T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

ÇANAKKALE'DE SICAKLIK VE YAĞIŞ EKSTREMLERİNİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİLEK KARAPINAR

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. FAİZE SARIŞ

ÇANAKKALE – 2025

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

ÇANAKKALE'DE SICAKLIK VE YAĞIŞ EKSTREMLERİNİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİLEK KARAPINAR

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. FAİZE SARIŞ

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK 1002-A Hızlı Destek) kurumu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 124K631

ÇANAKKALE – 2025

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Dilek KARAPINAR tarafından Doç. Dr. Faize SARIŞ hazırlanan ve **27/05/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Çanakkale'de Sıcaklık Ve Yağış Ekstremlerinin Analizi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Coğrafya Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Doç. Dr. Faize SARIŞ (Danışman)	……
Dr. Öğr. Üyesi İpek SAKARYA	……
Dr. Öğr. Üyesi Barış DURMUŞ	…….

Tez No : ……..

Tez Savunma Tarihi : 27/05/2025

……

Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU

Enstitü Müdürü

../07/2025

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Dilek KARAPINAR

27 Mayıs 2025

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleşme sürecinde finansal destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimiyle yolumu aydınlatan, akademik rehberliği, yapıcı ve sabırlı yaklaşımıyla sürecin daha verimli ilerlemesini sağlayan kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Faize SARIŞ'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışma sürecinde bana gösterdiği anlayış, yönlendirme ve desteği bu tezin oluşumunda büyük rol oynamıştır. Yüksek lisans yapmam için beni ilk yüreklendiren abim Tuğrul KARAPINAR'a, uzaklıkların aramıza girdiği anlarda bile "git oku" diyerek beni güçlü tutan annem Lamiye KARAPINAR'a, "oku, ben hep arkandayım" sözleriyle bana cesaret veren babam Ayhan KARAPINAR'a ve tüm aileme, hayatım boyunca yanımda oldukları için minnettarım. Bu çalışma yalnızca akademik bir adım değil, aynı zamanda hayatımda unutamayacağım bir yolculuktu…

Dilek KARAPINAR
Çanakkale, Mayıs 2025

ÖZET

ÇANAKKALE'DE SICAKLIK VE YAĞIŞ EKSTREMLERİNİN ANALİZİ

Dilek KARAPINAR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç Dr. Faize SARIŞ
27/05/2025, 48

Bu çalışma, Çanakkale'de 1975-2022 yılları arasında gözlemlenen sıcaklık ve yağış ekstremlerinin karakterini, zamansal değişimini ve kentsel sistemler üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından önerilen iklim indisleri kullanılarak günlük sıcaklık ve yağış verileri analiz edilmiş, Standardize Yağış İndeksi (SPI) ile kuraklık değerlendirmesi yapılmış ve Atikhisar Barajı'nın su seviyelerindeki değişimler incelenmiştir.

Araştırma bulguları, Çanakkale'de sıcaklık ekstremlerinde belirgin bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Yaz günleri sayısı ve yüksek sıcaklık değerleri (T90) özellikle 2000'li yıllardan itibaren anlamlı şekilde artmıştır. Yağış ekstremlerinde ise günlük maksimum yağış tutarlarında dalgalanmalar gözlenmiş, ancak toplam yağış miktarında azalma eğilimi tespit edilmiştir. SPI analizi, kurak dönemlerin sıklığının ve şiddetinin arttığını, özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde bu durumun belirginleştiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, Türkeş (2012) ve Mucan ve Yıldırım (2023)'ün Türkiye'de ve Çanakkale'de SPI temelli kuraklık analizleriyle paralellik göstermektedir. Atikhisar Barajı'nın su seviyelerindeki mevsimsel değişimler, kuraklığın su kaynakları üzerindeki baskısını destekler niteliktedir.

Çalışma, iklim değişikliğinin Çanakkale'deki etkilerinin sıcaklık artışları, yağış rejimindeki değişiklikler ve kuraklık riskiyle kendini gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu

bulgular, kentsel planlama, su yönetimi ve afet risk azaltma stratejileri için temel oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda, iklim projeksiyonlarının ve yerel uyum politikalarının detaylandırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Sıcaklık Ekstremleri, Yağış Ekstremleri, Kuraklık, Çanakkale

ABSTRACT

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION EXTREMES IN ÇANAKKALE

Dilek KARAPINAR
Çanakkale Onsekiz Mart University
School of Graduate Studies
Master of Science Thesis in Geography Department
Advisor:Assoc. Prof. Dr. Faize SARIŞ
27/05/2025, 48

This study aims to examine the characteristics, temporal changes, and impacts on urban systems of temperature and precipitation extremes observed in Çanakkale between 1975 and 2022. In the study, daily temperature and precipitation data were analyzed using climate indices recommended by the World Meteorological Organization (WMO), drought was assessed using the Standardized Precipitation Index (SPI), and changes in the water levels of Atikhisar Dam were investigated.

Research findings indicate a significant increasing trend in temperature extremes in Çanakkale. The number of summer days and high-temperature values (T90) have notably increased, especially since the 2000s. As for precipitation extremes, fluctuations were observed in the daily maximum precipitation amounts; however, a decreasing trend was identified in overall precipitation. The SPI analysis revealed that the frequency and severity of drought periods have increased, particularly in winter and autumn seasons. Seasonal changes in the water levels of Atikhisar Dam support the pressure of drought on water resources.

The study emphasizes that the impacts of climate change in Çanakkale manifest as rising temperatures, changes in precipitation patterns, and increased drought risk. These

findings provide a foundation for urban planning, water management, and disaster risk reduction strategies. Future studies are recommended to elaborate on climate projections and local adaptation policies.

Keywords: Climate Change, Temperature Extremes, Precipitation Extremes, Drought, Çanakkale

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……..……..……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….…….. iii
ÖZET ……..…….…….. iv
ABSTRACT …….. vi
İÇİNDEKİLER ……..…… viii
SİMGELER ve KISALTMALAR…….....……. x
TABLOLAR DİZİNİ……...…..…. xi
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……...…….…….. xii

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5

2.1. İklim Ekstremleri ve Akdeniz Havzası..……..... 5
2.2. Türkiye'de İklim Ekstremleri ……...…...……...… 8

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
VERİ VE YÖNTEM 11

3.1. Çalışma Alanı …….…..... 11

3.2. Veri ve Yöntem……..…….…..... 17
3.2.1. İklim İndisleri Hesaplama...…….…….…….. 17
3.2.2. Standardize Yağış İndisi (Standardised Precipitation Index - SPI) 18
3.2.3. Kendall's Tau B...…….……..…… 19

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 21

4.1. Sıcaklık Ekstremleri 21

4.2. Yağış Ekstremleri ……..... 24
4.3. Meteorolojik Kuraklık Analiz Sonuçları……..... 27
4.4. İklim Ekstremleri Çanakkale Kenti Üzerindeki Olası Baskıları ……..... 33

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 41

KAYNAKÇA ...……...……. 45

SİMGELER VE KISALTMALAR

AGİ	Akarsu Gözlem İstasyonu
BM-Habitat	Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
DSİ	Devlet Su İşleri
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkez
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Kendall's Tau	Sıra korelasyon katsayısı istatistik testi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)
P25, P75, P90	%25, %75 ve %90'lık yağış yüzdelik dilimleri
SPI	Standardize Yağış İndeksi (Standardised Precipitation Index)
T10, T50, T75, T90	%10, %50, %75 ve %90'lık sıcaklık dilimlerine karşılık gelen sıcaklık değerleri
TBB	Türkiye Bankalar Birliği
UNEP	BM Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WMO-CCL	Dünya Meteoroloji Örgütü – Klimatoloji Komisyonu
WWA	World Weather Attribution (Dünya Hava Koşulları Atıf Ağı)
WWF-Türkiye	Doğal Hayatı Koruma Vakfı

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	WMO İklim değişikliği İndisleri arasından seçilmiş sıcaklık ve yağış ekstrem indisleri.	18
Tablo 2	SPI Kuraklık Sınıflandırması	19
Tablo 3	Çanakkale'de maksimum, ortalama ve minimum sıcakların ekstrem karakteri	20
Tablo 4	Ekstrem sıcaklık serilerinin trend analizi sonuçları	22
Tablo 5	Çanakkale'de ekstrem yağış karakteri	25
Tablo 6	Ekstrem yağış serilerinin trend analizi sonuçları	25

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Çanakkale il merkezi ve ilçeleri gösteren lokasyon haritası	11
Şekil 2	Çanakkale meteoroloji istasyonunda aylara göre sıcaklık ortalamalarındaki değişim	12
Şekil 3	Çanakkale meteoroloji istasyonunda aylara göre toplam yağış değişimi	13
Şekil 4	Çanakkale İstasyonu Yıllık Rüzgar Gülü, (b) maksimum rüzgar hızının aylık değişimi	14
Şekil 5	Sarıçay Kurşunlu akım istasyonu rejim grafiği	16
Şekil 6	Ekstrem sıcaklık serilerinin yıllar arası değişimi.	23
Şekil 7	Ekstrem yağış serilerinin yıllararası değişimi.	26
Şekil 8	Çanakkale'de yıllık SPI değerlerinin yıllararası değişimi	27
Şekil 9	Çanakkale'de kış ve sonbahar mevsimleri SPI değerlerinin yıllararası değişimi	29
Şekil 10	Çanakkale'de kış ve sonbahar mevsimleri SPI değerlerinin yıllararası değişimi	31
Şekil 11	Çanakkale mevsimlik yağış serilerinin (1976-2022 Box-Whiskers Grafiği	32
Şekil 12	Atikhisar Barajı göl seviyelerinin aylık değişimi	33
Şekil 13	2023 Ağustos yangını sonrası Atikhisar Barajı	35
Şekil 14	Sarıçay kenarında artan yapışlaşma (2009-a, 2025-b)	37
Şekil 15	(a) 2013 yılı Cuma Pazarı alanında Sarıçay Taşkını (b) 2025 yılı Sarıçay kanal ıslah çalışmaları	39

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

İklim, bir bölgenin sıcaklık, yağış, kar ve diğer hava koşullarını içeren uzun vadeli ortalama hava durumu olup, genellikle 30 yıllık bir süre zarfındaki desenlere göre değerlendirilir (IPCC, 2021; Türkeş, 2012). İklim değişikliği ise iklim parametrelerindeki uzun vadeli değişimleri ifade eder (IPCC, 2021). Bu tür değişiklikler, güneşten gelen radyasyon miktarının farklılaşması (güneş lekeleri) veya büyük volkanik patlamalar gibi doğal nedenlerle gerçekleşebilirken, 1800'lerden bu yana artan sanayileşme ve kentleşme sonucunda, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren gözlemlenen iklim değişikliği antropojenik kökenli olarak değerlendirilmektedir (IPCC, 2021). Özellikle kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması bu değişimlerin temel itici gücüdür (NASA, 2020). Karmaşık ve dinamik bir yapıda olan iklim sistemine etki eden antropojenik süreçler, atmosferde artan karbon emisyonları ile sera etkisinin kuvvetlenmesine ve küresel ısınmaya neden olmaktadır (IPCC, 2021). Küresel ısınmayla birlikte, atmosfer-kara-okyanus etkileşimlerinde meydana gelen değişimler sonucu, iklim değişikliği gezegenin en önemli küresel değişiklik fenomeni olarak öne çıkmaktadır (Türkeş, 2012). İklim değişikliği, yalnızca iklim elemanlarının ortalama durumundaki zamansal değişimlerin yanında, gözlenen anomalileri ve ekstrem hava koşullarının karakterini de kapsamaktadır (IPCC, 2021). Kentleşme ve ormansızlaşma gibi arazi örtüsü değişikliği gibi diğer küresel çevresel değişkenlik süreçlerinin de eklenmesiyle, frekansı ve şiddeti artan ekstrem hava olaylarının neden olduğu yıkıcı afetler gün geçtikçe insanı ve insan etkinliklerini daha fazla tehdit etmektedir (IPCC, 2021; Türkeş, 2012).

İklim değişikliği ve etkileri, kentlerin insan kaynaklı çevresel değişiklik ve baskılar sonucu karşılaştığı en kritik sorun olarak öne çıkmaktadır (IPCC, 2023). İklim ekstremi kavramı, belirli bir bölgedeki uzun yıllar boyunca gözlemlenen normal hava koşullarının dışına çıkan, nadir ve şiddetli hava olaylarını ifade eder (IPCC, 2021). Bu tür olaylar arasında aşırı sıcaklık artışları ve düşüşleri, kuvvetli fırtınalar, ani ve yoğun yağışlar, uzun süreli kuraklıklar, kasırgalar ve seller gibi meteorolojik olaylar yer almaktadır (MGM, 2023). Toplumlar ve ekosistemler üzerinde önemli etkiler yaratan bu olaylar, hem ekonomik hem

de çevresel zararlarla sonuçlanabilir. Son yıllarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkisiyle bu olayların sıklığında ve şiddetinde belirgin bir artış gözlemlenmektedir (WMO, 2023). Özellikle sıcak hava dalgalarının yaygınlaşması, ani soğuk hava akımlarının yaşanması, hortumların ve orman yangınlarının daha büyük alanlara yayılması gibi gelişmeler, iklim ekstremleri kavramının önemini artırmaktadır. Ekstremlerdeki bu eğilim, insan kaynaklı iklim değişikliğinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir (WWA, 2021). Bu tür hava olaylarının, tarım, su kaynakları, insan sağlığı ve altyapı üzerindeki olumsuz etkileri göz ardı edilemez (IPCC, 2021; WMO, 2023).

Türkiye'de son yirmi yılda ekstrem hava olaylarının hem sıklığında hem de şiddetinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle 2019 yılında 935 ekstrem olay kaydedilmiş, bu olayların %36'sı şiddetli yağış ve sel, %27'si fırtına olarak gerçekleşmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2019). 2023 yılı itibarıyla ekstrem olay sayısı 1.475'e yükselmiş; en yaygın olaylar %38 ile şiddetli yağış ve sel, %23 ile fırtına ve %16 ile dolu olarak kaydedilmiştir (MGM, 2023). İzmir, Ankara gibi büyükşehirler bu olaylardan en fazla etkilenen bölgeler arasında yer almakta; aşırı sıcaklık, şiddetli yağış ve kuraklık gibi olaylar, tarımsal verimlilikte düşüşe, su kaynaklarının azalmasına ve vektörel hastalıkların yayılımının artmasına neden olmaktadır (MGM, 2023). IPCC (2021) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (2023) raporları, bu eğilimin küresel ölçekte devam edeceğini öngörmektedir. Özellikle kent sistemlerinin bu değişimlere uyum sağlaması için acil önlemler alınması gerektiği, WWA (2021) ve MGM (2023) verileriyle de desteklenmektedir.

Ekstrem hava olayları, kentlerdeki altyapının kırılganlığını artırarak ulaşım, enerji, su ve dağıtım sistemlerinde ciddi sorunlara yol açmaktadır (European Environment Agency - EEA). Özellikle ani ve yoğun yağışlar, şehirlerdeki drenaj sistemlerinin yetersiz kalmasına neden olarak sel baskınlarına yol açmaktadır. Bu durum, yolların kapanması, toplu taşıma hizmetlerinin aksaması ve trafik yoğunluğunun artması gibi birçok ulaşım sorununu beraberinde getirmektedir. Kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde bu tür ekstrem hava olayları, altyapı sistemlerinin kırılganlığını daha da artırmakta ve şehir yaşamını ciddi biçimde aksatmaktadır (Chang, Lafrenz, Jung, Figliozzi ve Platman, 2010). Buna ek olarak, şiddetli fırtınalar ve kasırgalar, enerji hatlarını dağıtarak elektrik kesintilerine yol açmakta, bu da hastaneler, okullar ve işyerleri gibi kritik hizmetleri aksatmaktadır (Klein ve diğerleri,

2020). Aşırı sıcaklıklar ise asfalt yolların zarar görmesine ve ulaşım veriminin düşmesine neden olabilir (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2023). Ekstrem hava olayları, kentlerde yaşayan insanların sağlığı üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkisini sürdürmektedir. Özellikle aşırı sıcak hava dalgaları, ısı etkisi nedeniyle şehirlerde daha fazla artmakta ve yaşlılar, kronik hastalığı olan bireyler ile düşük gelirli gruplar için ciddi sağlık riskleri oluşturmaktadır (UNEP, BM Çevre Programı, 2022). Örneğin, 2003 yılında Avrupa'da yaşanan sıcak hava dalgaları nedeniyle 70.000'den fazla insan hayatını kaybetmiştir (Robine ve diğerleri, 2008). Ayrıca, sıcaklık ve nem koşullarındaki keskin değişimlerle birlikte hastalık taşıyıcılarının çoğalması, sıtma ve dang humması gibi büyüyen kentlerde meydana gelen riskleri artırmaktadır (DSÖ, 2022)

Kentlerde yaşanan ekstrem hava olayları, ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Özellikle sel, fırtına ve kuraklık gibi olaylar, ticari faaliyetleri aksatmakta, altyapı onarımlarına büyük harcamalar yapılmasına yol açmaktadır (AÇA, 2023). ABD'de yapılan bir araştırmaya göre, yalnızca 2022 yılındaki ekstrem hava olaylarından kaynaklanan ekonomik kayıplar 165 milyar doları aşmıştır (NOAA, 2023). 2019 yılında yaşanan aşırı hava olayları, sigorta sektöründe 1 milyar TL'den fazla zararın yaşandığını göstermektedir (TBB, 2020). Kentlerde yaşayan düşük gelirli gruplar, ekonomik kayıplardan orantısız bir şekilde etkilenmektedir. Aşırı hava olayları nedeniyle iş kayıpları ve gıda fiyatlarında yaşanan artışlar, zayıf haneler üzerinde ek bir yük oluşturmaktadır (BM-Habitat, 2022). Özellikle sel ve fırtına gibi olaylar sonucunda evleri zarar gören bireyler, sigorta olanaklarından yoksun olduklarında yeniden toparlanma sürecinde ciddi zorluklar yaşamaktadır (IPCC, 2021).

