

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SAKARYA HAVZASININ İKLİM PARAMETRELERİNDEKİ
DEĞİŞKENLİĞİN TREND YÖNTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat CUMA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İyad CEYHUNLU

Haziran 2024

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SAKARYA HAVZASININ İKLİM PARAMETRELERİNDEKİ
DEĞİŞKENLİĞİN TREND YÖNTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat CUMA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 24/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İyad CEYHUNLU	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Gökmen ÇERİBAŞI	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Beytullah EREN	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Murat CUMA

24/06/2024

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez yazımı sürecinin her aşamasında bilgi, destek, yönlendirmesi ve deneyimlerinden yararlandığım, değerli danışman hocam Dr. Ahmet İyad CEYHUNLU teşekkürlerimi sunarım.

Tez Çalışmasında araştırmanı planlanmasından ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Gökmen ÇERİBAŞI'na, destek olan bölüm başkanım ve tüm hocalarıma ve araştırmada kullandığım veriler için Meteoroloji Genel Müdürlüğü personellerine teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca bana destek olan ailem ve yanımda duran arkadaşlarıma bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
SİMGELER	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x

BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1

BÖLÜM 2.	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4

BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT	12
3.1. Çalışma Bölgesi	12
3.1.1. Meteorolojik Veriler	14
3.2. Metot	23
3.2.1. Serisel Krelasyon yöntemi	23
3.2.2. Pre-Whitenend yöntemi	24
3.2.3. Pearson Korelasyon Katsayısı.....	24
3.2.4. Mann-Kendall yöntemi	25
3.2.5. Sen's Slope yöntemi.....	27
3.2.6. Sperman's Rho yöntemi.....	27
3.2.7. Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA) yöntemi.....	28

BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
4.1. Serisel Krelasyon Analizi.....	30
4.2. Pearson Korelasyon Katsayısı Analizi	31
4.3. Yağış Verileri Trend Analizleri	32
4.3.1. Mann-Kendall Yöntemi	32
4.3.2. Spearman’s Rho Yöntemi	34
4.3.3. Sen’s Slope Yöntemi.....	35
4.3.4 Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA).....	37
4.4. Sıcaklık Verileri Trend Analizleri.....	40
4.4.1. Mann-Kendall Yöntemi	40
4.4.2. Spearman’s Rho Yöntemi	41
4.4.3. Sen’s Slope Yöntemi.....	43
4.4.4 Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA).....	44
4.5. Nispi Nem Verileri Trend Analizleri	47
4.5.1. Mann-Kendall Yöntemi	47
4.5.2. Spearman’s Rho Yöntemi	49
4.5.3. Sen’s Slope Yöntemi.....	51
4.5.4 Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA).....	52
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	62

KISALTMALAR

ARDL	: Otomatik Gerileyen Dağıtım Gecikmesi
AO	: Arktik salınım
CFC	: Kloroflorokarbon
CETA	: Kesişen Deneysel Trend Analizi
CO ₂	: Karbon dioksit
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EVI	: Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi
EWEs	: Aşırı hava olayları
GEE	: Google Earth Engine
IPTA	: Yenilikçi Poligon Trend Analizi
ITA	: Yenilikçi Trend Analizi
ITTA	: Üçgen Trend Analizi Yöntemi
ITPAM	: Yenilikçi Eğilim Pivot Analiz Yöntemi
IPCC	: İklim Değişikliği Paneli
ITA	: Yenilikçi Trend Analizi
IST	: Innovative-Sen trend
Km ²	: Kilometrekare
LST	: kara yüzey sıcaklığı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	: Mann-Kendall

MODIS	: Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektro-radyo-metresi
NDVI	: Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
TPSCM	: Trend Poligon Yıldız Metodu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
UV	: Ultraviyole
3D-ITA	: Üç Boyutlu Yenilikçi Trend Analizi



SİMGELER

α	: Anlamlılık Düzeyi
$^{\circ}\text{C}$: Santigrat Derece
H_0	: Sıfır Hipotezi
km^2	: kilometre kare
M	: $X_i > X_j$ veri çiftler sayısının simgesi
n	: Terim Sayısı
P	: $X_i < X_j$ veri çiftler sayısının simgesi
Q_i	: Sens slope eğim tahmini
r_p	: Pearson korelasyon katsayısı
r_k	: Serisel korelasyon katsayısı
r_s	: Spearman'ın Rho testi istatistiği
S	: Mann-Kendall test istatistiği
S_U	: CETA üst eğim çizgisi
S_L	: CETA alt eğim çizgisi
τ	: Kendall Korelasyon Katsayısı
$\text{Var}(S)$: S Değerinin Varyansı
ρ	: Rho
Z	: Standart normal değişken
$Z_{\alpha/2}$: α anlamlılık düzeyi için normal dağılımın kritik değeri
$^{\circ}$: Derece

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1: Sakarya Havzası Veri Alınan Metroloji İstasyonlarına Ait Bilgiler.....	15
Tablo 4.1: Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış Verileri İçin Serisel Korelasyon Test Sonuçları.	30
Tablo 4.2: Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış Verileri İçin Pearson Korelasyon Katsayısı Test Sonuçları.	31
Tablo 4.3: Toplam Yağış Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.	32
Tablo 4.4: Toplam Yağış Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.	34
Tablo 4.5: Toplam Yağış Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.	35
Tablo 4.6: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.	40
Tablo 4.7: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.....	41
Tablo 4.8: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.	43
Tablo 4.9: Ortalama Nispi Nem Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.	48
Tablo 4.10: Nispi Nem Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.	49
Tablo 4.11 : Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Buz çekirdeklerinden (mavi/yeşil) ve doğrudan (siyah) ölçülen son 800.000 yıldaki CO2 konsantrasyonları (Nature 2005,)	2
Şekil 3.1: Sakarya Havzasının Konumu	13
Şekil 3.2: Sakarya Havzası (Sakarya Havzası Taşkın Yönetim Planı, 2018).	14
Şekil 3.3: Sakarya Havzasının İçinde Metroloji İstasyonların Dağılımı (Sakarya Havzası Taşkın Yönetim Planı, 2018).	15
Şekil 3.4: Yağış aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (mm=kg÷m ²)	16
Şekil 3.5: Nispi nem ortalama veri diyagramları 1991-2022 (%).....	19
Şekil 3.6: Sıcaklık aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (°C)	21
Şekil 3.7: CETA örnek çalışması grafiği.	29
Şekil 4.1: Mann-Kendall Yağış Trend Durumun yüzdesi.....	33
Şekil 4.2: Spearman's Rho Yağış Trend Durumun yüzdesi	35
Şekil 4.3: Sen's Slope Yağış Trend Durumun yüzdesi.....	36
Şekil 4.4 : Toplam Yağış Verilerinin CETA Grafiği	37
Şekil 4.5: CETA Yağış Durum Trend Yüzdesi.....	39
Şekil 4.6: Mann-Kendall Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi.....	41
Şekil 4.7: Spearman's Rho Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi.....	42
Şekil 4.8: Sen's Slope Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi	44
Şekil 4.9: Ortalama Sıcaklık Verilerinin CETA Grafiği.....	44
Şekil 4.10: CETA Ortalama Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi.....	47
Şekil 4.11: Mann-Kendall Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi.....	49
Şekil 4.12: Spearman's Rho Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi	50
Şekil 4.13: Sen's Slope Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi.....	52
Şekil 4.14 : Nispi Nem Verilerinin CETA Grafiği	52
Şekil 4.15: CETA Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi	55
Şekil 4.16: çalışmadaki kullanılan tüm trend analiz yöntemlerin özeti	56
Şekil 4.17: Yağış, Ortalama Sıcaklık ve Nispi Nem radar grafikleri.....	56

SAKARYA HAVZASININ İKLİM PARAMETRELERİNDEKİ DEĞİŞKENLİĞİN TREND YÖNTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Son yıllarda, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazların iklim üzerindeki etkisi belirgin şekilde ortaya çıkmaya başlamıştır. Atmosferde doğal şekilde belirli oranlarla bulunan sera gazların dengesi, Sanayi devrinden itibaren bozulmaya başlamıştır. 18. Yüzyıldan itibaren sera gazların oranları extrem değerlere ulaşmıştır. Ayrıca, üretim miktarlarındaki artış ve doğal kaynakların yanlış kullanımından kaynaklanan çevre kirliliği, iklime bağlı afetlerin sayılarında artışlara ve doğada yaşayan bazı türlerin tükenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, Sakarya Meteoroloji Havzası ele alınarak iklim parametreleri incelenmiştir. Günlük hayatımızda en etkili olan parametreler arasından; yağış miktarı, sıcaklık ve nispi nem verilerinde aylık trend araştırması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. 17 farklı meteoroloji istasyonundan 1991-2022 yılları arasında ölçülmüş veriler kullanılmıştır. Çalışmada verilerin arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Katsayısı ve Serisel korelasyon yöntemleri kullanılarak araştırılmış ve verilerin trend analizi Sen's Slope, Mann-Kendall, Spearman's Rho ve CETA yöntemleri ile incelenmiştir. Analiz sonucunda, Nispi Nem verilerinin %33'ünde azalan trend olduğu, %21'inde artan trend olduğu ve %46'sında trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Sıcaklık verilerinin %1'inde azalan trend olduğu, %34'ünde artan trend olduğu ve %65'inde trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Yağış verilerin %20'sinde azalan trend olduğu, %20'sinde artan trend olduğu ve %60'ında trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonucunda, CETA P çizgisi sonucu Sen's Slope ve Mann-Kendall yöntemlerin sonuçlarına çok yakın olduğunu tespit edilmiştir; CETA üst ve alt çizgileri maksimum ve minimum değerlere bakarak trend durumu farklı açıdan değerlendirerek önemli tespitlere varılmıştır. Sıcaklık verilerinde artan trend net bir şekilde olduğu sonucuna varılmaktadır. Sıcaklık verilerindeki bu artışlara karşın; yeşil alanların korumasına ve genişletmesi büyük önem taşımaktadır. Nispi nem verilerinde ise azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır. Nem verilerindeki azalma ile sıcaklık verilerindeki artış, açık su yüzeylerinden buharlaşmayı arttırabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle su kaynaklarında meydana gelebilecek azalmalara önlemler alınmalıdır. Yağış verilerinde düzensizliklerin arttığı sonucuna varılmıştır. Bu düzensizliklerin artmasıyla birlikte sel veya kuraklık dalgaları meydana gelme olasılığı artmaktadır. Bunun sonucunda bölgedeki tarım sektörü tehdit altında kalması söz konusudur.

Anahtar Kelimeler: Sakarya Havzası, İklim değişikliği, Spearman's Rho, Mann-Kendall, Sen's Slope, CETA, Pearson Korelasyon Katsayısı, Yağış, Sıcaklık, Nispi Nem.

INVESTIGATION OF VARIABILITY IN CLIMATE PARAMETERS OF SAKARYA BASIN WITH TREND METHODS

ABSTRACT

In recent years, the impact of greenhouse gases caused by human activities on the climate has begun to emerge significantly. The balance of greenhouse gases, which are naturally present in the atmosphere in certain proportions, has started to deteriorate since the Industrial Age. Since the 18th century, the rates of greenhouse gases have reached extreme values. In addition, the increase in the amount of production and environmental pollution caused by the misuse of natural resources cause an increase in the number of climate-related disasters and the extinction of some species living in nature. For this reason, in this thesis, Sakarya Meteorological Basin is analyzed and climate parameters are analyzed. Among the parameters that are most effective in our daily lives; monthly trend research was carried out in precipitation amount, temperature and relative humidity data. The data used in the study were obtained from the General Directorate of Meteorology. Data measured from 17 different meteorological stations between 1991 and 2022 were used. In the study, the relationship between the data was investigated using Pearson's Correlation Coefficient and Seric correlation methods and the trend analysis of the data was analyzed by Sen's Slope, Mann-Kendall, Spearman's Rho and CETA methods. As a result of the study, it was concluded that 33% of the Relative Humidity data had a decreasing trend, 21% had an increasing trend and 46% had no trend. It was concluded that 1% of the temperature data had a decreasing trend, 34% had an increasing trend and 65% had no trend. It is concluded that there is a decreasing trend in 20%, increasing trend in 20% and no trend in 60% of precipitation data. As a result of the study, it was found that the result of the CETA P line is very close to the results of Sen's Slope and Mann-Kendall methods; CETA upper and lower lines have reached important conclusions by evaluating the trend situation from different angles by looking at the maximum and minimum values. It is concluded that there is a clear increasing trend in temperature data. Despite these increases in temperature data; the protection and expansion of green areas is of great importance. It is concluded that there is a decreasing trend in relative humidity data. It is predicted that the decrease in humidity data and the increase in temperature data may increase evaporation from open water surfaces. Therefore, precautions should be taken against possible reductions in water resources. It is concluded that irregularities in precipitation data have increased. With the increase in these irregularities, the possibility of flood or drought waves increases. As a result, the agricultural sector in the region may be under threat.

