Çorum	0,79	1,00	-0,19
Amasya	1,22	0,35	<b>1,94</b>
Tokat	1,80	1,60	-0,62

Tablo 4'deki istatistiksel sonuçlarda dikkate alınması gereken önemli bir nokta da verilerin birinci ve ikinci yarısının tamamında alt trendlerin meydana geldiği varsayımıyla elde edilmiş olmasıdır. Bununla birlikte, CSD grafikleri, artan ve azalan alt trendlere sahip alt dönemlerin, veri döneminin bilinmeyen zamanlarında ortaya çıkabileceğini açıkça göstermektedir. Şekil 3'te çalışma alanında, yıllık yağış trendlerinin grafiksel olarak tespit edilen sonuçları gösterilmiştir. Bölgedeki tüm istasyonların yağışlarında artışlar görülmektedir. Ancak yağışlarda görülen bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Yani  $H_0$  (trend yok) hipotezi reddedilmemiştir (Şekil 3a-e).

### 3.3. ITA ve ITA-CB Yöntemi ile Trend Analizi

Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 5 istasyona ait yıllık toplam yağış verilerine uygulanan Şen'in ITA yöntemi ile elde edilen saçılma grafikleri Şekil 4'de verilmiştir. Araştırılan bölgedeki 5 istasyon için yıllık toplam yağış verileri, ITA yöntemine göre 0,05 anlamlılık seviyesinde incelenmiş ve eğim değerleri ile kritik Z değerleri Tablo 5'te sunulmuştur. Samsun, Çorum ve Amasya istasyonlarındaki yağış verilerinin ITA yöntemiyle hesaplanan s değerleri, %95 güven düzeyinde hesaplanan kritik değerlerin aralığında bulunmaktadır. Bu durum, istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bir trendin olmadığını göstermektedir. Ancak, Ordu ve Tokat istasyonlarında, Tablo 5'te hesaplanan s değerleri %95 güven düzeyindeki kritik değerlerin dışındadır, bu da istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ve artan bir trendin olduğunu göstermektedir. Şekil 4'teki saçılma diyagramlarında yıllık toplam yağış değerlerine göre, veriler 1:1 doğrusuna göre değerlendirilmiş, düşük, orta ve yüksek değerler olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu gruplara dayanarak ITA yöntemiyle trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Verilerin 1:1 doğrusuna göre incelenmesi sonucunda, artan, azalan veya herhangi bir trendin olmadığına karar verilmiştir. Samsun istasyonu için Şekil 4.a'da saçılma grafiklerinde, 1:1 çizgisine göre yıllık toplam yağış değişkeninin düşük ve orta değerli veri gruplarında artan trend, yüksek değerli veri grubu için azalan bir trendin olduğu söylenebilir. Ordu için ise Şekil 4.b'de düşük ve orta değerli veri gruplarında artış trendi varken yüksek değerli veri grubunda trend olmadığı görülmektedir. Çorum yağışları için düşük veri grubunda artan trend, orta veri grubunda trend olmadığı, yüksek veri gruplarında artan trend gözlemlenmektedir (Şekil 4.c). Şekil 4.d'de Amasya yağışlarının düşük veri grubunda artan trend, orta veri grubunda trendin olmadığı ve yüksek grubunda artan trendin olduğu tespit edilmiştir. Tokat yıllık toplam yağışlarında ise tüm veri gruplarında artış trendi bulunmuştur.

ITA değişim kutusu (ITA-CB) trend yöntemi sonuçları, düşük, orta ve tüm yağış değerli veri gruplarının değişim oranlarını gösteren kutu grafikler Şekil 5'te ve değişim oran hesaplamaları Tablo 6'da sunulmuştur. ITA-CB yönteminin, yağış değerlerindeki değişim oranlarını düşük, orta ve tüm değerli veri grupları için kutu grafikleri şeklinde gösteren trend analizi grafik sonuçları da Şekil 5'te yer almaktadır. İncelenen bölgedeki tüm istasyonlarda düşük değerli veri gruplarında artış trendi gözlemlenmektedir. Samsun, Ordu, Çorum, Amasya ve Tokat istasyonlarında düşük değerli yağış grubunda sırasıyla %9,61, %18,00, %4,81, %1,68 ve %9,67 artış trendi gözlenmiştir. Bu grupta, Ordu ve Tokat istasyonlarının artış oranları dikkat çekicidir. Yüksek değerli yağış veri gruplarında, sadece Ordu istasyonunda azalış trendi gözlenirken diğer istasyonlarda artış trendi belirlenmiştir. Yağışların yüksek veri grubunda, Ordu istasyonunda -%1,04 azalış trendi gözlenirken, Samsun, Çorum, Amasya ve Tokat istasyonlarında sırasıyla %6,64, %6,69, %4,56 ve %6,64 artış trendleri tespit edilmiştir. Yağışların tüm değerli veri gruplarında, tüm istasyonlarda artan trendler saptanmıştır. Samsun, Ordu, Çorum, Amasya ve Tokat istasyonlarında sırasıyla %8,18, %6,06, %1,75, %2,29 ve %8,18 değişim oranlarıyla artış trendindedir. Bu yöntemin en büyük avantajı, trend değişim oranlarının belirlenmesi ve her yağış verisi için düşük ve yüksek veri değerlerindeki değişim oranlarının görsel olarak kolayca görülebilmesidir. Örneğin; Çorum istasyonunun düşük veri grubuna yakından incelendiğinde, bu düşük grubun artan trend değişim oranının %4,81 olduğu belirlenmiştir. Bu düşük veri grubunda değişimlerin -%21,80 ile %17,53 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan tüm yöntemlerde, zaman serisinin yıllık ve iki eşit yarım bölümüne göre trend değişimlerinin farklılık gösterdiği açıktır. Örneğin, CSD analizinde Tokat'ın yıllık yağış serisi pozitif trendine (1,80) sahipken, birinci ve ikinci yarı alt serileri sırasıyla pozitif ve düşük negatif trendler (1,60 ve -0,62) göstermektedir.

