

Atf İçin: Kaya, K., Alkanjo, K., Kartal, V., Yavuz, V.S. ve Arıman, S. (2024). Siirt ilinin yağış ve sıcaklık değişkenlerinin trend analizi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(4), 1489-1511.

To Cite: Kaya, K., Alkanjo, K., Kartal, V., Yavuz, V.S. & Arıman, S. (2024). Trend analysis of precipitation and temperature of Siirt. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(4), 1489-1511.

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend analizi

Kübra KAYA¹, Safa ALKANJO¹, Veysi KARTAL^{1*}, Veysel Süleyman YAVUZ¹, Sema ARİMAN²

Öne Çıkanlar:

- IPTA, ITA, Sen eğimi ve Mann-Kendall testleri kullanılarak sıcaklık ve yağış değişkenlerindeki trendler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler:

- Yağış
- Sıcaklık
- Trend analizi
- Mann-Kendall
- Sen eğimi
- ITA
- IPTA

ÖZET:

Meteorolojik değişkenlerin trend analizi iklim değişikliğinin belirlenmesinde önemlidir. Özellikle yağış, hidrolik çevrimin önemli bir bileşenidir ve sıcaklık ve yağıştaki değişimler tarımı, canlı ekosistemleri ve su kaynakları yönetimini etkiler. Bu çalışmada, Siirt ilinin 1980-2023 yılları arasında sıcaklık ve yağış değişkenlerinin eğilimlerini belirlemek için İnovatif Trend analizi (ITA), Mann-Kendall, Sen eğimi ve İnovatif Poligon Trend Analiz (IPTA) analizleri yapılarak iklim değişikliği göstergeleri belirlenmiştir. Meteorolojik değişkenler aylık, mevsimsel ve yıllık olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yağış ve sıcaklık değişkenleri, Mann-Kendall, ITA, IPTA ve Sen trend analizlerinden elde edilen sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Yağış için bütün trend analizlerinin sonuçlarına göre azalan bir eğim gösterirken, sıcaklık değerlerinde ise artan bir trend tespit edilmiştir. Aylık ve mevsimsel ölçekte daha büyük trend değerleri elde edilmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen trend sonuçlarına göre Siirt ilinde kuraklık risk yönetimi ve su kaynakları yönetiminde daha fazla dikkat edilmesini göstermektedir.

Trend Analysis of Precipitation and Temperature Variables of Siirt

Highlights:

- Trends in temperature and precipitation variables were determined using IPTA, ITA, Sen slope and Mann-Kendall tests.

Keywords:

- Precipitation
- Temperature
- Trend Analysis
- Mann-Kendall
- Sen slope
- ITA
- IPTA

ABSTRACT:

Trend analysis of meteorological variables is important in the determination of climate change. Precision is an important component of the hydraulic cycle and changes in temperature and precipitation affect agriculture, living ecosystems and water resources management. This study analyses Innovative Trend Analysis (ITA), Mann-Kendall, Sen slope and Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) to determine the trends of temperature and precipitation variables between 1980 and 2023 in Siirt province and climate change indicators were determined. Meteorological variables were evaluated separately on monthly, seasonal and annual scales. The results obtained from Mann-Kendall, ITA, IPTA and Sen trend analyses for precipitation and temperature variables were compared against each other. The results of all trend analyses for precipitation show a decreasing slope, while an increasing trend is detected in temperature values. The trend values are larger at monthly and seasonal scales. The trend results obtained in the present study indicate that more attention should be paid to drought risk management and water resources management in Siirt province

¹ Kübra KAYA ([Orcid ID: 0009-0009-4065-0175](https://orcid.org/0009-0009-4065-0175)), Safa ALKANJO ([Orcid ID: 0009-0009-2933-0292](https://orcid.org/0009-0009-2933-0292)), Veysi KARTAL ([Orcid ID: 0000-0003-4671-1281](https://orcid.org/0000-0003-4671-1281)), Veysel Süleyman YAVUZ ([Orcid ID: 0000-0002-5867-7677](https://orcid.org/0000-0002-5867-7677)), İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, 56000, Türkiye

²Sema ARİMAN ([Orcid ID: 0000-0001-7201-9243](https://orcid.org/0000-0001-7201-9243)), Samsun Üniversitesi, Özdemir Bayraktar Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Samsun, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Veysi KARTAL, e-mail: veysikartal@siirt.edu.tr

GİRİŞ

Su, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için en kritik unsurlardan biridir ve yaşam ihtiyaçları için gereklidir. Canlı organizmalar için su ihtiyacı yüzey ve yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Hidro-meteorolojik parametrelerdeki tarihsel değişimler, su yönetimi ve su kaynakları planlaması için hayati önem taşımaktadır. Hidro-meteorolojik ölçümler, iklim değişikliğini değerlendirmek için bölgenin eğiliminin belirlenmesinde ve planlanmasında çok önemlidir. Hidro-meteorolojik parametrelerdeki (yağış, sıcaklık, yüzey akışı, buharlaşma vb.) değişimler bölgenin iklim değişikliğini etkilemektedir. İklim değişikliği ve artan insan baskısı, sıcaklık ve yağış gibi parametrelerde değişime neden olmakta ve eskiden kurak olmayan bölgeleri etkilemektedir. Bu sorunu doğru bir şekilde ele almak için trend çalışmaları büyük önem taşımaktadır.

Küresel iklim değişikliği, dünyanın her yerinde farklı oranlarda yağış, sıcaklık ve diğer iklim değişkenlerini etkileyerek ciddi olumsuz sonuçlara da neden olmaktadır (Yue vd. 2003). Bu değişiklikler, sıcaklıkların artmasıyla kuraklık, deniz seviyesinin yükselmesi ve yağış düzeninin bozulması gibi etkilerle kendini göstermektedir (Kılıçer, 2000). Bu nedenle, son yıllarda çeşitli disiplinlerde, iklim değişkenlerindeki ani değişimleri ve eğilimleri belirlemek için trend analizleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Acar, 2024a; Simsek et al., 2023). Trend analizi, geçmiş verilerin incelenmesi yoluyla gelecekteki eğilimleri tahmin etmeyi de amaçlayan bir metodolojidir (Kızılelma vd. 2010). Hidrolojik çalışmalarda, trend analizinin kullanımı, stratejik planlama, karar alma süreçleri ve rekabet avantajı elde etme konularında kritik bir rol oynamaktadır (Acar, 2024a). Trend analiz testleri, belirli bir zaman serisinden elde edilen verilere çeşitli formüller uygulayarak eğilimlerini belirlemekte ve bu eğilimlerin hangi yönde ilerlediğini istatistiksel raporlar veya grafikler üzerinde göstermektedir (Gardner vd. 1996). Bu analizler, geçmiş iklim verilerinin incelenmesiyle bugünkü ve gelecekteki iklim değişikliklerini anlamak için önemli bir araç haline gelmiştir (Kocaoğlu ve Çağlıyan 2022). Trend analizi sonuçları, gelecekte yapılacak çalışmalar için temel oluşturmakta ve iklim özellikleri hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır (Ceyhunlu ve Aydın 2020).

Kuraklık ciddi bir iklim olayı olduğundan, iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon gibi klimatolojik büyüklükler üzerindeki etkisini ve bunun kuraklığa yansımalarını incelemek kuraklık analizleri için önemlidir. Bu amaçla literatüre bakıldığında, klimatolojik büyüklüklerdeki eğilimler bir dizi parametrik (F-testi, T-testi, doğrusal regresyon) ve parametrik olmayan (Sen Eğim Testi, Mann-Kendall, Standart Homojenlik Testi) yöntemlerle tespit edilebilmektedir (Gumus et al., 2021; Mersin et al., 2022).

Hidro-meteorolojik verilerdeki eğilimleri analiz etmek için çok sayıda yöntem de kullanılmaktadır. Örneğin, Sen (2012) yenilikçi eğilim analizini (ITA) önermiştir. Farklı bölgeler için farklı yöntemler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır (Avsaroglu and Gumus, 2022; Gumus, 2019; Gumus et al., 2021; Tayfur, 2021). Şen (2017) tarafından belirli bir anlamlılık düzeyinde bir eğilim elde etmek için yenilikçi bir eğilim analizi (ITA) geliştirilmiştir. Ayrıca, Şen vd. (2019) zaman serilerinde birbirini takip eden dönemlerdeki değişimleri elde etmek için yenilikçi poligon trend analizini (IPTA) önermişlerdir. Son zamanlarda, IPTA yöntemi trend çalışmalarında yaygın olarak uygulanmaktadır (Achite et al., 2021a; Gumus et al., 2022; Hırca et al., 2022; Şan et al., 2021; Acar, 2024b, 2024a).

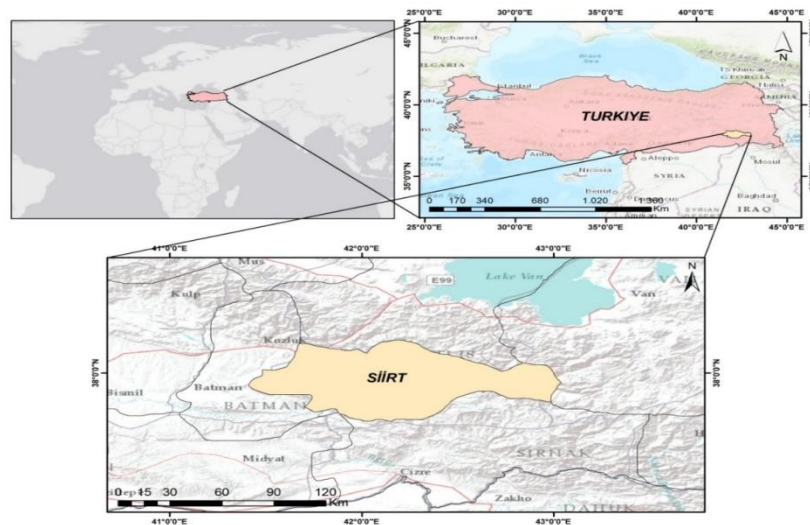
Trend analizi, verilerdeki düzenlilikleri tanımlamak, gelecekteki olası gelişmeleri öngörmek ve stratejik planlamayı desteklemek için çeşitli teknikler ve araçlar kullanır (Eroğlu 2021). Bu teknikler arasında regresyon analizi, zaman serisi analizi, makine öğrenimi algoritmaları ve veri görselleştirme gibi yöntemler bulunmaktadır (Myronidis vd. 2018). Özellikle tarımın olduğu bölgelerde iklim

değişikliğinin ve değişiminin belirlemede sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik değişkenlerin yönelimlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bölgedeki sıcaklık ve yağış değişkenlerinin iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin araştırılması, özellikle güneş enerji santralleri, yağıştan beslenen akarsu akımları ve tarımsal faaliyetler gibi birçok farklı alanda yürütülen faaliyetlerin planlanması ve işletilmesi açısından son derece önemlidir (Mann, 1945). Meteorolojik olarak başlayan kuraklık, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkla devam eder ve sonrasında sosyo-ekonomik boyutlara ulaştığında etkileri daha belirgin hale gelmektedir (Partal ve Yavuz 2020). Dolayısıyla, kuraklık durumunun araştırılması son derece önemlidir. Kuraklık analizinin yanı sıra, iklim değişiminin etkilerinin araştırılması ve bu etkilere karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi açısından da trend analizi büyük bir önem taşımaktadır (Haktanir ve Citakoglu 2014). Trend analizi için hem parametrik hem de parametrik olmayan birçok analiz yöntemi bulunmaktadır (Demir, 2022). Bu yöntemler, belirli bir zaman aralığında meteorolojik verilerin değişim yönünü ve büyüklüğünü belirlemek için kullanılmaktadır (Katipoğlu vd. 2022). Özellikle, meteorolojik değişkenlerin zaman serilerinin trendlerini belirlemede, Mann-Kendall, Sen testi gibi parametrik olmayan yöntemler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Pour vd. 2020; Katipoğlu vd. 2022). Bu yöntem, karmaşık bir dünyada işletmelerin ve karar vericilerin daha bilinçli ve bilgili kararlar almasına yardımcı olan güçlü bir araç olarak ortaya çıkmaktadır (Karabulut ve Cosun 2019).

Sonuç olarak, yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik değişkenleri kullanılarak trend analizi çalışması yapılması iklim değişikliği yönelimlerinin belirlenmesi, etkilerinin anlaşılması ve iklim modelleri için yapılacak çalışmalar yön verilmesi için önem taşımaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Siirt ilinin, sıcaklık ve yağış verilerinde bulunan trendler klasik Mann-Kendall, İnovatif Trend Analizi (ITA), İnovatif Poligon Trend Analizi (IPTA) yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Mevcut çalışmada 1980-2023 yıllarına ait ortalama sıcaklık ile yağış verileri kullanılmıştır. Bu çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede veri tabanlı karar almanın önemini ve gelecekteki iklim değişikliği senaryolarını tahmin etmede trend analizinin potansiyelini tartışacaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı



Şekil 1. Çalışma Alanı

Siirt ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 41°57' doğu boylamı ve 37° -55' Kuzey enlemi üzerinde yer almaktadır. Kuzeyden Bitlis ve Batman, güneyde Şırnak ve Mardin, batıda Batman, doğuda Van ve Şırnak illeriyle çevrilidir. Siirt topraklarının büyük bir kısmı dağlarla kaplıdır.