Keywords: Sakarya Basin, Climate change, Spearman's Rho, Mann-Kendall, Sen's Slope, CETA, Pearson Correlation Coefficient, Precipitation, Temperature, Relative Humidity.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Küresel ısınma etkileri 18. yüzyılın ikinci yarısındaki sanayi devriminden sonra daha büyük ölçüğe ulaşarak kıtasal ve hatta küresel boyutlara ulaşmıştır. Bu faaliyetler, dünyanın doğal kaynaklarının sınırlarını aşarak güvenli bölgeleri, tehlikeli bölgelere dönüştürmüştür. Böylece doğal ve toplumsal unsurlar arasındaki uyum ve denge ortadan yok olamaya başlamıştır.

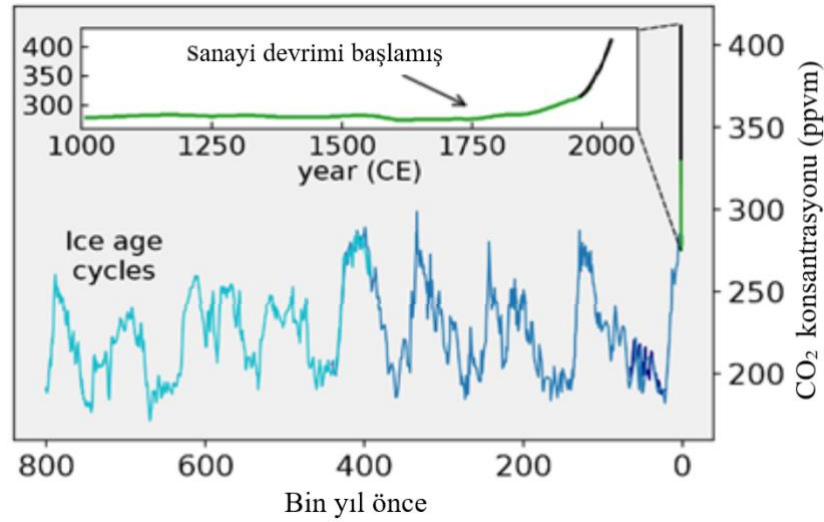
Son iki yüzyılda, nüfus ve üretim artışı ve diğer insan faaliyetlerinin sonucunda atmosferde doğal şekilde bulunan sera gazlar konsantrasyonu büyük ölçüde artmıştır. Özellikle farklı alanlarda kullanılan ve gittikçe artan enerji ihtiyaçları ile fosil yakıtların kullanmasından kaynaklanan emisyonlar, Dünya'nın küresel ısınmasına neden olan en büyük etkenlerdir.

Küresel ısınmanın sonucunda ortaya çıkan iklim değişimi etkileri iki guruba ayrılmaktadır. Birinci etki grubu, Güneş ışınların değişimi, dünya eksen ve yönergesinin değişimi, kıta hareketleri, volkanik aktiviteler, dağ oluşumları ve atmosferdeki kimyasal değişimler gibi doğal etkenlerdir. İkinci grup etken ise, insan faaliyetlerinin bıraktığı izler ve bu durumdan kaynaklanan sera gazlarının etkilerinden oluşmaktadır. Bu duruma bağlı olarak son yıllarda yaşanan hortum, sel, kuraklık, olumsuz hava olayları ve doğal afetler, atmosferdeki oluşan bu denge bozukluğundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca uzun vadede insan faaliyetleri üretim, tarım, enerji, lojistik ve benzer sektörlerden kaynaklanan sera gazlarının birikimi küresel ısınmanın ve ona bağlı troposfer-stratosfer tabakasına olan zararın birinci nedeni olduğu bilim insanlar tarafından ortaya atılmıştır (Velders et al. 2009).

İklim değişikliği etkileri arttıkça temiz gıda sıkıntıları, su kıtlığı, seller, aşırı sıcaklıklar, çeşitli hastalıklar ve ekonomik krizlerin sayısında artış olacağı beklenmektedir (Cattaneo et al. 2019). Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) iklim değişikliğinin 21.

yüzyılda küresel sağlığa yönelik en büyük tehdit olacağını nitelendirmektedir. (IPCC AR5 SYR 2014).

CO₂ emisyonları temel olarak ulaşım, üretim, ısınma ve elektrik için enerji sağlamak üzere fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır (Our World in Data, 2020). Öte yandan yeni yerleşim alan için ormanların kesilmesi CO₂ oranının artmasında da büyük rol oynamaktadır. Ormansızlaşmanın sera gazı emisyonlarına katkısı olmasına rağmen, Dünya'nın kara yüzeyi, özellikle de ormanları, CO₂ için önemli bir karbon yutağı olduğu bilinmektedir. Toprakta karbon sabitleme ve fotosentez gibi kara yüzeyi yutak süreçleri, yıllık küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %29'unu ortadan kaldırmaktadır (IPCC SRCCL Summary for Policymakers 2019). Ayrıca ormanların yok edilmesiyle, ağaçlarda depolanan CO₂'yi serbest kalmaktadır (IPCC SRCCL 2019). Şekil 1.1' de CO₂ konsantrasyonlarının yıllar içindeki değişimi verilmiştir.



Şekil 1.1 : Buz çekirdeklerinden (mavi/yeşil) ve doğrudan (siyah) ölçülen son 800.000 yıldaki CO₂ konsantrasyonları (Nature 2005.)

Florlu gazlar ise, dünya yüzeyinde ısı tutma özelliği ile küresel ısınmaya tetikleyen etkenlerden biridir. Ayrıca florlu gazlar, UV (Ultraviyole) ışınlarını uzaya geri yansıtan ozon tabakasının incelenmesine neden olduğu bilinmektedir (Velders et al. 2009).

Sera gazlarının emisyonlarından kaynaklanan etkiler, özellikle son yıllarda Dünya'da ve Türkiye'nin genelinde yaşanan hava sıcaklıklarındaki artışı, kuraklık, doğal afetler ve taşkınların en etkin sebebi olduğu düşünülmektedir. Bu koşullar insanların yaşam tarzına ve can güvenliğine büyük ölçüde olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Ayrıca, iklim değışikliğinin su kaynaklarının üzerindeki etkilerine bakıldığında, halihazırda Türkiye su fakiri bir ülke olarak nitelendirilmektedir. Türkiye’de kiři başına dūřen su miktarı yılda yaklaşık 1.500m³tür: nüfus artışı ve iklim değışikliği nedeniyle ülke genelinde 2070'lere kadar kiři başına dūřen su miktarının 1.000 m³'ten az olması beklenmektedir. (Climate. 29 Ađustos 2016). Türkiye’de son yıllarda özellikle kuraklık ve sel olayları, insan can güvenliğini tehlikeye maruz bırakan iklime bağlı doğal afetlere örneklerdir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında, Sakarya Meteoroloji Havzasının taşıdığı önem nedeniyle iklim değışikliği etkisinin en belirgin ve günlük hayatımıza en çok etki eden Toplam Yağış miktarı, Ortalama Sıcaklık ve Nispi Nem Aylık verileri trend analizine tabi tutulacaktır. Çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından temin edilecektir. Temin edilecek olan bu veriler Sakarya havzasının sınırları içinde bulunan 17 farklı istasyonun 1991-2022 yılları arasında llmş veriler olacaktır. Bu çalışmada klasik trend yöntemlerinden en yaygın ve sık kullanılan Sen’s Slope, Mann-Kendall, Spearman’s Rho yöntemleri kullanılacaktır. Ayrıca yenilikçi yöntemlerden en yeni olan CETA yöntemi de ilk kez bir tez çalışması kapsamında kullanılacaktır. Verilerin arasındaki bağımlılık ise Pearson Korelasyon Katsayısı yöntemi kullanarak araştırılacaktır.

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gonz ve diğ. (2023), yapmış oldukları çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletindeki biyo-iklimsel kuraklık sorununa odaklanarak, 1980-2016 yılları arasındaki 180 meteorolojik istasyonun ısı ve yağış verilerini Mann-Kendall ve güncellenmiş Sen's Slope yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmanın sonucunda, Kaliforniya genelinde biyo-iklimsel kuraklık verilerinde artan trend olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca bu trendin daha çok yaz ve ilkbahar mevsimlerinde görüldüğü sonucuna varmışlardır.

Sharma ve diğ. (2023) yapmış oldukları çalışmada, Mississippi bölgesinin 1970-2020 yılları arasındaki maks. sıcaklık (Tmax), min sıcaklık (Tmin), günlük sıcaklık aralığı (DTR), yağış (PT), karbon dioksit emisyonu (CO2) ve nispi nem (RH) verileri kullanılarak, soya fasulyesi üretim mevsiminde Mann-Kendall ve Sens slope yöntemleri ile Trendleri bulmak, otomatik gerileyen dağıtım gecikmesi (ARDL) yöntemi ile soya fasulyesi üzerindeki trend tesiri belirlemek ve verimlilik verileri ile meteorolojik verilerin ortalamaları arasında korelasyon katsayısı oluşturarak en olumsuz etkisi olan aylar ortaya çıkarmışlardır. Çalışma sonucunda min. sıcaklık (+0.25 °C/10 yıl) kadar artan trend göstermiş, günlük sıcaklık aralığı (- 0.18 °C/10 yıl) azalan trend göstermiş, diğer verilerinde ise önemli bir trend göstermemiştir. Ayrıca soya fasulyesi ile T min. Mayıs-Eylül ayları arasında, yağış ve nispi nem ile Haziran-Ağustos arası pozitif korelasyon olduğu; T maks. ve günlük sıcaklık aralığı ile Haziran-Ağustos ayları arasında negatif korelasyon sonucuna varmışlardır.

Ela ve diğ. (2023), yapmış oldukları çalışmada, Uganda'nın N'dakpaze şehrinde 1981-2020 yılları arasında iklim değişikliğinin domateslerdeki istilacı böcekler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sıcaklık, yağış, nispi nem ve rüzgar hızı ile istilacı domates böceklerin zararları verilerinde Mann-Kendall, Pearson korelasyon katsayısı ve GLMquasi-Poisson analiz yöntemleri kullanmışlardır. Çalışma sonucunda Kampala

sıcaklıkta artan bir trend ve rüzgar hızında trend bulmamışlardır; Namutumba sıcaklıkta artan bir trend ve rüzgar hızında trend olmadığını öne sürmüşlerdir. Mbale’de ise rüzgar ve sıcaklıkta trend olmadığını öne sürmüşlerdir. Yağış açısından Kampala, Mable ise artan bir trend olduğunu öne sürmüşlerdir. Numutumba bölgesinde ise trend olmadığını öne sürmüşlerdir.

Guo ve diğ.(2023) yapmış oldukları çalışmada, Çin’in Mangoyla bölgesindeki mera verimliliği üzerindeki iklim değişikliği ve insan faaliyetlerin etkisini araştırmak amacıyla, üç farklı mera istasyonundan 38 yıllık verileri Pearson korelasyon katsayısı ve Sabit Etki Modeli yöntemleri kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda iklim değişikliğini mera üzerindeki olumsuz etkilerinin insan faaliyetlerinin etkilerinden daha büyük olduğunu; ve sıcaklık etkisinin yağış etkisinde daha büyük olduğu sonucuna varmışlardır. Batıdan doğuya doğru ilerledikçe mera verimliliğindeki etkilerin büyüdüğü sonucuna varmışlardır.

Das ve diğ. (2023) yapmış oldukları çalışmada, Bangladesh’de, bitki örtüsünün mekansal-zamansal değişimlerini ve onların çeşitli hidroklimatik faktörler ile olan ilişkilerini araştırmışlardır. 2001-2020 yıllarına ait arazi örtüsü ürünleri orta çözünürlüklü görüntüleme spektrometresi (MODIS), normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), buharlaşma, yağış ve yüzey sıcaklığı (LST) verileri Google Earth Engine’den (GEE) elde edilmiş ve Mann-Kendall, Sen’s Slope ve Pearson korelasyon yöntemleri ile analiz edilmiştir. Sen’s slope testin sonucunda NDVI ve EVI trend olmadığı sonucuna varmışlardır. EVI iklim parametreleri ile NDVI’den daha güçlü bağımlılık göstermiş; Ayrıca, buharlaşma, NDVI’daki dalgalanmanın %17’sini açıklayabilmiş ve NDVI ile yağış arasında herhangi bir ilişki bulmamışlardır.

Tamm ve diğ. (2023) yapmış oldukları çalışmada, alt yapı tasarımı fırtınasının yağış yoğunluğu üzerindeki iklim değişikliğinin etkisi ölçmüştür. Çalışmada kullanılan 70 yıllık yağış verileri Estonya’da bulunan 11 meteoroloji istasyonu tarafından temin edilmiş ve analizde Mann-Kendall ve Sen’s Slope yöntemleri kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda tüm istasyonlarda artan trend olduğu tespit etmişlerdir.

