



Tunceli iklim parametrelerine ait zaman serilerinin farklı istatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi

Evaluation of time series of Tunceli climate parameters with different statistical analysis methods

Fatma Esen ^{a*} 

^a Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bingöl, Türkiye.

ORCID: F.E. 0000-0002-3740-1751

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 31.07.2022

Kabul/Accepted: 08.09.2022

Anahtar Kelimeler:

İklim değişikliği
İstatistiksel analiz yöntemleri
Tunceli

Keywords:

Climate Change
Statistical analysis methods
Tunceli

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(F. Esen) fesen@bingol.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1151639



Atf/Citation:

Esen, F. (2022). Tunceli iklim parametrelerine ait zaman serilerinin farklı istatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (81), 7-22. <https://doi.org/10.17211/tcd.1151639>

ÖZ / ABSTRACT

Günümüz dünya toplumunun karşılaştığı en zorlu çevre sorunlarından biri olan iklim değişikliğinin insan ve doğal sistemler üzerindeki olumsuz etkileri giderek artmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini anlamak için iklim verilerindeki trendlerin geniş çapta araştırılması gerekmektedir. Bununla birlikte, küresel ölçekte yapılan iklim gözlemlerinin yerel ve bölgesel ölçeklerde yapılan planlamalara katkısı düşüktür. Bu nedenle iklim değişikliklerinin zararlı etkilerini en aza indirmeye yönelik stratejileri değerlendirebilmek ve geliştirebilmek için lokal iklim analizlerinin yapılması gerekmektedir. Kentleşme oranının düşük olduğu Tunceli ilinde tarım ve hayvancılık özellikle de mera hayvancılığı yaygın ekonomik aktivite olarak öne çıkmaktadır. İklim değişimlerinden büyük ölçüde etkilenen tarım ve hayvancılıkta uygulanabilir adaptasyon stratejileri geliştirebilmek için iklim parametrelerinin özelliklerinin ve trendlerinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğine karşı hassas bir sahada yer alan Tunceli meteoroloji istasyonuna ait iklim parametrelerinin uzun dönem trend analiz sonuçlarını ve parametrelerin birbirleri ile olan ilişkilerini açıklamaktır. Çalışmada 15 parametreye ait uzun dönem zaman serilerine 5 farklı istatistiksel analiz yöntemi uygulanmıştır. İlk olarak iklim parametrelerine ait zaman serilerinin homojen yapıda olup olmadığını sorgulamak ve homojen olmayan veri setlerinde değişim noktasını tespit etmek için her bir zaman serisine Buishand homojenlik testi uygulanmıştır. İkinci olarak zaman serilerine, herhangi bir trend olup olmadığını saptamak için Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend analiz yöntemleri uygulanmıştır. Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak parametrelerde tespit edilen trendin tutarlılığı test edilmiştir. Dördüncü olarak iklim parametrelerine ait zaman serilerine regresyon analiz yöntemi uygulanmıştır. Regresyon analizi ile her bir zaman serisinde yıllık ortalama değişim ve uzun dönem değişim ortalamaları ile oranları tespit edilmiştir. Son olarak parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri korelasyon analizi yöntemiyle sorgulanmış ve elde edilen ilişki şiddeti ve yönü açıklanmaya çalışılmıştır. Analizlerin ortak sonuçlarına göre 1965-2020 yılları arasındaki dönemde, Tunceli'de maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve sisli gün sayısı değerlerinde artış; toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, ortalama rüzgar hızı ve kar yağışlı gün sayısı değerlerinde azalış şeklinde bir değişim tespit edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, Tunceli'de yakın gelecekte ciddi kuraklık ve kuraklığın neden olabileceği su yetersizliği sorunlarının yaşanabileceğini göstermektedir.

One of the most challenging environmental problems facing the world society today is climate change. The negative effects of climate change on human and natural systems are increasing. To understand the effects of climate change, trends in climate data need to be studied extensively. However, the contribution of climate observations made on a global scale to planning made at local and regional scales is low. Therefore, local climate analyzes are required to evaluate and develop strategies to minimize the harmful effects of climate change. In Tunceli, where the rate of urbanization is low, agriculture stands out as a widespread economic activity. In order to develop viable adaptation strategies in agriculture, which is greatly affected by climate changes, the characteristics and trends of climate parameters must be determined. The aim of this study is to explain the long-term trend analysis results of the climate parameters of the Tunceli meteorological station, which is located in an area sensitive to climate change, and the relations of the parameters with each other. In the study, 5 different statistical analysis methods were applied to the long-term time series of 15 parameters. First of all, Buishand homogeneity test was applied to each time series in order to question whether the time series of climate parameters are homogeneous and to determine the change point in non-homogeneous data.

sets. Secondly, Mann-Kendall and Şen's innovative trend analysis methods were applied to the time series to determine if there is any trend. The results obtained from the Mann-Kendall trend analysis and Şen's Innovative trend analysis method were compared and the consistency of the trend determined in the parameters was tested. Fourth, the regression analysis method was applied to the time series of climate parameters. With the regression analysis, the annual average change and long-term averages and rates were determined in each time series. Finally, the relations of the parameters with each other were questioned by the correlation analysis method and the severity and direction of the relationship was tried to be explained in the light of the available data. According to the common results of the analyzes, in the period between 1965 and 2020, the increase in the maximum temperature, minimum temperature, average temperature and number of foggy days in Tunceli; A decrease in the values of total precipitation, number of rainy days, maximum relative humidity, average wind speed and number of days with snow was detected. The results of the analysis show that there may be serious drought and water insufficiency problems that may be caused by drought in the near future in Tunceli.

Extended Abstract

Introduction

Changes in the average values of the time series of climate parameters, which continue for many years and are found to be statistically significant, are defined as climate change. It is known that the climate changed continuously with the effect of internal and external dynamics of natural systems in past geological periods (Öztürk & Kılıç, 2018; Zachos et al., 2001). In addition to natural factors, climate change may occur with anthropogenic effects (Türkeş, 2008). Scientific studies show that temperatures have started to increase since the end of the 19th century (Solomon et al., 2007; Türkeş, 2003; 2008). According to the Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), it is suggested that the global average temperature will increase by up to 4 °C by 2100. Increasing temperatures due to global warming and climate change significantly affect surface and underground water availability by affecting precipitation patterns (Sonali & Kumar, 2013). The reason for these changes seen in the last century is the emission of greenhouse gases caused by anthropogenic activities (IPCC, 2021).

One of the most challenging environmental problems faced by today's world society, climate change (Farooq et al., 2021) has dramatic consequences on human and natural systems (Berhane et al., 2020; Thornton et al., 2014). Climate change triggers frequent and intense floods, flash floods, droughts and extreme storms in urban and agricultural areas, especially by causing significant changes on hydroclimatic systems (Donnelly et al., 2017). These adversely affect the management of water resources and the agricultural sector, as well as negatively affect the economy of countries (Gosain et al., 2006; Gupta et al., 2021). The sustainability of economic development is significantly affected by their ability to manage risks (Deumlich & Gericke, 2020; Wiemann et al., 2018). Therefore, trends in climate parameters should be accurately analyzed in order to maintain efficient and safe reservoir water levels, manage dam operations more efficiently, and be prepared for hydroclimatic disasters (Felix et al., 2021; Feng et al., 2016; Sunday et al., 2014).

In order to understand the effects of climate change, trends in both historical and future climate data need to be investigated extensively (Razavi et al., 2016). However, historical climate observations made on a global scale have been found to be less useful when planning at local and regional scales (Brekke, 2009; Hadi & Tombul, 2018; Raucher, 2010; Taxak et al., 2014). Therefore, local climate analyzes are required to evaluate and

develop strategies to minimize the harmful effects of climate change.

In our country, one of the most sensitive regions in terms of changes in annual average precipitation values is the Eastern Anatolia Region, especially the Euphrates Basin, in which the study area is located (Gürkan et al., 2016). The region, which has important water resources, is also of great importance in terms of generating energy from hydroelectric power plants (Topuz & Karabulut, 2021). It is important to conduct long-term trend analyzes in order to understand the effect of climate parameters on spatial dynamics in the region. In the province of Tunceli, where the rate of urbanization is low, agriculture stand out as widespread economic activity. In order to develop applicable adaptation strategies in agriculture, which are greatly affected by climate changes, the characteristics and trends of climate parameters must be determined. The aim of this study is to explain the long-term trend analysis of the climate parameters of the Tunceli meteorological station, which is located in an area sensitive to climate change, and the relations of the parameters with each other.

Method and Material

In the study, 5 different statistical analysis methods were applied to the long-term time series of 15 parameters. First of all, Buishand homogeneity test was applied to each time series in order to question whether the time series of climate parameters are homogeneous and to determine the change point in non-homogeneous data sets. Secondly, Mann-Kendall and Şen's Innovative trend analysis methods were applied to the time series to determine if there is any trend. The results obtained from the methods Mann-Kendall trend analysis and Innovative Şen trend analysis, which are well known and widely used in trend analysis, are compared and the consistency of the trend determined in the parameters is tested. Fourth, the regression analysis method was applied to the time series of climate parameters. With the regression analysis, the annual average change and long-term averages and rates were determined in each time series. Finally, the relations of the parameters with each other were questioned by the correlation analysis method and the severity and direction of the relationship was tried to be explained in the light of the available data.

Results and Discussion

5 different statistical analysis methods used in the study gave results that complement and support each other. According to

the results of the Buishand homogeneity test applied first, the data sets of the average relative humidity, the number of days with snow cover, the number of frost days and the number of cloudy days are homogeneous. The data sets of maximum temperature, minimum temperature, average temperature, maximum precipitation, total precipitation, number of rainy days, maximum relative humidity, minimum relative humidity, average wind speed, number of snowy days and foggy days are not homogeneous. In these data sets, the years of change, which are the breaking points, were determined. According to the Mann-Kendall trend analysis results, in all the data sets belonging to the other climate parameters, except for the maximum precipitation data set, a trend was detected in the form of either monthly or annual increase or decrease in both. However, the most striking change was found in the time series of the mean wind speed. A decreasing trend was detected at a high significance level (0.001) in the monthly and annual average values of the wind speed. According to Innovative Şen trend analysis results, the data in the time series of maximum, minimum and average temperatures are concentrated in the high group and tend to increase. The data in the time series of maximum precipitation, total precipitation, number of rainy days, maximum relative humidity, minimum relative humidity and average relative humidity are concentrated in the low group and tend to decrease. In addition, a decrease in the number of snowy days, snow-covered days and frosty days, and an increase in the number of foggy days were determined. Most of the data in the time series of the average wind speed are concentrated in the medium and high groups, and a decreasing trend has been detected. Considering the results of the analysis, there is a significant risk of drought in the station. According to the results of the regression analysis, no significant change was detected in the data sets of maximum precipitation, minimum relative humidity, average relative humidity, and the number of cloudy days. However, according to the results of the regression analysis, the most striking change between 1965 and 2020 was the average wind speed (60% decrease) and the number of foggy days (53% increase). Considering the same time period, approximately 20% increase in temperature values and 10% decrease in precipitation and humidity values were observed in general. The number of snowy, snow-covered and frosty days decreased by approximately 5-10%. According to the results of the correlation analysis, the temperature in Tunceli was effective in shaping other climate parameters and forming the general character of the climate.