Kışlar doğu ve kuzey bölgelerde daha sert ve yağışlı, güney ve güneybatı bölgelerde ise daha sıcak geçmektedir. Yazlar sıcak ve kuraktır. Siirt arazi yapısı ağırlıklı olarak yüksek dağlar ve platolardan oluşmaktadır. Bitki örtüsü bozkırlarla kaplıdır. Burada çok sayıda bodur ve çalı ağacı bulunmaktadır ancak ağaç bakımından ise zengin olmayan bir şehirdir. Siirt şehrinin haritadaki yeri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Verilerin toplanması

Bu çalışmada, 1980-2023 yılları arasındaki meteorolojik trendi hesaplamak için aylık ortalama sıcaklık (T_{av}) ve toplam yağış (P) değişkenleri kullanılmıştır. Meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan yağış verilerine Mann-Kendall testi yapılmadan önce ön prewhitening işlemi uygulanmıştır. Bunun amacı yağış verilerinde otokorelasyon olup olmadığını tespit etmektir. Ayrıca mevcut çalışmayı değerlendirmek için veri seti iki döneme ayrılarak, iklim değişikliğine bağlı olarak meteorolojik değişkenlerdeki değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Birinci veri seti 1980-2001 (22 yıl) yılları iken, ikinci veri seti 2002-2023 (22 yıl) yıllarıdır.

Mann-kendall (MK) trend analizi

Mann-Kendall testi, belirli bir zaman aralığındaki göreceli sıralamalara dayalı olarak verilerdeki eğilimi belirlemek için kullanılan parametrik olmayan bir testtir (Kendall, 1975). Bu testte verilerin normallik varsayımlarını karşılaması gerekmemektedir (Sa'adi vd. 2019). Dünya Meteoroloji Örgütü bu testi bir dizi hidrolojik verideki eğilimleri tespit etmek için önermektedir (WMO, 2023). Mann-Kendall test istatistiği denklem 1'deki gibi hesaplanır (Aditya et al., 2021).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgin}(x_j - x_i), \quad \text{sgin}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Pozitif bir S değeri yükseliş eğilimini, negatif değer ise düşüş eğilimini gösterir. Z değerini elde etmek için yağışın varyansı hesaplanır. Varyans (S) şu şekilde hesaplanır (Karabulut & Cosun, 2019):

$$\text{Var}(S) = (n - 1)(2n + 5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i + 5)/18 \quad (2)$$

Burada n, veri noktalarının sayısıdır, m veri setindeki tekrar gözlem sayılarını t_i örnek i'ye kadar olan bağların sayısı olarak kabul edilir. Normal Z testi istatistiği aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$|Z|$ 'nin hesaplanan değeri eğer $|Z| > z_{\alpha/2}$ ise sıfır hipotezi H_0 iki taraflı bir testte α anlamlılık seviyesinde reddedilir. Bu analizde sıfır hipotezi %95 güven seviyesinde test edilmiştir (Brema, 2018).

Sen trend analizi

Dünya Meteoroloji Örgütü bu testi hidrometeorolojik verilerdeki trend tespitinin bir parçası olarak önermektedir (WMO, 2023). Bu testte trendin doğrusal olduğu ve zaman değişiminin niceliğini temsil ettiği varsayılır. Sen eğimi, veri hatalarından etkilenmediği için doğrusal regresyona göre bir avantaja sahiptir. N çift yağış çiftinin eğim tahminleri aşağıdaki denkleme dayalı olarak hesaplanır:

$$Q_i = \frac{P_j - P_i}{j - i} \quad \text{için } i = 1, 2, \dots, N, (j > i) \quad (4)$$

Burada P_j ve P_i sırasıyla j ve i zamanlarındaki yağış değerleridir. Q_i 'nin bu N değerlerinin medyanı Sen'in eğim tahmincisidir. Sen'in tahmincisi şu şekilde hesaplanır (Achite vd. 2021):

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\left[\frac{N+1}{2}\right]} & \text{Eğer } N = \text{tek ise} \\ \frac{Q_{\left[\frac{N}{2}\right]} + Q_{\left[\frac{N+1}{2}\right]}}{2} & \text{Eğer } N = \text{çift ise} \end{cases} \quad (5)$$

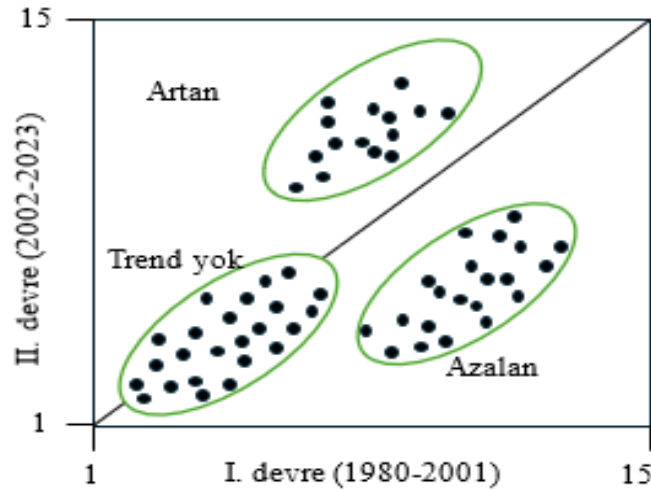
Qi'nin pozitif değeri, zaman serisinde yükseliş veya artan bir eğilimi belirtirken, Qi'nin negatif değeri, zaman serisinde düşüş veya azalan bir eğilimi gösterir.

İnovatif poligon trend analizi (IPTA)

IPTA ilk olarak Şen vd. (2019) tarafından önerilmiştir. Aylık yağış kayıtları için, n yıllık x_1, \dots, X_n serisi göz önüne alındığında, aşağıdaki aylık matris oluşturuldu (Şen, 2019):

$$\begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1,12} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2,12} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{i,1} & x_{i,2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{i,12} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{n,12} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada i ayları, n ise yılları temsil etmektedir. Aylık veri seti iki eşit parçaya bölünerek her bir veri setinin aritmetik ortalaması veya standart sapması hesaplanır. Daha sonra koordinat sisteminde ilk aylık veri seti x eksenine, ikinci aylık veri seti ise y eksenine yerleştirilir. Bu şekilde oluşturulan aylık veriler için Yenilikçi Poligon Trend Analizi (IPTA) yöntemi Şekil 2'de verilmektedir (Ceribasi vd. 2021).



Şekil 2. ITA ve IPTA Yöntemlerinin Yorumlanması

İnovatif trend analizi (ITA)

Şen (2012) tarafından geliştirilen ITA yöntemi, belirli bir zaman serisindeki olası genel artış veya azalışları gösteren bir teknik analiz yöntemidir. Bu yöntemde elde edilen veriler sıraya göre düzenlenir ve daha sonra iki eşit seriye bölünür. İkiye ayrılan bu seriler küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Serinin ilk kısmı (1980-2001), Kartezyen koordinat sisteminin x eksenine, ikinci kısmı (2002-2023) ise Y eksenine yerleştirilir (Şekil 2) (Caloiero vd. 2018).

ITA tarafından çizilen doğrusal trend eğim S'i aşağıdaki ifadeye göre hesaplanabilir (Zekai Şen, 2017).

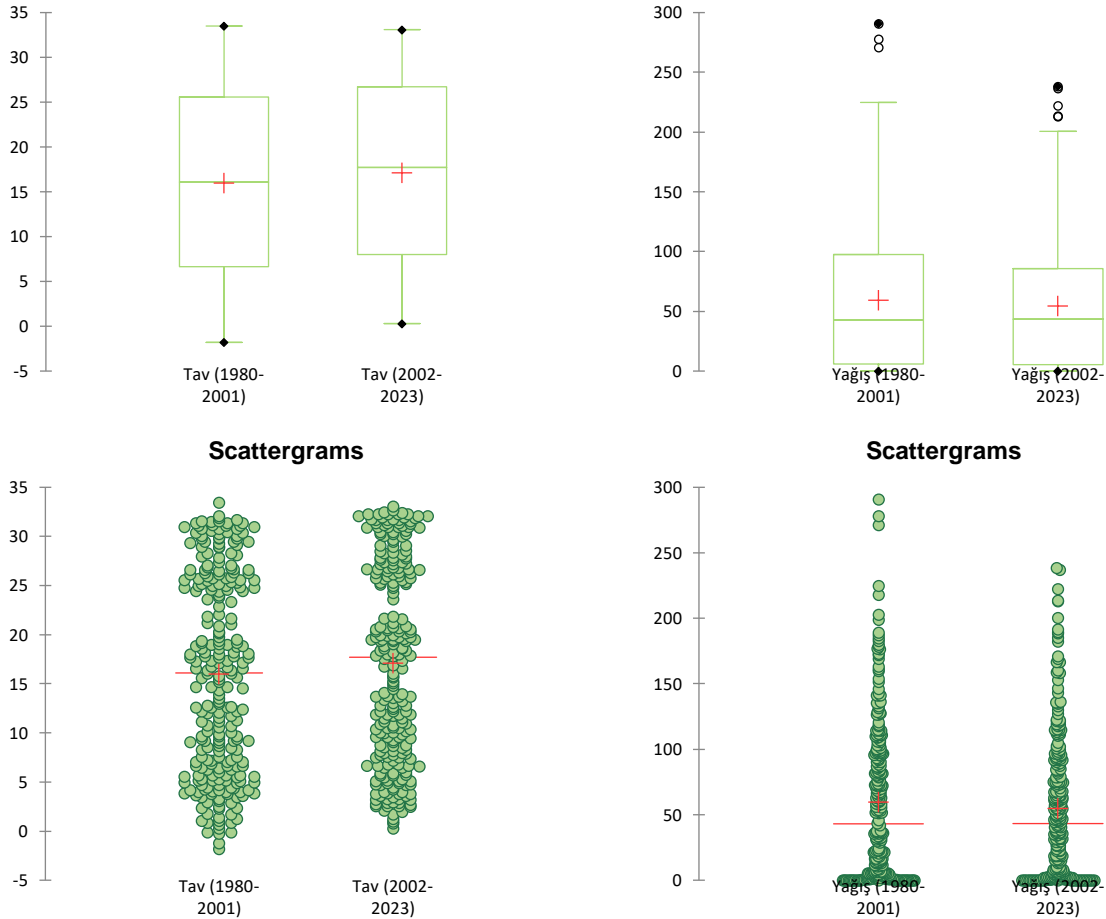
$$S = \frac{2(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)}{n} \quad (7)$$

Burada n veri sayısıdır ve \bar{y}_1 ve \bar{y}_2 bağımlı değişkenin birinci ve ikinci yarısının aritmetik ortalamalarıdır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

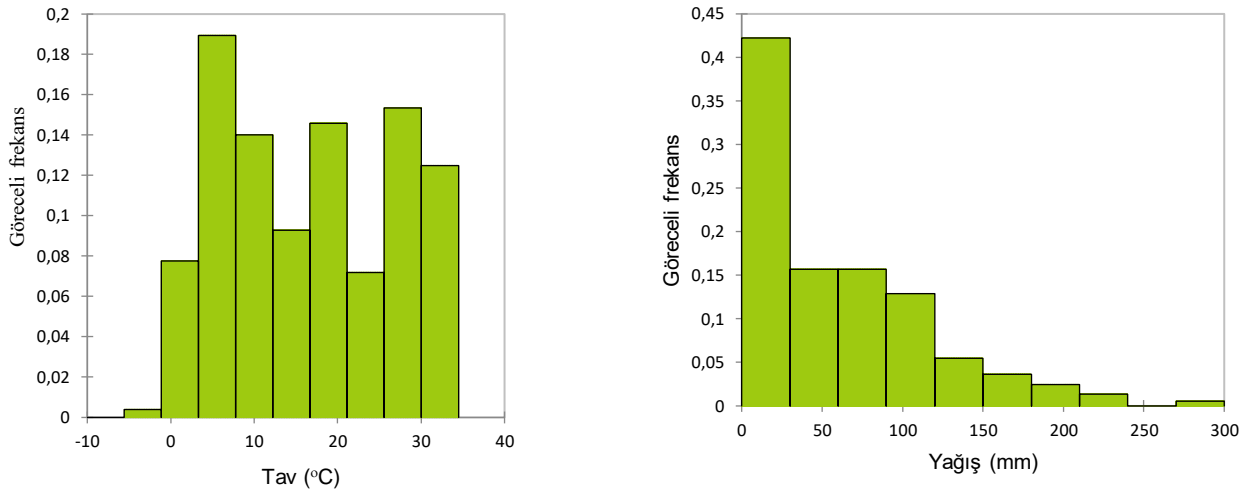
Tanımlayıcı İstatistikler

Siirt bölgesindeki sıcaklık ve yağış değişkenlerinin zamansal değerlendirilmesi kutu grafikler ve saçılma diyagramları aracılığıyla incelenmiştir. Sıcaklığın ortalama değeri 1980-2001 periyodu için 15.99 °C iken 2002-2023 periyodu için ise 17.13 °C'tir. Yağışın ortalama değeri 1980-2001 dönemi için 59.55 mm 2002-2023 dönemi için ise 54.70 mm'dir. Sıcaklık ve yağış miktarları arasındaki ilişkinin görselleştirilmesinde kullanılan saçılma diyagramları, bu iki meteorolojik değişken arasında potansiyel bir korelasyonun varlığına işaret etmektedir. Kutu grafiklerinden elde edilen sonuçlara göre, sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişimi ve dağılımı açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle yağış miktarlarında belirgin olan ekstrem değerler, bölgesel yağış olaylarının yoğunluğu ve olma sıklığı açısından büyük farklılıklar göstermektedir. (Şekil 3). Sonuç olarak elde edilen veriler Siirt bölgesindeki meteorolojik koşulların değiştiğini ve ani ve şiddetli hava olaylarının olma sıklığında artış olduğunu göstermektedir. Tablo 1'de Siirt ilinin yağış ve sıcaklık verilerinin istatistiksel bilgileri verilmiştir.