MK testinde de Tokat'ın ilk ve ikinci yarı alt serileri sırasıyla pozitif ve düşük negatif trendlere (1,63 ve -0,54) sahipken, tüm yıl yağış serileri anlamlı artış trendindedir (2,03). Bu durum, tam zaman serisini dikkate alan trend sonuçlarının, veri döneminin her yarısı içindeki veri noktalarının kullanıldığı durumdan farklı olabileceğini göstermektedir. Bu şekilde, bu çalışmada da olduğu gibi trendlerin kararlılığı da tespit edilebilmekte veya gözlemlenebilmektedir. Güçlü (2018) tarafından da önerildiği gibi kısmi MK veya diğer yöntemler kullanılarak, seçilen verilerden trend değişkenliği ve istikrarı hakkında daha fazla bilgi elde edilebilir. Burada dikkate alınması gereken bir diğer önemli konu, özellikle 1980'lerden sonra Türkiye'de yaşanan sanayileşmenin iklim üzerindeki etkisidir. Bazı şehirlerde (örneğin Samsun), yaklaşık olarak 1985'ten sonra iklimde ve dolayısıyla yağış miktarı ve süresinde büyük değişkenlikler gözlemlenmektedir. Bu da sel ve kuraklık gibi istenmeyen doğal afetlere neden olmuştur (Baglee ve ark., 2017). Bu tür etkiler, insan etkisi gibi, trend analiz çalışmalarında dikkate alınmalıdır. Yöntemler arasındaki farklılıklar, veri düzensizliklerinin analiz sonuçları üzerindeki etkisiyle ilgilidir. Bu nedenle, çeşitli yöntemlerle belirlenen trendler, nihayetinde belirli bir yöntemin seçilmesi gerektiğine yönelik tercihlerdir. Sadece istatistiksel yaklaşımlara güvenmek, trend analizleri için doğru olmayan sonuçlara yol açabilir (Kundzewicz ve ark., 2000). Grafikselleştirilmiş bir yaklaşım ise veriyi daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ilham verebilecek çekici veya gizli özellikleri ortaya

çıkabilir (Onyutha, 2015). Örneğin, CSD çizimi verinin ortalama değerindeki adım atlama gibi detayları gösterebilir; bu tür detaylar, ITA veya MK testi gibi yöntemlerle tespit edilemeyebilir. MK ve istatistiksel CSD testlerinin en büyük avantajı, doğası gereği parametrik olmamalarıdır, yani verinin normal dağılım göstermesi gerekmemektedir. Ancak, MK ve CSD testlerinin dezavantajı, bazı varsayımlar altında yapılmalarıdır; bu varsayımların ihlali sonuçların doğruluğunu etkileyebilir. Belirli bir analizde ITA yaklaşımı, değişkenin yüksek, orta veya düşük veri değerlerine göre artıp artmadığını gösterir, ki bu durum hem MK hem de geliştirilmiş CSD testi tarafından ortaya konmaz. Öte yandan, ITA yöntemi uygulanırken, alt trend uzunluğunun veri döneminin yarısı olduğu varsayılır. Ancak, CSD yöntemi ile ortaya çıkabilecek birçok durum bulunmaktadır. Örneğin, tüm veri seti pozitif veya negatif bir trend tarafından domine edilebilir ve dolayısıyla alt trend yoktur. Ayrıca, veri döneminin yarısından daha kısa olan birkaç alt dönemde de alt trendler olabilir. Özetlemek gerekirse, verideki trendler gibi değişiklikleri analiz etmek için uygulanan çeşitli yöntemler, birbirini tamamlayan sonuçlar üreterek, sadece bir yöntemle karşılaştırıldığında daha anlamlı bir sonuca yol açar (Tang ve ark., 2018; Onyutha, 2018; Vido ve ark., 2019).