According to the common results of the analyzes, the increase in the maximum temperature, minimum temperature, average temperature and number of foggy days in Tunceli; A decrease in the values of total precipitation, number of rainy days, maximum relative humidity, average wind speed and number of days with snow was detected. The increase in the average temperature values is associated with the increase in the minimum and maximum temperature values. The increase in the number of foggy days, from the strongest to the weakest, respectively, increased in maximum temperatures, decrease in minimum relative humidity values, decrease in average wind speed, increase in average temperature and minimum temperature values. The decrease in total precipitation values, decrease in maximum precipitation values and increase in temperature values has been effective. The decrease in

the number of rainy days was due to the decrease in total precipitation and maximum precipitation values, respectively, from the strongest to the weakest, and the increase in the maximum temperature, average temperature and minimum temperature values. The increase in temperature values and the decrease in precipitation values also affected the decrease in maximum relative humidity values. In the decrease of the values of the average wind speed, the increase in the maximum temperature, average temperature and minimum temperature values, respectively, from the strongest to the weakest; decrease in the number of rainy days, maximum relative humidity, total precipitation and average relative humidity. The decrease in the number of snowy days and the increase in the average temperature, minimum temperature and maximum temperature values, respectively, from the strongest to the weakest; decrease in average wind speed, number of rainy days, total precipitation and average relative humidity values.

1. Giriş

İklim parametrelerine ait zaman serilerinin ortalama değerlerinde uzun yıllar boyunca devam eden ve istatistiksel açıdan anlamlı bulunan değişimler, iklim değişikliği olarak tanımlanmaktadır. Geçmiş jeolojik dönemlerde doğal sistemlerin iç ve dış dinamiklerinin etkisi ile iklimin sürekli olarak değişim gösterdiği bilinmektedir (Öztürk & Kılıç, 2018; Zachos vd., 2001). Doğal etmenlerin yanı sıra antropojen etkiler ile de iklim değişikliği meydana gelebilir (Türkeş, 2008). 18. yüzyılda sanayi devrimi ile başlayan sanayileşme faaliyetleri, fosil yakıtların kullanımında artışa neden olarak atmosferdeki sera gazının artmasına etki etmiştir. Bununla birlikte antropojenik faaliyetlerin iklim değişikliği üzerindeki etkisi 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren daha da belirginleşmiştir. Yapılan bilimsel çalışmalar, sıcaklıkların 19. yüzyılın sonlarından itibaren artmaya başladığını, 1980'li yıllardan itibaren de hemen her yıl bir önceki yıla oranla daha da yüksek değerlere ulaştığını gösterir (Solomon vd., 2007; Türkeş, 2003; 2008). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC, 2014) Değerlendirme Raporuna göre, 2100 yılına kadar küresel ortalama sıcaklığın 4 °C'ye kadar artacağı öne sürülmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, yağış düzenine etki ederek yüzey ve yeraltı su kütlelerinin varlığını da önemli ölçüde etkiler (Sonali & Kumar, 2013). Son yüzyılda görülen bu değişimlerin nedeni olarak antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan sera gazlarının emisyonu gösterilir (IPCC, 2021).

Günümüz dünya toplumunun karşılaştığı en zorlu çevre sorunlarından biri olan iklim değişikliğinin (Farooq vd., 2021) insan ve doğal sistemler üzerinde dramatik sonuçları ortaya çıkmaktadır (Berhane vd., 2020; Thornton vd., 2014). İklim değişikliği, özellikle hidroklimatik sistemler üzerinde önemli değişimlere neden olarak (Donnelly vd., 2017) kentsel ve tarımsal alanlarda sık ve yoğun sel, ani sel, kuraklık, aşırı fırtına oluşumlarını tetikler (Güçlü, 2020). Bu oluşumlar, su kaynaklarının yönetimi ve tarım sektörünü olumsuz etkilediği gibi ülkelerin ekonomisini de olumsuz şekilde etkiler (Gosain vd., 2006; Gupta vd., 2021). Ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği, riskleri yönetme yeteneklerinden önemli ölçüde etkilenir (Deumlich & Gericke, 2020; Wiemann vd., 2018). Bu nedenle verimli ve güvenli rezervuar su seviyelerinin korunması, baraj operasyonlarının daha verimli yönetilmesi ve hidroklimatik kökenli afetlere ha-

“Tunceli, iklim sınıflandırma yöntemleri esas alındığında, Aydeniz’e göre yarı nemli (kuraklık katsayısı: 0,72), Erinc’e (yağış etkinlik indisi: 42,56) ve Thornthwaite’a göre nemli (iklim sınıfı: B1,B’2,s2,b’2), De Martonne’a göre step-nemli arası (kuraklık indisi: 19,00) iklim tipindedir” (Çelik vd., 2018). Tunceli meteoroloji istasyonunun 1965-2020 yılları arasındaki uzun yıllar ortalama yıllık sıcaklık değeri 12,84°C, Ocak ayı ortalama sıcaklık değeri -1,72°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklık değeri de 27,16°C’dir. Aynı dönemde yıllık maksimum sıcaklık değerinin uzun yıllar ortalaması 25,43°C olduğu ilde Ocak ayı maksimum sıcaklık ortalama değeri 8,31°C, Temmuz ayı maksimum sıcaklık ortalama değeri de 39,23°C’dir. İlde aynı dönemde yıllık minimum sıcaklığın uzun yıllar ortalaması 0,42°C, Ocak ayı minimum sıcaklığın ortalama değeri -13,75°C, Temmuz ayı minimum sıcaklığın ortalama değeri ise 13,90°C’dir (Şekil 2a).

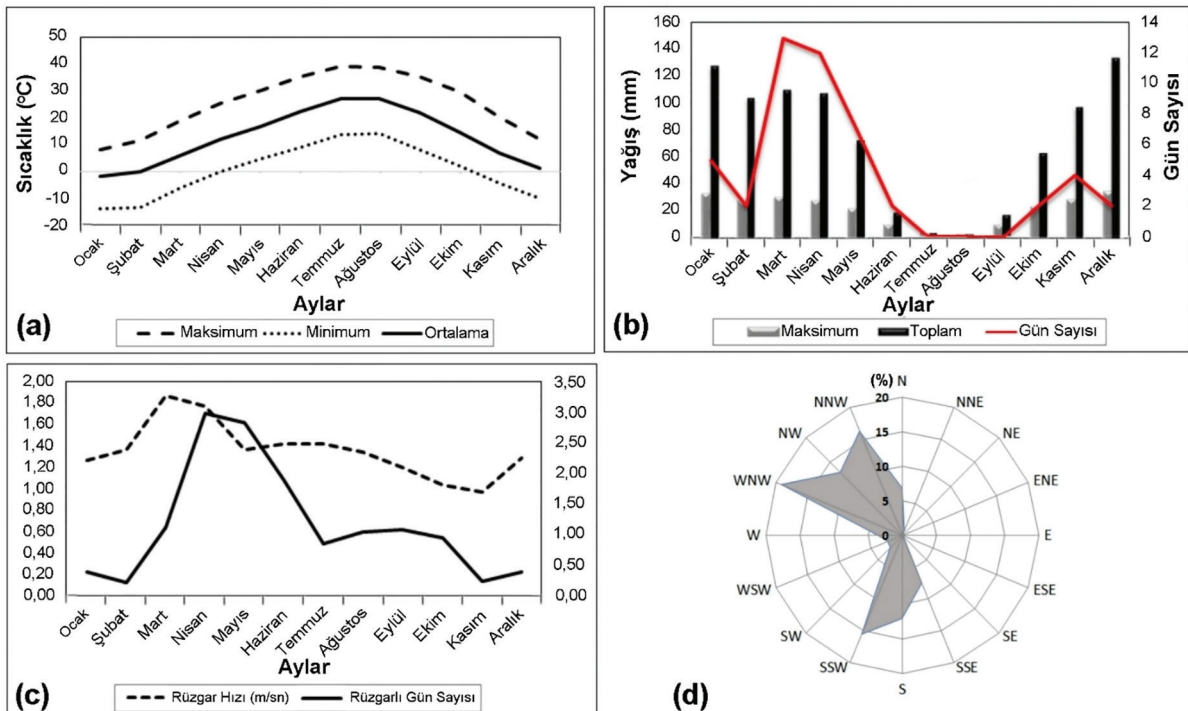
Tunceli’nin toplam yağış ortalaması 856,29 mm olup, aylık toplam yağış ortalaması Aralık ayında en fazla (133,45 mm), Ağustos ayında ise en azdır (2,89 mm). Yağışların %42,58’i kış mevsiminde, %33,79’u ilkbahar mevsiminde, %2,89’u yaz mevsiminde ve %20,74’ü sonbahar mevsiminde düşer. Tunceli’nin maksimum yağış ortalaması 20,32 mm olup, Şubat ayı maksimum yağış ortalaması 33,81 mm ve Ağustos ayı maksimum yağış ortalaması 2,13 mm’dir. Yıllık ortalama 95 gün olan yağışlı gün sayısı, Aralık (12,62 gün) ve Mart (12,38 gün) aylarında en fazladır. Haziran ve Kasım ayları arasında ise yağışlı gün sayısı 10 günün altındadır (Şekil 2b). Ortalama rüzgâr hızının 1,36 m/sn olduğu çalışma alanında en yüksek aylık ortalama rüzgâr hızı Mart ayında (1,87 m/sn), en düşük aylık ortalama rüzgâr hızı ise Kasım ayında (0,97 m/sn) ölçülmüştür. Yıllık ortalama rüzgârlı gün sayısı 1,17 gün, ortalama rüzgârlı gün sayısının en fazla olduğu ay Nisan ayı (2,97 gün), ortalama rüzgârlı gün sayısının en az olduğu ay ise Şubat ayıdır (0,22 gün) (Şekil 2c). Rüzgârın yıllık toplam esme sayısı dikkate alınarak hazırlanan rüzgârgülüne bakıldığında (Şekil 2d) rüzgârların kuzeybatı ve güneybatı yönlerden daha fazla esiş sayısına sahip olduğu görülür. Çalışma alanında hâkim rüzgâr yönü WNW olup, toplam

esme sayısının % 19,20’si bu yöne aittir. İkinci en fazla esme sayısına sahip yön ise SSW’ dir (%15,52), (Şekil 2d).

