



Meral Korkmaz

Munzur University, meralkorkmaz@munzur.edu.tr, Tunceli-Türkiye

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2022.17.3.1A0479
ORCID ID	0000-0001-5689-2560
Corresponding Author	Meral Korkmaz

YOZGAT İLİNİN KURAKLIK ARAŞTIRMASI VE TREND ANALİZİ

ÖZ

Küresel ısınma ve iklim değişimi, yirmi birinci yüzyılda dünyanın birçok yerinde ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin sonucunda kuraklık ile ilgili problemler ortaya çıkmaktadır. Kuraklık; herhangi bir zamanda ve bölgede yağış miktarındaki azalmadan ya da nem dengesizliğinden kaynaklanan doğal bir iklim olayıdır. Uzun süreli kuru hava, nem azlığını yaratarak orman ve su kaynaklarında azalmaya neden olabilmektedir. Dolayısıyla kuraklığın olumsuz etkileri göz önüne alındığında, kuraklığın saptanması ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi esastır. Kuraklık tabiatın gizli tehlikesi olup, tespit edilmesi zor bir olaydır. Bu çalışma kuraklık endekslerinin performanslarını değerlendirmeyi ve gelecekteki kuraklık olayını izlemeyi amaçlamaktadır. Temel iklim verilerinin 1980-2021 yılları arası yağış verileri alınarak incelenmiştir. Kuraklık, DrinC yazılımı kullanılarak Standardize Yağış İndeksi ve Normalin Yüzdesi Yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. PNI, bir konum için yağışın en basit ölçümlerinden biridir. Kuraklık değişimi son dönemlerde arttığı görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışma sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve kuraklık politikasının uygulanması gerektiğini belirtmektedir.

Anahtar Kelimeler: Trend Analiz, Kuraklık indeksleri, Standart Yağış İndeksi, Normalin Yüzdesi İndeksi, Kuraklık

DROUGHT RESEARCH AND TREND ANALYSIS IN YOZGAT PROVINCE (TURKIYE)

ABSTRACT

Global warming and climate change cause serious environmental problems in many parts of the world in the twenty-first century. As a result of climate change, problems related to drought arise. Drought; is a natural climatic phenomenon caused by a decrease in precipitation or a moisture imbalance at any time and in the region. This study aims to evaluate the performance of drought indices and monitor future drought events. The basic climate data were analyzed by taking precipitation data between 1980 and 2021. Drought was estimated using the Standardized Precipitation Index and the percent-of-normal method using DrinC software. PNI is one of the simplest measurements of precipitation for a location. It is observed that drought variation has increased in recent years. Therefore, this study states that sustainable water resources management and drought policy should be implemented.

Keywords: Trend Analysis, Drought indices, Standard Precipitation Index, Percent of Normal Index, Drought

How to Cite:

Korkmaz, M., (2022). Yozgat İlinin Kuraklık Araştırması ve Trend Analizi. Engineering Sciences, 17(3):21-34, DOI: 10.12739/NWSA.2022.17.3.1A0479.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yirmi birinci yüzyılda dünyanın birçok yerinde küresel ısınma ve iklim değişimi çevresel sorunlara neden olmaktadır. İklim değişikliğinin sonucunda kuraklık ile ilgili problemler ortaya çıkmaktadır. Kuraklık; doğal bir iklim olayıdır ve başlangıçta meteorolojik değişimler ile başlamaktadır. Kuraklık zamanla tarımsal ve daha ileri zamanlarda hidrolojik kuraklık olarak hissedilmektedir. Kuraklık, genellikle bölgesel olarak değişen, mekânsal ve zamansal özelliklere bağlı bir olaydır. Kuraklık belirli bir zamanda ve bölgede yağış miktarındaki azalmadan ya da nem dengesizliğinden kaynaklanan bir olaydır [1 ve 2]. Yağışın azalması, yüksek buharlaşma ve su kaynaklarının aşırı kullanımından veya tüm bu faktörlerin uzun bir süre boyunca bir araya gelmesinden kaynaklanmaktadır [3 ve 4]. Birçok kurak ve yarı kurak bölge kuraklık nedeniyle zarar görmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunan ülkeler için kuraklık olayının incelenmesi oldukça önemlidir. Uzun süren kuru hava, yağış ve nemdeki azalma sonucu orman ve su kaynaklarının azalmasına neden olabilmektedir. Bunun sonucunda, çevresel, tarımsal alanlarında da ciddi problemler ile karşı karşıya kalınmaktadır [1].

Kuraklık hazırlık ve planlaması, kuraklığın alansal boyutu, şiddeti ve süresi hakkındaki bilgilere bağlıdır. Bu bilgi, genellikle kuraklık özellikleri hakkında karar vermeyi sağlayan kuraklık indekslerinin (DI) kullanımıyla yapılan kuraklık izleme yöntemiyle elde edilmektedir. Böylece bu indeksler kuraklık olaylarının gelişimini başlatmak için kullanılmaktadır. Kuraklıkların tahmini, kuraklığın etkisini ve sonuçlarını azaltabilmek için erken uyarı olarak kullanılmaktadır. Palmer (1965), muhtemelen Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI) olarak bilinen ilk kapsamlı DI'yi ortaya koymuştur. Daha eski DI'ler kuraklık tanımına özgüydü ancak PDSI, bir su dengesi modelinde yağış, sıcaklık ve toprak nemini içermektedir [5]. Meteorolojik aylık yağış verilerinden DI'lerin otomatik tahmini, gösterimi ve analizi için bir yazılım paketi (Uzamsal ve Zaman Serisi Bilgi Modelleme-SPATSIM) sunmuşlardır [6]. Bu yazılım, meteorolojik kuraklıkların nicel bir değerlendirmesine izin vermek için RD, EDI, SPI ve uzun vadeli ortalama ve medyan değerlerden sapmalar dâhil olmak üzere beş farklı DI'yi hesaplamaktadır. Hindistan Orissa'da tarihsel kuraklık şiddetini araştırmak için, Coğrafi Bilgi sistemi tabanlı (DWRAM) ve (SPATSİM) Zaman Serisi Modellemesi Bilgi yazılımı kuru ve ıslak yıllarda kuraklık analizi için kullanılmıştır.