**Tablo 4.** Yıllık toplam yağışlardaki doğrusal trendlerin büyüklüğü (mm / yıl).

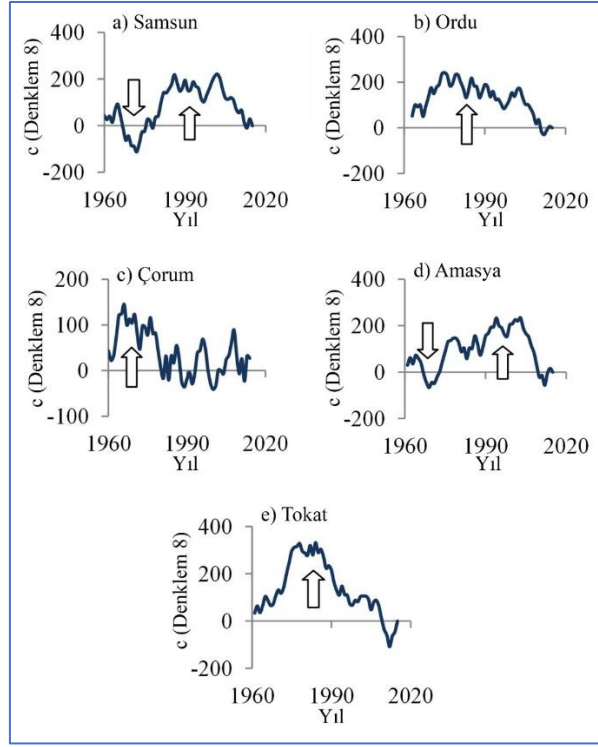
İstasyon	Tüm zaman serisi	İlk yarım alt seri	İkinci yarım alt seri
Samsun	1,20	-3,65	2,61
Ordu	2,22	9,24	1,33
Çorum	0,30	1,88	-0,71
Amasya	0,83	0,71	4,26
Tokat	1,27	3,34	-1,25

**Tablo 5.** Yıllık toplam yağışların ITA'nın 0,05 anlamlılık seviyesindeki sonuçları.

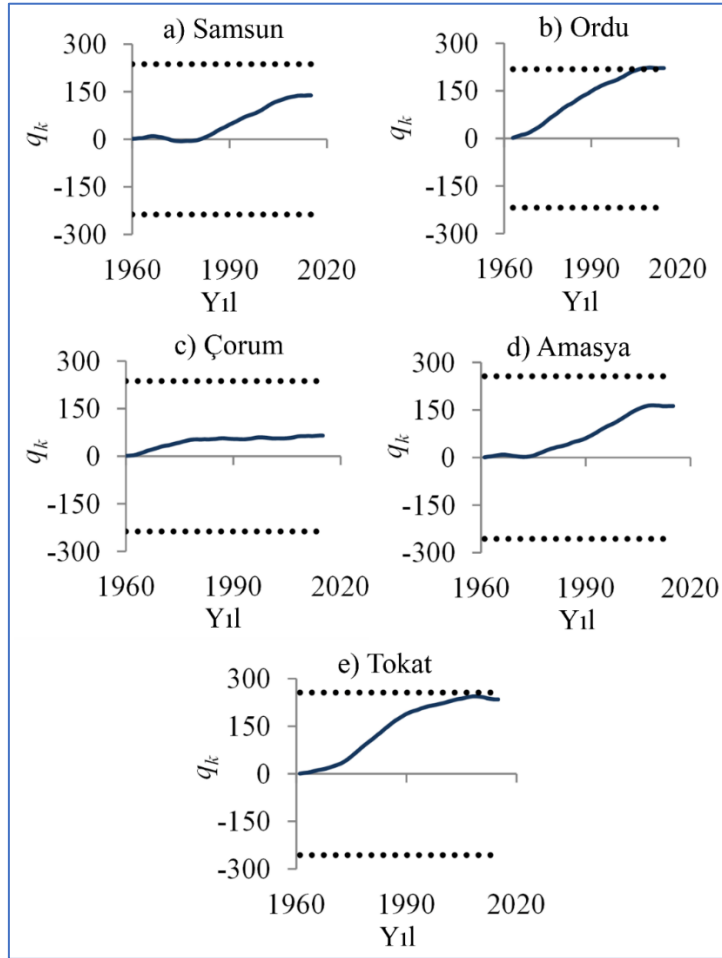
İst.	$\sigma$ (mm)	$\rho$	$\sigma_s$	s	Sınır	
					değerleri	Trend
Samsun	107,50	0,01	0,72	1,35	-1,42/+1,42	Trend yok
Ordu	126,38	0,13	0,90	1,89	-1,76/+1,76	Artan
Çorum	77,40	-0,27	0,59	0,26	-1,16/+1,16	Trend yok
Amasya	80,63	0,07	0,52	0,38	-1,03/+1,03	Trend yok
Tokat	67,43	0,22	0,50	1,35	-0,99/+0,99	Artan