3. Metot ve Materyal

Tunceli iklim parametrelerine ait zaman serilerinin trendini ve birbirleriyle olan ilişkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada ilk olarak MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)’den Tunceli ilinde bulunan tüm meteoroloji istasyonlarında kayıt altına alınan iklim verileri temin edilmiştir. Elde edilen verilerden Tunceli meteoroloji istasyonunda kayıt altına alınan iklim verileri hariç, diğer istasyonlara ait verilerin tamamının kısa süreli olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada sadece Tunceli meteoroloji istasyonunda kayıt altına alınan iklim verileri analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan iklim parametreleri şu şekildedir: uzun dönem aylık ve yıllık maksimum sıcaklık (Max S), minimum sıcaklık (Min S), ortalama sıcaklık (Ort S), maksimum yağış (Max Yağ), toplam yağış (Top Yağ), yağışlı gün sayısı (Yağ Gün), maksimum nisbi nem (Max NN), minimum nisbi nem (Min NN), ortalama nisbi nem (Ort NN), ortalama rüzgâr hızı (Ort RH), kar yağışlı gün sayısı (Kar YG), kar örtülü gün sayısı (Kar ÖG), donlu gün sayısı (Don G), bulutlu gün sayısı (Bul G) ve sisli gün sayısı (Sis G). Elde edilen veriler 1965-2020 yılları arasındaki döneme aittir.

Çalışmada 15 parametreye ait uzun dönem zaman serilerine 5 farklı istatistiksel analiz yöntemi uygulanmıştır. İlk olarak iklim parametrelerine ait zaman serilerinin homojen yapıda olup olmadığını sorgulamak ve homojen olmayan veri setlerinde değişim noktasını tespit etmek için her bir zaman serisine Buishand homojenlik testi uygulanmıştır. İkinci olarak zaman serilerine, herhangi bir trend olup olmadığını saptamak için Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend analiz yöntemleri uygulanmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan iklim parametrelerinin analizinde yaygın olarak non-parametrik Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen trend analiz yöntemleri tercih edilmektedir (Coşkun, 2020; Güçlü, 2020; Mallick vd., 2021). İyi bilinen ve



Şekil 2. Tunceli meteoroloji istasyonuna ait ortalama iklimsel veriler.
Figure 2. Average climatic data of Tunceli meteorological station.

trend analizlerinde yaygın olarak kullanılan Mann Kendall ve Yenilikçi Şen trend analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak parametrelerde tespit edilen trendin tutarlılığı test edilmiştir. Bununla birlikte zaman serilerinde sadece trend olup olmadığını sorgulayan Mann-Kendall analiz yönteminden farklı olarak Yenilikçi Şen trend analiz yönteminde zaman serileri düşük, orta ve yüksek şeklinde gruplanarak trendin şiddeti hakkında da bilgi edinmeye imkan tanımaktadır. Dördüncü olarak iklim parametrelerine ait zaman serilerine regresyon analiz yöntemi uygulanmıştır. Regresyon analizi ile her bir zaman serisinde yıllık ortalama değişim ve uzun dönem değişim ortalamaları ile oranları tespit edilmiştir. Son olarak parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri korelasyon analizi yöntemiyle sorgulanmış ve elde veriler ışığında ilişki şiddeti ve yönü açıklanmaya çalışılmıştır.

Buishand homojenlik testi ve Mann Kendall trend analiz yönteminin uygulanmasında XLSTAT 2014, Yenilikçi Şen trend analiz yönteminin uygulanmasında Excel 2021, regresyon ve korelasyon analizlerinin uygulanmasında SPSS yazılımları kullanılmıştır.

3.1. Buishand Homojenlik Testi

Buishand (1982) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bu yöntem, herhangi bir zaman serisindeki değişim noktasını bulabilmektedir. Test istatistiğini hesaplamak için aşağıda verilen denklemden faydalanılır.

$$S_0^* = 0 \text{ ve } S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad 1$$

Burada S , standart sapmayı; S_0^* ve S_k^* ise kısmi toplamları gösterir (Denklem 1). Ortalamadaki değişim aşağıdaki R katsayısının hesap edilmesine (Denklem 2) dayanmaktadır.

$$R = (\max_{1 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{1 \leq k \leq n} S_k^*) / S \quad 2$$

R katsayısı elde edildikten sonra Buishand test istatistiği değeri $\frac{R}{\sqrt{n}}$ formülü kullanılarak hesaplanır, elde edilen değer kritik değerler tablosu ile karşılaştırılır. Tablo 4' de verilen kritik değerler tablosuna göre: hesaplanan test istatistiğinin homojen olmaması durumunda, test sonucunun kritik değerlerden büyük olması beklenir.

Tablo 1. Buishand homojenlik testinin %99 ve %95 güven seviyesinde $\frac{R}{\sqrt{n}}$ kritik değerleri.

Table 1. $\frac{R}{\sqrt{n}}$ critical values of Buishand homogeneity test at 99% and 95% confidence levels.

| n | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| %99 | 1,60 | 1,70 | 1,74 | 1,78 | 1,81 | 1,86 |
| %95 | 1,43 | 1,50 | 1,53 | 1,55 | 1,59 | 1,62 |

3.2. Mann-Kendal Trend Analizi

Mann-Kendall testi (Kendall, 1975; Mann, 1945) klimatolojik veri serilerinde trend olup olmadığını saptamak için sıklıkla kullanılan non-parametrik bir test olup, korelasyon katsayısının hesaplanması esasına dayanır (Ahmad vd., 2015; Mallick vd., 2021; Rahman vd., 2017). Mann-Kendall yöntemi $i = 1, \dots, n-1$ 'e doğru sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j zamansal veri setine uygulanır. Ardışık her bir veride x_i bir referans başlangıç noktası olarak kabul edilir ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile Denklem 3'de verildiği gibi hesaplanır (S. Coşkun, 2020; Hirsch & Slack, 1984).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(X_j - X_k) \quad 3$$

Eğer $j > k$ olursa, işaret fonksiyonu (sıgnum fonksiyonu) olan "Sgn" Denklem 4'teki şekilde bulunur.

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} (X_j - X_k) > 0 \rightarrow +1 \\ (X_j - X_k) = 0 \rightarrow 0 \\ (X_j - X_k) < 0 \rightarrow -1 \end{cases} \quad 4$$

Denklem 5' te test istatistiğinin S varyans hesabı gösterilmiştir. Formülde n uzun yıllar ölçümlenmiş verileri tanımlamaktadır. $n \geq 8$ olması durumunda veriler normal dağılım gösterir, buna karşılık $n \geq 30$ olması durumunda t-testi z testine dönüşür.

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad 5$$

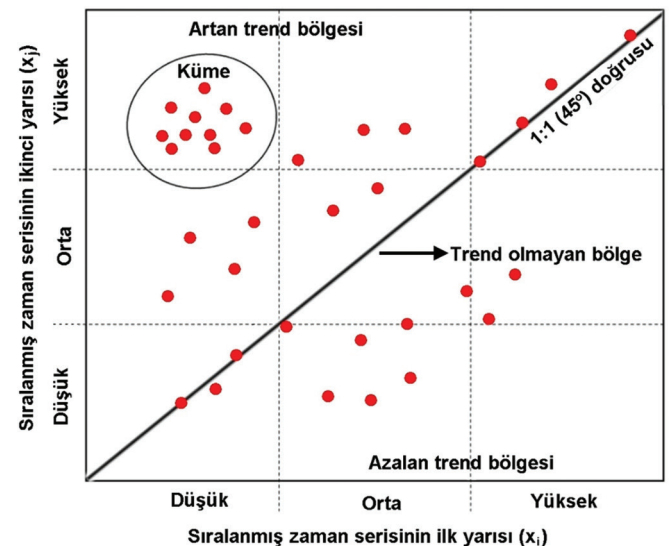
Z değerinin kıyaslanması ile Mann-Kendall testinin önem düzeyi saptanır (Denklem 6).

$$Z = \begin{cases} S > 0 \text{ ise } S - \frac{1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \\ S = 0 \text{ ise } 0 \\ S < 0 \text{ ise } S + \frac{1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \end{cases} \quad 6$$

Z değerinin negatif olması ve olasılıkta bulunan değer α anlamlılık derecesinin değerinden büyük olması azalan trendi ifade eder. Buna karşılık Z değerinin pozitif olması ve olasılıkta bulunan değer α anlamlılık derecesinin değerinden büyük olması artan trendi ifade eder.

3.3. Yenilikçi Şen Trend Analizi

Şen (2012) tarafından geliştirilen bu yöntem kısıtlayıcı varsayım olmaksızın herhangi bir zaman serisine uygulanabilmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için analize tabi tutulacak zaman serisi eşit olarak ikiye ayrılır (Şekil 3). Zaman serisinin ilk serisi (X_j) x eksenine üzerine, ikinci serisi de (X_j) y eksenine üzerine olacak şekilde kartezyen koordinat sistemi oluşturulur. Oluşturulan kartezyen koordinat sistemi üzerindeki zaman serisine ait veriler 1:1 doğrusunun üzerinde sıralanıyorsa, trend yok demektir. Buna karşılık veriler 1:1 doğrusunun alt üçgen alanında yer alıyorsa azalan, üst üçgen alanında yer alıyorsa artan bir trend olduğu söylenebilir (Şen, 2012, 2017).



Şekil 3. Yenilikçi Şen trend analiz yöntemi açıklayıcı grafiği (Boudiaf vd., 2021). **Figure 3.** Şen's Innovative trend analysis method explanatory graph (Boudiaf et al., 2021).

3.4. Regrasyon Analizi

Değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizi ile sorgulanırken, aralarında ilişki olan iki veya daha fazla değişkenden biri bağımlı değişken, diğer/diğlerleri de bağımsız değişken olarak tanımlanır ve analize tabi tutulur (Köklü vd., 2006). Regresyon analizi ile elde edilen istatistiksel sonuçlar, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etki oranını, kesişim katsayısını ve zaman serisinde mevcut olan bir trendin birim zamandaki değişim miktarını verir (Esen, 2021b).

3.5. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, genel olarak değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti hakkında bilgi verir. İklim parametreleri arasındaki ilişki sorgulanırken Spearman rho korelasyon katsayısından faydalanılmıştır. Korelasyon katsayıları esas alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda değişkenler arasındaki ilişkinin şiddeti çok zayıf (0-0,1), zayıf (0,1-0,35), orta (0,35-0,65), güçlü (0,65-0,9) ve çok güçlü (0,9-1) (Abdelkarim vd., 2020) ; ilişkinin yönü ise negatif ve pozitif olarak tanımlanmıştır. Korelasyon ilişkisinin negatif yönlü olması karşılaştırılan iki değişken arasında ters orantının olduğunu gösterir. Bir diğer ifade ile negatif yönlü korelasyon ilişkisi karşılaştırılan iki değişkenden birinde artan değerleri diğerinde de ise azalan değerleri anlatır. Pozitif yönlü korelasyon ilişkisi ise karşılaştırılan iki değişken arasında doğru orantının olduğunu, yani değişkenlerden birinde değerler azalırken diğerinde de azaldığını veya değişkenlerden birinde değerler artarken diğerinde de arttığını ifade eder.