Şekil 3. Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Saçılma ve Histogram Grafiji

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi



Şekil 3. Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Saçılma ve Histogram Grafiği (Devamı)

Tablo 1. Yağış ve Ortalama Sıcaklık Verilerinin İstatistik Değerleri

Değişken	Veri aralığı	Minimum	Maksimum	Ortalama	St. sapma	Çarpıklık	Basıklık
Ortalama sıcaklık (Tav)	1980-2023	-1.80	33.50	16.56	9.98	0.07	-1.36
Yağış (p)		0.00	291.10	57.12	57.53	1.11	0.97

Bu çalışmada Siirt bölgesindeki sıcaklık ve yağış verileri, belirlenen aralıklar için betimsel istatistiklerle analiz edilmiştir. Sıcaklık verileri -10.0°C 'den 34.5°C 'ye kadar 10 farklı aralıkta incelenmiş, en düşük sıklık (-10.00 ila -5.55°C arası) ve yoğunluk değerleri sıfır olarak belirlenmiştir. En yüksek sıklık ve yoğunluk değerleri 3.35 ila 7.80°C aralığında görülmüştür, bu aralıkta 100 gözlem ve %18.9'luk bir göreceli sıklık kaydedilmiştir. Sıcaklık değerleri arttıkça, 25.60 ila 30.05°C aralığındaki sıklık (%15.3) ve yoğunluk (0.034) dikkate değer şekilde yükseldiği görülebilmektedir. Yağış verileri ise 0 ila 300 mm arasında 10 farklı aralıkta değerlendirilmiştir. En yüksek sıklık ve yoğunluk değerleri, 30 ila 60 mm yağış aralığında, 83 gözlem ve %15.7'lik göreceli sıklıkla kaydedilmiştir. Ancak, 240 ila 300 mm aralığındaki yağış miktarlarında gözlem sayısı hızla düşmekte, bu da bu aralıklarda yağışların nadir olduğunu göstermektedir. Özellikle, 270 ila 300 mm aralığındaki yağış miktarı için sadece 3 gözlem (%0.6) kaydedilmiştir ve bu aralıkta yoğunluk neredeyse sıfırdır (Tablo 2). Bu sonuçlar, Siirt bölgesinde sıcaklık ve yağış dağılımının geniş bir spektrumu kapsadığını, ancak belirli aralıklarda yoğunlaşma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Sıcaklık ve Yağış Frekans ve Yoğunluk Değerleri

Ortalama sıcaklık (T_{av} , $^{\circ}\text{C}$)					Yağış (P, mm)				
Alt sınır	Üst sınır	Frekans	Bağıl frekans	Yoğunluk	Alt sınır	Üst sınır	Frekans	Bağıl frekans	Yoğunluk
-10.000	-5.550	0	0.000	0.000	0.000	30.000	223	0.422	0.014
-5.550	-1.100	2	0.004	0.001	30.000	60.000	83	0.157	0.005
-1.100	3.350	41	0.078	0.017	60.000	90.000	83	0.157	0.005
3.350	7.800	100	0.189	0.043	90.000	120.000	68	0.129	0.004
7.800	12.250	74	0.140	0.031	120.000	150.000	29	0.055	0.002
12.250	16.700	49	0.093	0.021	150.000	180.000	19	0.036	0.001
16.700	21.150	77	0.146	0.033	180.000	210.000	13	0.025	0.001
21.150	25.600	38	0.072	0.016	210.000	240.000	7	0.013	0.000
25.600	30.050	81	0.153	0.034	240.000	270.000	0	0.000	0.000
30.050	34.500	66	0.125	0.028	270.000	300.000	3	0.006	0.000

Dağılım uydurma (Distribution fitting)

Siirt bölgesi için sıcaklık ve yağış değişkenlerinin dağılımı çeşitli istatistiksel modeller kullanılarak analiz edilmiştir. Sıcaklık verileri için Fisher-Tippett (2), Genelleştirilmiş Aşırı Değer (GEV), Gumbel, Lojistik, Normal ve Student dağılımları değerlendirilmiş ve her bir model için

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi

Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testinde p-değerleri 0.0001'den küçük bulunmuştur (Şekil 4). Bu sonuçlar, seçilen tüm dağılım modellerinin sıcaklık verileri ile iyi bir uyum sağladığını göstermektedir. Yağış verileri için ise Exponential, Fisher-Tippett (1), Fisher-Tippett (2), GEV, Gumbel, Lojistik ve Student dağılımları test edilmiş ve benzer şekilde tüm modeller için p-değerleri 0.0001 olarak hesaplanmıştır. Bu, yağış verilerinin de belirlenen istatistiksel modellerle yüksek uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Normal dağılım altında sıcaklık verilerinin tahmini parametreleri μ (ortalama) 16.564 ve sigma (standart sapma) 9.973 olarak belirlenmiştir. Fisher-Tippett (2) modeli altında yağış verileri için beta parametresi 40.484 ve μ parametresi 31.686 olarak tahmin edilmiştir. Her iki parametre için standart hatalar sırasıyla 0.148 ve 1.846 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel verilerle ilgili daha ayrıntılı değerlendirme yapıldığında, sıcaklık için hesaplanan ortalama ve varyans değerleri tahmini parametrelerle uyumlu bulunmuş, çarpıklık ve basıklık değerleri ise sırasıyla 0.070 ve -1.366 olarak belirlenmiştir. Yağış verileri için ise ortalama ve varyans, model parametreleri ile yüksek derecede uyumlu olup, çarpıklık ve basıklık değerleri sırasıyla 1.111 ve 0.950'dir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçlarına göre, her iki veri seti için de p-değerleri 0.0001'den küçük bulunmuştur. Bu sonuçlar, model tahminlerinin veri setleriyle yüksek başarımlı olduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Sıcaklık ve Yağış Değişkenlerinin Dağılım Sonuçları

T _{av}			P		
Dağılım	p-value		Dağılım	p-value	
Fisher-Tippett (2)	<0.0001		Exponential	<0.0001	
GEV	<0.0001		Fisher-Tippett (1)	<0.0001	
Gumbel	<0.0001		Fisher-Tippett (2)	<0.0001	
Logistic	<0.0001		GEV	<0.0001	
Normal	<0.0001		Gumbel	<0.0001	
Student	<0.0001		Logistic	<0.0001	
			Student	<0.0001	
Tahmini parametreler (Tav)(Normal)			Tahmini parametreler (Yağış) (Fisher-Tippett (2))		
Parametre	Değer	Standart hata	Parametre	Değer	Standart hata
μ	16.564	0.148	beta	40.484	1.846
sigma	9.973	0.148	μ	31.686	1.482
Kolmogorov-Smirnov test (Tav):			Kolmogorov-Smirnov test (Yağış):		
D	0.108		D	0.135	
p-değeri (Two-tailed)	<0.0001		p-değeri (Two-tailed)	<0.0001	
alpha	0.05		alpha	0.05	

Siirt bölgesindeki yağış verileri üzerinde gerçekleştirilen Chi-kare uyum iyiliği testi sonuçları incelenmiştir. Yağış verileri on farklı sınıfa ayrılmış ve her bir sınıf için gözlemlenen frekanslar ile teorik dağılım frekansları karşılaştırılmıştır (Tablo 4). Analiz sonuçlarına göre, gözlemlenen Chi-kare değeri 116.479 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, serbestlik derecesi 7 olan kritik Chi-kare değeri 14.067'den anlamlı ölçüde yüksektir ve iki kuyruklu p-değeri 0.0001'den küçüktür. Özellikle, yağış miktarının 30mm ile 60mm arasındaki sınıfında gözlemlenen frekans (83), teorik frekanstan (135.093) önemli ölçüde düşüktür ve bu sınıf için Chi-kare katkısı 20.087 olarak hesaplanmıştır. Öte yandan, 270. mm ile 300. mm arasındaki yağış miktarı için gözlemlenen frekans 3 iken, teorik frekans 0.766'dır ve bu durum Chi-kare değerine 6.520 puanlık bir katkı sağlamıştır.

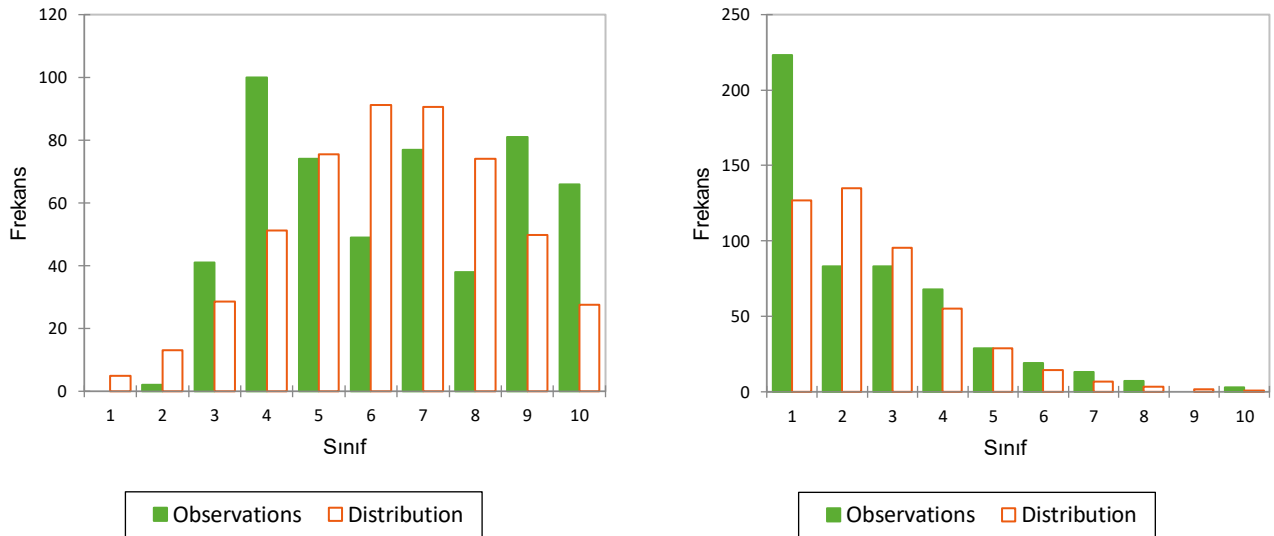
Tablo 4. Sıcaklık ve Yağış Değişkeninin Chi-square Test Sonuçları

