



Araştırma Makalesi Çanakkale İlinin Uzun Yıllar İklim Verilerine Bağlı Kuraklık Analizi

Umur Mucan^{1*}  Murat Yıldırım¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 17100 Çanakkale
*Sorumlu yazar: umut.mucan@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.11.2023

Kabul Tarihi: 01.12.2023

Öz

Bu araştırmada, meteoroloji genel müdürlüğünden elde edilen uzun yıllar iklim verileri kullanılarak, yağış analizi yapılmış ve Çanakkale ili için kuraklık durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler kullanılarak, Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait 1970-2022 zaman diliminde R programında HydroTSM paketi kullanılarak yağış analizi yapılmış ve standart yağış indisi yöntemine göre kuraklık analizi yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda elde edilen zaman serileriyle uzun yıllara yayılan yağış ve kuraklık verileri incelenmiştir. Yağışların günlük, aylık, yıllık ve mevsimsel zaman serileri oluşturulmuş, elde edilen verilere göre yağışların düzensiz bir dalgalanma meydana getirdiği tespit edilmiştir. Kuraklık analizi ise 3, 6, 12, 24, 36 aylık zaman aralıklarıyla hesaplanmıştır. Çanakkale ili için 1970-2022 yılları arasında önemli kurak dönemlerin yaşandığı tespit edilmiştir. Sonuçlara göre kurak ve hafif kurak şeklindeki dağılım daha ağır basarken, nemli ve yarı nemli dönemlerinde yaşandığı belirlenmiştir. Kuraklığın şiddetinin en fazla olduğu yıllar 1997, 2009 ve 2020 yıllarıdır. Ayrıca analizlerin zaman periyodu arttıkça kuraklık şiddeti ve toplam kuraklık süreleri hemen hemen benzerlik göstermektedir. Çanakkale ili için tespit edilen yağış rejimindeki dalgalanmalar ve kuraklık durumu tarımsal su yönetimi ve su kaynaklarının planlanması çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yağış analizi, kuraklık analizi, Standart yağış indisi, HydroTSM, Çanakkale

Drought Analysis of Çanakkale Province Based on Long-Term Climate Data Abstract

The aim of this research is to analyze precipitation and investigate drought conditions by using long-term climate data obtained from the General Directorate of Meteorology. Using the data obtained in the study, precipitation analysis was performed using the HydroTSM package in the R program for the 1970-2022 time period of the Çanakkale central meteorological station, and drought analysis was performed according to the standard precipitation index method. With the time series obtained because of these analyses, precipitation and drought data for many years were examined. Daily, monthly, annual, and seasonal time series of precipitation were generated, and it was determined that precipitation fluctuates irregularly according to the data obtained. Drought analyses were calculated at 3, 6, 12, 24, 36-month time intervals. It was determined that Çanakkale province experienced significant dry periods between 1970 and 2022. According to the results, it was determined that arid and mild arid distribution was more predominant, while humid and semi-humid periods were experienced. The years with the highest severity of drought are 1997, 2009, and 2020. In addition, as the time period of the analyses increases, drought severity and total drought periods are almost similar. Fluctuations in the precipitation regime and drought conditions determined for Çanakkale province were evaluated within the framework of agricultural water management and water resources planning.

Keywords: Precipitation analysis, drought analysis, Standard precipitation index, HydroTSM, Çanakkale

Giriş

Yağmur, su kaynakları ve hidroloji, tarım, su ürünleri yetiştiriciliği, hidroelektrik enerji üretimi ve iklim sistemleri açısından önemli bir unsurdur (Diliner ve ark 2021). Ayrıca, küresel iklim değişikliklerinden dolayı yağışlar ciddi şekilde etkilenmektedir (Kumar ve ark 2017). Yağışlardaki değişim bölgelerde ya da dünya genelinde hissedilmektedir ve bu değişimin çevre ve insan sistemleri üzerindeki etkileri oldukça açıktır (Kotir, 2011). Yağışın daha düşük veya daha yüksek olması ya da bunun mekansal ve mevsimsel dağılımındaki değişiklikler, yüzey akışı, toprak nemi ve yeraltı suyu

rezervlerini, kuraklık ve taşkınların sıklığını etkileyecektir. Ayrıca, yağış dağılımındaki zamansal değişim, bitki desenini ve üretimi etkilemektedir (Kumar ve ark. 2010).

Her iklim tipinde sıklıkla görülebilen kuraklık; belirli zaman dilimlerinde ölçülen yağış miktarının yağış ortalamasının altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır (Uçar ve ark.,2019). Kuraklık genellikle üç sınıf şeklinde değerlendirmektedir. Bunlar; meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklıktır. Meteorolojik kuraklık, yağışların uzun yıllar ortalamasındaki azalma şeklinde ifade edilir. Tarımsal kuraklık ise, toprakta bitkinin kök bölgesi çevresinde faydalanabileceği su miktarı olarak tanımlanır. Tarımsal kuraklık için ana faktörler yağış, bitki su tüketimi ve toprak özellikleri şeklinde sıralanabilir. Hidrolojik kuraklık ise, uzun süre yağış yoksunluğundan yer altı ve yer üstü su kaynaklarının azalmasıdır (Şimşek ve ark., 2011).

Türkiye, coğrafi konumu ve iklim çeşitliliği nedeniyle hem kuraklık hem de aşırı yağış olaylarının sıklıkla yaşandığı bir bölge olarak bilinir, ayrıca kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı bakımından zengin su kaynaklarına sahip ülkeler arasında değildir. Değişen iklim şartları ve hızla artan nüfus neticesinde su kullanımında meydana gelen artıştan kaynaklı su sıkıntısı yaşanmaması için su kaynaklarının planlı yönetimi, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi önemli hale gelmiştir.

Özellikle karalar üzerine düşen yağış miktarındaki zamansal ve mekânsal değişim tarım faaliyetlerini önemli derecede etkilemektedir. Bu durum bazen kuraklık şeklinde ortaya çıkacağı gibi bazen de sel felaketi şeklinde ortaya çıkmakta ve tarım alanlarında drenaj problemi oluşturmaktadır. (Uçar ve ark.,2019).