4. Bulgular

4.1. Buishand Homojenlik Test Sonuçları

Homojenlik testi, iki değişkenin mevcut düzene göre test edilmesi ve ana kütleyle uymayan verilerin tespit edilmesi esasına dayanır (Kocaoğlu & Çağlıyan, 2022). Test, iklim parametrelerinde değişim yıllarını ve anlamlılık seviyelerini istatistiksel olarak hesaplamaya olanak tanır. Bu çalışmada iklim parametrelerine ait veri setlerine %99 güven aralığında Buishand homojenlik testi uygulanmıştır. Test sonucuna göre ortalama nisbi nem, kar örtülü gün sayısı, donlu gün sayısı ve bulutlu gün sayısına ait veri setleri homojen yapıdadır. Buna karşılık maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, maksimum yağış, toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, minimum nisbi nem, ortalama rüzgâr hızı, kar yağışlı gün sayısı ve sisli gün sayısına ait veri setlerinde kırılma noktaları olan değişim yılları bulunmaktadır.

Buishand homojenlik test sonuçlarına göre: 1965-2020 yılları arası maksimum sıcaklık veri seti 1997 yılında kırılmaya uğramıştır. Değişim noktası olan 1997 yılından önce maksimum sıcaklık verilerinin ortalaması 24,840°C iken, 1997 yılından sonra 26,281°C'dir. Minimum sıcaklık veri setinde değişim 1993 yılında başlamıştır. Kırılma noktası olan 1993 yılından önce minimum sıcaklık verilerinin ortalaması -0,180°C iken, 1993 yılından sonra 1,072°C'dir. Ortalama sıcaklık veri seti 1993 yılında kırılmaya uğramıştır. 1965-1993 yılları arasındaki dönemde ortalama sıcaklık verilerinin ortalaması 12,393°C iken, 1993-2020 yılları arasındaki dönemde 13,348°C'dir. Maksimum yağış veri seti 1967 yılında kırılmaya uğramıştır. Değişim yılı olan 1967'den önce maksimum yağış verilerinin ortalaması 485,300

mm iken, 1967 yılından sonra 230,149 mm'dir. Toplam yağış veri setinde değişim 1969 yılında başlamıştır. 1965-1969 yılları arasındaki dönemde toplam yağış verilerinin ortalaması 1427 mm iken, 1969-2020 yılları arasındaki dönemde 800,351 mm'dir. Yağışlı gün sayısı veri seti 2012 yılında kırılmaya uğramıştır. Değişim yılı olan 2012 yılından önce yağışlı gün sayısı verilerinin ortalaması 107,750 gün iken, 2012 yılından sonra 83,56 gündür. Maksimum nisbi nem veri setinde değişim 1990 yılında başlamıştır. Kırılmanın olduğu 1990 yılından önce maksimum nem verilerinin ortalaması %85,890 iken, 1990 yılından sonra %88,886'dir. Minimum nisbi nem veri setinde 2009 yılında kırılma olmuştur. Kırılma noktasından önceki 1965-2009 yılları arasındaki dönemde minimum nisbi nem verilerinin ortalaması %23,631'dir. 2009-2020 yılları arasındaki dönemde ise %15,075'dir. Ortalama rüzgâr hızı veri setinde 1984 yılında değişim başlamıştır. Kırılma noktasına karşılık gelen 1984 yılından önceki dönemde ortalama rüzgâr hızı verilerinin ortalaması 1,681 m/sn iken, 1984 yılından sonraki dönemde 1,179 m/sn'dir. Kar yağışlı gün sayısı veri seti 1993 yılında kırılmaya uğramıştır. 1993 yılından önceki dönemde kar yağışlı gün sayısı verilerinin ortalaması 24,690 gün iken, 1993 yılından sonraki dönemde 15,33 gündür. Sisli gün sayısı veri seti 2001 yılında kırılmaya uğramıştır. Kırılmanın olduğu 2001 yılından önceki dönemde sisli gün sayısı verilerinin ortalaması 0,703 gün iken, 2001 yılından sonraki dönemde 6'dır. Ortalama nisbi nem, kar örtülü gün sayısı, donlu gün sayısı ve bulutlu gün sayısı veri setlerinde 1965-2020 yılları arasında belirgin bir değişim olmamıştır. Bu dönemde ortalama nisbi neme ait verilerin ortalaması %57,824'tür, kar örtülü gün sayısına ait verilerin ortalaması 50,071 gün, donlu gün sayısına ait verilerin ortalaması 83,589 gün ve bulutlu gün sayısına ait verilerin ortalaması da 141,536 gündür (Şekil 4).

4.2. Mann-Kendall Trend Analiz Sonuçları

Klimatolojik ve hidro-meteorolojik verilerin trendini belirlemede yaygın olarak Mann-Kendall testi kullanılır (Burn & Hag El-nur, 2002). Tunceli meteoroloji istasyonuna ait iklim parametreleri aylık ve yıllık veriler şeklinde düzenlenmiş, düzenlenen veri setlerine Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları dört farklı (0,1; 0,05; 0,01; 0,001) anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir (Salmi vd., 2002). 0,1 anlamlılık seviyesi zaman serisinde bir eğilimin varlığını düşük olasılıklı; 0,05 anlamlılık seviyesi zaman serisinde bir eğilimin varlığını orta olasılıklı; 0,01 anlamlılık seviyesi zaman serisinde bir eğilimin varlığını yüksek olasılıklı ve 0,001 anlamlılık seviyesi zaman serisinde bir eğilimin varlığını çok yüksek olasılıklı kabul eder. Mann-Kendall trend analiz sonuçlarına göre: maksimum sıcaklık değerlerinde 0,05 anlamlılık seviyesinde Mart ve Ağustos aylarında; 0,01 anlamlılık seviyesinde Şubat ve Haziran aylarında artışlar olmuştur. Ayrıca maksimum sıcaklık değerlerinin yıllık ortalamasında 0,001 anlamlılık seviyesinde artış tespit edilmiştir. Minimum sıcaklık değerlerinde 0,01 anlamlılık seviyesinde Mart ve Ekim aylarında; 0,05 anlamlılık seviyesinde Şubat ve Eylül aylarında; 0,01 anlamlılık seviyesinde Ağustos ayında; 0,001 anlamlılık seviyesinde minimum sıcaklıkların yıllık ortalamasında artış olmuştur. Ortalama sıcaklık değerinde 0,1 anlamlılık seviyesinde Ekim ayında; 0,05 anlamlılık seviyesinde Şubat ve Mart aylarında; 0,01 anlamlılık seviyesinde Haziran ve Ağustos aylarında; 0,001 anlamlılık seviyesinde de yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde artış saptanmıştır. Maksimum yağış değerlerinde anlamlı artışlar görülmezken, toplam



Şekil 4. İklim parametrelerine ait verilerinin %99 güven aralığında Buishand homojen test sonuçları.

Figure 4. Buishand homogeneous test results at 99% confidence interval of the data of climate parameters.

yağışların ortalama değerlerinde bazı dönemlerde azalış bazı dönemlerde ise artış trendi tespit edilmiştir. Tunceli Meteoroloji İstasyonu'na ait toplam yağışların ortalama değerlerinde 0,1 anlamlılık seviyesinde Nisan ve Kasım aylarında azalış, Ağustos ayında ise artış trendi saptanmıştır. Yine 0,01 anlamlılık seviyesinde Eylül ayında; 0,05 anlamlılık seviyesinde de yıllık ortalama yağış değerlerinde azalış trendi tespit edilmiştir. Yağışlı gün sayısında 0,05 anlamlılık seviyesinde Ocak ve Haziran aylarında; 0,01 anlamlılık seviyesinde de Kasım ve Aralık ayları ile yıllık ortalama yağışlı gün sayısında azalış olmuştur. Maksimum nisbi nem oranında 0,1 anlamlılık seviyesinde Haziran ayında; 0,05 anlamlılık seviyesinde Temmuz, Ağustos ayları ile yıllık ortalama değerlerinde artış, Ekim ayında ise azalış trendi tespit edilmiştir. Minimum nisbi nem oranında 0,1 anlamlılık seviyesinde Ocak ayında azalış olmuştur. Ortalama nisbi nem oranında 0,05 anlamlılık seviyesinde Mayıs ayında artış, Kasım

ayında azalış trendi saptanmıştır. Tunceli iklim parametreleri içerisinde en belirgin değişim ortalama rüzgâr hızında görülmektedir. Yüksek anlamlılık seviyesinde (0,001) tüm aylarda ve rüzgâr hızının yıllık ortalama değerinde azalış trendi tespit edilmiştir. Kar yağışlı gün sayısında 0,05 anlamlılık seviyesinde Ocak ve Aralık aylarında; 0,01 anlamlılık seviyesinde de yıllık ortalama değerinde azalış olmuştur. Kar örtülü gün sayısında 0,05 anlamlılık seviyesinde Şubat, Mart, Nisan ayları ile yıllık ortalama değerinde azalış olmuştur. Donlu gün sayısında 0,05 anlamlılık seviyesinde Şubat, Mart ve Ekim aylarında; 0,1 anlamlılık seviyesinde yıllık ortalama değerinde azalış trendi tespit edilmiştir. Bulutlu gün sayısında 0,05 anlamlılık seviyesinde Aralık ayında azalış trendi saptanmıştır. Sisli gün sayısında 0,001 anlamlılık seviyesinde Ocak, Şubat, Aralık ayları ile yıllık ortalama değerinde artış olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Mann-Kendall trend analizi sonuçları (açık gri hücreler artış, koyu gri hücreler azalış trendini göstermektedir).
Table 2. Results of Mann-Kendall trend analysis (light gray cells show increasing trend, dark gray cells show decreasing trend).

