



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**MARMARA BÖLGESİ'NDE
KLİMATOLOJİK YAĞIŞ AÇIĞI İNDİSİNİN
ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tevfik YILDIRIM

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

İzmir

2021

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**MARMARA BÖLGESİ'NDE
KLİMATOLOJİK YAĞIŞ AÇIĞI İNDİSİNİN
ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

Tevfik YILDIRIM

Danışman: Doç. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Tarımsal Yapılar ve Sulama Yüksek Lisans Programı

İzmir
2021

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Marmara Bölgesi’nde Klimatolojik Yağış Açığı İndisinin Zamansal Değişimi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

02 / 03 / 2021

Tevfik YILDIRIM

ÖZET**MARMARA BÖLGESİ'NDE KLİMATOLOJİK
YAĞIŞ AÇIĞI İNDİSİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

YILDIRIM, Tefvik

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ

Mart 2021, 72 sayfa

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde, klimatolojik yağış açığı indisinin 1975-2018 yılları arasındaki zamansal değişimi Mann-Kendall trend analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait yağış değerlerinin 461 mm ile 828 mm arasında değiştiği ve ortalama değerin 644 mm olduğu tespit edilmiştir. Çalışmayı içeren dönem içerisinde, özellikle 1989, 2008 ve 2011 yıllarında ortalamanın oldukça altında yağış değerlerinin ölçüldüğü gözlenmiştir.

Referans evapotranspirasyon değerlerinin ise 935 mm ile 1355 mm arasında değişiklik gösterdiği ve bölgenin ortalama değerinin 1048 mm olduğu hesaplanmıştır. Çalışma alanında, en düşük yağış açığı (PD) değeri 108 mm ile Sakarya istasyonunda, en yüksek PD değeri ise 668 mm ile evapotranspirasyon değerinin de en yüksek olduğu, Edremit istasyonunda gözlenmiştir.

Mann-Kendall trend analizi sonuçlarına göre, çalışmada kullanılan 15 meteoroloji istasyonundan Kadıköy ve Lüleburgaz istasyonlarına ait yağış açığı değerlerinde, istatistiksel olarak %95 düzeyinde anlamlı bir trend varlığı tespit edilmiştir. Diğer 13 istasyonun 4'ünde artış, 9'unda ise azalış yönünde olmak üzere, istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde önemli olmayan trend tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Yağış, evapotranspirasyon, kuraklık, trend analizi, Marmara Bölgesi.

ABSTRACT**TEMPORAL VARIATIONS IN CLIMATOLOGIC
PRECIPITATION DEFICIT INDEX IN MARMARA REGION**

YILDIRIM, Tefvik

MSc in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ

March 2021, 72 pages

In this study, the temporal variation of the climatological precipitation deficit index between 1975-2018 in the Marmara Region was analyzed using the Mann-Kendall trend analysis method. It was determined that the precipitation values of the meteorology stations used in the study varied between 461 mm (Bilecik) and 828 mm (Sakarya) and average is 644 mm. During the period including the study, it was observed that precipitation values well below the average were measured especially in 1989, 2008 and 2011.

It was calculated that the reference evapotranspiration values varied between 935 mm and 1355 mm and the average value of the region was 1048 mm. In the study area, it was observed that the lowest precipitation deficit (PD) value was in Sakarya station with 108 mm, and the highest PD value was in Edremit station with 668 mm, where the evapotranspiration value also was the highest.

According to the results of the Mann-Kendall trend analysis, a statistically significant trend at the level of 95% was detected in the precipitation deficit values of Kadıköy and Lüleburgaz stations among 15 meteorology stations used in the study. A trend that is not statistically significant at 95% confidence level was determined, at the 4 of the remaining 13 stations in the direction of an increase and 9 of a decrease.

Keywords: Precipitation, evapotranspiration, drought, trend analysis, Marmara Region.

ÖNSÖZ

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artan yüzey sıcaklıkları ve su kaynaklarının her geçen gün azalması, kuraklık riskini arttırmaktadır. Artan nüfus yoğunluğu ile beraber, küresel ölçekte kişi başına düşen su miktarı giderek azalmaktadır. Dünyadaki toplam su varlığının yaklaşık %70'inin kullanıldığı tarım sektörü başta olmak üzere birçok alanda su kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılabilmesi son derece önemlidir.

Kuraklık analizi, su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi bakımından oldukça önemlidir. Kuraklık analizi ile kurak dönemlerin belirlenmesi ve tahmin edilmesi, uzun vadeli ekonomik, sosyal planlamalar açısından büyük önem taşımaktadır. Yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez bir konumda olan su, her geçen gün günümüzün enerji kaynağı haline dönüşmekte ve gelişmiş ülkelerde dahi ulaşılabilirlik açısından kısıtlı hale gelmektedir.

Bu çalışma ile ülkemiz nüfusunun yaklaşık üçte birlik kısmına sahip olan Marmara Bölgesi'nde tarımsal kuraklık irdelenmiştir.

İZMİR

02/03/2021

Tevfik YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	10
3.1 Gereç.....	10
3.1.1 Bölgenin genel tanıtımı.....	10
3.1.2 İklim özellikleri	10

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3 Tarım potansiyeli	11
3.1.4 Çalışma alanı meteoroloji istasyonları	12
3.2 Yöntem	13
3.2.1 Meteorolojik verilerin homojenlik analizi	13
3.2.2 Klimatolojik yağış açığı indisi	18
3.2.3 Trend analizi	19
4. BULGULAR	24
4.1 Meteorolojik Verilerin Homojenlik Analizi Sonuçları	24
4.2 Yağış, Referans Evapotranspirasyon ve Yağış Açığı Değerleri	27
4.3 Klimatolojik Yağış Açığı İndisi	37
4.4 Trend Analizi Sonuçları	38
5. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	55
6. ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR DİZİNİ	63
TEŞEKKÜR	71
ÖZGEÇMİŞ	72
EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının konumları.	13
4.1. Ayvalık istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.....	30
4.2. Gönen istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	30
4.3. Bilecik istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	31
4.4. Bursa istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	31
4.5. Çanakkale istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.....	32
4.6. Edirne istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.....	32
4.7. Edremit istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.....	33
4.8. Florya istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	33
4.9. Kadıköy istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	34
4.10. Kırklareli istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	34
4.11. Kocaeli istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	35
4.12. Lüleburgaz istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	35
4.13. Sakarya istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.....	36
4.14. Tekirdağ istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	36
4.15. Yalova istasyonuna ait P, ET ₀ ve PD değişimleri.	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.16. Ayvalık istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	39
4.17. Gönen istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	40
4.18. Bilecik istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	41
4.19. Bursa istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	42
4.20. Çanakkale istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	43
4.21. Edirne istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	44
4.22. Edremit istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	45
4.23. Florya istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	46
4.24. Kadıköy istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	47
4.25. Kırklareli istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğitim tahmincisi sonuçları.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.26. Kocaeli istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.	49
4.27. Lüleburgaz istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.	50
4.28. Sakarya istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.	51
4.29. Tekirdağ istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.	52
4.30. Yalova istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Marmara Bölgesi'nde yer alan illere ait uzun yıllar iklim verileri.....	11
3.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler.....	12
3.3. Meteorolojik verilerin homojenlik testleri sonuçlarına göre sınıflandırılması.....	14
3.4. PD yöntemine göre sınıflandırma	19
4.1. Yağış değerlerinin homojenlik test sonuçları.....	25
4.2. Çalışmada kullanılan istasyonlara ait ortalama değerler.....	29
4.3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının kuraklık sınıflandırılması.....	38
4.4. Yağış açığı (PD) değeri için uygulanan trend analizi sonuçları.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
ρ	Korelasyon katsayısı
σ	Varyans
Δ	Buhar basıncı eğrisinin eğimi
γ	Psikometrik sabite
<u>Kısaltmalar</u>	
DSİ	Devlet Su İşleri
ET ₀	Referans evapotranspirasyon
H	Homojen
HD	Homojen değil
IPCC	Hükûmetlerarası İklim Değişikli Paneli
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
P	Yağış
PD	Klimatolojik yağış açığı
SC-PDSI	Kendinden kalibreli Palmer kuraklık şiddeti indisi
SNHT	Standard Normal Homogeneity Test
SPEI	Standart yağış evapotranspirasyon indisi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SPI	Standart yağış indisi
TFPW	Trend Free Prewhitening
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WRI	Dünya Kaynakları Enstitüsü
WWF	Doğal Hayatı Koruma Vakfı

1. GİRİŞ

Türkiye, içinde bulunduğu yarı kurak iklim kuşağı nedeniyle yağışların alansal ve zamansal dağılımının düzensiz olduğu bir ülkedir. Mevcut su kaynakları, artan nüfus ve sanayileşmeyi yeterince karşılayamamakta; su kalitesi her geçen gün azalmaktadır. Kuraklık, yavaş yavaş gelişen, insanlık ve doğa için son derece önemli bir doğal afettir. Kuraklığın şiddetlenmesi ile ciddi derecede su kıtlığının yaşanması, su kaynaklarının paylaşılmasını ve yönetimini daha da sıkıntılı bir duruma getirecektir. Günümüzde yaşanan kurak dönemler, ülkemizin ve dünyanın ileride çok daha ciddi boyutta bir kuraklıkla yüzleşmek zorunda olacağını göstergesidir. Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 5. Değerlendirme Raporunda, küresel sıcaklık değişiminin, 21. yüzyılın sonuna kadar, sanayi öncesi döneme göre 1,5 °C'yi ve iki yeni senaryoya göre ise 2 °C'yi aşacağı öngörülmektedir (IPCC, 2014).

Kuraklığın irdelenmesinde en önemli iklim elemanı yağıştır. Yağışın kuraklık bakımından analiz edilmesi ve irdelenmesi başta tarım sektörü olmak üzere birçok sektör için oldukça önemlidir. Sulanmayan alanlarda tarımsal verimlilik, diğer girdilere oranla en çok yağışa bağımlıdır. Yağışların dalgalanmalar gösterdiği bölgelerde, tarımsal üretim büyük risk altındadır (Tonkaz, 2008). İklim modelleri, gelecekte karşılaşılması muhtemel daha sıcak iklim şartlarında, evapotranspirasyonun ve şiddetli yağış olaylarının sıklığının artacağını öngörmektedir. Buna karşın, bazı alanlarda yağış miktarında artış gözlenirken, bazı alanlarda yağış miktarlarında azalmaların meydana geleceği, bunun yanında yağış rejimlerinde önemli mevsimsel değişimlerin ve alansal kaymaların meydana gelebileceği tahmin edilmektedir (Mengü vd., 2015).

Tarımsal üretimi etkileyen temel sorunlardan biri olan kuraklık, Türkiye'de ve dünyada ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Bu nedenle, kuraklık olayının irdelenmesi, yorumlanması ve tahminlenmesi sürdürülebilir bir yaşam kalitesi adına son derece önemlidir.

Türkiye’de yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 574 mm olup, bu değer yılda ortalama 450 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Ülkemizin günümüz koşullarında, 94 milyar m³’ü yerüstü, 18 milyar m³’ü yeraltı suları potansiyeli olmak üzere, yıllık toplam kullanılabilir su potansiyeli 112 milyar m³’tür. Ancak bu suyun 57 milyar m³’lük kısmı kullanılmaktadır. Türkiye’de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1.652 m³, 2009 yılında 1.544 m³ iken, 2020 yılında 1.346 m³ olmuştur (DSİ, 2021). Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyeli bakımından su stresi yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle suyun etkin kullanılması önem arz etmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tahminlerine göre Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı ve kişi başına düşen yıllık su miktarının 1.120 m³’e düşeceği öngörülmektedir (WWF, 2014). Bu durum, Türkiye’nin gelecekte su sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağını ve su stresi yaşayacağını göstermektedir.

Su kaynaklarının işletilmesinde ve yönetilmesinde kuraklık analizi büyük bir öneme sahiptir. Kuraklık analizleri sonucunda, kurak dönemlerin belirlenmesi, ülkenin uzun vadeli ekonomik, sosyal, tarımsal ve endüstriyel planları açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, ülkemizde ve dünyada kuraklık ile ilgili birçok çalışma ve araştırma yapılmış; farklı kuraklık indisleri geliştirilmiştir. Kuraklığın şiddetinin, süresinin ve büyüklüğünün tanımlanmasına olanak sağlayan kuraklık indisleri, kuraklık oluşumunun analiz edilmesinde ve kuraklığın yönetiminde oldukça önemlidir (Lana et al., 2001; Mengü vd., 2015).

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi’nde yer alan meteoroloji istasyonlarının 1975-2018 dönemine ait aylık iklim verilerinden yararlanılarak, klimatolojik yağış açığı indisinin belirlenmesi ve Mann-Kendall trend analizi ile zamansal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

İklim değişikliği, fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma, sanayileşme gibi insan etkinlikleri nedeniyle sera gazı birikimlerindeki hızlı artışın, doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artış ve iklimde oluşan değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (MGM, 2020a). Endüstriyel gelişmeler sonucunda, atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazlarının artışı, dünyanın küresel olarak ısınmasına yol açmaktadır. Bu ısınma ile birlikte sel, taşkın ve kuraklık gibi meteorolojik karakterli doğal afetlerin şiddetinde ve frekansında değişimler beklenmektedir.

İklim değişikliği, günümüzün en öncelikli küresel çevre sorunlarından biridir. İklim şartlarındaki değişimler, enerji dönüşümleri ile hidrolojik döngünün birincil olarak etkilenmesine yol açmakta, değişimin derecesinde ve süresinde bölgesel olarak farklılıklar meydana gelmektedir. Günümüzde tarım, meteoroloji, hidroloji, ekoloji gibi birçok farklı disiplinde gerçekleştirilen iklim değişimi konusundaki araştırmalarda, farklı iklim parametreleri kullanılmaktadır.

Türkiye, Balkanlar ve Orta Doğu coğrafyasını içine alan Doğu Akdeniz Havzası'nda gözlenen iklimsel değişiklikler ve yapılan çalışmalar, ülkemizin ikliminde önemli düzeyde değişimler olduğunu ve Akdeniz Havzası'ndaki birçok ülke gibi Türkiye'nin de iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceğini göstermektedir. Ayrıca, sera gazlarının atmosferik birikiminde meydana gelen artışların sıcaklık, yağış, buharlaşma, bulut ve nem gibi parametrelerde birtakım değişikliklere yol açması beklenmektedir (Türkeş, 2020).

Kuraklık, Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesine göre, yağışların normalin altında meydana gelmesine bağlı olarak, arazi ve su kaynaklarının olumsuz yönde etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına neden olan bir doğal afet olarak tanımlanmaktadır (Cebeci vd., 2019).

Kuraklık ile ilgili ilk çalışmalar 1886 yılında Russel tarafından yapılmıştır. Kuraklık, meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik olmak üzere dört başlık altında incelenmektedir (Wilhite and Glantz, 1985). Kuraklık, meteorolojik

kuraklık olarak ortaya çıkar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak gelişir; sosyoekonomik kuraklık olarak da devam eder.

Yağışın, normalin altına düşmesi sonucu meteorolojik kuraklık; meydana gelen yağış azalmaları ile toprakta nemin azalması ve bitki su tüketiminin artması sonucu tarımsal kuraklık; meteorolojik kuraklığın uzun sürmesi durumunda yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında önemli azalışlar ile hidrolojik kuraklık ortaya çıkmaktadır. Sosyo-ekonomik kuraklık ise meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın bir sonucu olarak ekonomik ve sosyal koşullarda meydana gelen olumsuzluklar olarak tanımlanmaktadır (Özçelik, 2019).

Yağış ve sıcaklık parametreleri, iklim değişikliğinden en çok etkilenen iklim elemanları olma özelliğine sahiptir. Geçtiğimiz yüzyılda, küresel ortalama sıcaklığın sanayi öncesi döneme göre 1 °C kadar arttığı ve dünyanın çeşitli bölgelerinde toplam yağış miktarları bakımından önemli değişimlerin ortaya çıktığı görülmüştür.

Fosil yakıt tüketimi ile artan sera gazı emisyonları, insanlığın şimdiye kadar yüzleştiği en zorlu süreçle karşı karşıya kalacağını kaçınılmaz olacağını göstermektedir. Sera gazı emisyonlarındaki artışın mevcut şekilde devam etmesi durumunda, küresel ısınmanın, 2030 ile 2052 yılları arasında 1,5 °C sınırının geçilmesine neden olacağı öngörülmektedir (IPCC, 2014).

Kutiel ve Türkeş (2017), 1970-2011 yılları arasında Türkiye'deki 69 meteoroloji istasyonunun yağış verilerini baz alarak yaptıkları çalışmada, son yağış olayından sonra meydana gelen en uzun yağışsız günleri tespit etmişler ve Aydeniz İklim İndisi ile kuraklık analizi yapmışlardır. Çalışmada, Türkiye'nin güney kısımlarında, Akdeniz kıyısı boyunca, Suriye ve Irak sınırının bulunduğu bölgelerde ileri seviyede kuraklık olduğunu bildirmişlerdir.

Mengü et al. (2018), Büyük Menderes Havzası'nda Klimatolojik Yağış Açığı İndisi (PD) ile gerçekleştirdikleri kuraklık analizi çalışmalarında, 1975-2014 döneminde yıllık ortalama yağışın 574 mm, referans evapotranspirasyonun 1225 mm ve ortalama yağış açığının 651 mm olduğunu bildirmişlerdir. Yağış

açığı değerleri ile yapılan Mann-Kendall trend analizi sonucuna göre, ele alınan altı istasyonun beşinde artış yönünde önemli trend varlığı tespit etmişlerdir. Bu trendin, azalan yağış miktarı ile yüksek oranda artan evapotranspirasyondan dolayı ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Standart yağış indisi ile Konya ve Ereğli meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri kullanılarak yapılan kısa ve uzun dönemlere ilişkin kuraklık analizi sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada, uzun dönem kuraklık değerlerinin, kısa döneme oranla daha yüksek bir kuraklık ortaya koyduğu ifade edilmiştir (Hınıs, 2016).

Yürekli ve Anlı (2016) tarafından standart yağış indisi ile Karaman'da gerçekleştirilen bir çalışmada, Karaman merkez istasyonundan sağlanan 1929-2007 döneminde ölçülmüş yağış serilerine en uygun Pearson III olasılık dağılımının olduğu ve standart yağış indisi değerlerinin genellikle normal sayılabilecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Türkeş (2017), Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlenmesi konulu çalışmasında, tam kuraklık olasılığı koşullarında Türkiye'nin kuraklık afet/felaket riski görece düşük olan illerin en başında, Marmara Bölgesi'nde yer alan Edirne, (en düşük) Kırklareli (düşük) ve Bilecik (düşük) olduğunu ifade etmiştir.

Türkeş (2020), son 40 yılda özellikle kış mevsimindeki ve yıllık yağış değişiklikleri dikkate alındığında, Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayımlı olanlarının, 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990 ve 2007- 2008 dönemleri ile 1996 ve 2001 yıllarında gerçekleştiğini bildirmiştir.

Zhao et al. (2017), Çin'de 589 meteoroloji istasyonunun aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerlerinden yararlanarak 1961-2011 yılları arasındaki kendinden kalibreli Palmer kuraklık şiddeti indisi (SC-PDSI) ve standart yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI) değerlerini saptadıkları çalışmalarında, 9-19 zaman ölçeğinde her iki indisin de birbirine yakın sonuçlar ortaya koyduğunu, SC-PDSI kuraklık indisinin sadece orta ve uzun zaman

ölçeğinde kuraklığın izlenmesinde kullanılmasının uygun olacağını, SPEI değerinin ise hem kısa hem uzun zaman ölçeğinde kuraklık analizinde uygun sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Yeşilirmak ve Atatanır (2017), Batı Anadolu'da, 1966-2011 döneminde, %95 güven düzeyinde istatistiki olarak önemsiz olmak üzere, yıllık toplam yağış miktarlarındaki azalmaya, kurak dönem sayılarındaki azalma ile kurak dönem uzunluklarındaki artışın eşlik ettiğini tespit etmişlerdir.

Türkiye'de 110 meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağış verilerindeki zamansal değişimleri, basit doğrusal regresyon analizi ile irdelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, 1975-2009 yılları arasındaki dönemde, Türkiye genelinde ortalama olarak 0,43 mm/yıl artış eğiliminin olduğunu ve bu artışta Karadeniz Bölgesi'ndeki meteoroloji istasyonlarındaki güçlü artış trendine sahip istasyonların önemli bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye yüzölçümünün %74'üne karşılık gelen Marmara ve Karadeniz bölgeleri dışında kalan kısımda ise yıllık toplam yağış miktarlarında 21,6 mm'lik azalma tespit edilmiştir (İçel ve Ataol, 2014).

Homar et al. (2010), İspanya'nın Balear Adalarındaki 18 yağış ölçüm istasyonunda, 1951-2006 yılları arasında ölçülen günlük yağış değerlerinden yararlanarak, 4 mm'den az ve 64 mm'den yüksek yağışların toplam yağış içindeki oranlarında artış eğilimi, 16-32 mm arasındaki yağış miktarlarının oranında ise azalma eğilimi tespit etmişlerdir.

Karaer ve Gültaş (2018), Bilecik ilinde standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemini kullanarak yaptıkları kuraklık analizi çalışmasında, kuraklığın en fazla 6 ve 12 aylık periyotlarda hissedildiğini; en fazla çok şiddetli kuraklığın ise 12 aylık periyotta 1985 yılında görüldüğünü bildirmişlerdir.

Altın ve Barak (2012), Seyhan Havzası'ndaki 29 meteoroloji istasyonunda, 1970-2009 yılları arasında ölçülen yıllık toplam yağış serilerinin trendlerini inceledikleri çalışmalarında, azalış yönündeki eğilimlerin kıyı ve iç kesimlerdeki istasyonlarda daha belirgin, kuzey kesimindeki istasyonlarda ise belirsiz olduğunu

saptamışlardır. Ayrıca 1988 yılından sonra daha kurak koşullara doğru bir trend olduğunu tespit etmişlerdir.

Yerdelen vd. (2011), DSİ'ye ait 20 meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağış verilerindeki değişiklikleri Pettitt yöntemini kullanarak; trendlerini ise Mann-Kendall testini kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonunda, 16 adet meteoroloji istasyonunda azalan yönde trend saptanmış, serilere ait değişim (kırılma) noktaları ise genel olarak 1980'li yılların başları olarak belirlenmiştir.

Türkeş ve Deniz (2011), Güney Marmara Bölümü'nün yağış dizilerinde gözlenen değişim ve eğilimleri incelemişlerdir. Çalışmalarında, Bayramiç, Biga, Çan ve Bandırma istasyonlarının yaz aylarında şiddetli bir su açığına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, Güney Marmara Bölümü'nde, Akdeniz yağış rejimine sahip olan istasyonlarda yıllık toplam yağış miktarlarında genel olarak azalma eğiliminin hâkim olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, çalışma alanındaki kış yağışlarındaki azalmanın 1970'lerde başladığını ve 1990'larda giderek belirginleştiğini saptamışlardır.

Özçakal (2014) tarafından yürütülen çalışmada Ege Bölgesi'ndeki yağış ve sıcaklık parametrelerinin zamansal ve mekânsal değişimleri incelenmiştir. Çalışmada, Ege Bölgesi'nde Devlet Meteoroloji İşlerine (DMİ) ait 34 meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış (1960-2010) ve sıcaklık (1975-2010) verileri ile Devlet Su İşleri Gene Müdürlüğüne (DSİ) ait 63 meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış (1960-2005) verilerinden yararlanılarak, trend analizi sonuçları, sıcaklık ve yağış değerleri tüm istasyonlarda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Trendlerin yönlerinin parametreler ve istasyonlar arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiş; yağış parametresinde genel bir artış veya azalış eğilimi olmadığı ancak sıcaklık parametresi için tüm istasyonlarda belirgin artış trendleri saptanmıştır.

Özçelik (2019), Ege Bölgesi'nde 1975-2018 yılları arasında tarımsal kuraklığın zamansal ve mekânsal değişimini, standart yağış evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile incelediği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında, 2005-2014 yılları arasındaki 10 yıllık dönemin en kurak dönem olduğunu, 2007 yılının ise tüm zaman ölçeklerinde kuraklık sınıflaması açısından çok şiddetli

kuraklıkların gözlemlendiği bir yıl olduğunu tespit etmiştir. Mekânsal analiz sonucunda ise İç Ege ve Kıyı Ege çevrelerinde negatif eğim değerlerinin saptandığını bildirmiştir.

Oğuz vd. (2021), Muğla ilinde 1960-2018 dönemine ait kuraklık analizi çalışmalarında, Muğla ilinde hafif nemli ve hafif kurak ay sayılarının diğer sınıflara göre daha fazla gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, ekstrem kurak dönemlerin, ekstrem nemli dönemlere göre daha fazla gerçekleştiği ve Muğla ilinde nemli ve kurak ay sayılarının, çoğunlukla hafif nemli, orta nemli, hafif kurak ve orta kurak şiddet sınıflarında kümелendiği sonucuna varılmıştır.

Caloiero et al. (2018), Avrupa ve Akdeniz Havzası'nda uzun dönem yağış verilerini kullanarak bir trend analizi gerçekleştirmişlerdir. Kuzey Yarım Küre'nin geniş bir alanı üzerindeki mevsimsel ve yıllık ölçekte yağış eğilimlerini ve aylık gözlemlerden oluşan küresel yağış veri setlerini inceledikleri çalışma sonucunda, Doğu Akdeniz'de (-20 mm / 10 yıldan fazla) ve Kuzey Afrika'da (-16 mm / 10 yıla kadar) belirgin bir olumsuz yağış eğilimi saptamışlardır. Ayrıca, çalışmalarında Orta ve Kuzey Avrupa'da nispeten büyük bir pozitif eğilim (20 mm'den fazla / 10 yıl) olduğu sonucuna varmışlardır.

Cebeci vd. (2019), Türkiye'nin iller bazındaki kuraklık durumunun değerlendirilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, Türkiye'deki 81 ilde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış miktarları ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak Bagnouls-Gaussen kuraklık indisleri hesaplanmış, her il için kurak dönemler belirlenmiş ve Türkiye'nin il bazında kuraklık haritası hazırlanmıştır. Çalışmada, son 15 yılda Türkiye'deki nemli alanlar %0,01 ve kurak alanlar %1,79 oranında azalma gösterirken, yarı nemli alanlarda %1,25, çok kurak alanlarda %0,56 oranında artış meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre Türkiye'nin kuzeyinden güneyine doğru kuraklığın artış eğilimi gösterdiği; Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinin bir bölümü ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çok kurak, Trakya'nın bir bölümü ile Karadeniz kıyılarının ise yarı nemli sınıfta yer aldığı bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca Marmara Bölgesi sınırları içerisinde bulunan illerden Kırklareli'nde kuraktan yarı nemliye geçiş belirlenirken, Sakarya

ve Düzce’de nemliden yarı nemliye, Yalova’da yarı nemliden kurağa, geçiş belirlenmiştir.

Kumanlıoğlu ve Fıstıkoğlu (2019), Yukarı Gediz Havzası’nda yürüttükleri çalışmada havzada gözlenen meteorolojik kuraklıkları incelemişlerdir. Havzada yer alan Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak istasyonlarında 1960-2017 döneminde kaydedilen aylık toplam yağış değerlerini kullanarak bölgenin aylık, mevsimlik ve yıllık periyotlara ilişkin kuraklıklarının şiddetini, süresini ve sınıflarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, son 58 yıllık dönem içinde özellikle kış aylarında görülen kuraklıkların, yıllık kuraklıklar üzerinde etkili olduğunu ve son dönemde görülen kuraklıkların şiddet ve sürelerinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Şen ve Aksu (2021) İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri adlı çalışmalarında, İstanbul ve civarındaki 7 meteoroloji istasyonunda ölçülen standart süreli maksimum yağışların eğilim analizlerini yapmışlardır. Çalışmada, Sarıyer, Kumköy, Florya, Çorlu, Göztepe ve Şile istasyonlarında belirgin artış eğilimleri belirlenmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

3.1.1 Bölgenin genel tanıtımı

Marmara Bölgesi yaklaşık olarak 26° – 31° doğu boylamları ve 40° – 41°.30' kuzey enlemleri arasında, adını aldığı Marmara Denizi'nin çevresinde yer almaktadır. Trakya kesimi ile Anadolu'daki topraklarını, Marmara Denizi'yle, Boğazlar ayırır. Marmara Bölgesi, yaklaşık 67.000 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin yaklaşık %8,5'ini kaplar. Marmara Bölgesi, yer şekilleri bakımından sade bir yapıya sahip olup, engebeli ve dağlık alanların fazla yer kaplamadığı bir coğrafi bölgedir.

Sınırları içerisinde toplam 11 adet il bulunan bölgede, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, İstanbul, Kocaeli, Yalova illerinin tamamı bölge sınırları içinde kalırken, Çanakkale ilinin Edremit Körfezi kıyısında küçük bir bölümü Ege Bölgesi'nde, Sakarya ilinin Kocaeli ve Taraklı ilçeleri Karadeniz Bölgesi'nde, Balıkesir ilinin Dursunbey, Ayvalık, Burhaniye, Edremit, Havran, Gömeç ilçeleri, Bursa ilinin Büyükorhan, Harmancık, Keles ve Orhaneli ilçeleri Ege Bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Bilecik ilinin Gölpazarı, Söğüt, İnhisar, Yenipazar ilçeleri Karadeniz Bölgesi'ne girerken, Bozüyük ilçesinin bir kısmı Ege Bölgesi'nde yer almaktadır (Doğaner, 2019).

3.1.2 İklim özellikleri

Marmara Bölgesi, iklim ve bitki örtüsü bakımından bir geçiş bölgesidir. Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklim özelliklerinin üçüne de bölgenin muhtelif yerlerinde rastlanır. Yağışın mevsimlere dağılışı bakımından Akdeniz yağış rejiminin hafiflemiş biçimi dikkati çekerken, kıyı şeridi boyunca belli bir rakıma kadar doğal bitki örtüsü makidir. Daha yüksek rakımlı alanlarda ormanlar yer alır. Marmara Bölgesi'nde, hava akımlarını engelleyecek ve yönlendirecek yüksek dağ sıraları yoktur. Bu nedenle özellikle, Balkanlardan gelen soğuk ve sıcak hava akımları bölgeyi etkisi altına alarak, doğrudan etkiler.