**Tablo 6.** Yıllık toplam yağış verileriyle ITA-CB yöntemi değişim oranları (%).

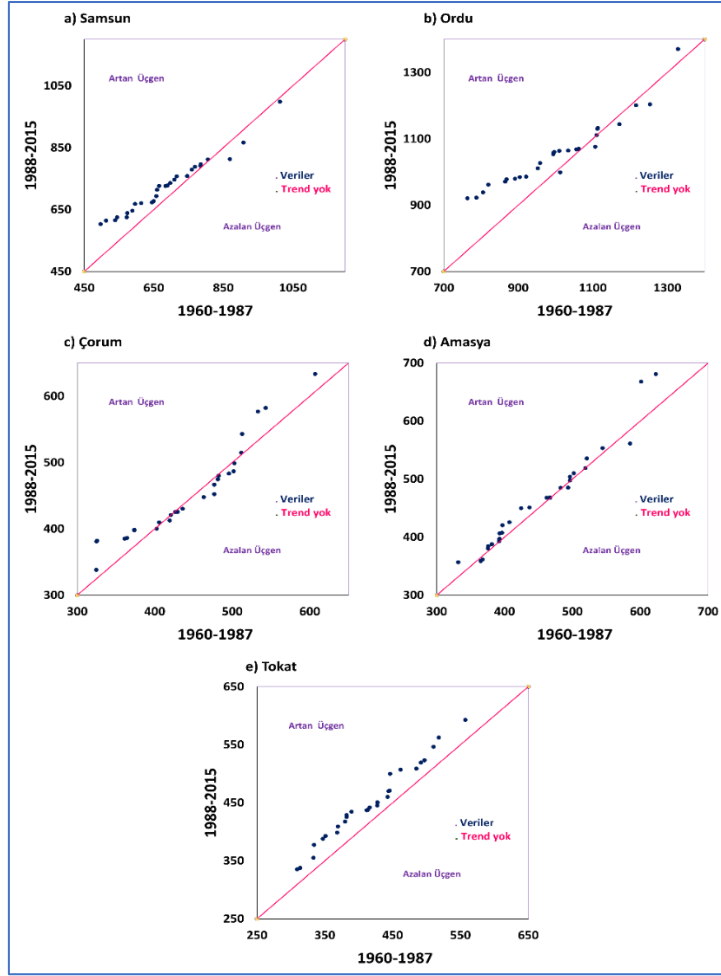
İstasyon	Düşük			Yüksek			Tümü		
	Min	Ort	Maks	Min	Ort	Maks	Min	Ort	Maks
Samsun	6,64	9,61	13,08	5,33	6,64	8,18	13,09	8,18	13,09
Ordu	16,69	18,00	20,69	-3,90	-1,04	3,22	-3,90	6,06	20,69
Çorum	-21,80	4,81	17,53	4,47	6,69	8,29	-21,80	1,75	17,53
Amasya	-1,60	1,68	7,73	-4,00	4,56	2,29	-4,00	2,29	11,15
Tokat	6,64	9,61	13,08	5,33	6,64	8,18	13,09	8,18	13,09



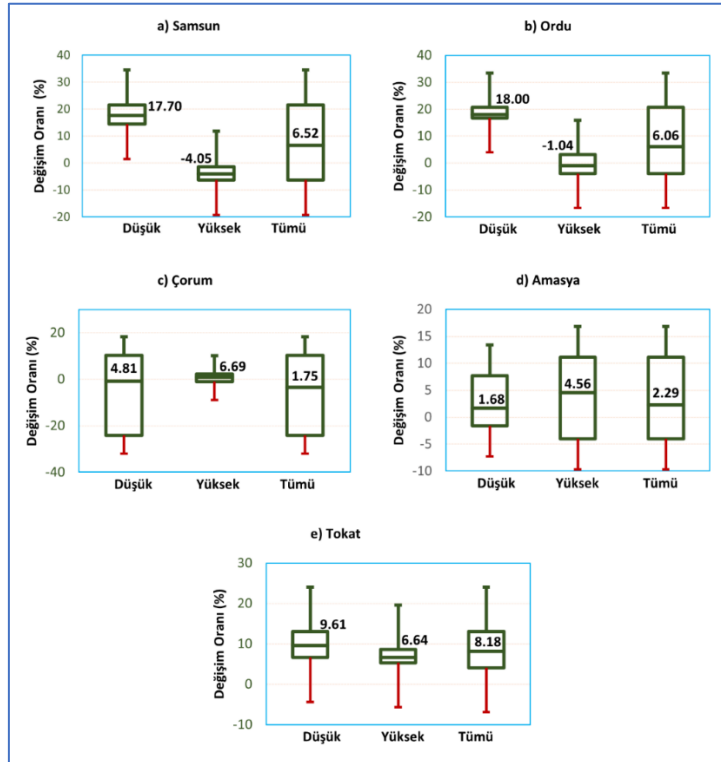
Şekil 2. Çalışma alanı boyunca seçilen istasyonlarda yıllık toplam yağış için CSD grafiği.