SPATSIM standart yağış endeksi (SPI), etkin kuraklık endeksi (EDI) kullanır ve DWRAM sadece EDI'yi kullanmaktadır. Orissa'nın (Hindistan) bölgelerinden elde edilen verilerin analizinde SPI, EDI ve ortalama yıllık sapma benzer bir kuraklık şiddeti eğilimi göstermiştir [7]. Keyantash ve Dracup, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların şiddetini değerlendirmek için kullanılan 14 iyi bilinen DI'yi incelemişlerdir. DI'lerin değerlendirilmesi için sağlamlık, izlenebilirlik, şeffaflık, karmaşıklık, genişletilebilirlik ve boyutluluktan oluşan ağırlıklı bir kriter seti oluşturulmuştur. Bu değerlendirme kriterlerine göre, Standardize Yağış İndeksi (SPI), daha az veri gereksinimi, herhangi bir zaman adımı için hesaplama yeteneği ve yorumlanabilmesi dâhil olmak üzere birçok avantajı ile kuraklıkları tespit etmek için en iyi seçim olarak bulunmuştur [8].

Kuraklık olayının incelenmesi ve analizi için birçok indeks yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları [9];

PNI	Normalin Yüzdesi İndeksi
SPI	Standart Yağış İndeksi
SRI	Standart Akım İndeksi
PDSI, PHDI, WPLM, ZIND	Palmer Kuraklık İndeksi
Deciles	Ortalıklar İndeksi

SGI	Standart Yeraltısuyu Seviye İndeksi
SPEI	Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi

Zargar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sıklıkla kullanılan 6 adet indis belirlemiştir. PNI, SPI, Palmer Kuraklık İndeksleri, US Kuraklık İzleme (USDM) ve Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) indislerini incelemiş ve tahmin, izleme, planlama yönünden değerlendirmiştir [10].

Ntale ve Gan çalışmalarında üç kuraklık indeksinin özelliklerini analiz etmiş ve değiştirmiştir (gerektiğinde). Bunlar Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI), Bhalme-Mooley İndeksi (BMI) ve Standart Yağış İndeksi (SPI). Doğu Afrika'daki kuraklıkların başlangıcını, gelişimini, sonlanmasını ve şiddetini saptamak için en uygun indeksi belirlemek için PDSI, BMI ve SPI'nin özelliklerini değiştirmiştir. SPI'yi, önce Pearson tip III (P3) dağılımı için tasarlanmış bir çizim pozisyonu formülü kullanarak geliştirilmiş, daha sonra bölgesel taşkın indeksi yöntemiyle standart P3 varyasyonlarına dönüştürülmüştür. Değiştirilmiş SPI, Doğu Afrika'nın kuraklık koşullarını orijinal SPI'den daha doğru bir şekilde tanımlamıştır. BMI, değiştirilmiş PDSI ile yüksek oranda ilişkili sonuçlar üretmiş ve bu yağışların tek başına Doğu Afrika kuraklıklarının değişkenliğinin çoğunu açıklayabileceğini öne sürmüştür [11].

Mishra ve Singh ve White ve Walcott, diğerlerinin yanı sıra, farklı endekslerin avantajlarını ve sınırlamalarını belirtmişlerdir [12 ve 13].

Morid ve diğerleri İran'ın Tahran eyaletinde kuraklık izleme için yedi DI'yi karşılaştırdı. Normal Yüzde (PN), Yağış Ondalık Sayısı (RDs), İstatistiksel Z Skoru (Z Skoru), Standart Yağış İndeksi (SPI), Çin-Z İndeksi (CZI), Değiştirilmiş Çin-Z İndeksi (MCZI) ve Etkili Kuraklık İndeksi (EDI) kullanıldı. Bu DI'lerin tümü yağışa dayalı endekslerdir ve hem kuru hem de ıslak döngüleri ölçebilir. Karşılaştırmalar, SPI ve EDI'nin kuraklığın başlangıcını tespit etmede daha iyi performans gösterdiğini gösterdi ve bunlar Tahran kuraklık izleme sistemine tavsiye edildi. Ancak, EDI bir kuraklığın başlamasına daha duyarlıydı. Bu çalışma aydınlatıcıdır ve şu anda DI'lerin en kapsamlı karşılaştırma çalışmalarından biridir. Bu nedenle, DI'lerin uygulamaları ve bunların karşılaştırılması, dünyadaki belirli bölgeler için faydalıdır [14].

Kuraklık indeksleri yalnızca yağış, yağış ve evapotranspirasyon (ET, akış ve bitki örtüsü koşulları gibi diğer değişkenlere dayalı olarak yürütülmektedir [15]. Yağışlara ek olarak, buharlaşma transpirasyonunun dâhil edilmesi daha doğru bir tahmin sağlar [16]. Topluluk endekslerini kullanarak kuraklığın tahmini, etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir.