Marmara Bölgesi'nde bulunan illerin uzun yıllar ortalama sıcaklığı 14,2 °C, ortalama yağış miktarı ise 659,7 mm'dir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Marmara Bölgesi'nde yer alan illere ait uzun yıllar iklim verileri (MGM, 2020b).

İl Adı	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Güneşlenme Süresi (saat)	Ortalama Yağış Miktarı (mm)
Balıkesir	14,6	21,1	8,8	80,5	605,0
Bilecik	12,5	17,7	8,0	77,6	458,2
Bursa	14,6	20,3	9,0	74,7	704,9
Çanakkale	15,0	19,6	10,7	85,8	625,8
Edirne	13,6	19,6	8,3	70,3	602,8
İstanbul	14,5	18,7	10,7	75,3	677,2
Kırklareli	13,2	18,8	8,7	65,1	583,6
Kocaeli	14,8	19,7	10,7	67,6	816,4
Sakarya	14,5	19,9	10,0	63,5	844,6
Tekirdağ	14,0	17,9	10,4	67,8	581,5
Yalova	14,6	19,0	10,3	57,1	757,1
Ortalama	14,2	19,3	9,6	71,4	659,7

3.1.3 Tarım potansiyeli

Marmara Bölgesi'nin, sınırları içerisinde bulundurduğu geniş ve verimli ovalarında, başta buğday, mısır, ayçiçeği, şekerpancarı olmak üzere çeşitli tarım ürünlerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ergene Ovası'nda buğday, mısır, şekerpancarı, ayçiçeği; Balıkesir Ovası'nda buğday, tütün pamuk, ayçiçeği; Bursa Ovası'nda buğday, şekerpancarı, Adapazarı Ovası'nda mısır, şekerpancarı; Aşağı Meriç Ovası'nda çeltik başlıca tarımsal ürünlerdir.

Türkiye İstatistik Kurumunun 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de toplam ayçiçeği ekiliş alanı 7.344.651 dekar, üretim miktarı ise 1.949.229 ton olmuştur. Ayçiçeği üretim alanlarının %88,35'ini ve üretim miktarının %92,34'ünü yağlık ayçiçeği oluşturmaktadır. Türkiye, 2018 yılı verilerine göre dünya ayçiçeği ekim alanlarının %2,75'ini, üretim miktarının da %3,75'ini karşılamaktadır. Türkiye'de ayçiçeği verimi 277 kg/da olup dünya ortalama değerinden (194,82 kg/da) %42,18 oranında daha yüksektir. Yağlık ayçiçeği üretiminde Tekirdağ ilk sırayı alırken,

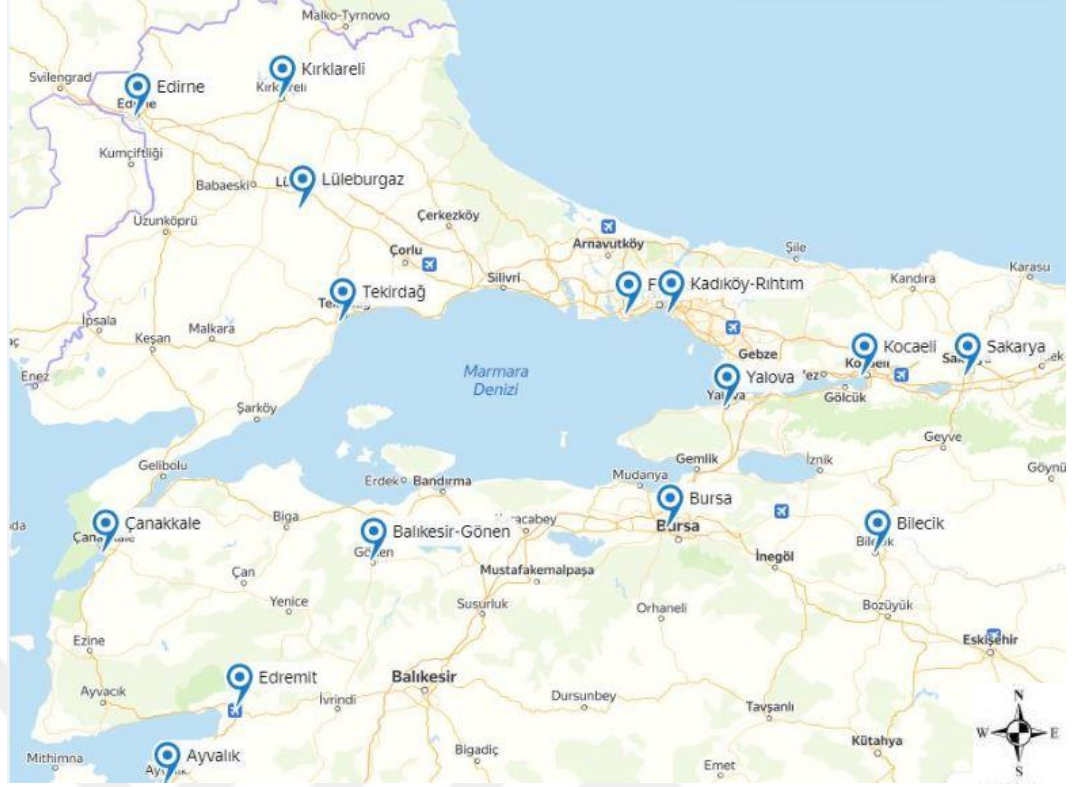
Konya ikinci sırada, Edirne üçüncü, Kırklareli dördüncü Adana beşinci sırada yer almıştır. Ülke genelinde ilk beş sırada yer alan illerin toplam ekim alanındaki ve üretim miktarındaki payı yaklaşık %70 düzeyindedir (Semerci ve Durmuş, 2021).

3.1.4 Çalışma alanı meteoroloji istasyonları

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 15 meteoroloji istasyonunun 1975-2018 yıllarına ilişkin aylık ortalama maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), oransal nem (%), güneşlenme süresi (saat), rüzgâr hızı (m/s) ve aylık toplam yağış (mm) verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak meteoroloji istasyonları belirlenirken, iklim verileri mümkün olduğunca tam olan ve eksik veri içermeyen istasyonlar seçilmeye çalışılmıştır. Marmara Bölgesi illerinden olan Balıkesir ilinde bulunmasına rağmen Ege Bölgesi sınırları içerisinde kalan Ayvalık ve Edremit meteoroloji istasyonlarının verileri tam olduğu için söz konusu istasyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler Çizelge 3.2’de; çalışma alanını gösterir harita ise Şekil 3.1’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler.

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (°)	Boylam	Yükseklik
17175	Ayvalık	39,31	26,68	4
17674	Gönen	40,11	27,64	37
17120	Bilecik	40,14	29,97	539
17116	Bursa	40,23	29,01	100
17112	Çanakkale	40,14	26,40	6
17050	Edirne	41,68	26,55	51
17145	Edremit	39,58	27,01	21
17636	Florya	40,98	28,82	33
17062	Kadıköy	40,99	29,02	5
17052	Kırklareli	41,74	27,22	232
17066	Kocaeli	40,77	29,92	0
17631	Lüleburgaz	41,35	27,31	46
17069	Sakarya	40,77	30,39	30
17056	Tekirdağ	40,96	27,50	4
17119	Yalova	40,66	29,28	4



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının konumları.

3.2 Yöntem

3.2.1 Meteorolojik verilerin homojenlik analizi

İklim ile ilgili çalışmalarda, yüksek kalite ve homojenlikteki uzun süreli veri serilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Klimatolojik verilerden yararlanılarak yapılan iklim değişimi çalışmalarında doğru bir sonuç elde etmek bakımından, iklimsel veri serilerinin kalite kontrolü ve homojenlik analizleri, muhtemel hatalı verilerin tespit edilmesi bakımından önemlidir (Agiular et al., 2003).

Homojen iklim serisi, serideki değişimlerin sadece doğal hava şartlarının ve iklimin etkisi altında olduğu seriler olarak tanımlanır (Conrad and Pollak, 1950). İklim serilerinin homojenliğine zarar veren iklim dışı etkenler arasında istasyonun yerinin değişmesi, ölçüm aletinin değişimi, gözlem metodundaki değişimler, istasyon çevresindeki fiziksel değişiklikler yer almaktadır (Göktürk et al., 2008; Özçakal, 2014). Eğer bir iklim serisi homojen ise serideki tüm değişkenlik, atmosferik olaylara dayandırılabilir (Karabörk, 2007). İklim serisinin homojen

olmadığının belirlenmesi durumunda ise serinin homojenlik açısından düzeltilmesi gereklidir.

İklim verilerinin homojen olup olmadıklarını tespit eden parametrik ve parametrik olmayan birçok istatistik metod kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan homojenlik testleri, tek sıçramalı Standard Normal Homogeneity Test, (SNHT) Buishand Range, Pettitt ve Runs testleridir. Bu testlerin tamamında sıfır hipotezi (H_0) veri setinin bağımsız ve türdeş bir dağılıma sahip olduğudur. Alternatif hipotez SNHT, Buishand ve Pettitt testleri için zaman serisinin ortalamada bir sıçramaya (kırılma noktasına) sahip olduğu, Runs testi için ise serinin tesadüfi bir dağılım göstermediği şeklindedir.

Çalışmada, meteorolojik verilerin homojenlik analizi yukarıda belirtilen Runs, Standart Normal Homogeneity, Pettitt ve Buishand Range testleri aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

Wijngaard et al. (2003) tarafından, test sonuçlarında, H_0 hipotezinin reddedilme sayısına istinaden bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma Çizelge 3.3'te yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Meteorolojik verilerin homojenlik testleri sonuçlarına göre sınıflandırılması.

Açıklama	Durum	Sınıf
H_0 hipotezi en fazla 1 test tarafından %5 düzeyinde reddedilmiştir. Seri yeterince türdeştir.	Kullanışlı	1
H_0 hipotezi 2 test tarafından %5 düzeyinde reddedilmiştir. Heterojenlikler nedeniyle trend ve değişkenlik analizinde dikkatli kullanılmalıdır.	Belirsiz	2
H_0 hipotezi 3 veya 4 test tarafından %5 düzeyinde reddedilmiştir. Seri eğilim ve değişkenlik analizinde kullanılmamalıdır.	Şüpheli	3

Testlerin matematiksel eşitlikleri aşağıda verilmiştir. Homojenlik testleri XLSTAT adlı bilgisayar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Alexandersson (1986)'ya göre Standard Normal Homogeneity Test: Seride ilk k yılın ortalaması ile sonraki $n-k$ yılın ortalamasını kıyaslayan bir $T(k)$ istatistiği hesaplanır.

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n - k)\bar{z}_2^2 \quad k = 1, \dots, n$$

Formülde,

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})/s$$

ve

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n - k} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})/s$$

Y_i ($i = 1, \dots, n$) yıllık seri; \bar{Y} ortalama ve s , standart sapmadır.

Eğer K yılında bir kırılma söz konusu ise $T(k)$ değeri $k = K$ yılında maksimum değere ulaşır.

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k)$$

Busihand Range Testi: Bu test düzeltilmiş kısmi toplamlar olarak aşağıdaki şekilde tanımlamıştır (Buishand, 1982):

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

Y_i ($i = 1, \dots, n$) yıllık seri; \bar{Y} ortalama ve s , standart sapmadır.

Seriler homojen ise S_k^* sifira yakın bir değerde olur. Eğer K yılında herhangi bir kırılma mevcut ise S_k^* , $k = K$ yılında maksimum veya minimum değeri alır. Sıçramanın istatistiki olarak önemi aşağıdaki formül ile belirlenir. Buishand (1982) R/\sqrt{n} için kritik değerleri vermiştir. Kritik değerler tablosundan kontrol edilerek değerlendirme yapılır.

$$R = (\min_{0 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^*)/S$$

Pettitt Testi: Bu test yöntemi, parametrik olmayan bir sıra testi olarak kabul edilmektedir. Y_1, \dots, Y_n yıllarının r_1, \dots, r_n sıra değerleri kullanılarak, test istatistiği aşağıda ifade edildiği şekilde hesaplanır:

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1)$$

$$k = 1, \dots, n$$

Eğer bir k yılında kırılma meydana gelir ise hesaplanan istatistik değeri maksimum veya minimum bir değer alır.

$$x_E = \max_{1 \leq k \leq n} |x_k|$$

Kritik değerler Pettitt tarafından verilmiştir (Pettitt, 1979).

Runs Testi: Bu test ile önce seriye ait medyan hesaplanır. Ardından, serideki her bir değere eğer medyandan büyük ise "+", küçük ise "-" işaret verilir. Eğer seri tamamen tesadüfi verilere sahip ise pozitif veya negatif işaretlerin dizisinin de tesadüfi olması beklenir. Daha sonra, "Runs" (r) değeri hesaplanır. Bir "run" serideki tüm pozitif veya negatif işaretlerin bir dizisidir. Küçük örnek grupları için ($n < 20$) "r"nin tam dağılımı olarak kullanılır. Büyük örnek grupları ($n > 20$) için "r" değerine ait;

$$\text{Ortalaması; } \mu = (2n_1n_2/(n_1 + n_2)) + 1$$

$$\text{Varyansı; } \sigma^2 = 2n_1n_2(2n_1n_2 - n)/n^2(n - 1)$$

olan yaklaşık normal dağılıma sahiptir. “r”nin standartlaştırılmış değeri $z = r - \mu/\sigma$ ile ifade edilir. Burada n_1 , negatif işaretlerin sayısı; n_2 , pozitif işaretlerin sayısı; r, “run” sayısı; n, serideki toplam gözlem sayısını ifade eder.

Grafiksel Analiz: Hidrolojik gözlem serisi, aynı zamanda gözlenmiş başka seri ile orantılı ise bu seriye nispi tutarlıdır denir (Chang and Lee, 1974). Nispi tutarlılık, bunu sadece fiziksel olarak doğrulayan bir gerçek varsa doğru tutarlılıktır (Dahmen and Hall, 1990). Eğer iki istasyon gözlem değerleri nispi tutarlı ise, istasyonun birinde gözlenen olayı etkilen faktörlerin, aynı oranda diğer veriyi de etkilediği sonucuna varılır.

Bu çalışmada, verilerin grafik yöntemle homojenlik analizlerinin yapılması amacıyla, mevcut yöntemler arasından uygulanabilirliği kolay olan ve Karl and Willians (1987) tarafından geliştirilmiş olan yöntem tercih edilmiştir. Bu grafiksel analiz metodunda, komşu iki istasyonun ilgili verileri birbirine bölünerek logaritması alınır. Elde edilen verilerde, belli zaman aralıklarında grafiksel değişimlere ait farklılıklar tespit edilmeye çalışılır. Eğer referans alınan istasyonda hatalı veriler var ise diğer istasyonlara ait grafiklerde anlamlı bir kırılma gözlemlenebilir (Em, 2005; Tayanç ve Toros, 1997)

Çalışmada, Sınıf – 1 kategorisine giren seriler kullanışlı; Sınıf – 2 kategorisine giren seriler belirsiz; Sınıf – 3 kategorisine giren serilere ait veriler heterojen kabul edildiğinden, bu serilere ait veriler yukarıda açıklanan grafiksel analiz yöntemi ile komşu istasyonlarına ait veriler ile karşılaştırmalı analize tabi tutulmuştur.

3.2.2 Klimatolojik yağış açığı indisi

Çalışmada, yağış (P) ve referans evapotranspirasyon (ET_0) değerlerini dikkate alan klimatolojik yağış açığı indisi (PD) kullanılmıştır (Mohrmann and Kessler, 1959).

Klimatolojik yağış açığı indisi aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$PD = ET_0 - P$$

Eşitlikte;

- PD : Klimatolojik yağış açığı indisi (mm)
 ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm)
 P : Yağış miktarı (mm)

Referans evapotranspirasyon, Penman-Monteith eşitliğine göre Cropwat 8.0 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Penman-Monteith yöntemine göre belirlenen referans bitki su tüketimine dair eşitlik aşağıda ifade edilmiştir (Smith, 1992; Allen et al., 1998).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)}$$

Eşitlikte;

- ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm)
 Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/ °C)
 G : Toprak ısı akı yoğunluğu $Mj/m^2/gün$
 γ : Psikometrik sabite (kPa/ °C)
 R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon $Mj/m^2/gün$
 T : Sıcaklık (°C)
 u_2 : 2 metre yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/s)
 e_s : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (kpa)
 e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı (kpa)

Cropwat 8.0 bilgisayar yazılımı ile Penman-Monteith eşitliği kullanılarak her istasyon için öncelikle aylık referans evapotranspirasyon değerleri 1975-2018 yıllarını kapsayan dönem için hesaplanmıştır. Daha sonraki aşamada, her istasyon için aylık ve yıllık PD değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Klimatolojik yağış açığı indisine ilişkin sınıflandırma Çizelge 3.4'te gösterilmiştir (Mohrmann and Kessler, 1959).

Çizelge 3.4. PD yöntemine göre sınıflandırma (Mohrmann and Kessler, 1959).

PD	Kuraklık Sınıfı
0 <PD<50 mm	Çok Hafif Yağış Açığı
50 mm <PD <100 mm	Hafif Yağış Açığı
100 mm <PD<200 mm	Orta Derecede Yağış Açığı
200 mm <PD<400 mm	Yüksek Derecede Yağış Açığı
400 mm <PD<600 mm	Çok Yüksek Derecede Yağış Açığı
PD>600 mm	Aşırı Derecede Yağış Açığı

3.2.3 Trend analizi

3.2.3.1 Mann-Kendall testi

1970'li yıllardan itibaren, verilerin trend analizlerinin yapılabilmesi için bazı parametrik olmayan yöntemler geliştirilmiştir. Parametrik olmayan yöntemlerin geliştirilmesinin temel nedeni, klasik parametrik varsayımlarının (normal dağılım, bağımsızlık, doğrusallık vb.) incelenen farklı veri türleri tarafından karşılanmamasıdır. Parametrik olmayan yöntemler daha esnek olduğundan, bu tür olumsuzluklardan etkilenmez. Bu yöntemlerde, verilerin

belirli bir olasılık dağılımına sahip olması zorunlu değildir. Bu nedenle, bazen dağılımsız yöntemler olarak adlandırılır (Harmancıoğlu et al., 1998).

Mann-Kendall testi, parametrik olmayan bir test olmakla birlikte, Kendall Tau testinin özel bir uygulamasıdır (Yue et al., 2002). Bu testte, zamansal olarak sıralanmış x_1, x_2, \dots, x_n gözlemlerinde, n adet veri için $j > k$ olmak üzere $(x_j - x_k)$ farkının işaretleri tespit edilir. Mann-Kendall testinin istatistiği S ;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

Eşitlikleri kullanılarak hesaplanır. Test istatistiğini ifade eden S 'nin varyansı ise;

$$\text{VAR}(s) = n(n-1)(2n+5) / 18$$

Eşitliği kullanılarak hesaplanır (Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002). Eğer veri setinde birbirine eşit değerler mevcut ise $\text{VAR}(S)$ aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)]$$

q : Birbirine eşit veri grubu sayısı,

t_p : p . grupta yer alan eşit verilerin sayısı,

S ve $\text{VAR}(S)$ hesaplandıktan sonra Z istatistiği hesaplanır;

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{VAR(S)}}, & \text{eğer } S > 0 \\ 0, & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{VAR(S)}}, & \text{eğer } S < 0 \end{cases}$$

Eğer α önem seviyesinde $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ise trend olmadığı anlamına gelen H_0 hipotezi reddedilerek, trendin olduğu sonucuna varılır. Eğer Z değeri negatif ise azalan yönde trend, pozitif ise artan yönde trend vardır.

Çalışmada, Mann-Kendall trend analizi, Salmi et al. (2002) tarafından önerilen MAKESENS adlı bilgisayar yazılımı kullanılarak, %95 güven düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

Mann-Kendall trend analizi yönteminin kullanılabilmesi için, serinin seri korelasyon içermemesi gereklidir. Eğer veri setinde pozitif seri korelasyon var ise, Mann-Kendall trend analizi yöntemi, trendi gerçek değerinden daha yüksek çıkarır. Aynı zamanda, zaman serisi AR(1) süreci içermiyor ancak bir trende sahip ise, bu trend kaynaklı, zaman serisinde istatistiki olarak öneme sahip, seri korelasyon olma ihtimali mevcuttur.

Bu çalışmada, seri korelasyon gösteren serilere, Yue et al. (2002) tarafından önerilen, trend ile birlikte seri korelasyon etkisini de dikkate alan, Trend Free Prewhitening (TFPW) yöntemi; seri korelasyon göstermeyen serilere ise doğrudan Mann-Kendall trend analizi yöntemi uygulanmıştır.

3.2.3.2 Otokorelasyon analizi

Bir zaman serisinde, ardışık elemanların birbirleri arasındaki içsel bağımlılığın saptanmasında en fazla kullanılan parametreler otokorelasyon katsayılarıdır. Birbirleri ile aralarındaki zaman aralığı $k\Delta t$ olan iki andaki x_t ve x_{t+k} değerleri iki farklı rastgele değişken olarak kabul edilirse, bunların arasındaki korelasyon katsayısı;

$$\rho = \frac{cov(x_t, x_{t+k})}{var x_t}$$

formülü kullanılarak hesaplanır ve k aralıklı otokorelasyon katsayısı şeklinde isimlendirilir. Bu katsayı n elemanlı örnekten aşağıdaki denklem kullanılarak tahmin edilir.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

r_k : Otokorelasyon katsayısı

x_t : t anındaki değer,

x_{t+k} : t + k anındaki değer,

k: lag (aralık).

Hesaplanan r_k katsayılarının, %95 güven düzeyinde sıfırdan anlamlı derecede farklı olup olmadıkları, aşağıda verilen Anderson'un tolerans limitleri testi kullanılarak tespit edilebilir (Beyazıt, 1981).

$$TL(r_k) = \frac{-1 \pm 1,96\sqrt{N - k - 1}}{N - k}$$

$u = N - k - 1$: Seviyeli serbestlik derecesi

Tolerans düzeyleri, k değeri yükseldikçe bir tolerans bandı meydana getirir. Hesaplanan r_k katsayıları, bu tolerans bandının içinde kalıyorsa, %95 güven düzeyinde herhangi bir korelasyon olmadığı, dışında kalıyorsa ise bir korelasyonun var olduğu kabul edilir (Özçakal, 2014).

3.2.3.3 Sen'in eğim tahmincisi

Birim zamandaki değişimin hesaplanmasında, ekstrem değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin olduğu serilere de uygulanabilen bir zaman serisinde parametrik olmayan Sen'in eğim tahmincisi yöntemi kullanılabilir

(Gilbert, 1987). Öncelikle, j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$) her bir istasyonun tüm veri çiftleri için bireysel eğim (Q) aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

$$Q = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)}$$

Sen'in eğim tahmincisi bütün Q değerlerinin medyanıdır (Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002).

Çalışmada, Mann-Kendall trend analizi işleminin ardından, doğrusal trend eğimi, Sen'in eğim tahmincisi ile tespit edilmiş; daha sonra trendler değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Meteorolojik Verilerin Homojenlik Analizi Sonuçları

Çalışmada yer alan 15 meteoroloji istasyonuna ait iklim verilerine, ilk olarak homojenlik analizi işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak meteoroloji istasyonları belirlenirken, bölgeyi homojen bir biçimde temsil edecek istasyonlar belirlenmeye çalışılmış ve veri setleri mümkün olduğunca eksiksiz olan istasyonlar tercih edilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde, güneşlenme süresinin sadece Ayvalık, Bursa, Çanakkale, Edirne ve Kocaeli istasyonlarında tam olduğu, çalışmada kullanılan diğer istasyonlarda güneşlenme süresi ölçümlerinin bazı yıllarda yapılamadığı ya da kaydedilmemiş olduğu tespit edilmiştir. Güneşlenme süresi eksik olan istasyonlarda referans evapotranspirasyon hesaplaması yapılırken, ilgili istasyona, güneşlenme süresi verileri eksiksiz olan en yakın istasyonun güneşlenme süresi verilerinden yararlanılmıştır.

Meteorolojik verilerin kontrol işlemlerinin tamamlanmasının ardından, 15 meteoroloji istasyonuna ait aylık toplam yağış değerleri için homojenlik analizleri yapılmıştır. Bu aşamada, ilk olarak Runs, Pettitt, SNHT ve Buishand's Range homojenlik testleri uygulanmış; daha sonra Wijngaard et al. (2003) tarafından tavsiye edilen yöntemle göre sınıflandırma işlemi yapılmış ve elde edilen bulgular Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Homojenlik analizinde kullanılan Pettitt, SNHT ve Buishand's Range testleri sıçramanın (kırılma) meydana geldiği yılın tespit edilmesini mümkün kılarken, Runs testi sıçrama yılına ilişkin herhangi bir bilgi vermemekte; sadece veri setinin homojen (türdeş) olup olmadığına dair bilgi vermektedir (Mengü vd., 2015).

Yağış verilerinin homojenlik analizi sonuçları, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çalışmada yer alan meteoroloji istasyonlarının tamamının verilerinin homojen (türdeş) olduğu ve Wijngaard et al. (2003) tarafından tavsiye edilen sınıflandırma yöntemine göre Sınıf – 1 düzeyinde kullanışlı olduğu tespit edilmiştir.

Bilecik ve Kırklareli istasyonlarına ait yağış verilerinde, Standard Normal Homogeneity Test yöntemine göre yapılan testlerde, sırasıyla 2010 ve 2012 yıllarında, sıçramaların olduğu saptanmış ancak Wijngaard et al. (2003) tarafından önerilen ve Çizelge 3.3'te gösterilen sınıflandırma yöntemine göre, H_0 hipotezi %5 düzeyinde en fazla bir test yöntemi tarafından reddedilen veri setleri Sınıf – 1 düzeyinde kullanışlı olarak değerlendirildiğinden, ilgili istasyonlara ait veriler homojen kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Yağış değerlerinin homojenlik test sonuçları.

İstasyon Adı	Runs	Pettitt's	SNHT	Buishand's Range	Sınıf	Durum
Ayvalık	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Gönen	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Bilecik	H	H	2010*	H	1	Kullanışlı
Bursa	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Çanakkale	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Edirne	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Edremit	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Florya	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Kadıköy	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Kırklareli	H	H	2012*	H	1	Kullanışlı
Kocaeli	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Lüleburgaz	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Sakarya	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Tekirdağ	H	H	H	H	1	Kullanışlı
Yalova	H	H	H	H	1	Kullanışlı

*: Kırılma tespit edilen yıllar.

H: Homojen, HD: Homojen değil.

Yağış verilerinin homojenlik analizlerinin tamamlanmasının ardından, referans evapotranspirasyon (ET_0) değerinin hesaplanmasında kullanılan minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, oransal nem, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi verilerine de aynı şekilde homojenlik analizi uygulanmıştır.

Referans evapotranspirasyon değerlerinin hesaplanmasında kullanılan verilerin homojenlik analizleri incelendiğinde, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve rüzgâr hızı verilerinin tüm istasyonlarda heterojen olduğu; oransal nem verilerinin Edirne, Kocaeli ve Tekirdağ; güneşlenme süresi verilerinin ise Bilecik, Kadıköy, Kırklareli, Sakarya, Tekirdağ ve Yalova istasyonlarında homojen olduğu tespit edilmiştir.

Sıcaklık parametresine ilişkin elde edilen homojenlik analizi sonuçlarına göre, tüm sıcaklık serilerinin heterojenlik göstermesi, bu durumun iklim dışı sebeplerden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir (Özçakal, 2014). Minimum ve maksimum sıcaklık serilerinde tespit edilen sıçramaların genellikle aynı yıllarda görülmesi, (1998, 1999, 2007) bir başka deyişle eşzamanlı olarak meydana gelen sıçramalar, geniş ölçekli fiziksel bir mekanizmanın varlığına işaret edebilir (Tomozeiu et al., 2000).

Atmosferik olaylardaki değişimler sebebiyle ortaya çıkan bölgesel iklim değişikliklerinin, iklim parametrelerinde ani sıçramaların meydana gelmesine sebep olabileceği göz önünde bulundurularak, istatistiksel homojenlik analizlerinin irdelenmesinde, hâkim hava sistemlerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Hall, 2003; Özçakal, 2014). Ayrıca, Yeşilirmak et al. (2009), mutlak homojenlik testlerinin yerine ya da bu testlere ilaveten, göreceli türdeşlik testlerinin de kullanılmasının daha uygun olabileceğini bildirmiştir.

Bu bağlamda, istatistiki hesaplamalar kullanılarak gerçekleştirilen homojenlik testleri sonucunda, verileri türdeş olmayan, bir başka deyişle “belirsiz” ve “şüpheli” olarak sınıflandırılan istasyonlar, grafiksel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Referans evapotranspirasyon değerlerinin hesaplanmasında kullanılan her bir iklim elemanının, göreceli türdeş olduğu, istatistiki hesaplamalarla gerçekleştirilen homojenlik analizlerinde tespit edilen sıçramaların bölgesel doğal klimatolojik etmenlerden kaynaklanabileceği değerlendirilmiş (Ek 1) ve ilgili istasyonların iklim verileri çalışmada kullanılmıştır.

Hidrolojik zaman serileri analiz edilirken seri korelasyon dikkate alınması gerekir. Zaman serisi, pozitif bir seri korelasyon içeriyorsa, bu durum belirli bir önem seviyesinde, trendin gerçek değerinden daha önemli düzeyde çıkmasına neden olur (Zhang et al., 2001; Özçakal, 2014). Bu nedenle, meteorolojik verilerin homojenlik analizleri tamamlandıktan sonra, trend analizi işlemi gerçekleştirilecek olan klimatolojik yağış açığı indis serilerine son olarak MINITAB 19 adlı bilgisayar yazılımı kullanılarak seri korelasyon analizi yapılmıştır. Otokorelasyon analizi sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları ve analiz grafikleri Ek 2’de verilmiştir.