Şekil 3. Yıllık toplam yağış için trend önemini belirlemek için CSD tabanlı grafiksel Analiz.



Şekil 4. Yıllık toplam yağış verilerinin ITA yöntemi sonuçları



Şekil 5. Yıllık toplam yağış verilerinin ITA-CB kutu grafikleri

#### 4. Sonuçlar

Bu alışma, 1960'dan 2015'ya kadar Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki yıllık toplam yağışların zaman içindeki değişiminin kapsamlı bir incelemesini sunmaktadır. Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesinin 1960-2015 yılları arasında 5 yağış istasyonunda yıllık toplam yağış serilerindeki trendleri analiz etmek için hem CSD hem de ITA ve ITA-CB değişim kutularının grafiksel yöntemleri ve MK'nin istatistiksel yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, genel olarak istasyonların aynı coğrafi bölgede olmasına rağmen yağış trendlerinin değişken olduğu söylenebilir. İncelenen beş istasyonun çoğunda anlamlı olmayan artan trendlerin varlığını gösterirken, Ordu ve Tokat istasyonları anlamlı artan trendlerle belirginleşmiştir. Ayrıca, analiz edilen zaman aralığının kısa olması, bölgenin topografik yapısının oldukça değişken olması ve bölgenin iklim özelliklerinin kısa mesafelerde değişken olması da farklı trendlerin tespit edilmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel ve grafik yöntemlerin arasında tutarlık olduğunu fakat kısmen de olsa bazı değişiklikler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmadan çıkarılan sonuç grafiksel ve istatistiksel yöntemleri birlikte kullanarak, grafiksel trend yöntemlerinin, istatistiksel trend yöntemi kullanılarak tespit edilemeyen yağış zaman serilerindeki gizli trendleri belirleyebilme yeteneğine sahip olduğudur. Sonuçlar ayrıca, tam zaman serisinin trend yönü ve büyüklüğünün, trendin kısa bir dönemde tespit edildiği durumdan (veri döneminin her yarısında) farklı olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, tarihsel iklim değişikliği analizleri için yeterince uzun zaman serilerinin kullanılması gerekmektedir, nkn kısa zaman serileri doğal iklim döngülerinin yüksek veya düşük dönemlerini yanlış bir şekilde temsil edebilir. Sonuç olarak, bu durum iklim değişikliğinin hidrometeorolojik etkisi hakkında yanılıtcı bilgiler sağlayabilir. Geleneksel trend analizi, kayıt dönemi boyunca sürekli bir trendin varlığına odaklanarak nicel açıklamalar sağlar. Zaman serisindeki karmaşık veya dönemsel desenler, test sonuçlarını etkileyebilir veya testin güvenilirliğini azaltabilir. Geçmiş yıllarda hidrolojik değişenler için sıkça kullanılan geleneksel istatistik trend yöntemlerinin önemli bir tamamlayıcısı olarak grafik odaklı trend analizlerinin ilave edilmesinin yeni katkı getirdiği yapılan bu çalışmada da görülmüştür. Grafiksel ve istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılması, grafiksel CSD ve ITA yöntemlerinin, istatistiksel MK yöntemi kullanılarak tespit edilemeyen yağış zaman serilerindeki gizli trendleri belirleme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu şekilde, nicel ve nitel analizlere dayanan bölgesel hidrometeorolojik değişikliklerin daha ayrıntılı ve kapsamlı bir resmi çizilebilmektedir. Hidrolojik değişikliklerin grafik yönelimli trend teşhisi titiz ancak her zaman uygun olmayan geleneksel istatistiksel yöntemlerin hayati bir tamamlayıcısı olarak önerilir. Türkiye genelindeki rasat istasyonlarının sayısının artırılması, teknolojik ekipmanlarla donatılmış yeni rasat istasyonların kurulması ve araştırmacıların gözlem verilerine daha kolay erişim sağlanması, hidrometeorolojik değişkenlikler ile küresel iklim değişikliği olgusunun daha etkili bir şekilde analiz edilmesini sağlayacaktır. Bu girişimlerle daha güvenilir sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Türkiye gibi hem sel baskınlarına hem de kuraklığa karşı mücadele eden ülkelerde yağış değişikliklerinin ciddi sonuçları olabilir. Sonuçlar, alışma alanındaki sel ve kuraklık felaketleri ile ilişkili riskleri tahmin etme ve yönetme konusunda yer alan su kaynakları

ve tarımsal yöneticiler için faydalı olacağı düşünülmektedir. Farklı iklim bölgelerine sahip olması nedeniyle, Türkiye'de yağış değişiminin etkilerini bölgesel olarak analiz etmek ve potansiyel etkilerini azaltmak için gerekli önlemlerin alınması kıymetlidir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