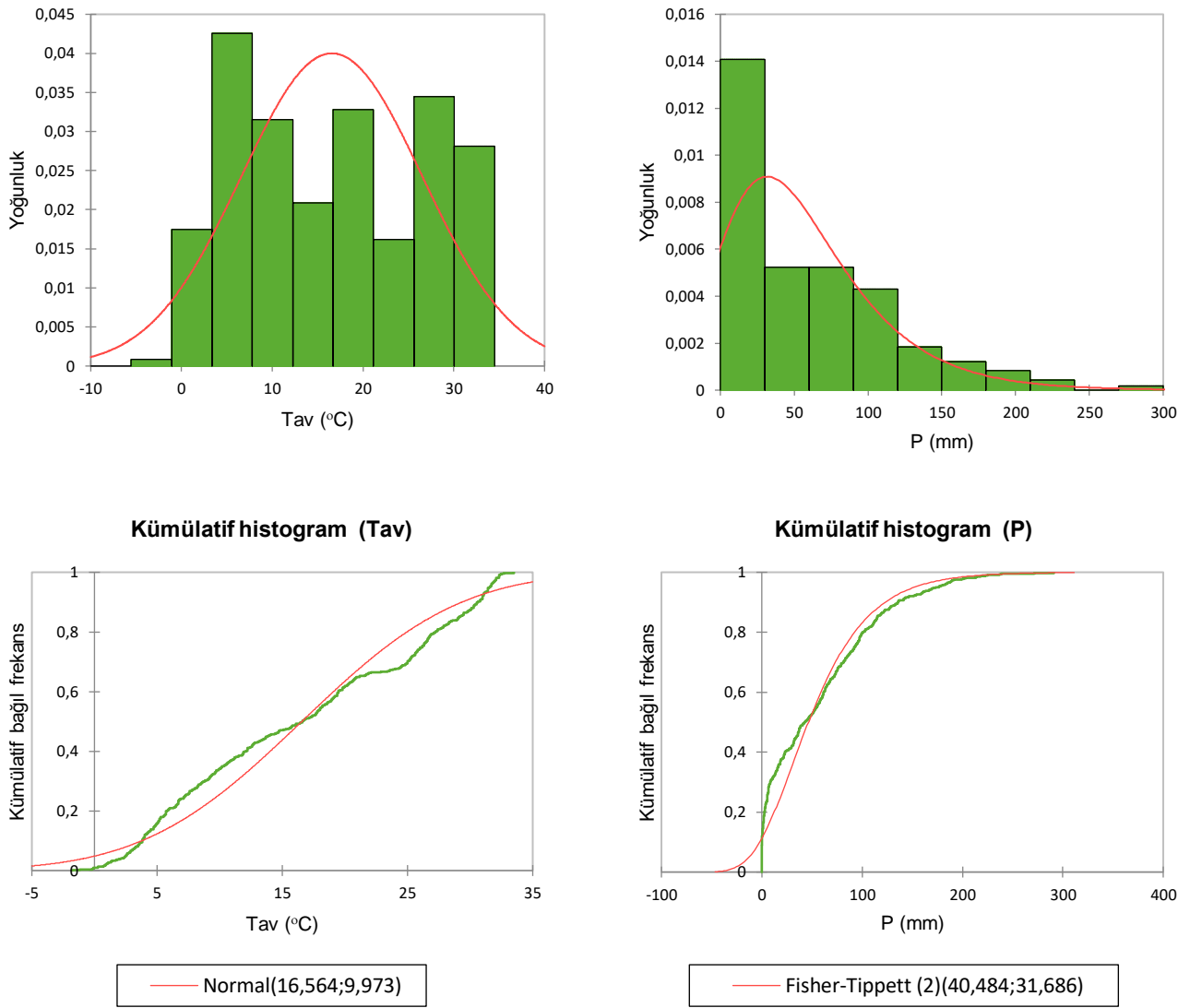
T _{av}		P	
Chi-square (Gözlemlene değer value)	178.636	Chi-square (Gözlemlen değer)	116.479
Chi-square (Kritik değer)	14.067	Chi-square (Kritik değer)	14.067
DF	7	DF	7
p-value (Two-tailed)	<0.0001	p-value (Two-tailed)	<0.0001
alpha	0.05	alpha	0.05

Tablo 4. Sıcaklık ve Yağış Değişkeninin Chi-square Test Sonuçları (Devamı)

Sınıf	T _{av}					P					
	Alt sınır	Üst sınır	Frekans	Frekans (Dağılım)	Chi-square	Sınıf	Alt sınır	Üst sınır	Frekans	Frekans (Dağılım)	Chi-square
1	-10.00	-5.550	0	4.980	4.980	1	0.000	30.000	223	126.903	72.770
2	-5.550	-1.100	2	13.182	9.485	2	30.000	60.000	83	135.093	20.087
3	-1.100	3.350	41	28.683	5.289	3	60.000	90.000	83	95.413	1.615
4	3.350	7.800	100	51.308	46.209	4	90.000	120.00	68	54.983	3.082
5	7.800	12.25	74	75.454	0.028	5	120.00	150.00	29	28.703	0.003
6	12.250	16.70	49	91.229	19.547	6	150.00	180.00	19	14.289	1.553
7	16.700	21.15	77	90.684	2.065	7	180.00	210.00	13	6.953	5.258
8	21.150	25.60	38	74.110	17.595	8	210.00	240.00	7	3.347	3.987
9	25.600	30.05	81	49.793	19.558	9	240.00	270.00	0	1.603	1.603
10	30.050	34.50	66	27.504	53.880	10	270.00	300.00	3	0.766	6.520

Sıcaklık verileri için histogram -10°C 'den 34.5°C 'ye kadar olan aralıkları kapsamaktadır. Bu dağılım, bölgedeki sıcaklık varyasyonlarının geniş bir yelpazeye yayıldığını göstermektedir. Özellikle sıcaklık değerlerinin -1.1°C ile 7.8°C arasında yoğunlaştığı, bu aralıklarda sıklık ve yoğunluk değerlerinin diğer aralıklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yağış verileri için histogram, 0 mm'den 300 mm'ye kadar olan yağış miktarlarını göstermektedir. En yüksek frekans değerleri, 30 mm ile 90 mm arasında gözlemlenmiştir, bu da belirli yağış miktarları aralığında daha sık yağış olduğunu işaret etmektedir. Ancak, 240 mm ve üzeri yağış miktarları neredeyse hiç gözlemlenmemiştir. Bu durum, bu yağış miktarlarının bölgede oldukça az olduğunu göstermektedir.

**Şekil 4.** Yağış ve Sıcaklık Verilerine Eğri Uydurulması



Şekil 4. Yağış ve Sıcaklık Verilerine Eğri Uydurulması (Devamı)

Trend analizi

Yağış ve sıcaklık verilerinin iklim değişikliğine bağlı olarak eğilimleri. Sen eğimi. Mann-Kendall. ITA ve IPTA gibi çeşitli istatistiksel trend analiz yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (Tablo 5. 6 7)). Örneğin. ocak ayı için yağış miktarları 16.9 mm ile 200.6 mm arasında değişirken. ortalama 80.1 mm olarak belirlenmiştir. Mart ayında ise maksimum yağış 271.3 mm ile dikkat çekerken. ortalama yağış miktarı 114.2 mm olarak hesaplanmıştır. Sen eğimi değerleri. yağış trendlerindeki değişimi göstermektedir. Özellikle Kasım ayında -0.700 gibi yüksek bir negatif eğim değeri. bu ayda yağış miktarlarının zaman içinde azaldığını göstermektedir. Diğer taraftan. ağustos ayında pozitif bir Sen eğimi değeri (0.000) yağış miktarlarının artma eğiliminde olduğunu işaret etmektedir. Kendall tau sonuçları. verilerin trend yönü hakkında istatistiksel olarak önemli bilgiler sağlar. Şubat ayında -0.146 gibi bir değer. bu dönemde yağış miktarlarında azalma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Yağış ve Sıcaklığın Trend Analiz Sonuçları

Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma	Kendall's tau	p	Sen eğimi	Z testi	Run testi
T _{av} (°C)	-1.800	33.500	16.564	9.983	0.063	0.031	0.0002	<0.0001	<0.0001
P (mm)	0.000	291.100	57.121	57.530	-0.025	0.385	-0.0001	<0.0001	<0.0001

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi

Tablo 6. Yağışın Aylık ve Mevsimsel Trend Analiz Sonuçları

Periyot	Min P	Max P	Ort. P	Standart sapma	Kendall's tau	p	Sen eğimi	ITA	IPTA
Ocak	16.900	200.600	80.098	37.548	-0.003	0.984	-0.011	0.388	-1.026
Şubat	16.700	189.100	95.518	41.492	-0.146	0.166	-0.619	-0.398	1.269
Mart	13.200	271.300	114.177	57.425	0.027	0.800	0.173	-0.505	0.160
Nisan	0.700	238.500	95.948	55.585	-0.085	0.424	-0.493	-0.081	13.309
Mayıs	2.000	291.100	61.005	53.652	-0.068	0.524	-0.339	-1.075	0.012
Haziran	0.000	36.600	9.073	9.474	-0.100	0.346	-0.093	-0.013	9.391
Temmuz	0.000	22.200	2.352	4.238	-0.146	0.188	0.000	-0.124	-0.146
Ağustos	0.000	13.900	1.841	2.882	0.161	0.147	0.000	0.018	6.875
Eylül	0.000	35.500	5.707	7.993	0.033	0.761	0.004	0.125	1.106
Ekim	0.800	189.600	49.952	41.180	0.013	0.911	0.029	0.138	-2.206
Kasım	1.300	213.800	84.045	55.253	-0.127	0.229	-0.700	-0.305	2.666
Aralık	6.800	278.200	85.734	58.341	0.006	0.960	0.014	-0.813	-0.477
Sonbahar	18.700	263.400	139.705	69.001	-0.061	0.564	-0.532	-0.042	1.376
Kış	102.700	525.700	259.555	87.936	-0.017	0.879	-0.237	-0.057	28.917
İlkbahar	111.700	519.400	271.130	92.355	-0.085	0.424	-1.054	-1.661	0.072
Yaz	0.000	39.500	13.266	10.763	-0.132	0.210	-0.159	-0.119	0.350

Ocak ayı için minimum sıcaklık -1.8°C . maksimum sıcaklık 6.5°C ve ortalama sıcaklık 3.12°C olarak belirlenmiştir. Bu ay için Kendall T_{av} değeri 0.202 ve p-değeri 0.056. sıcaklık trendlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğuna işaret etmektedir. Sen eğimi değeri ise 0.043. yıllar içinde sıcaklık artışını göstermektedir. İlgili aylar için ITA ve IPTA değerleri sırasıyla 0.034 ve 2.239 olarak kaydedilmiştir. Benzer şekilde. Haziran ve ağustos ayları için yapılan analizler. sıcaklık değerlerinin belirgin bir artış trendi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu aylarda Kendall tau değerleri sırasıyla 0.472 ve 0.482 olarak belirlenmiş. her iki durumda da p-değerleri 0.0001'den küçük bulunmuştur. bu da trendlerin çok güçlü olduğunu göstermektedir.

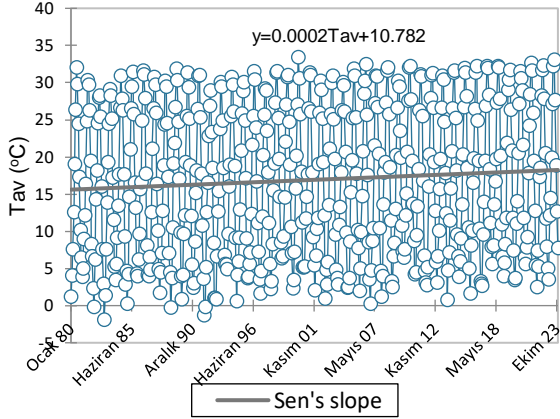
Tablo 7. Ortalama Sıcaklığın aylık ve Mevsimlik Trend Sonuçları

Periyot	Min T	Max T	Ort. T	Standart sapma	Kendall's tau	p-value	Sen eğimi	ITA	IPTA
Ocak	-1.800	6.500	3.120	1.883	0.202	0.056	0.043	0.034	2.239
Şubat	-0.100	8.200	4.602	2.217	0.271	0.010	0.074	0.075	1.093
Mart	4.300	13.700	8.825	2.328	0.282	0.008	0.071	0.082	0.376
Nisan	10.500	19.200	14.364	1.900	0.235	0.026	0.050	0.031	1.580
Mayıs	15.500	24.300	19.693	1.714	0.236	0.025	0.043	0.049	1.274
Haziran	22.900	29.100	26.427	1.273	0.472	<0.0001	0.058	0.062	0.570
Temmuz	26.900	33.500	30.941	1.235	0.339	0.001	0.042	0.036	1.773
Ağustos	27.900	33.100	30.666	1.252	0.482	<0.0001	0.070	0.063	0.774
Eylül	23.400	29.000	25.850	1.333	0.281	0.008	0.044	0.049	1.347
Ekim	16.100	21.700	18.582	1.317	0.436	<0.0001	0.064	0.066	0.708
Kasım	6.800	14.700	10.539	1.832	0.305	0.004	0.067	0.046	0.618
Aralık	0.700	8.800	5.157	2.117	0.214	0.042	0.052	0.029	1.173
Sonbahar	16.367	20.867	18.323	1.110	0.462	<0.0001	0.056	0.054	0.856
Kış	-0.067	7.633	4.293	1.496	0.326	0.002	0.055	0.046	1.178
İlkbahar	11.467	17.233	14.294	1.346	0.427	<0.0001	0.055	0.054	0.991
Yaz	26.267	30.967	29.345	1.075	0.540	<0.0001	0.057	0.054	1.000

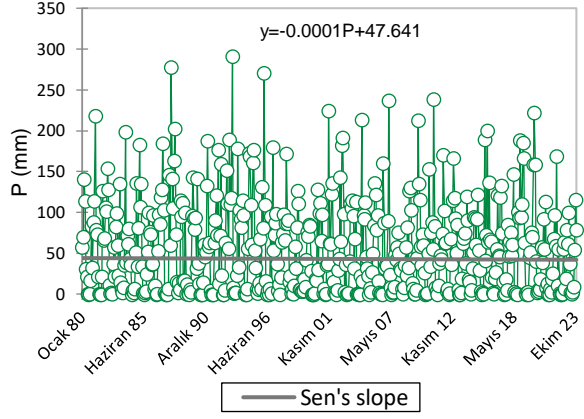
Sen trend analizi

Yağış miktarlarındaki değişimler. aylık olarak Sen eğimi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ocak ayı için ortalama yağış miktarları 1980'den 2023'e kadar incelendiğinde. Sen eğimi değeri 75.0 olarak belirlenmiş. bu da bu ayda yağış miktarlarında artış olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde. şubat ayı için Sen eğimi değeri 100.8 olarak hesaplanmış. bu da Şubat ayında yağış miktarlarının Ocak ayına göre daha belirgin bir artış olmuştur. Mart ve Nisan ayları için de Sen eğimi değerleri sırasıyla

107.3 ve 107.0 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, ilkbahar aylarında yağış miktarlarında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Şekil 5'te ardışık zaman dilimi için yağış ve ortalama sıcaklığın değişimi verilmiştir. Şekil 6 ve 7'de ortalama sıcaklık ve yağış için aylık ve mevsimsel değişim verilmiştir.