Gwatida ve diğ. (2023) yapmış oldukları çalışmada, Zimbabwe genelinden alınan 1989-2018 yılları arasındaki yağış verileri araştırılmıştır. Toplam Islak Gün Sayısı,

Maksimum Ardışık Islak Gün Sayısı, Günlük Maksimum Yağış ve Maksimum Ardışık Kuru Gün Sayısı verileri üzerinde Kappa statik ve karışıklık matrisi, Mann-Kendall, Sen's Slope ve Kirging yöntemleri uygulamışlardır. Çalışmanın sonunda, genel doğruluğun 0,862-0,897 arasında değiştiğini, kapa istatistik yöntemi sonuçları ise 0,739-0,81 arasında değişen değerler gösterdiği; trend analizi ise Maksimum Ardışık Kuru Gün Sayısı, Günlük Maksimum Yağış ve Toplam Islak Gün Sayısı artan trend gösterdiği ve Maksimum Ardışık Islak Gün Sayısı azalan trend gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Filho ve diğ. (2023) yapmış oldukları çalışmada, dünya genelinde üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği farkındalığını ölçmek amacıyla yapmışlardır. Çalışmada, konuma göre verilerdeki trend ve ilişkiyi değerlendirmek için ANOVA ve post-hoc testleri ile Pearson ve Spearman's korelasyon katsayıları kullanmışlardır. Çalışmada öğrencilerin farkındalığı mevcut ve farkındalığın derecesi en çok okudukları alanı ondan sonra yaş ve cinsiyete ilişkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Chowdari ve diğ. (2023), yapmış oldukları çalışmada Hindistan'ın Karnataka bölgesinde 102 yıllık yağış verileri, 11 meteoroloji istasyondan temin etmişlerdir. Mann Kendall ve Yenilikçi Trend Analizi (ITA) kullanarak trend analizi yapmış ve Spearman Rho ile veriler arasındaki bağımlılığı test etmişlerdir. Çalışmada Muson Yağışlarda önemli bir trend olmadığını sonucuna varmışlardır.

Aydın (2022), yapmış olduğu çalışmasında, Batı Karadeniz havzasında yer alan 126 adet meteoroloji istasyonundan temin edilen verileri analiz ederek bölgedeki akarsular kuraklığın durumunu araştırmıştır. Çalışmada, verilerin arasında bağımlılık analizi için Spearman's Rho yöntemi; Trendi araştırmak için Mann-Kendall, Sen's Slope Metodu ve Şen'in Yenilikçi Trend Analiz Testi yöntemleri kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda istasyonlar arasında trend büyüklüğünde ve yönünde farklılık olduğu tespit etmiştir.

Abdilahi (2022), yılında yapmış olduğu çalışmada Somali ülkesine ait 1981-2019 yılları arası 10 farklı meteoroloji istasyonundan temin edilen aylık, yıllık ve mevsimsel yağış verilerini analiz etmiştir. Çalışmada Mann-Kendall, Sen's Slope ve İTA yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, yıllık yağışlarda azalan trend olduğunu tespit etmiştir.

Karatayev ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Kazakistan genelinde 110 farklı meteoroloji istasyonuna ait, 1950-2020 yılları arasındaki aylık hava sıcaklık ve yağış verileri analiz edilerek kuraklık ile buğday verimliliği arasındaki ilişki araştırmışlardır. Çalışmada Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi ile Pearson korelasyon katsayısı kullanmışlardır. Çalışmada trend analizi, yüzey sıcaklığında büyük artış olduğunu, yağış trendi belirgin olmadığını ve kuraklık verilerinde dalgalı bir trend olduğu sonucuna varmışlardır; korelasyon analizi sonucunda ise buğday verimliliği ile kuraklık indeksi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermişlerdir.

Gebremichael ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Etiyopya'nın Upper Awash havzasında konumlanan 10 farklı meteoroloji istasyonuna ait 1983-2016 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verilerin trend durumunu ve aşırı hava olayları araştırmak amacıyla incelemişlerdir. Trend için Mann-Kendall ve Sen's slope yöntemleri kullanılmış ve uzamsal enterpolasyon için Ters Mesafe Ağırlıklandırma tekniği kullanmışlardır. Yağış verilerin trendi incelendiğinde, (Haziran- Eylül) aylarındaki yağış verilerinde artan trend olduğu ($p<0.05$), öte yandan (Şubat-Mayıs) aylarında bir trend olmadığı sonucuna varmışlardır. Maks. ve min. sıcaklık verilerinde ise artan trend olduğunu öne sürmüşlerdir.

Garard ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, kriz zamanlarında dijital gözetimin kullanımına zamansal ve bölgesel destek düzeylerinin farklılıkları Küresel bir anketten elde edilen sonuçları Spearman's Rho yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda, kişisel karbon ayak izleri ve dijital gözetimin kullanımına yönelik orta desteği gösterildiğinin sonucuna varılmıştır; en düşük destek seviyeleri ise Kuzey Amerika ve Avrupa'da bulmuşlardır.

Oluwatimilehin ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, NASA tarafından temin edilen Nijerya'nın Lokoja şehrinin 2000-2020 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri ile Koi şehrinin sağlık bakanlığında temin edilen 4 farklı hastalık sınıfının ve bu hastalıkları daha önce yaşayan 250 kişinin anket çalışmasının verileri Pearson korelasyon katsayısı ve çoklu regresyon analizi yöntemleri kullanılarak araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmanın sonucunda çeşitli varyasyonlar göstermişlerdir. Yağış ile maks. sıcaklık verilerinde çok zayıf bağımlılık gözlemlenirken, yağış ile min. sıcaklık

verileri arasında orta derecede bağımlılık olduğu sonucuna varmışlardır. Maks. sıcaklık ile malarya verileri arasında güçlü bağımlılık olduğu sonucuna varmışlardır.

Freitas ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Arktik salınım (AO) indeks değişimleri ile Kuzey Atlantik Okyanusu'nun iklim parametrelerinin şuan ve gelecek beklentileri ile ilişkisi araştırmışlardır. AO, rüzgar ve dalga parametreleri arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda negatif ariktik salınım olayları gücünde azalan bir trend olduğu ancak oluşum sıklığından artan bir trend olduğu sonucuna varmışlardır. Pozitif ariktik salınım olaylarında gücünde ise bir trend olmadığı, ancak oluşum miktarlarında azalan bir trend olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tilburg ve diğ. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Hollanda'nın, Zeeland bölgesinde 2000-2020 yılları arasında aşırı hava olaylarının (EWEs) patates ve soğan çiftçilerinin uyumluluk stratejileri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yapmışlardır. Çalışmada sıcaklık ve yağış verilerine odaklanarak trend analizi için Mann-Kendall ve Sprearman's Rho yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda sıcaklık, yağış ve kuraklık verilerinde artan trend olduğu, donlu gün sayısında azalan trend olduğu sonucuna varmışlardır. Diğer taraftan anket araştırması yapmışlardır. Anket çalışma sonucunda ise çiftçilerin çoğu iklim değişikliğinin tehlikesinin farkında oldukları, bir kısmının maddi hasara uğradığı, bir kısmının patates ve soğan ekmeği bıraktığı ve devam edenlerin bir veya birkaç tedbir aldığı sonucuna varmışlardır.

Burton ve diğ. (2022), yapmış oldukları çalışmada, Norveç'te iklim değişikliklerinin çiftçi ailelerin gelişme ve daralmasındaki etkisini ölçmek amacıyla "çiftlik ailesi yaşam döngüsü" başlıklı 465 çiftçi ailesini kapsayan bir anket çalışması yapmışlardır. Ankette küme analizi yapılabilmesi için anket sonuçları erken aşama geliştiriciler, ticari geliştiriciler, ticari devre dışı bırakıcılar ve yarı yorgun para çekenler olmak üzere dört farklı gruba ayırmışlardır. Çalışma verilerini analiz etmek için, küme analizi tündengelimli olarak ve Spearman's Rho yöntemleri kullanılmıştır. Anket soruları genel olarak iklim değişikliği yanıtını içerirken, münferit kalemler ve algılanan ile ilişkili genel yatırım ölçeği iklim değişikliğinin yakın vadede çiftliğe olumsuz etki beklendiğini belirlemişlerdir.

Steinhorsdottir ve diğ. (2022), Yapmış oldukları çalışmada, 12 iklim bölgesi ve tüm kıtaları kapsayan veriler kullanılarak stoma tabanlı paleo-pCO₂ ile iklim parametrelerinin arasındaki ilişki Spearman's Rho yöntemi ile araştırmışlardır. Çalışmada Ortam pCO₂'sini stoma oranı, transfer fonksiyonları ve Franks gaz değişim modeli olmak üzere üç stoma yaklaşım yöntemi karşılaştırılması için stomadan bağımsız bir izotop bazlı yaklaşım kullanarak yeniden yapılandırmışlardır. Sonuç olarak sıcaklık ile yağış ve mevsimsellik arasındaki ilişkinin büyük olduğunu ve stoma yaklaşımının iklimden etkilenmediği sonucuna varmışlardır.

Malik ve diğ. (2020) yapmış oldukları çalışmada, Hindistan'da su kaynakları yönetimini iyileştirmek amacıyla 1976-2007 yılları arasındaki aylık hidrolojik akım verileri Mann-Kendall (MK), Innovative-Sen trend (IST), ve Sen-slope yöntemleri kullanılarak analiz etmişlerdir. Çalışmada kullanılan veriler Uttarakhand şehrinde, Ramganga nehrinde bulunan Naula ve Kedar istasyonlarından temin etmişlerdir. Çalışma sonucunda Mann-Kendall yöntemiyle 17 zaman serisinde azalış trend tespit etmişlerdir. IST yöntemiyle Naula istasyonunun verilerinde artan trend, Kedar istasyonunun verilerinde azalan trend tespit etmişlerdir. MK ve IST sonuçları karşılaştırma yapıldığında IST yönteminin Naula havzasında MK ile tespit edilemeyen eğilimi incelediğini göstermişlerdir.

Rao ve diğ. (2020) yapmış oldukları çalışmada, Hindistan'nın Nagavali ve Vamsadhara su havzalarında yağış ve aşırı yağış olayların trendi üzerinde araştırma yapmışlardır. Araştırmada kullanılan veriler üç farklı zaman diliminden (uzun vade 1901-2018, 1950'den önce ve 1950'den sonra) alınmıştır. Analizde Mann-Kendall, Sen's slope ve Kriging interpolation yöntemleri kullanmışlardır. Çalışmada, aşırı yağış mevsimi hariç 1950'den önceki zaman dilimi ile kıyaslanarak, 1950'den sonraki diliminde azalış trendi daha belli olmuş, aşırı yağış mevsiminde (Haziran-Eylül) ise aşırı yağış verilerinde artan trend olduğu; uzun vade boyunca (1901-2018) aşırı yağış mevsimi ve öncesi (Mart-Mayıs) verilerinde artan trend olduğu, kışın (Aralık-Şubat) ise azalan trend her iki havza için sonucuna varılmıştır. Aşırı yağış mevsimi sonrası (Ekim-Kasım) ise trend olmadığı sonucuna varmışlardır.

Wilby ve diğ. (2020) yapmış oldukları çalışmada, İngiltere genelinde 2000-2018 yılları arasında yıllık su sıcaklık trend tespiti, su sıcaklık değişiklikleri ile kutupsal sallınım değişiklikleri arasında ilişkiji araştırmışlardır. Açık, korunmuş ve kaynakla beslenen

nehir maksimum su sıcaklığının üzerindeki iklim parametrelerinin etkisini de araştırmışlardır. İngiltere Ajansının kullandığı çeşitli yöntemler ile yapmış oldukları analiz sonucunda merkez istasyonlarının su sıcaklığı değerlerinde azalan trend olduğu sonucuna varmışlardır. Spearman's Rho sonuçlarına göre su sıcaklığı ile kutupsal salınımları arasında büyük ilişki olduğunu öne sürmüşlerdir.

Avşaroğlu (2019), yapmış olduğu çalışmada Dicle Havzasında konumlanan 16 adet meteoroloji istasyonundan temin ettiği aylık ortalama akım değerleri Mann-Kendall, Sen's Slope ve Spearman'ın yöntemleri kullanarak analiz etmiştir. Çalışma sonucunda verilerde azalan bir trend olduğu ve Havza için kuraklık ve taşkın riski yüksek olduğundan kuraklık ve taşkın analizleri yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Veri analizinde en sık kullanılan yöntemlerden (ITA) yönteminde elde edilen verileri iki yarıya ayrılır ve her alt veri serisi küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonra bir seri X-ekseni üzerinde ve diğer seri Y-ekseni üzerinde yer almak üzere Kartezyen koordinat sistemi üzerinde sıralanır. Eğer veri 1:1 eğimli çizginin üzerinde ise trend yok demektir. Eğer veriler 1:1 doğrusunun altında ise konumuna göre trend sonucuna varılır (Şen, Z. 2012). (ITTA) yöntemi de diğer yöntemler gibi ITA yönteminden 2018 yılında Şen tarafından türetilmiştir. Uygulama açısından ITA gibi yapılır fakat bu yöntem ile X aksı üzerinde eşit aralıkla üç bölgeye (küçük, orta ve yüksek) sınıflandırılır ve bölgeler ayrı ayrı yorumlanır (Şen, Z. 2017). (3D-ITA) ise ITA yöntemine dayalı üç boyutlu grafiksel gösterim ile trend incelenmesine imkân sağlamaktadır. ITA yönteminden tek farkı ITA'da X ve Y olmak üzere iki'ye ayrılan verileri 3D-ITA'da X, Y ve Z olarak ayrılır. Bu yöntem ile ITA yönteminden trend hakkında daha fazla bilgisi elde edilmesi avantaj sağlayabilir. (Şen, Z. 2014). (IPTA) yöntemi, ITA yönteminden geliştirilmiştir. Bu yöntem ile verilerimizi eski ve yeni olmak üzere iki eşit yarıya ayrılır, ondan sonra her yarısının aynı aya ait verilerin ortalaması hesaplanır, ilk kısmın aylık veri ortalamaları X ve ikinci kısmın aylık ortalamaları Y ekseninde çizilerek her ayın eski ve yeni noktaları kesiştirilir. Eğer veri 1:1 eğimli çizginin üzerinde ise artan trend, altında ise azalan trend olduğunu ifade edilir (Şen, ve diğ. 2019;). (ITPAM) bu yöntem Ceribasi ve diğ. 2021 yılında, Şen IPTA yöntemi kullanarak geliştirilmiştir. Tek farkı ise sonuçları 1:1 eğimli çizgisine dik şekilde koordinat sistemi bölerek, trend etkisi çok yüksek derece, yüksek derece, orta derece, düşük derece ve çok düşük derece beş farklı dereceye ayırmaktır (Ceribasi ve diğ. 2021). Bu çalışmadaki kullanılan CETA yöntemi 2021 yılında Zekai

Şen tarafında önerilmiştir. Bu çalışmada CETA yöntemi veri analizinde kullanarak çalışma sonunda CETA yöntemin verdiği sonuçları ile Spearman's Rho, Sen's Slope ve Mann-Kendall yöntemlerin sonuçları karşılaştırılacaktır (Şen, Z. 2022).



BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Bölgesi

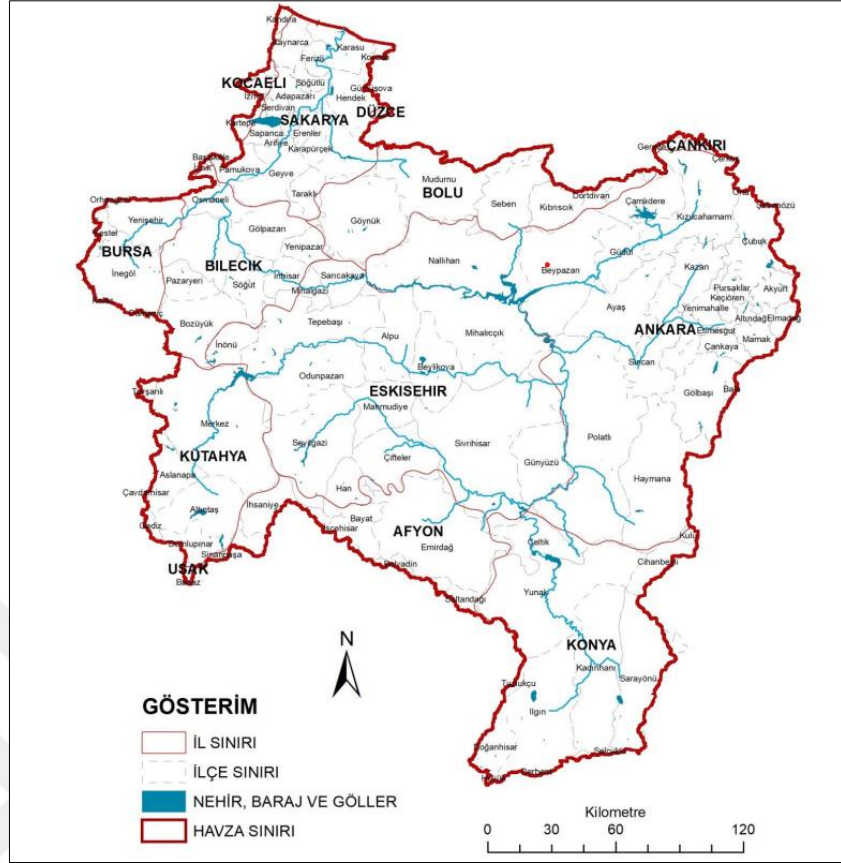
Türkiye genelinde toplamda 25 hidrolojik havza bulunmaktadır. Farklı iklim yapılarına sahip olan bu 25 hidrolojik havzanın her birine ait hidrolojik karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında, Türkiye açısından ekonomik, ticari öneme sahip olan ve aynı zamanda Türkiye yüz ölçümünün %8,1'lik alanını kapsayan Sakarya havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Sakarya hidrolojik havzası 37°96' 41°20' K paralelleri ve 29°26' 33°24' D meridyenleri arasında bulunan, 63.379 km² drenaj alanına sahip, Karadeniz kıyısında, Türkiye'nin kuzey batı kısmında yer almaktadır. Karadeniz kıyısında bulunmasına rağmen geniş yüzey alanı ve konumu sebebiyle farklı iklim özellikleri sergileyebilmektedir. Sakarya Havzasında kuş gözlemciliği yapılabilecek alanlar, göller, dağlar, ormanlar ve çeşitli doğal turizm alanları ile birlikte yüksek oranla tarıma elverişli araziler ve çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olması nedeniyle ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Öte yandan, 9 milyondan fazla insan nüfusuna sahip Sakarya hidrolojik havzası kaynakları iklim değişikliğinden dolayı kuraklık riskinden etkilenme hassasiyeti yüksek havzalardan biridir. Gerekli tedbirlerin alınmaması veya yetersiz olması durumunda kuraklık ve ona bağlı doğal afetler nedeniyle Havzanın sosyo-ekonomik açıdan olumsuz etkilenme riski barındırmaktadır. Tez kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Sakarya havzasının konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Sakarya Havzasının Konumu

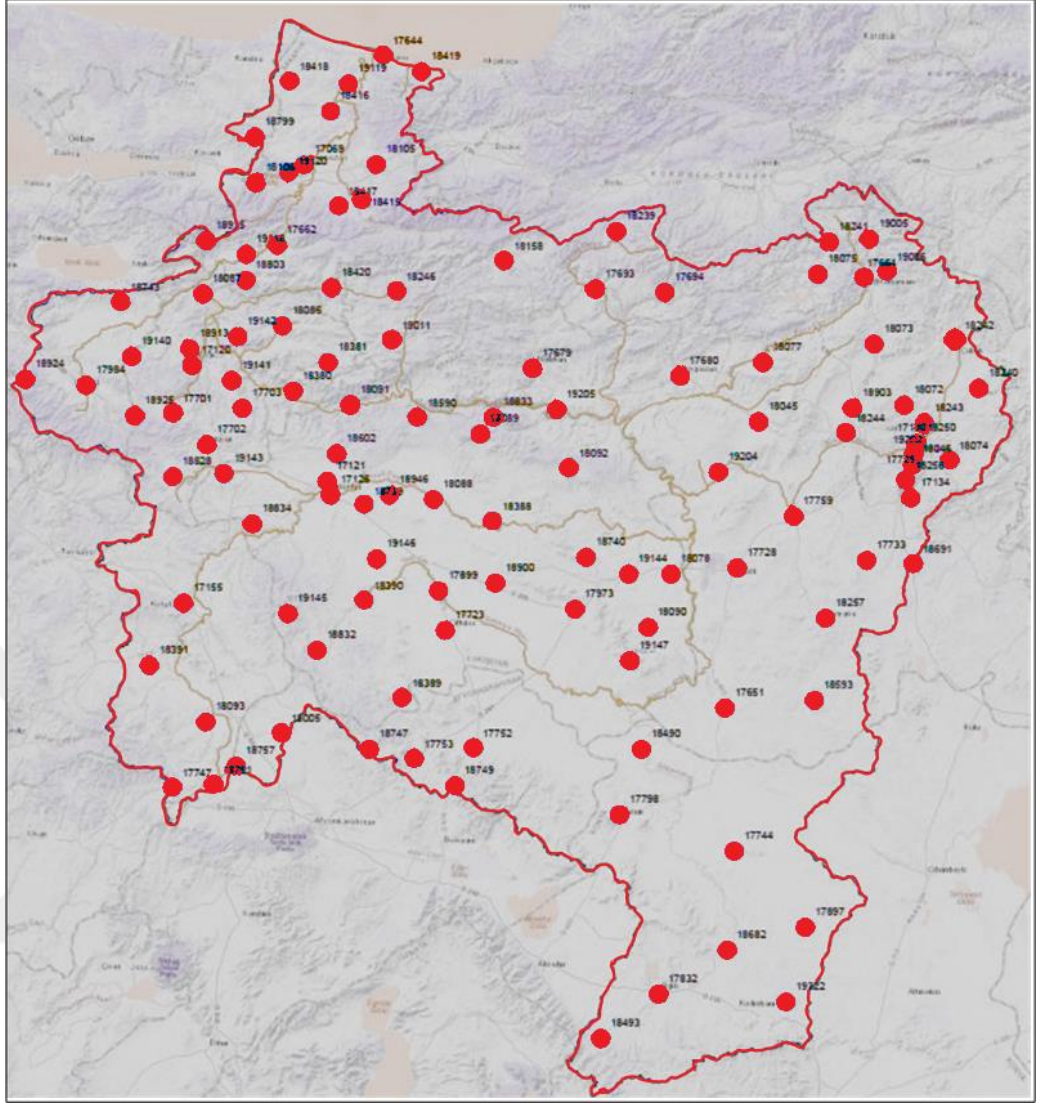
Afyon, Eskişehir, Bilecik, Ankara, Bolu, Bursa, Kütahya, Konya ve Sakarya illeri veya bu illerin bir kısmını Sakarya havzasının sınırlarını belirlemektedir. Sakarya Havzası Türkiye'nin toplam sularının %7'sini toplamaktadır. Sakarya Havzası, Kızıl Irmak, Batı Karadeniz, Gediz, Konya Kapalı havzası, Marmara, Akarçay ve Susurluk havzaları tarafından kuşatılmaktadır. Sakarya Nehri ise, Sakarya hidrolojik Havzanın ana akarsuyudur, Eskişehir'in güneyinden başlayıp yan kolları ve dereleri ile beslenerek kuzey yönüne doğru Karasu ilçesinden Karadeniz'e dökülmektedir. Sakarya havzası Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Sakarya Havzası (Sakarya Havzası Taşkın Yönetim Planı, 2018).

3.1.1. Meteorolojik Veriler:

Bu tez çalışması kapsamında Sakarya havzasına iklim değişikliğinin etkisi altında Sakarya havzasına ait yağış, sıcaklık ve nem verilerinin trend durumu incelenecektir. Çalışmada kullanılacak olan yağış, sıcaklık ve nem verileri Türkiye genelinde meteorolojik ölçme işlemleri yapan MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) tarafından temin edilmiştir. MGM' den temin edilen veri setlerinin uzunluğu 5 - 32 yıldır. Sakarya havzasında toplamda ölçüm yapan 78 meteorolojik istasyon bulunmaktadır. Fakat veri aralığının yetersizliğinden dolayı sadece 17 istasyonun verisi bu tez çalışmasında kullanılacaktır. Sakarya havzasının içinde metroloji istasyonlarının dağılımı Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3: Sakarya Havzasının İçinde Metroloji İstasyonların Dağılımı (Sakarya Havzası Taşkın Yönetim Planı, 2018).

Şekil 3.3'te görülen istasyonlardan temin edilmiş aylık ortalama yağış, aylık ortalama nem ve aylık ortalama sıcaklık verilerinin bilgileri Tablo 3.1'de verilmiştir.

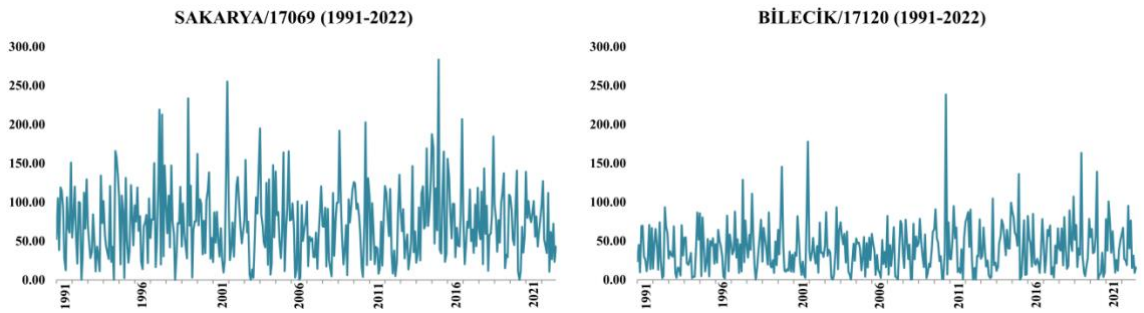
Tablo 3.1: Sakarya Havzası Veri Alınan Metroloji İstasyonlarına Ait Bilgiler

İstasyon No	İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım	Veri Aralığı
17069	Sakarya	40.7676	30.3934	30	1991-2022
17120	Bilecik	40.1414	29.9772	539	1991-2022
17702	Bozyük	39.9039	30.0525	754	1991-2022
17750	Gediz	38.9947	29.4003	736	1991-2022