Çanakkale, 1992 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin kurulmasıyla başlayan demografik dönüşüm sürecinde önemli bir nüfus artışı yaşamıştır. 2010'lu yıllara kadar küçük ölçekli bir kent kimliğini koruyan Çanakkale, imar faaliyetleriyle genişleyerek orta ölçekli kent statüsüne ulaşmıştır. Bu hızlı kentsel büyüme, planlama eksiklikleri, altyapı yetersizlikleri, ulaşım sorunları ve artan su talebi gibi çok boyutlu kentsel sorunları beraberinde getirmiştir. İklim değişikliğinin etkileriyle birleşen bu faktörler, kentin iklim kırılganlığını önemli ölçüde artırmaktadır.

Coğrafi konumu itibarıyla Çanakkale, Makro Akdeniz İklim Kuşağı'nda yer almakta ve Çanakkale Boğazı'nın mikroklimatik etkilerine maruz kalmaktadır. Bölgede, Türkiye'nin batısındaki genel eğilimle uyumlu olarak artan sıcaklık trendleri gözlemlenmekte (MGM, 2023), aynı zamanda şiddetli yağış olayları, fırtınalar ve diğer meteorolojik ekstremlerin sıklığında belirgin artışlar kaydedilmektedir. Özellikle sahil şeridindeki yerleşim alanları, deniz seviyesi yükselmesi ve kıyı erozyonu açısından yüksek risk altındadır (ÇOMÜ İklim Değişikliği Araştırma Merkezi, 2022). Kentin su kaynakları üzerindeki baskılar ise hem nüfus artışı hem de azalan yağış rejimleri nedeniyle giderek şiddetlenmektedir. Şiddetli fırtınalar ve ani sağanak yağışlar, kentte su baskınlarına neden olabilmekte ve bu sebeple ulaşım sistemleri gibi altyapı işlerini aksatabilmektedir. Bunun yanında, yaz aylarında görülen sıcak hava dalgaları, kış mevsimindeki su açığı ile birlikte önemli kuraklıkların yaşanmasına ve kente su sağlama bakımından su kaynakları üzerinde baskı oluşmasına neden olmaktadır.

Ekstrem hava olayları, dünya genelinde ve Türkiye'de giderek daha fazla incelenen bir konu haline gelse de, Çanakkale özelinde bu olayların karakterinin açıklanmasına ilişkin daha fazla analiz gerekmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında, Çanakkale Merkez İlçesi'nde gözlemlenen iklim ekstremlerini analiz ederek, bu olayların karakterini ve zamansal değişimini belirlemeyi; ayrıca kentsel sistemler üzerindeki olası baskı unsurlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından belirlenen sıcaklık ve yağış indisleri kullanılarak, Çanakkale Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilecek 1975-2021 yıllarına ait günlük sıcaklık ve yağış verileri incelendi. Böylece, iklimsel ekstremlerin özellikleri ve zaman içindeki değişimleri detaylı olarak değerlendirildi. Elde edilen uzun dönemli ekstrem zaman serileri üzerinde trend analizi uygulanarak, ekstrem hava olaylarının yıllar içindeki değişkenliği değerlendirildi. Bununla birlikte, Çanakkale istasyonuna ait aylık ortalama yağış verileriyle kuraklık analizi gerçekleştirildi ve Çanakkale'nin içme suyu ihtiyacını karşılayan Atikhisar Barajı'nın seviye değişimleri de incelenerek, sıcaklık ve yağış ekstremlerinin su kaynakları üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışıldı.

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünya genelinde ve Akdeniz Makro iklim bölgesinde iklim değişikliğini ve ekstremlerini anlamaya yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Bu bölümde iki başlık altında literatür değerlendirmesi yapılarak, özellikle Akdeniz havzası ve Türkiye'de iklim ekstemlerinin karakteri, zamansal değişkenliği ve etkileri değerlendirilmiştir.

2.1 İklim Ekstremleri ve Akdeniz Havzası

Dünyanın farklı bölgelerinde çeşitli sonuçlara yol açan iklim değişikliği, en belirgin etkilerini Akdeniz Havzası'nda göstermektedir. Bu bölge, nüfusun yoğun olduğu kıyı yerleşimleri, tarım ve turizme dayalı ekonomisi, iklimsel özellikleri ve yüksek biyolojik çeşitliliği nedeniyle "sıcak nokta" (hot spot) olarak tanımlanmaktadır. Hidrometeorolojik olarak kurak günlerin ve şiddetli yağışlı günlerin daha keskin biçimde gözlendiği bu havzada, sıcaklık artışının küresel ortalamanın üzerine çıkması bölgeyi iklim değişikliği açısından en kırılgan alanlardan biri haline getirmektedir (De Luca et al., 2020).

Kostopoulou ve Jones (2005), 1958-2000 yılları arasında Doğu Akdeniz'de aşırı sıcaklık ve yağış eğilimlerini incelemiş, özellikle yaz aylarında minimum ve maksimum sıcaklıkların önemli ölçüde arttığını saptamışlardır. Sıcak hava dalgası süreleri uzarken, soğuk gecelerin sıklığı azalmıştır. Yağış açısından Batı Akdeniz'de aşırı yağış olaylarında artış, Doğu Akdeniz'de ise belirgin kuraklık eğilimleri gözlenmiştir. Bu durum, bölgenin iklim değişikliğine karşı duyarlılığını artırmakta ve su yönetimi stratejilerinin yeniden değerlendirilmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Alpert ve arkadaşları (2008), Doğu Akdeniz'de son 100 yıldaki sıcaklık ve yağış eğilimlerini ele aldıkları çalışmalarında, 2071-2100 döneminde A2 ve B2 senaryoları kapsamında sıcaklık artışlarının sırasıyla 4°C ve 6°C olabileceğini öngörmüştür. Bölgedeki toplam yağış miktarının son 50 yılda azaldığı, sıcaklık artışıyla birlikte kuraklık ve sel gibi

ekstrem hava olaylarının sıklığının artabileceği vurgulanmıştır. Kullanılan bölgesel iklim modelleri, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için gelişmiş önlemler alınmasını önermektedir.

Hertig ve arkadaşları (2010), 1961-1990 yılları arasında Akdeniz'deki aşırı sıcaklık değişimlerini analiz etmişlerdir. Batı Akdeniz'de sıcaklık artışları saptanırken, Doğu Akdeniz'de ters eğilimler gözlenmiştir. Çalışma, 21. yüzyılda sera gazı artışıyla ekstrem sıcaklık değişimlerinin öngörülmesi için istatistiksel alt ölçekleme yöntemlerini kullanmıştır. Bulgulara göre, yaz aylarında maksimum sıcaklıkların % 95'lik diliminin, kış aylarında ise minimum sıcaklıkların % 5'lik diliminin artması beklenmektedir. Ancak sıcaklık değişimlerinin yalnızca ortalama artış şeklinde gerçekleşmediği; büyük ölçekli atmosferik dolaşım mekanizmalarının da etkili olduğu belirlenmiştir.

Sousa ve arkadaşları (2011), 1901-2000 yılları arasında Akdeniz'de kuraklık eğilimlerini scPDSI endeksi ile analiz etmiş, Batı ve Orta Akdeniz'de kuraklık eğilimlerinin belirgin şekilde arttığını, buna karşın kuzeybatı İberya ve Türkiye'de nemlilik artışlarının gözlendiğini ortaya koymuştur. Kuraklık koşullarının sıklığı ve şiddetinin artması, bu eğilimin gelecekte de süreceğine işaret etmektedir. Akdeniz kıyıları, Balkanlar, Doğu Avrupa, Batı Türkiye ve Batı Irak, ekstrem olayların birleşik etkilerinin en belirgin görüldüğü bölgelerdir. Şehir ölçeğinde ise Fas'taki Fes, Türkiye'deki İzmir, Fransa'daki Marsilya ve Aix-en-Provence ile İsrail'deki Tel Aviv en yüksek mCEI artış oranlarına sahip yerleşimlerdir. Bu artışın on yılda %3,5'in üzerine çıktığı saptanmıştır (Kelebek, Batibeniz ve Önol, 2021).

Zittis, Bruggeman ve Lelieveld (2021), 21. yüzyılda Akdeniz'de ekstrem yağış karakterini modelledikleri çalışmalarında, yıllık toplam yağışta negatif eğilimlerin baskın olduğunu ve yüzyılın ikinci yarısında 30°-45°N enlemleri arasında yıllık ortalama yağışta % 20-40 oranında düşüş beklediklerini belirtmişlerdir. Güney ve doğu Akdeniz kıyıları, İber Yarımadası, Yunanistan'ın güneyi ve Anadolu kuraklık riskiyle öne çıkarken; Orta Avrupa'nın bazı bölgelerinde nemlilik artışı öngörülmektedir.

Raveh-Rubin ve Wernli (2015), 1979-2012 yılları arasında büyük ölçekli rüzgar ve yağış olaylarını belirlemek için geliştirdikleri yöntemi ERA-Interim verileriyle uygulamışlardır. 1000 km'lik alan ve üç günlük süre içinde değerlendirilen bu ekstrem hava olaylarının yüksek etkili olduğu, Batı Akdeniz'de sonbaharda, Doğu Akdeniz'de ise kış aylarında yoğunlaştığı saptanmıştır.

Kuraksıcak hava dalgaları, ıslak–soğuk, kuru–soğuk ve ıslak–sıcak ekstrem olaylar, Akdeniz havzasında ürün kaybına ya da insan sağlığında olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalar, son on yıllarda dünya genelinde ve bölgesel düzeyde kuru-sıcak ve ıslak-sıcak ayların arttığını göstermektedir (Lemus-Cánovas, 2022). Özellikle yaz aylarında sıcak ve kurak günlerdeki artış dikkat çekmektedir. Ayrıca, günlük maksimum sıcaklık ve toplam yağış arasında giderek güçlenen bir ilişki saptanmış ve bu durum "bileşik dinamik aşırılıklar" olarak tanımlanmıştır. İklim değişikliğinin etkileri doğrultusunda bu tür olayların daha sık yaşanması beklenmektedir. Bu nedenle, uzun vadeli projeksiyonlarda bileşik olayların daha ayrıntılı incelenmesi önerilmektedir (De Luca et al., 2020).

Akdeniz bölgesinde çevresel baskılar artmaktadır. Modeller, bu bölgenin ısınmaya devam edeceğini; sıcaklık artışlarına ek olarak yağış miktarında ve yapısında değişimlerin yanı sıra hidrolojik ekstrem olayların da sıklaşacağını göstermektedir. Araştırmalar, antropojenik iklim değişikliğinin aşırı yağış olaylarının şiddet ve sıklığını artıracağını vurgulamaktadır. Günlük yağış aşırılıklarının, Akdeniz, dahil olmak üzere orta ve yüksek enlemlerde artması, geçiş iklimi bölgelerinde daha belirgin hale gelmesi beklenmektedir. Bu durum, hidrolojik sistemlerden kentsel altyapılara kadar pek çok alanda karmaşık problemlere yol açacaktır. Ayrıca sıcak hava dalgaları ve kuraklıkların sıklığında da ciddi artışlar beklenmektedir. Öte yandan, soğuk hava dalgaları, fırtınalar ve bileşik aşırılıklara dair projeksiyonlarda belirsizlikler devam etmektedir (Hoschman et al., 2022).

Tüm bu bulgular, Akdeniz Havzası'ndaki iklimsel kırılganlığın bölgesel düzeyde değişiklik gösterse de genel olarak sıcak hava dalgaları, kuraklık ve aşırı yağış olaylarında artış yaşandığını göstermektedir (De Luca et al., 2020; Hoschman et al., 2022). Bu eğilim, havzanın doğusunda yer alan Türkiye için de benzer tehditleri beraberinde getirmektedir.

Türkiye’nin coğrafi konumu ve topoğrafik çeşitliliği, ülkeyi bu değişimlere karşı daha savunmasız hale getirmektedir (Türkeş et al., 2020). Bu nedenle, Türkiye özelinde iklim ekstremlerinin karakteri, zamansal değişkenliği ve etkilerinin ayrıntılı biçimde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bir sonraki bölümde, Türkiye’deki iklim ekstrem olaylarına dair bilimsel bulgular değerlendirilecektir.

2.2. Türkiye’ de İklim Ekstremleri

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle Akdeniz, karasal ve okyanusal iklimlerin etkisi altında kalan, farklı meteorolojik sistemlerin kesişim noktasında yer alan bir ülkedir. Bu durum, iklim değişikliğine bağlı olarak gözlemlenen iklim ekstremlerinin Türkiye'de bölgesel düzeyde farklı biçimlerde hissedilmesine neden olmaktadır. Türkiye'de son yıllarda yaz ekstrem sıcaklıklarında artış, kuraklıkların şiddetinde ve sıklığında belirginleşme, ani ve şiddetli yağışların sayısında artış gibi eğilimler gözlenmektedir (Demirtaş, 2020; Önol ve Semazzi, 2009).

Türkiye'de sıcaklık ekstremleri üzerine yapılan çalışmalarda, genel olarak maksimum ve minimum sıcaklıklardaki eğilimlerin analiz edildiği, bu analizlerin de çoğunlukla istasyon verilerine dayandığı görülmektedir. Türkeş et al. (2002), Türkiye genelinde 1930-1996 dönemini kapsayan çalışmasında, yaz ve kış maksimum sıcaklıklarında anlamlı artışlar olduğunu, özellikle batı ve güney bölgelerinde sıcak günlerin sayısında istatistiksel olarak anlamlı artışlar yaşandığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Karabörk et al. (2011), 1950-2004 dönemini kapsayan çalışmalarında Türkiye'de maksimum sıcaklık değerlerinde genel bir artış eğilimi saptamıştır. Bu çalışmalarda, yaz ekstrem sıcaklıklarındaki değişimlerin özellikle güney ve batı bölgelerinde daha belirgin olduğu vurgulanmıştır. Özellikle yaz mevsiminde gözlenen sıcaklık artışları ve sıcak hava dalgaları, insan sağlığı, tarım, su kaynakları ve enerji talebi gibi pek çok sektörü etkilemektedir.

Yalçın ve Şahin (2015), Türkiye'deki 81 meteoroloji istasyonundan elde edilen verilerle yaptıkları analizde, 1961-2010 döneminde sıcaklıkla ilişkili 10 iklim ekstrem

indeksinden 7'sinde artış eğilimi saptamışlardır. En sıcak gün sayısı, tropikal gece sayısı ve sıcaklıkla ilgili diğer göstergelerdeki artış eğilimi, Türkiye'nin ikliminde genel bir ısınma eğilimini ortaya koymaktadır. Evcimen ve Zeydanlı (2020) ise çalışmalarıyla Türkiye'de 1971-2016 döneminde ekstrem sıcaklık değerlerinde anlamlı artışlar olduğunu, buna karşın soğuk ekstrem olayların sıklığında azalma yaşandığını belirtmiştir.

Yağış ekstremleri bakımından Türkiye'de yapılan çalışmalar da önemli bulgular sunmaktadır. Türkiye genelinde ortalama yıllık yağışlarda belirgin bir değişim gözlenmemekle birlikte, şiddetli yağış olaylarının sıklığında artış, kurak dönemlerin süresinde uzama ve mevsimsel yağışların düzensizleşmesi gibi eğilimler öne çıkmaktadır. Karabörk et al. (2011), Türkiye'de 1950-2004 dönemi için aşırı yağış günlerinin sayısında artış eğilimi saptarken, belirli bölgelerde bu eğilimlerin daha belirgin olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle Karadeniz iklimi etkisinde olan alanlarda şiddetli yağış olaylarının sıklığında artış gözlenmiştir.

Altunkaynak (2007), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni incelediği çalışmasında, bu bölgede toplam yağış miktarında azalma eğilimi olduğunu, buna karşın kısa süreli, şiddetli yağışlarda artış gözlendiğini ortaya koymuştur. Bu durum, sel ve taşkın risklerinin artmasına neden olmaktadır. Demirtaş (2020) ise, Türkiye genelinde 1971-2016 dönemini kapsayan çalışmasında, aşırı yağışlı gün sayılarındaki artışın, ani taşkınların daha sık görülmesine neden olduğunu ve bu durumun kent altyapıları üzerinde ciddi baskılar oluşturduğunu belirtmiştir.

Türkiye'de kuraklık eğilimleri üzerine yapılan çalışmalar, genel olarak Standardize Yağış İndeksi (SPI), Standardize Akarsu Akımı İndeksi (SSFI) ve Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI) gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Türkeş (1999), Türkiye'de kuraklığın 1970 sonrası dönemde daha sık ve şiddetli olarak görüldüğünü; bu eğilimin özellikle Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nde belirginleştiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Bozkurt et al. (2015), Türkiye'nin güney ve güneydoğusunda kuraklıkların hem süre hem şiddet açısından artış eğiliminde olduğunu vurgulamıştır.