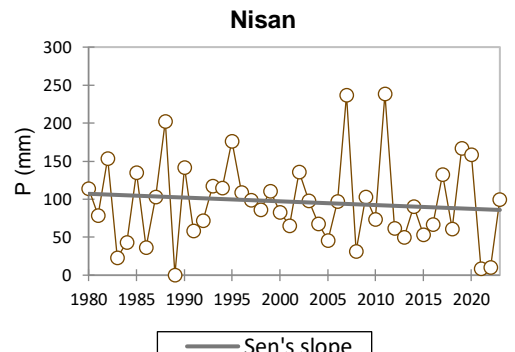
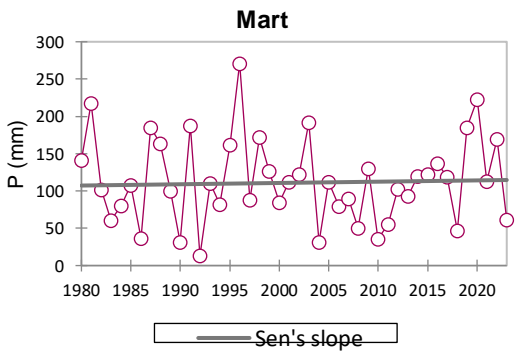
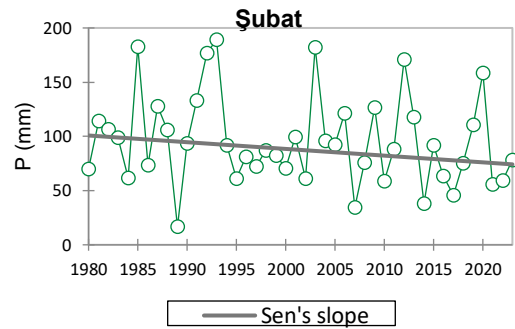
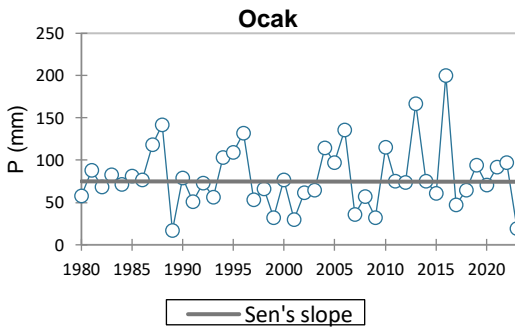


(a) Ortalama sıcaklık



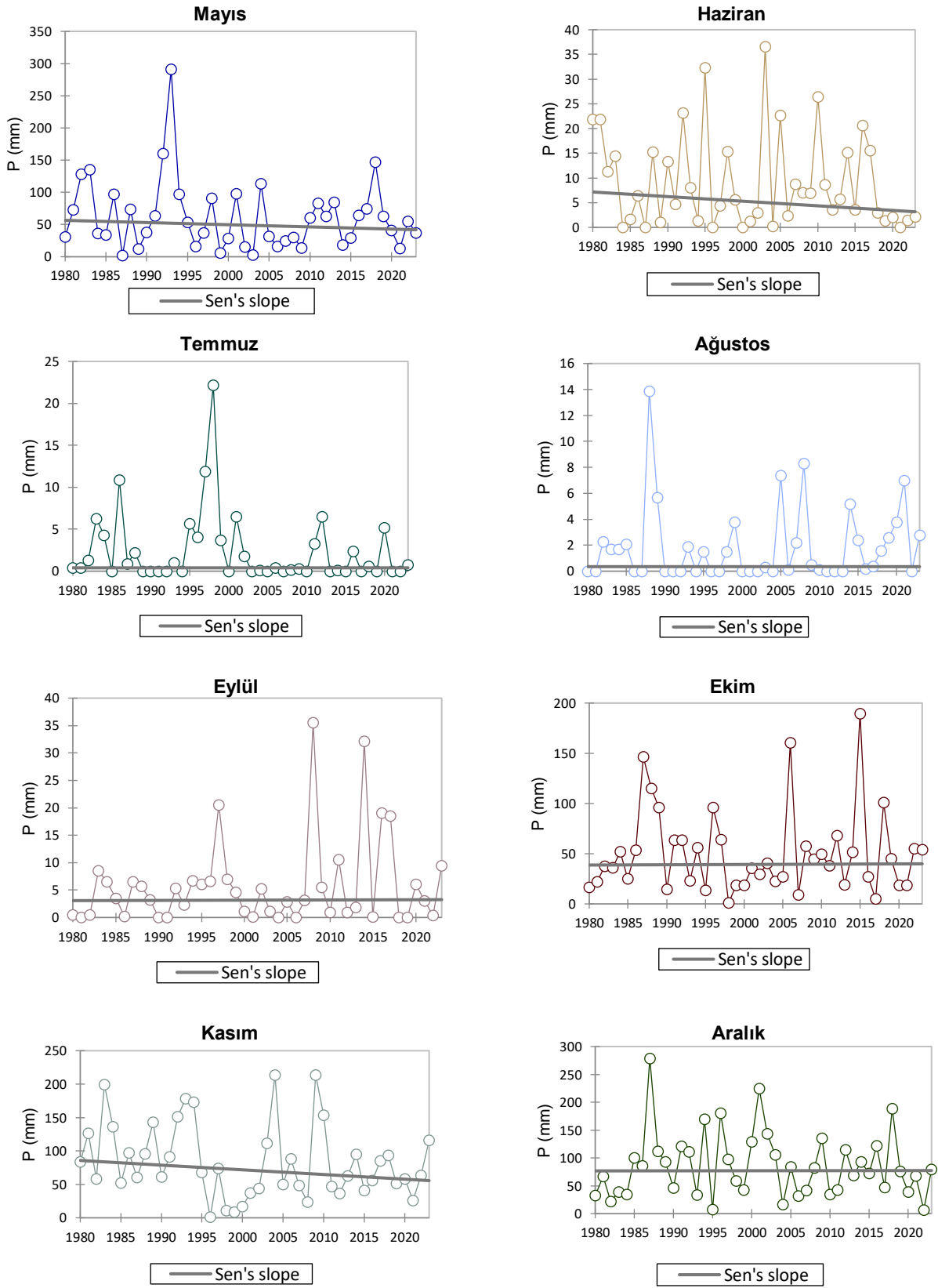
(b) Toplam yağış miktarı

Şekil 5. Yağış ve Sıcaklığın Sen eğimi değişimi



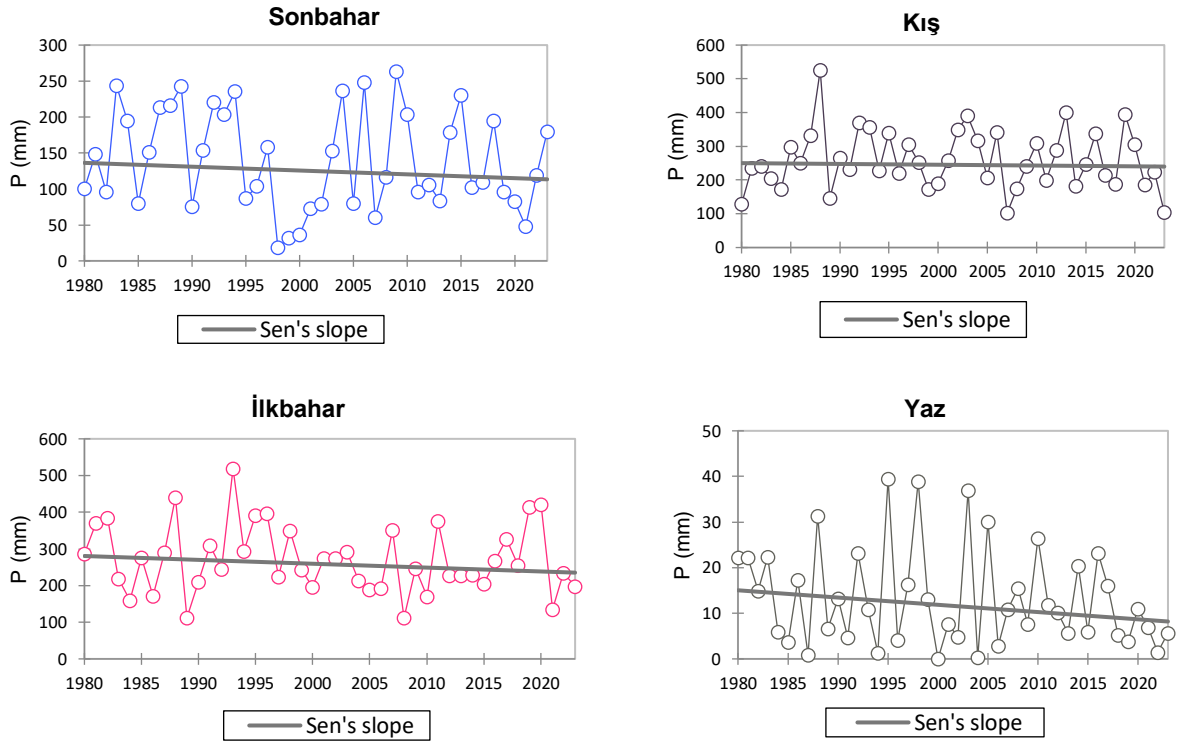
Şekil 6. Yağışın aylık ve mevsimsel Sen Eğimi Değişimi

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi

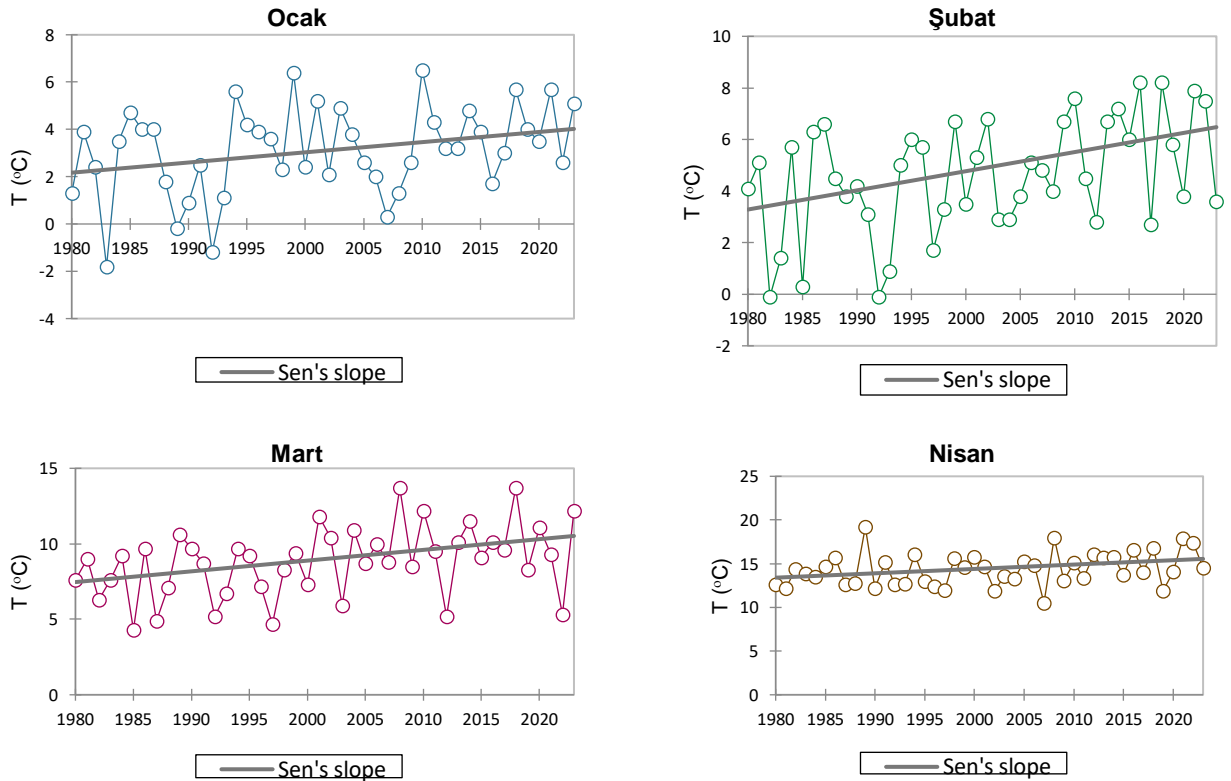


Şekil 6. Yağışın aylık ve mevsimsel Sen Eğimi Değişimi (Devamı)