Dikici yapmış olduğu çalışmada, Asi havzasının meteorolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik verileri kullanılarak ve literatürde mevcut olan farklı indis ve göstergelerin belirlenmesi sonucunda kuraklık risk analizleri incelemiştir. DI (Deciles Index), SPI (Standardize Yağış İndeksi), SPEI (Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi) ve SRI (Standardize Runof İndeksi) indeksleri tanımlanmıştır. 1, 3, 6, 9, 12, 48 aylık nüks aralıklarına göre analizler yapılmıştır. Kuraklıkların sınıflandırılması ve eşik değerleri belirlenmiştir. Endeksler karşılaştırılmış, aralarındaki korelasyon incelenmiş ve ortak bir sonuca varılmıştır. 7800m²'lik bir yağış alanına sahip olan kuraklık şiddetleri, belirli tekrarlar aralıkları için değerlendirilmiştir. Bu amaçla 1970-2016 yılları arasındaki meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik verilere dayalı olarak DI, SPI, SPEI ve SRI endeksleri analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Günümüzde iklim değişikliğinden olumsuz etkilenen su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi ve yönetimi kapsamında kuraklığın beklenen etkilerinin azaltılması konusu oldukça önemli hale gelmiştir [17].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada Yozgat ili için yağış kayıtlarından belirlenen kuraklık modellerini modellemek ve olası tahminleri sağlamak için SPI ve PNI indeksini kullanılmıştır. Bu amaçla 1980-2021 yılları arasındaki meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik veriler ele alınmıştır. Bu verilerin yıllar içinde nasıl bir eğilim gösterdiği ayrıntılı olarak incelenmiş ve kuraklık riski araştırılmıştır. Bu çalışmada mevcut ve gelecekteki kuraklık olaylarının şiddetini ve sıklığını çeşitli kuraklık endeksleri kullanılarak hesaplanacaktır. Yozgat gibi yarı kurak bir iklime sahip bölgenin kuraklığı daha belirleyici tahminler yapılmıştır. Kuraklık indeksi PNI sonuçlarına göre Yozgat ili kuraklık sınıflandırması olarak hafif kurak bölgede olduğu görülmektedir. Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi sonuçlarına göre ise, genel olarak hafif şiddette kuraklık olduğu belirlenmiştir. Aşırı kurak dönem 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir ve kuraklığın son zamanlarda artması küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlanabilir. Bunun sonucunda bölgede hafif kuraklığın riskinin her zaman var olduğu ve her iki indeks ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre taşkınların önlenmesi, su kaynaklarının etkin kullanılması ve tarımsal üretim faaliyetlerinin olası kuraklıktan etkilenme düzeyini en aza indirmesi sağlanmalıdır.

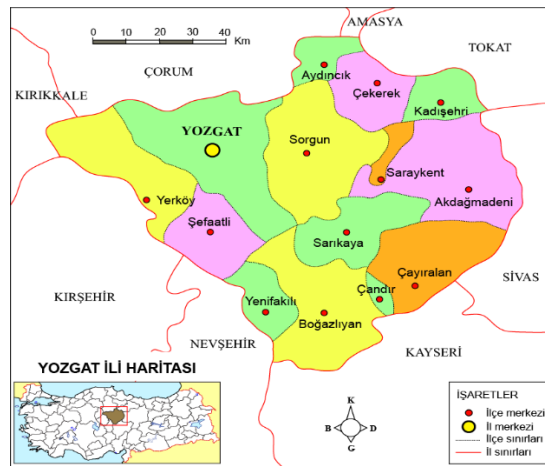
Önemli Noktalar (Highlights):

- Yozgat ili 1980-2021 yılları arasındaki yağış verileri ile yağış durumu ve kuraklık durumu araştırılmıştır.
- Kuraklık tahminleri yapmak için SPI ve PNI indeksleri kullanılmıştır.
- Yağış verileri ile kuraklık riskinin yıllar içinde nasıl bir eğilim gösterdiği ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

3.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanı Yozgat ilini içermektedir. Coğrafi konumu itibariyle Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir ildir. Çekerek, Aydıncık ve Kadışehri ilçeleri ise Karadeniz Bölgesi'nde kalmaktadır. Konum olarak 39° 49' 12.00" kuzey enlemleri ve 34° 48' 15.98" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yozgat ili haritası ve konumu [18]
(Figure 1. Yozgat province map and location)

Yozgat ilinin ortalama sıcaklığı 14.7°C ve yarı kurak iklime sahiptir. Yozgat ilinde kuraklık oluşumunu standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile analiz edebilmek için Devlet Meteoroloji İşleri Genel

Müdürlüğü'nden Yozgat istasyonuna ait aylık ortalama yağış verileri elde edilmiştir. Bu amaçla 1980-2021 dönemine ait yağış değerleri kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi alınan veriler ile kuraklığın analizi yapılmıştır.

Tablo 1. Yozgat iline ait 1929 - 2021 yılları arasında sıcaklık ve yağış verileri [19]

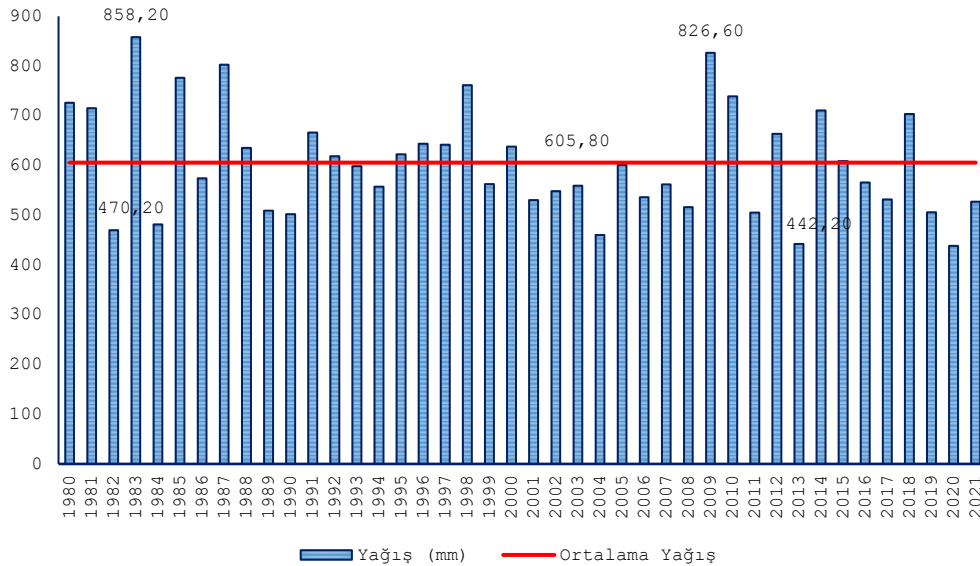
(Table 1. Temperature and precipitation data for Yozgat province between 1929 and 2021)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Yozgat	Ölçüm Periyodu (1929-2021)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.7	-0.6	3.0	8.5	13.1	16.7	19.6	19.8	15.9	10.8	5.1	0.6	9.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	2.1	3.7	8.1	14.0	18.9	22.7	26.0	26.4	22.6	17.0	10.4	4.5	14.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-5.3	-4.6	-1.5	3.2	7.4	10.5	12.9	13.0	9.4	5.3	0.7	-2.7	4.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.0	4.1	5.1	6.3	7.9	9.7	10.8	10.5	8.8	6.5	4.7	3.0	6.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.6	9.5	11.5	10.1	12.3	11.0	2.2	2.3	4.0	6.5	6.85	11.2	98.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	67.9	59.8	68.2	58.3	66.3	45.1	12.8	11.4	18.4	33.5	53.7	75.9	571.3