Son yıllarda, kuraklıkla ilgili çalışmalarda çeşitli indislerin kullanımı büyük bir yaygınlık kazanmıştır. Bu indisler arasında, özellikle Standart Yağış İndisi (SPI) (McKee ve ark., 1993), Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) (Palmer, 1965), Çin-Z İndisi (CZI) (Wu ve ark., 2001) ve Etkili Kuraklık İndisi (EDI) (Morid ve ark., 2010) gibi yöntemler dikkat çekmektedir. SPI'nin, değişik coğrafi bölgelerde ve zaman dilimlerindeki kuraklık durumlarını etkili bir şekilde kıyaslayıp analiz edebilme özelliği, bu indisin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır (Angelidis ve ark., 2012; Yusof ve ark., 2013). Ayrıca, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da SPI'nin kullanımı tavsiye edilmektedir (Hayes ve ark., 2011; Hao ve AghaKouchak, 2013). SPI'nin hesaplanması oldukça basittir ve gerekli verilerin temini kolaydır. Bu indis, uzun vadeli yağış verilerine dayanarak, bu verilerin bir olasılık dağılımına uyarlanması mantığına dayanır (McKee ve ark., 1993; Ajaz ve ark., 2019). Bu çalışmada, kuraklık analizi için temel olarak yağış verileri kullanılmaktadır. Bu sebeple, araştırmamızda kuraklığın analizi için SPI indisi tercih edilmiştir.

Oğuztürk ve Yıldız (2014), Kırıkkale İlinde gerçekleştirdikleri çalışmada, değişik zaman dilimleri (1, 3, 6, 9, 12 ve 24 ay) boyunca kuraklık durumunu analiz etmişlerdir. Bu çalışma için, Kırıkkale'deki meteoroloji istasyonunun 1950'den 2007'ye kadar olan 58 yıllık dönemine ait aylık yağış verileri kullanılmıştır. SPI yöntemi bu verilere uygulanarak, seçilen zaman dilimlerine göre kuraklık özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar vasıtasıyla kuraklığın şiddeti ve süresi hesaplanarak su kaynaklarına etkisi incelenmiştir.

Farklı coğrafi bölgelerdeki kuraklık durumlarının analiz sonuçlarına bakıldığında (Hezarani, 2018), 1970-2014 yılları arasında Türkiye'deki Yeşilirmak Havzası'nda kuraklık durumunu incelemek için kullanılan SPI ve PNI gibi kuraklık indisleri, yağış verilerine uygulanarak bölgesel kuraklık haritalarının oluşturulmasına imkân tanımıştır. Bu çalışma, havzanın iç kesimlerinde kıyı bölgelerine göre daha yoğun kuraklık yaşandığını ortaya koymuştur.

Benzer şekilde, Polonya'da Osuch ve ark (2016) iklim değişikliklerini tahmin etmek için SPI yöntemini kullanmışlar ve altı farklı iklim projeksiyonu üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada, 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık yağış verileri kullanılmış ve SPI değerleri Mann-Kendall ve Şen'in eğilim analizi yöntemleriyle değerlendirilerek haritalandırılmıştır. Araştırmalarında, özellikle yaz aylarında önemli iklimsel değişikliklerin olduğunu vurgulamışlardır.

Çin'in kuzeybatı bölgesinde Wang ve ark (2017) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışma, 1960-2010 yılları arasındaki günlük sıcaklık ve yağış verilerini incelemiş ve sıcaklık indislerinde istatistiksel olarak önemli bir artış tespit edilmiş, bu da bölgedeki iklim değişikliklerinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

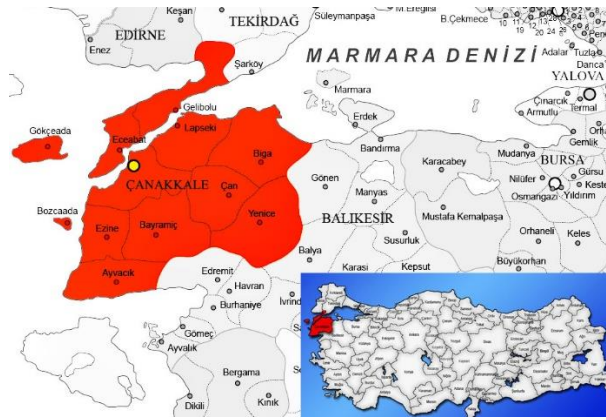
Genel olarak, Uluslararası İklim Değişikliği Paneli raporları (Kaczmarek, 1996) kuraklık olaylarının iklim değişikliğinin bir sonucu olduğunu ve özellikle 20. yüzyılın sonlarında bazı bölgelerde sıklık ve yoğunluklarında artış olacağını belirtmektedir.

Yıldırım ve Mucan (2022) tarafından Çanakkale ili meteoroloji istasyonları verileri kullanılarak elde edilen güvenilir yağış değerleri incelenmiştir. Bu çalışmada kurak, normal ve yağışlı olma olasılıkları belirlenmiş, bitki su tüketimleri bu koşullarda hesaplanmış ve hesaplanan değerler dikkate alınarak optimum bitki desenleri oluşturulmuştur. Bu sayede farklı hava koşullarındaki bitki desenlerinin sulama suyu ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu çalışmalar, iklim değişikliğinin karmaşık doğasını ve farklı coğrafi alanlarda kuraklık gibi farklı etkilere yol açabileceğini gözler önüne sermektedir.

Bu çalışmada, Çanakkale ili meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yılları arası aylık toplam yağış verileri R Programında hydroTSM modülü kullanılarak yağış analizi ve Standart Yağış indeksi (SPI) yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre Çanakkale ilinin yağış potansiyeli incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çanakkale, Türkiye'nin kuzey batısında yaklaşık olarak 40°07' Kuzey enlemi ve 26°24' Doğu boylamı koordinatları arasında yer almaktadır. İlin toplam yüzölçümü 9933 km²'dir ve rakımı yaklaşık 3 metre civarındadır. Rakımın düşük olması, bölgenin deniz seviyesine çok yakın olduğunu gösterir, aynı zamanda geniş kıyı şeridine sahip olduğunu göstergesidir, bu da coğrafi yapıyı ve iklimi doğrudan etkiler (Tarım ve Orman Bakanlığı, Çanakkale İl Müdürlüğü, 2019) (Şekil 1).



Şekil 1. Çanakkale ili lokasyon haritası
Figure 1. Location map of Çanakkale province

Çanakkale ilinin iklimi, Akdeniz iklimi özelliklerini taşır; ılıman kışlar ve sıcak yaz aylarıyla kendini gösterir. İklimin bu özelliği tarım faaliyetleri açısından faydalı bir ortam sağlar, ancak bölgedeki su kaynaklarının yönetimini daha kritik bir hale getirir. (Atalay 2011) Bu nedenle, Çanakkale'nin sürdürülebilir gelişimi için su kaynaklarının etkin yönetimi ve korunması, mevcut durumun analizi oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışma, Çanakkale Merkez istasyonuna ait 1970-2022 yılları arasında ölçülmüş olan 42 yıllık günlük toplam yağış miktarları kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada Çanakkale ilinin kuraklık analizi yapılarak SPI (Standardized Precipitation Index) (McKee, 1993) kullanılmış ve aynı zamanda yağış analizleri için hydroTSM (Time Series Management, Analysis and Interpolation for Hydrological Modelling) (Zambrano-Bigiarini, 2017) modeli kullanılmıştır. Bu modellerin analizleri ve elde edilen grafikler RStudio ve R versiyon 4.0.0 kullanılarak analizi yapılmıştır.