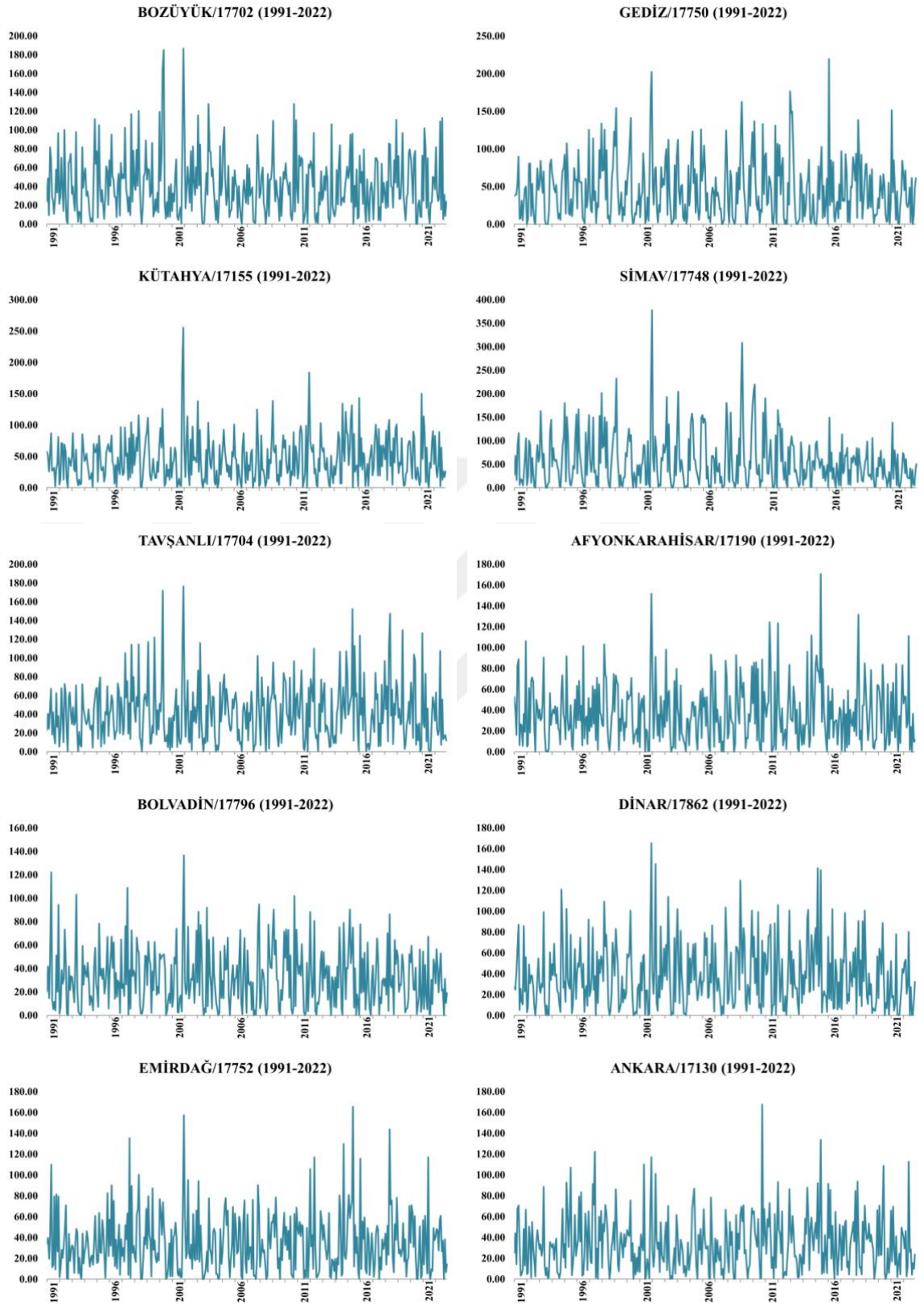
Tablo 3.1(devam): Sakarya Havzası Veri Alınan Metroloji İstasyonlarına Ait Bilgiler

İstasyon No	İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım	Veri Aralığı
17155	Kütahya	39.4171	29.9891	969	1991-2022
17748	Simav	39.0925	28.9786	830	1991-2022
17704	Tavşanlı	39.5384	29.4941	840	1991-2022
17190	Afyonkarahisar Bölge	38.738	30.5604	1016	1991-2022
17796	Bolvadin	38.7268	31.0477	995	1991-2022
17862	Dinar	38.0600	30.1538	900	1991-2022
17752	Emirdağ	39.0098	31.1463	983	1991-2022
17130	Ankara Bölge	39.9727	32.8637	891	1991-2022
17128	Ankara Esenboğa Havalimanı	40.124	32.9992	959	1991-2022
17680	Beyazır	40.1608	31.9172	682	1991-2022
17664	Kızılcahamam	40.4729	32.6441	1033	1991-2022
17679	Nallıhan	40.1733	31.332	650	1991-2022
17728	Polatlı	39.5834	32.1624	886	1991-2022

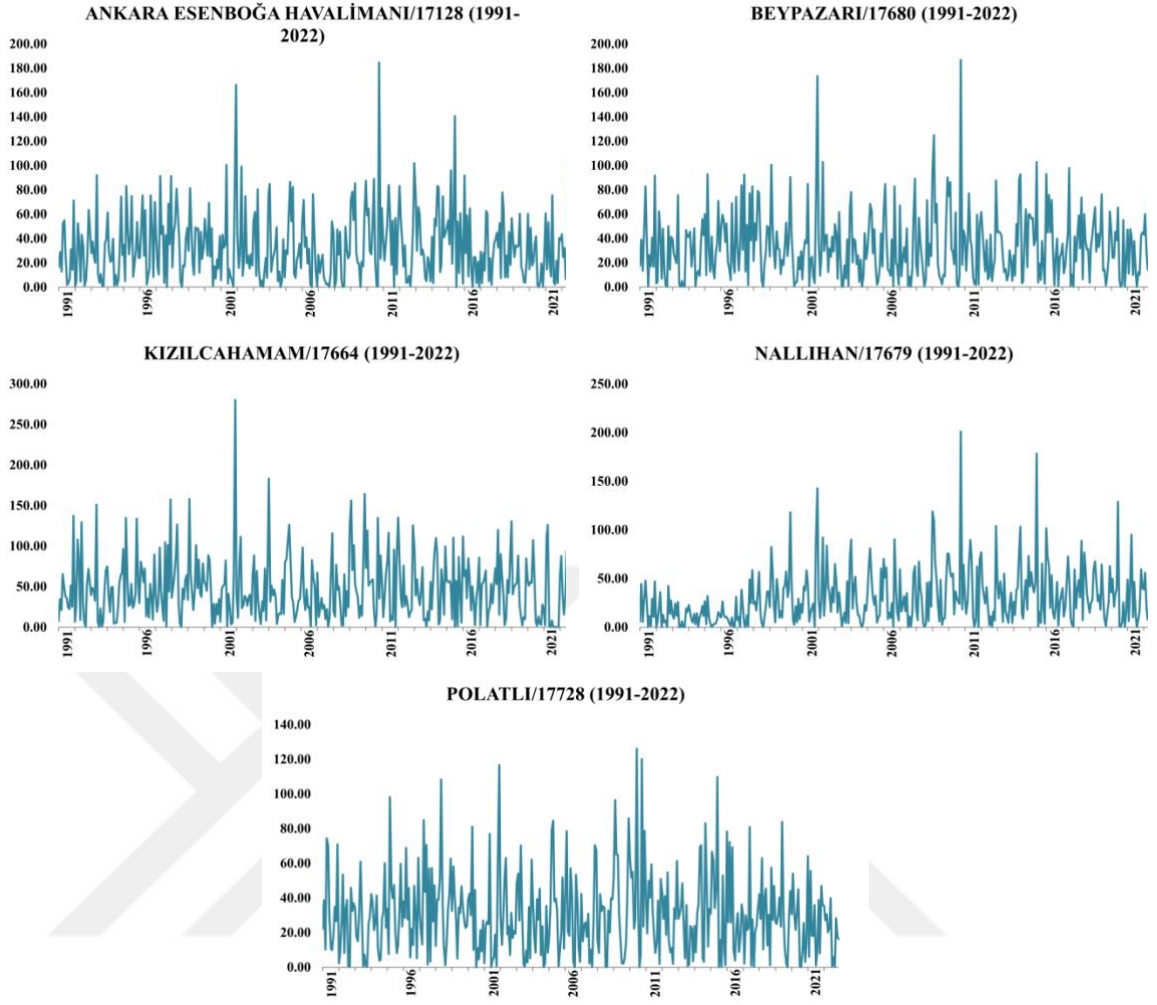
Tablo 3.1’de tez çalışmasında kullanılacak verilerin temin edildiği istasyonların koordinat, rakım ve veri seti uzunluğu bilgileri yer almaktadır. 1991-2022 yıllarının aylık ortalama Yağış verilerine ait gidiş grafikleri Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.4: Yağış aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (mm=kg÷m²)



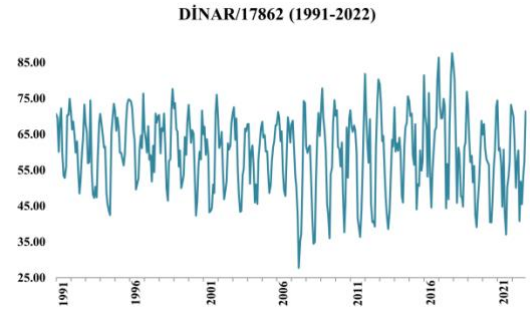
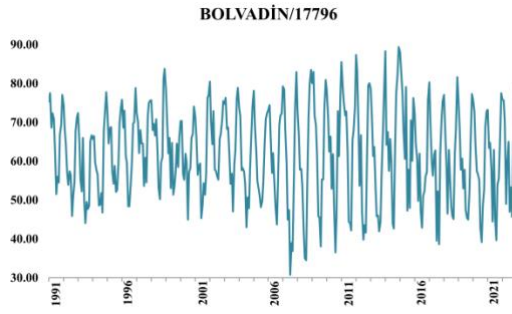
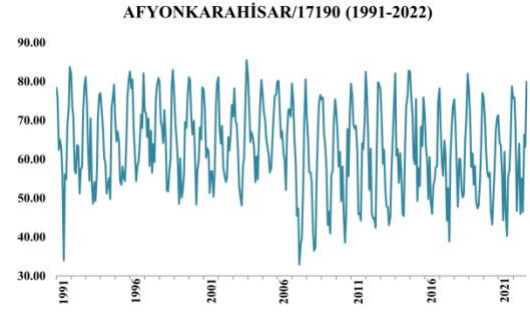
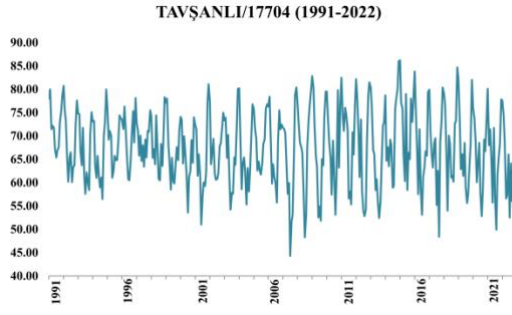
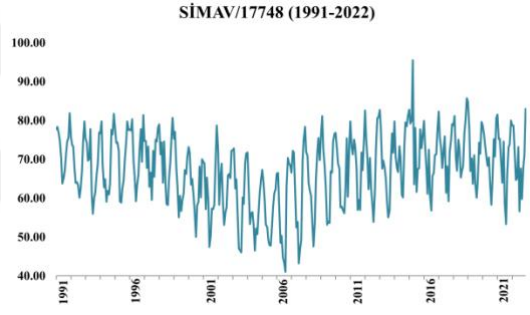
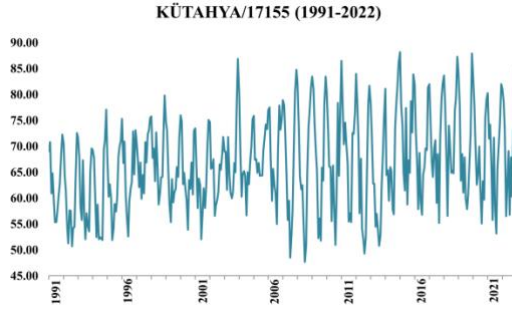
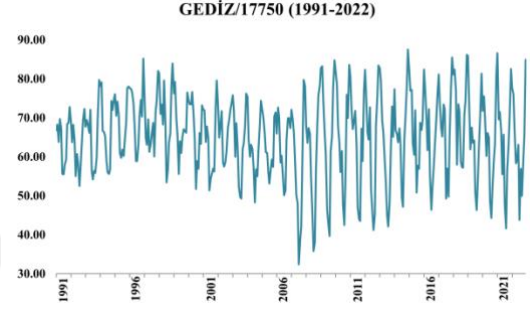
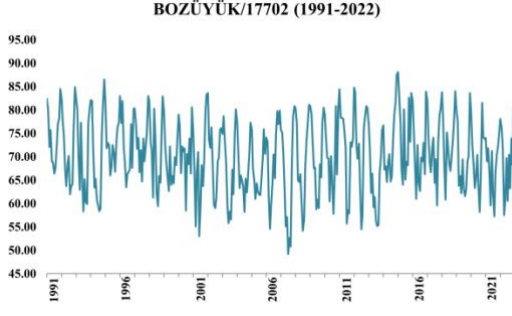
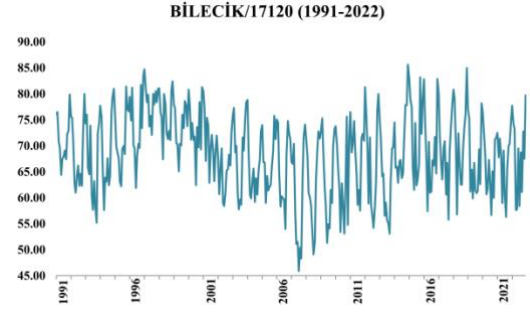
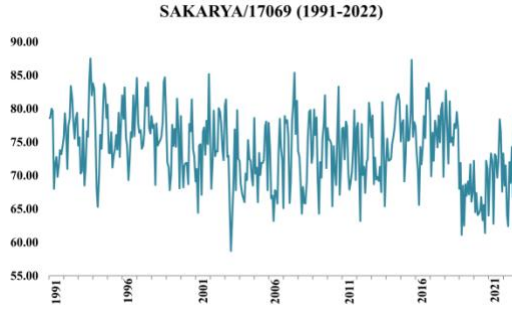
Şekil 3.4 (devam): Yağış aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (mm=kg÷m²)