Yağış açığı serilerine ilişkin otokorelasyon grafikleri incelendiğinde Bilecik, Kocaeli ve Sakarya istasyonlarına ait klimatolojik yağış açığı verilerinin pozitif seri korelasyon içerdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu üç istasyona ait klimatolojik yağış açığı verilerine Yue et al. (2002) tarafından önerilen Trend Free Prewhitening (TFPW) yöntemi uygulanmış; seri korelasyon içermeyen diğer istasyonlara ait serilere ise doğrudan Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır.

4.2 Yağış, Referans Evapotranspirasyon ve Yağış Açığı Değerleri

Çalışma alanı içerisinde yer alan meteoroloji istasyonları için yapılan değerlendirmede, 1975-2018 yılları arasındaki dönemde, yağış (P), referans evapotranspirasyon (ET_0) ve klimatolojik yağış açığı (PD) değerlerinin değişimi her bir istasyon için ayrı ayrı sunulmuştur (Şekil 4.1 - Şekil 4.15).

Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarında, referans evapotranspirasyon değerinin genellikle yağış değerinden daha yüksek olduğu ve 1975-2018 dönemi içinde yer alan yılların birçoğunda yağış açığı olduğu gözlenmiştir. Kocaeli (Şekil 4.11) ve Sakarya (Şekil 4.13) istasyonlarında 1997

yılında yağış değerinin ortalamasının oldukça üzerinde olması nedeniyle yağış açığı değeri, bu istasyonların diğer yıllarına oranla önemli ölçüde düşük çıkarak negatif değer almıştır. Bu istasyonlar yağış açığı değerinin yıllar bazında en fazla negatif değer aldığı iki istasyon konumunda olup, kuraklık sınıflandırması bakımından, çalışmada yer alan istasyonlar arasında en düşük yağış açığı değerine sahip iki istasyondur (Çizelge 4.3).

Yalova istasyonunda 1981 ve 2010 yılında yağış değerinin ortalamasının oldukça üzerinde olması nedeniyle yağış açığı değeri bu yıllarda negatif değer almıştır (Şekil 4.15). Bursa istasyonunda 2010 ve 2013 yılında yağışın ortalamasının oldukça üzerinde kaydedilmesi nedeniyle bu yıllarda klimatolojik yağış açığı değeri ortalamasının altında kalarak negatif değer almıştır (Şekil 4.4).

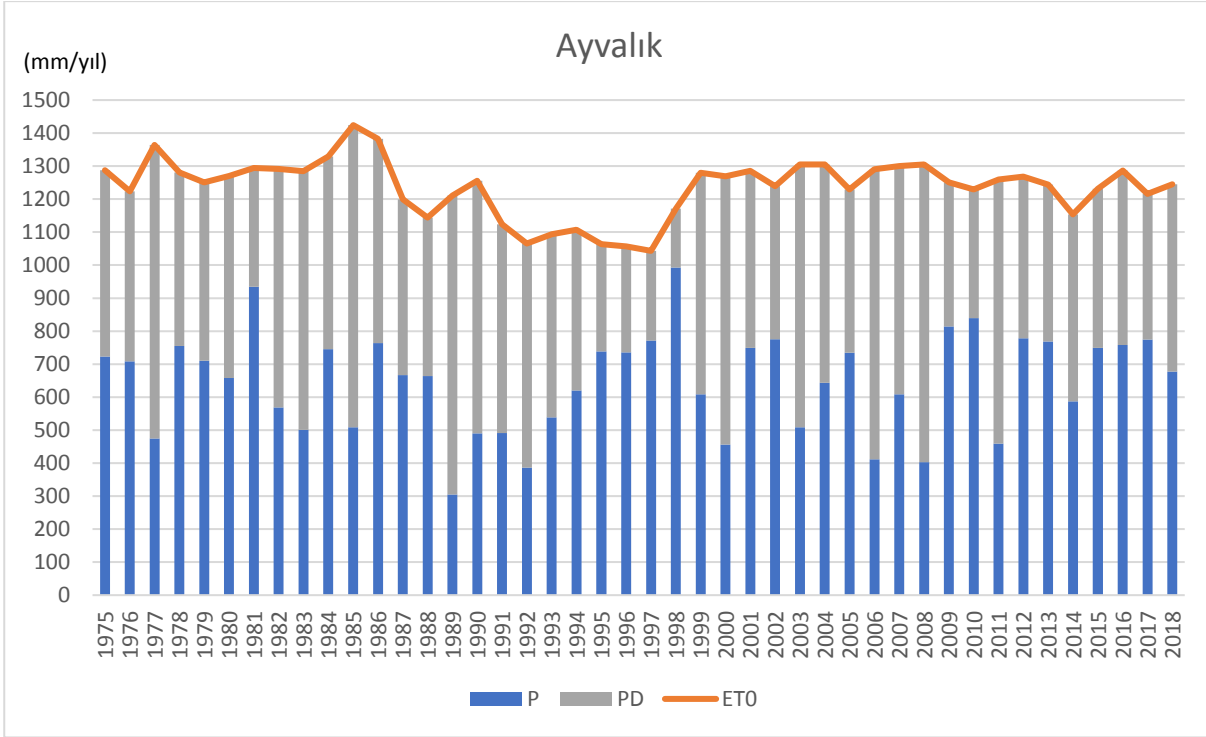
Çalışma alanındaki istasyonlara ait ortalama yağış değerlerinin 461 mm (Bilecik) ile 828 (Sakarya) mm arasında değiştiği görülmektedir. 1975-2018 yılları arasındaki döneme ait ortalama yağış değeri 644 mm'dir. Özellikle 1989, 2008 ve 2011 yıllarına ait yağış verilerinde önemli ölçüde ortalamasının altında yağış gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

Marmara Bölgesi'nde Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanan ortalama referans evapotranspirasyon değerleri 935 mm (Yalova) ile 1355 mm (Edremit) arasında değişiklik göstermektedir. Bölgenin ortalama referans evapotranspirasyon değeri 1048 mm'dir. Referans evapotranspirasyon değerlerinin genellikle ortalama değer dolaylarında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

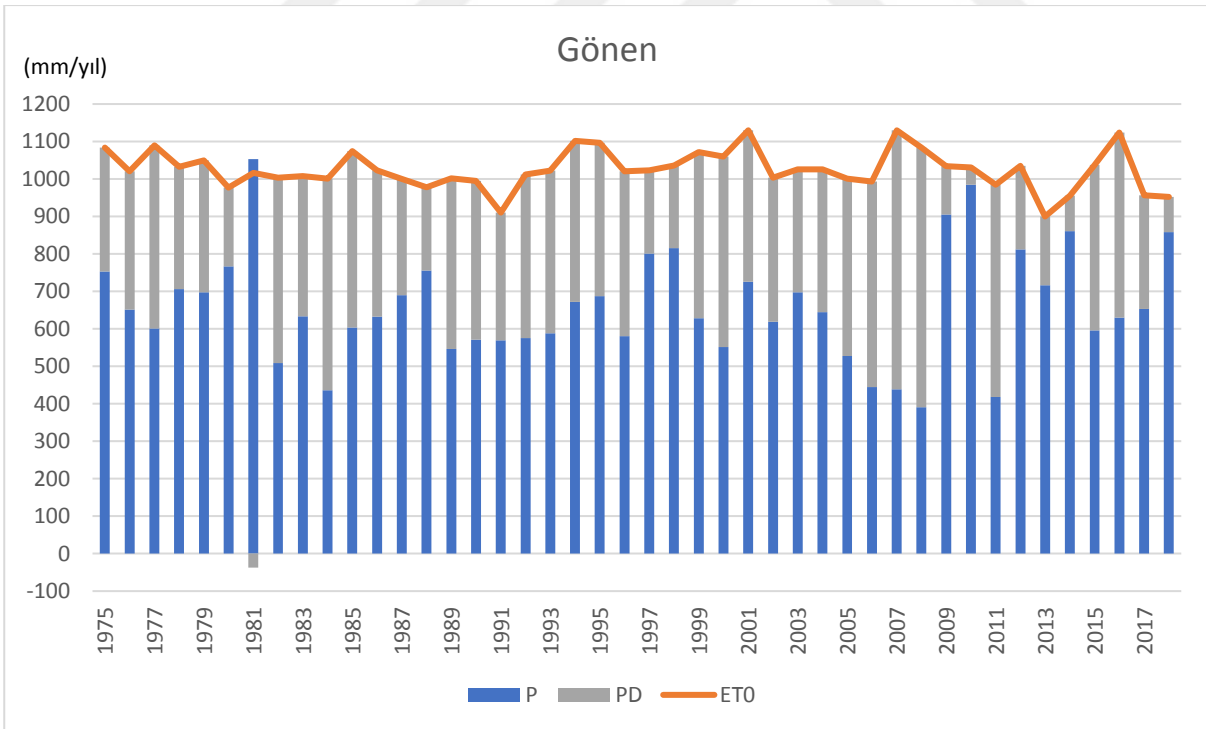
Çalışma alanında 1975-2018 yılları arasında, yıllık ortalama klimatolojik yağış açığı değerleri 108 mm (Sakarya) ile 668 mm (Edremit) arasında değişmekte olup, ortalama değer 404 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan istasyonlara ait ortalama değerler.

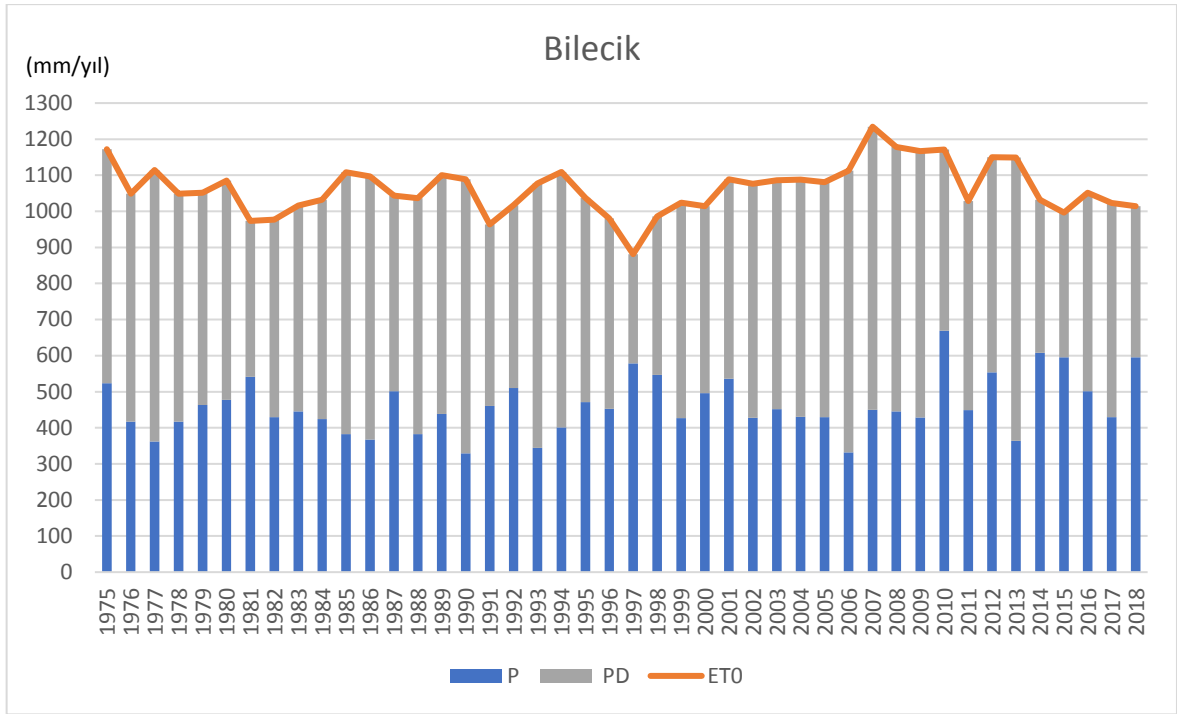
İstasyon Adı	Yağış (mm)	Referans Evapotranspirasyon (mm)	Yağış Açığı (mm)
Ayvalık	649	1237	588
Gönen	659	1025	366
Bilecik	461	1064	603
Bursa	690	1079	389
Çanakkale	587	1152	565
Edirne	587	1044	457
Edremit	687	1355	668
Florya	638	1041	402
Kadıköy	655	1020	364
Kırklareli	562	972	410
Kocaeli	808	939	131
Lüleburgaz	573	971	398
Sakarya	828	936	108
Tekirdağ	562	950	388
Yalova	720	935	215
Ortalama	644	1048	404



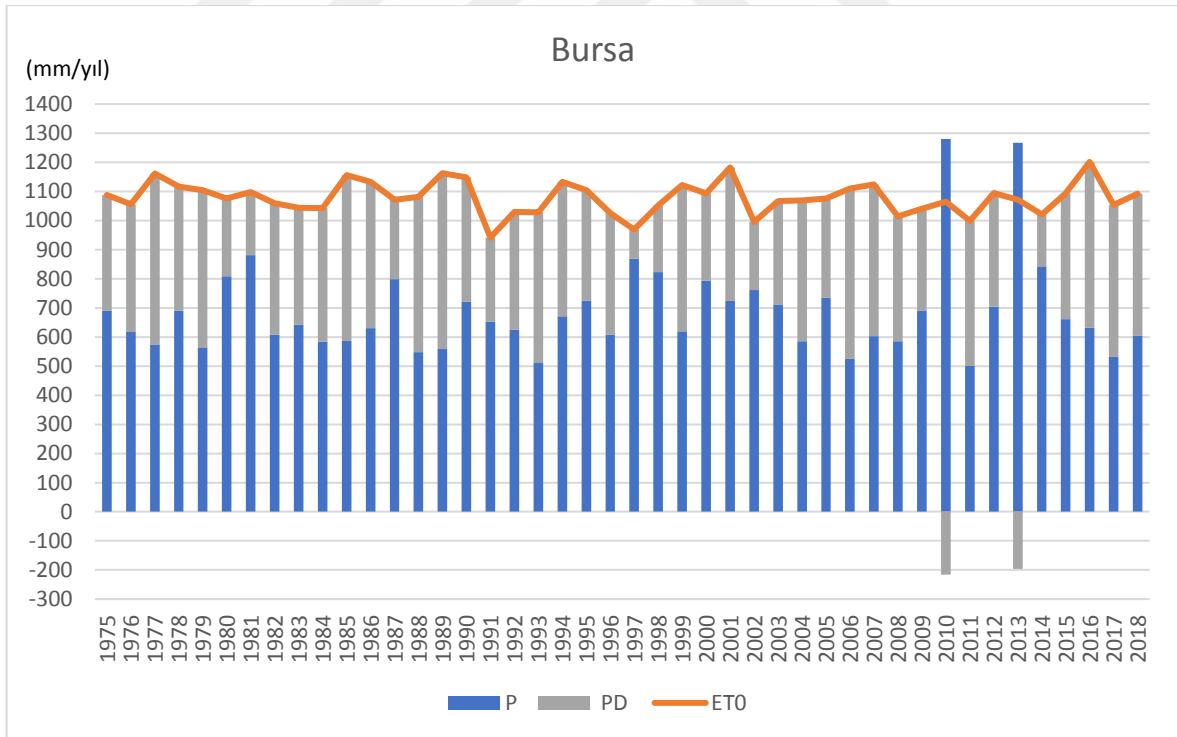
Şekil 4.1. Ayvalık istasyonuna ait P, ET_0 ve PD değişimleri.



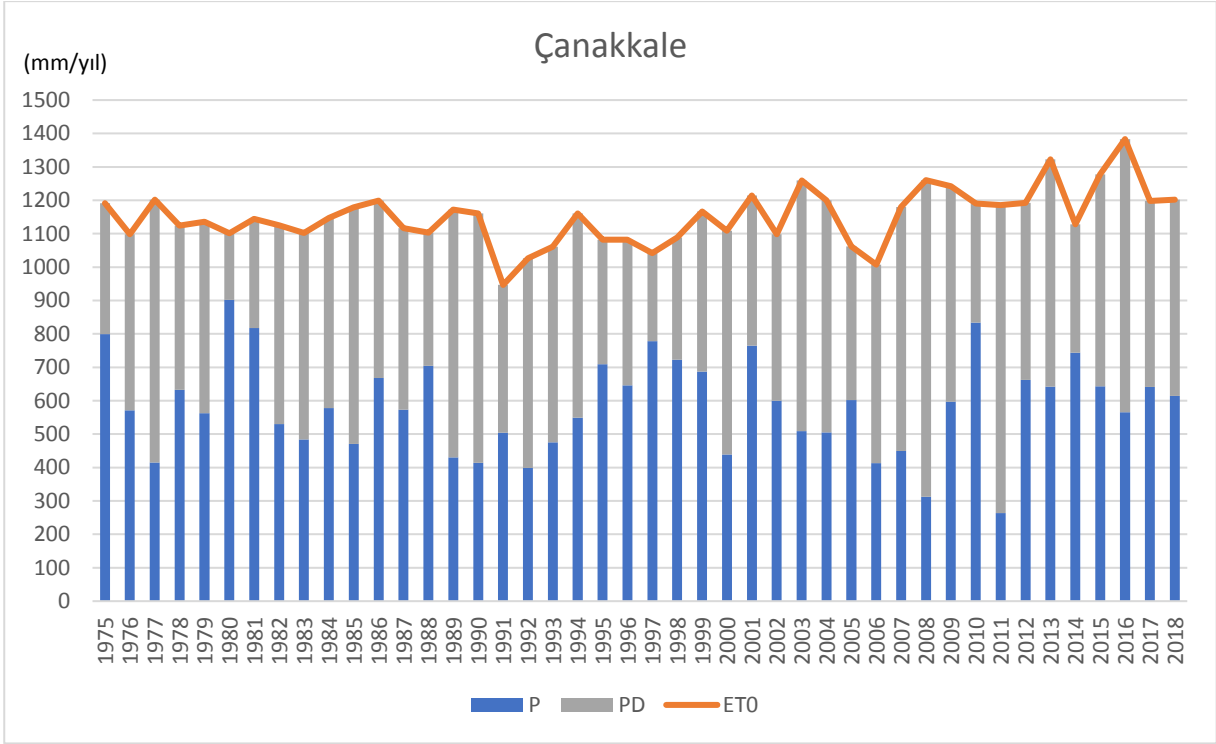
Şekil 4.2. Gönen istasyonuna ait P, ET_0 ve PD değişimleri.



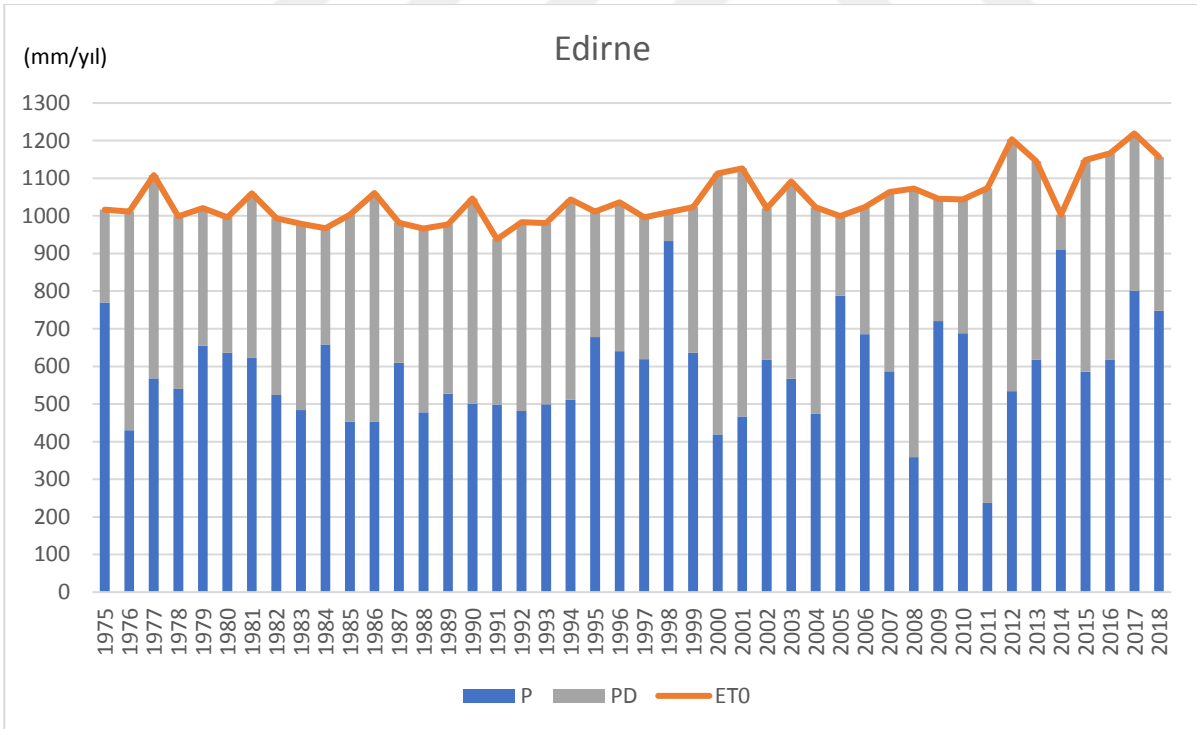
Şekil 4.3. Bilecik istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



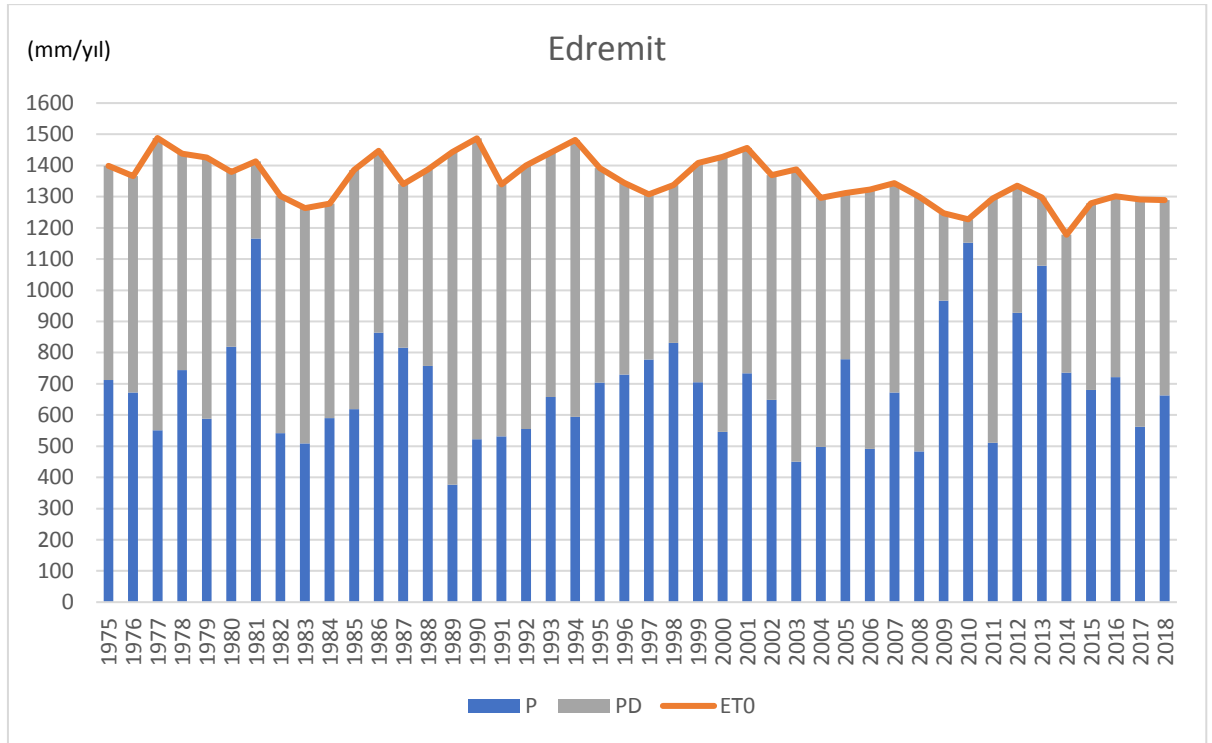
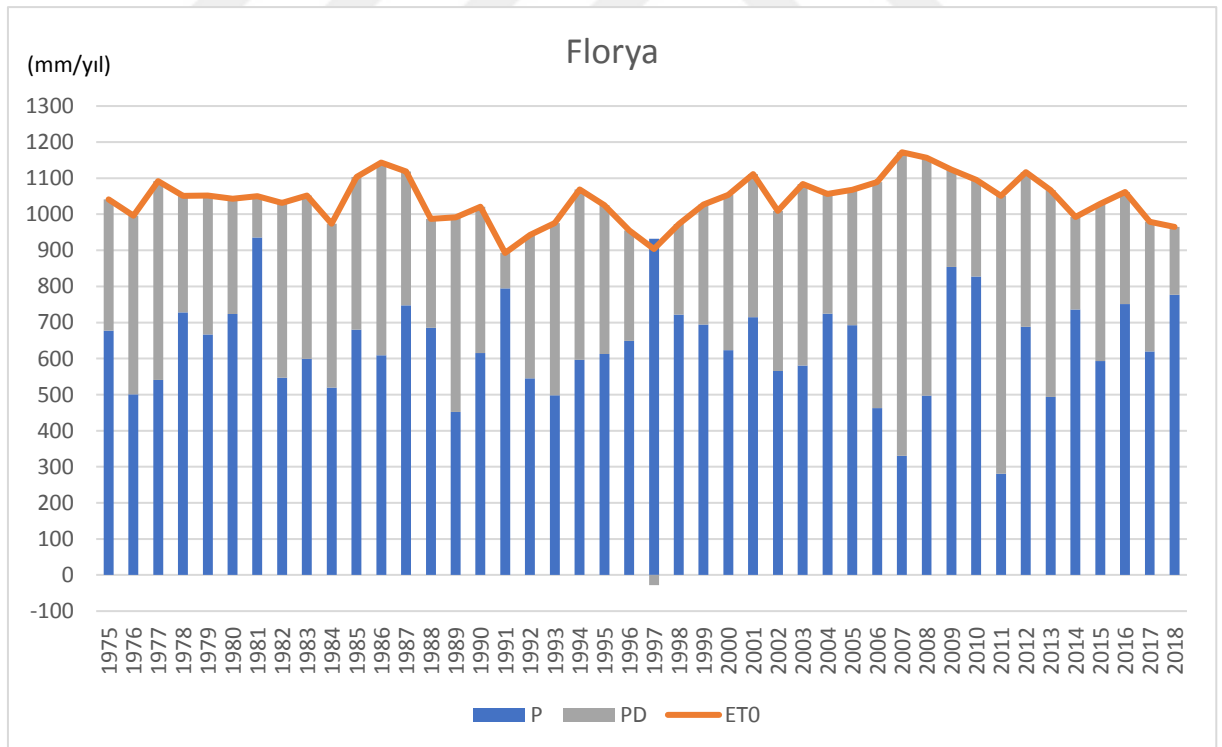
Şekil 4.4. Bursa istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.

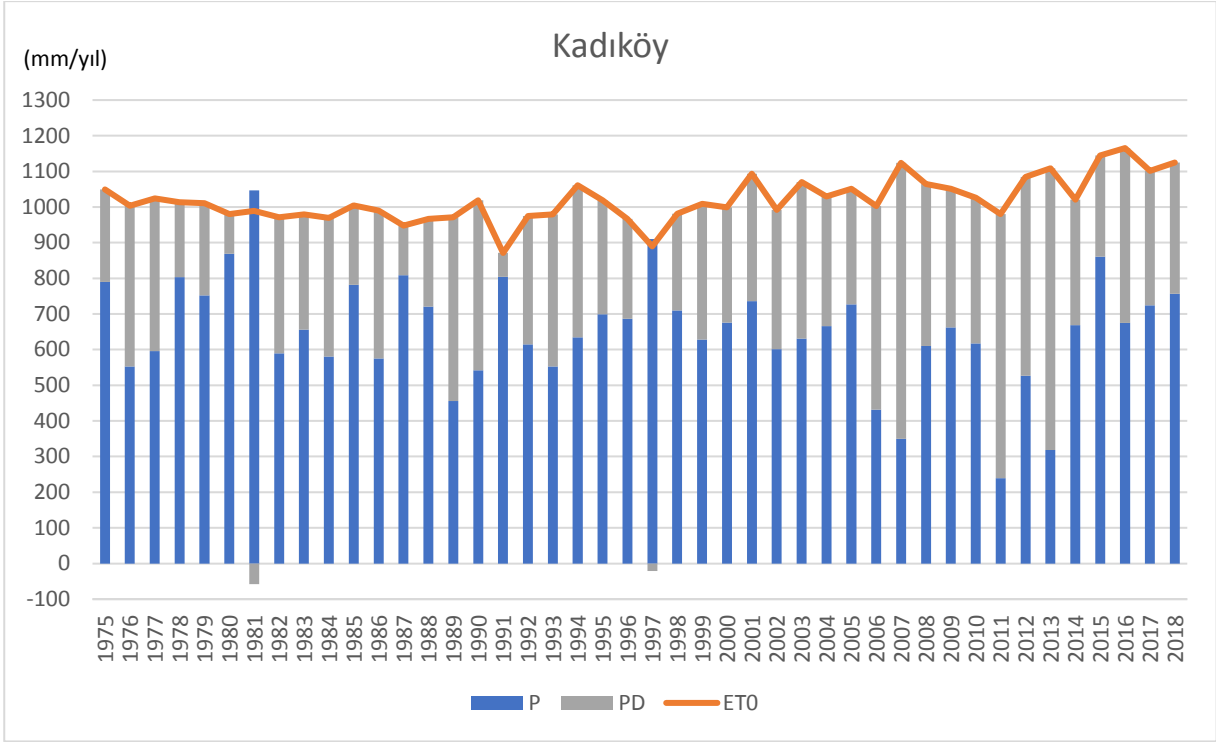


Şekil 4.5. Çanakkale istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.