Veri Toplama ve Hazırlama

Çalışma kapsamında kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından temin edilmiş Çanakkale merkez istasyonu yağış verileri kullanılmıştır. Veri seti, belirli bir zaman aralığını kapsayan günlük yağış miktarlarını içermektedir. Verilerin analize hazır hale getirilmesi için öncelikle RStudio 'da gerekli veri temizleme ve düzenleme işlemleri yapılmıştır. Eksik verilerin kontrolü ve istatistiksel anormalliklerin düzeltilmesi bu aşamanın temel unsurlarıdır.

Yağış Analizi (HydroTSM Modülü Kullanımı)

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerinin analizleri için Zambrano-Bigiarini (2017) tarafından R programlama dili içerisinde geliştirilen HydroTSM (Hydrological Time Series Management) model paketi kullanılmıştır. Bu model zaman serisi verilerini işlemek ve analiz

etmek üzere tasarlanmıştır. HydroTSM özellikle büyük hidrolojik veri setlerini işlemek için oluşturulmuştur. Model, hidrolojik verilerin görselleştirilmesi için bir dizi fonksiyon içermektedir. Bu fonksiyonlar sayesinde tüm veriler grafikler ve haritalar üzerinde kolaylıkla gösterilebilmektedir. Ayrıca hidrolojik verilerin üzerinde zaman serisi analizlerini kolaylıkla yapma imkânı sunar.

Kuraklık Analizi

Yağış, suyun varlığını etkileyen en temel faktördür. Bu yüzden, yağış verilerini kullanmak herhangi bir bölgede ve belirli zaman aralığında kuraklık durumunu takip etmeyi mümkün kılar (Dinç ve ark., 2016). Bu çalışmada, kuraklık analizi için Standart Yağış İndeksi (SPI) tercih edilmiştir. SPI, uzun süreli yağış trendlerinin standartlaştırılmasına dayanır ve kuraklık şartlarını belirlemek için en yaygın kullanılan kuraklık analizi yöntemidir. SPI kuraklık indeksi, bir i istasyonunda seçilmiş bir zaman aralığında yağış miktarının (X_i) ortalama yağış miktarından (\bar{X}) olan farkının standart sapmaya (σ) bölünmesiyle elde edilir (Eşitlik1).

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

SPI'nin negatif olduğu dönemler kurak dönem olarak değerlendirilmekte, buna karşın pozitif olduğu dönemler ise yağışlı dönem olarak değerlendirilmektedir. SPI indis değerleri çizelge 1.'de verilmiştir (McKee 1993).

Çizelge 1. SPI Kuraklık Sınıfları (McKee,1993)
Table 1. SPI Drought Classes (McKee,1993)

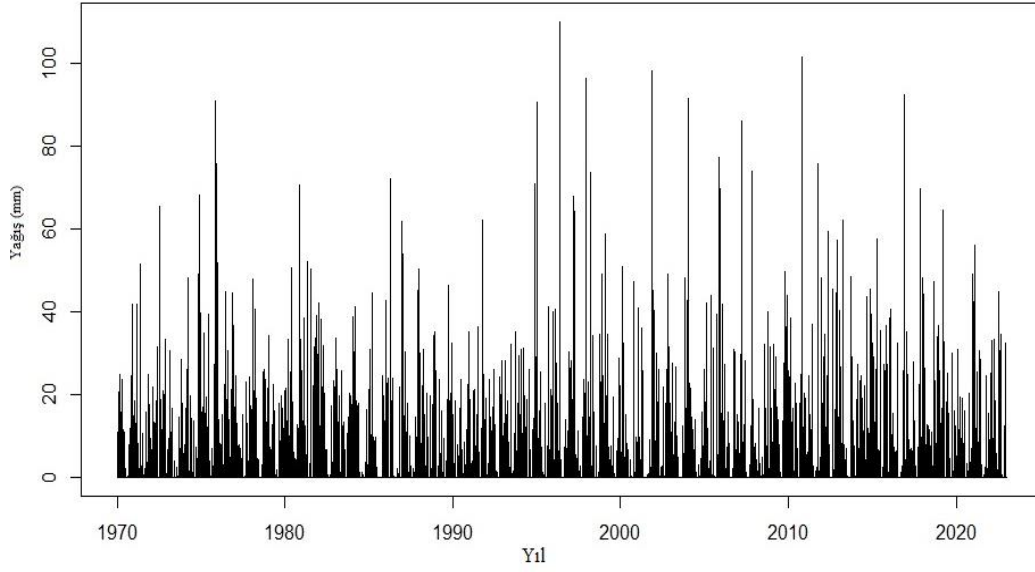
SPI değerleri	Sınıflandırma
>2	Çok şiddetli yağış
1.50 ~ 1.99	Çok yağış
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağış
0.99 ~ 0	Normal
0 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık
<-2	Çok şiddetli kuraklık

Çalışmadaki, SPI kuraklık indeksi değerleri R programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Hesaplama uzun vadeli yağış kayıtlarını kullanarak yapılmış ve böylece kuraklık durumlarını gösteren sonuçlar elde edilerek zaman içindeki değişim analiz edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

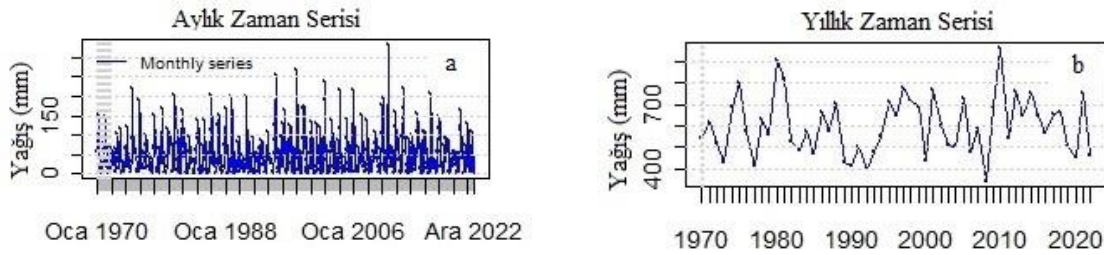
Yağış Analizi (HydroTSM Modülü Kullanımı)

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonu verilerini kullanılarak yağış analizi yapılmıştır. 1970-2022 yıllarına ait yağış veri günlük olarak R programı ortamında HydroTSM Modülü kullanılarak yağış analizleri yapılmıştır. Şekil 2.'te Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait günlük yağış zaman serisi oluşturulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde yağış desenlerinde aylık ve mevsimsel bir dalgalanma görülmektedir. Yağışların belirli bir yıl ve yıllar içindeki değişimi su kaynaklarının yönetimini zorlaştırarak tarımsal bitki desenini değiştirebilir. İncelenen yıllar içerisinde özellikle bazı yıllarda aşırı yağışlar gözlemlenmiştir ve bu tarz yağışlar sel gibi doğal afetlere ve oluşabilecek iklim değişikliği senaryolarına dair potansiyel ipuçları verebilir.