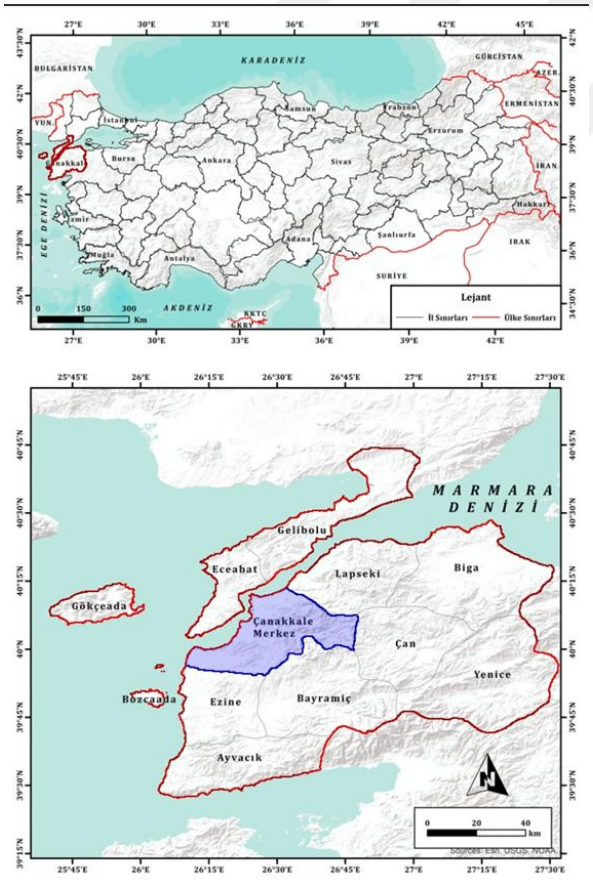
Ek olarak, atmosferik dolaşım sistemlerinin Türkiye'deki ekstrem hava olaylarını nasıl etkilediğini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Lolis ve Türkeş (2016), Türkiye'de ekstrem yağış olaylarını tetikleyen atmosferik dolaşım özelliklerini analiz ettikleri çalışmada, özellikle Akdeniz'den gelen alçak basınç sistemlerinin Türkiye'nin güney ve batı kıyılarında etkili aşırı yağışlara neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde, Önol (2021), Batı Anadolu'daki ekstrem hava olaylarının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve Akdeniz Salınımı (MO) gibi büyük ölçekli atmosferik indekslerle ilişkili olduğunu ve bu ilişkilerin uzun vadeli iklim projeksiyonları açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmalar genel olarak, Türkiye'de iklim ekstremlerinin son on yıllarda belirgin şekilde arttığını, bu artışların bölgesel farklılıklar gösterdiğini ve atmosferik dolaşım sistemlerinin bu olayların oluşumunda belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Türkiye'deki iklim ekstremlerinin izlenmesi, anlaşılması ve geleceğe yönelik projeksiyonların oluşturulması açısından bu tür çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
VERİ VE YÖNTEM

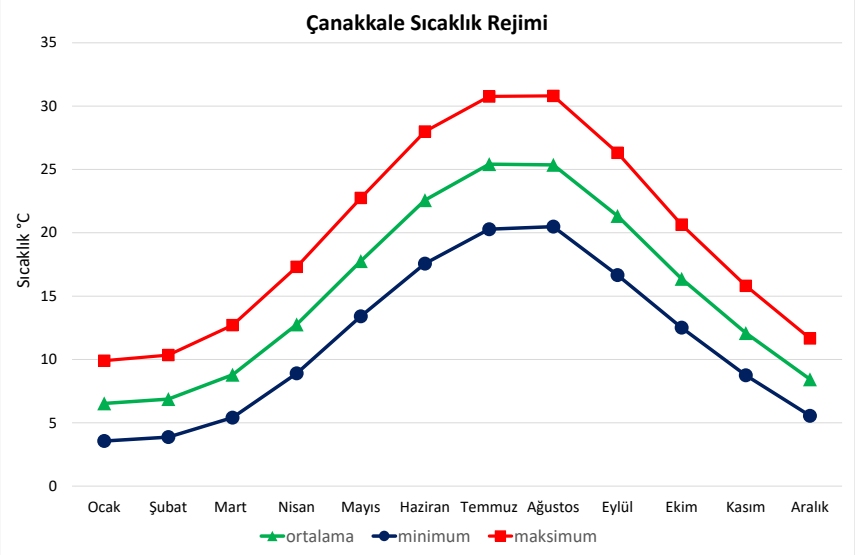
3.1. Çalışma Alanı

Anadolu'nun kuzeybatısında yer alan Çanakkale ili, Çanakkale boğazının iki tarafı boyunca uzanan Gelibolu ve Biga yarımadaları ile Bozcaada ve Gökçeada'dan oluşur (*Şekil 1*). Çanakkale yüzey şekilleri itibariyle birbirinden farklı morfolojik ünitelerden meydana gelir. Bunlar dağlık sahalar, platoluk sahalar ve ovalardır. Çalışma sahası olan Çanakkale kenti (merkez ilçe), Çanakkale Boğazı kenarında, Sarıçay deltası ve gerisindeki platoluk sahaları kapsamaktadır .



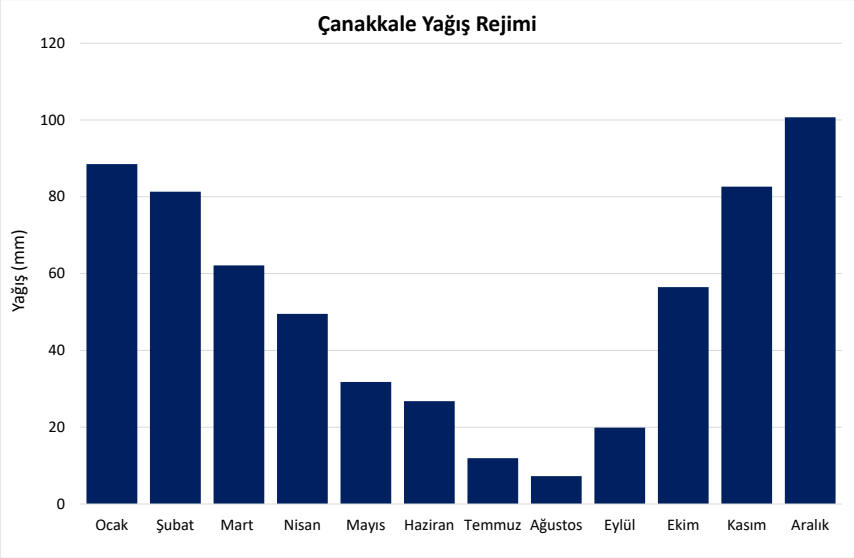
Şekil 1. Çanakkale il merkezi ve ilçeleri gösteren lokasyon haritası.

Marmara Bölgesi içerisinde yer alan Çanakkale ili, Türkiye'ye kuzeybatıdan sokulan gezici orta enlem alçak basınç sistemlerinin etkisi altında bulunan bir alan olarak tanımlanabilir. İl genelinde (güneydeki Kazdağı kütlesi dışında) önemli bir yükseltinin olmaması, ortalama yükseltisinin az olması ve denizellik etkisi nedeniyle kuzeybatıdan gelen atmosferik sistemlere açıktır. Coğrafi konumu ile ilişkili olarak, kuzeyli sistemlerin egemen olduğu, dolayısıyla ortalama sıcaklıkların daha düşük olduğu bir rejim özelliği gösteren Çanakkale ili, Akdeniz iklim özelliklerinden biraz uzaklaşsa da; yağış özelliği olarak kış maksimumu ve belirgin yaz kuraklığı ile Akdeniz yağış rejimine dahil edilir (Sariş vd., 2010). Bu özellikleri ile Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş özelliklerine sahip bir iklim özelliği gözlendiği belirtilebilir. Çanakkale, Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin geçiş noktasında bulunduğundan dolayı ılıman bir iklim yapısına sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı geçer. Çalışma alanı içinde yer alan Çanakkale meteoroloji istasyonu verilerine göre, şehirde yıllık ortalama sıcaklık 14-15°C civarındadır. Yaz aylarında sıcaklık 30°C'ye kadar çıkarken, kış aylarında nadiren sıfırın altına düşer (*Şekil 2*). Yıllık toplam yağış miktarı yaklaşık 600 mm olan Çanakkale'de, en yüksek aylık toplam yağışlar sonbahar ve kış aylarında görülmekte ve Kasım – Şubat döneminde aylık ortalaması 80 mm'nin üzerinde seyretmekteyken (*Şekil 3*), yaz dönemindeki belirgin kuraklıkla birlikte yağışta önemli bir mevsimsellikten söz edilebilir. Kış dönemi yağışları yıllık toplam yağışların %45'ini oluşturmaktadır.



Şekil 2. Çanakkale meteoroloji istasyonunda aylara göre sıcaklık ortalamalarındaki değişim.

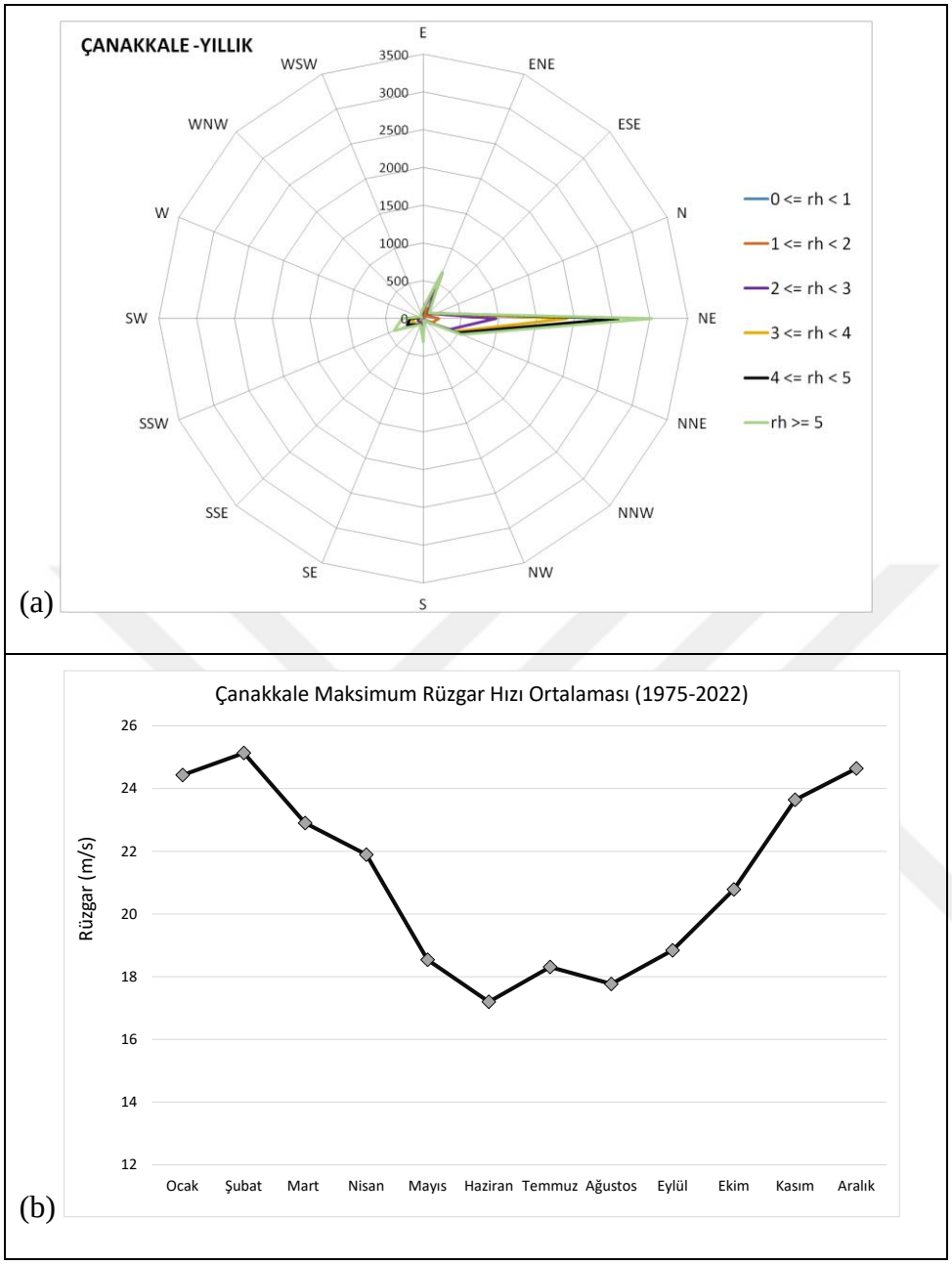
(Kaynak: MGM, 2023)



Şekil 3. Çanakkale meteoroloji istasyonunda aylara göre toplam yağış değişimi.

(Kaynak: MGM, 2023)

Çanakkale'nin en belirgin iklim özelliklerinden biri kuvvetli rüzgâr akımlarıdır. Hâkim rüzgâr yönü KD (NE) olup (*Şekil 4a*); kentte boğazın uzanış yönüne paralel olarak KD-GB yönlü hava akımları egemendir. Çanakkale Boğazı'nın dar ve uzun yapısı, rüzgâr akımlarını hızlandırarak bölgenin sürekli rüzgârlı olmasına neden olur (Demir ve Şahin, 2019). Kent kuzeyden gelen Poyraz rüzgârının etkisi altında olup, bu rüzgâr özellikle kış aylarında soğuk hava dalgalarını beraberinde getirir. Kış döneminde Çanakkale'de maksimum rüzgâr hızı 20 m/s'nin üzerine çıkar (*Şekil 4b*). Yaz aylarında ise kuzeybatıdan esen meltem rüzgârları serinletici bir etki yapar.



Şekil 4. (a) Çanakkale İstasyonu Yıllık Rüzgâr Gülü, (b) maksimum rüzgâr hızının aylık değişimi.

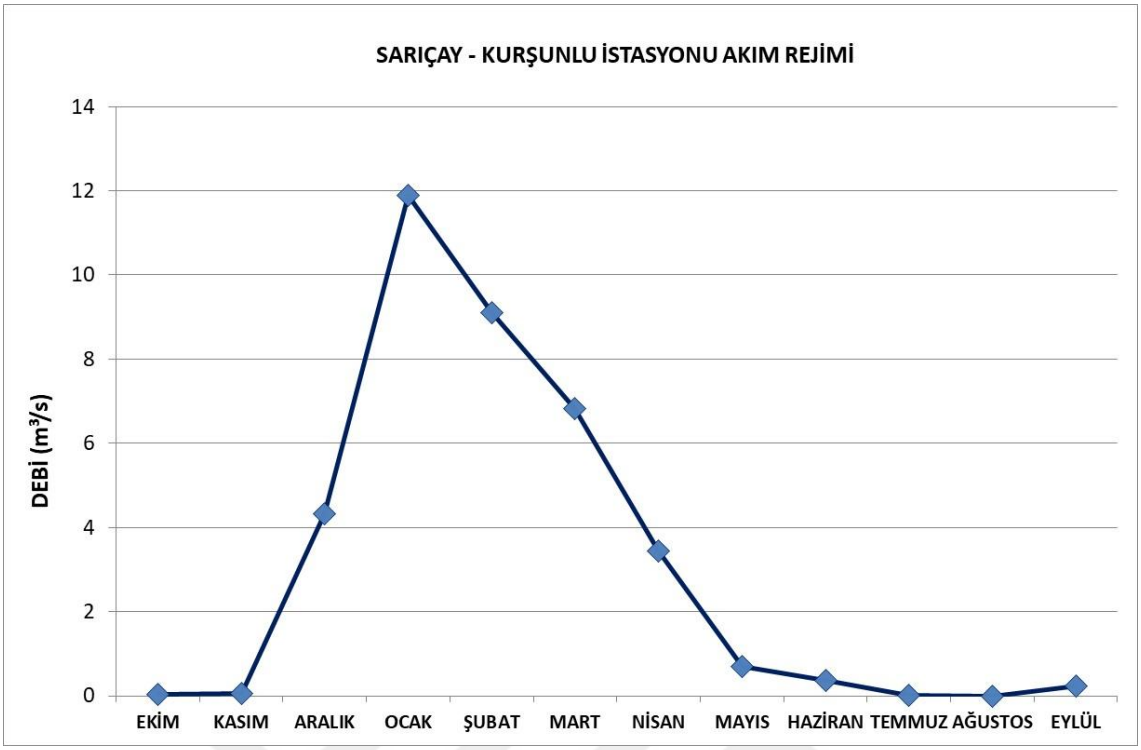
(Kaynak: MGM, 2023)

Çanakkale ilinde bitki örtüsü, Akdeniz iklimi ile nemli Karadeniz iklimi arasındaki geçiş özelliğine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. İlde orman varlığı, toplam alanın yaklaşık %56'sını kaplamakta olup Kazdağları'nın (Ayvacık, Bayramiç ve Yenice ilçeleri) kuzey yamaçları ile Biga ve Çan ilçelerinin yüksek kesimleri orman vejetasyonu ile karakterizedir.

Kazdağları vejetasyonunda, kuzey bakı ve yükseltiye bağlı olarak belirli süksesyon evreleri görülmekte; yine yükseltiye bağlı olarak yapraklılardan meşe ve kestane türleri, ibrelilerden ise kızılçam, karaçam ve endemik göknarın karışık bitki birlikleri oluşturduğu gözlemlenmektedir.İlde, 0–400 m yükseltilerde özellikle kıyı şeridinde kızılçam ormanları, yapraklı meşe türleriyle karışık formasyonlar oluşturmaktadır (Çanakkale Çevre Durum Raporu, 2022). Çanakkale'nin bitki örtüsünde kıyı kesimlerinde Akdeniz ikliminin etkisi daha belirgin olup, maki toplulukları (defne, kocayemiş, zeytin, mersin gibi türler) yaygındır. Bu doğal zenginlikler, bölgenin hem ekolojik hem de ekonomik yapısında belirleyici rol oynamaktadır (Tatar, 2022).