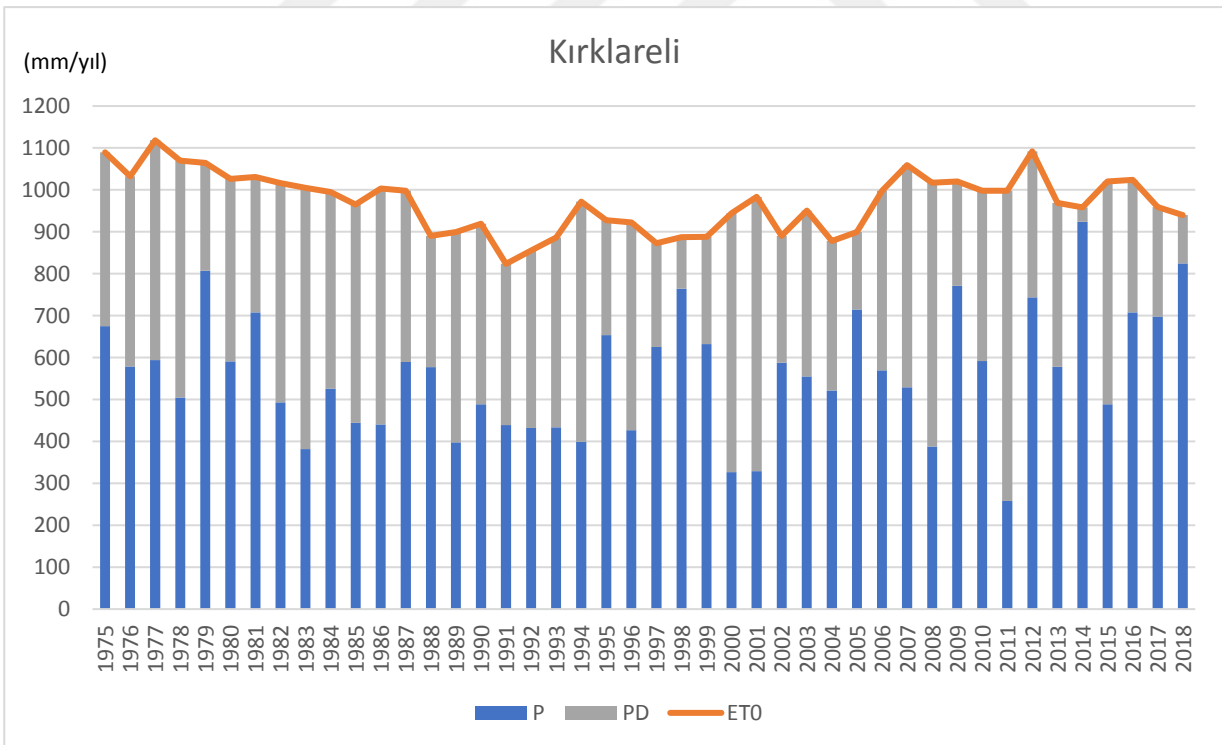


Şekil 4.6. Edirne istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.

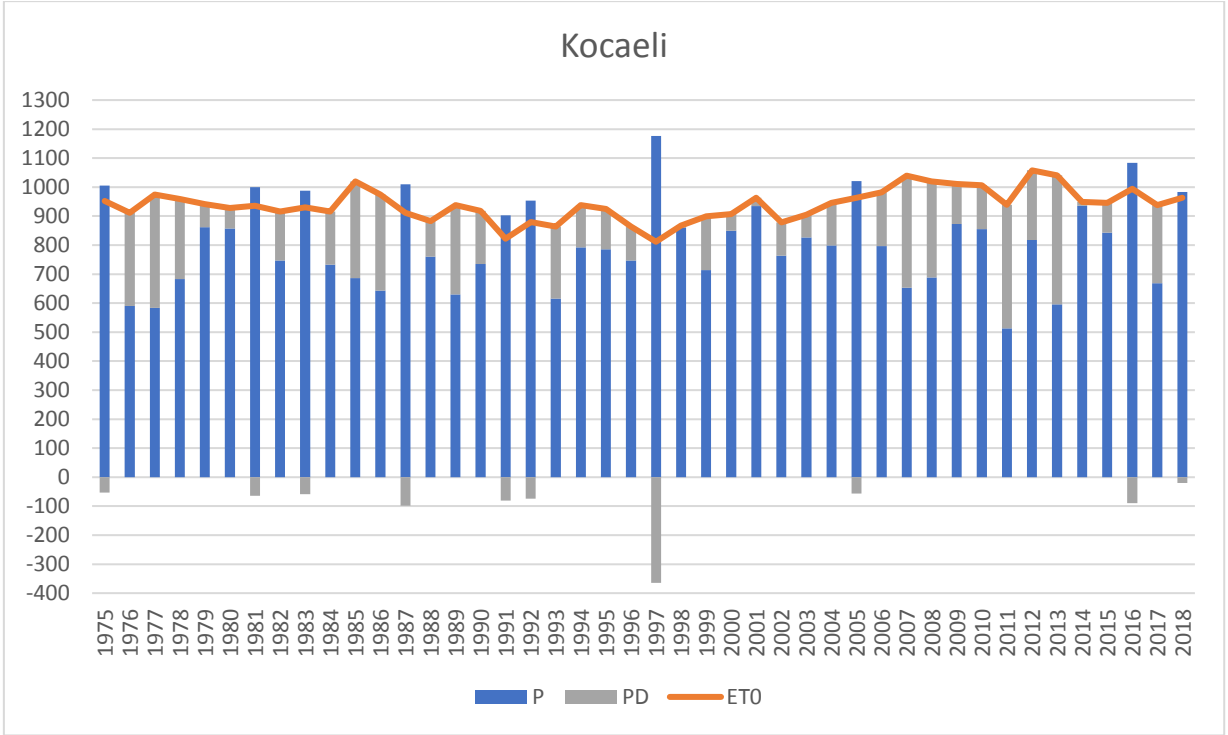
Şekil 4.7. Edremit istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.Şekil 4.8. Florya istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



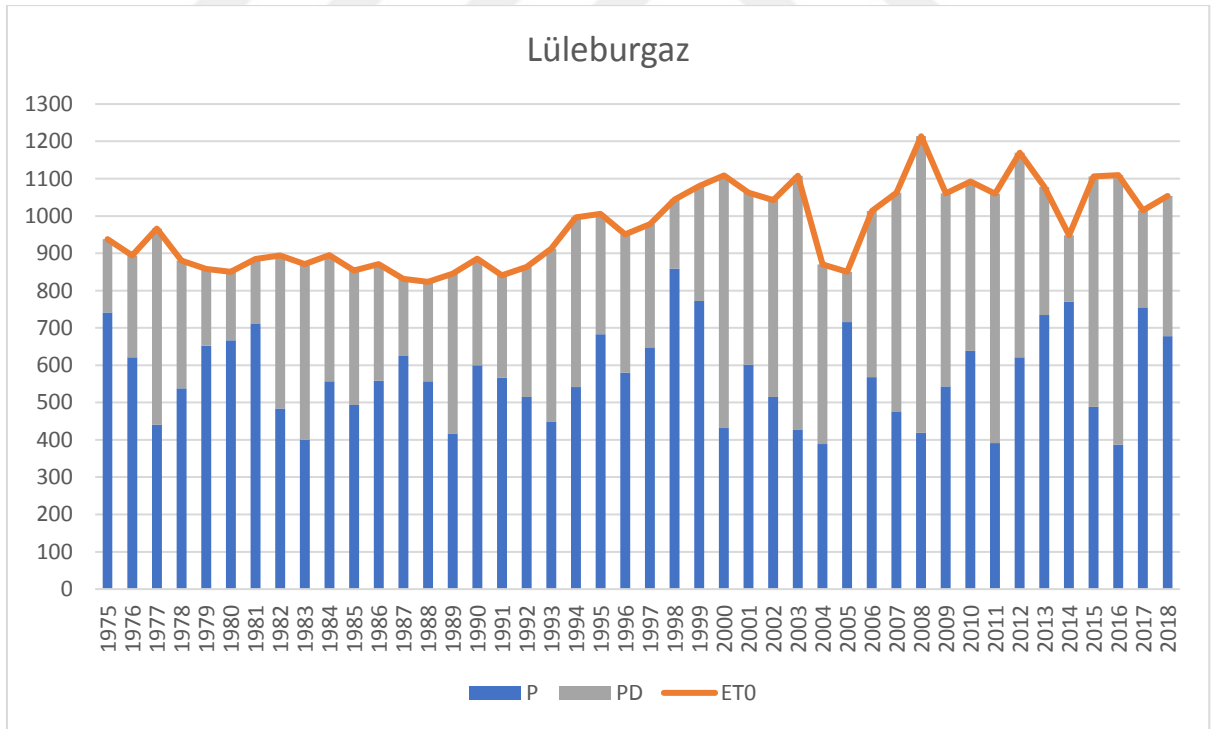
Şekil 4.9. Kadıköy istasyonuna ait P, ET_0 ve PD değişimleri.



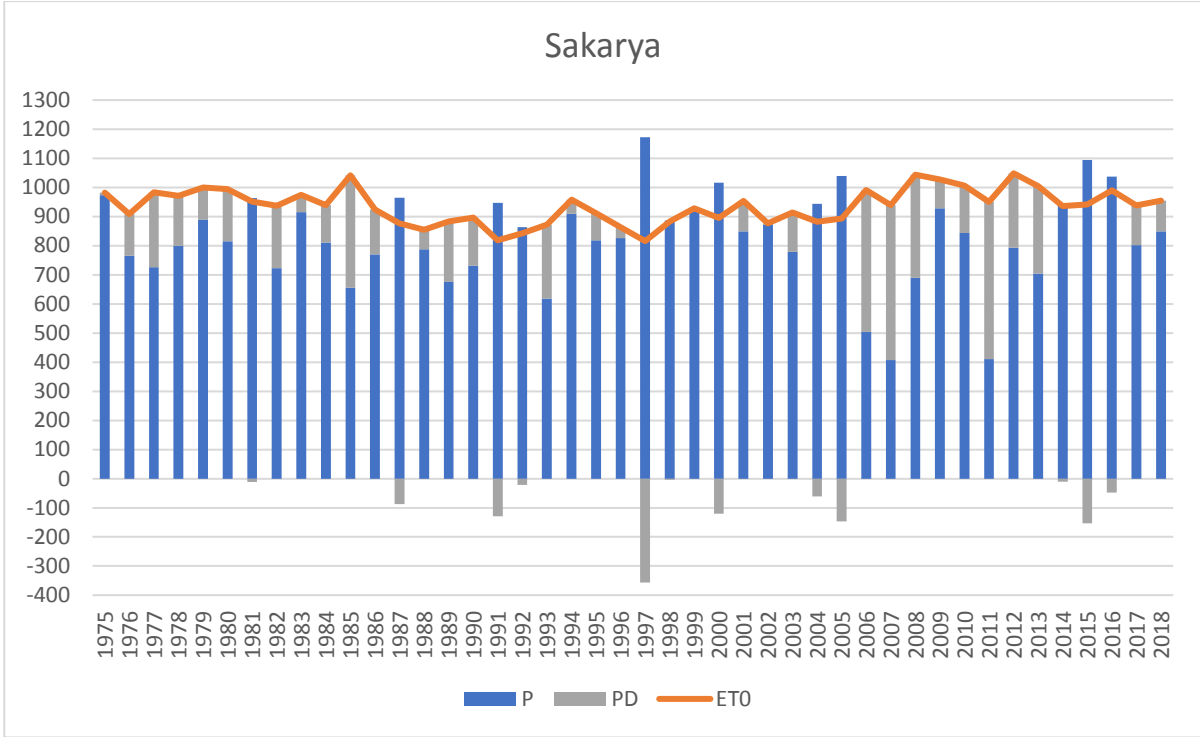
Şekil 4.10. Kırklareli istasyonuna ait P, ET_0 ve PD değişimleri.



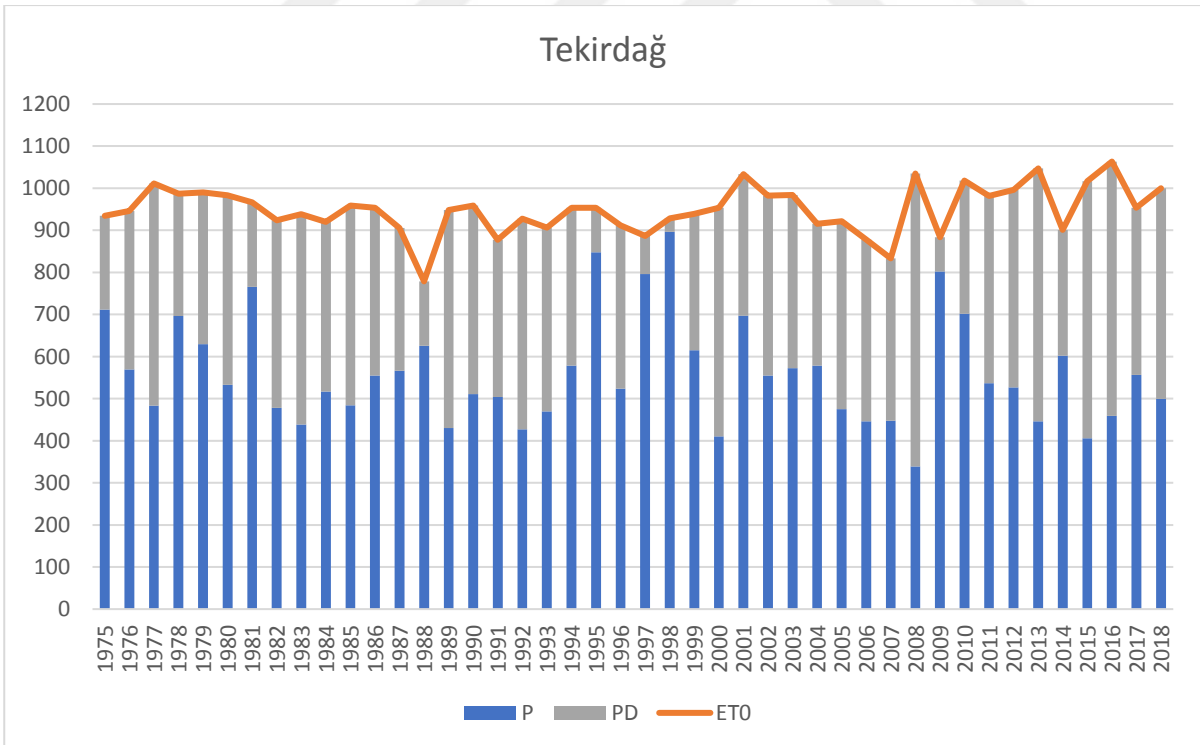
Şekil 4.11. Kocaeli istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



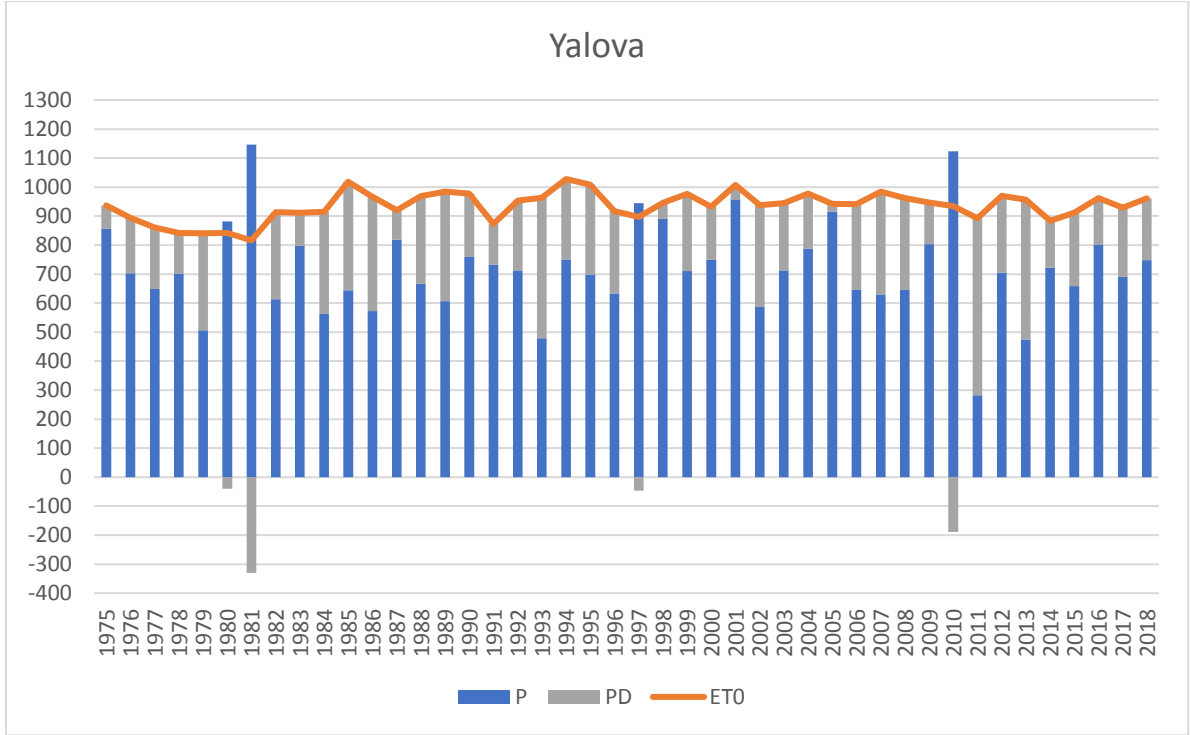
Şekil 4.12. Lüleburgaz istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



Şekil 4.13. Sakarya istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



Şekil 4.14. Tekirdağ istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.



Şekil 4.15. Yalova istasyonuna ait P, ET₀ ve PD değişimleri.

4.3 Klimatolojik Yağış Açığı İndisi

Marmara Bölgesi'nde 1975-2018 yılları arasında, yıllık ortalama klimatolojik yağış açığı değerleri (PD) 108 mm ile 668 mm arasında değişmektedir (Çizelge 4.3).

Klimatolojik yağış açığı yıllara göre değişkenlik göstermiştir. En düşük yağış açığı değeri Sakarya istasyonundan elde edilirken, en yüksek yağış açığı değerinin, referans evapotranspirasyon değerinin de en yüksek olduğu Edremit istasyonuna ait olduğu görülmüştür.

Bölgede kaydedilen yağış değerlerinin, evapotranspirasyon değerlerinden genellikle düşük olması nedeniyle, yüksek yağış açığı verileri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan istasyonların Mohrmann and Kessler (1959) tarafından ifade edilen kuraklık sınıflandırmasına göre değerlendirilmesi Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının kuraklık sınıflandırılması.

İstasyon Adı	PD (mm)	Kuraklık Sınıfı
Sakarya	108	Orta derecede yağış açığı
Kocaeli	131	Orta derecede yağış açığı
Yalova	215	Yüksek derecede yağış açığı
Kadıköy	364	Yüksek derecede yağış açığı
Gönen	366	Yüksek derecede yağış açığı
Tekirdağ	388	Yüksek derecede yağış açığı
Bursa	389	Yüksek derecede yağış açığı
Lüleburgaz	398	Yüksek derecede yağış açığı
Florya	402	Çok Yüksek derecede yağış açığı
Kırklareli	410	Çok Yüksek derecede yağış açığı
Edirne	457	Çok Yüksek derecede yağış açığı
Çanakkale	565	Çok Yüksek derecede yağış açığı
Ayvalık	588	Çok Yüksek derecede yağış açığı
Bilecik	603	Aşırı derecede yağış açığı
Edremit	668	Aşırı derecede yağış açığı

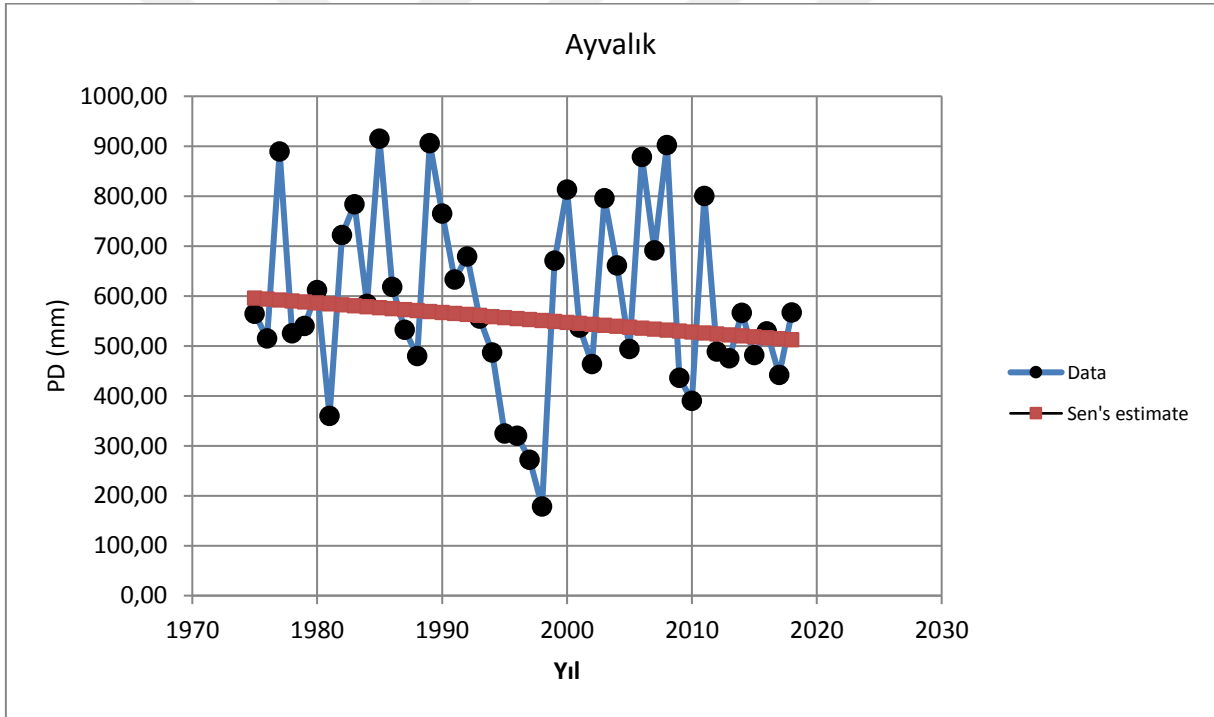
Çizelge 4.3'te de görüleceği gibi, bölgede yer alan istasyonların çoğunluğu” yüksek derecede yağış açığı” ve “çok yüksek derecede yağış açığı” sınıfında yer almaktadır. Sakarya ve Kocaeli istasyonları “orta derecede yağış açığı”; Bilecik ve Edremit istasyonları ise “aşırı derecede yağış açığı” sınıfındadır.

4.4 Trend Analizi Sonuçları

Bu çalışmada, Mann-Kendall trend analizi işlemi uygulanmadan önce klimatolojik yağış açığı verilerinde seri korelasyon varlığı otokorelasyon analizi ile kontrol edilmiştir. Seri korelasyon içerdiği tespit edilen Bilecik, Kocaeli ve Sakarya meteoroloji istasyonlarına ait yağış açığı verilerine, trendden arındırılmış ön ayıklama işlemi yapılarak seri korelasyon etkisi seriden uzaklaştırılmış ve elde edilen yeni seriye Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Seri korelasyon göstermeyen, kalan 12 istasyona ait yağış açığı verilerine ise hiçbir ön işlem

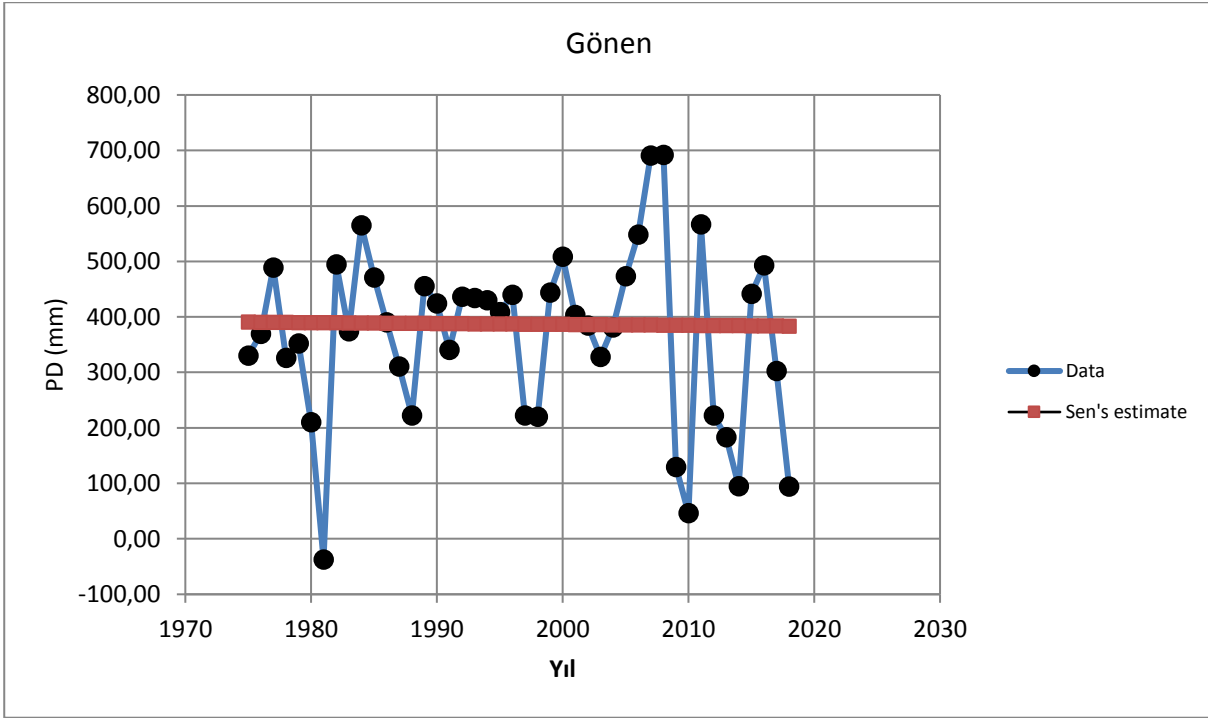
yapılmaksızın doğrudan Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen 15 adet meteoroloji istasyonuna ait 1975-2018 yılları arasında kaydedilen iklim verileri kullanılarak elde edilen klimatolojik yağış açığı indisi serilerine ilişkin trend analizi %95 güven düzeyinde gerçekleştirilmiş; trendin büyüklüğü ise Sen'in eğim tahmincisi ile hesaplanarak sonuçlar sırasıyla aşağıda verilmiştir (Şekil 4.16 – Şekil 4.30).

Ayvalık istasyonu yağış açığı için Mann-Kendall test istatistiği $Z = -1,000$ olarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen Z istatistiği %95 güven düzeyinde kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında, trendin anlamlı olmadığı görülmektedir. Trendin eğimi, Sen'in eğim tahmincisi ile $-1,937$ mm/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.16).



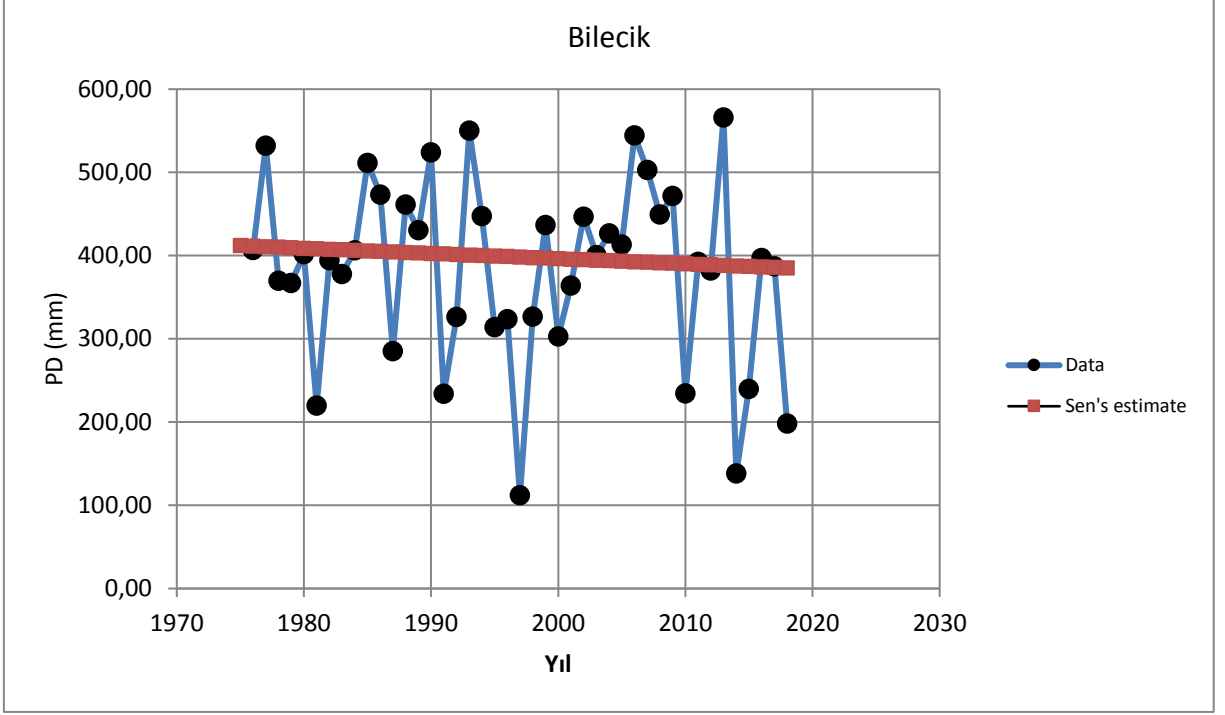
Şekil 4.16. Ayvalık istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Gönen istasyonu yağış açığı için Mann-Kendall test istatistiği $Z = -0,070$ olarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen Z istatistiği %95 güven düzeyinde kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında, trendin anlamlı olmadığı görülmektedir. Trendin eğimi, Sen'in eğim tahmincisi ile $-0,161$ olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.17).