| TUNCELİ | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Yıllık |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Max Sic | 0,15 | 0,28** | 0,22* | 0,07 | 0,14 | 0,28** | 0,14 | 0,20* | 0,13 | 0,05 | 0,21 | 0,11 | 0,36*** |
| Min Sic | 0,11 | 0,22* | 0,16+ | -0,06 | 0,02 | 0,04 | 0,14 | 0,28** | 0,19* | 0,17+ | -0,07 | 0,13 | 0,32*** |
| Ort Sic | 0,14 | 0,23* | 0,24* | 0,14 | 0,03 | 0,27** | 0,11 | 0,25** | 0,06 | 0,16+ | 0,02 | 0,11 | 0,36*** |
| Max Yağ | 0,12 | -0,01 | -0,06 | -0,06 | 0,03 | -0,06 | 0,09 | 0,16 | 0,06 | -0,06 | -0,11 | -0,10 | 0,02 |
| Top Yağ | 0,08 | -0,03 | -0,02 | -0,16+ | 0,02 | -0,12 | 0,12 | 0,16+ | -0,26** | -0,05 | -0,17+ | -0,15 | -0,18* |
| Yağ Gün | -0,18* | -0,13 | 0,04 | -0,11 | -0,04 | -0,24* | 0,10 | 0,06 | 0,02 | -0,13 | -0,25** | -0,24** | -0,26** |
| Max NN | -0,01 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,16+ | 0,21* | 0,23* | 0,01 | -0,21* | -0,13 | -0,03 | 0,22* |
| Min NN | -0,16+ | -0,13 | -0,12 | -0,02 | -0,04 | -0,01 | -0,01 | -0,06 | -0,06 | -0,14 | -0,14 | -0,02 | -0,12 |
| Ort NN | -0,06 | -0,12 | -0,11 | -0,08 | 0,19* | 0,12 | 0,09 | 0,01 | -0,01 | -0,09 | -0,26* | 0,06 | -0,03 |
| Ort RH | -0,38*** | -0,26*** | -0,47*** | -0,49*** | -0,57*** | -0,40*** | -0,37*** | -0,34*** | -0,36*** | -0,34*** | -0,38*** | -0,38*** | -0,52*** |
| Kar YG | -0,19* | -0,14 | -0,05 | -0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,06 | -0,22* | -0,29** |
| Kar ÖG | -0,03 | -0,19* | -0,23* | -0,27* | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,12 | -0,11 | -0,19* |
| Don G | -0,10 | -0,18* | -0,16* | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,24* | 0,03 | -0,06 | -0,17+ |
| Bul G | -0,05 | 0,07 | 0,15 | 0,15 | 0,04 | -0,12 | 0,02 | -0,03 | 0,01 | 0,03 | -0,05 | -0,18* | -0,06 |
| Sis G | 0,54*** | 0,43*** | 0,17 | 0,02 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,38*** | 0,49*** |

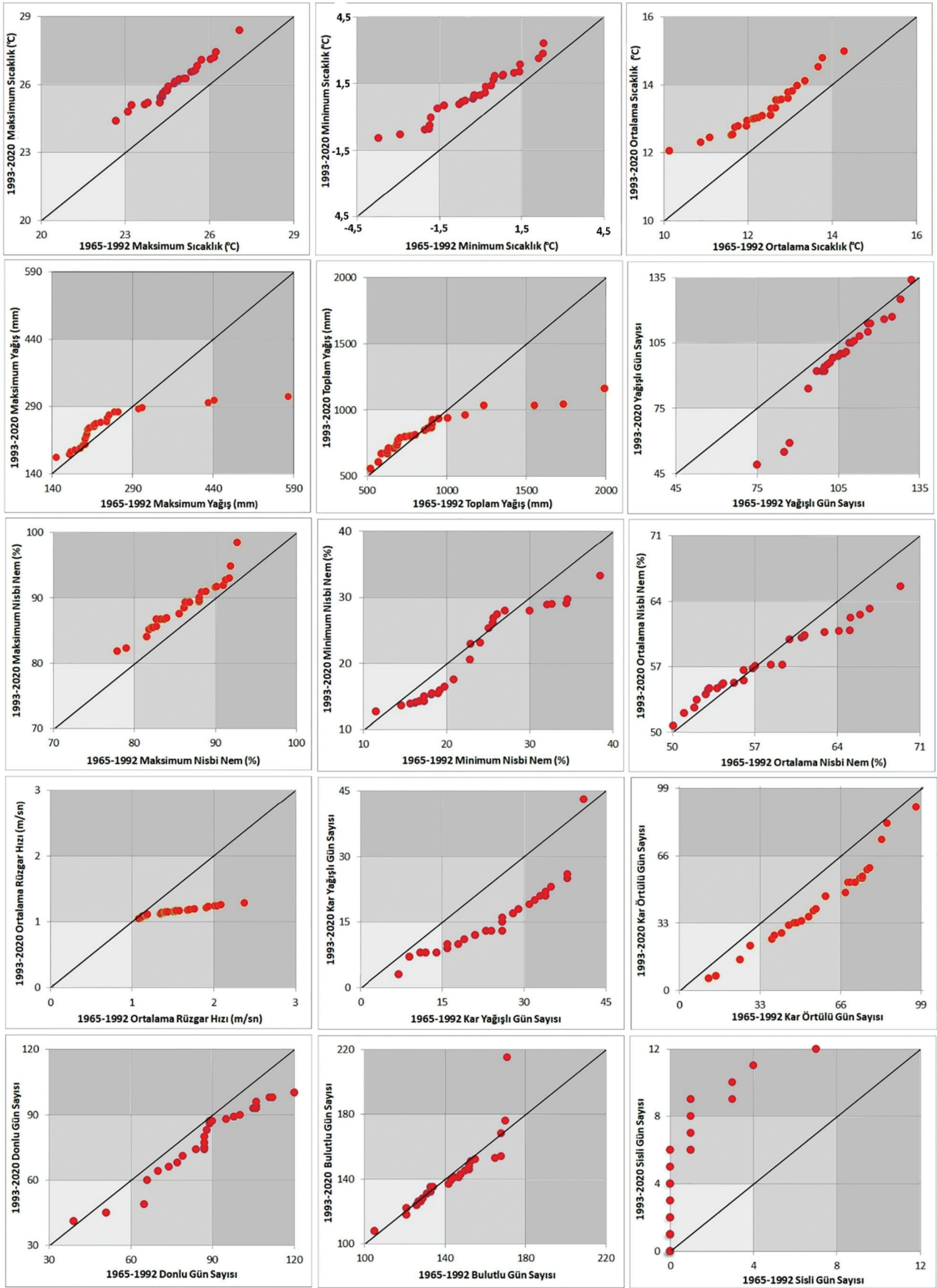
+p<0,1 anlamlılık seviyesi * p<0,05 anlamlılık seviyesi ** p<0,01 anlamlılık seviyesi *** p<0,001 anlamlılık seviyesi

4.3. Yenilikçi Şen Trend Analiz Sonuçları

Mann-Kendall trend analiz yöntemi ele alınan değişkenin zaman içerisinde azalan ve artan monoton yapısını değerlendirir (Boudiaf vd., 2021). Yenilikçi Şen trend analiz yöntemi, Mann-Kendall trend analiz yönteminden farklı olarak veri setlerinin 6 farklı şekilde görselleştirilerek açıklanmasına imkan tanır. Analiz sonucunda elde edilen veri grupları artan, azalan ve trend olmayan koşulların yanı sıra düşük, orta ve yüksek trend şeklinde yorumlanır. Bu yöntemde farklı kategorilerde gruplanan verilerin değerlendirilmesi ile risk faktörleri hakkında bilgi edinilebilir. Örneğin yağış eğilimi tespit edilirken yüksek grupta yoğunlaşan yağış sel riskine, düşük grupta yoğunlaşan yağış ise kuraklık riskine işaret eder (Öztopal & Şen, 2017).

Bu bölümde Tunceli iklim parametrelerine ait veriler esas alınarak, Yenilikçi Şen trend analizine göre 1:1 çizgisi ile hesaplanıp oluşturulan eğilim grafikleri değerlendirilmiştir. 1965-2020 yılları arasındaki dönemi kapsayan toplamda 56 yıllık veri uzunluğuna sahip parametrelere ait veriler eşit şekilde ayrılmıştır. Oluşturulan grafiğin x eksenine zaman serisinin ilk yarısı olan 1965-1992 yılları, y eksenine ise zaman serisinin ikinci yarısı olan 1993-2020 yılları yerleştirilmiş, verilerin grafikteki 1:1 (45°) doğrusu üzerindeki konumuna göre değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre: maksimum sıcaklık verilerinin %46,4'ü düşük, %53,6'sı da yüksek değerlerde bulunmaktadır. Maksimum sıcaklık veri setinin tamamında artış trendi görülmektedir. Minimum sıcaklık verilerinin %28'i düşük, %64,29'u orta ve de %35,71'i yüksek değerlerde bulunmaktadır. Minimum sıcaklık veri setinin tamamında artış trendi görülmektedir. Ortalama sıcaklık verilerinin %82,14'ü orta, %17,86'sı yüksek değerlerde bulunmakta olup, veri setinin tamamında artış trendi

görülmektedir. Maksimum yağış verilerinin %89,29'u düşük değerde olup artış trendi göstermektedir. %7,14 orana sahip orta değerdeki maksimum yağış verileri ile %3,57 oranındaki yüksek değerdeki maksimum yağış verileri azalış trendi göstermektedir. Toplam yağış verilerinin %78,58'i düşük değerde olup bu gruptaki yağış değerlerinde trend görülmezken, %10,71 oranında paya sahip orta ve aynı orandaki yüksek değere sahip yağış verilerinde azalış trendi saptanmıştır. Yağışlı gün sayısına ait verilerin %1,79'u düşük, %46,42'si orta ve %51,79'u yüksek değerde olup azalış trendi görülmektedir. Maksimum nisbi neme ait verilerin % 66,07'si orta, %33,93'ü de yüksek değerlerde olup veri setinin tamamında artış eğilimi saptanmıştır. Minimum nisbi neme ait verilerin %44,65'i düşük, %35,71'i orta ve % 19,64'ü yüksek değerlerdedir. Düşük ve yüksek değerde olan minimum nisbi nem verilerinde azalış trendi görülmektedir. Ortalama nisbi nem verilerinin %57,15'i düşük, %23,21'i orta, %19,64'ü de yüksek değerlerde bulunmaktadır. Ortalama nisbi neme ait yüksek değerlerde verilerde azalış eğilimi saptanmıştır. Ortalama rüzgâr hızı verilerinin %85,71'i orta değerde, %14,29'u da yüksek değerde yer almakta olup, veri setinin tamamında azalış trendi görülmektedir. Kar yağışlı gün sayısına ait verilerin %17,86'sı düşük, %50'si orta ve %32,14'ü yüksek değerlerdedir. Kar yağışlı gün sayısında azalış trendi görülmektedir. Kar örtülü gün sayısına ait verilerin %14,29'u düşük, %42,85'i orta ve %42,86'sı yüksek değerlerde yer almakta olup, azalış trendi görülür. Donlu gün sayısına ait verilerin %7,14'ü düşük, %60,72'si orta, %32,14'ü de yüksek değerlerde olup, azalış trendi saptanmıştır. Sisli gün sayısına ait verilerin %30,01'i düşük, %33,33'ü orta, %36,66'sı yüksek değerlerde olup artış trendi görülür. Şen'in yöntemine göre Tunceli iklim parametrelerinden sadece bulutlu gün sayısında trend bulunmamaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. İklim parametrelerine ait zaman serilerinin Yenilikçi Şen trend analiz sonuçları.
Figure 5. Şen's Innovative trend analysis results of time series of climate parameters.