Çanakkale ilinin Biga Yarımadası'nda yer alan akarsu havzalarının bir bölümü (Karamenderes, Tuzla ve Mıhlı çayları), Devlet Su İşleri (DSİ) sınıflandırmasına göre Kuzey Ege Havzası'na dahil edilirken, Biga Yarımadası'ndaki diğer çaylar (Kocabaş Çayı, Bayramdere, Umurbey Çayı ve Sarıçay) Marmara Havzası içerisinde yer almaktadır. Biga Yarımadası akarsuları kaynağını Kazdağları bölgesinden almaktadır. Uzunluğu 40 km olan Sarıçay (Kocaçay); Kirazlı Dağı, Aladağ ve Kayalı Dağı'ndan gelen derelerle beslenmekte ve Çiftlik Deresi ile birleşene kadar Şeytan Deresi adıyla anılmaktadır. Kurşunlu Köyü yakınlarında Çanakkale Ovası'na çıkan çay, Çanakkale Merkez İlçesi'ni ikiye ayırarak Çanakkale Boğazı'na dökülmektedir.

Sarıçay üzerinde, öncelikli olarak taşkın koruma ve tarımsal sulama amacıyla kurulan; günümüzde ise içme suyu temini için de yararlanılan Atikhisar Barajı, işletmeye alındıktan bir süre sonra, DSİ Kurşunlu Akım Gözlem İstasyonu'nda (AGİ D02017) veri ölçümü durdurulmuştur. Kayıt dönemi boyunca bu istasyonda ölçülen aylık ortalama akımlara göre akarsuyun rejim grafiği *Şekil 5*'te sunulmuştur. DSİ akım yıllıklarından kayıtlı dönemi için elde edilen verilere göre, Sarıçay'da yıllık ortalama akım 1,02 m^3/s olup, en yüksek akım Ocak ayında gerçekleşmekte ve 12 m^3/s seviyesine ulaşmaktadır. Plüvyal (yağmur) rejimli bir akarsu karakteri gösteren Sarıçay'da, Haziran–Kasım döneminde akımın sıfıra yaklaştığı ekstrem düşük akım koşulları gözlemlenmektedir (Devlet Su İşleri [DSİ], 2023).



Şekil 5. Sarıçay Kurşunlu akım istasyonu rejim grafiği

(Kaynak: DSİ, 2023)

Çanakkale için ilk şehir planı 1949 yılında yapılmıştır. Bu planla birlikte Cumhuriyet Meydanı düzenlenmiş; yerleşim, sanayi ve ticaret alanları belirlenmiştir. Kent, 1950'li yılların sonlarından itibaren 1980'lere kadar sürekli bir büyüme süreci geçirmiştir. 1963, 1974, 1977, 1978 ve 1985 yıllarında yapılan imar planı değişiklikleri ile birlikte hem Çanakkale Boğazı boyunca hem de Sarıçay çevresinde kentsel alan genişlemiştir. 1990'lı yıllardan itibaren yatırım projeleri ve 1992 yılında kurulan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin etkisiyle kentleşme hız kazanmıştır. Özellikle Terzioğlu Kampüsü'nün etkisiyle kuzey–güney yönlü kentsel gelişim gözlemlenmiş, bu durum konut alanlarının yoğunlaşmasına ve hizmet sektöründe canlanmaya neden olmuştur (Koç ve Sakarya, 2022). Yaklaşık 50.000 öğrencinin eğitim gördüğü üniversite, kent merkezinde nüfus artışını tetiklemiş; Çanakkale göç alan bir şehir hâline gelmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2024 yılı itibarıyla il merkezi nüfusu 204.454'e ulaşmıştır. Bu nüfusun % 48,9'unu erkekler, % 51,1'ini ise kadınlar oluşturmaktadır. Nüfus artış hızı ise binde 4,6 olarak kaydedilmiştir (T.C. Çanakkale Valiliği, 2024).

Ulaşım projeleriyle birlikte bölgenin İstanbul, Bursa ve İzmir gibi büyük metropollerle bağlantısı güçlenmiştir. Çanakkale Boğazı'nın iki yakasında yer alması, kente Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan stratejik bir konum kazandırmakta ve transit geçişler açısından önemini artırmaktadır.

Çanakkale, Türkiye'nin önemli tarımsal üretim merkezlerinden biridir. İlin ekonomik yapısı ağırlıklı olarak tarım, hayvancılık ve turizme dayanmaktadır. 2019 yılı verilerine göre, il genelinde 216.833 büyükbaş ve 715.876 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Biga, Yenice ve Çan ilçeleri büyükbaş hayvancılıkta öne çıkmaktadır. Tarımsal üretimde ise konserve, dondurulmuş ürünler, su ürünleri ve taze meyve-sebze ihracatı ile dikkat çeken il, 49 milyon doların üzerinde tarım ihracatı gerçekleştirmektedir (Çanakkale Ticaret Borsası, 2024). Turizm sektöründe ise 2019 verilerine göre toplam yatak kapasitesi 29.418'dir. Bu yatakların 22.605'i belediye belgeli tesislere, 6.813'ü ise turizm işletme belgeli konaklama tesislerine aittir (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019). Çanakkale'nin Gayri Safi Yurtiçi Hasılası'nın (GSYİH) % 24,7'si tarım, % 23,5'i sanayi ve % 17'si ticaret sektörlerinden gelmektedir.

3.2. Veri ve Yöntem

Bu çalışmada, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu'na (17112) ait 1975-2022 yılları arasında kaydedilmiş günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık ile günlük toplam yağış verileri kullanıldı. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen D02G059 Atikhisar Barajı için 1976-2016 yılları arasında kaydedilen aylık ortalama göl gözlem seviyesi verisi elde edildi. Çanakkale kent merkezi içinden denize dökülen Sarıçay İstasyonu'nun akım gözlem verileri oldukça kısıtlı bir dönemi kapsadığı için istatistiksel değerlendirme yapılamadı.

3.2.1. İklim İndisleri Hesaplama

Dünya Meteoroloji Örgütü-Klimatoloji Komisyonu (WMO-CCL) ve İklim Değişkenliği ve Öngörülebilirlik Araştırma Programı (CLIVAR) indisleri, ekstrem sıcaklık

ve yağış özelliklerini belirlemek için oluşturulmuş ve yaygın olarak kullanılan hesaplamalardır (Können ve Tank, 2003; Peterson ve ark., 2001). Aylık ve yıllık ölçeklerde aşırı yağışların zaman serilerini hesaplamak için günlük kayıtlar kullanılır çünkü iklim ekstremlerini yakalamak için yüksek zamansal çözünürlük önemlidir. Bu çalışma kapsamında seçilen ekstrem sıcaklık ve yağış indis formülleri *Tablo 1*'de sunulmaktadır.

Tablo 1

WMO İklim değişikliği İndisleri arasından seçilmiş sıcaklık ve yağış ekstrem indisleri

Indis- ID	Indis adı	Birim
FD0	Donlu günler (Minimum sıcaklık < 0°C olduğu günler	Gün
SU25	Yaz günleri (Maksimum sıcaklık > 25ºC olduğu günler	Gün
T10	% 10'luk dilime karşılık gelen sıcaklık değeri	°C
T50	% 50'lik dilime karşılık gelen sıcaklık değeri	°C
T75	% 75'lik dilime karşılık gelen sıcaklık değeri	°C
T90	% 90'lık dilime karşılık gelen sıcaklık değeri	°C
Rmax	Maksimum Günlük Yağış	mm
Rmax5	5 Günlük Ardışık Maksimum Yağış	mm
Rdays	Yağışlı Gün	Gün
RI	Yağış Yoğunluğu	mm/gün
PRCPTOT	Yıllık toplam yağış	mm

(Kaynak: WMO, 2015)

3.2.2. Standardize Yağış İndisi (Standardised Precipitation Index - SPI)

Standardize Yağış İndeksi (SPI), kuraklık ve yağış anomalilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir indekstir. SPI, Akdeniz ve Türkiye genelinde sıkça başvurulan meteorolojik kuraklık analiz yöntemlerinden biridir (Vicente-Serrano vd., 2014; Sönmez vd., 2005; Türkeş, 2012; Sarış ve Gedik, 2021). Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kuraklığı tanımlamak için kullanılabilecek bir indis olarak kabul edilmiştir (Svoboda ve Wood, 2012). Yağış eksikliğinin toprak nemi, kar örtüsü, rezervuar depolaması, yeraltı suyu ve akarsu akışı üzerinde etkili olması, meteorolojik kuraklığı herhangi bir bölge veya havzada kuraklığın başlangıç aşaması olarak ön plana çıkarmaktadır. Mckee vd. (1993) tarafından geliştirilen SPI yöntemi, uzun yıllık gözlenen toplam yağış miktarlarının kullanılması esasına dayanır. SPI hesaplamasında yağışların olasılık dağılımı normal dağılıma uymadığından, önce yağışların olasılık dağılım fonksiyonları Gamma dağılımına

dönüştürülür. Ardından ters standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak standart yağışlar hesaplanır. Böylece ortalaması sıfır, varyansı bir olan standartlaştırılmış yağış indisleri elde edilir (Keskiner vd., 2016). Bu çalışmada, indeks hesaplaması Çanakkale istasyonuna ait yıllık ve mevsimlik yağış toplamları üzerinde gerçekleştirilmiştir. İndis hesaplama formülü Denklem 1'de verilmiş olup, kuraklık sınıflandırması *Tablo 3*'te sunulmuştur.

$$SPI = \frac{Xi - Xort}{Sp} \quad (1)$$

Tablo 2

SPI kuraklık sınıflandırması

İndis Değeri	Kuraklık Sınıflandırması
2,00 ≥	Aşırı Nemli
1,50 ≥ 1,99	Çok Nemli
1,00 ≥ 1,49	Orta Nemli
0 > 0,99	Hafif Nemli
0 < -0,99	Hafif Kurak
-1 ≤ -1,49	Orta Kurak
-1,50 ≤ -1,99	Şiddetli Kurak
-2,00 ≤	Aşırı Kurak

(Kaynak: McKee et al., 1993)

3.2.3. Kendall's Tau B

İklimsel parametrelerde gözlenen uzun süreli değişim ve eğilimlerin analizi için Kendall Sıra korelasyon katsayısı yöntemi olan Kendall's Tau eğilim sınaması uygulandı. Kendall's Tau, zaman serisindeki monoton eğilimleri tespit etmek için klimatolojik çalışmalarda kullanılan yaygın testlerden biridir. Orijinal seri yerine sıraları değerlendiren, dağılımdan bağımsız ve parametrik olmayan bir testtir. %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinin (α

≤ 0.05 ve 0.01; iki kuyruklu test) üzerinde olan test istatistikleri anlamlı kabul edildi. Böylece değişimin yönü (pozitif/negatif) ve büyüklüğü saptanır (Kendall, 1975).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sıcaklık Ekstremleri

Çanakkale için hesaplanan altı farklı sıcaklık ekstrem indisinin analizi sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında (*Tablo 3*), Çanakkale'de yıllık donlu gün sayısının 1 ile 6 gün, yaz günleri sayısının ise 42 ile 117 gün arasında değiştiği gözlenmiştir. T10 değeri minimum -1,4°C ile maksimum 8,9°C arasında değişirken, diğer indis değerleri sırasıyla: T50 için 3,27 °C ile 19,3 °C, T75 için 3,69 °C ile 20,9 °C ve T90 için 6,3 °C ile 27,3 °C arasında hesaplanmıştır. Ortalama değerlere göre, Çanakkale'de donlu gün sayısı 4, yaz günleri sayısı 42 gün olarak belirlenmiş; yine ortalama olarak %10'luk dilime karşılık gelen sıcaklık değeri 5,3 °C, %90'lık dilime karşılık gelen sıcaklık değeri ise 22 °C olmuştur. Çanakkale istasyonunda, sıcaklık ekstremlerinin öne çıktığı; maksimum ve minimum sıcaklık değerleri arasındaki büyük farklar ile yüksek maksimum sıcaklık karakterinin dikkat çektiği saptanmıştır.

Tablo 3

Çanakkale'de maksimum, ortalama ve minimum sıcakların ekstrem karakteri

Mak. Sıcaklık	**Donlu günler**	**Yaz günleri**	**T10**	**T50**	**T75**	**T90**
Ort	1,02	117,9	8,9	19,3	20,9	27,3
Maks	5	144	11,95	23	24	30,3
Min	0	89	6,42	16,6	18,2	25
Stsapma	1,52	11,2	1,26	1,14	1,12	1,1
Min. Sıcaklık	**Donlu günler**	**Yaz günleri**	**T10**	**T50**	**T75**	**T90**
Ort	6,43	0	-1,4	3,27	3,69	6,31
Maks	14	0	3,2	8,9	9,35	10,6
Min	0	0	-6,8	0,6	1	2
Stsapma	4,01	0	2,09	1,87	1,84	2,35
Ort. Sıcaklık	**Donlu günler**	**Yaz günleri**	**T10**	**T50**	**T75**	**T90**
Ort	4,04	42,6	5,33	15,22	16,55	22,04
Maks	13	84	8,1	18,1	19,02	24,6
Min	0	1	3,14	12,7	16,3	19,95
Stsapma	3,78	21,12	1,2	1,05	1	1,01

(Kaynak: MGM, 2023)

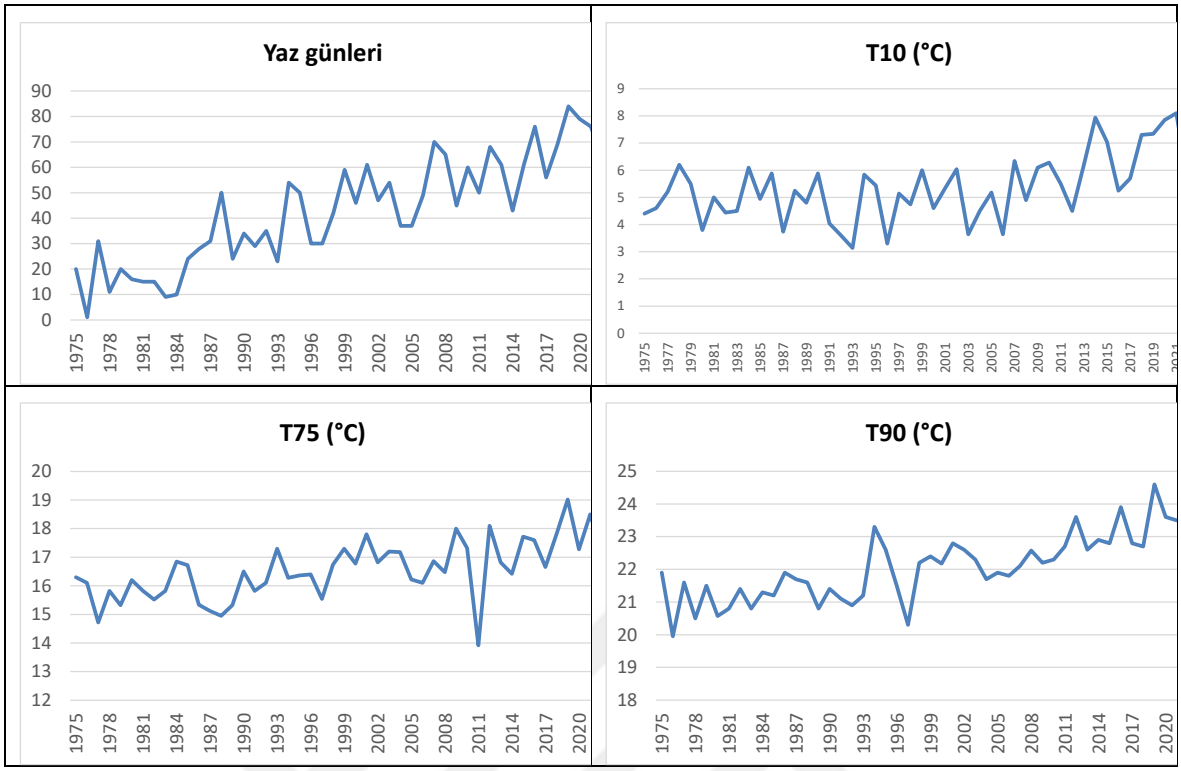
Hesaplanan ekstrem sıcaklık serilerine uygulanan Kendall Tau-b eğilim analizi sonuçları *Tablo 3*'te verildi. Sıcaklık serilerinde, minimum sıcaklıklar dışında, günlük maksimum ve ortalama sıcaklık serilerinde genel bir artış eğilim gözlenlenmiştir (*Tablo 4*). Yaz günleri, T10, T50, T75 ve T90 serilerinde %99 düzeyinde anlamlı pozitif test sonuçları, Çanakkale kentinde sıcaklıkların kuvvetli bir artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu eğilim, Acar Deniz ve Gönençgil (2015) ile Dün ve Gönençgil (2021) tarafından Türkiye'nin batısında ve Ege kıyılarında gözlemlenen yaz sıcaklıklarındaki artış eğilimleriyle paralellik göstermektedir. Sıcaklık ekstremlerinde ortalama sıcaklık serilerinde ait anlamlı sonuçlara sahip dört indisin zamansal değişim grafikleri seçilmiş ve sunulmuştur. En göze çarpan değişim, Yaz günleri ve T90 serilerinde gözlenmiş ve özellikle 2000'li yıllarla birlikte artış trendinin kuvvetlendiği tespit edilmiştir (*Şekil 6*). Bu bulgu, Türkiye genelinde sıcaklık artış eğilimleri üzerine yapılan çalışmalarda da vurgulanmaktadır (Türkeş et al., 2002; Çoruk ve Acar, 2022). Marmara Bölgesi'ne ilişkin analizlerde de benzer şekilde yaz günlerinin uzadığı ve şehirleşme etkisinin sıcaklık artışını pekiştirdiği tespit edilmiştir (Aykır, 2017).