Şekil 2. Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait günlük yağış zaman serisi
Figure 2. Daily precipitation time series for the Çanakkale central meteorological station

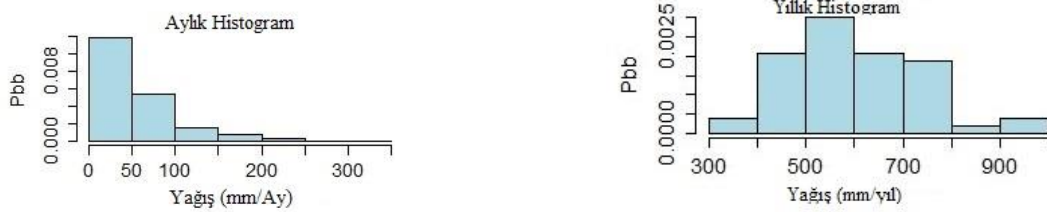
Çanakkale merkez meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yıllarına ait yağışların günlük zaman serisi Şekil 3.'te verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde yağışların düzensiz bir dağılımı olduğu çok belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu durumda barajlar, göletler ve su depolama tesisleri için dengeli bir su arzı sağlamanın zor olduğu yorumu yapılabilmektedir. Bu durum özellikle tarımsal faaliyetler açısından tarımsal sulama planlamasında belirsizliğe ve karışıklığa neden olur. Yağışların yıllık zaman serisi incelendiğinde yıllık toplam yağış miktarlarının zaman içinde dalgalanma gösterdiği, ancak genel olarak belirgin bir azalma veya artış trendinin olmadığı görülmüyor. Bu dalgalanmalar yıllar boyunca farklı tarımsal kuraklık risk seviyelerine işaret edebilir. Sürekli bir azalış trendi yoksa da özellikle 2008, 2009, 2019, 2020 yıllarına baktığımızda yağışlarda önemli bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Bu yıllarda yıllık toplam yağış 2008 ve 2009 da 400 mm altına düştüğü, 2019 ve 2020 yıllarında ise 500 mm altına düştüğü görülmektedir.



Şekil 3. Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait aylık (a) ve yıllık yağış (b) zaman serisi
Figure 3. Monthly (a) and annual (b) precipitation time series for the Çanakkale central meteorological station

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yıllarına ait yağışlar aylık ve yıllık olarak bir histogram oluşturularak incelenmiştir. Bu histogramlar, belirli bir yağış miktarının ne sıklıkta olduğunu göstermektedir. Bu histogramlarda y eksenini, yağış miktarının gözlem sayısının toplam gözlem sayısına bölünmesiyle hesaplanan olasılık yoğunluğunu temsil etmektedir (Şekil 4.). Aylık histogramdaki yağış miktarlarının çoğunlukla düşük olduğu görülmektedir. Bu şekilde, en sık görülen yağış miktarları 0-50 mm aralığındadır. Bu bulgu, belirli aylarda yüksek yağış beklenmese de mevcut su kaynaklarının yönetilmesinde ve özellikle tarımsal sulama gibi suya bağımlı faaliyetlerde dikkatli bir planlama yapılması gerektiğini gösterir. Su kaynaklarının yönetimi açısından, düşük

yağışlı aylarda su stoklarının korunması, su tasarrufu önlemlerinin alınması ve alternatif su kaynaklarına yatırım yapılması önem kazanır. Aylık yağışların düşük olduğu dönemlerde, su kısıtlaması yaşanabileceğinden, suyun verimli kullanımı teşvik edilmeli ve halka su tasarrufu konusunda bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Yıllık histogram ise, yağış miktarlarının genellikle 500-700 mm aralığında olduğunu gösteriyor. Bu dağılım, bir yıl içinde ortalama yağış miktarının bu aralıkta olduğunu ve daha yüksek yağış alınan yılların daha seyrek olduğunu gösterir. Her iki histogram da su kaynaklarının yönetimi ve kuraklıkla mücadele stratejilerinin, yağış miktarlarının doğal değişkenliğini göz önünde bulundurarak geliştirilmesi gerektiğini açıkça göstermektedir. Ayrıca, bu verilerin iklim değişikliği senaryoları altında gelecekteki yağış modellerinin tahmin edilmesinde kullanılması, daha sağlam ve dayanıklı su yönetimi planları oluşturulmasına yardımcı olabilir.



Şekil4. 1970-2022 yılları Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait aylık ve yıllık histogram

Figure 4. Monthly and annual histograms for the Çanakkale central meteorological station from 1970 to 2022

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yıllarına ait yağışları gösteren kutu grafikler Şekil 5.'de görülmektedir. Bu kutu grafiği ve aylık yağış miktarlarının istatistiksel dağılımını göstermekte ve veri setinin merkezi eğilimini, yayılımını ve çeyrek değerlerini (yani, veri setinin medyanını ve alt/üst çeyreklerini) özetleyen beş sayı özetleriyle çarpıklık/aykırılık değerleri göstermek için kullanılır.