4. YÖNTEM (METHOD)

4.1. Yağış Veri Analizi (Precipitation Data Analysis)

Yozgat ilinde 1980-2021 yılları arası aylık toplam yağış verilerinin ortalamaları ve bunlara karşılık gelen koordinatlar Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.



Şekil 2. 1980-2021 dönemi için ortalama yıllık yağış verileri Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI)
(Figure 2. Average annual precipitation data for the period 1980-2021 Standardized Precipitation Index)

1980-2021 dönemi yıllık ortalama yağış verileri DMİ Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Şekil 2'deki 42 yıllık yağış verilerinin değişimine bakıldığında yağış eğiliminin değişken olduğu görülmektedir. Aynı zamanda ortalama yağış miktarı zamanla azalmıştır ve çoğunlukla ortalama yağışın altında olmaktadır. Bu da önümüzdeki yıllarda yağış miktarının azalacağını göstermektedir. Şekil 2' de yıllık en yüksek yağış derinliği 858.20mm ile 1983 yılında, en düşük yağış miktarı ise 442.20mm ile 2013 yılında görülmüştür. 1980-2021 dönemi yıllık ortalama yağış miktarı 605.80mm'dir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi nedenlerle yağış miktarı yıl boyunca önemli ölçüde değişmektedir. Bu nedenle yağış olaylarının bilinmesi çok önemlidir. Genellikle kuraklık analizi yapılırken sadece yağışın bilinmesi yeterlidir. Araştırmacılar kuraklık olayını incelerken kuraklık türüne göre birçok farklı yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemlerden en yaygın olanı standart yağış indeksi yöntemidir (SPI). SPI yönteminde kullanılacak formül Denklem 1'de verilmiştir. Denklem 1'de, belirlenen zaman aralığında yağış serilerinin ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile kuraklık elde edilir.

$$SPI = \frac{P_i - P_0}{S_x} \quad (1)$$

Burada;

$P_i, P_1, P_2, \dots, P_n$: Standartlaştırılmış yağış serisi

P_0 : Serinin ortalaması

S_x : Standart sapmasıdır [20].

Yağış olaylarının hesaplanması karmaşık olması nedeniyle yağış dizileri önce normal dağılıma göre ayarlanır. Çünkü 12 ay veya daha kısa periyotlar normal dağılımı göstermez. SPI değerlerinin normalleştirilmesi sonucunda hem kuru hem de nemli periyotlar belirlenmektedir. SPI değeri -1 ve altında ise kurak dönem, pozitif olması ise aşırı yağış veya nemli dönemleri göstermektedir. Bu yöntemden elde edilen değerlere göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Tablo 1'de gösterilmiştir. SPI yöntemi, en az 30 yıllık sürekli aylık yağış verilere uygulanmaktadır ve kuraklık sınıfı belirlenirken Tablo 2'de gösterilen kategorilere göre sınıflandırılabilir [21 ve 22]. Kuraklık klimatolojisi, yağış eksikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi dikkate alınarak, en iyi akışın olduğu 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu süreler, yağış eksikliğinin kullanılabilir su kaynaklarına etkisinin ne kadar süreyle hissedilebileceği mantığına göre seçilmiştir. Örneğin, herhangi bir ayda yağışta meydana gelen bir azalma toprak nemini hemen etkilerken, yeraltı sularını ve nehirleri daha uzun bir süre sonra etkilemektedir.

Tablo 2. SPI ve PNI Kuraklık sınıflandırması [1]
(Table 2. Drought classification of SPI and PNI)

Kuraklık Sınıfı	SPI Değeri	SPI Değeri
Aşırı Nemli	≥ 2	
Çok Nemli	1.5-1.99	
Orta Nemli	1.0-1.49	
Hafif Nemli	0.5-0.99	≥ 110
Hafif Kurak	-0.99-0.5	80-110
Orta Kurak	-1 to -1.49	55-80
Şiddetli Kurak	-1.5 to -1.99	40-55
Aşırı Kurak	≤ -2	≤ 40

4.2. Yağış Normal İndeksi (Precipitation Normal Index, PNI)

PNI, tarihsel ortalama seviyeye göre kuraklık derecesine karar veren, hidrolojik element değerlerinin, aynı dönem boyunca, birkaç yıl boyunca ortalama seviyeden sapma derecesini yansıtır. Normalin yüzdesi, bir konum için yağışın en basit ölçümlerinden biridir. Normalin yüzdesi de kolayca anlaşılır ve mevsime bağlı olarak koşulların farklı

belirtilerini verir. Gerçek yağışın, tipik olarak 30 yıllık ortalama olarak kabul edilen normal yağışa bölünmesi ve %100 ile çarpılmasıyla hesaplanır [23]. PNI yöntemi ile kuraklık şiddeti Tablo 2'de gösterilen kategorilere göre sınıflandırılabilir. Farklı zaman dilimleri için (aylık, mevsimlik ve yıllık) hesaplanabilir. %40'ın altında olduğu yıllarda kurak olarak sınıflandırılmaktadır [24].