4.4. Regrasyon Analiz Sonuçları

Araştırma alanında iklim parametrelerine uygulanan dördüncü analiz yöntemi regresyon analizidir. Regresyon analizi ile her bir iklim parametresine ait veri setindeki değişimin oran ve miktarının saptanması amaçlanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir. Regrasyon analiz sonuçlarına göre maksimum yağış, minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem, bulutlu gün sayısına ait veri setlerinde anlamlı bir değişim tespit edilememiştir. Buna karşılık 0,1 anlamlılık seviyesinde donlu gün sayısında negatif; 0,05 anlamlılık seviyesinde toplam yağış ve kar örtülü gün sayısı verilerinde negatif; 0,01 anlamlılık seviyesinde maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, maksimum nisbi nem ve sisli gün sayısına ait verilerde pozitif, yağışlı gün sayısı, ortalama rüzgar hızı ve kar yağışlı gün sayısına ait verilerde negatif yönlü değişim saptanmıştır. Maksimum sıcaklık değeri 1965-2020 yılları arasında %22 oranında değişime uğramıştır. Değişim, maksimum sıcaklığın yıllık ortalama değerinde 0,03°C artış, 1965-2020 yılları arasındaki dönemin toplamında da 1,84°C artış şeklinde olmuştur. Minimum sıcaklık değeri 1965-2020 yılları arasında %19 oranında değişime uğramıştır. Değişim, minimum sıcaklığın yıllık ortalama değerinde 0,04°C artış, 1965-2020 yılları arasındaki dönemin toplamında da 2,24°C artış şeklinde olmuştur. Ortalama sıcaklık değeri aynı dönemde %20 oranında değişime uğramıştır. Ortalama sıcaklık değeri 1965-2020 yılları arasındaki dönemde yıllık ortalama 0,02°C, toplamda da 1,46°C artmıştır. Toplam yağış değerlerinde 1965-2020 yılları arasında %7 oranında değişim olmuştur. Toplam yağış, yıllık ortalama 4,43 mm, 56 yıllık zaman diliminde ise 248,36 mm azalmıştır. Yağışlı gün sayısı, 1965-2020 yılları arasında %15 oranında değişime uğramıştır. Yıllık ortalama 0,41 gün azalan yağışlı gün sayısı, 56 yıllık zaman diliminde yaklaşık olarak 23,24 gün azalmıştır. Maksimum nisbi nem miktarı 1965-2020 yılları arasında %13 oranında değişime uğramıştır. Bu değişim yıllık ortalama 0,09 oranında, toplamda da 5,04 oranında artış şeklinde olmuştur. Ortalama rüzgâr hızı 1965-2020 yılları arasında %60 oranında değişime uğramıştır. Ortalama rüzgâr hızı değerinde yıllık ortalama 0,01 m/sn, toplamda da 0,56 m/sn artış olmuştur. 1965-2020 yılları

arasında kar yağışlı gün sayısı %7 oranında azalmıştır. Yıllık ortalama 0,25 gün azalan kar yağışlı gün sayısı, 56 yıllık süre zarfında 14 gün azalmıştır. Kar örtülü gün sayısı 1965-2020 yılları arasında %7 oranında değişmiştir. Yıllık ortalama 0,35 gün azalan kar örtülü gün sayısı, toplamda da 19,6 gün azalmıştır. Donlu gün sayısı yıllık ortalama 0,25 gün, 56 yıllık süre zarfında ise 14 gün azalmıştır. 1965-2020 yılları arasında donlu gün sayısında ortaya çıkan değişim yaklaşık olarak %5 kadardır. Son olarak sisli gün sayısı 56 yıllık zaman diliminde %43 oranında değişmiştir. Bu değişim artış şeklinde olup, sisli gün sayısı yıllık ortalama 0,14 gün, toplamda da 7,67 gün artmıştır (Tablo 3).

4.5. Korelasyon Analiz Sonuçları

Her bir iklim parametresinin diğer parametrelerle ilişkisini belirlemek için Sosyal Bilimler İstatistik Paketi (SPSS) kullanılarak korelasyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon analizi uygulanırken Spearman rho korelasyon katsayısı esas alınmıştır. Korelasyon matrisi incelendiğinde (Şekil 6) 15 farklı parametrenin kendi aralarında oluşturmuş olduğu korelasyon katsayısının yönünün negatif veya pozitif yönlü, şiddetinin de farklı düzeylerde olduğu görülür. Korelasyon katsayıları arasındaki ilişki düzeyi, çok zayıf (0-0,1), zayıf (0,1-0,35), orta (0,35-0,65), güçlü (0,65-0,9) ve çok güçlü (0,9-1) (Abdelkarim vd., 2020) şeklinde sınıflandırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 15 iklim parametresi arasında 120 korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Parametreler arasındaki ilişki düzeyi, parametrelerin ortak performansı hakkında bilgi verir (Dillon & Goldstein, 1984). Korelasyon analiz sonuçları detaylı incelendiğinde minimum sıcaklık ile maksimum sıcaklık arasında pozitif yönlü ve orta düzeyde, ortalama sıcaklık ile maksimum sıcaklık arasında pozitif yönlü ve güçlü bir korelasyon ilişkisi görülür. Ortalama sıcaklık ile maksimum ve minimum sıcaklık arasında pozitif yönlü ve güçlü düzeyde korelasyon ilişkisi bulunur. Maksimum yağış ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve çok zayıftır. Toplam yağış ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif ve çok zayıftır. Toplam yağış ile maksimum yağış arasındaki korelasyon ilişkisi ise pozitif yönlü ve

Tablo 3. İklim parametrelerine ait zaman serilerinin regrasyon analiz sonuçları.

Table 3. Regression analysis results of time series of climate parameters.

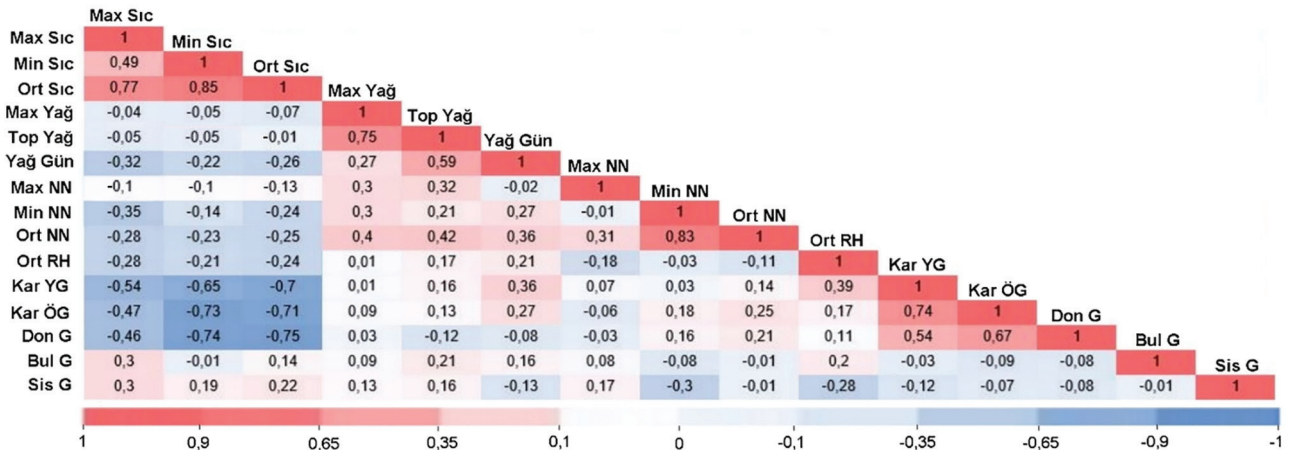
| | Max Sic | Min Sic | Ort Sic | Max Yağ | Top Yağ | Yağ Gün | Max NN | Min NN | Ort NN | Ort RH | Kar YG | Kar ÖG | Don G | Bul G | Sis G | |
|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|-------|---------|
| Regrasyon İstatistikleri | Çoklu R | 0,47 | 0,44 | 0,45 | 0,21 | 0,27 | 0,39 | 0,36 | 0,13 | 0,04 | 0,78 | 0,42 | 0,26 | 0,23 | 0,04 | 0,65 |
| | R Kare | 0,22 | 0,19 | 0,20 | 0,04 | 0,07 | 0,15 | 0,13 | 0,02 | 0,01 | 0,61 | 0,18 | 0,07 | 0,05 | 0,01 | 0,43 |
| | Düzeltilmiş R Kare | 0,21 | 0,18 | 0,19 | 0,02 | 0,06 | 0,13 | 0,12 | -0,01 | -0,02 | 0,60 | 0,16 | 0,05 | 0,03 | -0,02 | 0,42 |
| | Standart Sapma | 1,01 | 1,34 | 0,84 | 70,43 | 261,91 | 16,38 | 3,84 | 6,83 | 4,65 | 0,19 | 8,94 | 21,31 | 17,59 | 18,99 | 2,62 |
| | P | 0,00*** | 0,00*** | 0,00*** | 0,13 | 0,05** | 0,00*** | 0,00*** | 0,34 | 0,81 | 0,00*** | 0,00*** | 0,05** | 0,09* | 0,78 | 0,00*** |
| | B | 0,03 | 0,04 | 0,03 | -0,90 | -4,44 | -0,42 | 0,09 | -0,06 | -0,01 | -0,02 | -0,25 | -0,35 | -0,25 | -0,05 | 0,14 |
| Katsayılar | Standart Sapma | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,58 | 2,17 | 0,14 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,15 | 0,16 | 0,02 | |
| | Beta | 0,47 | 0,44 | 0,45 | -0,21 | -0,27 | -0,39 | 0,36 | -0,13 | -0,04 | -0,78 | -0,42 | -0,26 | -0,23 | -0,04 | 0,65 |
| | T | 3,93 | 3,57 | 3,72 | -1,54 | -2,05 | -3,07 | 2,85 | -0,97 | -0,26 | -9,15 | -3,38 | -2,00 | -1,70 | -0,29 | 6,36 |
| | P | 0,00*** | 0,00*** | 0,00*** | 0,13 | 0,05** | 0,00*** | 0,01*** | 0,34 | 0,81 | 0,00*** | 0,00*** | 0,05** | 0,09* | 0,78 | 0,00*** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

*p<0,1 anlamlılık seviyesi ** p<0,05 anlamlılık seviyesi *** p<0,01 anlamlılık seviyesi