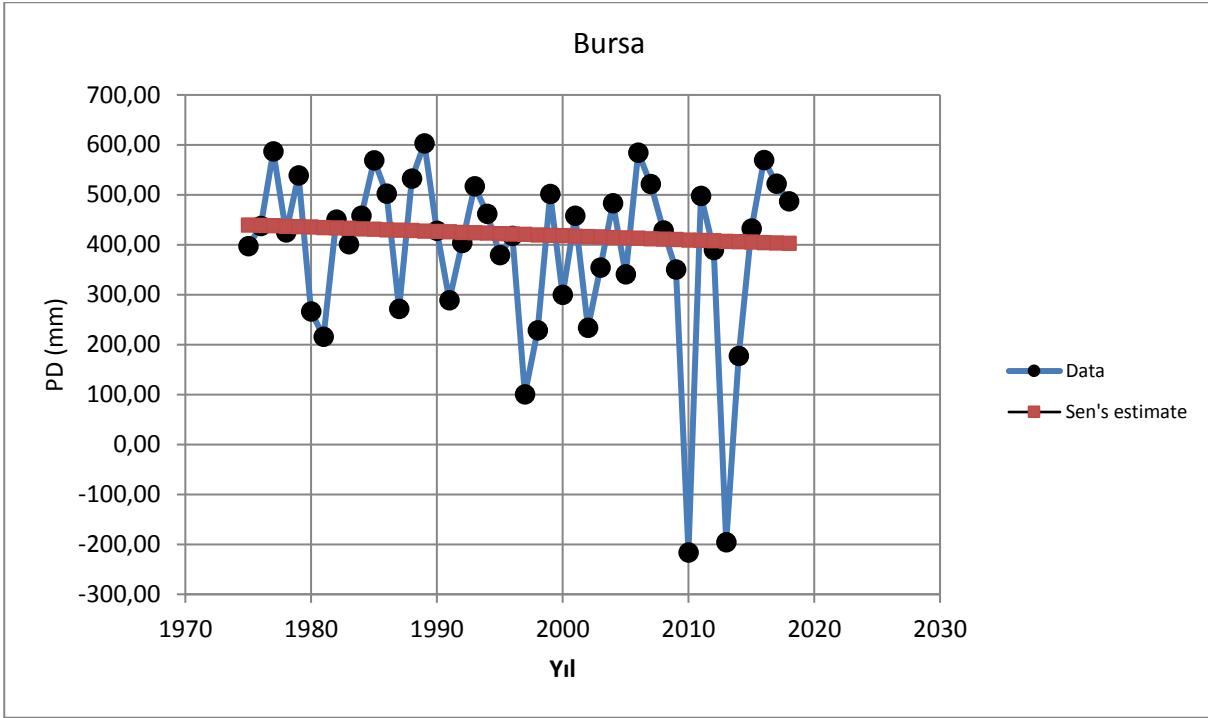
Şekil 4.17. Gönen istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Bilecik istasyonuna ait yağış açığı verilerindeki seri korelasyon etkisi Trend Free Prewhitening (TFPW) yöntemi ile giderildikten sonra yeni seride Mann-Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.18’de sunulmuştur. Test istatistiği $Z = -0,54$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı bir trendin olmadığını göstermektedir. Sen’in eğim tahmincisi ile trendin eğimi $-0,621$ mm/yıl olarak tahmin edilmiştir.



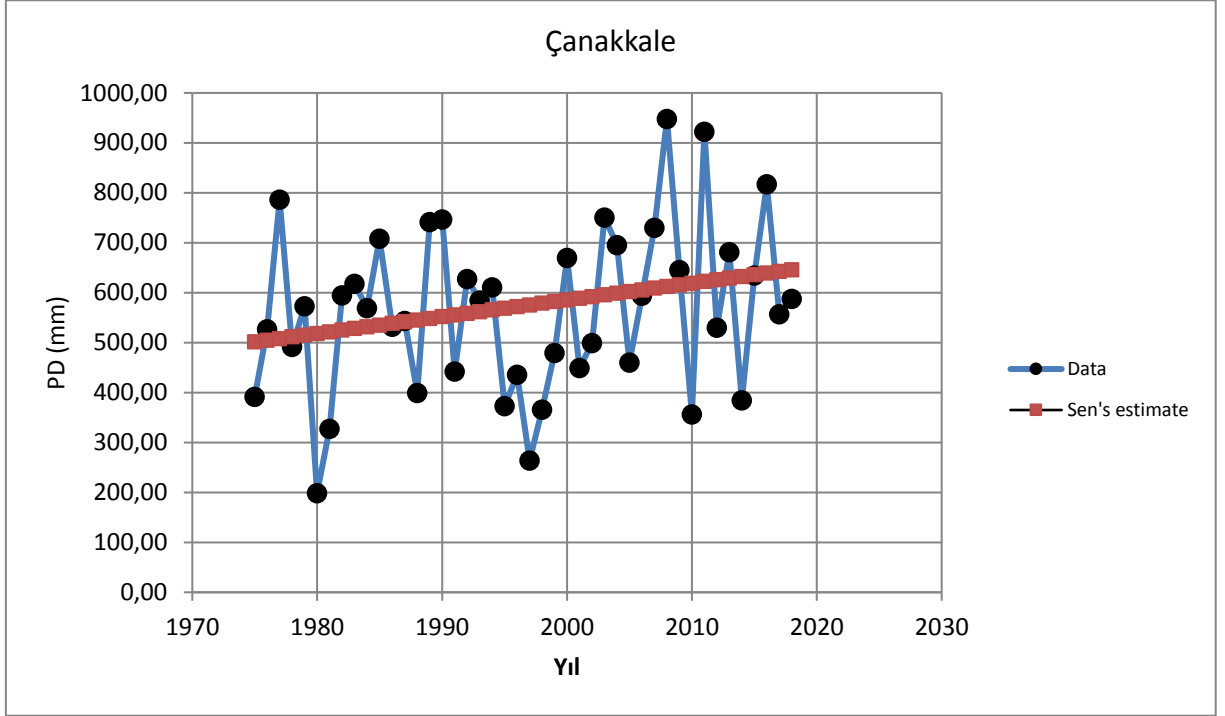
Şekil 4.18. Bilecik istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Bursa istasyonuna ait yağış açığı verileri üzerinde Mann-Kendall testi ile gerçekleştirilen trend analizinin sonucu grafiksel olarak Şekil 4.19'da sunulmuştur. Test istatistiği $Z = -0,495$ olarak tahmin edilmiş; bu değer %95 güven düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Sen'in eğim tahmincisi, trendin eğimini $-0,857$ mm/yıl olarak azalan yönde tahmin etmiştir.



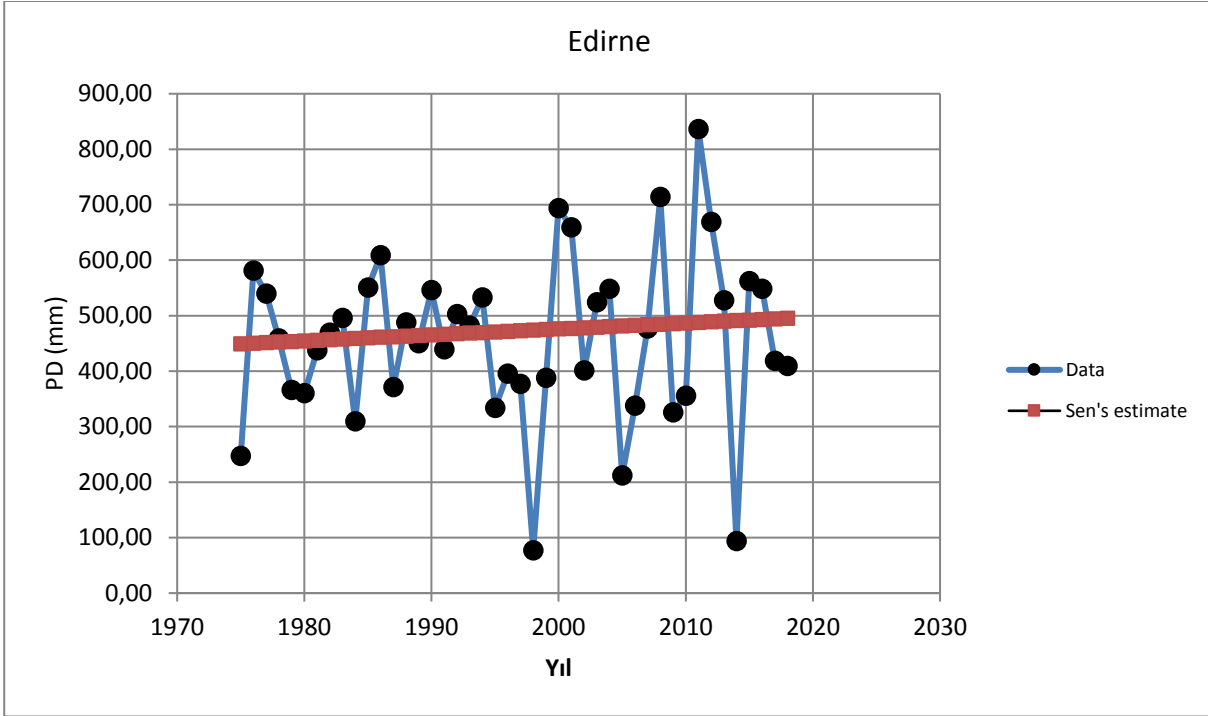
Şekil 4.19. Bursa istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Çanakkale istasyonuna ait yağış açığı verilerine yapılan trend analizi sonucunda test istatistiği $Z = 1,466$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı olmayan, artan bir trend olduğunu ifade etmektedir. Sen'in eğim tahmincisiyle yağış açığı değerindeki artış miktarı 3,358 mm/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.20).



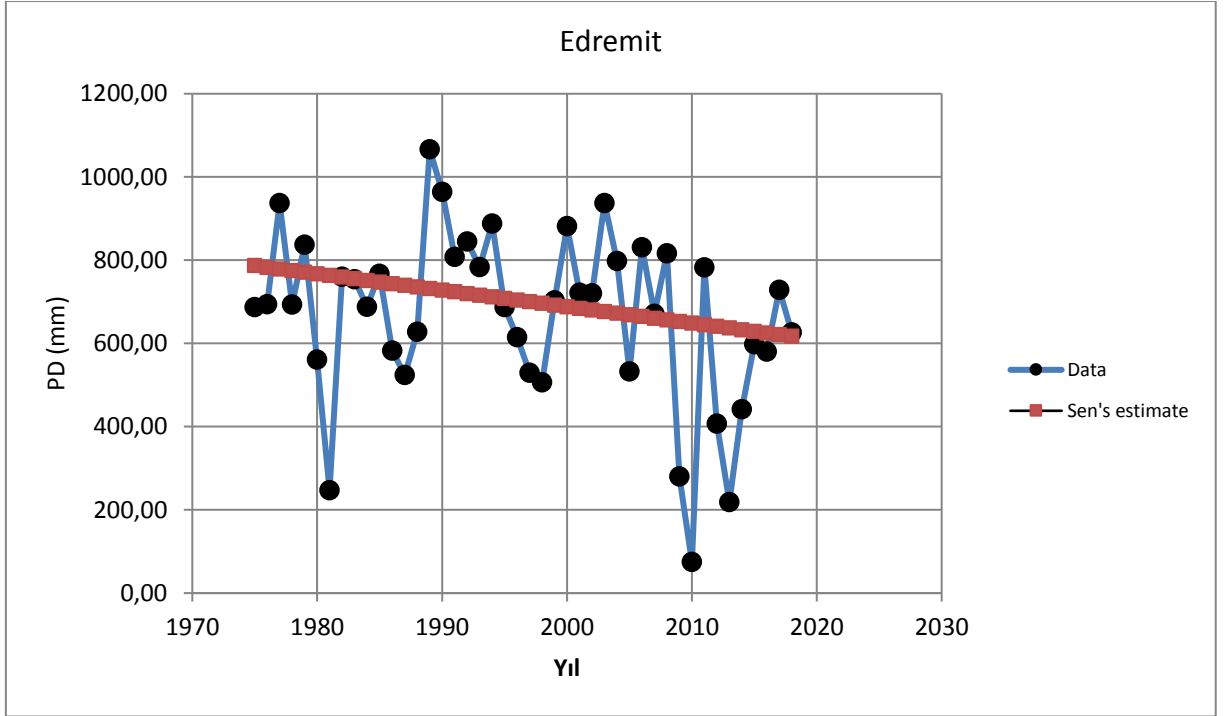
Şekil 4.20. Çanakkale istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Edirne istasyonuna ait yağış açığı verilerinde gerçekleştirilen Mann-Kendall trend analizi sonucu şekil 4.21’de sunulmuştur. Test istatistiği $Z = 0,515$ olarak tahmin edilmiş olup, trenddeki 1,073 mm/yıl olarak tahmin edilen artışın %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmüştür.



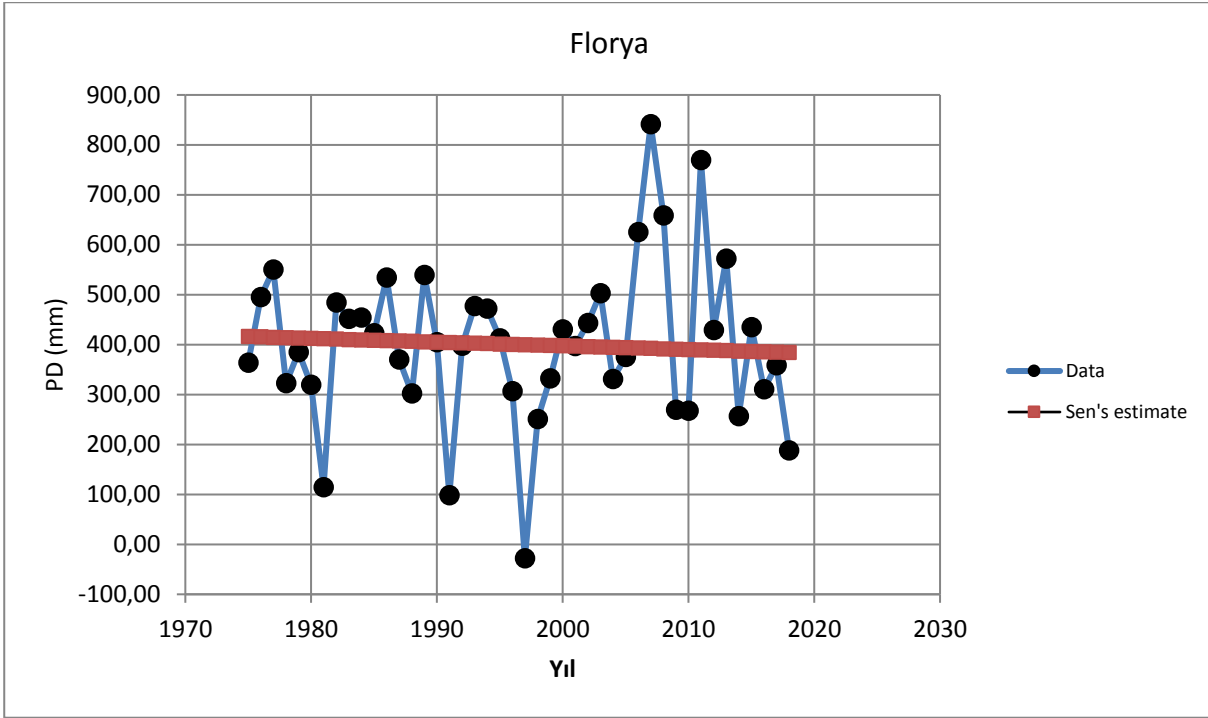
Şekil 4.21. Edirne istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Edremit istasyonunda gerçekleştirilen trend analizi sonucunda Z değeri -1,587 olarak hesaplanmış, bu değer %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Sen'in eğim tahmincisi azalan yöndeki trendi -3,947 mm/yıl olarak tahmin etmiştir (Şekil 4.22).



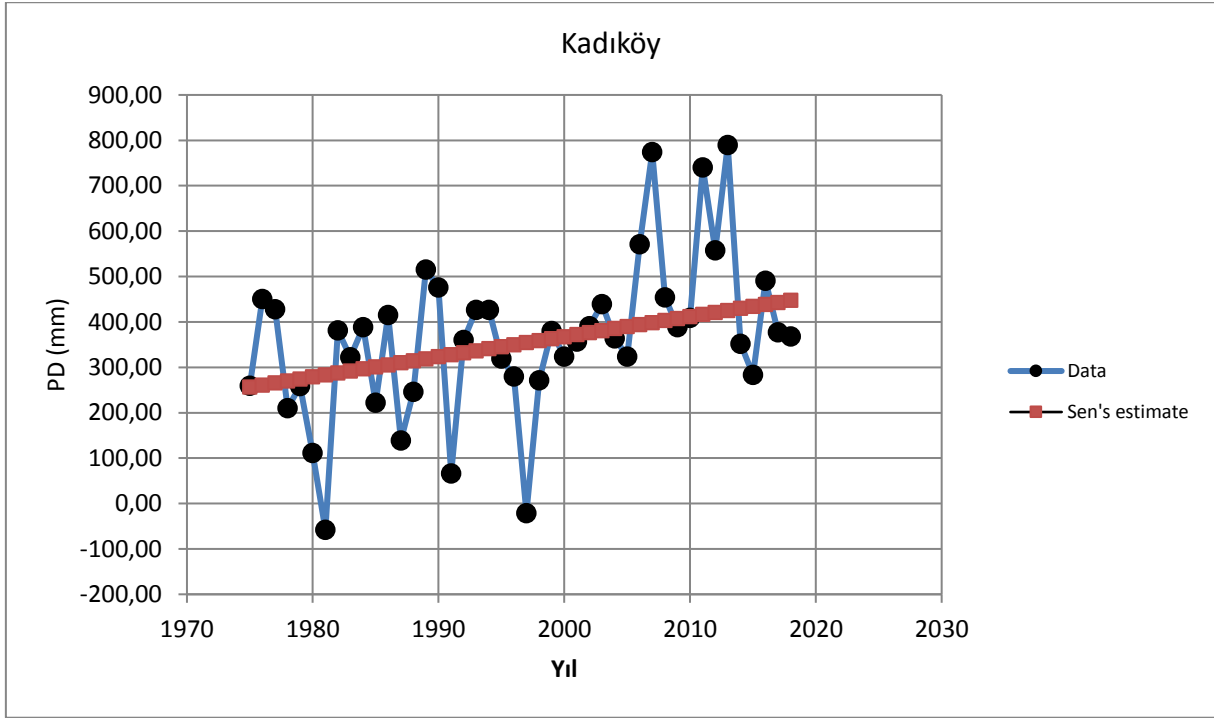
Şekil 4.22. Edremit istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Florya istasyonuna ait yağış verileri için yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.23'te verilmiştir. Test istatistiği $Z = -0,313$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı bir trendin olmadığını göstermektedir. Sen'in eğim tahmincisi trendi $-0,743$ mm/yıl olarak tahmin etmiştir.



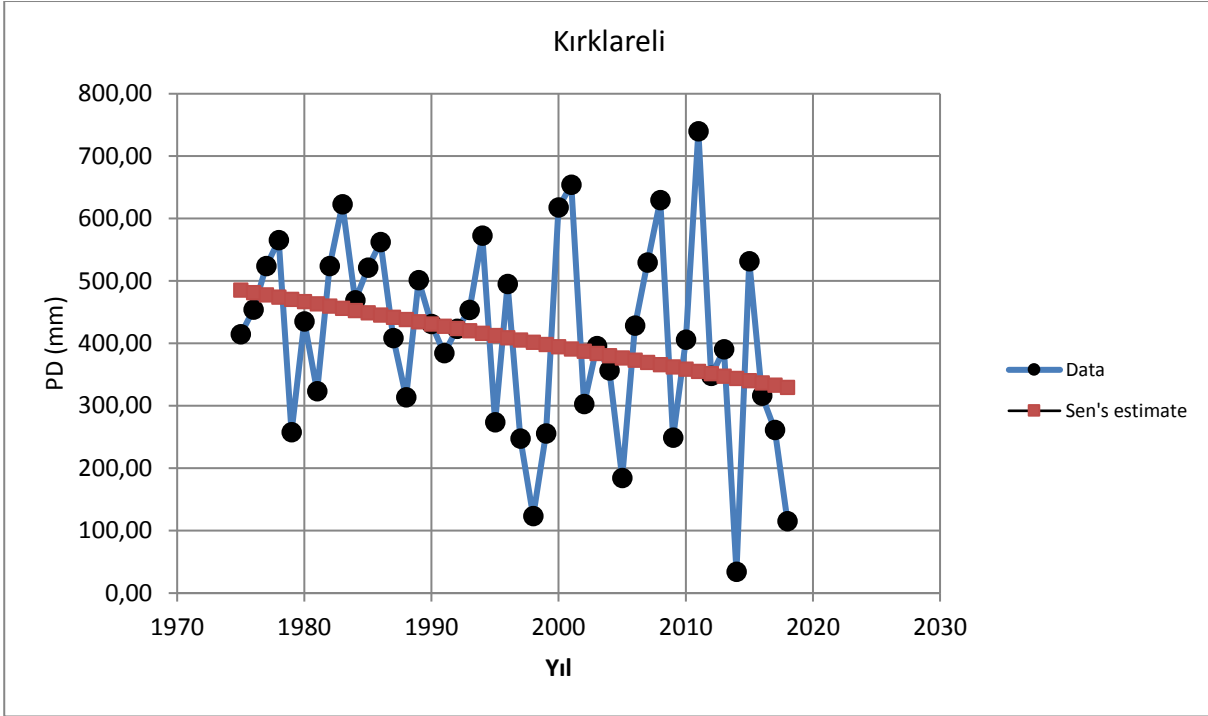
Şekil 4.23. Florya istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Kadıköy istasyonuna ait yağış verileri için yapılan trend analizine ait sonuç, Şekil 4.24'te verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği $Z = 2,639$ olarak tahmin edilmiş ve bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı bir artışın olduğunu göstermektedir. Sen'in eğim tahmincisi ile yağış açığındaki artış miktarı yıllık 4,437 mm olarak tahmin edilmiştir.



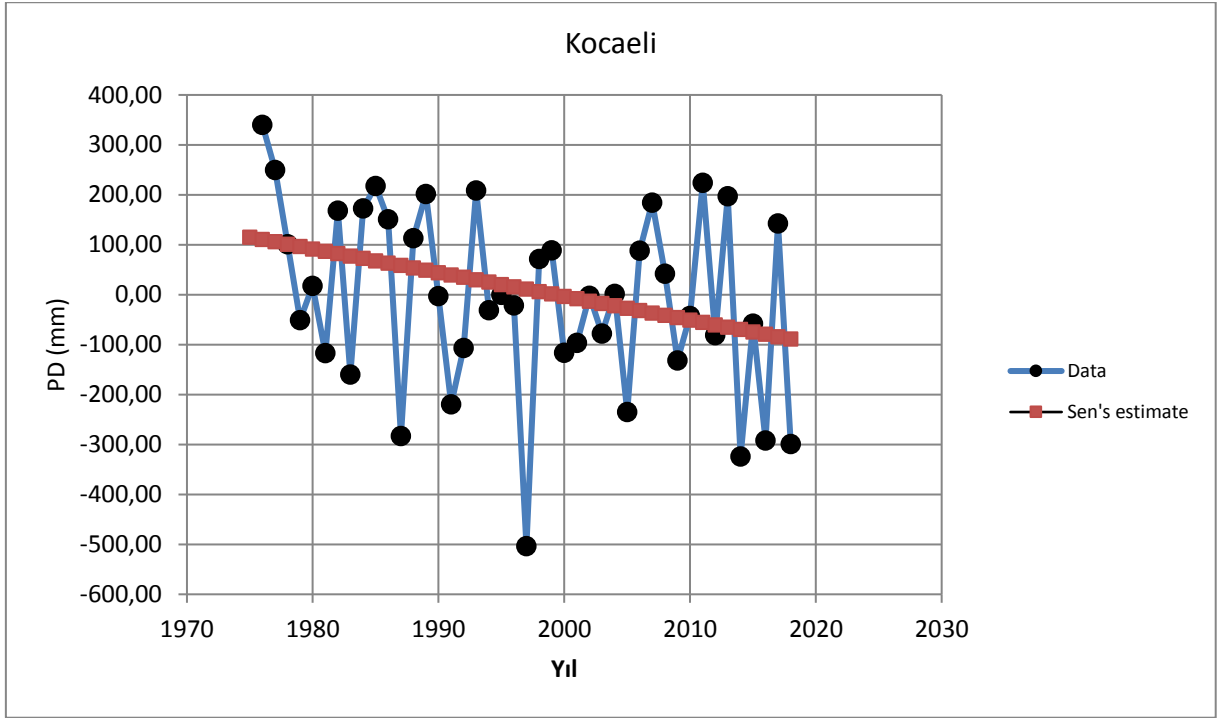
Şekil 4.24. Kadıköy istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Kırklareli istasyonunda Mann-Kendall test istatistiği $Z = -1,850$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı olmayan bir azalışın olduğunu göstermektedir. Sen'in eğim tahmincisi azalan yöndeki trendi $-3,617$ mm/yıl olarak tahmin etmiştir (Şekil 4.25).



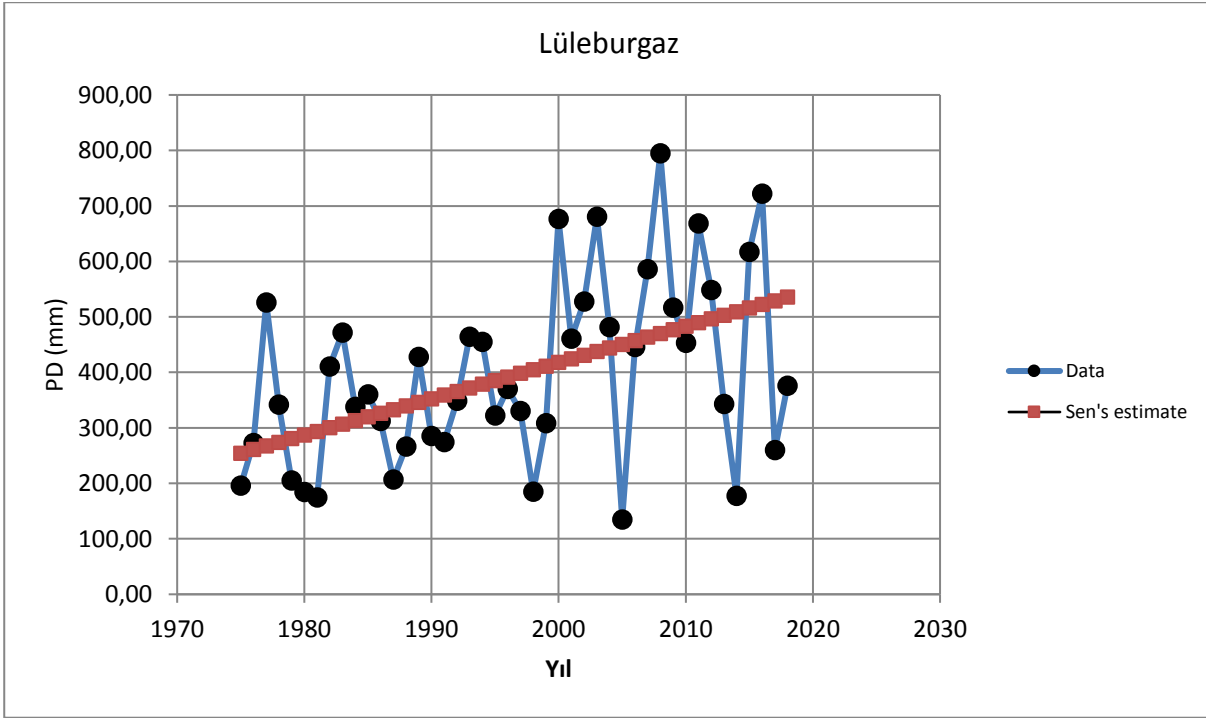
Şekil 4.25. Kırklareli istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Kocaeli istasyonuna ait yağış açığı verilerinde tespit edilen seri korelasyon etkisi, seriden TFPW yöntemi ile arındırıldıktan sonra yeni seride gerçekleştirilen Mann-Kendall testinde, test istatistiği $Z = -1,925$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer, trendin %95 güven düzeyinde önemli olmadığını göstermekte olup, Sen'in eğim tahmincisi azalan trendi $-4,747$ mm/yıl olarak tahmin etmiştir (Şekil 4.26).



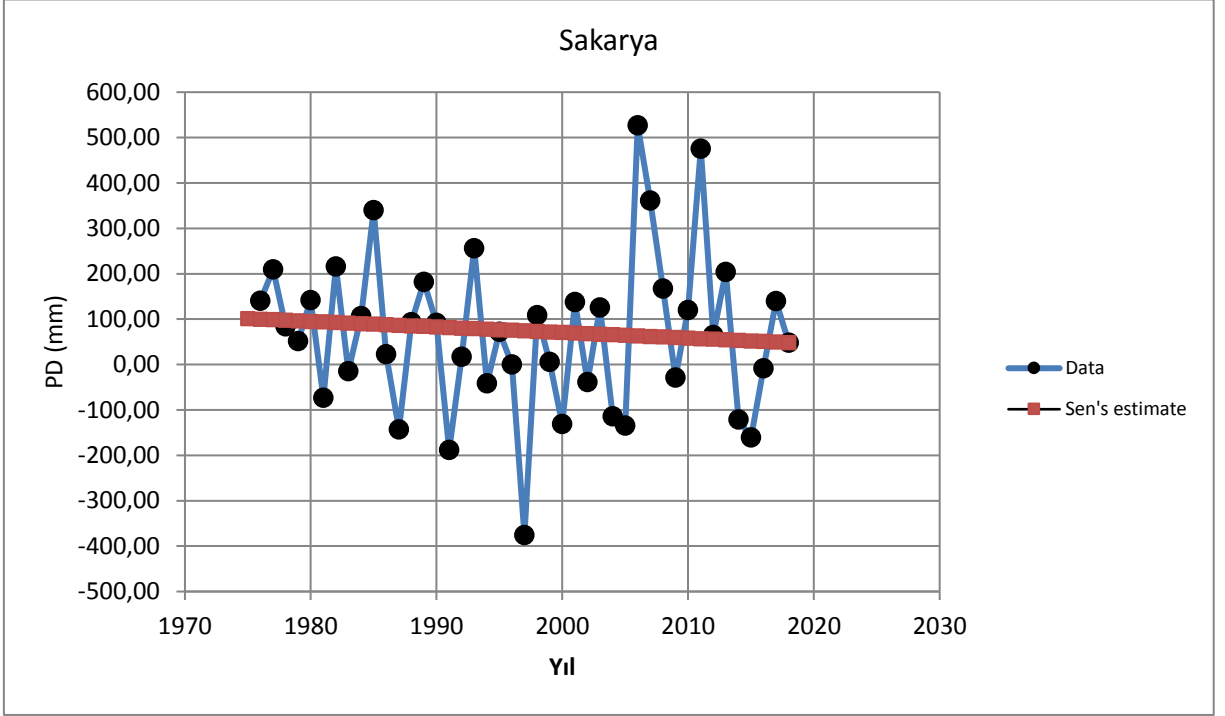
Şekil 4.26. Kocaeli istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Lüleburgaz istasyonuna ait yağış açığı verileri üzerinde yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.27'de yer almaktadır. Test istatistiği $Z = 2,882$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer seride %95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olduğunu ifade etmektedir. Sen'in eğim tahmincisi trendin eğimini 6,536 mm/yıl olarak tahmin etmiştir.