### **Kaynakça**

- Agbo EP., Nkajoe U., Edet C. Comparison of Mann–Kendall and Şen’s innovative trend method for climatic parameters over Nigeria’s climatic zones. *Climate Dynamics* 2023; 60(11): 3385-3401.
- Akinsanola AA., Ogunjobi KO. Recent homogeneity analysis and long-term spatio-temporal rainfall trends in Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology* 2017; 128: 275-289.
- Alashan S. An improved version of innovative trend analyses. *Arabian Journal of Geosciences* 2018; 11(3): 50-57.
- Alashan S., Toprak F., Şen Z. İklim değişikliğinin Murat nehri su gücü potansiyeline etkisi. 4. Su Yapıları Sempozyumu, 19-20 Kasım 2015, sayfa no:31-30, Antalya.
- Ali R., Kuriqi A., Abubaker S., Kisi O. Long-term trends and seasonality detection of the observed flow in Yangtze River using Mann-Kendall and Sen’s innovative trend method. *Water* 2019; 11(9): 1855.
- Alifujiang Y., Abuduwaili J., Maihemuti B., Emin B., Groll, M. Innovative trend analysis of precipitation in the Lake Issyk-Kul Basin, Kyrgyzstan. *Atmosphere* 2020; 11(4): 332.
- Anderson JE., Shiau SY., Harvey D. Preliminary investigation of trend/patterns in surface water characteristics and climate variations. *Using Hydrometric Data to Detect and Monitor Climatic Change* 1991; 8: 189-201.
- Anık EM., Akçay F., Kankal M., Murat Ş. Doğu Karadeniz Havzası yıllık anlık maksimum akımların eğilim analizi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology* 2021; 3(1): 1-22.
- Ay M., Kisi O. Estimation of dissolved oxygen by using neural networks and neuro fuzzy computing techniques. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2017; 21: 1631-1639.
- Ay M., Kisi O. Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method. *Theoretical and Applied Climatology* 2015; 120: 617-629.
- Baglee A., Connell R., Haworth A., Rabb B., Acclimatise WB., Uluğ G., Laugesen FM. Pilot climate change adaptation market study. Turkey. *Disclosure* 2017.
- Bayazıt M., Cıgızoğlu HK., Önöz B. Türkiye akarsularında trend analiz. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi* 2002; 420-422.



- Birsan MV., Molnar P., Burlando P., Pfaundler M. Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology* 2005; 314(1-4): 312-329.
- Boudiaf B., Şen Z., Boutaghane H. Climate change impact on rainfall in north-eastern Algeria using innovative trend analyses (ITA). *Arabian Journal of Geosciences* 2021; 14(6): 511.
- Burn DH., Soulis ED. The use of hydrologic variables in detecting climatic change: possibilities for single station and regional analysis. *Using Hydrometric Data to Detect and Monitor Climatic Change. Proceedings of NHRI Workshop* 1992; 8: 121-130.
- Buyukyildiz M. Evaluation of annual total precipitation in the transboundary Euphrates–Tigris River Basin of Türkiye using innovative graphical and statistical trend approaches. *Applied Water Science* 2023; 13(2): 38.
- Caloiero T. SPI trend analysis of New Zealand applying the ITA technique. *Geosciences* 2018; 8(3): 101.
- Caporali E., Lompi M., Pacetti T., Chiarello V., Fatichi S. A review of studies on observed precipitation trends in Italy. *International Journal of Climatology* 2021; 41: E1-E25.
- Cengiz TM., Tabari H., Onyutha C., Kisi O. Combined use of graphical and statistical approaches for analyzing historical precipitation changes in the Black Sea region of Turkey. *Water* 2020; 12(3): 705.
- Ceribasi G., Ceyhunlu AI. Analysis of total monthly precipitation of Susurluk Basin in Turkey using innovative polygon trend analysis method. *Journal of Water and Climate Change* 2021; 12(5): 1532-1543.
- Chowdhury RK., Beecham S. Australian rainfall trends and their relation to the southern oscillation index. *Hydrological Processes: An International Journal* 2010; 24(4): 504-514.
- Citakoglu H., Minarecioglu N. Trend analysis and change point determination for hydro-meteorological and groundwater data of Kizilirmak basin. *Theoretical and Applied Climatology* 2021; 145(3): 1275-1292.
- Çeribasi G., Ceyhunlu A. Analysis of total monthly precipitation of Susurluk Basin in Turkey using innovative polygon trend analysis method. *Journal of Water and Climate Change* 2021; 12(5): 1532-1543.
- Çeribaşı G. Şen Yöntemi ve trend yöntemleri kullanılarak doğu Karadeniz havzasının yağış verilerinin analiz edilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2019; 9(1): 254-264.
- Çıtakoğlu H., Minarecioglu N. Trend analysis of monthly average flows of Kızılırmak basin. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 2019; 4(3).
- Dabanli I., Şişman E., Güçlü YS., Birpınar ME., Şen Z. Climate change impacts on sea surface temperature (SST) trend around Turkey seashores. *Acta Geophysica* 2021; 69: 295-305.
- Dabral PP., Hangshing L. Analysis of change point of rainfall and its trend in Doimukh (Itanagar), Arunachal Pradesh. *Journal of Soil and Water Conservation* 2017; 16(4): 370-379.