$$PNI = \frac{P}{P_0} \times 100 \quad (2)$$

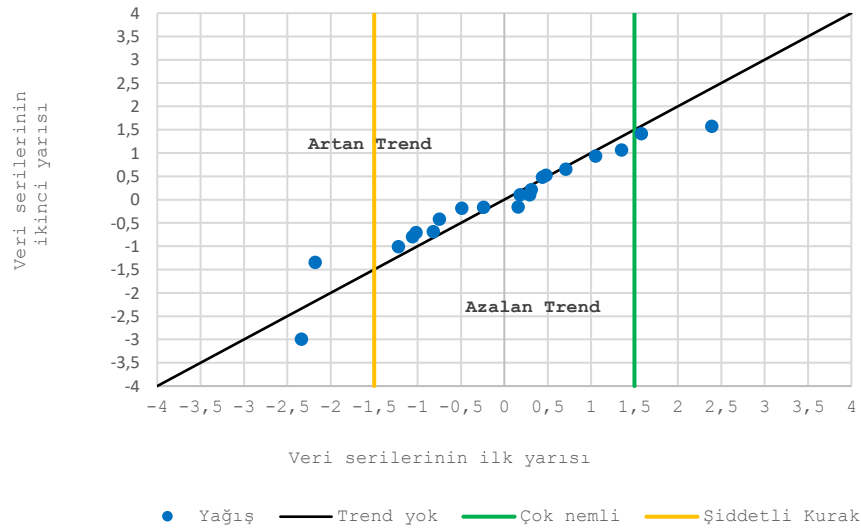
Burada;

P: Normalleştirilmiş yağış miktarıdır

P₀: Ortalama yağış miktarıdır.

4.3. Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis, ITA)

Artan küresel ısınma, orman yangınları ve iklim değişikliği, araştırmacıları kuraklık olayını incelemeye yönlendirmektedir. Bu değişikliklerin incelenmesi için hem geçmişte hem de gelecekte nasıl bir eğilim gösterdiğini bilmek çok önemlidir. Trend analizi ile herhangi bir meteorolojik veya hidrolojik verinin zaman serisinin artan ya da azalan eğilimi belirlenmektedir. Araştırmacıların çoğu çalışmalarında hidrolojik ve meteorolojik değişkenlerdeki eğilimleri belirlemek için yenilikçi trend analizi metodunu kullanmıştır. Bu çalışmada da Yozgat ilinde yıllık ortalama yağışların gelecekteki eğilimini araştırmak için ITA yöntemi kullanılmıştır. 1980-2021 yılları arasında meteoroloji istasyonları tarafından toplanan yıllık ortalama yağış verilerine ITA yöntemi uygulanmıştır. 1980-2021 dönemi için ortalama yıllık yağış verileri, medyan yıldan önce ve sonra bölünmüştür. Her iki alt seri de küçükten büyüğe ayrı ayrı listelenmiştir. Şekil 3'te, Kartezyen koordinat sisteminin ilk alt serisi (Xi) x eksenini boyunca sıralanmıştır ve ikinci alt seri (Xj) y eksenini boyunca sıralanmıştır.



Şekil 3. Yıllık ortalama yağış verilerinin ITA Metodu ile gösterimi [26]

(Figure 3. Representation of annual average precipitation data using ITA Method)

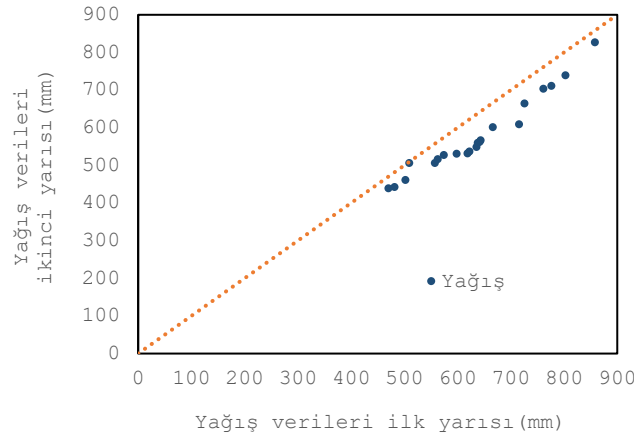
Veriler 1:1 çizgisi üzerindeyse trend olmadığını göstermektedir. Veriler 1:1 çizgisinin alt üçgen alanında yer alıyorsa, azalan bir eğilimi göstermektedir. Veriler üst üçgen alanında yer alıyorsa artan bir trendin olduğu söylenebilir [25]. Şekil 3'te, düşük değerlerin

pozitif artan bir trendi ve yüksek değerlerin negatif azalan bir trendi tanımladığını, 1:1 ideal çizgisine yakın orta değerlerin ise trend olmadığını göstermektedir. Aynı zamanda şiddetli kurak ve çok nemli koşulların oluşma eğilimini daha kolay ve daha iyi tanımlamak için Şekil 1'de iki dikey çizgi eklenmiştir: Şiddetli kuraklık sınırına (SPI= -1.5) sarı bir çizgi ve çok nemli kuraklığa ise mavi bir çizgi ile belirlenmiştir (SPI= -1.5) [26].

5. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

5.1. Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağışların Dağılımı (Distribution of Monthly Average Precipitation for Long Years)

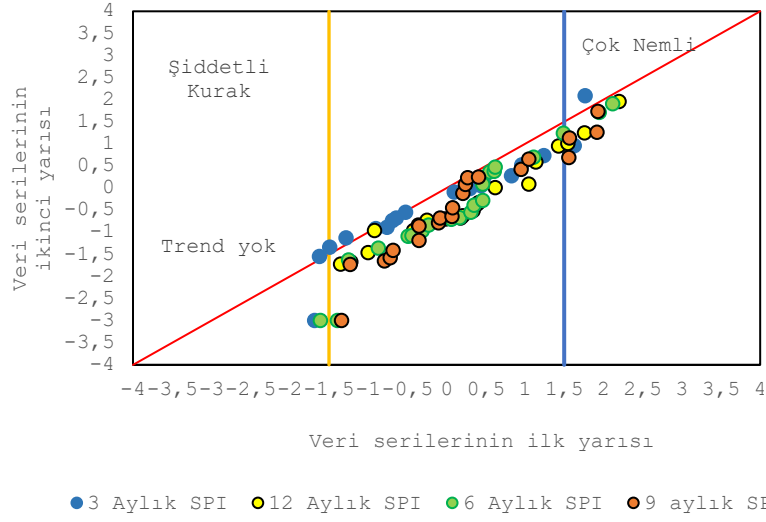
Yozgat iline ait yıllık yağış serileri incelendiğinde ortalama yağışın 605 mm olduğu görülmektedir. Yozgat gibi yarı kurak iklime sahip bölgelerde iklim değişimini incelemek oldukça önemlidir. Yozgat ili ekonomisi tarıma dayalı olduğundan dolayı kuraklığın olması hem çevresel hem ekonomik olarak oldukça fazla etkilemektedir. Kuraklık olayının incelenebilmesi için yağışların yıldan yıla değişimini belirlemek gerekmektedir. Bundan dolayı uzun yıllara ait yağış verilerine Şen Metodu uygulandığında yağışın azalan trende olduğu görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde azalan bir trende doğru gittiği görülmektedir. Bu durum gelecekte yağışın azalması ile kuraklığın daha da hissedileceğini göstermektedir.



Şekil 4. 1980-2021 dönemi uzun yıllar yağış veriler Şen Metodu (Figure 4. The precipitation data for the 1980-2021 period, Sen Method)

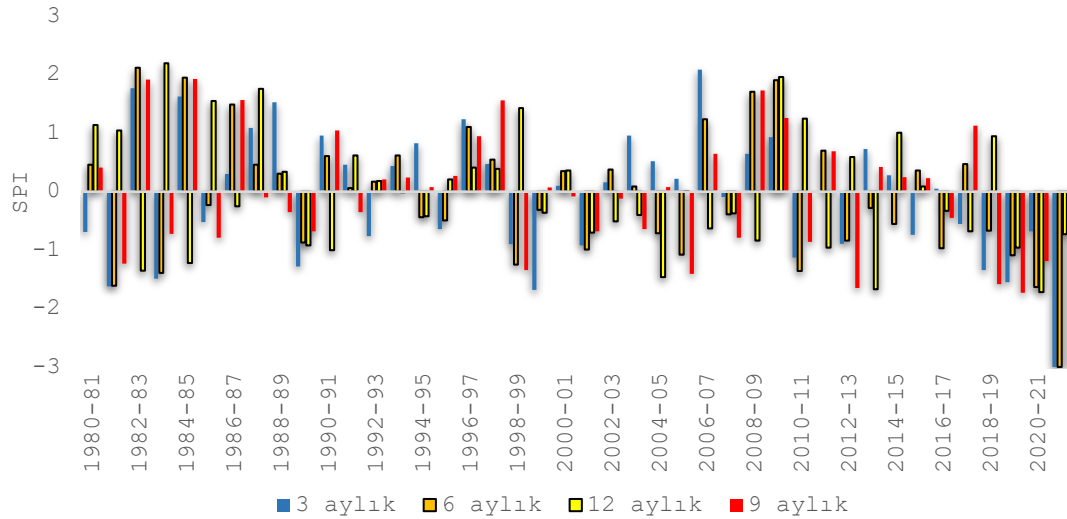
5.2. Aylık SPI Zaman Serileri (Monthly SPI Time Series)

3-6-9-12 aylık seride meydana gelen kuraklık olaylarının trendi Şekil 5'de gösterilmiştir. 3 aylık kuraklık incelendiğinde verilerin ilk yarısında kuraklık eğilimin olmadığını, ikinci yarısında ise azalan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. 6-9-12 aylık seride meydana gelen kuraklık olaylarının ise benzer olduğu ve azalan bir eğilim de olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 1980-2021 dönemi uzun yıllar yağış verileri Şen Metodu (Figure 5. The precipitation data for the 1980-2021 period, Sen Method)

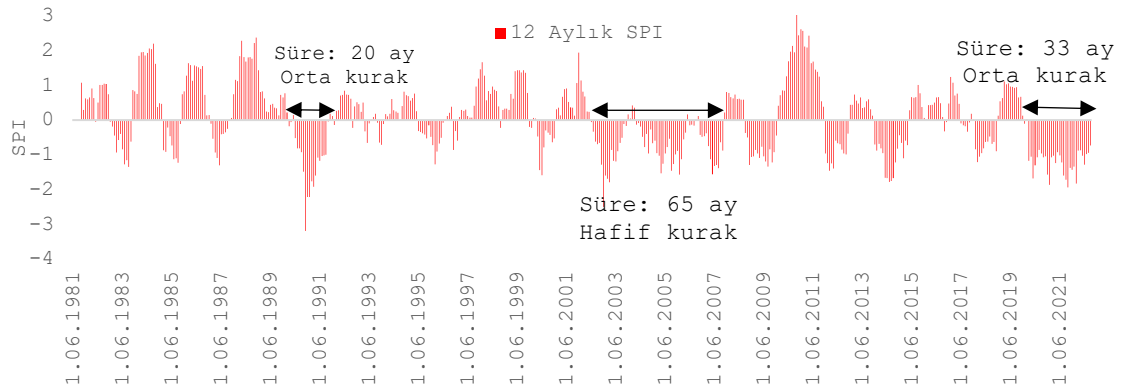
3-6-9-12 aylık seride meydana gelen kuraklık olaylarının 1980-2021 yılları arasında değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. En şiddetli kuraklık 1998-2006 ve 2014-2021 yıllarında meydana gelmiştir. 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI serisinde olağanüstü ve aşırı kuraklık özellikle 3-6-9 aylık zamanda 2020 yılında olduğu şekilde görülmektedir. Bu durum günümüzde ciddi bir kuraklık problemi yaşadığımızı göstermektedir.