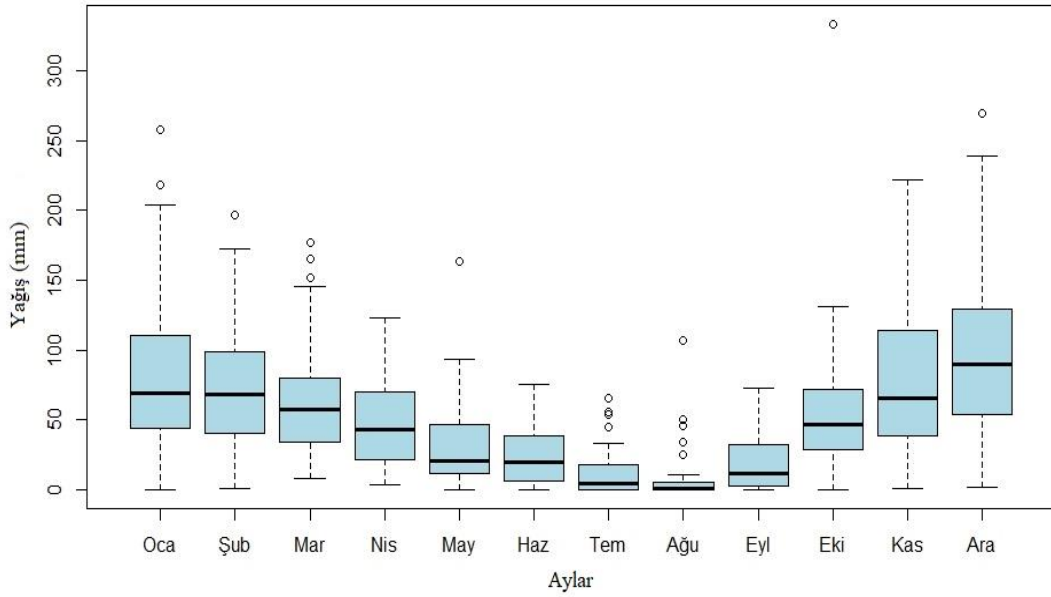
Bu çizgilerin dışında kalan noktalar ekstrem değerlerdir ve bunlar genellikle olağandışı durumlar veya ölçüm hataları olarak kabul edilir. Bu tür grafikler, iklim bilimciler, meteorologlar ve çevre mühendisleri gibi uzmanlar tarafından hava durumu ve iklim modellerini analiz etmek için sık kullanılır ve aynı zamanda, tarım, su kaynakları yönetimi ve afet planlaması gibi bilim dallarına önemli bilgiler sağlar.

Tarımsal sulama genellikle ilkbahar ve yaz aylarında yoğunlaşır, bu nedenle özellikle Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki yağış miktarları ülke için kritik öneme sahiptir. Bu grafiklere göre;

Mart ve Nisan (İlkbahar Başlangıcı): Yağış miktarlarının nispeten daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum fide ekimi ve büyümenin başladığı dönemlere denk gelmekte ve tarımsal alanların doğal yağışlardan yararlanabileceği anlamına gelir. Ancak, kutu grafiklerin üst kısımlarında yer alan ekstrem değerler o yıllarda beklenenden daha fazla yağış alındığını göstermektedir. Mart ayı için veri setinde üç ekstrem yağış değeri gözlemlenmiş ve bunlar 1998 yılında 177 mm, 1999 yılında 165mm, 2007 yılında 152 mm şeklindedir. Bu durum, toprak erozyonu veya sel riskini arttırabilir.

Mayıs ve Haziran (İlkbahar Sonu ve Yaz Başlangıcı): Bu aylarda sadece bir ekstrem değer Mayıs için 165 mm yağış şeklindedir ve yağış miktarları önceki aylara göre azalmakta ve bu nedenle sulama suyu ihtiyacının arttığı gözlemlenmektedir.

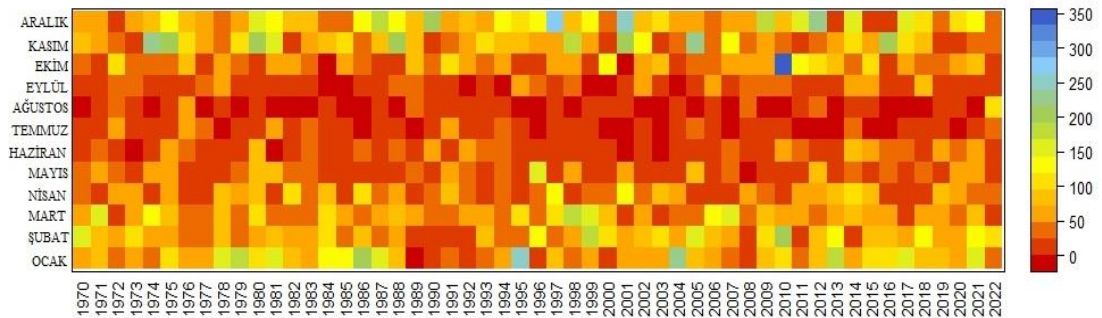
Temmuz ve Ağustos (Yazın En Sıcak Ayları): Bu aylarda ise yağışın daha da azaldığı görülmektedir. Yağışın az olduğu bu aylarda Temmuz ayı için dört ekstrem değer mevcuttur. Bu değerler 1972 yılında 66 mm, 1976 yılında 56 mm, 1981 yılında 54 mm, 1991 yılında 54 mm ve 2022 yılında 45mm şeklinde tespit edilmiştir. Aynı durum Ağustos ayı için de geçerlidir ve 5 ekstrem değeri mevcuttur. Bu değerler 1975 yılında 65.4 mm, 1980 yılında 76mm, 2010 yılında 61.5 mm ve 2021 yılında 56 mm'dir. Bitkilerin yaz aylarında sulama suyuna ihtiyacı daha fazla olduğundan, bu dönemde sulama sistemlerine daha fazla bağımlılık söz konusudur ve su kaynaklarına olan talep artar. Bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için planlama ve stratejik kullanımını daha önemli hale getirir.



Şekil 5. 1970-2022 yılları Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait aylık kutu grafikler
Figure 5. Monthly box plots for the Çanakkale central meteorological station from 1970 to 2022

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yıllarına ait yağışları gösteren renkli ısı haritasında zaman içindeki aylık yağış miktarlarındaki değişimini Şekil 6 göstermektedir. Haritada yatay ekseninde yıllar, dikey ekseninde ise aylar yer almaktadır. Renkler, yağış miktarını temsil etmektedir; mavi en yüksek yağışı (350 mm/Ay'a kadar), sarı ve turuncu daha düşük yağışları, kırmızı ise en düşük yağışı (0 mm/ay) ifade etmektedir. Özellikle 1980'lerin sonu ve 1990'ların başı gibi dönemlerde kırmızı ve turuncu tonların hâkim olduğu görülmektedir ve bu yılların daha az yağış aldığı sonucuna varılmaktadır. Buna karşın 2000'lerin başında ve 2010'ların ortasında mavi tonların daha baskın olduğu görülmektedir ve bu durum o yıllarda yağış miktarının arttığına işaret eder.

Aylık değişimlere bakıldığında, kış aylarının (Aralık, Ocak, Şubat) genel olarak diğer aylara kıyasla daha fazla yağış aldığı görülmektedir. Ocak ve şubat aylarında mavi tonlar daha baskınken, yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) 0-50 mm arası değişen sarı ve turuncu tonlar ağırlık kazanmıştır ve bu bulgulara göre yaz aylarının daha kurak geçtiği sonucu ortaya çıkmıştır.