- Demir V. Karadeniz bölgesi yağışlarının trend analizi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:16-20, Samsun, Türkiye, 2018.
- Deniz A., Toros H., Incecik S. Spatial variations of climate indices in Turkey. *Int. J. Clim.* 2011; 31: 394–403.
- Esit M. Investigation of innovative trend approaches (ITA with significance test and IPTA) comparing to the classical trend method of monthly and annual hydrometeorological variables: a case study of Ankara region. Turkey. *Journal of Water and Climate Change* 2023; 14(1): 305-329.
- Gul S., Ren J. Application of non-parametric innovative trend analysis of different time scale precipitation during (1951–2016) in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Acta Geophysica* 2022; 70(1): 485-503.
- Gumus V., Avsaroglu Y., Simsek O. Streamflow trends in the Tigris river basin using Mann– Kendall and innovative trend analysis methods. *Journal of Earth System Science* 2022; 131(1): 34.
- Güçlü YS. Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology* 2020; 584: 124674.
- Güçlü YS. Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology* 2018; 566: 685-704.
- Gülersoy EA. Çorum merkez ilçede arazi kullanımının zamansal değişimi (1987-2011) ve çevresel etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 2013; 11(2): 169-194.
- Haan CT. *Statistical methods in hydrology*. The Iowa State University Press, Iowa, 1977.
- Haktanir T., Citakoglu H. Trend, independence, stationarity, and homogeneity tests on maximum rainfall series of standard durations recorded in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering* 2014; 19(9): 05014009.
- Hekimoğlu B., Altindeğer M., Demirbaş AR. Samsun ilinin fiziki durumu ve avantajları. *Samsun Tarım İl Müdürlüğü Yayını* 2007; 13-25.
- Helsel DR., Hirsch RM. *Statistical methods in water resources*. Chapter A3, techniques of water resources, investigations, book 4. U.S. Geological Survey, Shenandoah, 2002.
- Kahya E., Kalaycı S. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology* 2004; 289(1-4): 128-144.
- Karabulut M. Doğu Akdeniz’de ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 2012; (Özel Sayı): 37-44.
- Kendall MG. *Rank correlation methods*. Oxford University Press, New York. 1975.
- Kisi O. An innovative method for trend analysis of monthly pan evaporations. *Journal of Hydrology* 2015; 527: 1123-1129.
- Kundzewicz ZW., Robson A. *Detecting trend and other changes in hydrological data*. World Climate Program-Water, 2000, p. 157; Geneva, The Netherlands.
- Lehmann EL. *Statistical methods based on ranks*. Nonparametrics, San Francisco, CA, Holden-Day, 1975; 2.