Tablo 4

Ekstrem sıcaklık serilerinin trend analizi sonuçları

Korelasyon katsayıları	**Maksimum Sıcaklık**	**Minimum Sıcaklık**	**Ortalama Sıcaklık**
Donlu günler	0,00	-0,10	-0,14
Yaz günleri	0,40	0,18	0,69
T10	0,32	0,06	0,33
T50	0,44	0,19	0,48
T75	0,48	0,17	0,62
T90	0,35	0,21	0,49
Max	0,29	0,18	0,45
min	0,06	0,09	0,10
Tmak-Tmin	0,12	0,07	0,13
0,01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı			
0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı			

(Kaynak: MGM, 2023)



Şekil 6. Ekstrem sıcaklık serilerinin yıllar arası değişimi.

(Kaynak: MGM, 2023)

1970 sonrası döneme ilişkin analizlerde, Türkiye'nin batısında yaz mevsimi sıcaklıklarında genel bir artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Acar Deniz ve Gönençgil'in (2015) çalışmasında, 1970–2006 yılları arasında yaz aylarında maksimum sıcaklıklarda anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. Bu artışlar, sıcak hava dalgalarının sıklığını ve süresini artırmış, özellikle Ege kıyılarında daha belirgin hale gelmiştir. Aksu (2021), ekstrem sıcaklıklar üzerine yaptığı çalışmada, batı bölgelerinde ekstrem sıcaklık olaylarının hem sıklığında hem de şiddetinde artış gözlendiğini ortaya koymuştur. Bu durum, kentsel alanlarda "ısı adası" etkisiyle birleştiğinde, yaşam kalitesi ve enerji kullanımı üzerinde ciddi etkiler doğurmuştur. Erlat ve Yavaşlı (2011), Ege Bölgesi'nde donlu günlerin sayısında azalma; tropikal gece ve yaz günleri gibi sıcaklık indekslerinde ise artış tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Dün ve Gönençgil (2021), Ege kıyılarında ekstrem sıcaklık göstergelerine dair sıcak gece ve günler, yaz günleri gibi artış gösterirken; serin gece ve günler, soğuk devre süresi, günlük sıcaklık aralığında azalış eğilimi tespit etmiştir.

Şehirleşmenin sıcaklık ekstrem trendlerine etkisi Aykır (2017) tarafından ortaya konmuştur. Türkiye genelinde sıcaklık ekstrem indislerinde artış gözlenirken, şehirleşme düzeyi yüksek olan alanlarda bu artışın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi gibi yoğun nüfuslu bölgelerde ekstrem sıcak gün sayılarındaki artış, kırsal alanlara kıyasla daha yüksektir. Çoruk ve Acar (2022) ise Marmara Bölgesi'nde yapılan ekstrem sıcaklık analizinde, ısı dalgalarının süresinde ve maksimum sıcaklıklarda önemli artışlar olduğunu ve bu artışların bölgeyi hem sağlık hem de tarımsal üretkenlik açısından daha savunmasız hale getirdiğini ifade etmiştir.

Önceki çalışmalardan elde edilen bulgular, bu tez çalışmasının analiz sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir. Türkiye'de ve Marmara Bölgesi'nde ekstrem sıcaklık olaylarının sıklığı ve şiddetinin gelecek yıllarda da artacağı öngörülmektedir. Bu durum, tarım, su kaynakları, enerji tüketimi ve insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratabilir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum politikalarının geliştirilmesi ve sıcaklık trendlerinin düzenli olarak izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

4.2. Yağış Ekstremleri

Günlük yağış toplamlarından hesaplanan ekstrem yağış indislerinin genel karakteri *Tablo 5*'te verilmiştir. Çanakkale'de bir günlük maksimum yağış aralığının 24,5 ile 110 mm arasında değiştiği, ortalama 58,4 mm ile yüksek bir tutarda seyrettiği belirlenmiştir. Yüksek günlük maksimum yağışların özellikle kış mevsiminde sıklığının arttığı ifade edilebilir. Bu durum, Karabörk et al. (2011) tarafından Türkiye'de şiddetli yağış olaylarının sıklığında artış eğilimi olduğu yönündeki bulgularla örtüşmektedir. Beş günlük ardışık maksimum yağışlar gözlem döneminde ortalama olarak 97,1 mm olup, maksimum 172 mm'ye kadar ulaşmıştır; bu değer, 5 günlük ardışık yağış tutarlarının, Çanakkale'nin bir yılda aldığı ortalama toplam yağışın miktarının yaklaşık %20'sine denk gelmektedir. Yıllık toplam yağış tutarları aralığı 580-902 mm arasında değişen kentte, yağışlı gün sayılarının çok yüksek olmaması, yağışın mevsimselliğine ve yağış şiddetinin fazlalığına işaret etmektedir. P90 değerlerinin dikkat çektiği Çanakkale'de yağışlı gün sayısı ortalaması 83,6 gün /365 gün, maksimum olarak da 114 gün olarak belirlenmiştir. Günlük yağış yoğunluğu ortalama 7 mm/gün ile Çanakkale'de orta şiddette yağışların sıklığına işaret etmektedir.

Tablo 5

Çanakkale'de ekstrem yağış karakteri

	MAK. GÜNLÜK YAĞIŞ	BEŞ GÜNLÜK ARDIŞIK MAK. YAĞIŞ	YILLIK TOPLAM YAĞIŞ	P25	P75	P90	YAĞIŞLI GÜN	YAĞIŞ YOĞUNLUĞU
Ortalama	58,4	97,1	585,4	0,3	5,4	12,4	83,6	7,0
Maks	110,0	172,0	902,4	1,3	14,4	23,6	114,0	9,5
Min	24,5	38,1	312,2	0,0	0,0	1,2	56,0	4,6
Stsapma	21,0	33,7	141,0	0,3	4,5	7,0	13,7	1,2

(Kaynak: MGM, 2023)

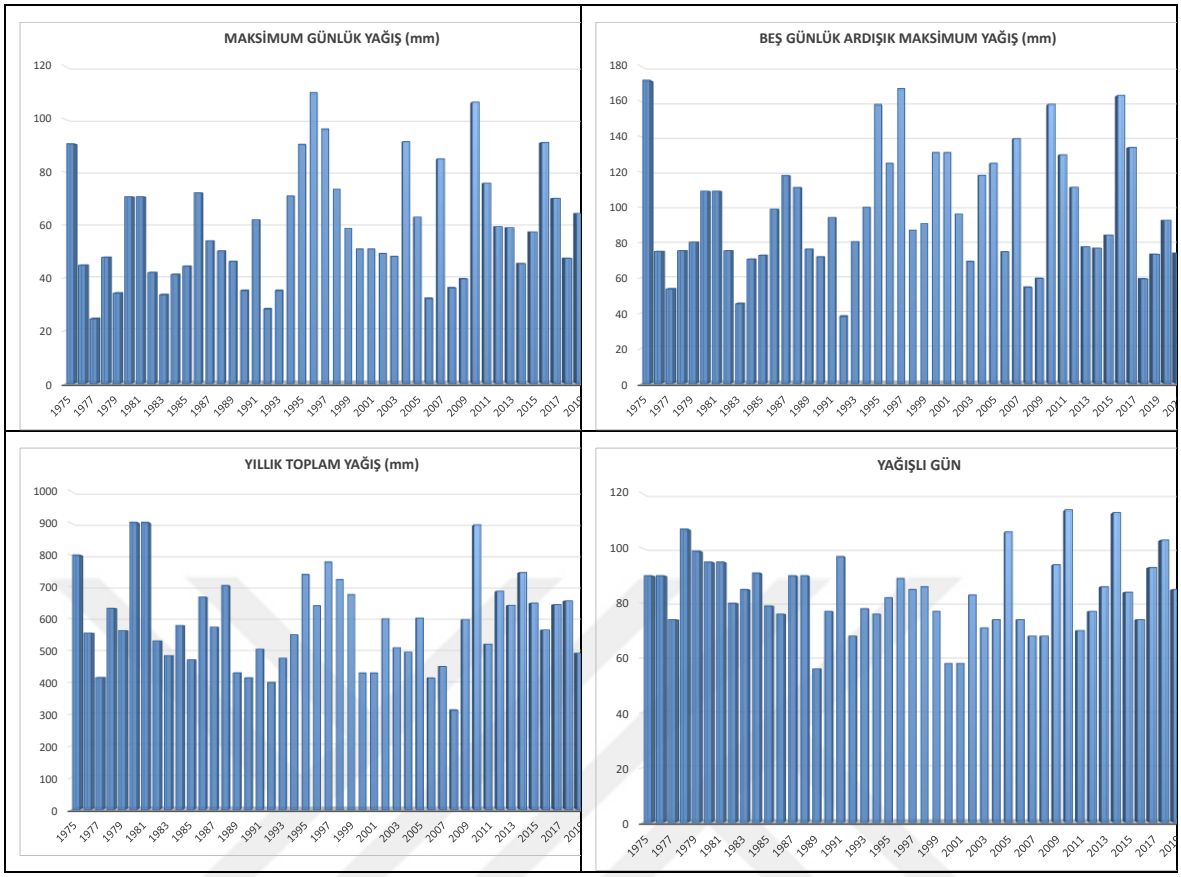
Ekstrem yağış serilerinde, P90, P75 ve P25 yüzdelik dilimlerine karşılık gelen yıllık yağış tutarlarının uzun dönem serilerinde negatif eğilimler saptandı. Bu eğilimler, yağış miktarlarında azalma olduğunu göstermektedir. Diğer yağış ekstremi serilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim belirlenmezken; maksimum günlük ve ardışık 5 günlük yağışlarda anlamlı olmayan artış, yağışlı günler ve yağış yoğunluğunda ise anlamlı olmayan azalışlar belirlenmiştir (*Tablo 6*). Ekstrem yağış serilerindeki yıllar arası değişimler *Şekil 7*'de sunulmuştur. Grafiklere incelendiğinde bir değişim dönemi gözlenmemekle birlikte, yıllar arası dalgalanmalara ek olarak, yağışlı günler ve yıllık toplam yağışlarda son 10 yıllık döneme karşılık gelen artış eğilimi dikkat çekmektedir.

Tablo 6

Ekstrem yağış serilerinin trend analizi sonuçları

İndis	Mak. 1G Yağış	Ard. 5g Yağış	Yıl. Top. Yağış	P25	P75	P90	Yağışlı Günler	Yağış yoğ.
Kor. Kat	0,13	0,06	-0,01	-0,51	-0,42	-0,45	-0,10	-0,01
	0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı							

(Kaynak: MGM, 2023)



Şekil 7. Ekstrem yağış serilerinin yıllararası değişimi.
(Kaynak: MGM, 2023)

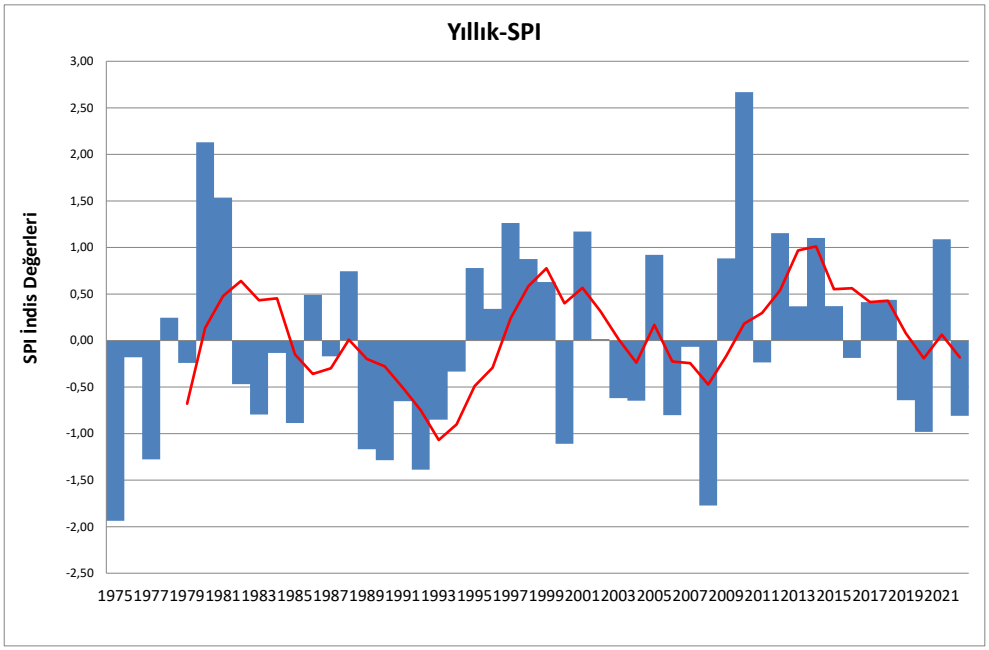
Türkiye'de bölgesel olarak yağış rejimlerinde de önemli değişimler yaşanmakta, özellikle ekstrem yağış olaylarının hem sıklığında hem de yoğunluğunda artış gözlenmektedir. Sarış (2020) çalışması, 1975–2012 döneminde Türkiye genelinde ekstrem yağışların mekânsal desenlerini analiz ederek, batıda kümelenen istasyonlarda en düşük yağışlı gün sayılarına rağmen orta-yüksek seviyede yağış toplamları ve dolayısıyla yüksek yağış ekstrem değerleri olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, taşkın ve sel riski açısından dikkat çekicidir. Zımba ve Acar (2021) tarafından yapılan çalışmada, Ege Bölgesi'nde kıyıdan iç bölgelere doğru gidildikçe yağış şiddetinde azalma ve yağışlı gün sayıları ile yağış şiddet sınıflarında zamansal değişimler tespit edilmiştir. Antalya Bölümü'ne yönelik yapılan analizlerde (Durmuş, Bulut ve Gönençgil, 2021), yağış ekstremleri açısından özellikle kıyı bölgelerde anlamlı artış eğilimleri ile birlikte toplam yağışa en fazla katkıyı uç yağış değerlerinin sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle kısa süreli, şiddetli yağışlar (örneğin 1 ve 5 günlük maksimum toplam yağış) daha yaygın hale gelmiştir. Çanakkale özelinde yapılan çalışmalar da bu trendleri desteklemektedir. Kocaoğlu ve Çağlıyan (2022), bölgedeki yıllık

yağışların eğilimlerinde değişkenlik gözlemlendiğini ve bazı yıllarda ekstrem kuraklık veya aşırı yağış olaylarının öne çıktığını belirtmişlerdir.

Türkiye'de ekstrem yağış olaylarının gelecek yıllarda daha sık ve şiddetli hale gelmesi beklenmektedir. Bu nedenle iklim dirençli şehir planlaması, drenaj sistemlerinin iyileştirilmesi ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gibi uyum stratejilerinin hayata geçirilmesi kritik önem taşımaktadır. Ayrıca ekstrem yağış trendlerinin daha detaylı incelenmesi için yüksek çözünürlüklü iklim modellerinin kullanılması önerilmektedir.

4.3. Meteorolojik Kuraklık Analiz Sonuçları

Çanakkale'de 1975-2022 yılları arasında gözlenen meteorolojik kuraklık durumunu tespit etmek, kuraklığın dönemselliği, şiddeti ve zamansal eğilimlerine ilişkin desenleri belirlemek amacıyla, yıllık ve mevsimlik toplam yağış serileri üzerinden SPI analizi gerçekleştirildi.



Şekil 8. Çanakkale'de yıllık SPI değerlerinin yıllararası değişimi.

(Kaynak: MGM, 2023)

Yıllık serilere yapılan SPI analizi sonuçlarına göre, 48 yıllık gözlem döneminde kurak yılların oranı %54,16'dır. Toplamda yedi yıl, kuraklık orta ve şiddetli sınıfında tanımlanmıştır. Kurak yılların zamansal değişimine bakıldığında (*Şekil 8*), 2000'li yıllara kadar kısa süreli (3-5 yıllık) kurak ve nemli dönemlerin birbirini izlediği; 2000 yılından sonra ise kuraklığın şiddetinde önemli bir artış olmasa da kurak dönemlerin süresinin görece uzadığı ifade edilebilir. Kuraklık şiddetinin en yüksek olduğu dönem 1989-1993 arasında olup, diğer önemli kurak yıllar 1975, 1977, 1989, 1992, 2000 ve 2008 olarak öne çıkmıştır.



Şekil 9. Çanakkale'de kış ve sonbahar mevsimleri SPI değerlerinin yıllararası değişimi.