Şekil 6. 1980-2021 dönemi 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI değerleri (Figure 6. 3, 6, 9 and 12-month SPI values for the 1980-2021 period)

Şekil 7'de 1980-2021 dönemine ait aylık kuraklık değişimi gösterilmiştir. Mart 1990 ve başlayan kuraklık, şiddetini artırarak 4 yıl devam ederek Ekim 1991'de durmuştur. 2002 Haziran ayında tekrar başlayan kuraklık 2010 Ekim ayına kadar sürmüştür. 2010-2012 yılları arasında kuraklık oldukça azalmıştır. Ancak 2012 yılından itibaren şiddetli kuraklık zamanla artarak tekrar görülmeye başlamıştır. Son

dönemde 2020-2021 yıllarında kuraklık şiddetli artarak hissedilmiştir. Genel olarak Yozgat için kuraklık sınıfı orta kurak olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 7. 1980-2021 dönemi 12 aylık SPI değerleri
(Figure 7. 12-month SPI values for the 1980-2021 period)

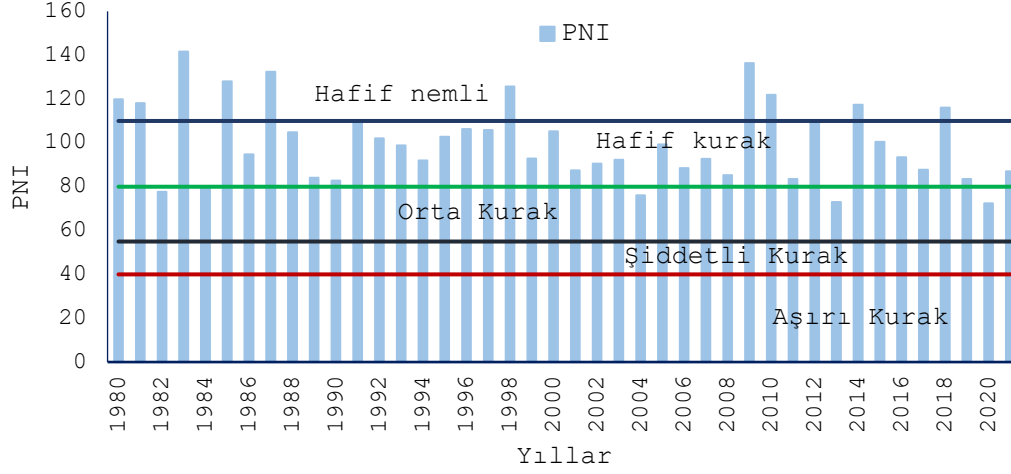
Şekil 8'de Yozgat iklim şartlarında SPI sonuçlarına göre kuraklık ve nemlilik durumu belirlenerek değerlendirilmiştir. Yozgat ilinde kuraklık değişimi çoğunlukla hafif şiddette kuraklık olduğu belirlenmiştir. Aşırı kurak dönem 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir.

Kuraklık Sınıfı	SPI değeri	Yıl
Şiddetli kurak	-1.72	2020-21
	-1.67	2013-14
Orta kurak	-1.46	2004-05
	-1.35	1982-83
	-1.22	1984-85
	-1	1990-91
	-0.96	2011-12
	-0.96	2019-20
	-0.92	1989-90
	-0.84	2008-09
	-0.73	2021-22
	-0.7	2001-02
Hafif kurak	-0.68	2017-18
	-0.63	2006-07
	-0.51	2002-03
	-0.42	1994-95
	-0.4	2003-04
	-0.37	2007-08
	-0.36	1999-00
	-0.33	2016-17
	-0.25	1986-87
	-0.01	1993-94
	0.01	2005-06
	0.09	2015-16
	0.18	1992-93
	0.21	1995-96
Hafif nemli	0.34	1988-89
	0.36	2000-01
	0.39	1997-98
	0.41	1996-97
	0.59	2012-13
Orta nemli	0.62	1991-92
	0.95	2018-19
	1.01	2014-15
Çok nemli	1.05	1981-82
	1.14	1980-81
	1.25	2010-11
Aşırı nemli	1.43	1998-99
	1.55	1985-86
	1.76	1987-88
	1.96	2009-10
	2.2	1983-84

Şekil 8. 1980-2021 dönemi Yozgat ili SPI değerlerine göre kurak dönemlerin sınıflandırılması
(Figure 8. Classification of dry periods according to Yozgat province SPI values for the period 1980-2021)

5.3. PNI Sonuçları (PNI Results)

Şekil 9' da Yozgat ilinin PNI sonuçlarına göre kuraklık ve nemlilik durumu belirlenerek değerlendirilmiştir. Yozgat ilinde kuraklık eğilimi genel olarak hafif kurak bölgede olduğu görülmektedir.



Şekil 9. 1980-2021 dönemi Yozgat ili PNI değerlerine göre kurak dönemlerin sınıflandırılması
(Figure 9. Classification of dry periods according to Yozgat province PNI values for the period 1980-2021)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Uzun süreli yağış verileri ile SPI ve PNI kuraklık indeksleri hesaplanmıştır. Farklı indekslerle kuraklık analizi incelemesi elde edilen sonuçların kıyaslanmasında oldukça faydalı olacaktır. Bu çalışmada her iki indekste benzer sonuçlar vermiştir. Kuraklık indeksi (PNI), kuraklığın büyüklüğünü incelemek için kullanılan basit bir yöntemdir. PNI sonuçlarına göre kuraklık ve nemlilik durumu, Yozgat ili kuraklık sınıflandırması olarak hafif kurak bölgede kaldığı görülmektedir. Hafif kurak bölgede olması ve son yıllarda kuraklığın artması gelecekte bu bölgede kuraklığın artabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, ekim zamanının ayarlanması ve uygun ürün türlerinin ve çeşitlerinin seçilmesi, erken uyarı sistemleri ve kuraklık tespiti ve kuraklık azaltma politikası ve uygulamasıyla güçlü bir şekilde bağlantılı yağış kullanımı uygulanmalıdır.