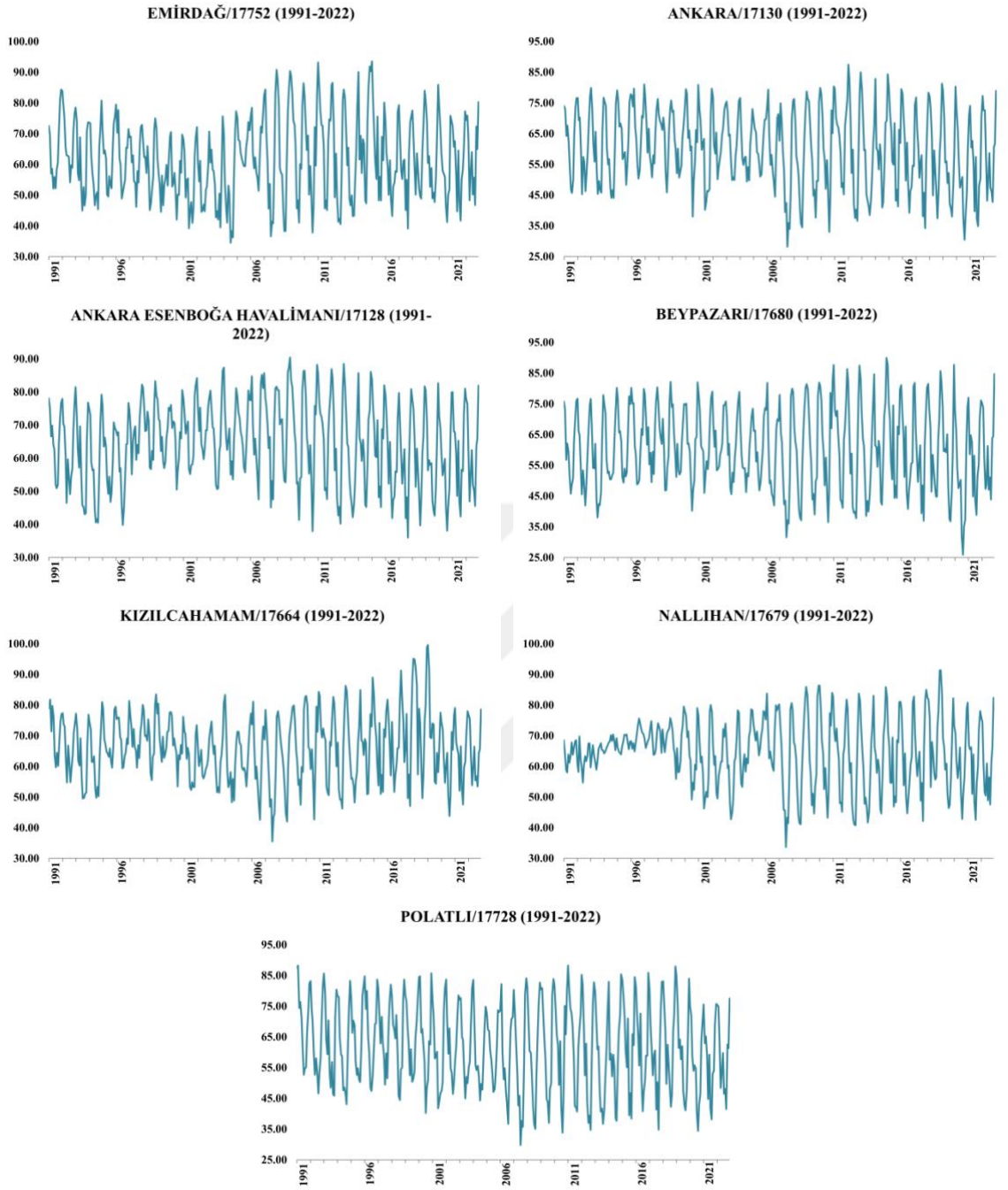
Şekil 3.4 (devam): Yağış aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (mm=kg÷m²)

Şekil 3.4 incelendiğinde yağış verilerinde düzensizlik olduğu net bir şekilde gözükmemektedir. Beklenmeyen yağışlar veya ortalamanın çok altında olan kayıtlar olduğu gözlenmektedir. Bu düzensizlikten en çok etkilenen bölge ise pozitif ve negatif pik noktalarına bakarak Afyonkarahisar'dır.

Ayrıca 1991-2022 yıllarının aylık ortalama Nispi Nem verilerine ait gidiş grafikleri Şekil 3.5'te verilmiştir.



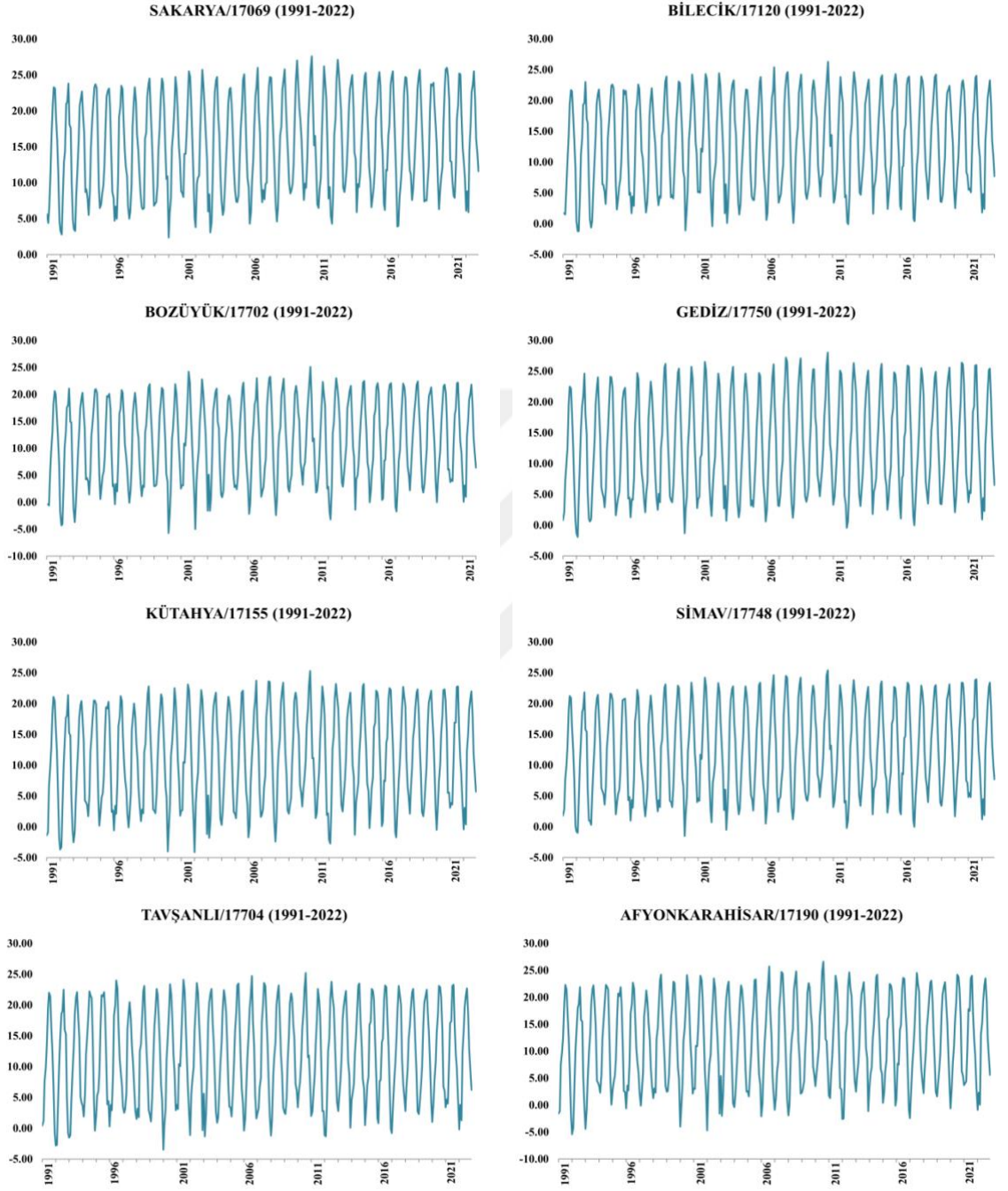
Şekil 3.5: Nispi nem ortalama veri diyagramları 1991-2022 (%)



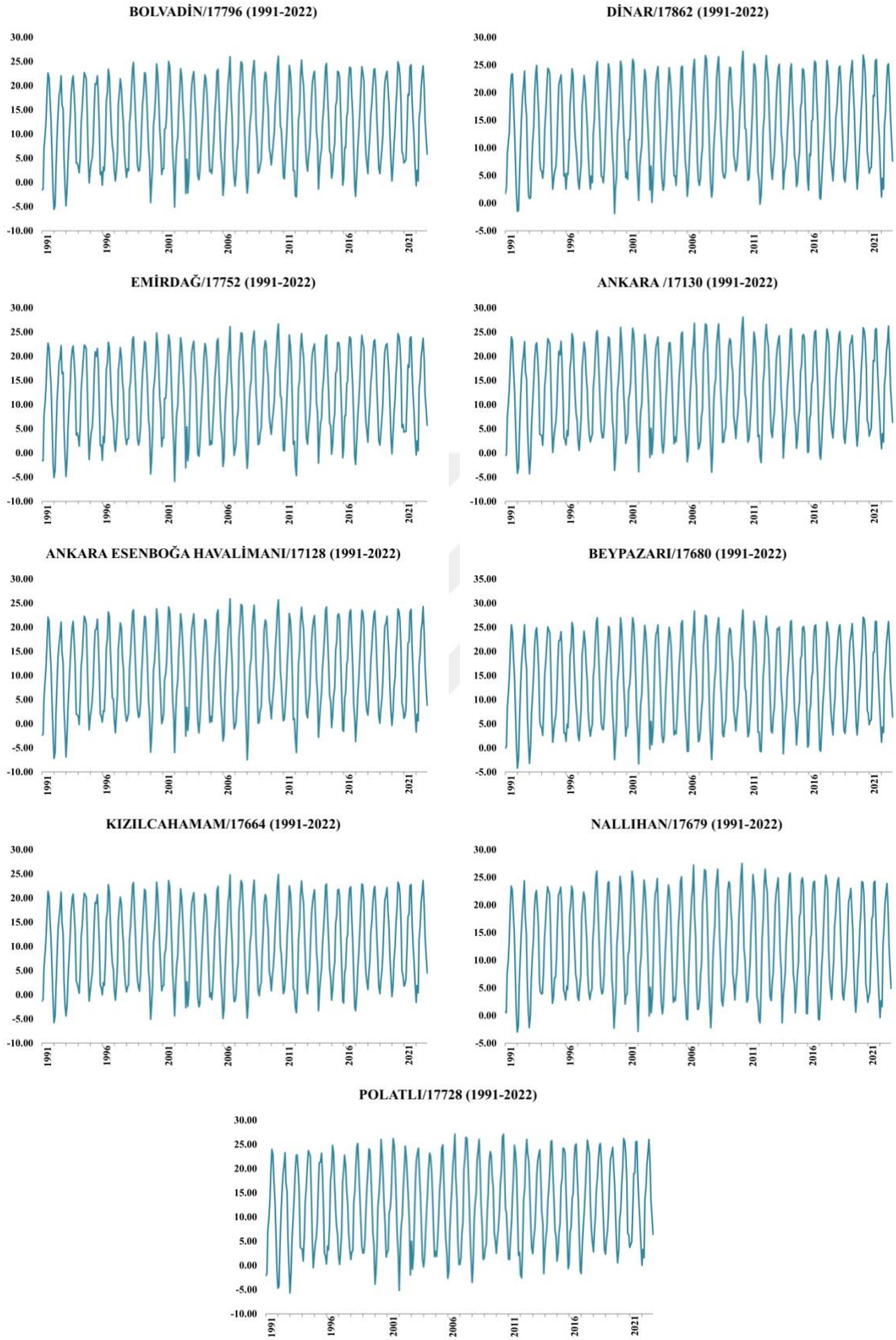
Şekil 3.5 (devam): Nispi nem ortalama veri diyagramları 1991-2022 (%)

Şekil 3.5 incelendiğinde aylık nispi nem verilerinde düzensizlik olduğu görülmektedir. 2007-2010 yılları arasında min değeri gören verilerin tekrardan yükselişe geçtiği anlaşılmaktadır.