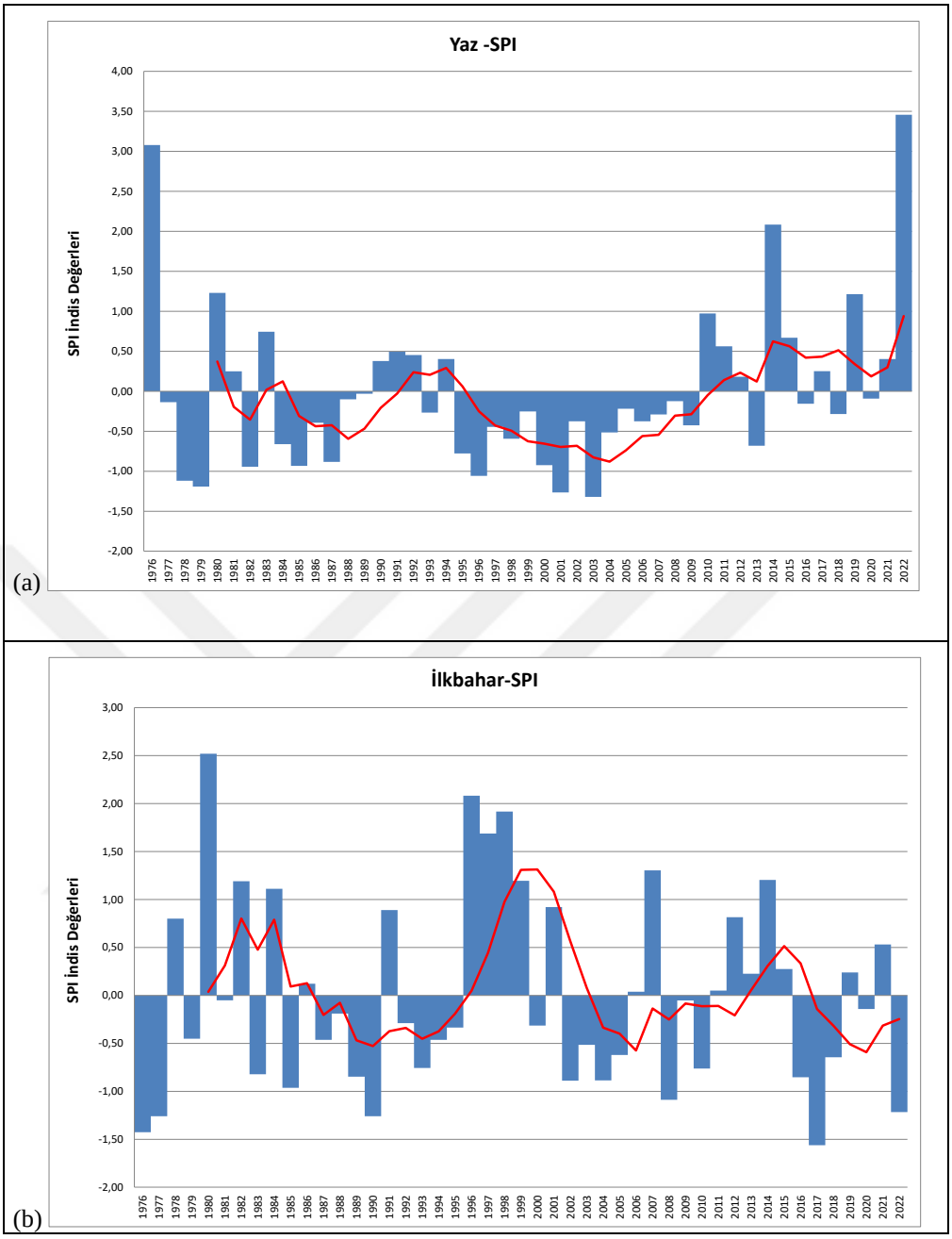
(Kaynak: MGM, 2023)

47 yıllık veri serisi, Türkiye'nin mevsimsel kuraklık karakterinde önemli değişimler olduğunu ortaya koymaktadır. Kış mevsiminde %53,2 olan kurak yıl oranı, özellikle 2000 sonrasında şiddetli kuraklık olaylarının (1990-1992, 2007-2008, 2014) artmasıyla dikkat çekmektedir. Batı Anadolu'da yapılan çalışmalar, bu dönemde kış yağışlarında %15-20'lik düşüşler olduğunu ve bunun yeraltı suyu rezervleri ile buğday/arpa verimliliğini doğrudan etkilediğini göstermektedir (Şen vd., 2021; Türkeş, 2017). Kurak-nemli dönemlerin 5 yıllık

periyotlardan daha kısa dalgalanmalara dönüşmesi ise iklim sistemindeki kararsızlığa işaret etmektedir.

Sonbahar mevsimindeki kuraklık dağılımı (%55,3), geçiş mevsimlerinin karakterini yansıtmaktadır. Çanakkale özelinde, 1980'lerden beri süregelen hafif-orta şiddetteki kuraklıkların son 10 yılda 4-5 yıllık nemli/kurak bloklara dönüşmesi dikkat çekicidir. Bu durum, Akdeniz iklim kuşağında sonbahar yağışlarının gecikmesi ve kısalmasıyla açıklanabilir (Ünal vd., 2018). Özellikle orta şiddetteki kuraklıkların sıklığı (8 yıl), bölgedeki yağış rejiminin kırılganlığını göstermektedir (*Şekil 9*).

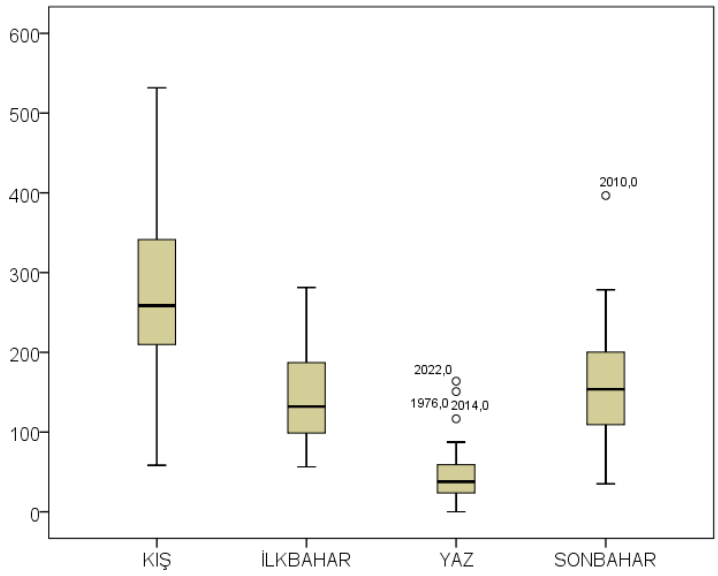
Yaz ve ilkbahar mevsimlerinde gözlenen yüksek kuraklık oranlarına (sırasıyla %63,8 ve %57,4) rağmen, şiddetli kuraklıkların seyrek görülmesi, bu mevsimlerdeki yağışsızlığın "olağan" kabul edilmesiyle ilişkilidir. Ancak yaz mevsiminde 2010 sonrası nemli dönemlerin artışı (*Şekil 10*), muhtemelen tek günlük ekstrem yağış olaylarından kaynaklanmaktadır. Bu durum, yağış dağılımındaki dengesizliğin bir göstergesidir.



Şekil 10. Çanakkale'de kış ve sonbahar mevsimleri SPI değerlerinin yıllararası değişimi. *(Kaynak: MGM, 2023)*

İlkbahar mevsiminde ise (*Şekil 9b*), uzun süreli fakat şiddeti fazla olmayan kurak ve nemli dönemlerin birbirini izlediği; özellikle 2000'li yıllardan sonra kurak dönemlerin görece sıklaştığı ve şiddetini artırdığı bir değişim deseni hakimdir. Çanakkale'de ilkbahar yağışlarında gözlenen negatif eğilimler bu durumu desteklemektedir. Çanakkale mevsimlik

yağış toplamlarının yıllar arası değişimi için trend analizi gerçekleştirilmiş, fakat istatistiksel açıdan anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır.



Şekil 11. Çanakkale mevsimlik yağış serilerinin (1976-2022) Box-Whiskers Grafiği.

(Kaynak: MGM, 2023)

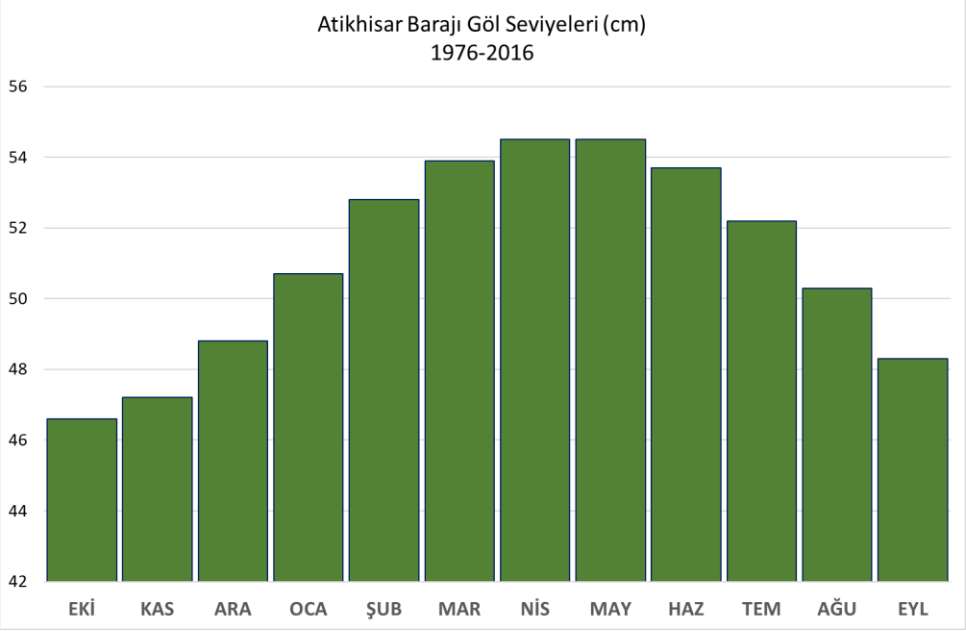
Box-Whiskers kutu grafiği (*Şekil 11*), sayısal verilerin dağılımını ve değişkenliğini görsel olarak göstermek amacıyla veri yüzdeliklerini (%25 ve %75), ortalamasını ve uç değerleri sergileyen bir görseldir. Çanakkale mevsimlik yağışları için oluşturulan kutu grafiğine bakıldığında, daha önce ifade edildiği gibi kış yağışlarının baskınlığı izlenebilmektedir. Yaklaşık olarak ortalama kış yağış toplamı 250 mm kadar olup, uç değerleri 50-550 mm, yüzdelikleri (veya ilk ve son çeyreklikleri) 200-350 mm arasında değişim göstermektedir. Geçiş mevsimlerinde yağış değişkenliği oldukça benzerdir, yalnızca 2010 yılında sonbaharda gözlenen pozitif değer (400 mm) dikkat çekicidir. Yaz yağışları ise en küçük orana sahip olup, 3 uç değer dışında tüm değişkenlik göstergeleri bakımından 100 mm'nin altındadır. Yukarıda da ifade edildiği gibi, Son 10 yılda Çanakkale'de ekstrem yaz yağışları görülmekteyse de (toplam 100 mm'nin üzerinde) bu yağış hadiseleri yaz dönemi boyunca gerçekleşen 20 mm üzerinde beş veya altı günlük maksimum yağış kaydı ile ilişkilidir.

Mucan ve Yıldırım (2023) Çanakkale merkez meteoroloji istasyonu'na ait yağış verilerini kullanarak 1970-2022 döneminde, R programında HydroTSM paketi kullanılarak

yağış analizi yapılmış ve standart yağış indisi yöntemine göre kuraklık analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular, Çanakkale'de bu süreçte kurak ve hafif kurak dönemlerin ağırlık kazandığını, ancak zaman zaman nemli ve yarı nemli yılların da yaşandığını ortaya koymaktadır. Kuraklık şiddetinin en belirgin olduğu yıllar arasında 1997, 2009 ve 2020 öne çıkmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgularla paralellik söz konusudur. Ayrıca, analizlerde zaman dilimi genişledikçe, kuraklık süresi ve şiddeti açısından benzer eğilimlerin sürdüğü gözlemlenmiştir.

4.4. İklim Ekstremleri Çanakkale Kenti Üzerindeki Olası Baskıları

İklim değişikliği, küresel ölçekte olduğu gibi yerelde de belirgin etkiler yaratmakta ve kent sistemlerini olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Özellikle son yıllarda artan sıcak hava dalgaları, kuraklık, aşırı yağışlar, seller ve deniz seviyesi yükselmesi, kentte altyapıdan tarıma, ekonomiden sosyal hayata kadar birçok alanda baskılar oluşturmakta, gelecekte de bu etkilerin artması beklenmektedir (WMO, 2022).

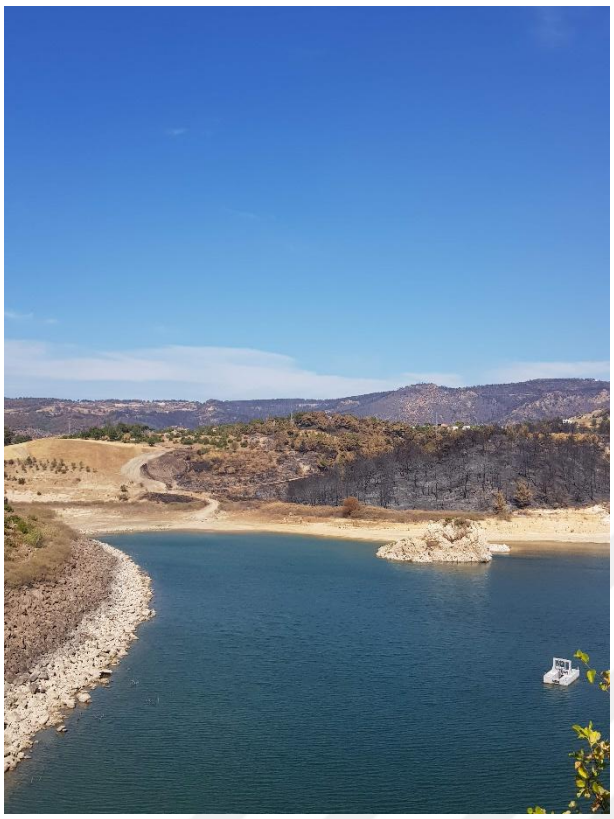


Şekil 12. Atikhisar Barajı göl seviyelerinin aylık değişimi.

(Kaynak: MGM, 2023)

Atikhisar Barajı'nın göl seviyeleri, mevsimsel değişimlere bağlı olarak belirgin bir döngü sergilemektedir. Baraj göl seviyeleri, sonbahar aylarında en düşük noktalarda olduğu görülmektedir (*Şekil 12*). Ekim ve Kasım aylarında seviyelerin görece düşük olması, yaz aylarında yaşanan su kaybının etkisinin sürdüğünü ve henüz yeterli yağış alınmadığını göstermektedir. Ancak kış mevsimine girildikçe baraj seviyeleri yükselmeye başlamaktadır. Ocak, Şubat ve Mart aylarında su seviyesindeki artış, bu dönemdeki yağışların ve kar erimesinin barajı beslediğini düşündürmektedir. Barajın en yüksek seviyeye ulaştığı dönem ise ilkbahar aylarıdır. Nisan ve Mayıs aylarında göl seviyelerinin zirve yaptığı görülmektedir. Bu durum, havza geçiş süresine bağlı olarak yan kolların ve sığ yeraltı akışlarının baraj alanına ulaşma süresi ile ilgilidir. Barajın maksimum seviyeye ulaşması, o yılın yağış rejimine bağlı olarak değişebilir. Ancak uzun vadeli gözlemler, genel olarak ilkbahar aylarında su seviyesinin en yüksek noktada olduğunu göstermektedir. Haziran ayı itibarıyla baraj su seviyeleri düşüşe geçmeye başlar. Yaz mevsiminin başlamasıyla birlikte artan sıcaklık ve buharlaşma oranı, su kaybını hızlandırmaktadır. Ayrıca, tarımsal sulama faaliyetleri ve içme suyu kullanımı da su tüketimini artırarak baraj seviyelerinin düşmesine neden olmaktadır. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su seviyeleri en düşük noktalara gerilemektedir. Özellikle kurak yıllarda bu azalma daha belirgin hâle gelebilir ve kritik seviyelere ulaşabilir.

Baraj seviyelerindeki bu değişimler, gelecekte su yönetimi açısından bazı riskler doğurabilir. Atikhisar Barajı DSİ tarafından 1976 yılında işletmeye alınmış, ilk kuruluş amacı Çanakkale deltası taşkınları önlemek olan bir baraj olup, sonraki yıllarda özellikle tarımsal sulama bakımından hizmet vermiştir. Çanakkale kentinin tek içme suyu kaynağı olan Atikhisar Barajı, zonlu toprak dolgu gövde tipinde olup 54 milyon m^3 kapasiteye sahiptir (4-5 milyon m^3'ü sedimentle doludur). Çanakkale kentinin içme suyu olarak kullanılması ise 1990'lı yılların ortalarında gerçekleşmiştir. Çanakkale'nin nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda, barajı besleyen yağışların (özellikle kar) azalması, yazın buharlaşmanın artması ve Çanakkale kentinin su tüketiminin artması gibi süreçler ilerleyen yıllarda baraj gölü seviyelerindeki düşüşlerin daha keskin olabileceği işaret edebilir. Ayrıca 48 yıllık bir baraj olarak Atikhisar barajı verimlilik bakımından ömrünü de doldurmak üzeredir. Bu durum, hem tarımsal sulama hem de içme suyu açısından ciddi sorunlar yaratabilir.