Kuraklık analizi değerlendirilirken yeni bir yöntem olarak sunulan Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile yağış verilerinin kuraklık oluşumları 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlar için analiz edilmiştir. Yozgat ilinde elde edilen SPI sonuçlarına göre genel olarak hafif şiddette kuraklık olduğu belirlenmiştir. Aşırı kurak dönem 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir. Son dönemlerde kuraklığın artması küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlanabilir. Bunun sonucunda bölgede hafif kuraklığın riskinin her zaman var olduğu gerçeğini göstermektedir. Aynı zamanda hem gözlenen hem de yazılım sonucu elde edilen kuraklık indeks değerleri dikkate alınarak taşkınların önlenmesi, su kaynaklarının etkin kullanılması ve tarımsal üretim faaliyetlerinin olası kuraklıktan etkilenme düzeyini en aza indirmesi sağlanmalıdır.

Sonuçlar, iklim değişikliğinin kuraklığın şiddetini artıracak olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, kuraklığın gelecekteki etkilerini azaltmak için sürdürülebilir su kaynakları yönetimi önlemleri planlanmalı ve uygulanmalıdır. Ayrıca ağaçlandırma, toprak ve su koruma ve bozuk arazilerin rehabilitasyonu, yağmursuyu hasadı gibi iklim azaltıcı önlemler de yerine getirilmelidir. Ayrıca, kuraklık tahmini bilgisine

ve iklim değişikliğinin azaltılması için gereken önlemlerin geliştirilmesine odaklanılmalıdır.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

$P_i, P_1, P_2, \dots, P_n$; Standartlaştırılmış yağış serisi
 P_0 ; Serinin ortalama
 S_x ise standart sapma

ÇIKAR ÇATIřMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Yazar çalışmada çıkar atışması bildirmemiştir.

FİNANSAL AÇIKLAMA (FINANCIAL DISCLOSURE)

Yazar bu çalışma için herhangi bir mali destek almadığını beyan etmiştir.

ETİK STANDARTLAR BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Makalenin yazarı bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Abrha, H. and Hagos, H., (2019). Future drought and aridity monitoring using multi-model approach under climate change in Hintalo Wejerat district, Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, 5(4):1963-1972.
- [2] Tallaksen, L.M. and Van Lanen, H.A., (2007). Key aspects of low flow and drought. *Low Flows Droughts*: 13.
- [3] Zamani, R., Tabari, H., and Willems, P., (2015). Extreme streamflow drought in the Karkheh river basin (Iran): probabilistic and regional analyses. *Nat Hazards*, 76:327-346.
- [4] Bhuiyan, C, Singh, R., and Kogan, F., (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8:289-302.
- [5] Dogan, S., Berktay, A., and Singh, V.P., (2012). Comparison of multi-monthly rainfall-based drought severity indices, with application to semi-arid Konya closed basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 470:255-268.
- [6] Smakhtin, V.U. and Hughes, D.A., (2007). Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. *Environ. Environmental Modelling and Software*, 880-890.
- [7] Pandey, R.P., Dash, B.B., Mishra, S.K., and Singh, R., (2008). Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India). *Hydrological Processes*, 22:1895-1907.
- [8] Keyantash, J. and Dracup, J.A., (2002). The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8):1167-1180.
- [9] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Van Gölü havzası kuraklık yönetim planı, Ankara 2018, 1-7.
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklik%20Yonetimi%20Planlar%C4%B1/Van%20G%C3%B6l%C3%BC%20Havzas%C4%B1%20Kuraklik%20Yonetimi%20Plan%C4%B1%20Y%C3%B6netimi%20C3%96zeti.pdf>.
- [10] Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., and Khan, F.I.A., (2011). Review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19:333-349.
- [11] Ntale, H.K. and Gan, T., (2003). Drought indices and their application to East Africa. *International Journal of Climatology*, 23:1335-1357.

- [12] Mishra, A.K. and Singh, V.P., (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391:202-216.
- [13] White, D.H. and Walcott, J.J., (2009). The role of seasonal indices in monitoring and assessing agricultural and other droughts: a review. *Crop and Pasture Science*, 60:599-616.
- [14] Morid, S., Smakhtin, V., and Bagherzadeh, K., (2007). Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(15):2103-2111.
- [15] Heim, R.R., (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8):1149-1166.
- [16] Tsakiris, G. and Vangelis, H.J.E.W., (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9(10):3-11.
- [17] Dikici, M., (2020). Drought analysis with different indices for the Asi Basin (Turkey). *Scientific Reports*, 10(1):1-12.
- [18] Türkiye İl Haritaları Yozgat ili haritası, http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari2.html. Erişim Tarihi: 01.06. 2022.
- [19] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=YOZGAT>. Erişim Tarihi: 01.06. 2022.
- [20] Sırdaş, S. and Sen, Z., (2003). Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 48(5):809-820.
- [21] Gumus, V. and Algin, H.M., (2017). Meteorological and hydrological drought analysis of the Seyhan-Ceyhan River Basins, Turkey. *Meteorological Applications*, 24(1):62-73.
- [22] McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17(22):179-183.
- [23] Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., and Guttman, N.B., (1994). The national drought atlas. *Institute for water resources report*, 94.
- [24] Ekwezu, C.S. and Madu, J.C., (2020). Evaluation of different rainfall-based drought indices detection of meteorological drought events in state, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 24(4):713-717.
- [25] Caloiero, T., (2018). SPI trend analysis of New Zealand applying the ITA technique. *Geosciences*, 8(3):101.
- [26] Korkmaz, M., (2021). Standart Yağış İndeksi (SPI) kullanarak kuraklık analizi, Serüven Publishing: Mühendislik Alanında Akademik Araştırma ve Değerlendirmeler.