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi

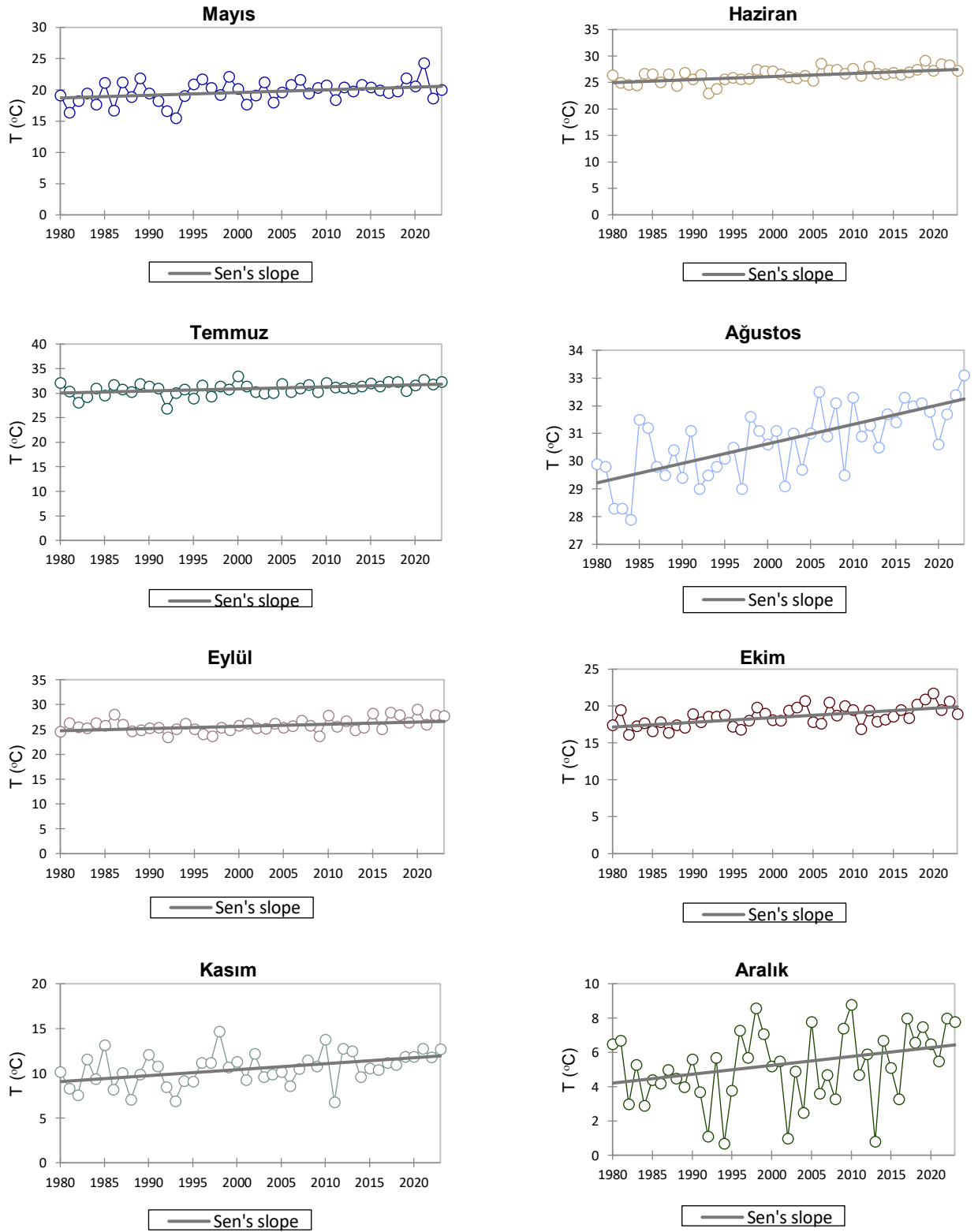


Şekil 6. Yağışın aylık ve mevsimsel Sen Eğimi Değişimi (Devamı)



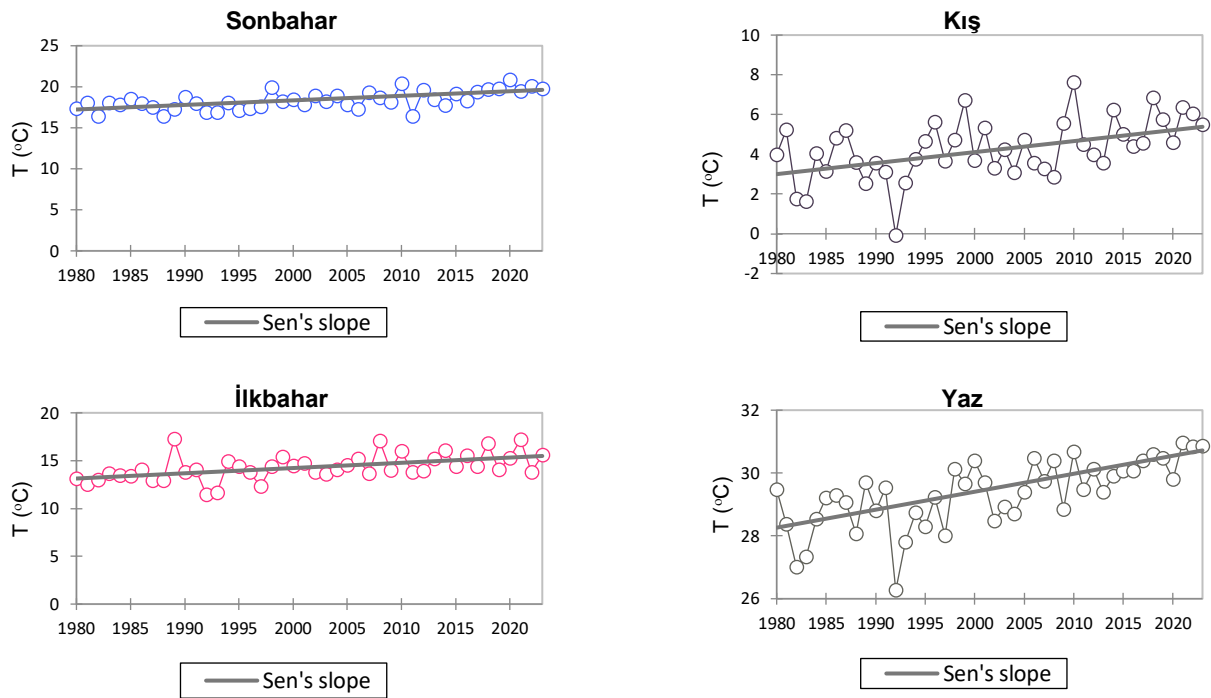
Şekil 7. Aylık ve Mevsimsel Ortalama Sıcaklık Değişimi

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi



Şekil 7. Aylık ve Mevsimsel Ortalama Sıcaklık Değişimi (Devamı)

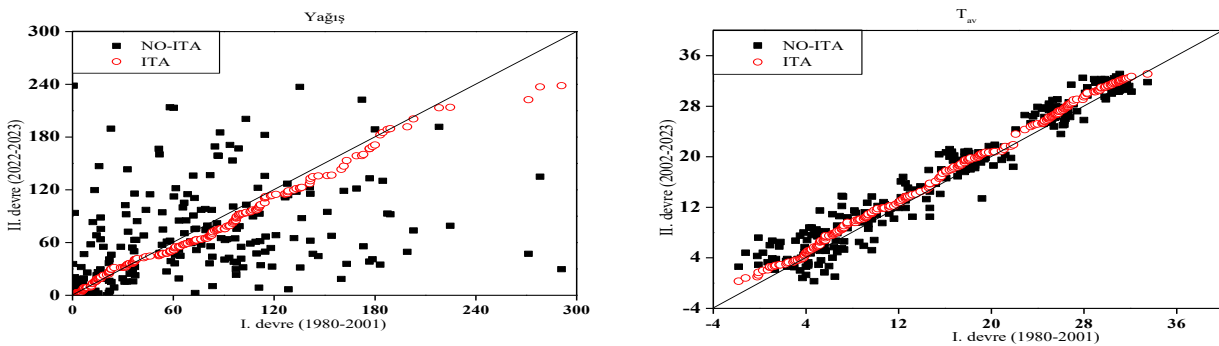
Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi



Şekil 7. Aylık ve Mevsimsel Ortalama Sıcaklık Değişimi (Devamı)