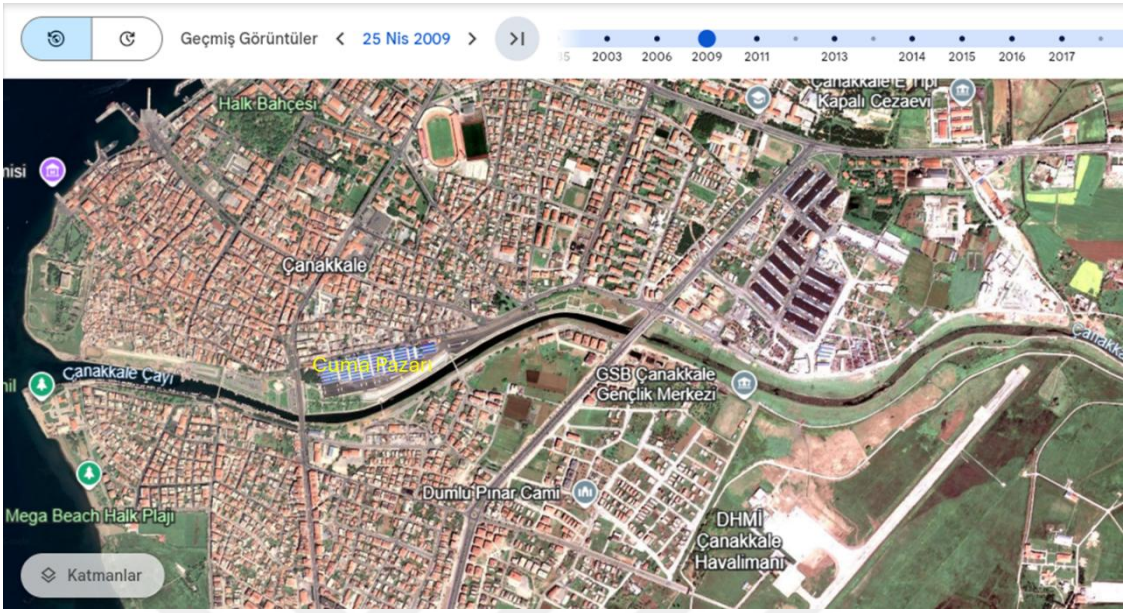
Şekil 13. 2023 Ağustos yangını sonrası Atikhisar Barajı (Fotoğraf: Faize Sarış).

Çanakkale Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri müdürlüğünden alınan bilgilere göre; ömrünü doldurmak üzere olan barajın 2023 sonunda su seviyesi %30'lara düşmüştür (*Şekil 13*). Bölgede 3-4 yılda bir su kıtlığı alarmı verilmekte olup en kritik seviye (%15) 2008'de kaydedilmiştir. Baraj suyunun büyük bölümü tarımsal sulamada kullanılmakta ve bu durum içme suyu sağlama noktasında su stresini artırmaktadır. Barajın verimliliğini artırmaya yönelik DSİ'nin yaptığı çalışmalar kapsamında, Çileder Deresi'nin baraja yönlendirilmesi projesi planlamaya alınmıştır. Tarımsal sulamada yaşanan kaçaklar ve verimsizlik nedeniyle kapalı sistem sulama ve su sayaçları uygulamasına geçilmesi planlanmaktadır. İçme suyu olarak barajın yüzeyinden su sağlanmaktadır. Barajın seviyesindeki düşüşler neticesinde, yüzey suyundan daha derine doğru su çekilmesi durumunda su kalitesinde düşüşler gözlenebileceği ifade edilmektedir. Baraj su seviyelerinde görülen bu dalgalanmalar, Altunkaynak (2007)'in Türkiye'de barajların hidrolojik dengesizliklere karşı kırılganlığını vurguladığı çalışmayla örtüşmektedir. Belediye tarafından, Çanakkale kentinin su ihtiyacını karşılamak üzere 2021'de başlatılan

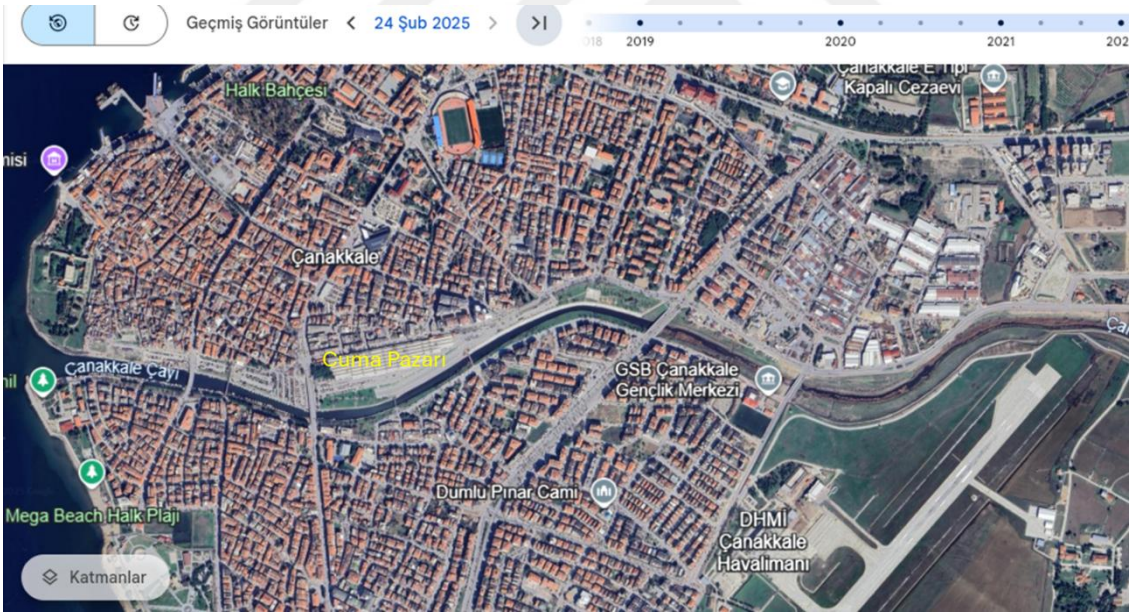
yeraltı suyu projesi kapsamında Sarıçay-Karacaören Havzası'nda yapılan sondaj çalışmalarında 7 nokta belirlenmiş ve bunlardan 4'ünde üretim kuyuları açılmıştır. Bu kuyuların acil durumlarda şehre birkaç saatlik su sağlayabilmesi hedeflenmekte olup, yıllık çekilebilecek su miktarı 10 milyon m^3 olarak öngörülmektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve verimliliğin artırılması için park ve bahçe sulamasında Çanakkale İleri Biyolojik Atık Su Arıtma tesisinden çıkan suyun kullanılması yönünde DSİ ile işbirliği çalışmaları yürütülmektedir. 2010 yılından bu yana yaygın biçimde uygulanan ön ödemeli kartlı su sayaçları sayesinde su tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlanmış ve vatandaşların su kullanım bilincinin artırılması hedeflenmiştir.

2020 ve 2023 yıllarında, Çanakkale Belediyesi, kurak geçen sonbahar ve kış mevsimlerinin ardından kuraklıkla mücadeleye yönelik çeşitli önlemler alma yoluna gitmiştir. 2020 yılında özellikle su tasarrufu kampanyaları, kamu bilgilendirme faaliyetleri ve altyapı iyileştirmeleri, özellikle de şebeke kayıplarının azaltılmasına yönelik uygulamalar öne çıkmıştır (Çanakkale Belediyesi, 2020). 2023 yılında ise bahçe sulamalarına yönelik kısıtlamalar ile birlikte, yağmur suyu hasadı gibi alternatif su kaynaklarının kullanımını teşvik eden uygulamalara yer verilmiştir (Çanakkale Belediyesi, 2023). Bu tedbirler, kuraklıkla mücadelede yerel yönetimlerin geliştirdiği iklim uyum stratejilerinin bir parçası olarak değerlendirilebilir.

(a)2009-Google Earth Görüntüsü



(b)2025-Google Earth Görüntüsü



Şekil 14. Sarıçay kenarında artan yapılaşma (2009-a, 2025-b).

Çanakkale kentinin içinden geçerek, Çanakkale Boğazına döküle Sarıçay'ın kıyıları yerleşme, Pazar yeri ve rekreasyon alanları ile çevrilidir. Özellikle doğuya doğru iç kesimlere gidildikçe çay etrafındaki konut yoğunluğu artmaktadır (*Şekil 14*). En son 2013 yılındaki ekstrem yağışlı bir dönemde, baraj kapaklarının açılmak zorunda kalınmasıyla

birlikte Sarıçay'da taşkınlar görülmüş, fakat o dönemlerde çevresinde konut baskısı henüz artmadığından yalnızca park ve pazar alanları sular altında kalmıştır (*Şekil 15a*). Sarıçay kıyılarında değişen arazi örtüsü ile birlikte, şiddetli yağışlara karşı riskin artması söz konusu olduğundan, DSİ tarafından Sarıçay'ın şehir içinden geçen bölümünde kanal ıslah çalışmaları sürdürülmektedir. Bu bağlamda, Çanakkale Belediyesi'nin 2020–2024 Stratejik Planı'nda (Çanakkale Belediyesi, 2020) kentsel dirençliliğin artırılması amacıyla afet risklerinin azaltılmasına yönelik mekânsal planlama kararlarına öncelik verildiği görülmektedir. Aynı zamanda 2021 yılında hazırlanan İklim Eylem Planı'nda (Çanakkale Belediyesi, 2021), taşkın riski taşıyan bölgelerin mekânsal analizine yer verilerek, Sarıçay gibi su varlıklarının çevresindeki yapılaşma baskısının azaltılması ve yeşil altyapı uygulamalarının teşvik edilmesi gerektiği belirtilmektedir. İklim değişikliğinin etkisiyle artan aşırı hava olayları, kentteki sel ve taşkın riskini artırmakta; bu da özellikle Sarıçay çevresindeki mekânsal kullanım kararlarını doğrudan etkilemektedir.

Dolayısıyla, iklim değişikliğinin mekânsal boyutunun sağlıklı bir şekilde izlenebilmesi için yalnızca doğal verilerin değil, aynı zamanda yerel yönetimlerin geliştirdiği planlama ve strateji belgelerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Çanakkale Belediyesi'nin mekânsal plan kararları, stratejik hedefleri ve iklim eylem planı, bu tür risklerin yönetimi ve kentsel dayanıklılığın artırılması açısından önemli bir referans çerçevesi sunmaktadır. Bu çerçevede, Sarıçay gibi kentsel su sistemlerinin çevresindeki gelişmelerin izlenmesi ve yönlendirilmesi, hem sürdürülebilir kentsel gelişim hem de iklim değişikliğine karşı uyum açısından kritik bir öneme sahiptir.

Çanakkale Belediyesi'nin 2025–2029 Stratejik Planı, sürdürülebilir, dirençli ve katılımcı bir kent vizyonu çerçevesinde hazırlanmış olup; akıllı ulaşım, dijital belediyecilik, afet yönetimi ve çevresel altyapı gibi öncelikli alanlarda hedefler belirlenmiştir. Plan kapsamında, trafik ve ulaşıma yönelik akıllı sistemlerin yaygınlaştırılması, elektrikli araç altyapısının geliştirilmesi, dijital hizmetlerin erişilebilirliğinin artırılması ve afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi gibi uygulamalara yer verilmektedir. Ayrıca stratejik plan, belediye birimleri, sivil toplum kuruluşları ve kent halkının katılımıyla şekillendirilmiş; bu sayede yerel ihtiyaçların doğrudan stratejik hedeflere yansıtılması

sağlanmıştır. Planın izleme ve değerlendirme süreçleri, düzenli raporlamalar ve katılımcı toplantılarla sürdürülecek şekilde yapılandırılmıştır (Çanakkale Belediyesi, 2024).

(a)



(b)



Şekil 15. (a) 2013 yılı Cuma Pazarı alanında Sarıçay Taşkını (*https://www.etkihaber.com/canakkalede-saricay-tasti-park-sular-altinda-kaldi-189654h.htm*), (b) 2025 yılı Sarıçay kanal ıslah çalışmaları (*https://canakkaleolay.com/haber/saricay-daki-islah-calismalari-suruyor-86297*).

Çanakkale Belediyesi ile yapılan görüşmeler, yerel yönetimlerin iklim değişikliği ve ekstrem hava olaylarına karşı geliştirdiği yaklaşımları ortaya koymak açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır. Özellikle su yönetimi, altyapı planlaması, yeşil alanların korunması, atık yönetimi, ulaşım sistemleri ve imar stratejileri gibi birçok alanda iklimsel stres faktörlerine karşı çeşitli uygulamalar geliştirildiği görülmektedir. Atikhisar Barajı'nın hem içme suyu hem de tarımsal sulama açısından stratejik önemdeyken, nüfus artışı ve iklimsel kuraklık nedeniyle sürdürülebilirliği tehdit altınddır. Belediye yetkilileri, kuraklık dönemlerinde su seviyesinin kritik düzeylere indiğini, bu nedenle alternatif kaynaklar (örneğin yeraltı suyu kuyuları) ve yeniden kullanım sistemlerinin (örneğin arıtma suyunun park ve bahçelerde kullanımı) gündeme alındığını belirtmiştir. Yağmur suyu altyapısı konusunda, geçmişte "K300" değerine göre planlanan sistemlerin artık "K500" gibi daha yüksek ekstrem değerler dikkate alınarak tasarlandığı ifade edilmiştir. Bu durum, Çanakkale'de yağış rejiminin değişkenliği ve tahmin edilemezliğinin, kentsel altyapı üzerinde ciddi bir baskı yarattığını göstermektedir. Belediyenin "sünger şehir", "yeşil alan arttırımı" ve "sızdırmalı sistemler" gibi uygulamalara yönelmesi bu bağlamda oldukça anlamlıdır.

Yeşil alan yönetimi açısından da belediye, kurakçıl türlerin tercih edildiğini, lavanta gibi suya daha az ihtiyaç duyan bitkilerle yeni peyzaj planlamalarının yapıldığını belirtmiştir. Ancak, artan sıcaklıkların bazı bitki türlerinde kurumalara ve hastalıklara yol açtığı, özellikle karaağaç türlerinde bu durumun yoğunlaştığı ifade edilmiştir.

Çanakkale Belediyesi'nin iklim değişikliğine uyum konusundaki en büyük engellerinden biri ise "kurumlar arası iş birliği eksikliği" ve "kentsel hareket alanının darlığı" olarak ifade edilmiştir. Görüşmelerde, birçok uygulamanın hayata geçirilmesine rağmen kurumsal kapasite geliştirmede hâlâ sınırlılıklar olduğunu ortaya konulmuştur. İklim değişikliği etkilerini azaltma ve uyum süreçlerinde yerel yönetimlerin rolü çok önemli olduğundan, yereldeki çalışmaların teşvik edilmesi ve kolaylaştırılması oldukça kritiktir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, Çanakkale Merkez İlçe özelinde iklim ekstremlerinin karakteristik özelliklerini, zamansal değişimini ve kentsel sistemler üzerindeki baskı potansiyelini anlamayı amaçlamaktadır. 1975-2022 yılları arasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen günlük sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından önerilen sıcaklık ve yağış ekstrem indisleri hesaplanmıştır. Ayrıca, kuraklık analizleri için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi uygulanmış ve Atikhisar Barajı'nın uzun dönemli su seviyesi verileri değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, kentsel iklim kırılganlıkları, su yönetimindeki baskılar ve geleceğe yönelik iklim dirençli kent planlamasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmada ulaşılan temel bulgulara göre, Çanakkale'de hem sıcaklık hem de yağış ekstrem değerlerinde zamansal olarak anlamlı değişimler gözlenmekle birlikte, sıcaklık ekstremlerindeki kuvvetlenme eğilimi daha dikkat çekicidir. Sıcaklık artışlarının hakim olduğu sonuçlara göre, özellikle yaz günleri sayısında (%99 anlamlılık düzeyinde) belirgin bir artış eğilimi görülmekte olup, bu durum kentte yüksek sıcaklık eşiğinin daha sık aşıldığını ve ekstrem sıcak günlerin artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. T90 gibi yüksek sıcaklık eşiklerinin yıllar içinde artması, maksimum sıcaklık olaylarının yaygınlaştığını göstermektedir. Aynı şekilde, donlu gün sayısının azalması Çanakkale'nin giderek daha ılıman kış koşullarına yöneldiğini işaret etmektedir. Çanakkale ili kırsalında bu durum fenolojik dönemler açısından risk oluştururken, kentsel açıdan bir yandan kış dönemi enerji talebini azaltma potansiyeli sunmakta, diğer yandan kış döneminde gözlenen ekstrem sıcaklıklar yeşil alanlarda sıcak stresini artırmaktadır.

Yağış ekstrem analizlerinde, özellikle P90, P75 ve P25 gibi yüzdelik dilim değerlerinde negatif trendler gözlenmiş ve ekstrem yağışlı ya da yağışsız günlerde azalma eğilimleri ortaya çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bir artış olmamasına rağmen, Çanakkale'de günlük kış ve sonbahar yangın günlük ardışık yağış değerlerinin oldukça

yüksek olması, altyapı sistemlerinin bu tür ekstrem olaylara karşı daha kırılgan hale gelebileceğini göstermektedir (IPCC, 2021; WMO, 2022).