Bağımsız değişken: zaman serisi (1965-2020)

güçlüdür. Yağışlı gün ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıftır. Yağışlı gün ile maksimum yağış arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıf, toplam yağış ile pozitif yönlü ve orta düzeydedir. Maksimum nisbi nem ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıf düzeydedir. Maksimum nisbi nem ile toplam yağış arasında negatif yönlü ve orta derecede korelasyon ilişkisi görülürken, maksimum nisbi nem ile yağışlı gün sayısı arasındaki ilişki negatif yönlü ve çok zayıftır. Minimum nisbi nem ile maksimum sıcaklık arasında negatif yönlü ve orta derecede görülen korelasyon ilişkisi, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile negatif yönlü ve zayıf düzeydedir. Minimum nisbi nem ile maksimum yağış, toplam yağış ve yağışlı gün sayısı arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıf düzeydedir. Minimum nisbi nem ile maksimum nisbi nem arasında ise negatif yönlü ve çok zayıf düzeyde korelasyon ilişkisi görülür. Ortalama nisbi nem ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıftır. Ortalama nisbi nem ile maksimum yağış, toplam yağış ve yağışlı gün sayısı arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve orta düzeydedir. Ortalama nisbi nem ile maksimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıf iken ortalama nisbi nem ile minimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve güçlüdür. Ortalama rüzgâr hızı ile maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıftır. Ortalama rüzgâr hızı ile maksimum yağış arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve çok zayıftır. Ortalama rüzgâr hızı ile toplam yağış ve yağışlı gün sayısı arasındaki korelasyon ilişkisi ise pozitif yönlü ve zayıftır. Ortalama rüzgâr hızı ile maksimum nisbi nem ve ortalama nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıfken minimum nisbi nem ile negatif yönlü ve çok zayıftır. Kar yağışlı gün sayısı ile maksimum sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve orta düzeydedir. Kar yağışlı gün sayısı ile minimum sıcaklık ve ortalama sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve güçlüdür. Kar yağışlı gün sayısı ile maksimum yağış, maksimum nisbi nem ve minimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve çok zayıftır. Kar yağışlı gün sayısı ile toplam yağış ve ortalama nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve

zayıftır. Kar yağışlı gün sayısı ile yağışlı gün sayısı ve ortalama rüzgâr hızı arasındaki ilişki pozitif yönlü ve orta düzeydedir. Kar örtülü gün sayısı ile maksimum sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve orta düzeyde iken kar örtülü gün sayısı ile minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve güçlü düzeydedir. Kar örtülü gün sayısı ile toplam yağış, yağışlı gün sayısı, minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem ve ortalama rüzgâr hızı arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıftır. Kar örtülü gün sayısı ile maksimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve çok zayıf iken kar örtülü gün sayısı ile kar yağışlı gün sayısı arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve güçlüdür. Donlu gün sayısı ile maksimum sıcaklık arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve orta düzeydedir. Donlu gün sayısı minimum ve ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve güçlü düzeydedir. Donlu gün sayısı ile maksimum yağış arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve çok zayıf iken donlu gün sayısı ile toplam yağış arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve zayıftır. Donlu gün sayısı ile yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve çok zayıftır. Donlu gün sayısı ile minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem ve ortalama rüzgâr hızı arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıftır. Donlu gün sayısı ile kar yağışlı gün sayısı arasındaki ilişki pozitif yönlü ve orta düzeydeyken kar örtülü gün sayısı ile arasındaki ilişki pozitif yönlü ve güçlü düzeydedir. Bulutlu gün sayısı ile maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, toplam yağış, yağışlı gün sayısı ve ortalama rüzgâr hızı arasında pozitif yönlü ve zayıf bir korelasyon ilişkisi bulunur. Bulutlu gün sayısı ile minimum sıcaklık, minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem, kar yağışlı gün sayısı, kar örtülü gün sayısı ve donlu gün sayısı arasındaki korelasyon ilişkisi negatif yönlü ve çok zayıftır. Sisli gün sayısı ile maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, maksimum yağış, toplam yağış ve maksimum nisbi nem arasındaki korelasyon ilişkisi pozitif yönlü ve zayıf düzeydedir. Sisli gün sayısı ile yağışlı gün sayısı, minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem, ortalama rüzgâr hızı, kar yağışlı gün sayısı, kar örtülü gün sayısı, donlu gün sayısı ve bulutlu gün sayısı arasında negatif yönlü ve çok zayıf bir korelasyon ilişkisi bulunur.



Şekil 6. İklim parametrelerine ait zaman serilerinin korelasyon matrisi.
Figure 6. Correlation matrix of time series of climate parameters.

5. Sonuç

Bu çalışmada Tunceli meteoroloji istasyonunda kayıt altına alınan 15 iklim parametresine ait zaman serisine Buishand homojenlik testi, Mann-Kendall trend analizi, Yenilikçi Şen trend analizi, regresyon analizi ve korelasyon analizi olmak üzere 5 farklı istatistiksel analiz yöntemi uygulanmıştır. Böylece parametrelere ait zaman serilerinin birbirleri ile olan ilişkileri ve trend özellikleri detaylı şekilde açıklanmaya çalışılmıştır. Kullanılan yöntemlerden Buishand homojenlik testi ile zaman serilerinin homojen yapıda olup olmadığı sorgulanmış, homojen olmayan zaman serilerinde de kırılma noktası tespit edilmiştir. Trend analizlerinde yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall trend analizi ile zaman serilerinde her hangi bir trendin olup olmadığı sorgulanmıştır. Üçüncü olarak kullanılan istatistiksel analiz yöntemi Yenilikçi Şen trend analiz yöntemidir. Bu yöntemde Mann-Kendall trend analizinden farklı olarak zaman serilerine ait veriler grafik üzerinde gösterilmiş ve 6 farklı şekilde yorumlanmıştır. Artan, azalan ve trendin olmayışına ek olarak zaman serisindeki veriler, gruplandığı alana göre düşük, orta ve yüksek trend şeklinde değerlendirilmiştir. Dördüncü kullanılan istatistiksel analiz yöntemi olan regresyon analizi ile veri setlerinde herhangi bir trendin olup olmadığı sorgulanmış, var olan trendin oranı ve miktarı saptanmıştır. Son olarak kullanılan korelasyon analizi ile parametreler arasındaki ilişki sorgulanmış, var olan ilişkinin yönü ve şiddeti belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan 5 farklı istatistiksel analiz yöntemi birbirini tamamlayan ve destekleyen sonuçlar vermiştir. İlk olarak uygulanan Buishand homojenlik test sonuçlarına göre ortalama nisbi nem, kar örtülü gün sayısı, donlu gün sayısı ve bulutlu gün sayısına ait veri setleri homojen yapıdadır. Maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, maksimum yağış, toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, minimum nisbi nem, ortalama rüzgâr hızı, kar yağışlı gün sayısı ve sisli gün sayısına ait veri setleri homojen yapıda olmayıp, veri setlerinde kırılma noktaları olan değişim yılları saptanmıştır. Mann-Kendall trend analiz sonuçlarına göre maksimum yağışa ait veri seti dışında kalan diğer iklim parametrelerine ait veri setlerinin tamamında ya aylık ya yıllık ya da her ikisinde birden artış veya azalış şeklinde trend tespit edilmiştir. Bununla birlikte en dikkat çekici değişim ortalama rüzgar hızına ait zaman serilerinde saptanmıştır. Rüzgâr hızının aylık ve yıllık ortalama değerlerinde yüksek anlamlılık seviyesinde (0,001) azalış trendi tespit edilmiştir. Yenilikçi Şen trend analizi sonuçlarına göre maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklara ait zaman serilerindeki veriler yüksek grupta yoğunlaşmış olup, artış eğilimindedir. Maksimum yağış, toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, minimum nisbi nem ve ortalama nisbi neme ait zaman serilerindeki veriler düşük grupta yoğunlaşmış olup, azalış eğilimindedir. Ayrıca kar yağışlı gün, kar örtülü gün ve donlu gün sayılarında azalış, sisli gün sayısında ise artış tespit edilmiştir. Ortalama rüzgar hızına ait zaman serisindeki verilerin çok büyük bir kısmı orta ve yüksek grupta yoğunlaşmış olup, azalış eğilimi saptanmıştır. Analiz sonuçları dikkate alındığında istasyonda belirgin bir kuraklaşma riski bulunmaktadır. Regresyon analiz sonuçlarına göre maksimum yağış, minimum nisbi nem, ortalama nisbi nem, bulutlu gün sayısına ait veri setlerinde anlamlı bir değişim tespit edilememiştir.

Bununla birlikte regresyon analiz sonuçlarına göre 1965-2020 yılları arasında en dikkat çekici değişim ortalama rüzgar hızı (%60 oranında düşüş) ve sisli gün sayısında (%53 oranında artış) olmuştur. Aynı zaman dilimi dikkate alındığında genel olarak sıcaklık değerlerinde yaklaşık %20 oranında artış, yağış ve nem değerlerinde %10 oranında azalış saptanmıştır. Kar yağışlı, kar örtülü ve donlu gün sayılarında ise yaklaşık olarak %5-10 oranında düşüş olmuştur. Korelasyon analiz sonuçlarına göre Tunceli'de sıcaklık, diğer iklim parametrelerinin şekillenmesinde ve iklimin genel karakterinin oluşmasında etkili olmuştur.

Analizlerin ortak sonuçlarına göre Tunceli'de maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve sisli gün sayısı değerlerinde artış; toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, ortalama rüzgar hızı ve kar yağışlı gün sayısı değerlerinde azalış şeklinde bir değişim tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklık değerlerindeki artış minimum ve maksimum sıcaklık değerlerindeki artış ile ilişkilidir. Sisli gün sayısında görülen artışta, en güçlüden en zayıfa doğru sırasıyla maksimum sıcaklıklardaki artış, minimum nisbi nem değerlerindeki düşüş, ortalama rüzgar hızındaki azalış, ortalama sıcaklık ve minimum sıcaklık değerlerindeki artış etkili olmuştur. Toplam yağış değerlerindeki azalışta, maksimum yağış değerlerindeki düşüş ve sıcaklık değerlerindeki artış etkili olmuştur. Yağışlı gün sayısındaki azalışta, en güçlüden en zayıfa doğru sırasıyla toplam yağış ve maksimum yağış değerlerindeki azalış ile maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve minimum sıcaklık değerlerindeki artış etkili olmuştur. Sıcaklık değerlerindeki artış, yağış değerlerindeki düşüş maksimum nisbi nem değerlerinin de düşmesine etki etmiştir. Ortalama rüzgar hızına ait değerlerin düşmesinde en güçlüden en zayıfa doğru sırasıyla maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve minimum sıcaklık değerlerindeki artış; yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, toplam yağış ve ortalama nisbi nem değerlerindeki azalış etki etmiştir. Kar yağışlı gün sayısındaki düşüşe en güçlüden en zayıfa doğru sırasıyla ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık ve maksimum sıcaklık değerlerindeki artış; ortalama rüzgar hızı, yağışlı gün sayısı, toplam yağış ve ortalama nisbi nem değerlerindeki azalış etki etmiştir.

Tunceli iklim değişikliğine karşı hassas bir sahada yer almaktadır. Tarım ve hayvancılığın temel geçim kaynağı olduğu ilde olası kuraklık ciddi ekonomik sıkıntılara neden olacaktır. Çalışmadan elde edilen trend analiz sonuçları, Tunceli'de yakın gelecekte ciddi kuraklık ve kuraklığın neden olabileceği su yetersizliği sorunlarının yaşanabileceğini göstermektedir. Bu nedenle ilde karar vericiler ve yerel yönetimlerin iklim değişikliklerinin zararlı etkilerini en aza indirmeye yönelik stratejiler geliştirmeleri önerilmektedir.