1991-2022 yıllarının aylık ortalama Sıcaklık verilerine ait gidiş grafikleri Şekil 3.6'te verilmiştir.



Şekil 3.6: Sıcaklık aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (°C)



Şekil 3.6 (devam): Sıcaklık aylık ortalama veri diyagramları 1991-2022 (°C)

Şekil 3.6 incelendiğinde sıcaklık verilerinde düzensizlik olduğu net bir şekilde gözükmemektedir.

3.2. Metot

Trend analizi, zamana bağlı bir veri setindeki bulunan yönelimi anlamak için istatistiksel bir yöntemdir. Trend analizi, iklim değişiklikleri, ekonomi, finans, pazarlama, yönetim, sosyal bilimler ve mühendislik gibi alanlarda kullanılmaktadır. Trend analizi yöntemleri iki farklı şekilde sunulabilmektedir. Bunlar görsel veya matematiksel ifadeler şeklinde olabilmektedir. Trend analizinin temel amacı, zamana bağlı olan verilerin değişimlerini belirlemek, mevcut yönelimlerini bulmak ve elde edilen analiz sonuçlarına bakarak tahmin edilen gelecek senaryolarını değerlendirmektir.

Bu çalışmada MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) tarafından temin edilen aylık ortalama yağış, nem ve sıcaklık veri setlerinin arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ve Serisel Korelasyon yöntemleri kullanılarak analiz edilecektir. ayrıca bu verilerin trend durumunu belirlemek amacıyla Mann-Kendal, Sen's slope, CETA ve Spearman's Rho yöntemleri kullanılacaktır.

3.2.1. Serisel Korelasyon yöntemi:

Mann-Kendall yöntemin trend analiz sonuçları daha doğru olması amacıyla trend analizi yapılmadan önce Serisel korelasyon testi uygulanmaktadır. Serisel korelasyon testi gözlemlenen veri set satırları arasında ilişki durumu gösteren katsayıdır. Bu katsayısı zamana bağlı bir verinin bir sonraki ve önceki değerlerin arasındaki bağımlılığı ortaya koymaktadır (Akgün, 2003). Eğer veri setinde korelasyon varsa, Mann-Kendall analizi yapılmadan önce bu korelasyonun giderilmesi doğru sonuca ulaşmak açısından önemlidir. Serisel korelasyon r_k denklem (3.1) ile hesaplanmaktadır.

$$r_k = \frac{\sum(x_t * x_{t+k}) - \frac{\sum x_t * \sum x_{t+k}}{n-k}}{\sqrt{\sum x_t^2 - \frac{(\sum x_t)^2}{n-k}} * \sqrt{\sum x_{t+k}^2 - \frac{(\sum x_{t+k})^2}{n-k}}} \quad (3.1)$$

Burada, x_i veridir, n : veri sayısı, $k = 1, 2, \dots$, olmak üzere. $r_k = 0$ ise zaman serisi bağımsızdır; $r_k = 1$ ise zaman serisi otokorelasyondur.

Anderson testine ait formüller kullanarak, r_k hipotez testi denklem (3.2) ve denklem (3.3) ile test edilmektedir.

$$r_{k(üst)} = \frac{-1 + Z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}}{n-k} \quad (3.2)$$

$$r_{k(alt)} = \frac{-1 - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}}{n-k} \quad (3.3)$$

Eğer $r_{k(alt)} < r_k < r_{k(üst)}$ ise, veri seti zaman içerisinde önemli olmayan bir serisel korelasyon olduğu sonucuna varılmaktadır. Bunun sonucunda Mann-Kendall testi uygulanabilmektedir. Eğer r_k değeri, $r_{k(üst)}$ ve $r_{k(alt)}$ dışında ise Mann-Kendall testi uygulamadan önce bu korelasyon Pre-Whitened yöntemi ile giderilmesi gerekmektedir. (shahin, 1993).

3.2.2. Pre-Whitenend yöntemi:

Pre-Whitenend yöntemi Storch ve Navorra tarafından (1995) yılında ortaya atılmıştır. Bu yöntemi ile zaman serisinde olan Serisel korelasyonu giderilmektedir ve sadece Mann-Kendall analizi için uygulanmaktadır. Pre-Whitenend yöntemi kullanarak $(X_i, X_{i+1}, X_{i+2}, \dots)$ zaman serisinin verileri $(X_i - r * X_{i-1}, X_{i+1} - r * X_i, X_{i+2} - r * X_{i+1}, \dots)$ ile değiştirilmektedir (Zhang, 2001).

3.2.3. Pearson Korelasyon Katsayısı:

Pearson korelasyon katsayısı, literatüre bakıldığında en yaygın olarak kullanılan korelasyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntem iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi

veya gerçek değerli vektörleri ifade etmektedir (Zhou H., et al. 2016). Pearson korelasyon katsayısı denklem (3.4) ile hesaplanmaktadır.

$$r_p = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(y_i - \bar{y}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad (3.4)$$

Burada $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ve $\bar{y}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ yani x ve y verilerin ortalaması; n ise veri sayısı ve r_p Pearson korelasyon katsayısıdır.

Tablo 3.2: Pearson korelasyon katsayısı

r_p veya r_s	Bağımlılığı
0 – 0.2	Çok Zayıf
0.2 – 0.4	Zayıf
0.4 – 0.6	Orta
0.6 – 0.8	Güçlü
0.8 - 1	Çok Güçlü

Bu test sonucu $r_p \in [-1,1]$ şeklinde olmaktadır. r_p -1 veya +1'e yaklaştıkça iki değişken grubu arasındaki korelasyon güçlenir (Jebli I., et al. 2021). Ayrıca sonuç işareti, iki veri setinin arasındaki ilişkinin yönünü ifade etmektedir.

3.2.4. Mann-Kendall Yöntemi:

Mann-kendall testi 1945 yılında Frank Mann tarafından geliştirilen klasik bir trend analiz yöntemidir. Bu yöntem zamana bağlı olarak sıralanmış verileri, zamandan bağımsız ve parametrik olmayan bir şekilde analiz etmektedir. Mann-kendall testi zaman serisi verilerinde bir trend olup olmadığını ayrıca trend var ise artan veya azalan trend olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Normal dağılım tablosu yardımı ile yüzdesel güvenlik aralığından faydalanarak elde edilen sonuç yüzdesel güvenlik aralığının altında ise “Trend yok”, sonuç güvenlik aralığının üstünde ise “Trend var” olduğu kabul edilmektedir.

Mann-Kendal Testi ile analiz edilecek veriler çift veri şeklinde sıralanmaktadır.

$X_i < X_j$ veri çiftler sayısına P ve $X_i > X_j$ veri çiftler sayısına M simgesi verilmiş; S ise test istatistiğidir.

$$S = P - M \quad (3.5)$$

Burada n Veri sayısıdır. Mann-kendall korelasyon katsayısı τ denklem (3.6) ile hesaplanmaktadır:

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)/2} \quad (3.6)$$

$n \geq 10$ için; σ hesaplamak için denklem (3.7) kullanılmaktadır:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{n}{18}\right) (n-1)(2n+5)} \quad (3.7)$$

Olmak üzere;

$$S > 0 \rightarrow Z = \frac{S-1}{\sigma} \quad (3.8)$$

$$S = 0 \rightarrow Z = 0 \quad (3.9)$$

$$S < 0 \rightarrow Z = \frac{S+1}{\sigma} \quad (3.10)$$

Ek A tablosunda yer alan $Z_{\alpha/2}$ değeri normal dağılım tablosunun yüzdesel güven aralığı sınırını belirlemektedir. Normal dağılım tablosundan alınan $Z_{\alpha/2}$ değeri, hesap sonucunda elde edilen Z mutlak değerinden küçük ise trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Öte yandan normal dağılım tablosundan alınan $Z_{\alpha/2}$ değeri hesaplanan Z değerinden mutlak değerce büyük ise trend olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Trend analizi sonucunda elde edilen Z değeri negatif ise azalan, pozitif ise artan yönde trend olduğu sonucu elde edilmektedir. Bu çalışmada $Z_{\alpha/2}$ değeri = ± 1.96 olarak kabul edilmektedir.

3.2.5. Sen's Slope yöntemi

Sen's Slope yöntemi, 1968 yılında Sen tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir trend analizi yöntemidir. Zamana bağlı olan veya tek doğrultuda ilerleyen veri çiftlerin (x,y) serisinin trend analizinde kullanılmak için uygun ve kullanımı çok yaygın olan bir yöntemdir. (Sen, P. K. 1968)

N çift verileri her çift verisi için; P_i ve P_j , $i < j$ şartı ile i ve j zamanındaki P verileridir.

$i = 1, 2, \dots, N$ olmak üzere (3.11) denklemini kullanarak eğim tahmini Q_i hesaplanmaktadır.

$$Q_i = \frac{P_j - P_i}{j - i} \quad (3.11)$$

Veri serisinin tamamındaki eğimi bulmak için, veri çift sayısına göre, çift veri sayısı için (3.12) ve tek veri sayısı için (3.13) denklemleri kullanılmaktadır:

$$Q_{med} = \frac{1}{2} \left(Q_{\frac{n}{2}} + Q_{\frac{n+2}{2}} \right) \quad (3.12)$$

$$Q_{med} = \left(Q_{\frac{n+1}{2}} \right) \quad (3.13)$$

3.2.6. Sperman's Rho yöntemi

Parametrik olmayan istatistik Sperman Rho yöntemi Charles Spearman tarafından ortaya atılmıştır. Bu test kullanarak, iki değişken serisi arasında trendin varlığı ve trend olması durumunda gücü ölçülmektedir.

Bu test uygulamasında ilk olarak veri setinin her x_i için büyüklüğe göre sıraladıktan sonra her verinin sayısı yanında yazılır, ardından n veri sayısı $n > 30$ olmak üzere (3.14) denklemini ile hesaplanır ve normal dağılım tablosu kullanarak sonuç elde edilmektedir.

$$r_s = \rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n R(x_i - i)^2}{(n^3 - n)} \quad (3.14)$$

Analiz sonucunda r_s ' nin test istatistiği olarak tanımlanan Z (3.15) denklemini ile hesaplanmaktadır.

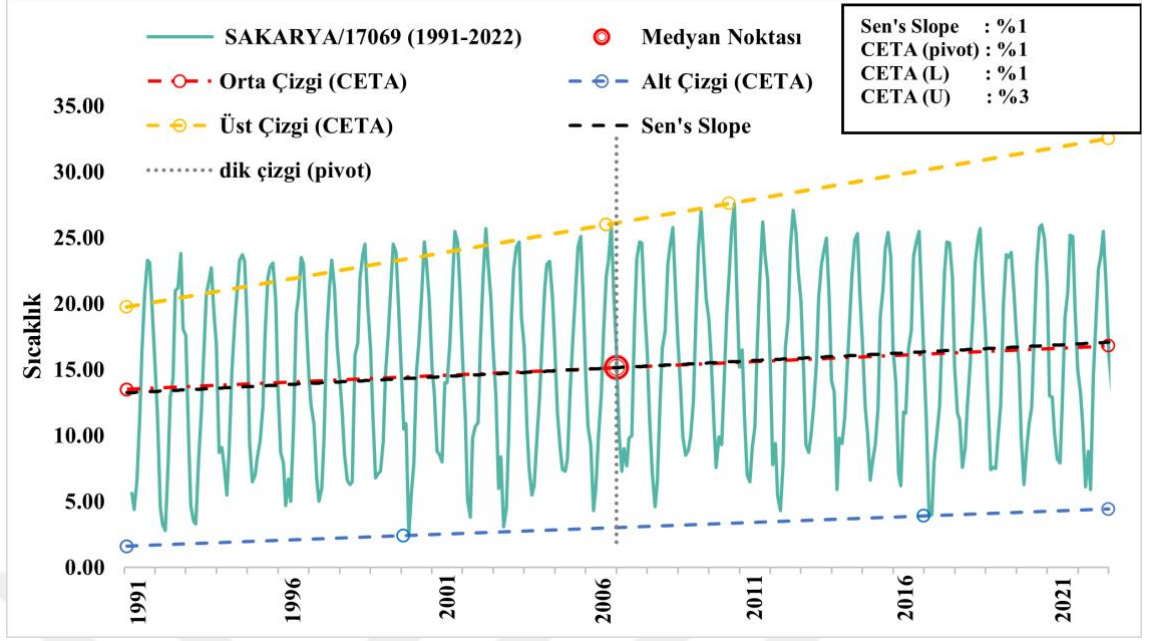
$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (3.15)$$

Testin sonucunda sıfır hipotezi (H_0 : trend yok) ile trend olup olmadığı anlaşılmaktadır. Ek A tablosunda yer alan $Z_{\alpha/2}$ değeri normal dağılım tablosunun yüzdesel güven aralığı sınırını belirlemektedir. Hesaplanan $|Z|$ standart normal dağılım Tablolarından tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise, H_0 hipotezi ret edilip, bir trend olduğunu sonucuna ulaşılmaktadır.