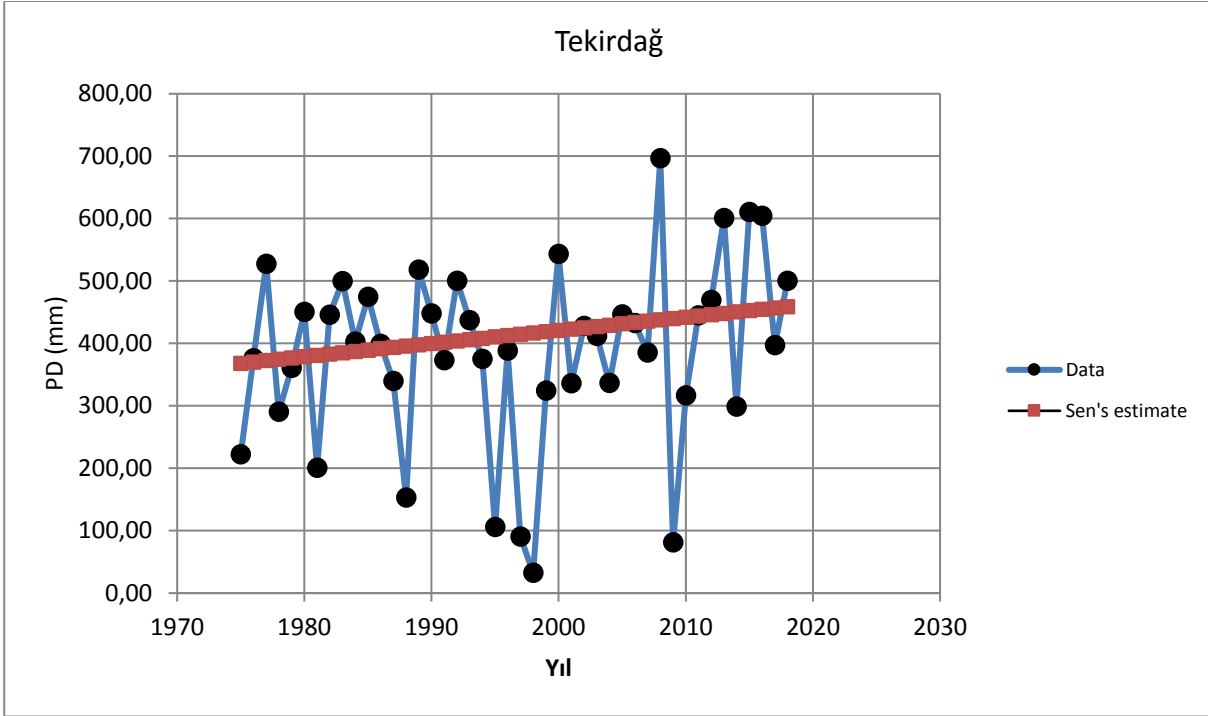
Şekil 4.27. Lüleburgaz istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Sakarya istasyonuna ait yağış açığı verilerinde tespit edilen seri korelasyon etkisi, TFPW yöntemi uygulanarak seriden uzaklaştırılmış olup, elde edilen yeni seriye uygulanan trend analizi Şekil 4.28’de sunulmuştur. Test istatistiği $Z = -0,606$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı olmayan bir azalış trendi olduğunu ifade etmektedir. Sen’in eğim tahmincisi trendi $-1,232$ mm/yıl olarak tahmin etmiştir.



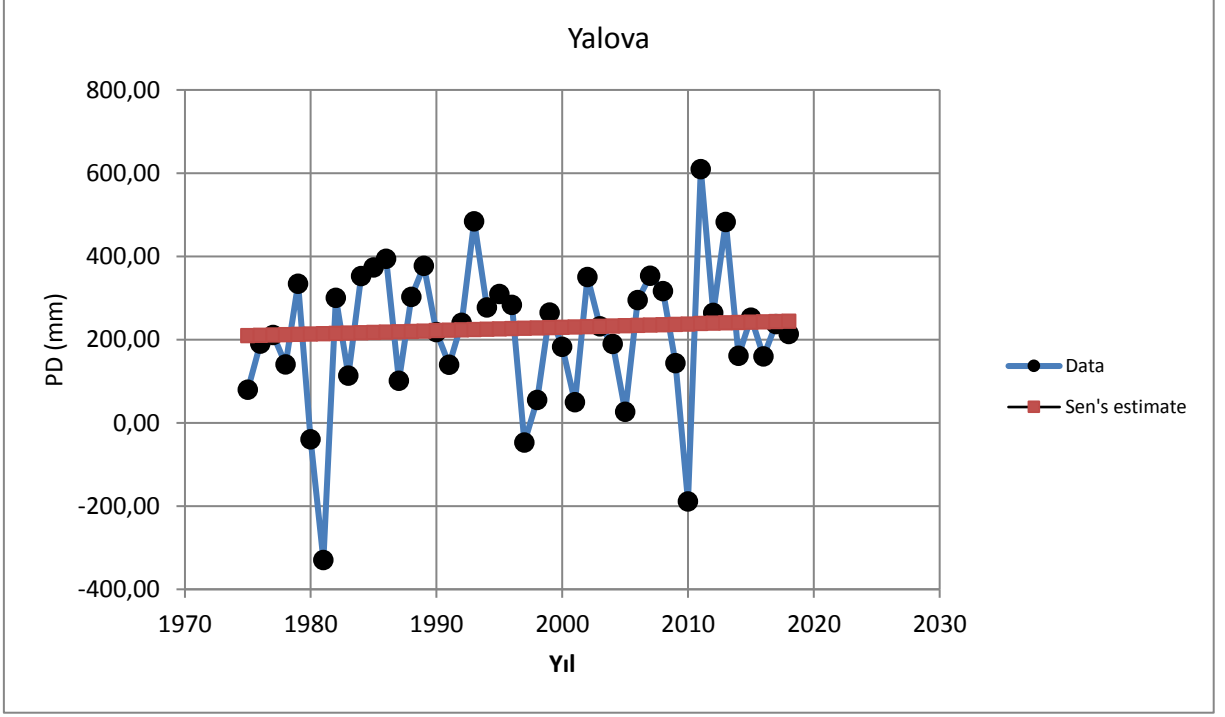
Şekil 4.28. Sakarya istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Tekirdağ istasyonunda test istatistiği $Z = 1,142$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer %95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olmadığını göstermektedir. Sen'in eğim tahmincisi artan yöndeki trendi 2,106 mm/yıl olarak tahmin etmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Tekirdağ istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmincisi sonuçları.

Yalova istasyonuna ait yağış açığı verileri için gerçekleştirilen trend analizi sonucunda Mann-Kendall test istatistiği $Z = 0,414$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir trendin olmadığını göstermektedir. Sen'in eğim tahmircisi serinin trendini $0,805$ mm/yıl olarak tahmin etmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Yalova istasyonuna ait PD'nin zamansal değişimi ve Sen'in eğim tahmircisi sonuçları.

Çizelge 4.4. Yağış açığı (PD) değeri için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon Adı	Veri Sayısı	Z Değeri	Trend (%95)	Eğim (mm/yıl)
Ayvalık	44	-1,00	Yok	-1,937
Gönen	44	-0,07	Yok	-0,162
Bilecik*	43	-0,54	Yok	-0,622
Bursa	44	-0,50	Yok	-0,858
Çanakkale	44	1,47	Yok	3,359
Edirne	44	0,52	Yok	1,073
Edremit	44	-1,59	Yok	-3,948
Florya	44	-0,31	Yok	-0,744
Kadıköy	44	2,64	+	4,438
Kırklareli	44	-1,85	Yok	-3,618
Kocaeli*	43	-1,93	Yok	-4,748
Lüleburgaz	44	2,88	+	6,537
Sakarya*	43	-0,61	Yok	-1,232
Tekirdağ	44	1,14	Yok	2,106
Yalova	44	0,41	Yok	0,806

*: TFPW yöntemi uygulanan istasyonlar, +: Artan yönde bir trend

5. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde klimatolojik yağış açığı indisi (PD) ile kuraklık analizi yapılmıştır. Klimatolojik yağış açığı indisinin zamansal değişimi, Mann-Kendall testi kullanılarak incelenmiştir.

Kuraklık analizi çalışmalarında, birçok farklı indis ele alınmaktadır. Bu çalışmada, Mohrmann and Kessler (1959) tarafından önerilen, klimatolojik yağış açığı indisi kullanılmıştır. Klimatolojik yağış açığı indisinin kullanılmasının nedeni, tarımsal kuraklık kavramının irdelenmesine olanak sağlamasıdır. Bu çalışma ile ülkemizin en yüksek nüfusa sahip coğrafi bölgesi olmasının yanında, önemli bir tarımsal üretim potansiyeline sahip, birçok stratejik ürünün yetiştirildiği Marmara Bölgesi'nde, 1975-2018 yılları arasında tarımsal kuraklık incelenmiştir.

Çalışmada yer alan meteoroloji istasyonlarına ait yağış değerlerinin 461 mm ile 828 mm arasında değiştiği ve ortalama değerin 644 mm olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 1989, 2008 ve 2011 yıllarında ortalamadan oldukça altında yağış değerlerinin ölçüldüğü gözlenmiştir.

Referans evapotranspirasyon (ET_0) değerleri 935 mm ile 1355 mm arasında değişiklik göstermiştir. Bölgenin ortalama evapotranspirasyon değeri 1048 mm olarak hesaplanmıştır. Referans evapotranspirasyon değerlerinin genellikle ortalama değer dolaylarında olduğu gözlenmiştir.

Klimatolojik yağış açığı (PD) yıllara göre değişkenlik göstermiştir. Bölgenin 1975-2018 yılları arasındaki ortalama klimatolojik yağış açığı değeri 404 mm olarak hesaplanmıştır. En düşük yağış açığı değeri Sakarya istasyonunda, en yüksek yağış açığı değeri ise evapotranspirasyon değerinin de en yüksek olduğu Edremit istasyonunda gözlenmiştir. Klimatolojik yağış açığı değeri ortalamasının en düşük 1997 yılında (128 mm), en yüksek ise 2011 yılında (662 mm) olduğu hesaplanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem için yıllık ortalama klimatolojik yağış açığı değerleri incelendiğinde, çalışmada yer alan 15 istasyondan 2'sinin (Bilecik, Edremit) aşırı derecede yağış açığı, 5'inin (Florya,

Kırklareli, Edirne, Çanakkale, Ayvalık) çok yüksek derecede yağış açığı, 6'sının (Yalova, Lüleburgaz, Kadıköy, Gönen, Tekirdağ, Bursa) yüksek derecede yağış açığı, 2'sinin (Sakarya, Kocaeli) ise orta derecede yağış açığı sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Çalışmada, ülkemizin kuzeybatısında bulunan bölgede, evapotranspirasyon değerleri genellikle yağış değerlerinin üzerinde olsa da yağış miktarlarında sürekli bir azalışın olmadığı gözlenmiştir. Bölge ve civarında gerçekleştirilen farklı kuraklık analizi çalışmalarda da benzer durumların tespit edildiği görülmüştür.

Zeybekoğlu ve Karahan (2018) tarafından standart süreli yağış şiddetlerinin, Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho yöntemi ile trend analizinin yapıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kısa ve orta süreli yağış şiddetlerinin Marmara Bölgesi'nde artma eğilimi gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Şen ve Aksu (2021) tarafından İstanbul'da yağış eğilimleri incelenmiş ve İstanbul çevresindeki 7 meteoroloji istasyonunda ölçülen standart süreli maksimum yağışların eğilimleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, Sarıyer, Kumköy, Florya, Çorlu, Göztepe ve Şile istasyonlarında belirgin artış eğilimlerinin saptandığı bildirilmiştir.

Bacanlı ve Kargı (2019) tarafından Bursa ilinde uzun ve kısa süreli periyotlarda kuraklık analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bursa ilinde bulunan 5 istasyonun 1969-2015 yılları arasındaki yağış verileri serisi incelenerek yağış verilerinin eğiliminin olup olmadığı lineer regresyon analiziyle belirlenmiştir. Standart yağış indisi (SPI) yöntemi ile 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman periyotları için yapılan kuraklık analizi çalışması sonucunda, yıllık ve aylık yağış verilerinde önemli bir eğilim saptanmamıştır.

Ilgar (2010) tarafından Çanakkale meteoroloji istasyonunda 1929-2007 yılları arasında kaydedilmiş aylık yağış verileri kullanılarak, standartlaştırılmış yağış indisi yöntemi ile 12 aylık (yıllık) ve 3 aylık (mevsimlik) dönemlerde gerçekleştirilen kuraklık analizi çalışması sonuçlarına göre, Çanakkale'de yıllık

kuraklık koşullarında bir artışın mevcut olduğu; mevsimsel olarak ise özellikle kış mevsiminde kuraklığın artış eğiliminde olduğu saptanmıştır.

Mengü et al. (2009), Marmara Bölgesi'nde standart yağış indisini kullanarak 32 istasyon üzerinde yaptıkları çalışmaları sonucunda, 1975, 1989, 1990, 1992 ve 1993 yıllarında şiddetli kuraklıklar tespit etmişlerdir.

Koç ve İrdem (2007), Türkiye'deki yağışların şiddetinin zamansal ve konumsal değişimini inceledikleri çalışmalarında, Marmara Bölgesi'nde orta ve hafif kuvvetli yağışlarda artış eğilimi olduğu sonucuna varmışlardır.

İstanbuluoğlu vd. (2013) tarafından Tekirdağ – Çorlu istasyonunun uzun yıllar yağış verilerinin Mann-Kendall yöntemi kullanılarak zamansal değişiminin incelendiği bir trend analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. 1970-2010 yılları arasında kapsayan çalışma sonucunda, uzun yıllar yağış verilerinde herhangi bir trendin tespit edilmediği ve yağışların normal bir seyir düzeyinde takip ettiği bildirilmiştir.

Ceyhunlu ve Aydın (2020) tarafından Marmara Bölgesi içerisinde yer alan Sakarya meteoroloji istasyonunun meteorolojik verilerinin trend analizinin gerçekleştirildiği bir çalışmada, aylık ortalama yağış, oransal nem, basınç, rüzgâr hızı ve sıcaklık değerlerinde artan bir trend tespit edilmiştir.

Marmara Bölgesi'nde yapılan kuraklık analizi çalışmalarında, her ne kadar sıcaklık artışlarında eğilimler tespit edilse de yağış miktarlarında çok ciddi azalış eğilimleri saptanmamıştır. Bölge, geçiş iklimine sahip olması nedeniyle, kuzeyinde bulunan Balkanlar ve doğusunda bulunan Karadeniz Bölgesi'nin de iklim özelliklerini ihtiva etmektedir. Buna bağlı olarak, bölgenin güney kesimlerinde yapılan çalışmalar Ege Bölgesi'nde gerçekleştirilen çalışmalar ile benzerlik gösterirken; Sakarya, Kocaeli, İstanbul gibi yerlerde gerçekleştirilen çalışmalar, Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmalar ile kısmi benzerlikler göstermektedir.

Çeribaşı (2018) tarafından Batı Karadeniz Havzası'nın yağış verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ile analiz edildiği bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, çalışmada kullanılan 10 meteoroloji istasyonundan 4'ünde azalma eğilimi, 1'inde artma eğilimi görülürken, 5 istasyonda herhangi bir trend varlığı saptanmamıştır.

Partal ve Yavuz (2020) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, 1 aylık standart yağış indisi için "aşırı şiddetli kuraklık" sınıfında istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı olan bir trend varlığı tespit edilmemiştir.

Özçelik (2019), Ege Bölgesi'nde 1975-2018 yılları arasındaki tarımsal kuraklığın zamansal ve mekânsal değişimini incelediği çalışmasında, 2005-2014 yılları arasındaki 10 yıllık dönemin en kurak dönem olduğunu, 2007 yılının ise tüm zaman ölçeklerinde kuraklık sınıflaması açısından çok şiddetli kuraklıkların gözlemlendiği bir yıl olduğunu tespit etmiştir.

Markonis et al. (2017), Yunanistan'da 1940-2012 yılları arasında 136 istasyona ait iklim verileri ile Mann-Kendall yöntemi ve Monte Carlo simülasyonunu kullanarak yaptıkları çalışmalarında, yağışların 1950'lerden sonra düşüş, 1980'lerden sonra ise artış eğiliminde olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, yağışların çalışma döneminin son 15 yılında sabit seyrettiğini tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, Marmara Bölgesi'nde gerçekleştirilen kuraklık analizi sonuçlarına göre, bölgede yer alan 15 meteoroloji istasyonunun 2'sinde istatistiksel olarak önemli bir klimatolojik yağış açığı trendi varlığı saptanmıştır. Söz konusu 44 yıllık dönemin 22 yılında, bölgenin 644 mm olarak hesaplanan ortalama yağış değerinin altında yağış kaydedildiği tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin ortalama referans evapotranspirasyon değerleri incelendiğinde, çalışmayı kapsayan 44 yıllık periyodun 23 yılında, bölgenin 1048 mm olarak hesaplanan ortalama değerinin üzerinde değerler gözlenmiştir. Klimatolojik yağış açığı değerleri incelendiğinde ise 44 yıllık dönemin 24 yılında, bölgenin 404 mm olarak hesaplanan ortalama değerinin üzerinde bir yağış açığı meydana gelmiştir.

Bu çalışmada, Kadıköy ve Lüleburgaz istasyonlarında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bir artış eğiliminin olduğu, diğer istasyonlarda görülen eğilimlerin %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bir artış tespit edilen Lüleburgaz istasyonunda klimatolojik yağış açığı Sen'in eğim tahmincisi tarafından 6,536 mm/yıl, Kadıköy istasyonunda ise 4,437 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, 13 istasyonun 4'ünde (Çanakkale, Edremit, Tekirdağ, Yalova) istatistiksel olarak önemli olmasa da artış eğilimi, 9'unda ise (Ayvalık, Bilecik, Bursa, Edremit, Florya, Gönen, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya) ise azalış eğilimi görülmüştür.

Marmara Bölgesi'nde gerçekleştirilen kuraklık analizi çalışmaları sonuçlarına göre, sıcaklık verilerinin zamansal değişimlerinde her ne kadar artış trendleri saptansa da yağış verilerinde genellikle önemli azalış eğilimlerinin olmadığı gözlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmada elde edilen sonuçların bölgede gerçekleştirilen diğer çalışmalar ile benzerlik gösterdiği ve klimatolojik yağış açığı indisinin, çalışmada yer alan 15 istasyondan yalnızca 2'sinde artış eğiliminde olmasının, yıllık toplam yağış değerleri ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.

Diğer bir taraftan, ülkemizdeki yağış miktarları Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), El Nino Güneyli Salınım (ENSO), Kuzey Denizi – Hazar Deseni (NCP) gibi uzak etkileşim desenlerinden de etkilenmektedir (Ağbaş, 2019). Demircan vd. (2018), Türkiye sıcaklıklarının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) indisi ile ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, Türkiye sıcaklıkları ile NAO arasında Türkiye'nin yağışına benzer bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çalışma sonucunda, NAO'nun pozitif evresinde yağışlarda azalma ve negatif sıcaklık anomalileri; negatif evresinde ise yağışlarda fazlalık ve pozitif sıcaklık anomalilerinin gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Yarbaşı ve Martı (2019), Güneyli salınımın Yeşilirmak Havzası üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, yağış değerleri için Pettitt testi ile tespit edilen kırılma yıllarının, Güneyli salınımın indeks değerlerinin etkili olduğu yıllar ile benzerlik gösterdiği sonucuna varmışlardır. Görüldüğü gibi ülkemizde gelişen meteorolojik olaylar, birçok küresel uzak etkileşim deseninin etkisi altındadır. Bu durum, iklim değişikliğinin

tüm dünya ülkeleri için ortak bir sorun olduğunun ve küresel bir neden-sonuç ilişkisi sonucu ortaya çıktığının bir göstergesidir.

Turan (2018), kuraklığın yavaş başlayan ve ilerleyen bir olay olması nedeniyle, izlenmesinin ve analizinin büyük bir önem taşıdığını belirtmiştir. Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) (2015), Türkiye'nin 2040 yılında en çok su stresi yaşayacak 33 ülke arasında, 27'nci sırada olduğunu bildirmiştir. WRI (2019), su stresi yaşayan 164 ülkeyi yayımladığı başka bir raporunda, Türkiye'nin 32'nci sırada yer aldığını bildirmiştir. Bu bağlamda, mevcut çalışmalar, kuraklık senaryoları ve ülkemizin içinde bulunduğu iklim kuşağı da dikkate alındığında, Marmara Bölgesi'nin önümüzdeki yıllarda meydana gelebilecek muhtemel kuraklıklar karşısında riskli bir konumda olduğu görülmektedir.

6. ÖNERİLER

Sanayi devriminden günümüze, insan kaynaklı faaliyetlere bağlı olarak, atmosferde biriken sera gazı miktarı hızla artmaktadır. Atmosferde, sera gazlarının neden olduğu birikme sonucu ortaya çıkan sera etkisinin en önemli sonuçlarından birisi, yüzey sıcaklığının artmasıdır. Yarı kurak bir iklim kuşağında yer alan Türkiye de küresel iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde özellikle son yıllarda sıklıkla kuraklık analizi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışma ile ülkemizin en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olan Marmara Bölgesi'nin 1975-2018 yılları arasındaki tarımsal kuraklık analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre bölgenin önümüzdeki yıllarda yaşanabilecek kuraklık olaylarında risk altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Su kısıtının olduğu bölgelerde, evsel ve endüstriyel atık sular, sulama suyu kalitesi bakımından çok yüksek kaliteye ihtiyaç duyulmayan çayır, mera ve yeşil alanlar ile bazı tarım alanlarının sulanmasında kullanılabilir. Ancak atık suların kullanımı sırasında, sağlığa uygunluk ve halk tercihi konusunda taşıdığı riskleri en aza indirmek için uygun bitki, sulama yöntemi ve toprak bünyesinin seçilmesi, tarımsal yayım faaliyetleri aracılığı ile üreticinin eğitilmesi gerekmektedir. Su hasadı çalışmaları ile ilgili yayım çalışmaları gerçekleştirilmeli, tarımsal ve evsel kullanım başta olmak üzere, su tüketen herkes bu konuda bilinçlendirilmelidir.

Yüzey sulama yöntemleri yerine basınçlı sulama yöntemleri teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.

Ülkemizdeki tüm yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının yönetilmesinde yetkili kurum sıfatında olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yasal izni olmadan, kontrolsüz ve kaçak artezyen kuyuları açılarak yeraltı sularının bilinçsizce kullanılmasının önüne geçilmelidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar arttırılmalı, atmosferdeki sera gazı emisyonunun azaltılması için fosil yakıt sarfiyatının mümkün olduğunca azaltılması sağlanmalıdır. Çevreye daha az zararlı, alternatif enerji kaynakları tercih edilerek, sürdürülebilir bir enerji yönetimi hedeflenmelidir. Güneş ve rüzgâr enerji santralleri gerekli tedbirler alınarak yaygınlaştırılmalı ve temiz enerji kavramı mümkün olduğunca öncelikli hâle getirilmelidir.

Güncel bir su varlığı haritası oluşturularak üretim deseni kontrollü bir biçimde bu haritaya göre belirlenmelidir. Üretim deseni, akademik çalışmalar da dikkate alınarak; kısa, orta ve uzun vadeli üretim, tüketim, ihracat ve ithalat potansiyelleri gözetilerek oluşturulmalıdır.

Su kısıtının olduğu bölgelerde, çok su tüketen ürünlerin yerine susuzluğa karşı toleransı yüksek, kuraklığa dayanıklı ürünler tercih edilmelidir. Ayrıca bitki ıslahı çalışmaları yürütülürken, az su tüketen, kurak koşullarda görece yüksek verime sahip çeşitler üretmek hedeflenmelidir.