Kaynakça

- Abdelkarim, A., Al-Alola, S. S., Alogayell, H. M., Mohamed, S. A., Alkadi, I. I., & Youssef, I. Y. (2020). Mapping of GIS-flood hazard using the geomorphometric-hazard model: Case study of the al-shamal train pathway in the city of Qurayyat, Kingdom of Saudi Arabia. *Geosciences*, 10(9), 333. <https://doi.org/10.3390/geosciences10090333>
- Acar Deniz, Z., & Gönençgil, B. (2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36(4), 268–281. <https://doi.org/10.1080/02723646.2015.1045285>
- Acar Deniz, Z., & Gönençgil, B. (2017). Türkiye sıcaklık ekstremelerindeki değişkenlikler. *Coğrafya Dergisi*, 35, 41–54. <https://doi.org/10.26650/JGEOG295515>
- Acar, Z., Gönençgil, B. & Korucu Gümüšoğlu, N. (2018). Longterm changes in hot and cold extremes in Turkey. *Journal of Geography*, 57–67. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2018-0002>
- Ahmad, I., Tang, D., Wang, T., Wang, M., & Wagan, B. (2015). Precipitation Trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*, 2015, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2015/431860>
- Altın, T., & Barak, B. (2012). Seyhan Havzasında 1970-2009 yılları arasında yağış ve hava sıcaklığı değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 58, 21–34. <https://doi.org/10.17211/tcd.65226>
- Avcı, V., & Esen, F. (2019). Malatya Havzası'nda sıcaklık ve yağışın trend analizi. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 230–246.
- Berhane, A., Hadgu, G., Worku, W., & Abrha, B. (2020). Trends in extreme temperature and rainfall indices in the semi-arid areas of Western Tigray, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00165-6>
- Boudiaf, B., Şen, Z. & Boutaghane, H. (2021). Climate change impact on rainfall in north-eastern Algeria using innovative trend analyses (ITA). *Arabian Journal of Geosciences*, 14(6), 511. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06644-z>
- Brekke, L. D. (2009). *Climate change and water resources management: A federal perspective*. Diane Publishing.
- Buishand, T. A. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58(1–2), 11–27. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90066-X](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(82)90066-X)
- Burn, D. H., & Hag Elnur, M. A. (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255(1), 107–122. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00514-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00514-5)
- Çelik, M. A., Kopar, İ., & Bayram, H. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi'nin mevsimlik kuraklık analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1741–1761.
- Coşkun, M., Gözalan, S., Öztekin, M., & Dünder, Ö. (2020). Susurluk Çayı havzasının ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin trend analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 49, 24–39. <https://doi.org/10.29228/SOBIDER.47774>
- Coşkun, S. (2020). Göller Yöresi'nde sıcaklık, yağış ve akım değerlerinde meydana gelen eğilimler (Akdeniz Bölgesi-Türkiye). *Social Sciences Studies Journal*, 6, 3142–3155. <https://doi.org/10.26449/sss.2488>
- Demircan, M. (2019). Sıcaklık verilerindeki kırılma tarihleriyle iklim indekslerinin ilişkisi. *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara*. <https://tez.yok.gov.tr/Ulusal-TezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Deumlich, D., & Gericke, A. (2020). Frequency trend analysis of heavy rainfall days for Germany. *Water*, 12(7), 1950. <https://doi.org/10.3390/w12071950>
- Dillon, W. R. & Goldstein, M. (1984). *Multivariate analysis: Methods and applications*. Wiley, New York, NY.
- Donnelly, C., Greuell, W., Andersson, J., Gerten, D., Pisacane, G., Roudier, P., & Ludwig, F. (2017). Impacts of climate change on European hydrology at 1.5, 2 and 3 degrees mean global warming above preindustrial level. *Climatic Change*, 143(1), 13–26. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1971-7>
- Dün, S. & Gönençgil, B. (2021). Ege Bölgesi kıyılarında sıcaklık indislerinin analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 77–86. <https://doi.org/10.17211/tcd.897028>
- Durmuş, B., Bulut, İ., & Gönençgil, B. (2021). Antalya Bölümünde sıcaklık ve yağış indislerinin değişim analizleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 78, 91–108. <https://doi.org/10.17211/tcd.1009270>
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8), 1898–1908. <https://doi.org/10.1002/joc.3556>
- Erlat, E., Türkeş, M., & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1), 137–157. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03620-1>
- Esen, F. (2021a). Göynük Çayı Havzası'nın (Bingöl) hidroklimatolojik analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(1), 25–40. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.762813>
- Esen, F. (2021b). Jeomorfolojik özelliklerin Tunceli şehrinin gelişimine etkileri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 7, 109–131. <https://doi.org/10.46453/jader.948540>
- Farooq, I., Shah, A. R., Salik, K. M. & Ismail, M. (2021). Annual, seasonal and monthly trend analysis of temperature in Kazakhstan during 1970–2017 using non-parametric statistical methods and GIS technologies. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 575–595. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00244-3>
- Felix, M. L., Kim, Y., Choi, M., Kim, J., Do, X. K., Nguyen, T. H., & Jung, K. (2021). Detailed trend analysis of extreme climate indices in the upper Geum River basin. *Water*, 13(22), 3171. <https://doi.org/10.3390/w13223171>
- Feng, G., Cobb, S., Abdo, Z., Fisher, D. K., Ouyang, Y., Adeli, A., & Jenkins, J. N. (2016). Trend analysis and forecast of precipitation, reference evapotranspiration, and rainfall deficit in the Blackland Prairie of Eastern Mississippi. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55(7), 1425–1439. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0265.1>
- Gönençgil, B. & İçel, G. (2014). Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyılarında yıllık toplam yağışlarda görülen değişimler (1975-2006). *Türk Coğrafya Dergisi*, 55, 1–12. <https://doi.org/10.17211/tcd.81493>
- Gosain, A. K., Rao, S., & Basuray, D. (2006). Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins. *Current Science*, 346–353.
- Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674>

- Gupta, N., Banerjee, A., & Gupta, S. K. (2021). Spatio-temporal trend analysis of climatic variables over Jharkhand, India. *Earth Systems and Environment*, 5(1), 71–86. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00204-x>
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M Modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77–88. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000174
- 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>
- Hirsch, R. M. & Slack, J. R. (1984). A Nonparametric trend test for seasonal Data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20(6), 727–732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>
- IPCC. (2014). Summary for policymakers In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Ed C B Field et al (Cambridge)(Cambridge University Press)(Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA)*, 34.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Editor: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A Connors, S. L., Pean, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekeci, O., Yu, R., Zhou, B. Cambridge University Press.
- İrcan, M. R., & Duman, N. (2022). Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 80, 39–52. <https://doi.org/10.17211/tcd.1079628>
- İzmen, Ü. (2014). *Bölgesel kalkınmada yerel dinamikler Tunceli modeli ve 2023 senaryoları*. Yön Basım Yayın Dizim Matbaacılık. İstanbul. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/dokuman/bolgesel-kalkinmada-yerel-dinamikler-modeli-ve-2023-senaryolari/481>
- Karabulut, M. (2011). Kayseri'de yağış ve sıcaklıkların trend analizi. *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 79–90.
- Karabulut, M. (2012). Doğu Akdeniz'de ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 26–28.
- Karabulut, M., & Cosun, F. (2009). Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 65–83. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000095
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (5th edition). Charless Griffin.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. A., & Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 1–10. <https://doi.org/10.17211/tcd.90494>
- Kocaoğlu, E., & Çağlayan, A. (2022). Çanakkale yağış gözlem istasyonlarının homojenlik durumu ve yıllık yağışların trend analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(2), 391–408. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1050556>
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., & Çokluk Bökeoğlu, Ö. (2006). *Sosyal bilimler için istatistik istatistik. Pegem Akademi Yayıncılık. Ankara*. <https://pegem.net/urun/Sosyal-Bilimler-icin-Istatistik/61927>
- Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Kahla, N. B., & Shamimuzzaman, M. (2021). Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1), 823–841. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03448-1>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Öztopal, A., & Şen, Z. (2017). Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. *Water Resources Management*, 31(3), 727–737. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1343-5>
- Öztürk, M. Z., & Kılıç, H. (2018). Ardahan'da iklim parametrelerindeki değişimin zamansal analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 70, 37–43. <https://doi.org/19.17211/tcd.364239>
- Rahman, M. A., Yunsheng, L., & Sultana, N. (2017). Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann-Kendall, Spearman's rho tests and ARIMA model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129(4), 409–424. <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0479-4>
- Raucher, R. S. (2010). *The future of research on climate change impacts on water: A NOAA/USEPA/NASA/WaterRF/WERF workshop focusing on adaptation strategies and information needs*. Water Research Foundation.
- Razavi, T., Switzman, H., Arain, A., & Coulibaly, P. (2016). Regional climate change trends and uncertainty analysis using extreme indices: A case study of Hamilton, Canada. *Climate Risk Management*, 13, 43–63. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.06.002>
- Salmi, T., Maatta, A., Antilla, P., & Ruoho, A. (2002). *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates-the Excel template application MAKESENS*. Ilmatieteen laitos.
- SEGE. (2017). *İllerin ve bölgelerin sosyo ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması*. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.sanayi.gov.tr/anasayfa>
- Şen, Z. (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, Z. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3), 939–947. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x>
- Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., & Qin, D. (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4)*. Cambridge University Press.
- Sonali, P., & Kumar, D. N. (2013). Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India. *Journal of Hydrology*, 476, 212–227. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.034>
- Sunday, R. K. M., Masih, I., Werner, M., & van der Zaag, P. (2014). Streamflow forecasting for operational water management in the Incomati River Basin, Southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 72, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.09.002>
- Taxak, A. K., Murumkar, A. R., & Arya, D. S. (2014). Long term spatial and temporal rainfall trends and homogeneity analysis in Wainganga basin, Central India. *Weather and Climate Extremes*, 4, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.04.005>

- Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, 20(11), 3313–3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>
- Topuz, M., & Karabulut, M. (2021). Doğu Anadolu Bölgesinde kar örtülü gün ve kar yağışlı günler sayısının eğilim analizi (1970-2020). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26(46), 1–24. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.928393>
- Türkeş, M. (2003). Küresel iklim değişikliği ve gelecekteki iklimimiz. *23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı*, 12–37.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26–37.
- Türkeş, M., Koç, T., & Sarış, F. (2007). Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57–73. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000073
- Wiemann, S., Al Janabi, F., Eltner, A., Krüger, R., Luong, T., Sardemann, H., Singer, T., Spieler, D., & Kronenberg, R. (2018). Entwicklung eines Informationssystems zur Analyse und Vorhersage hydro-meteorologischer Extremereignisse in mittleren und kleinen Einzugsgebieten. *Forum Hydrol. Wasserbewirtsch*, 39, 357–367.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292(5517), 686–693. <https://doi.org/10.1126/science.1059412>