Şekil6. 1970-2022 yılları Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait aylık ısı haritası
Figure 6. Monthly heat map for the Çanakkale central meteorological station from 1970 to 2022

Çanakkale merkez meteoroloji istasyonunun 1970-2022 yıllarına ait mevsimlere göre zaman içindeki yağış değişkenliğini gösteren zaman serisi ve kutu grafikleri Şekil 7'de görülmektedir. Kısa vadede tarımsal ürünlerin su ihtiyacını karşılama ve uzun vadede su kaynakları planlamasının

yapılması konusunda bu veriler oldukça önemlidir. Grafikler, 1970'ten 2022'ye kadar kış (AOŞ), ilkbahar (MNM), yaz (HTA) ve sonbahar (EEK) mevsimlerine ait yağış miktarlarının değişkenliğini yıllık ve mevsimsel olarak göstermektedir.

Kış Mevsimi (AOŞ): Kış ayları boyunca yağış miktarlarının zaman içinde nispeten benzer bir yağış eğilimine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, kışın sulama ihtiyacının daha az olduğu ve yağışın su kaynakları için yenileme dönemi olduğunu gösteriyor. Kış yağışları, yeraltı su seviyelerinin korunması ve ilkbahar ekim dönemi için toprak nemi seviyesinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir.

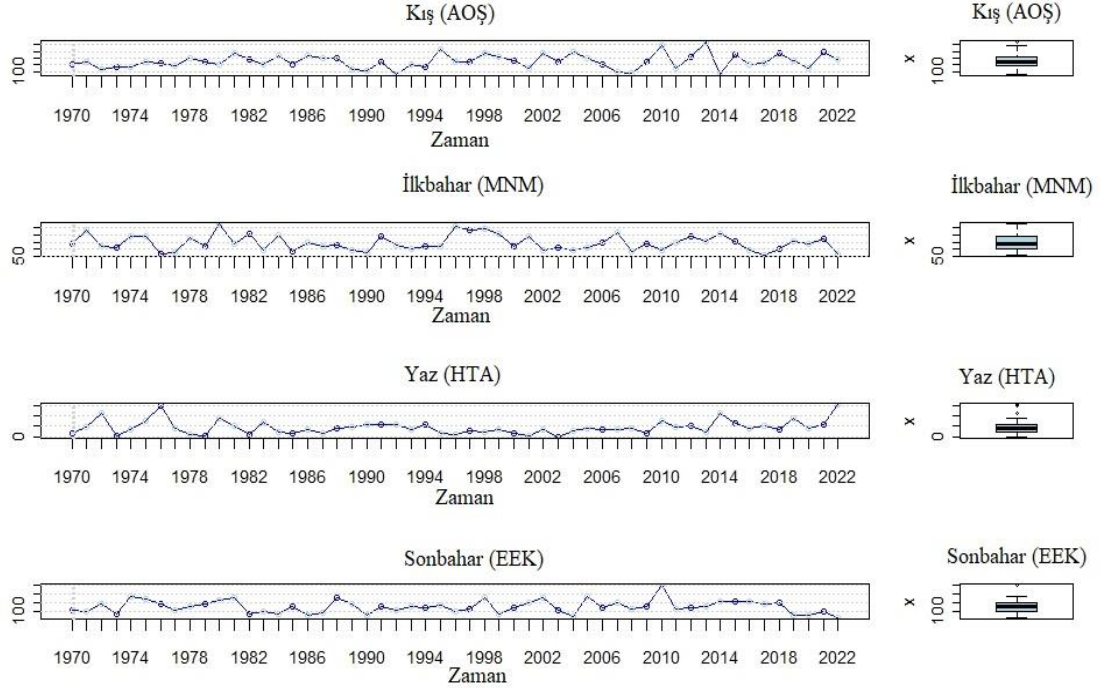
İlkbahar Mevsimi (MNM): İlkbahar yağışlarında da benzer şekilde, zaman içinde büyük dalgalanmalar olmadan, nispeten düzenli bir dağılım gözlenmektedir. İlkbahar yağışları, özellikle yağışa bağımlı tarım alanlarında kritik öneme sahiptir çünkü bitkilerin büyüme mevsimi başlangıcında su ihtiyaçları artmaktadır.

Yaz Mevsimi (HTA): Yaz aylarında yağış miktarlarının genel olarak düşük olduğu ve büyük dalgalanmaların olmadığı görülmektedir. Bu dönemde yağışın az olması, sulama ihtiyacının artması nedeniyle su kaynaklarının yönetilmesinde dikkatli olunması gerektiğinin bir göstergesidir. Kurak dönemlerde su kaynaklarının verimli kullanımı ve su stresinin yönetimi, verimli bir tarım için hayati öneme sahiptir. 2017 ve 2022 yılında mevsimsel yağış seviyesi 50 mm civarındadır ve kritik bir seviyededir.

Sonbahar Mevsimi (EEK): Sonbahar aylarında, özellikle geçmiş yıllara kıyasla, yağış miktarlarında biraz daha fazla dalgalanma olduğu ancak genel bir artış ya da azalış trendinin belirgin olmadığı görülüyor. Sonbahar yağışları, kış öncesi toprak nemi seviyelerini yeniden doldurmak ve kışlık ekinler için önemlidir.

Her mevsim için kutu grafikleri, mevsimlik yağışların medyanını, çeyreklerini ve aykırı değerlerini gösterir. Bu grafikler, su kaynakları yönetimi ve tarım planlamasında, özellikle de sulama ve kuraklık risk yönetimi stratejileri oluşturulurken, karar vericilere değerli bilgiler sağlamaktadır. Kış ayları için yağış miktarı 200-300mm arası değişirken yaz ayları 0-50 mm arası değişiklik göstermektedir.

Uzun vadeli tarımsal planlama açısından bu veriler, belirli ürünlerin ekim dönemlerini ve çeşitlerini optimize etmek, sulama sistemlerini ve su tahsisatını planlamak ve kuraklık yönetim stratejilerini geliştirmek için kullanılabilir. Ayrıca, bu tür analizler, tarım sigortası ve hükümet destek programları gibi finansal risk yönetimi araçlarının tasarımında da önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale geldiği bir dönemde, bu tür zaman serisi analizleri, sürdürülebilir tarım ve su kaynakları yönetimi için hayati öneme sahiptir.