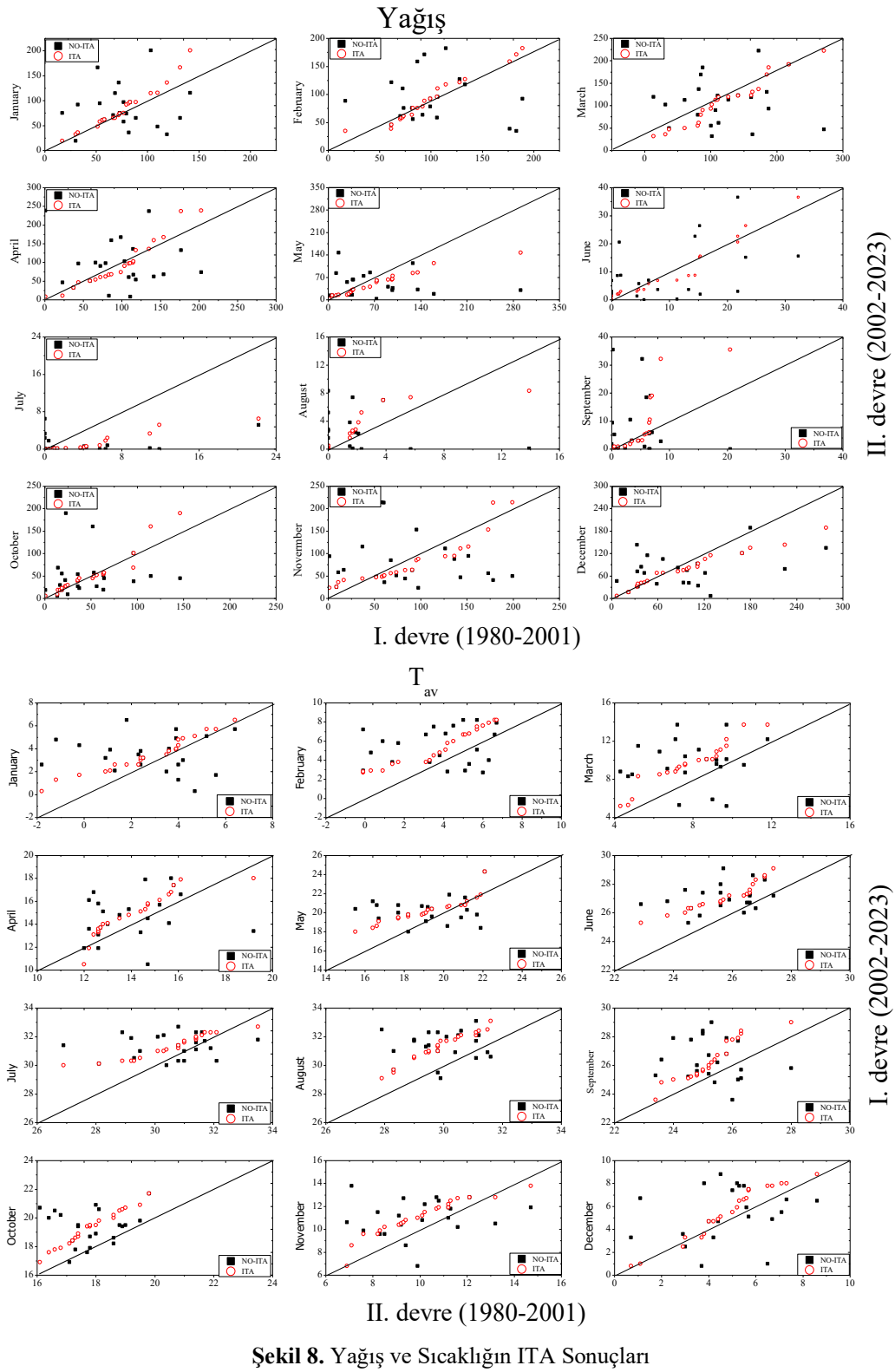
İnovatif trend analizi

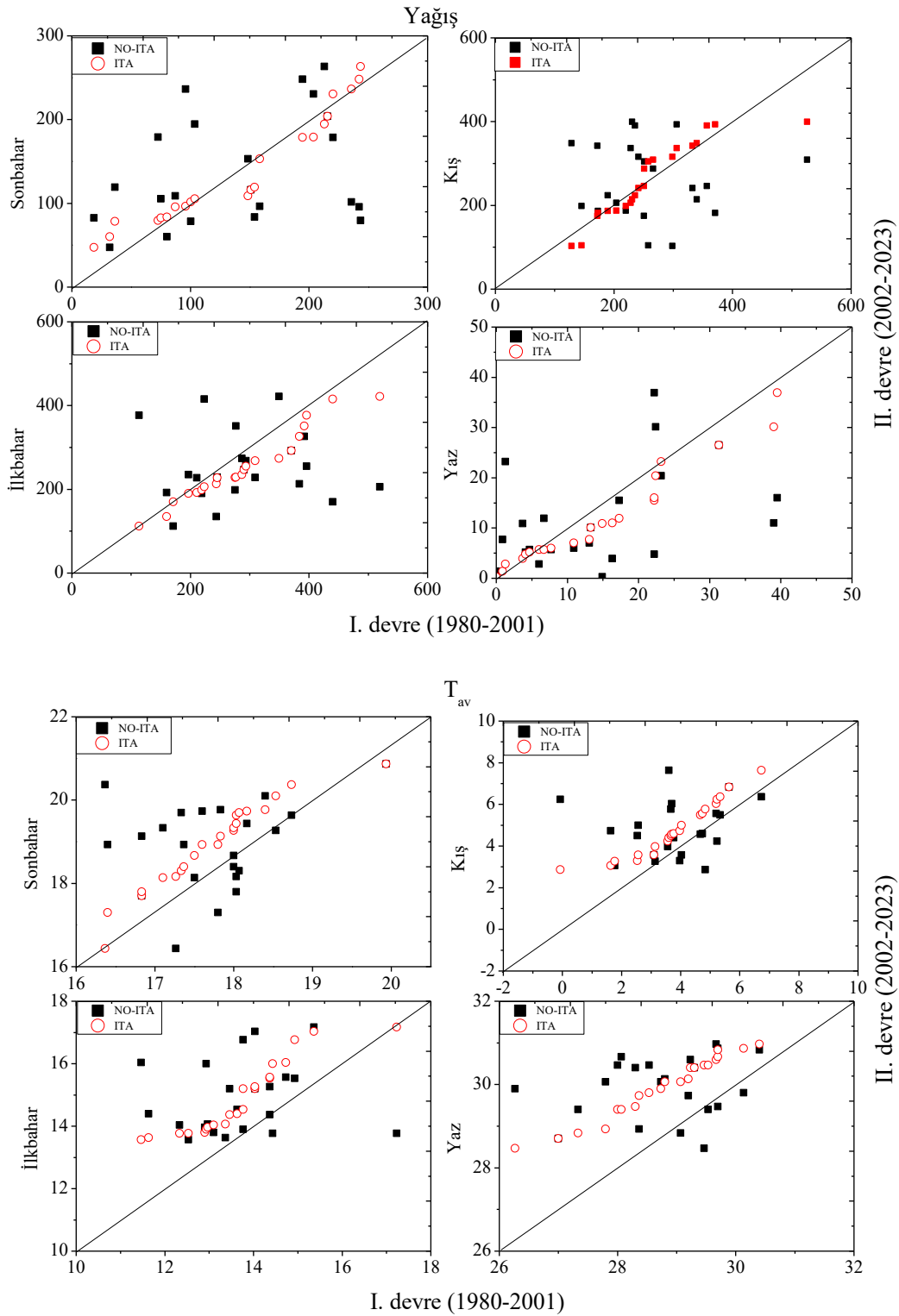
İnovatif trend Analizi (ITA) sonuçları. Siirt bölgesindeki yağış ve sıcaklık değişimlerini iki farklı dönem incelenmiştir: 1980-2001 ve 2002-2023. Analiz, bu iki zaman dilimi arasındaki yağış ve sıcaklığın değişimini göstermek amacıyla yapılmıştır (Şekil 8). Yağış verilerinde, özellikle ilkbahar ve kış aylarında 2002-2023 döneminde, 1980-2001 dönemine kıyasla belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Şekil 8'de görüldüğü gibi yağış değişkenindeki bu artışı net bir şekilde ortaya koymakta, özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde yağış miktarlarının önemli ölçüde yükseldiğini belirtmektedir. Bu durum, iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminde değişikliğin olduğunu göstermektedir. Sıcaklık verileri için yapılan ITA analizi ise, her iki dönem arasında yaz aylarında sıcaklık değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Yaz aylarında, özellikle Temmuz ve ağustos aylarında, ikinci dönemde sıcaklıkların birinci döneme göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, bölgedeki sıcaklığın belirgin artış trendinde olduğunu ve iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini göstermektedir.



Şekil 8. Yağış ve Sıcaklığın ITA Sonuçları

Siirt İlinin Yağış ve Sıcaklık Değişkenlerinin Trend Analizi



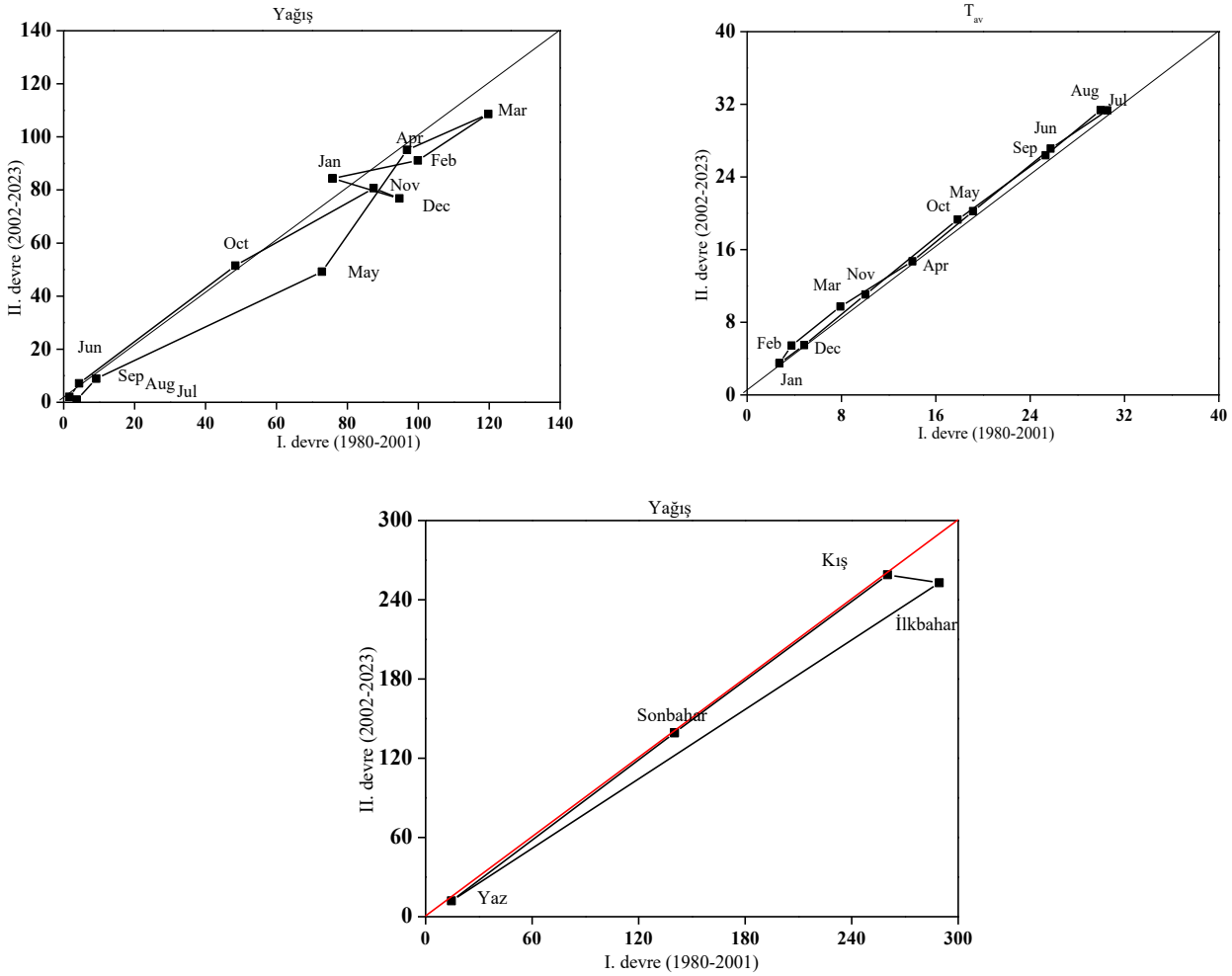


Şekil 8. Yağış ve Sıcaklığın ITA Sonuçları (Devamı)

İnovatif poligon trend analizi

İnovatif Poligon Trend Analizi (IPTA) sonuçları Şekil 9’da verilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü gibi. Siirt bölgesindeki aylık ve mevsimsel yağış ile sıcaklık değişkenlerinin 1980-2001 ve 2002-2023 yılları arasındaki değişimlerini olduğunu göstermektedir. İki zaman dilimi arasındaki farklılıklar. IPTA yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar grafiklerle görselleştirilmiştir. Yağış verileri, her iki dönem için aylık ve mevsimsel olarak incelenmiş, özellikle ilkbahar ve kış mevsimlerinde 2002-2023

döneminde 1980-2001 dönemine göre artış olduğu belirlenmiştir. Bu bölgede yağış rejimlerinin zaman içinde değiştiğini ve daha şiddetli yağışların meydana geldiğini göstermektedir. Bu değişimlere göre, yağışların aniden oluşu ve olma sıklığında artış iklim değişikliğinin olası etkileri ortaya koymaktadır. Sıcaklık verileri için yapılan IPTA analizleri, özellikle yaz aylarında sıcaklıkların iki dönem arasında artışın gösterdiğini ortaya koymuştur. Yaz aylarında, özellikle Temmuz ve ağustos aylarında, ikinci dönemde sıcaklıkların birinci döneme kıyasla yükseldiği görülmüştür. Bu durum, bölgedeki sıcaklık artış trendlerinin belirginleştiğini ve küresel ısınmanın etkilerinin bölgeyi de etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 9. Yağış ve sıcaklık değişkenlerinin IPTA sonuçları

TARTIŞMA

Hadi ve Tombul (2018) yaptıkları çalışmada Türkiye'deki yağış ve sıcaklığın trendini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, grid analizi ile yıllık yağışın Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde azaldığını, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde arttığını, diğer bölgelerde ise belirli bir trendin olmadığını göstermiştir. Mevsimsel yağışlar, yıllık yağışlarda da bu tür eğilimler gösteren aynı bölgelerde artan ve azalan eğilimlere sahiptir. Yıllık sıcaklık tüm bölgelerde önemli bir artış eğilimine sahip olduğunu ve mevsimsel sıcaklık tüm bölgelerde artış eğilimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık için en yüksek artış eğilimi yaz aylarında bulunmuştur.

Gumus et al. (2021) GAP bölgesi için yaptıkları çalışmada Mann-Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucunda Ergani, Akçakale, Çermik, Ergani, Kilis, Mardin, Nusaybin ve Şanlıurfa istasyonlarında farklı zaman ölçekleri için anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Ayrıca, önemli

azalma eğilimleri çoğunlukla tarımsal faaliyetlerin yüksek olduğu Suriye sınırına yakın bölgelerde yoğun olduğu belirtilmiştir.

Keskiner & Çetin (2023) yaptıkları çalışmada GAP bölgesinde yer alan Şanlıurfa'da kuraklık şiddetinin artmakta olduğunu ve kuraklığın baskın olmaya başladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar söz konusu çalışmalarında, Mann-Kendall ve Sen eğiminin su afet yönetiminde etkili bir araç olduğunu beyan etmişlerdir.