- Libiseller C., Grimvall A. Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics, The Official Journal of the International Environmetrics Society* 2002; 13(1): 71-84.
- Mann HB. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 1945; 245-259.
- Mersin D., Tayfur G., Vaheddoost B., Safari MJS. Historical trends associated with annual temperature and precipitation in Aegean Turkey, where are we heading?. *Sustainability* 2022; 14(20): 13380.
- Mishra AK., Singh VP. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* 2010; 391(1-2): 202-216.
- Mubialiwo A., Abebe A., Onyutha C. Changes in extreme precipitation over Mpologoma catchment in Uganda, East Africa. *Heliyon* 2023; 9(3).
- Mubialiwo A., Chelangat C., Onyutha C. Changes in precipitation and evapotranspiration over Lokok and Lokere catchments in Uganda. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology* 2021; 2: 1-23.
- Onyutha C. Analyses of rainfall extremes in east Africa based on observations from rain gauges and climate change simulations by cordex rcms. *Climate Dynamics* 2020; 54(11-12): 4841-4864.
- Onyutha C. Graphical-statistical method to explore variability of hydrological time series. *Hydrology Research* 2021; 52(1): 266-283.
- Onyutha C. Identification of sub-trends from hydro-meteorological series. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess* 2015; 30: 189-205.
- Onyutha C. Statistical uncertainty in hydrometeorological trend analyses. *Advances in Meteorology* 2016; 1-26.
- Onyutha C. Trends and variability in African long-term precipitation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2018; 32(9): 2721-2739.
- Onyutha C., Kerudong PA. Changes in meteorological dry conditions across water management zones in uganda. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2022; 26(12): 5384-5403.
- Öztopal A., Şen Z. Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. *Water Resources Management* 2017; 31: 727-737.
- Pandey BK., Khare D., Tiwari H., Mishra PK. Analysis and visualization of meteorological extremes in humid subtropical regions. *Natural Hazards* 2021; 108: 661-687.
- Partal T., Ercan Y. Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz Bölgesinde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 2020; 11(2): 851-861.
- Partal T., Kahya E. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes An International Journal* 2006; 20(9): 2011-2026.
- Partal T., Yavuz E. Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz Bölgesinde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 2020; 11(2): 851-861.

- Pendergrass G., Knutti R., Sanderson B. Precipitation variability increases in a warmer climate. *Scientific Reports* 2017; 7(1): 17966.
- Pour SH., Abd Wahab AK., Shahid, S., Ismail ZB. Changes in reference evapotranspiration and its driving factors in peninsular Malaysia. *Atmospheric Research* 2020; 246: 105096.
- Saplıoğlu K., Çoban E. Karadeniz bölgesi yağış serilerinin trend analizi. VII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildirileri 2013: 500-512, İsparta.
- Saplıoğlu K., Kilit M., Yavuz BK. Trend analysis of streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 2014; 23(1): 313-327.
- Sayemuzzaman M., Jha MK. Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. *Atmospheric Research* 2014; 137: 183-194.
- Sen PK. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 1968; 63: 1379-1389.
- Sonali P., Kumar Nagesh D. Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal Hydrology*. 2013; 476: 212-227.
- Sutgibi S. Variations and trends in temperature, precipitation and stream-flow series in the Buyuk Menderes River Basin. *Marmara Geog. Rev.* 2015; (31): 398-414.
- Şan M., Akçay F., Linh N. Kankal M., Pham QB. Innovative and polygonal trend analyses applications for rainfall data in Vietnam. *Theoretical and Applied Climatology* 2021; 144: 809-822.
- Şen Z. Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering* 2012; 17(9): 1042-1046.
- Şen Z. Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology* 2015; 127(3): 39-47.
- Şen Z. Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering* 2014; 19(3): 635-642.
- Tabari H., Hosseinzadehtalaei P., Aghaouchak A., Willems P. Latitudinal heterogeneity and hotspots of uncertainty in projected extreme precipitation. *Environmental Research Letters* 2019; 14(12): 124032.
- Talukdar S., Pal S., Shahfahad Naikoo MW., Parvez A., Rahman A. Trend analysis and forecasting of streamflow using random forest in the Punarbhaba River basin. *Environmental Monitoring and Assessment* 2023; 195(1): 153
- Tang L., Yongbo Z. Considering abrupt change in rainfall for flood season division: A case study of the Zhangjia Zhuang reservoir, based on a new model. *Water* 2018; 10(9): 1152.
- Tokgöz S., Partal T. Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri ile trend analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2020; 10(2): 1107-1118.

- Türkeş M., Erlat E. Variability and trends in record air temperature events of Turkey and their associations with atmospheric oscillations and anomalous circulation patterns. *International Journal of Climatology* 2018; 38(14): 5182-5204.
- Ünal Ç. Tokat'ın iklim özellikleri. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi* 2006; (2): 171-197.
- Vido J., Nalevanková P., Valach J., Sustek Z., Tadesse T. Drought analyses of the Horne Pozitavie region (Slovakia) in the period 1966–2013. *Advances in Meteorology* 2019; 1-11.
- Yagbasan O., Demir, V. Yazicigil H. Trend analyses of meteorological variables and lake levels for two shallow lakes in central Turkey. *Water* 2020; 12(2): 414.
- Yenilmez F., Keskin F., Aksoy A. Water quality trend analysis in Eymir Lake, Ankara. *Physics and Chemistry of the Earth* 2011; Parts a/b/c, 36(5-6): 135-140.
- Yılmaz Y. Amasya Şehri'nin iklim yapısı ve özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2020; 24(Özel Sayı): 167-186.
- Yue S., Hashino M. Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 2003; 39(3): 587-596.
- Yue S., Pilon P., Cavadias G. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology* 2002; 259(1-4): 254-271.