Şekil7. 1970-2022 yıllarına ait yıllık ve mevsimsel yağış miktarlarının değişkenliği
Figure 7. Variability of annual and seasonal precipitation amounts for the years 1970 to 2022

Kuraklık Analizi (SPI İndeksi (Standardized Precipitation Index))

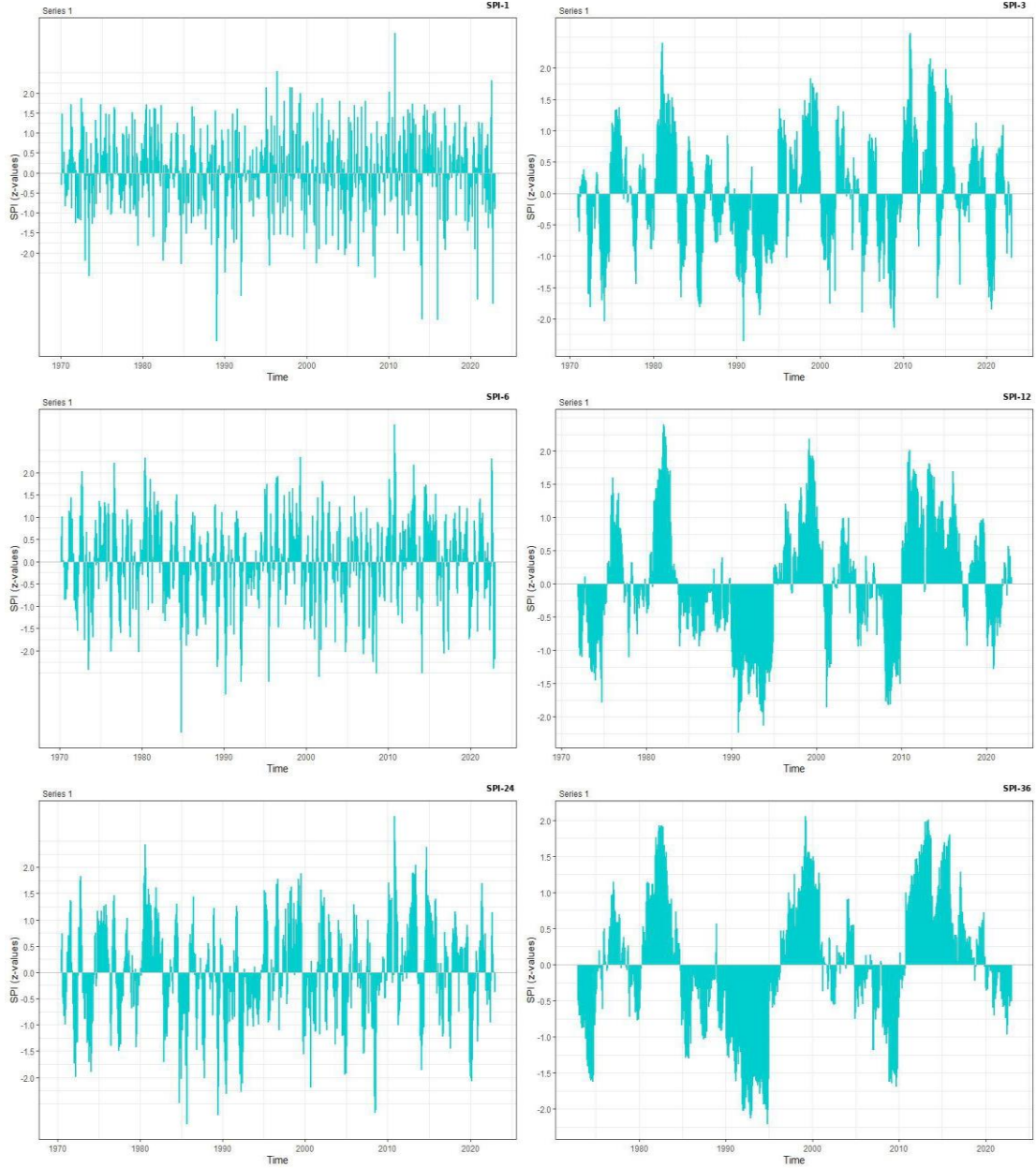
Kuraklık analizi için, yağış analizinde olduğu gibi Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait 1970-2022 yıllık yağış verileri kullanılmıştır. R programında hazırlanmış bir yazılım kullanılarak SPI değerleri hesaplanmıştır. 3, 6, 12, 24, 36 aylık zaman aralıklarıyla hesaplanmış SPI değerleri Şekil 8. da verilmiştir. Şekil 8. incelendiğinde 1 aylık zaman dilimindeki SPI değerleri Mevsimsel yağış değişimlerini ve kısa vadeli kuraklık olaylarına işaret eder. Bu durum tarımsal faaliyetler için önemlidir, çünkü ekim ve hasat zamanlaması kısa vadeli yağış değişimlerine bağlıdır. 3 Aylık SPI değeri ise mevsimsel değişimleri ve bir mevsim içindeki kuraklık durumunu yansıtır. Özellikle tarımsal ürünlerin büyüme dönemlerinde önemlidir. 6-12 Aylık SPI değerleri daha uzun süreli kuraklık eğilimlerini yansıtır. Yağış değişimlerini ve genel su kaynakları yönetiminde bilgi verici nitelikte kullanılabilir.

24-36 Aylık SPI değerleri ise çok daha uzun vadeli kuraklık eğilimlerini ve potansiyel iklim değişikliklerine işaret edebilir. Sürdürülebilir su kaynakları planlaması ve büyük ölçekli tarımsal su yönetimi planlaması için kritik öneme sahiptir.

Şekil 8. incelendiğinde 1970 ve 2022 yılları arasında önemli kuraklık dönemleri olarak kabul edilen yıllar şunlardır:

- 1970, 1972, 1973, 1974, 1977, 1979
- 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1989
- 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999
- 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009
- 2014, 2016, 2020

Bu yıllar, en az bir aylık SPI değerinin -1.5 Z indeks değeri altına düştüğü yıllardır, bu da ciddi kuraklık koşullarının var olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. 1970-2022 yılları arasındaki 1, 3, 6, 12, 24, 36 aylık zaman dilimine ait SPI (Standardized Precipitation Index) kuraklık analizi sonuçları

Figure 8. Results of SPI (Standardized Precipitation Index) drought analysis for 1, 3, 6, 12, 24, 36-month periods between 1970 and 2022

Sonuç ve Öneriler

Çanakkale iline ait 1970-2022 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak R programında zaman serileri yardımıyla yağış analizi ve standart yağış indisi yöntemiyle 1, 3, 6, 12, 24 ve 36 aylık zaman dilimlerinde kurak analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmek üzere;

Çanakkale ilinin Yağış Değişimleri ve Su Kaynakları Yönetimi

Çanakkale iline ait 1970-2022 yılları arasındaki yağış verileri incelendiğinde bölgedeki yağış desenlerinde mevsimsel ve yıllık dalgalanmaların belirgin olduğu görülmüş ve son yıllarda gözlemlenen yağış miktarlarında belirgin azalmalar tespit edilmiştir. Bu yıllar 2008 yılından itibaren dönemsel olarak 2015, 2020 ve 2022 şeklindedir. Bu bağlamda bölgede su kaynaklarının yönetiminin önemini artırmaktadır. Ayrıca, temmuz ve ağustos aylarının toplamı olarak 0-100 mm arasında değişen 9 ekstrem yağış meydana mevsim normallerinin dışında gelmiştir. Bunun sonucu olarak meydana gelebilecek sel gibi doğal afetler, bölge için ekolojik ve ekonomik riskleri beraberinde getirebilme olasılığı söz konusudur.