1975-2022 döneminde Çanakkale'de yapılan SPI analizine göre yılların %54,16'sı kurak geçmiştir. Kuraklıklar çoğunlukla hafif ve orta şiddette olup, özellikle 1989-1993 arası en yoğun dönem olarak belirlenmiştir. 2000 sonrası dönemde kuraklıkların süresi uzamış ancak şiddetinde belirgin bir artış gözlenmemiştir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde kuraklık oranları sırasıyla %53,2 ve %55,3 olup, 2000'li yıllarda kış kuraklığı olaylarında artış yaşanmıştır. Sonbahardaki kuraklıklar ise Akdeniz iklim kuşağında yağışların gecikmesi ve süresinin kısalmasıyla ilişkilendirilmektedir. İlkbaharda %57,4, yaz mevsiminde ise %63,8 oranında kuraklık gözlenmiş olup, yaz kuraklıkları genellikle olağan kabul edilmektedir. Son on yılda nemli ve kurak dönemler 4-5 yıllık bloklar hâlinde birbirini izlemeye başlamış ve bu durum iklim sisteminde kararsızlığa işaret etmektedir. Özellikle ilkbaharda uzun süreli fakat düşük şiddette kurak ve nemli dönemlerin artışı dikkat çekmektedir.

Atikhisar Barajı'ndaki su seviyeleri yıl boyunca belirgin bir döngü izlemekte; sonbaharda en düşük seviyelere inerken, kış mevsiminde yağış ve kar erimesiyle artış gösterip ilkbaharda zirveye ulaşmaktadır. Baraj seviyesi en yüksek noktaya genellikle Nisan-Mayıs aylarında ulaşmakta, Haziran'dan itibaren ise su seviyeleri düşmeye başlamaktadır. Artan sıcaklık, buharlaşma, tarımsal sulama ve içme suyu kullanımı bu düşüşü hızlandırmaktadır. Kurak yıllarda ise su seviyeleri kritik düzeylere kadar gerileyebilmektedir.

İklim değişikliğinin neden olduğu ekstrem hava olayları, yalnızca meteorolojik parametrelerdeki değişimlerle sınırlı kalmayıp kent yaşamını doğrudan etkileyen çok boyutlu riskler oluşturmaktadır. Çanakkale gibi hızlı kentleşen ve altyapı açısından hâlen gelişim sürecinde olan bir kentte, bu etkiler daha belirgin hale gelmektedir. Öbu katzellikle yaz aylarında yaşanan sıcak hava dalgaları, kentte ısı adası etkisini artırmakta ve insan sağlığı üzerinde ciddi riskler doğurmaktadır (UNEP, 2022). Ayrıca, ani ve yoğun yağış olaylarının sayısındaki artış, Çanakkale kent merkezinde sel riskini yükseltmekte; özellikle altyapısı yeterince modernize edilmemiş drenaj sistemlerinde taşkınlara yol açmaktadır. Bu

tür yağışlar yolların kapanmasına, ulaşımın aksamasına ve altyapı sistemlerinde arızalara neden olabilmektedir (BM-Habitat, 2022). Kıyı yerleşimleri ise deniz seviyesi yükselmesi ve kıyı erozyonu tehdidiyle karşı karşıyadır (IPCC, 2021).

Bu çalışmanın bulguları, Çanakkale kenti için artan sıcaklıklar ve kuraklıkların özellikle su kaynakları üzerindeki baskıları artıracağını desteklemektedir. Çanakkale'nin artan nüfusuna bağlı büyüyen su talebi iklimsel ekstremlerle birlikte ele alındığında, gelecekte su krizlerinin şiddetleneceği öngörülebilir. Çanakkale Belediyesi'nin 2020 ve 2023 yıllarında kuraklıkla mücadele kapsamında başlattığı kampanyalar, şebeke kayıplarının azaltılması, arıtma suyunun yeniden kullanımı ve alternatif kaynak geliştirme çabaları olumlu adımlar olmakla birlikte, mevcut iklim rejimi ve geleceğe yönelik projeksiyonlar dikkate alındığında daha sistematik, kapsayıcı ve uzun vadeli planlamalara ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir kent politikalarının geliştirilmesi, altyapının iklim risklerine dayanıklı hale getirilmesi ve halkın bilinçlendirilmesine yönelik stratejiler, iklim değişikliğine karşı dirençli bir Çanakkale oluşturmanın temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, afet riski azaltma planlarının güncellenmesi, yeşil altyapının teşvik edilmesi, gri su kullanımı ve yağmur suyu depolama yapılarının aktif olarak kullanılması ile toplumsal bilincin yükseltilmesi öncelikli adımlar arasında yer almalıdır.

Araştırma bulguları, özellikle yaz günleri sayısındaki anlamlı artış ve maksimum sıcaklıklardaki yükselişle birlikte Çanakkale'de ısı dalgalarının daha sık ve yoğun yaşandığını ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, kent merkezinde gölge sağlayan yeşil alanların artırılması ve enerji verimli kamusal alanların tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, yaşlılar ve sağlık sorunları olan bireyler için aşırı sıcak günlerde özel destek programları oluşturularak sıcak strese maruz kalmanın yol açtığı olumsuz klimatik konfor koşulları iyileştirilmelidir. Öte yandan, ekstrem yağışların kısa süreli fakat yüksek şiddetli olması, mevcut drenaj sistemlerinin kapasitesini aşabilecek olaylarda yoğun kentleşme alanlarında taşkın olasılığını artırabilir. Bu nedenle taşkın yönetim planları güncellenmeli; geçirgen yüzey uygulamaları, yağmur suyu bahçeleri ve yeşil çatı sistemleri gibi doğa temelli çözümlerle altyapı desteklenmelidir. Yeni imar alanlarında iklim dirençli kent mühendisliği esas alınarak planlama yapılmalıdır.

Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular, iklim bilimi literatürüne ve yerel yönetimlerin karar alma süreçlerine katkı sunabilecek önemli veriler sağlamaktadır. Gelecek çalışmalarda daha fazla veri kaynağı ve havza bazlı mekansal (uydu destekli) analizlerle iklimsel ve hidrolojik modellerin geliştirilmesi; ayrıca iklim-sosyoekonomik etkileşimlerin daha detaylı araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu noktada Çanakkale Belediyesi, kentteki idari kurumlar, üniversiteler ve sivil toplum örgütleri, gelecek iklim senaryolarına göre uyum planlarını güncellemesi ve bu planları kentsel politika belgelerine entegre etmesi için koordinasyon ve iş birliği içinde çalışmalıdır.

KAYNAKÇA

Acar Deniz, Z., ve Gönençgil, B. (2015). Türkiye'de yaz mevsimi sıcaklıklarındaki değişim ve etkileri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, *30*, 25–45.

Aksu, H. (2021). Türkiye'de ekstrem sıcaklıkların mekânsal değişimi. *İklim ve Çevre Dergisi*, *9* (2), 145–160.

Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., ... ve Tsidu, G. M. (2008). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters, 29* (11), 31-1.

Altunkaynak, A. (2007). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yağış rejimlerinin analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 8* (1), 45–52.

Aykır, M. (2017). Türkiye'de şehirleşmenin ekstrem sıcaklık trendlerine etkisi. *Afet ve Risk Dergisi*, *2* (1), 55–70.

Bozkurt, D., Sen, O. L., ve Önol, B. (2015). Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region. *Climate Dynamics, 45* (9–10), 3399–3420.

Chang, H., Lafrenz, M., Jung, I., Figliozzi, M., ve Platman, D. (2010). Potential impacts of climate change on flood-induced travel disruptions: A case study of Portland, Oregon. *Annals of the Association of American Geographers, 100* (4), 938–952.

Çanakkale Belediyesi. (2020). *2020–2024 Stratejik Plan*. https://www.canakkale.bel.tr

Çanakkale Belediyesi. (2021). *İklim Eylem Planı.*

Çanakkale Belediyesi. (2023). *Kuraklıkla Mücadele Uygulamaları Raporu.* https://www.canakkale.bel.tr

Çanakkale Belediyesi. (2024). *2025–2029 Stratejik Plan.*

Çanakkale Çevre Durum Raporu. (2022).*T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2022 Yılı Çevre Durum Raporu: Çanakkale.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/canakkale2022-20230411113758.pdf

Çanakkale Ticaret Borsası. (2024). *2024 Tarımsal Üretim ve İhracat Raporu.* https://www.canakkaletb.org.tr

ÇOMÜ İklim Değişikliği Araştırma Merkezi. (2022). *Çanakkale İklim Değişikliği Raporu*.

Çoruk, M., ve Acar, Y. (2022). Marmara Bölgesi'nde yaz mevsimi sıcaklık ekstrem analizleri. *Türk Coğrafya Dergisi, 79*, 120–138.

De Luca, P., Messori, G., Faranda, D., Ward, P. J., ve Coumou, D. (2020). Compound warm–dry and cold–wet events over the Mediterranean. *Earth System Dynamics, 11* (1), 793–805.

Demir, M., ve Şahin, A. (2019). Çanakkale ilinde hâkim rüzgâr yönleri ve etkileri. *Türkiye İklim Dergisi, 2* (1), 25–35.

Demirtaş, M. (2020). Türkiye'de ekstrem yağış olaylarının zamansal değişimi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 30* (2), 255–274.

Devlet Su İşleri. (2023). *Açık Erişim Hidrolojik Veriler*. https://www.dsi.gov.tr

DSÖ. (2022). *Küresel İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerindeki Etkileri.* Dünya Sağlık Örgütü.

Durmuş, H., Bulut, M., ve Gönençgil, B. (2021). Antalya Bölümü'nde aşırı yağış karakteristikleri. *Akdeniz Coğrafya Dergisi, 6* (1), 84–100.

Dün, M., ve Gönençgil, B. (2021). Türkiye'nin batısında sıcaklık ekstrem indekslerinin analizi. *Türk Coğrafya Dergisi, 77*, 23–41.

Dünya Meteoroloji Örgütü. (2023). *2023 İklim Ekstrem Raporu.*

EEA. (2023). *Urban adaptation to climate change in Europe 2023*. European Environment Agency.

Erlat, E., ve Yavaşlı, N. (2011). Türkiye'de donlu günlerin zamansal değişimi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 26*, 55–72.

Evcimen, S., ve Zeydanlı, U. (2020). Türkiye'de ekstrem sıcaklık olaylarının uzun dönemli değişimi. *Meteoroloji Araştırma Dergisi, 4* (1), 21–35.

Hertig, E., Seubert, S., Paxian, A., Vogt, G., Paeth, H., ve Jacobeit, J. (2010). Statistical–dynamical downscaling for climate change projections in the Mediterranean region:

Methodological framework and application to extreme temperature events in southern Europe. *Climate Change*, 101, 601–629.

Hoschman, T., Delgado, J., Al-Ansari, N., ve Berndtsson, R. (2022). Climate change impact on precipitation extremes in the Mediterranean. *Climate, 10* (3), 45.

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. Cambridge University Press.

IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Karabörk, M. Ç., Kahya, E., ve Karaca, M. (2011). Türkiye'de ekstrem sıcaklık ve yağış olayları. *Journal of Hydrology, 399* (1–2), 264–273.

Kelebek, M., Batibeniz, F., ve Önol, B. (2021). Türkiye'deki sıcaklık ekstrem indekslerinde zamansal değişim. *İklim Değişikliği Dergisi, 3* (1), 17–30.

Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (4th ed.). Charles Griffin.

Keskiner, F., Yüceer, M., ve Dabanlı, Ö. (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) ile Türkiye'de kuraklık analizi. *Meteoroloji Araştırma Dergisi, 7* (2), 17–27.

Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Environmental Hazards, 5* (1–2), 35–45.https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001

Kocaoğlu, A., ve Çağlıyan, A. (2022). Çanakkale Bölgesi'nde ekstrem yağış ve kuraklık olayları. *İklim ve Doğa Araştırmaları Dergisi, 3* (1), 102–117.

Koç, A., ve Sakarya, S. (2022). Çanakkale'de kentleşme ve mekânsal gelişim. *Planlama ve Kent Araştırmaları Dergisi, 6* (2), 75–90.

Kostopoulou, E., ve Jones, P. D. (2005). Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89, 69–85.

Können, G. P., ve Tank, A. M. G. K. (2003). Trends in climate extremes in Europe over the last century. *International Journal of Climatology, 23* (3), 279–291.

Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2019). *Turizm İşletmeleri ve Yatak Kapasitesi Verileri*. https://www.ktb.gov.tr

Lemus-Cánovas, M. (2022). Trends in compound dry and hot weather events over Europe. *Atmospheric Research*, 265, 105897.

Lolis, C. J., ve Türkeş, M. (2016). Atmospheric circulation patterns associated with extreme precipitation events in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, *124* (3–4), 1075–1089.

Mckee, T. B., Doesken, N. J., ve Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (pp. 179–184). American Meteorological Society.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2019). *2019 Yılı Ekstrem Hava Olayları Raporu.*

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2023). *Türkiye 2023 İklim Raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Mucan, S., ve Yıldırım, M. (2023). Çanakkale yağış rejimi üzerine istatistiksel analiz. *Coğrafya ve İklim Araştırmaları Dergisi*, *8* (1), 58–74.

NASA. (2020). *Climate Change and Global Warming*. National Aeronautics and Space Administration. https://climate.nasa.gov

NOAA. (2023). *Billion-Dollar Weather and Climate Disasters*. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.ncdc.noaa.gov

Önol, B. (2021). Batı Anadolu'daki ekstrem hava olayları ve büyük ölçekli atmosferik salınımlar. *İklim ve Çevre Dergisi*, *9* (2), 115–129.

Önol, B., ve Semazzi, F. (2009). Regional climate model projections of extreme heat events in the Middle East. *Climate Research*, *40* (2), 95–109.

Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., ve Plummer, N. (2001). Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs. *World Meteorological Organization*, 47, 1–28.

Raveh-Rubin, S., ve Wernli, H. (2015). Large-scale wind and precipitation extremes in the Mediterranean: a climatological analysis for 1979–2012. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *141* (692), 2404–2417.

Robine, J. M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J. P., ve Herrmann, F. R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies, 331* (2), 171–178.

Sarış, F. (2020). Türkiye'de ekstrem yağışların mekânsal analizi. *Türk Coğrafya Dergisi, 75,* 40–56.

Sarış, F., ve Gedik, T. (2021). Türkiye'de meteorolojik kuraklık analizi: SPI yöntemiyle bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi, 77,* 55–72.

Sarış, F., Turoğlu, H., ve Gedik, T. (2010). Çanakkale ilinin iklimsel özellikleri ve klimatolojik analizleri. *Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı, 8* (9), 45–65.

Sousa, P. M., Trigo, R. M., Aizpurua, P., Nieto, R., Gimeno, L., ve Garcia-Herrera, R. (2011). Trends and extremes of drought indices throughout the 20th century in the Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 11* (1), 33–51.

Sönmez, F. K., Kömüşçü, A. Ü., Erkan, A., ve Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards, 35* (2), 243–264.

Svoboda, M., ve Wood, D. (2012). Drought monitoring: Historical and current perspectives. In D. A. Wilhite (Ed.), *Droughts: A global assessment* (pp. 15–24). Routledge.

Şen, Z., Bayram, E., ve Ertek, A. (2021). Batı Anadolu'da kış yağış trendleri ve hidrolojik etkileri. *Su Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, 3* (2), 78–89.

Tatar, A. (2022). Kazdağları'nda bitki örtüsü ve biyolojik çeşitlilik. *BiyoCoğrafya Araştırmaları Dergisi, 4* (1), 33–50.

TBB. (2020). *İklim Değişikliği ve Sigorta Sektörü Raporu*. Türkiye Bankalar Birliği.

T.C. Çanakkale Valiliği. (2024). TÜİK 2024 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları: Çanakkale. https://www.tuik.gov.tr

Türkeş, M. (1999). Türkiye'de kuraklık karakteristikleri. *Türkiye Coğrafyası Dergisi, 34*, 1–18.

Türkeş, M. (2012). Küresel ısınma, iklim değişikliği ve Türkiye üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 25*, 15–42.

Türkeş, M. (2017). Türkiye'de hidroklimatik ekstremler ve iklim değişikliği ilişkisi. *İklim Değişikliği Dergisi, 1* (1), 5–24.

Türkeş, M., Dinçer, İ., ve Kurnaz, M. L. (2020). Türkiye'de iklim değişikliğinin etkileri. *İklim Araştırmaları Dergisi, 1* (1), 1–20.

Türkeş, M., Sümer, U. M., ve Demir, İ. (2002). Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999. *International Journal of Climatology, 22* (9), 947–977.

UNEP. (2022). *Climate Action and Health*. United Nations Environment Programme.

UN-Habitat. (2022). *İklim Değişikliği ve Kentler Raporu*. https://unhabitat.org

Ünal, A., Bozkurt, D., ve Önol, B. (2018). Türkiye'de kuraklık eğilimlerinin zamansal ve mekânsal analizi. *İklim Araştırmaları Dergisi, 2* (1), 67–83.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., ve López-Moreno, J. I. (2014). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate, 23* (7), 1696–1718.

WMO. (2022). *State of the Global Climate 2022*. World Meteorological Organization. https://public.wmo.int

WWA. (2021). *World Weather Attribution Annual Report*. https://www.worldweatherattribution.org

Yalçın, G., ve Şahin, Ü. (2015). Türkiye'de iklim değişikliği göstergeleri üzerine bir analiz. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15* (2), 115–132.

Zittis, G., Bruggeman, A., ve Lelieveld, J. (2021). Future impact of climate and land use changes on droughts in the Mediterranean. *Nature Climate Change, 11* (4), 1–8.