Klimatolojik yağış açığı indisi ya da farklı kuraklık indisleri ile tarımsal kuraklığın irdelenmesi, geniş ölçekte analiz edilmesi, kuraklığa karşı riskli bölgelerin belirlenmesi ve kuraklık yönetimi konusunda yapılan çalışmalar, günümüz koşullarında, son derece önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. and Wieringa, J.,** 2003, Guidelines on Climate Metadata and Homogenization, No. 53., World Meteorological Organization, Geneva, 51 p.
- Ağbaş, İ.,** 2019, Türkiye'nin Batısında Günlük Yağış Şiddetindeki Değişimler, Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 107 s.
- Alexandersson, H.,** 1986, A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data, *Journal of Climatology*, Vol: 06, 661–675 pp.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M.,** 1998, Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements, *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome.
- Altın, T.B. ve Barak, B.,** 2012, Seyhan Havzasında 1970-2009 yılları arasında yağış ve hava sıcaklığı değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 58, 21–34s. <https://doi.org/10.17211/tcd.65226>
- Arslantaş, E.E.,** 2017, Batı Anadolu'da Klimatik Büyüme Mevsimi Parametrelerinin Konumsal ve Zamansal Değişimleri, Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 46 s.
- Ataol, M. ve İçel, G.,** 2014, Türkiye'de Yıllık Ortalama Sıcaklıklar ile Yağışlarda Eğilimler ve Nao Arasındaki İlişkileri (1975-2009). *Coğrafya Dergisi / Journal Of Geography*, 28, 55–68 s.
- Bacanlı, Ü. G. ve Kargı, P.,** 2018, Uzun ve kısa süreli periyotlarda kuraklık analizi: Bursa örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(258), 166–174. <https://doi.org/10.21324/dacd.429391>
- Beyazıt, M.,** 1981, *Hidrolojide İstatistik Yöntemler*, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, 223s.
- Buishand, T.A.,** 1982, Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *J. Hydrol.* 58, 11–27 pp.
- Caloiero, T., Caloiero, P. and Frustaci, F.,** 2018, Long-term precipitation trend analysis in Europe and in the Mediterranean basin. In *Water and Environment Journal* (Vol. 32, Issue 3, pp. 433–445). <https://doi.org/10.1111/wej.12346>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cebeci, İ.**, 2019, Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*, 169–176 s. <https://doi.org/10.21657/topraksu.655613>
- Ceyhunlu, A.I. ve Aydın F.**, (2020). Yenilikçi Şen Trend Yöntemi ile Sakarya'nın Meteorolojik Verilerinin Eğilim Analizi, *İklim Değişikliği ve Çevre*. 5, (2) 1–7.
- Chang, M. and Lee, R.**, 1974, Objective Double-Mass Analysis, *Water Resources Research*, Vol. 10, No. 10.
- Conrad, V. and Pollak, C.**, 1950, *Methods in Climatology*. Harvard University Press, Cambridge.
- Çeribaşı, G.**, (2018), Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ile Analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6(3), 166–171. <https://doi.org/10.21541/apjes.431965>
- Dahmen, E.R. and Hall, M.J.**, 1990, *Screening of Hydrological Data: Tests for Stationary and Relative Consistency*, Netherlands.
- Demircan, M., Çiçek, İ. ve Gürkan, H.**, 2018, Türkiye Sıcaklıklarının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) İndisi İle TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, October, 1–14.
- Doğaner, S.**, 2019, “Marmara Bölgesi Coğrafyası” <https://avesis.istanbul.edu.tr/resume/downloadfile/sudogan?key=66e6da70-7462-4794-a961-a08c1af46313> (2019) (Erişim tarihi: 19 Aralık 2020)
- DSİ**, 2021, “*Toprak Su Kaynakları*” (2021) <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim tarihi: 24 Ocak 2021)
- Durdu, Ö.F.**, 2010, Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes River Basin, Western Turkey. *Turk J. Agric For*, 34, 319-332, TÜBİTAK.
- Em, A.**, 2005, "Hidrolojik Değişken Yağışa Göre GAP Bölgesindeki Kuraklığın Trend Analizi Bakımından İncelenmesi", D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 96 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gilbert, R.O.**, 1987, *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., USA, 320 p.
- Göktürk, O.M., Bozkurt, D., Şen, Ö.L. and Karaca, M.**, 2008, Quality Control and Homogeneity of Turkish Precipitation Data. *Hydrol. Process.* 22 (16) 3210-3218 pp.
- Hall, M.J.**, 2003, The Interpretation of non-homogeneous hydrometeorological time series: a case study. *Meteorological Applications*, 10:61-67 pp.
- Harmancıoğlu, N.B., Özkul, S.D. and Fıstıkoğlu, O.**, 1998, Data Analysis, 141-196, *Environmental Data Management (Water Science and Technology Library)*, Harmancıoğlu, N.B., Singh, V.P. and Alpaslan, M.N. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 298 p.
- Helsel, D.R. and Hirsch, R.M.**, 2002, *Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water-Resources Investigations of The United States Geological Survey, Book 4 Hydrological Analysis and Interpretations*, Chapter A3.
- Hınıs, M.A.**, 2016, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yer altı suyu ve Kuraklık Konferansı, Konya, Türkiye, 2008, 238-245 s.
- Homar, V., Ramis, C., Romero, R. and Alonso, S.**, 2010, Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 98: 199-211 pp.
- İlgar, R.**, 2010, Çanakkale’de kuraklık durumu ve eğilimlerinin standartlaştırılmış yağış indisi ile belirlenmesi *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 22, Temmuz - 2010, S. 183 – 204*
- IPCC**, 2014, “*Climate Change 2014 Synthesis Report*”(2014) https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf (Erişim tarihi: 23 Ekim 2020)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- İstanbulluoğlu, A., Bağdatlı M. C. ve Arslan, C.,** 2013, Uzun Yıllık Yağış Verilerinin Trend Analizi ile Değerlendirilmesi: Tekirdağ-Çorlu ilçesi Uygulaması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 70–78.
- Karabörk, Ç.,** 2007, Trends in drought patterns of Turkey, *Journal of Environmental Engineering Science*, 6:45-52pp.
- Karaer, M. ve Gültaş, H.T.,** 2018, Kuraklık Oluşumunun Bilecik İli'nde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 303–308.
- Karl, T.R. and Williams, C.N., Jr.,** 1987, An Approach to Adjusting Climatological Time Series for Discontinuous Inhomogeneities, *J. Clim. Appl. Meteorol.* 26, 1745–1761 pp.
- Koç, T. ve İrdem C.,** 2007, Türkiye'de yağışların şiddet bakımından zamansal ve alansal değişkenliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 49: 1-42.
- Kumanhoğlu, A. ve Fıstıkoğlu, O.,** 2019, Yukarı Gediz Havzası Yağışlarının Meteorolojik Kuraklık Analizleri. *DEÜ Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 21(62), 509–523 s.
<https://doi.org/10.21205/deufmd.2019216216>
- Kutiel, H. and Türkeş, M.,** 2017, Spatial and temporal variability of dryness characteristics in Turkey, *International Journal of Climatology*, Volume 37, Issue S1, August 2017, 818–828 pp.
- Lana, X., Serra, C. and Burgueno, A.,** 2001, Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain), *International Journal Of Climatology*, Vol. 21, 1669-1691pp.
- Markonis, Y., Batelis, S. C., Dimakos, Y., Moschou, E. and Koutsoyiannis, D.,** 2017, Temporal and spatial variability of rainfall over Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1–2), 217–232.
<https://doi.org/10.1007/s00704-016-1878-7>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mengü, G.P., Anaç, S., Akkuzu, E. ve Özçakal, E.,** 2015, Ege Bölgesinde Klimatolojik Yağış Açığı İndisinin Zamansal ve Mekânsal Değişimi, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, İzmir, P.No: 2010-ZRF-024.
- Mengü, G.P., Anaç, S., and Topçuoğlu, K.,** 2009, Analysis of Drought In The Marmara Region Using The Standardized Precipitation Index, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 18-No.5, 2009, 633-641 pp.
- Mengü, G.P., Yıldırım, T., Özçakal, E. and Akkuzu, E.,** 2018, Temporal Change of Climatological Precipitation Deficit Index in The Buyuk Menderes Basin, Turkey, *Climatology and Water Management, Agronomy Journal*, Volume III, Issue I, 336-342 pp.
- MGM,** 2020a, “İklim Değişimi” <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx> (Erişim tarihi: 29 Ekim 2020)
- MGM,** 2020b, “İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri” <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> (2020) (Erişim tarihi: 5 Aralık 2020)
- Mohrmann, J.C.J. and Kessler, J.,** 1959, Water deficiencies in European agriculture, ILRI Pub.5, Wageningen.
- Oğuz, K., Pekin, M.A. ve Çamalan, G.,** (2021), Muğla İlinde 1960-2018 Dönemi Kuraklık Analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(312), 89–100. <https://doi.org/10.21324/dacd.774955>
- Özçakal, E.,** 2014, Ege Bölgesi Yağış ve Sıcaklık Değerlerinin Zaman ve Mekân Boyutundaki Değişiminin İstatistiksel Analizi, Ege Üniversitesi Doktora Tezi, İzmir, 210 s.
- Özçelik, Ş.,** 2019, Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi, Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 61 s.
- Partal, T. ve Yavuz, E.,** (2020). Batı Karadeniz Bölgesinde Kuraklık İndisleri Üzerine Trend Analizi Uygulanması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(362), 345–353. <https://doi.org/10.21324/dacd.643161>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pettitt, A.N.**, 1979, A non-parametric approach to the change-point detection. *Appl. Statist.* 28, 126–135 pp.
- Salmi, T., Maatta, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. and Annell, T.**, 2002, Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates – The Excel Template Application MAKASENS, Publications on Air Quality, No: 31, The Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Semerci, A. ve Durmuş, E.** 2021, Türkiye’de yağlık ayçiçeği üretiminin analizi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 9(1), 56–62s.
- Smith, M.**, 1992, Cropwat Computer Program For Irrigation Planning and Management, FAO Irrigation and Drainage Paper 46, Rome, ISBN 92-510306-1.
- Şen, K. ve Aksu H.**, 2021, İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimi, *Teknik Dergi*, 2021 10495-10514.
- Tayanç, M. and Toros, H.**, 1997, Urbanization Effects on Regional Climate Change in the Case of Four Large Cities of Turkey, *Climate Change* 35, ss. 501-524 pp.
- Tomozeiu, R., Lazzeri, M. and Cacciamani, C.**, 2002, Precipitation fluctuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia- Romagna, Italy. *Theoretical and Applied Climatology* 72: 221-229 pp.
- Tonkaz, T.**, 2008, Birinci dereceden Markov zinciri ile Güneydoğu Anadolu Projesi alanında kuraklık analizi, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1), s.13-18.
- Türkeş, M. ve Deniz, Z. A.**, 2011, Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Bat Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsani Bilimler Dergisi*, 8(1), 1579–1600.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Türkeş, M.**, 2017, Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlemesi, *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(2), 47–70 s.
- Türkeş, M.**, 2020, İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri: bilimsel bir değerlendirme, *Ege Coğrafya Dergisi* 29 (1), 2020, 125-149
- Wijngaard, J.B., Klein Tank, A.M. and Können, G.P.**, 2003, Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature And Precipitation Series, *International Journal of Climatology*, Vol:23, DOI: 10.1002/joc.906, 679-692 pp.
- Wilhite, D.A. and Glantz, M.A.**, 1985, Understanding the drought phenomenon the role of definitions, *Water International*, Vol.10, 111-120 pp.
- WWF**, 2014, “Türkiye'nin Su Riskleri Raporu” (2014) http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri_raporu_web.pdf (Erişim tarihi: 28 Ekim 2020)
- Yarbaşı, G.E. ve Martı, A.İ.**, 2019, Güneyli Salınımın Yeşilirmak Havzası Üzerindeki Etkileri, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı 2(3): 112-121.
- Yerdelen, C., Aşıkoğlu, Ö.L. ve Çiflik D.**, 2011, Ege Bölgesi yıllık toplam yağışların analizi, 5. *Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İstanbul, 1:189-197 s.
- Yeşilirmak, E. and Atatanır, L.**, 2017, Spatial and temporal patterns of dry spells in western Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 76(17), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6934-9>
- Yeşilirmak, E., Akçay, S., Dağdelen, N., Gürbüz, T. and Sezgin, F.**, 2009, Quality control and homogeneity of annual precipitation data in Büyük Menderes Basin, Western Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 18, No. 9a, 1748-1757 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. and Cavadias, G.,** 2002, The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16: 1807-1829 pp.
- Yürekli, K. ve Anlı, A.S.,** 2016, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi, 246-251 s.
- Zeybekoğlu, U. ve Karahan, H.,** 2018, Investigation of Rainfall Intensity Series of Standart Duration with Trend Analysis Methods. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(6), 974–1004. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.54265>
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D. and Yuzyk, T.R.,** 2001, Trends in Canada streamflow, *Water Resources Research*, 37, 987-998 pp.
- Zhao, H., Gao, G., An, W., Zou,X., Li, H. and Hou, M.,** 2017, Timescale differences between SC-PDSI and SPEI for drought monitoring in China, *Physics and Chemistry of the Earth, Physics and Chemistry of the Earth*, 102 (2017), 48-58 p.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince, çok kıymetli fikirleri ile bana yol gösteren, çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ'ye; çok değerli yardımları ve sağladığı motivasyon ile çalışmamın tamamlanmasında çok büyük katkısı olan Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Erhan AKKUZU'ya; tez çalışmam boyunca bilgi birikimini ve tecrübelerini cömertçe paylaşan, Sayın Arş. Gör. Dr. Emrah ÖZÇAKAL'a ve son olarak mesleğimi kendilerine borçlu olduğum, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Başkanlığının tüm değerli akademisyenlerine teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, yüksek lisans öğrenim sürecimin ilk gününden itibaren her türlü fedakârlığı gösteren, en büyük destekçim, değerli eşim Meltem YILDIRIM'a, moral kaynağım, kızım Leyla YILDIRIM'a, desteğini her daim yanımda hissettiğim, kardeşim Merve SİPAHİOĞLU'na, önümüzdeki günlerde dünyaya gelecek olan oğlum Güney'e, sevimli yeğenim Kuzey'e, çalışkanlığı ile yegâne ilham kaynağım, babam Mehmet Vehbi YILDIRIM'a ve bugünlere gelmemi sağlayan, hakkını asla ödeyemeyeceğim annem Ayşe YILDIRIM'a sonsuz teşekkür ederim.

02/03/2021

Tevfik YILDIRIM

ÖZGEÇMİŞ

2007 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği lisans programında öğrenimine başladı.

2010 yılında IASTE programı kapsamında, Almanya'da bulunan Justus Liebig Üniversitesinde burslu öğrenci olarak zorunlu yaz stajını tamamladı. 2012 yılında Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı lisans programından mezun oldu.

2013 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde, Yozgat ilinde bulunan Yerköy İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak göreve başladı. 2015-2017 yılları arasında İzmir ili Karaburun ilçesinde görev yaptı. 2017 yılından itibaren Bornova İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğünde görevine devam etmektedir.

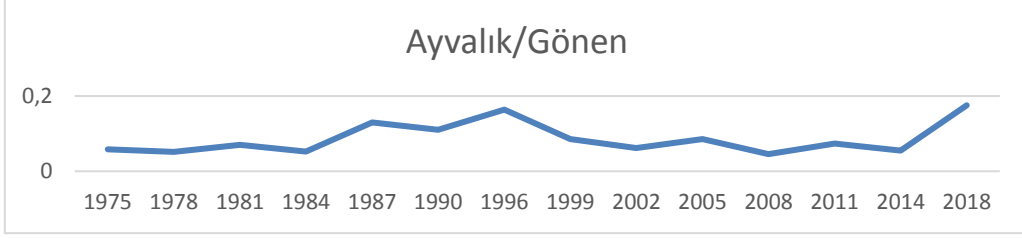
EKLER

- EK 1** Referans evapotranspirasyon (ET_0) değerinin hesaplanmasında kullanılan iklim elemanlarına uygulanan grafiksel analize ilişkin logaritmik grafikler.
- EK 2** Korelasyon katsayıları ve yağış açığı serilerine ilişkin otokorelasyon grafikleri.

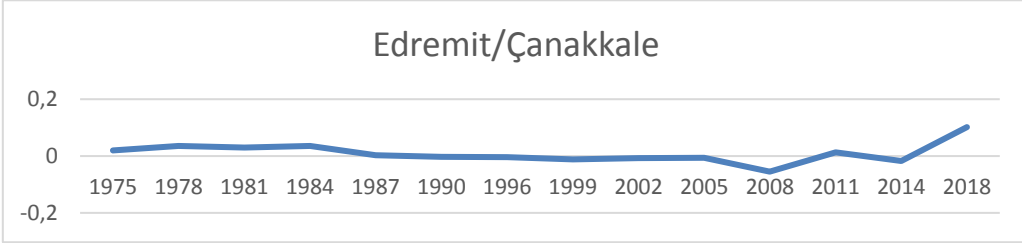


EK 1

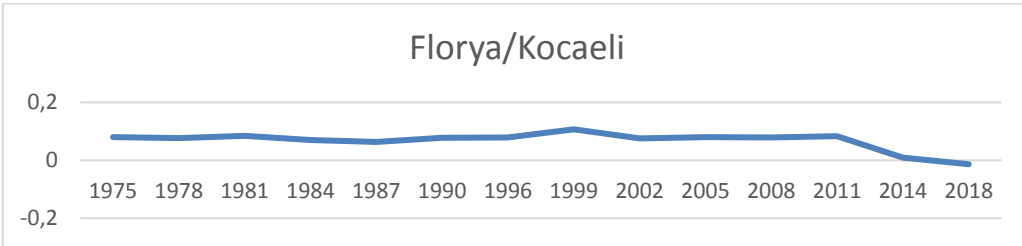
Ek 1.1 Ayvalık-Gönen istasyonlarının güneşlenme süresi verilerine ait logaritmik grafik.



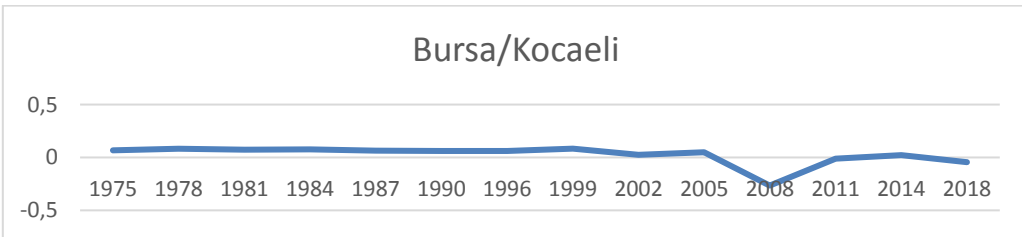
Ek 1.2 Edremit-Çanakkale istasyonlarının güneşlenme süresi verilerine ait logaritmik grafik.



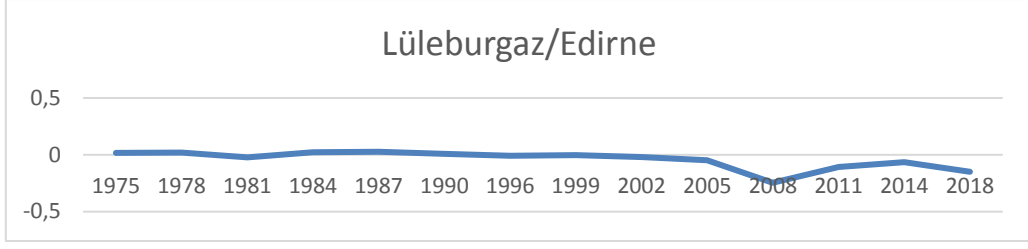
Ek 1.3 Edremit-Çanakkale istasyonlarının güneşlenme süresi verilerine ait logaritmik grafik.



Ek 1.4 Bursa-Kocaeli istasyonlarının güneşlenme süresi verilerine ait logaritmik grafik.



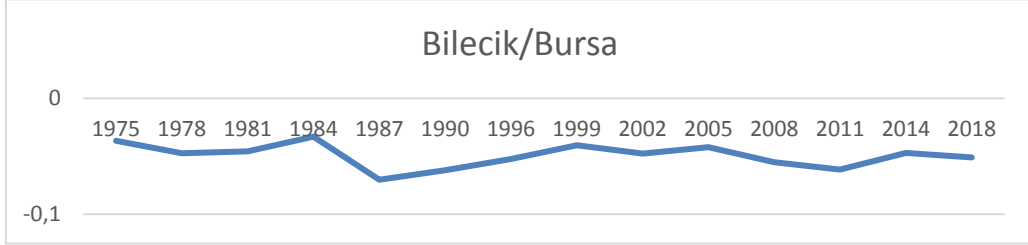
Ek 1.5 Lüleburgaz-Edirne istasyonlarının güneşlenme süresi verilerine ait logaritmik grafik.



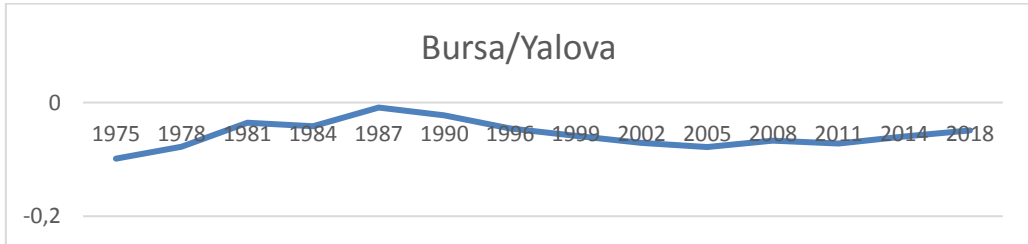
Ek 1.6 Ayvalık-Gönen istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



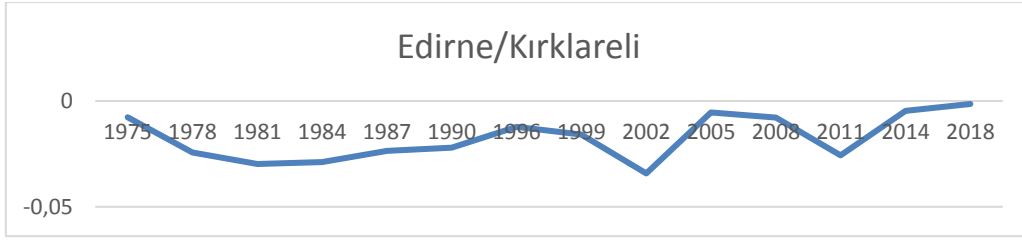
Ek 1.7 Bilecik-Bursa istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



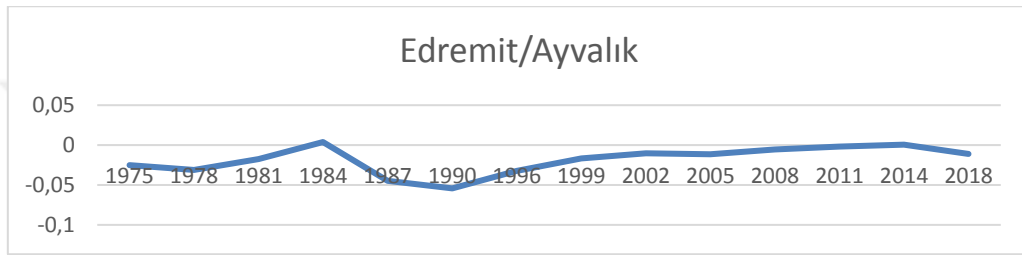
Ek 1.8 Bursa-Yalova istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



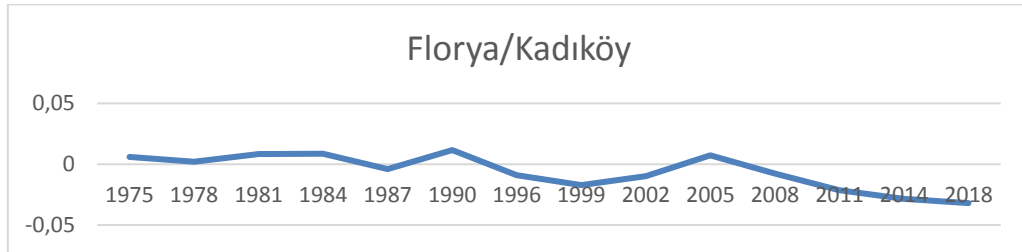
Ek 1.9 Edirne-Kırklareli istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



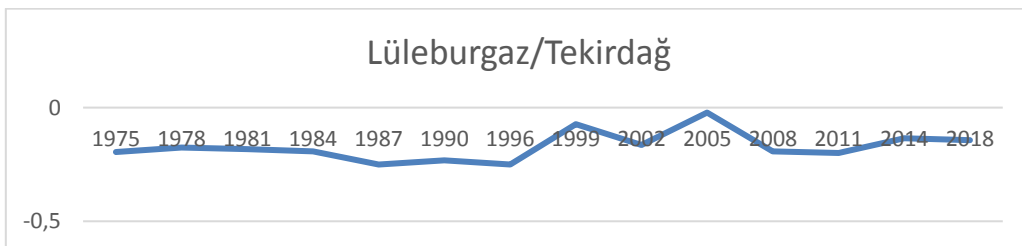
Ek 1.10 Edremit-Ayvalık istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



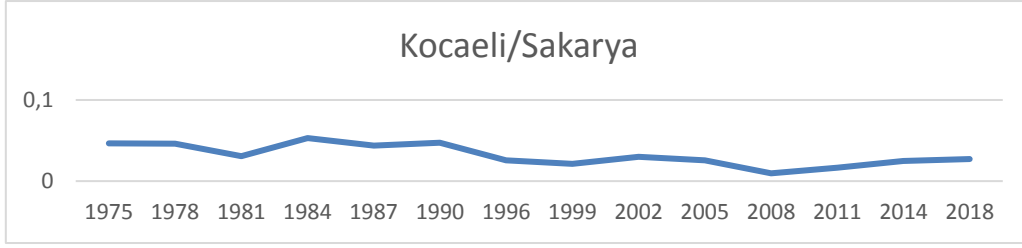
Ek 1.11 Florya-Kadıköy istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



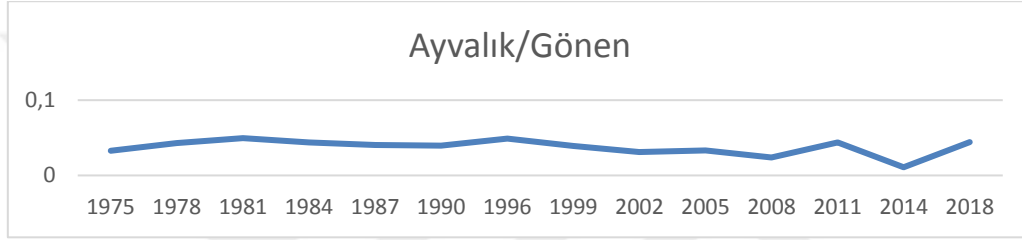
Ek 1.12 Lüleburgaz-Tekirdağ istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



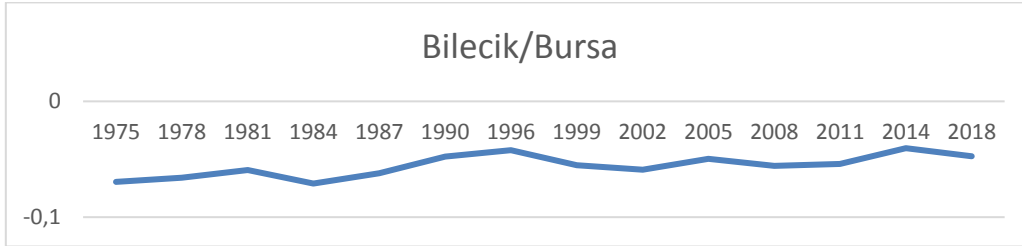
Ek 1.13 Kocaeli-Sakarya istasyonlarının minimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



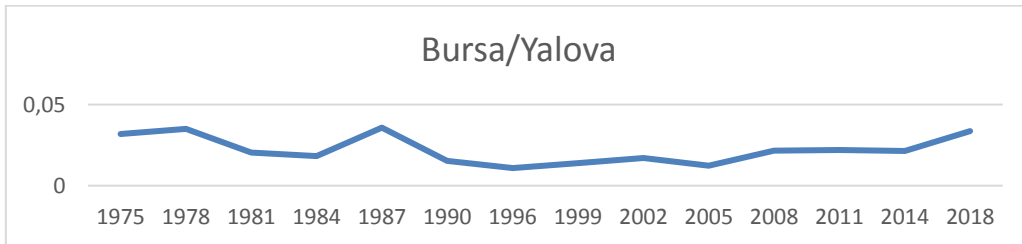
Ek 1.14 Ayvalık-Gönen istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



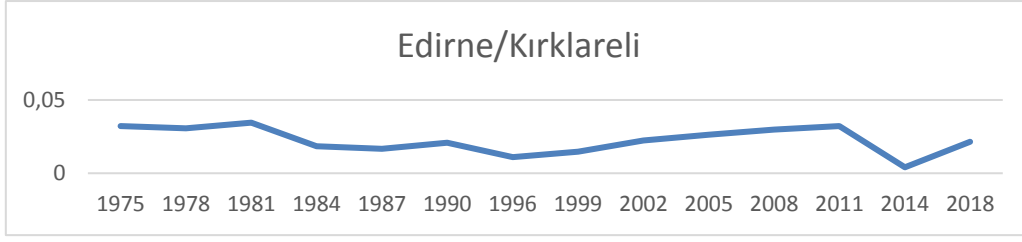
Ek 1.15 Bilecik-Bursa istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



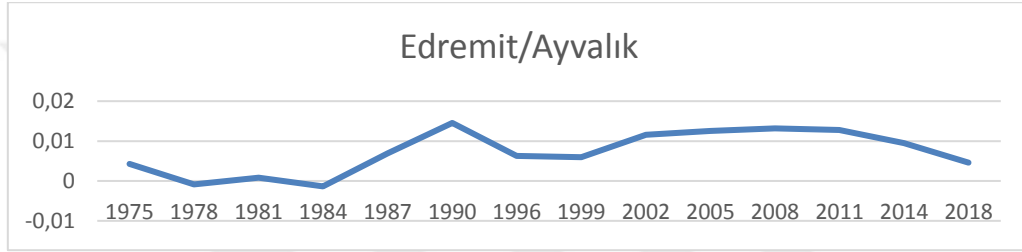
Ek 1.16 Bursa-Yalova istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



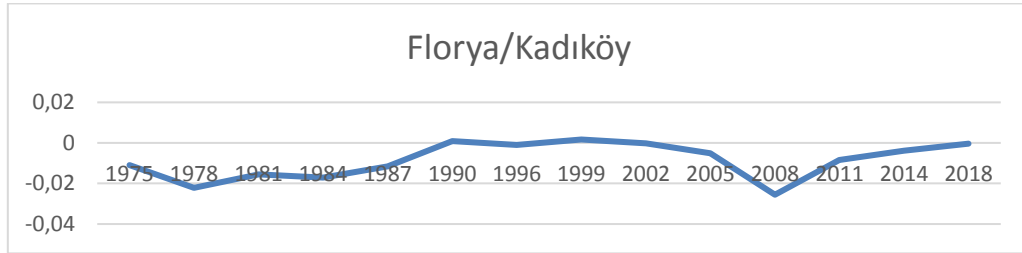
Ek 1.17 Edirne-Kırklareli istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



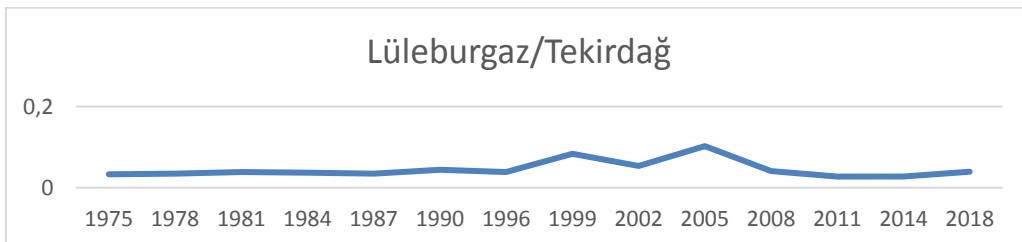
Ek 1.18 Edremit-Ayvalık istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



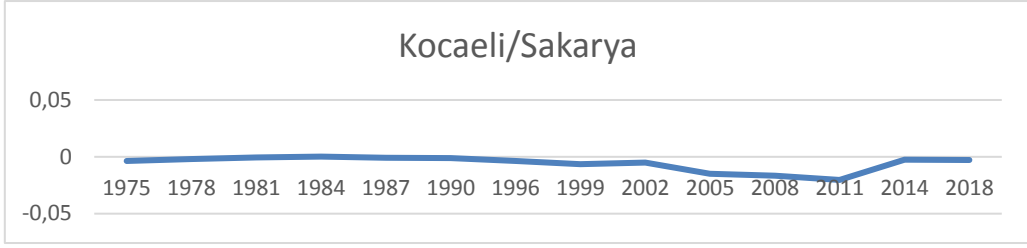
Ek 1.19 Florya-Kadıköy istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



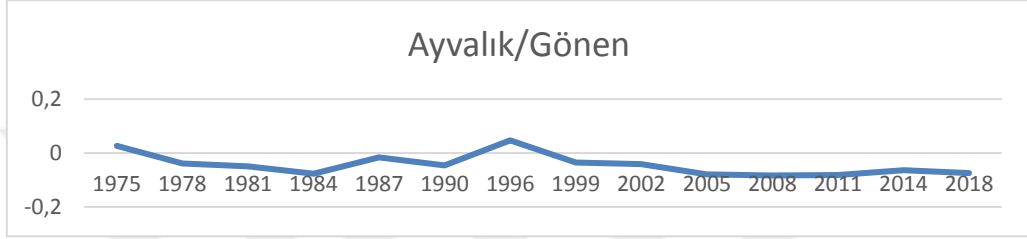
Ek 1.20 Lüleburgaz-Tekirdağ istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



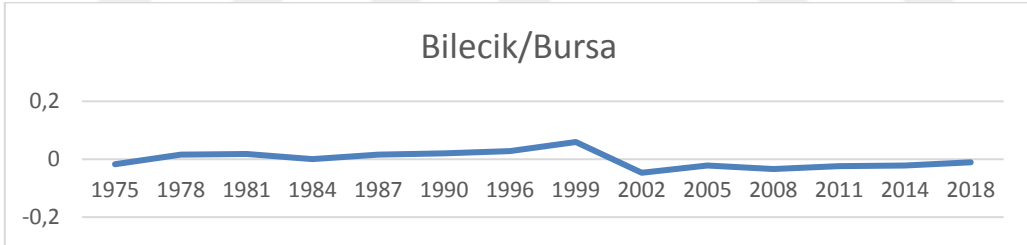
Ek 1.21 Kocaeli-Sakarya istasyonlarının maksimum sıcaklık verilerine ait logaritmik grafik.