Tarımsal Bitki Desenlerinin Değişimi

Çanakkale ilinin yağış rejimindeki dalgalanmalar tarımsal bitki desenlerini de etkilemektedir. Tarımsal üretim açısından değerlendirilirse ekim rotasyonları, su tasarrufu sağlayan sulama teknikleri ve kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin kullanımını zorunlu kılar. İlkbahar ve yaz aylarında yağış miktarlarının azalması, sulama ihtiyacının artmasına ve dolayısıyla su kaynaklarına olan ihtiyacın şiddetli bir biçimde artmasına yol açmaktadır. Bu durum, tarımsal ürünlerin çeşitliliği ve ekim zamanlamalarının yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir. Özellikle kuru ve sıcak geçen yaz aylarında, su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı hayati önem taşımaktadır. Bu durumda su kaynakların etkin kullanılması açısından özellikle kurak geçen dönemlerde bölgesel olarak optimum bitki deseni oluşturulması ekonomik olarak büyük önem arz etmektedir. Uzun vadeli tarımsal planlama, sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve kuraklık yönetim stratejileri gibi eylem planları bu tür analizlerle desteklenmelidir. Özellikle su tasarrufu önlemleri, alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi ve tarımsal işletme sahiplerinin su kullanımı konusunda bilinçlendirilmesi, bu süreçte önemli rol oynayacaktır.

Sonuç olarak bu tür analizler, tarım sigortası ve hükümet destek programları gibi finansal risk yönetimi araçlarının tasarımında da önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle iklim değişikliği senaryolarının giderek daha belirgin hale geldiği bir dönemde, bu tür zaman serisi analizleri sürdürülebilir tarım ve su kaynakları yönetimi için hayati öneme sahiptir.

Araştırmacıların Katkı Beyanı Oranı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler

Kaynaklar

- Ajaz, A., Taghvaeian, S., Khand, K., Gowda, P. H., Moorhead, J. E., 2019. Development and evaluation of an agricultural drought index by harnessing soil moisture and weather data. *Water*. 11(7): 1375.
- Angelidis, P., Maris, F., Kotsovinos, N., Hrisanthou, V., 2012. Computation of drought index SPI with alternative distribution functions. *Water resources management*. 26:2453-2473.
- Atalay, İ. 2011. Türkiye coğrafyası ve jeopolitiği. İzmir: Meta Basımevi.
- Dinç, N., Aydinşakir, K., Işık, M., Büyüktaş, D., 2016. Drought analysis of Antalya province by standardized precipitation index (SPI). *Derim*. 33(2): 279-298.
- Dilinuer, T., Yao, J., Chen, J., Zhao, Y., Mao, W., Li, J., Yang, L., 2021. Systematical evaluation of three gridded daily precipitation products against rain gauge observations over central Asia. *Frontiers in Earth Science*. 9: 699628.
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., Widhalm, M., 2011. The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 92(4):485-488.
- Hao, Z., AghaKouchak, A., 2013. Multivariate standardized drought index: a parametric multi-index model. *Advances in Water Resources*. 57:12-18.
- Hezarani, A., B., 2018. Farklı Kuraklık Analiz Yöntemlerinin Yeşilirmak Havzasında İrdelenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 184 s.
- Kaczmarek, V., Strzepek Z., Somlyody, K. M., Priazhinskaya, L., 1996. *Water Resources Management in the Face of Climatic*. Dordrecht, The Netherlands, Hydrologic Uncertainties, Water science and technology library, Kluwer Academic Publisher. 397s.
- Kotir, J. H., 2011. Climate change and variability in Sub-Saharan Africa: a review of current and future trends and impacts on agriculture and food security. *Environment, Development and Sustainability*. 13:587-605.
- Kumar, S., Machiwal, D., Dayal, D., 2017. Spatial modelling of rainfall trends using satellite datasets and geographic information system. *Hydrological Sciences Journal*. 62(10): 1636-1653.
- Kumar, V., Jain, S. K., Singh, Y., 2010. Analysis of long-term rainfall trends in India. *Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques*. 55(4): 484-496.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., 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.
- Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M., 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 26(7):971-985.
- Şimşek, O., Gördebil, N., Yildirim, M., 2011 Tarım Yilinin Kuraklık Analizi.

- Oğuztürk, G., Yıldız, O., 2014. Drought Analysis for Different Time periods in the city of Kırıkkale. *International Journal of Engineering Research and Development*. 6(2):19-25.
- Osuch, M., Romanowicz, R. J., Lawrence, D., Wong, W. K., 2016. Trends in projections of standardized precipitation indices in a future climate in Poland, *Hydrol. Earth Syst.* 20(5): 1947–1969.
- T.C. Tarım ve Orman II. Bölge Müdürlüğü Çanakkale Şube Müdürlüğü, 2019. Çanakkale İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/canakkale_-cdr2018-20200123080146.pdf, (20.11.2023).
- Yusof, F., Hui-Mean, F., Suhaila, J., Yusof, Z., 2013. Characterisation of drought properties with bivariate copula analysis. *Water resources management*. 27:4183-4207.
- Palmer, W. C., Drought, M., 1965. US Department of Commerce. Weather Bureau, Washington, DC, USA.
- Yıldırım, M., Mucan, U., 2022. Estimating Spatial Distribution of Dependable Rainfall for Improved Water Management. *Climate Challenge on Agriculture*. 17-41.
- Uçar, Y., Topçu, E., 2019. Standart Yağış İndeksi Yöntemi ile Isparta İli Kuraklık Analizi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*. 1(1):5-16.
- Zambrano-Bigiarini, M., 2017. HydroTSM: Time series management, analysis and interpolation for hydrological modelling. R Package version 0.5-1.
- Wang, H., Pan, Y., Chen, Y., Ye, Z. 2017. Linear trend and abrupt changes of climate indices in the arid region of northwestern China. *Atmospheric research*. 196: 108-118.
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., Hu, Q. I. 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China-Z Index, and the statistical Z-Score. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 21(6):745-758.