Benzer şekilde, Özfıdaner & Topaloğ (2020) Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yaptıkları çalışmada Siirt ili için 1968-2007 yılları arasında 1 aylık kaydırma dönemine ait Standard Yağış indeksi sonuçlarına göre yağışlı dönemler oldukça fazla olup ayrıca çok şiddetli kuraklık belirlenmemiştir. Siirt ili için 2002-2007 yılları arasında yağışlı ve kurak dönemlerin birbirini takip ettiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Siirt ilindeki iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık ve yağış değişkenlerinin farklı trend analiz yöntemleri kullanılarak eğilimleri analiz edilmiştir. İklim değişikliğinin bu bölgedeki etkilerini daha iyi anlamak ve gelecekteki olası iklim senaryolarına göre iklim yönelimlerini belirlemek için Mann-Kendall, Sen eğimi, İnovatif Trend Analysis (ITA), ve İnovatif Poligon Trend Analysis (IPTA) gibi yöntemler kullanılmıştır. İklim değişikliğinin küresel ve bölgesel ölçekte gözlemlenen etkileri, özellikle sıcaklık ve yağış değişkenlerinde belirgin değişimler olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, Siirt bölgesinde sıcaklık değerlerinin zaman içinde artış gösterdiğini ve bu artışın özellikle yaz aylarında daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır. Yağış verileri üzerinde yapılan analizler ise, özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde yağış miktarlarında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Bu değişiklikler, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, tarımsal planlama ve afet risk yönetimi gibi alanlarda politika ve strateji geliştirilmesi için önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca, yağış davranışlarındaki bu değişikliklerin ekosistemler üzerindeki olası etkileri de dikkate alınmalıdır.

SONUÇ

Siirt ili için sıcak ve yağış trendini tespit etmek için Mann-Kendall, Sen eğimi, ITA ve IPTA trend analiz yöntemleri kullanılarak bölgedeki iklim göstergeleri belirlenmede çalışılmıştır. Sıcaklık ve yağış trendleri aylık, mevsimsel ve yıllık olarak ayrı ayrı değerlendirilerek zamansal değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara tüm trend analiz sonuçlarına göre yağış değerlerinde azalan bir trend tespit edilirken, sıcaklık değerlerinde artan bir trend tespit edilmiştir. Aylık ve mevsimlik ölçeklerde hem yağış hem de sıcaklık için trend değerleri daha büyük olmuştur. Aylık ve mevsimsel olarak ITA sonuçları Mann-Kendall ve Sen eğimi değerlerine benzer değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak Siirt ilinde meydana gelen azalan yağış ve artan sıcaklık trendlerinin meteorolojik kuraklığın yaşandığı ve bu kuraklığın su kaynaklarının ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için önemle dikkate alınması gerekliliğini ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin hazırlanmasında bu sonuçların kullanılabilmesini ortaya koymuştur. Öte yandan, bölgede kuraklık riskine karşı iklim direncinin artırılması ve adaptasyon çalışmalarının yürütülebilmesi için meteorolojik kuraklığın hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık ile değerlendirilmesi çalışmaları yürütülebilir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Finansman

Bu çalışma TÜBİTAK Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (BİDEB) tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmektedir. Proje numarası 1919B012320270'tir.

Yazar Katkısı

KK ve VK çalışmanın yöntemini belirlemişlerdir. Mantıksal akışını düzenlemişlerdir. Veri toplama; SK ve VSY tarafından yapılmıştır. Analiz çalışması VK tarafından gerçekleştirilmiştir. Makalenin ilk taslağı SA ve VK tarafından yazılmış ve SA ve VSY makalenin önceki versiyonları hakkında yorum yapmıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

KAYNAKLAR

- Acar. R. (2024a). A comparison of the performance of different innovative trend assessment approaches for air temperature and precipitation data: an application to Elazığ Province (Turkey). *Journal of Water and Climate Change*. 15(3). <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.685>
- Acar. R. (2024b). Evaluation of Susurluk Basin Flows Using Trend Analysis Methods. *Firat University Journal of Experimental and Computational Engineering*. 3(1). 65–74. <https://doi.org/10.62520/fujece.1421090>
- Achite. M., Ceribasi. G., Ceyhunlu. A. I., Wałęga. A., & Caloiero. T. (2021a). The innovative polygon trend analysis (IPTA) as a simple qualitative method to detect changes in environment—example detecting trends of the total monthly precipitation in semiarid area. *Sustainability (Switzerland)*. 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212674>
- Achite. M., Ceribasi. G., Ceyhunlu. A. I., Wałęga. A., & Caloiero. T. (2021b). The innovative polygon trend analysis (IPTA) as a simple qualitative method to detect changes in environment—example detecting trends of the total monthly precipitation in semiarid area. *Sustainability*. 13(22). 12674.
- Aditya. F., Gusmayanti. E., & Sudrajat. J. (2021). Rainfall trend analysis using Mann-Kendall and Sen's slope estimator test in West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 893(1). 12006.
- Avsaroglu. Y., & Gumus. V. (2022). Assessment of hydrological drought return periods with bivariate copulas in the Tigris river basin. Turkey. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 134(6). 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00703-022-00933-2>
- Caloiero. T., Coscarelli. R., & Ferrari. E. (2018). Application of the innovative trend analysis method for the trend analysis of rainfall anomalies in southern Italy. *Water Resources Management*. 32. 4971–4983.
- Ceribasi. G., Ceyhunlu. A. I., & Ahmed. N. (2021). Analysis of temperature data by using innovative polygon trend analysis and trend polygon star concept methods: a case study for Susurluk Basin. Turkey. *Acta Geophysica*. 69. 1949–1961.
- Ceyhunlu. A. I., & Aydın. F. (2020). YENİLİKÇİ ŞEN TREND YÖNTEMİ İLE SAKARYA'NIN METEOROLOJİK VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ. *Su Vakfı İklim Değişikliği ve Çevre*. 1–7.
- Danandeh Mehr. A., & Vaheddoost. B. (2020). Identification of the trends associated with the SPI and SPEI indices across Ankara. Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*. 139(3–4). 1531–1542. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03071-9>
- Demir. V. (2022). Trend analysis of lakes and sinkholes in the Konya Closed Basin. in Turkey. In *Natural Hazards* (Vol. 112, Issue 3). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05327-6>
- EROĞLU. İ. (2021). Meriç Nehri Havzası'nda Sıcaklık ve Yağış Değerlerinin Dönemsel Trend Analizi. *European Journal of Science and Technology*. 23. 750–760. <https://doi.org/10.31590/ejosat.882937>
- Gardner. R. H., Hargrove. W. W., Turner. M. G., & Romme. W. H. (1996). *Climate change, disturbances and landscape dynamics* (Vol. 2). Cambridge University Press Cambridge.

- Gedefaw, M., Yan, D., Wang, H., Qin, T., Girma, A., Abiyu, A., & Batsuren, D. (2018). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall variability in Amhara Regional State, Ethiopia. *Atmosphere*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/atmos9090326>
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172–182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- Gumus, V. (2019). Spatio-temporal precipitation and temperature trend analysis of the Seyhan–Ceyhan River Basins, Turkey. *Meteorological Applications*, 26(3), 369–384. <https://doi.org/10.1002/met.1768>
- Gumus, V., Simsek, O., & Avsaroglu, Y. (2022). Evaluation of long-term monthly mean streamflow trend in the Mediterranean basins using different methods. *Theoretical and Applied Climatology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04293-0>
- Gumus, V., Simsek, O., Avsaroglu, Y., & Agun, B. (2021). Spatio-temporal trend analysis of drought in the GAP Region, Turkey. *Natural Hazards*, 109(2), 1759–1776. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04897-1>
- Hadi, S. J., & Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25(3), 445–455. <https://doi.org/10.1002/met.1712>
- Haktanir, T., & Citakoglu, H. (2014). Trend, independence, stationarity, and homogeneity tests on maximum rainfall series of standard durations recorded in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(9), 5014009.
- Hırca, T., Eryılmaz Türkkkan, G., & Niazkar, M. (2022). Applications of innovative polygonal trend analyses to precipitation series of Eastern Black Sea Basin, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 147(1–2), 651–667. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03837-0>
- Kahya, E., & Kalayci, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289(1–4), 128–144. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.006>
- Karabulut, M., & Cosun, F. (2019). Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi (Precipitation Trend Analyses in Kahramanmaraş). *SSRN Electronic Journal*, 7(1), 65–83. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3417845>
- Katipoğlu, O. M., Acar, R., Şenocak, S., & Şengül, S. (2022). Assessment of meteorological drought trends in the Euphrates Basin, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(6). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08482-5>
- Katipoğlu, O. M., Yeşilyurt, S. N., & Dalkılıç, H. Y. (2022). Trend analysis of hydrological droughts in Yeşilirmak basin by Mann Kendall and Sen Innovative Trend Analysis. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 422–442. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1026893>
- Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods. Griffin, London. *Kendall MG*.
- Keskiner, A. D., & Çetin, M. (2023). Kuraklık Gidiş ve Büyüklüğünün Zaman ve Mekan Boyutunda Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Alanında Bir Uygulama. *Politeknik Dergisi*, 26(3), 1079–1089. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1000596>
- Kılıçer, Ü. (2000). Meteorolojik kaynaklı doğal afetler. *Alt Komisyon Raporu*. Ankara, Türkiye.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. A., & Karabulut, M. (2010). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 1–10.
- KOCAOĞLU, E., & ÇAĞLIYAN, A. (2022). Çanakkale Yağış Gözlem İstasyonlarının Homojenlik Durumu Ve Yıllık Yağışların Trend Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(2), 391–408. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1050556>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend Author (s): Henry B . Mann Published by : The Econometric Society Stable URL : <https://www.jstor.org/stable/1907187> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : You may need to log in to JSTOR. *Econometrica*, 13(3), 245–259.
- Mersin, D., Gulmez, A., Safari, M. J. S., Vaheddoost, B., & Tayfur, G. (2022). Drought Assessment in the Aegean Region of Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, 179(8), 3035–3053. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03089-7>

- Mersin, D., Tayfur, G., Vaheddoost, B., & Safari, M. J. S. (2022). Historical Trends Associated with Annual Temperature and Precipitation in Aegean Turkey. Where Are We Heading? *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013380>
- Myronidis, D., Ioannou, K., Fotakis, D., & Dörflinger, G. (2018). Streamflow and hydrological drought trend analysis and forecasting in Cyprus. *Water Resources Management*, 32, 1759–1776.
- Özfidaner, M., & Topaloğ, F. (2020). Standart Yağış İndeksi Yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2), 130–136. <https://doi.org/10.21657/topraksu.767002>
- Partal, T., & Yavuz, E. (2020). Application of Trend Analysis on Drought Indices in the West Black Sea Region. *Artvin Çoruh University Journal of Natural Hazards and Environment*, 6(2), 345–353. <https://doi.org/10.21324/dacd.643161>
- Pour, S. H., Wahab, A. K. A., & Shahid, S. (2020). Spatiotemporal changes in aridity and the shift of drylands in Iran. *Atmospheric Research*, 233(July 2019), 104704. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104704>
- Sa'adi, Z., Shahid, S., Ismail, T., Chung, E.-S., & Wang, X.-J. (2019). Trends analysis of rainfall and rainfall extremes in Sarawak, Malaysia using modified Mann–Kendall test. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131, 263–277.
- Şan, M., Akçay, F., Linh, N. T. T., Kankal, M., & Pham, Q. B. (2021). Innovative and polygonal trend analyses applications for rainfall data in Vietnam. *Theoretical and Applied Climatology*, 144(3–4), 809–822. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03574-4>
- Sen, Z., Sisman, E., Dabanli, I. (2019). Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications. *Journal of Hydrology*, 575, 202–210.
- Şen, Zekai. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3–4), 939–947. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x>
- Şen, Zekâi. (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042–1046. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000556](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000556)
- Şen, Zekâi, Şişman, E., & Dabanli, I. (2019). Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications. *Journal of Hydrology*, 575(April), 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.028>
- Simsek, O., Yildiz-Bozkurt, S., & Gumus, V. (2023). Analysis of meteorological drought with different methods in the Black Sea region, Turkey. *Acta Geophysica*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11600-023-01099-0>
- Tayfur, G. (2021). Discrepancy precipitation index for monitoring meteorological drought. *Journal of Hydrology*, 597(March), 126174. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126174>
- WMO. (2023). Guidelines on the Definition and Characterization of Extreme Weather and Climate Events. In *Wmo* (Issue 1310).
- Wu, H., & Qian, H. (2017). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall and extreme values in Shaanxi, China, since the 1950s. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2582–2592. <https://doi.org/10.1002/joc.4866>
- Yue, S., Pilon, P., & Phinney, B. (2003). Canadian streamflow trend detection: Impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Sciences Journal*, 48(1), 51–63. <https://doi.org/10.1623/hysj.48.1.51.43478>