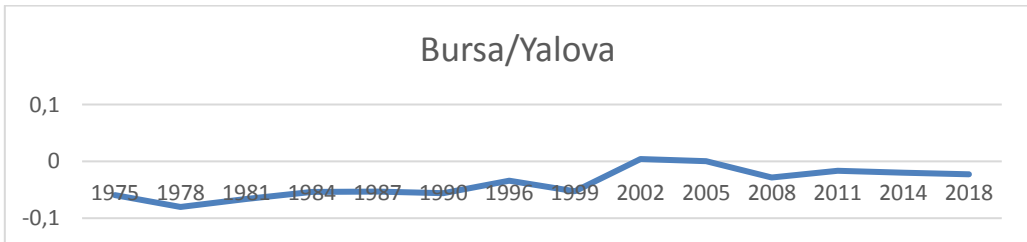
Ek 1.22 Ayvalık-Gönen istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



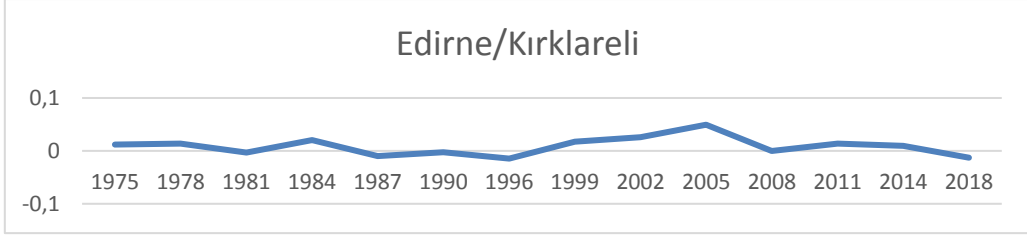
Ek 1.23 Bilecik-Bursa istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



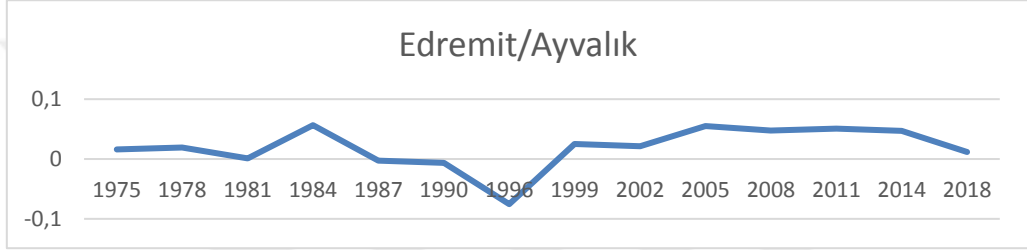
Ek 1.24 Bursa-Yalova istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



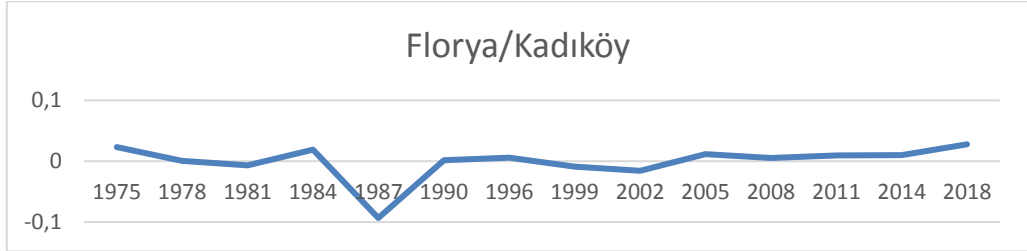
Ek 1.25 Edirne-Kırklareli istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



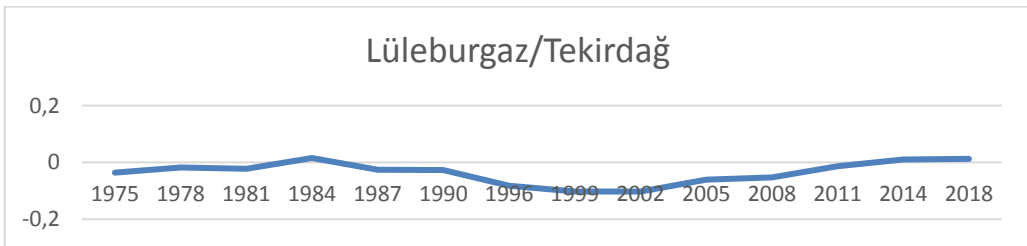
Ek 1.26 Edremit-Ayvalık istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



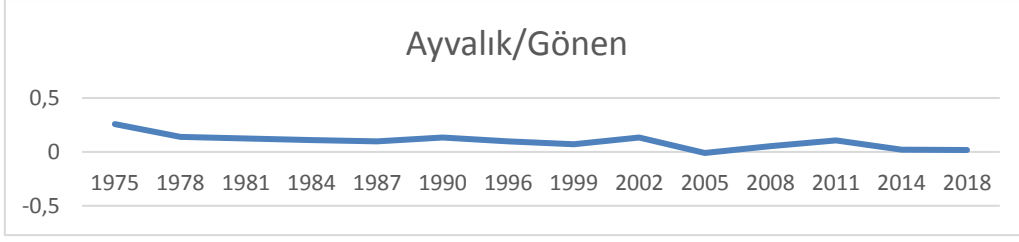
Ek 1.27 Florya-Kadıköy istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



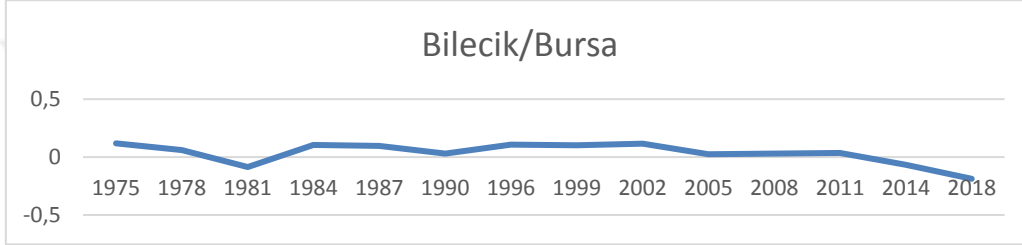
Ek 1.28 Lüleburgaz-Tekirdağ istasyonlarının oransal nem verilerine ait logaritmik grafik.



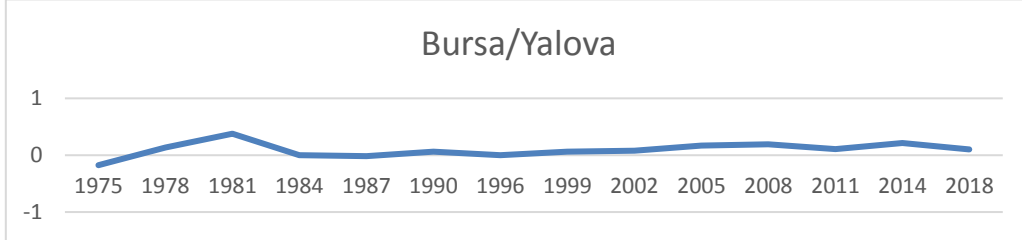
Ek 1.29 Ayvalık-Gönen istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



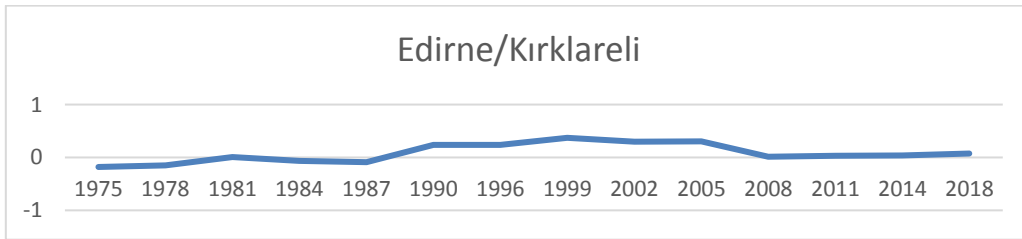
Ek 1.30 Bilecik-Bursa istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



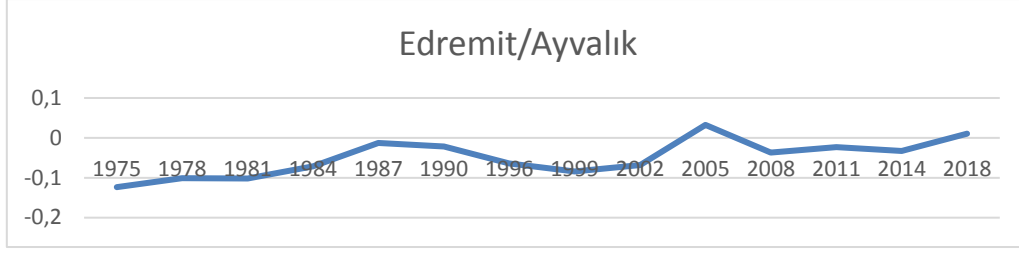
Ek 1.31 Bursa-Yalova istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



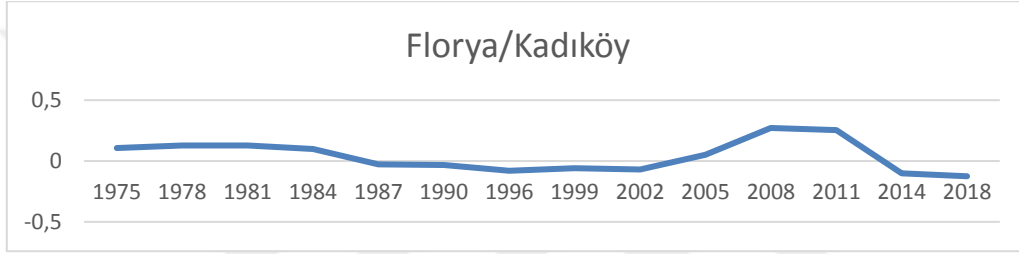
Ek 1.32 Edirne-Kırklareli istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



Ek 1.33 Edremit-Ayvalık istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



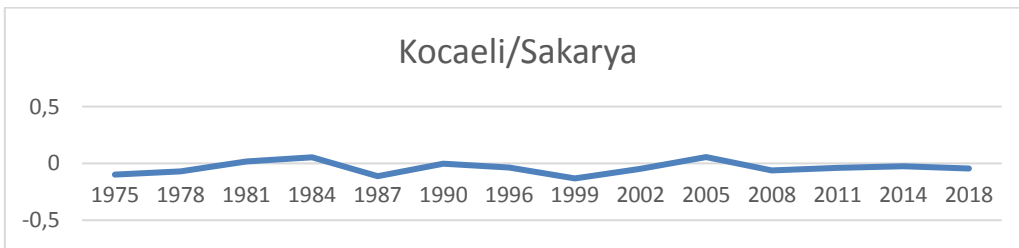
Ek 1.34 Florya-Kadıköy istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



Ek 1.35 Lüleburgaz-Tekirdağ istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.



Ek 1.36 Kocaeli-Sakarya istasyonlarının rüzgâr hızı verilerine ait logaritmik grafik.

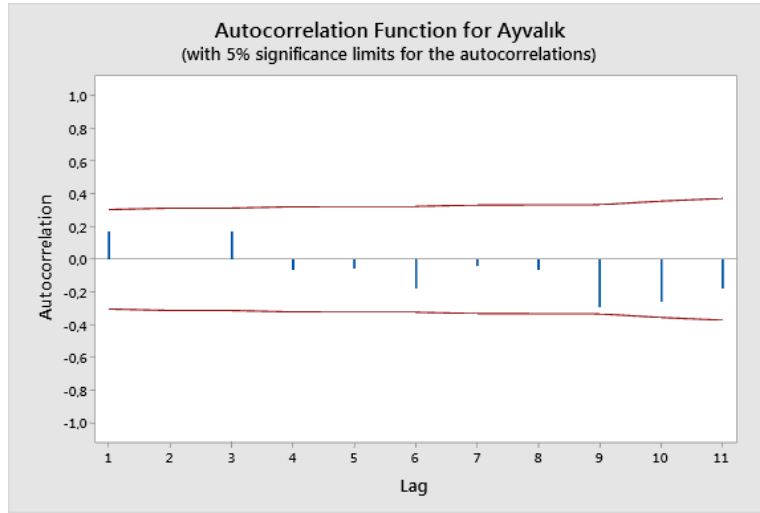


EK 2

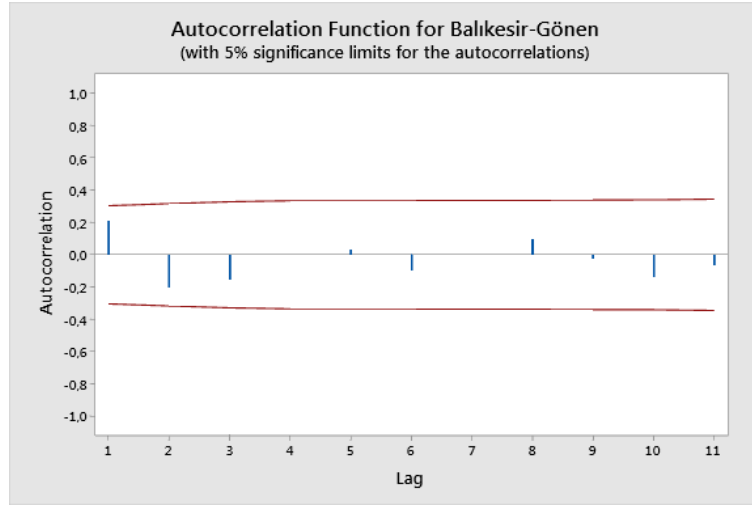
Ek 2.1 Otokorelasyon katsayıları.

İstasyon Adı	Otokorelasyon Katsayısı	Seri Korelasyon
Ayvalık	0,170	Yok
Gönen	0,209	Yok
Bilecik	0,347	Var
Bursa	0,122	Yok
Çanakkale	0,052	Yok
Edirne	-0,043	Yok
Edremit	0,272	Yok
Florya	0,234	Yok
Kadıköy	0,194	Yok
Kırklareli	0,014	Yok
Kocaeli	0,416	Var
Lüleburgaz	0,130	Yok
Sakarya	0,333	Var
Tekirdağ	0,007	Yok
Yalova	-0,018	Yok

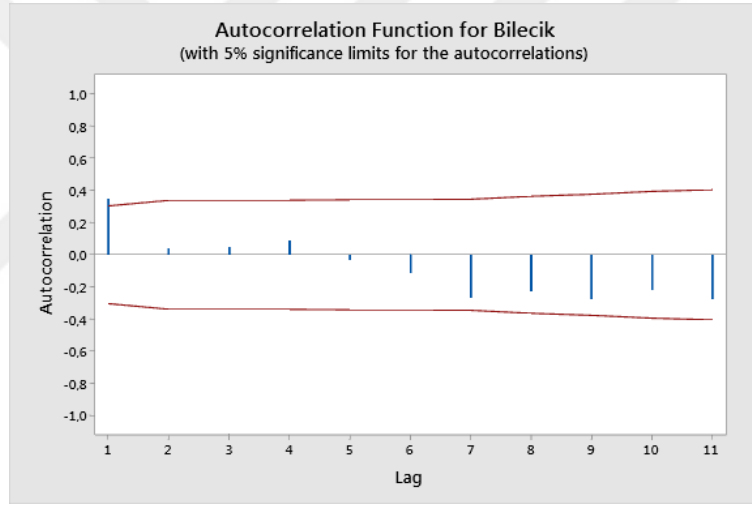
Ek 2.2 Ayvalık istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



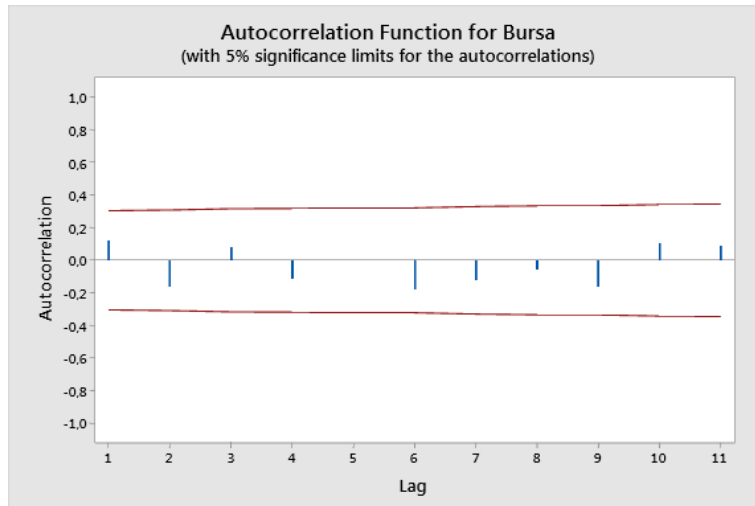
Ek 2.3 Gönen istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



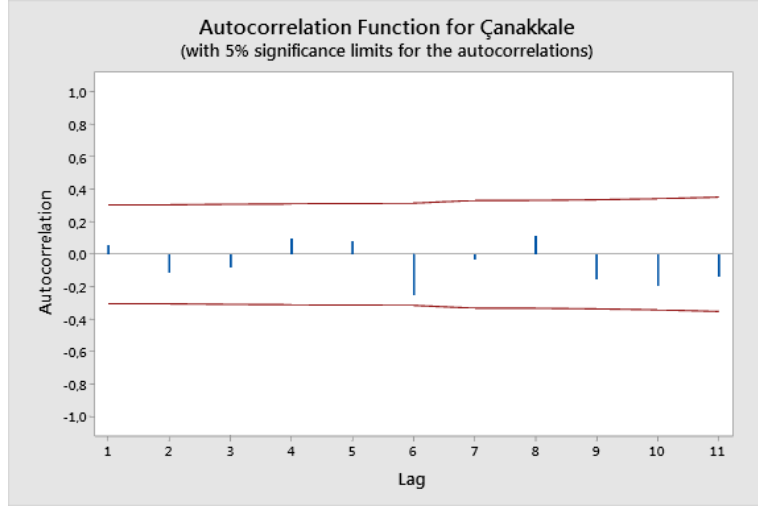
Ek 2.4 Bilecik istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



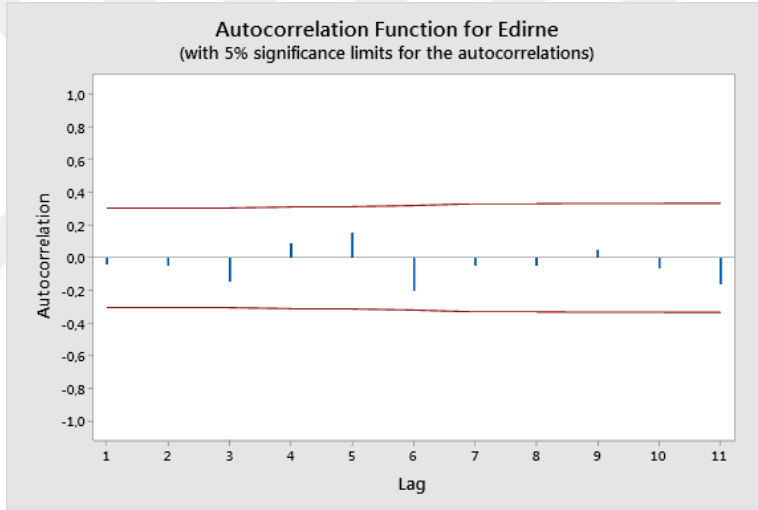
Ek 2.5 Bursa istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



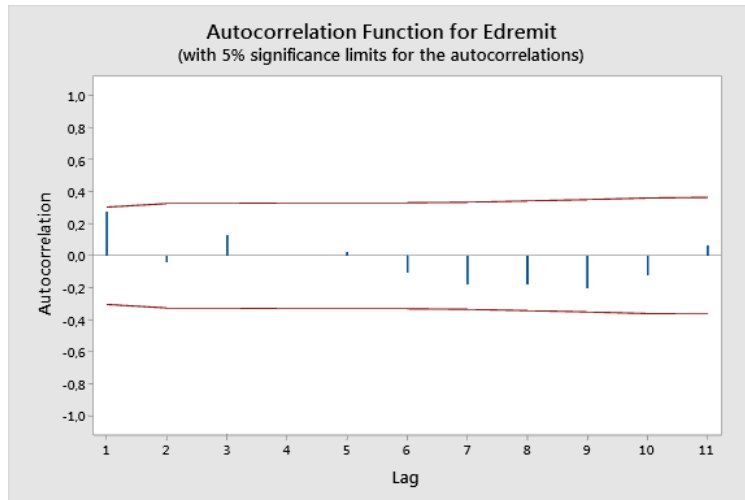
Ek 2.6 Çanakkale istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



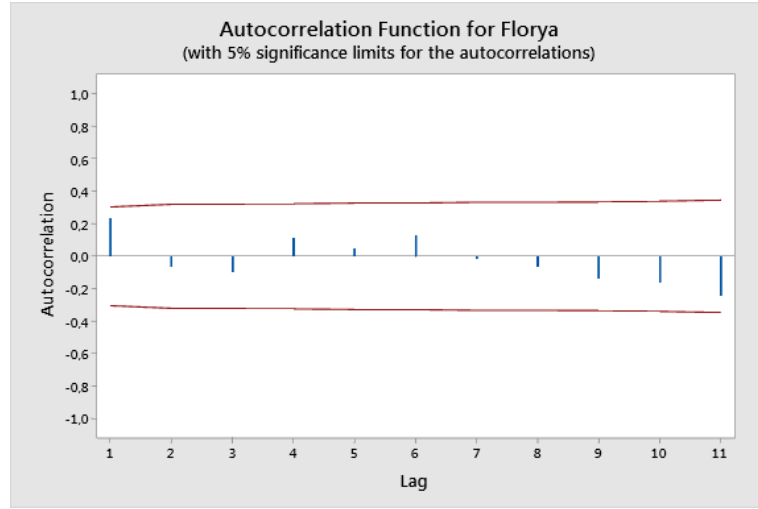
Ek 2.7 Edirne istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



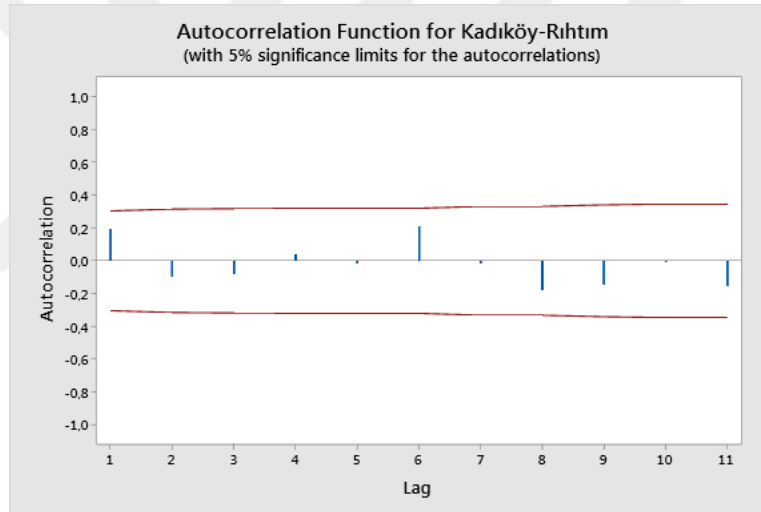
Ek 2.8 Edremit istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



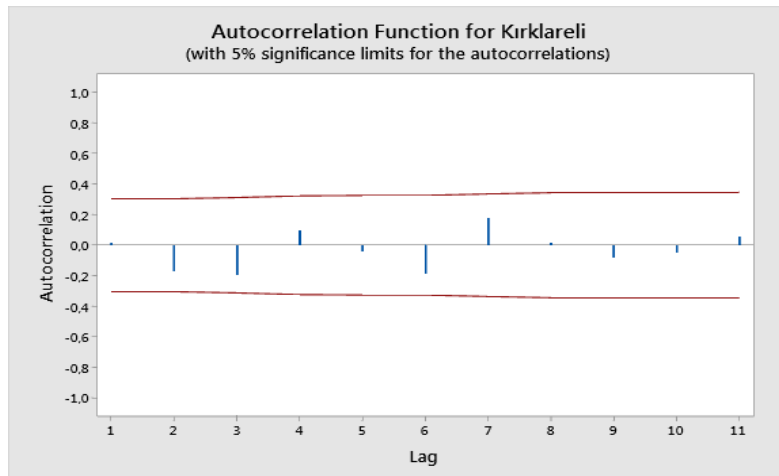
Ek 2.9 Florya istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



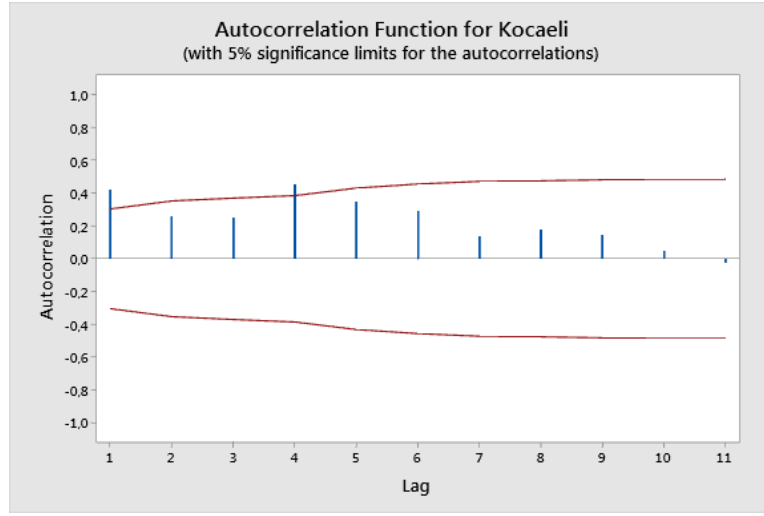
Ek 2.10 Kadıköy istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



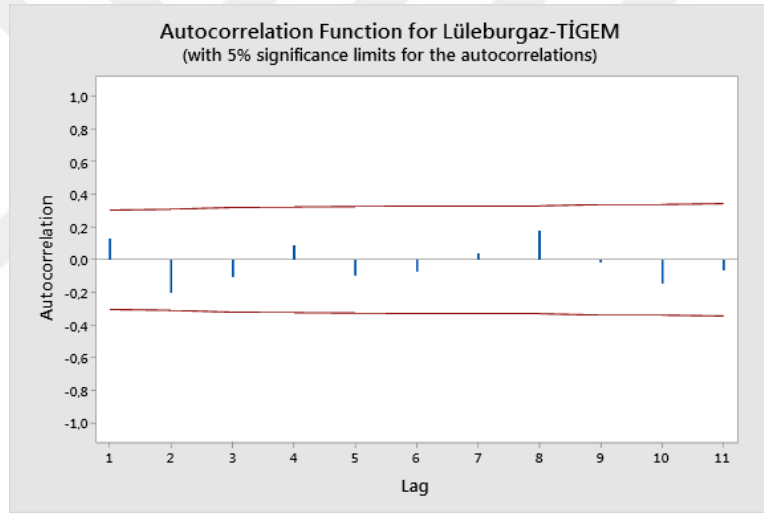
Ek 2.11 Kırklareli istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



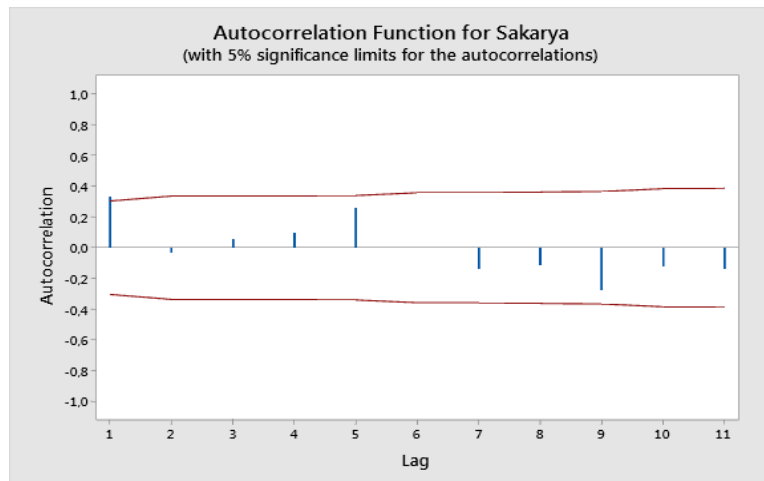
Ek 2.12 Kocaeli istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



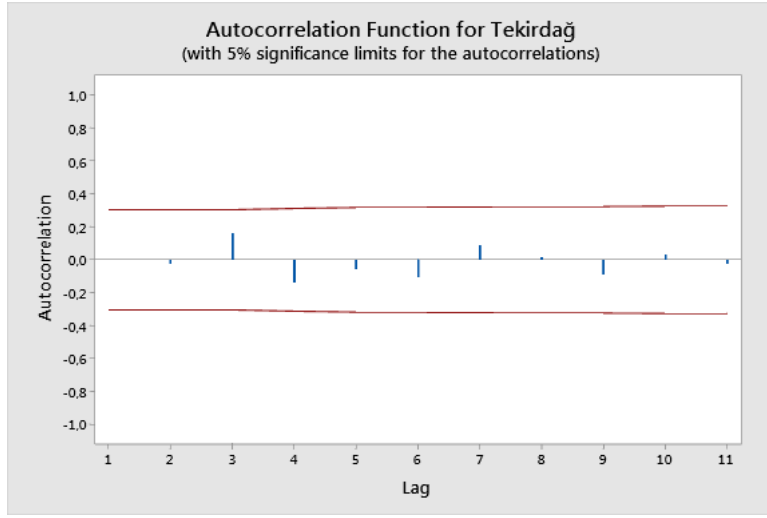
Ek 2.13 Lüleburgaz istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



Ek 2.14 Sakarya istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



Ek 2.15 Tekirdağ istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.



Ek 2.16 Yalova istasyonunun PD değerine ait otokorelasyon grafiği.