3.2.7. Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA) yöntemi

Crossing Empirical Trend Analysis (CETA) yöntemi, 2021 Şen tarafında ortaya atılan yeni bir trend analiz yöntemidir (Şen, 2021). Bu yöntemde veri setinin pivot çizgisi, veri setini en iyi temsil edebilecek trend çizgisinin hesaplanması ile elde edilmektedir. Bir doğru boyunca kesişen noktalar ne kadar fazlaysa, seri korelasyon katsayısı o kadar az olmaktadır. CETA herhangi meteoroloji veri seti üzerinde uygulanılabilmektedir. Sonuçlar ise diğer klasik trend analiz yöntemlerindeki gibi %5 hata payı içermektedir. (Ceribasi ve diğ. 2024)

Şekil 3.7’ de CETA metodolojisinin ait örnek bir çalışma verilmiştir. CETA örnek çalışmasında CETA pivot çizgisinin hesaplanmasının ardından, birinci ve ikinci serideki min. ve maks. değerler tespit edilerek CETA alt eğim ve CETA üst eğim çizgileri çizilmektedir. Ardından bu çizgilerdeki trend durumu %99 güven aralığına göre belirlenmektedir.



Şekil 3.7: CETA örnek çalışması grafiği.

CETA yöntemine ait analiz adımları aşağıdaki gibidir.

- 1- Verilen zaman serisi iki yarıya ayrılıp her yarısının maksimum ve minimum noktası belirlenir.
- 2- CETA üst eğim ve CETA alt eğim çizgileri sırasıyla S_U ve S_L ile ifade edilmektedir. Denklem (3.16) ve (3.17) gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$S_U = \frac{Y_{U1} - Y_{U2}}{X_{U1} - X_{U2}} \quad (3.16)$$

$$S_L = \frac{Y_{L1} - Y_{L2}}{X_{L1} - X_{L2}} \quad (3.17)$$

- 3- Verileri iki seriye ayıran çizgi üzerinde, S_U ve S_L arasında bir pivot nokta seçilir; bu nokta aritmetik ortalama, medyan veya herhangi bir nokta olabilmektedir. Örnek olarak, Şekil 3.7'de medyan noktası olasılık dağılım fonksiyonların %50 karşıladığı için bu nokta seçilmiştir; Yani %50 risk alınmıştır.
- 4- Birinci ve ikinci serideki min. ve maks. değerler tespit edilerek CETA alt eğim ve CETA üst eğim çizgileri çizilmektedir. Burada maksimum geçiş sayısı, en düşük seri korelasyon katsayısını ifade etmektedir. Çünkü geçiş sayısı ne kadar fazlaysa, seri korelasyon katsayısı o kadar az olacaktır. (Şen, 2018).

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Sakarya Havzasında bulunan 17 gözlem istasyonundan temin edilen toplam yağış, ortalama sıcaklık ve ortalama nispi nem verileri trend analiz yöntemlerinden Mann Kendall, Spearman Rho, Sen's Slope ve CETA yöntemleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca analiz edilen meteorolojik verilerin arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı yöntemi ile araştırılmıştır.

4.1. Serisel Korelasyon Analizi

$r_{k(üst)} = 0.097$ ve $r_{k(alt)} = -0.103$ olmak üzere, Sakarya havzasına ait 30 yıllık Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış verilerin Serisel korelasyon test sonuçları Tablo 4.1'de sunulmaktadır.

Tablo 4.1: Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış Verileri İçin Serisel Korelasyon Test Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Yağış r_k	Nem r_k	Sıcaklık r_k
1991-2022	SAKARYA/17069	0.062 (yoktur)	0.451 (vardır)	0.825 (vardır)
1991-2022	BİLECİK/17120	0.065 (yoktur)	-0.037 (yoktur)	0.826 (vardır)
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	0.143 (vardır)	0.412 (vardır)	0.823 (vardır)
1991-2022	GEDİZ/17750	0.272 (vardır)	0.588 (vardır)	0.838 (vardır)
1991-2022	KÜTAHYA/17155	0.178 (vardır)	0.506 (vardır)	0.826 (vardır)
1991-2022	SİMAV/17748	0.349 (vardır)	0.580 (vardır)	0.829 (vardır)
1991-2022	TAVŞANLI/17704	0.118 (vardır)	0.410 (vardır)	0.828 (vardır)
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	0.097 (yoktur)	0.605 (vardır)	0.827 (vardır)
1991-2022	BOLVADİN/17796	0.046 (yoktur)	0.613 (vardır)	0.829 (vardır)
1991-2022	DİNAR/17862	0.116 (vardır)	0.591 (vardır)	0.834 (vardır)
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0.027 (yoktur)	0.630 (vardır)	0.822 (vardır)
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	0.091 (yoktur)	0.653 (vardır)	0.831 (vardır)
1991-2022	ANKARA E.H./17128	0.090 (yoktur)	0.655 (vardır)	0.833 (vardır)
1991-2022	BEYPAZARI/17680	0.101 (vardır)	0.649 (vardır)	0.833 (vardır)
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	0.137 (vardır)	0.595 (vardır)	0.836 (vardır)

Tablo 4.1(devam): Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış Verileri İçin Serisel Korelasyon Test Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Yağış r_k	Nem r_k	Sıcaklık r_k
1991-2022	NALLIHAN/17679	0.207 (vardır)	0.647 (vardır)	0.950 (vardır)
1991-2022	POLATLI/17728	0.106 (vardır)	0.831 (vardır)	0.831 (vardır)

Tablo 4.1'e göre yağış verilerin %59'unda, Nem verilerin %94'unda ve sıcaklık verilerin %100'unda Serisel korelasyonu olduğunu sonucuna varılmıştır. Serisel korelasyonu olan verileri Pre-Whitenend yöntemi kullanarak revize edilmiştir.

4.2. Pearson Korelasyon Katsayısı Analizi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış verilerin arasındaki ilişki analizindeki kullanılan Pearson korelasyon katsayısı Tablo 4.2'da sunulmuştur.

Tablo 4.2: Nispi Nem, Sıcaklık ve Yağış Verileri İçin Preason Korelasyon Katsayısı Test Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Nem-Sıcaklık	Nem-Yağış	Sıcaklık-Yağış
991-2022	SAKARYA/17069	-0.214	0.17	-0.323
1991-2022	BİLECİK/17120	-0.783	0.325	-0.259
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.821	0.491	-0.252
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.825	0.72	-0.475
1991-2022	KÜTAHYA/17155	-0.815	0.395	-0.338
1991-2022	SİMAV/17748	-0.831	0.506	-0.518
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-0.837	0.292	-0.122
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-0.872	0.348	-0.182
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.799	0.430	-0.128
1991-2022	DİNAR/17862	-0.776	0.656	-0.231
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	-0.817	0.098	0.030
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-0.915	0.462	-0.215
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-0.883	0.503	-0.265
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.906	0.460	-0.255
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.787	0.366	-0.197
1991-2022	NALLIHAN/17679	-0.149	0.234	-0.271
1991-2022	POLATLI/17728	-0.899	0.392	-0.196

Tablo 2.2 kullanarak, Tablo 4.2 yorumlandığında;

- İstasyonların çoğunda Nispi Nem ile Sıcaklık verileri arasındaki bağımlılığı güçlü ile çok güçlü arasındadır, bu bağımlılığın sebebi ise su buharı ısı tutan gazlardan biridir. Bu sonuca tek aykırı olan istasyonu Nallıhan istasyonudur;
- Nispi Nem ile yağış arasındaki bağımlılığı çok zayıf ile güçlü arasında rastlanmıştır. İstasyonların rakımlarına bakıldığında bağımlılık gücü ile istasyon rakımları arasında ilişki gözlenmemiştir. Bunun sebebi ise Yağış gerçekleşmesi için Nem oranından farklı faktörler katılmaktadır.
- Sıcaklık ile yağış arasındaki bağımlılık bir tek Simav istasyonunda orta bağımlılık gücü göstermiş. Diğer istasyonlar ise zayıf ile çok zayıf arasında rastlanmıştır.

4.3. Yağış Verileri Trend Analizleri

4.3.1. Mann-Kendall Yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık yağış verilerin trend analizi Mann Kendall yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Mann Kendall yöntemi için, Mutlak değer Z $\alpha=0,05$ seçilmiştir. Standart normal dağılım tablosundan, α anlamlılık düzeyine karşılık gelen değer $Z_{\alpha/2} = 1,96$ olarak belirlenmiştir.

Gözlem istasyonlarına ait toplam yağış verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.3'de sunulmuştur.

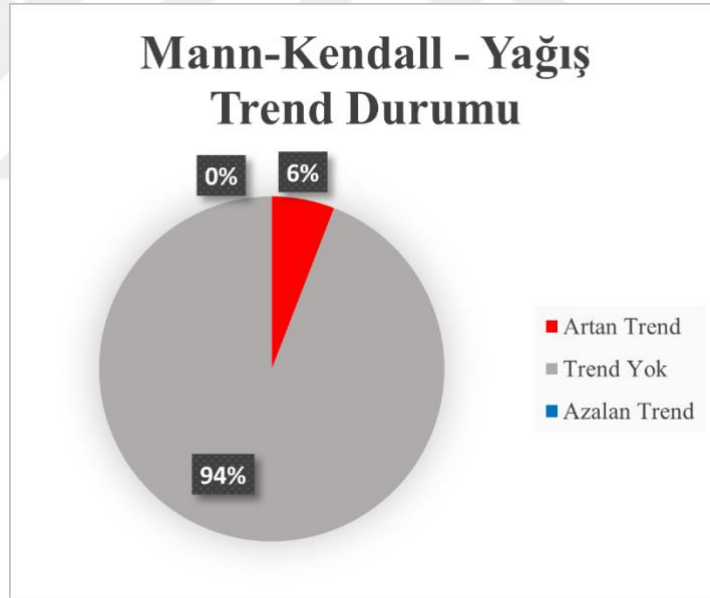
Tablo 4.3: Toplam Yağış Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Mann Kendall Testi (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	0.108	Yok
1991-2022	BİLECİK/17120	0.824	Yok
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.363	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.403	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	-0.610	Yok
1991-2022	SİMAV/17748	0.597	Yok
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-1.121	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-0.273	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.417	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-0.563	Yok

Tablo 4.3 (devam): Toplam Yağış Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Mann Kendall Testi (Z)	Trend Durumu
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0.064	Yok
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	0.454	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-0.090	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.125	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.834	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	-0.884	Yok

Tablo 4.3’de verilmiş olan Mann Kendall yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmiştir. Bu nedenle Nallıhan istasyonundaki artan trend, geri kalan tüm istasyonların verilerinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, Trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Mann-Kendall Yağış Trend Durumun yüzdesi

Şekil 4.1 incelendiğinde, istasyonların %6’sinde artan trend olduğu, %94’unda trend olmadığını gözükmektedir.

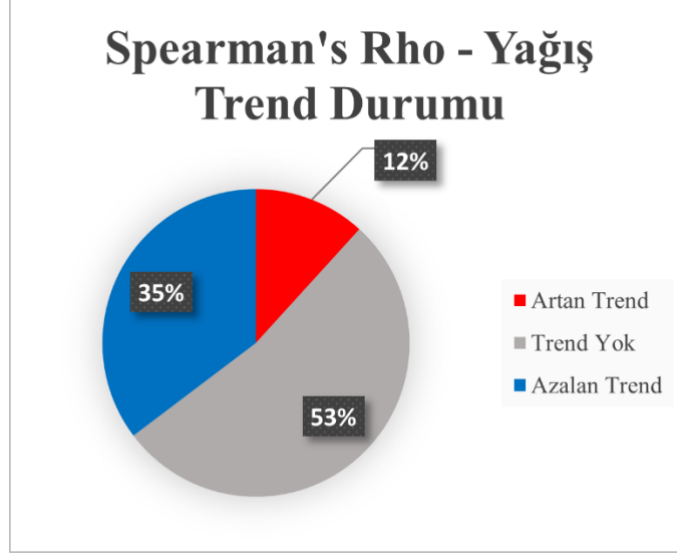
4.3.2. Spearman's Rho Yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık yağış verilerin Spearman's Rho yöntemi uygulanarak analizleri yapılmıştır. Toplam yağış verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Tablo 4.4: Toplam Yağış Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	Spearman Rho (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	-4.76	Var
1991-2022	BİLECİK/17120	-3.51	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.85	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.7	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	5.1	Var
1991-2022	SİMAV/17748	2.23	Var
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-0.93	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-3.36	Var
1991-2022	BOLVADİN/17796	-1.13	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-1.97	Var
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0.71	Yok
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-3.27	Var
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-1.42	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-1.33	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.26	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	-1.92	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	-2.66	Var

Tablo 4.4'de verilmiş olan Spearman's Rho yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmiştir. Bu nedenle Sakarya, Bilecik, Afyon, Dinar, Ankara ve Polatlı istasyonlarında azalan trend olduğu, Kütahya ile Simav istasyonlarında artan trend olduğu ve diğer tüm istasyonların veri serilerinde hiçbir trend olmadığını sonucuna varılmıştır. Ayrıca, Trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Spearman's Rho Yağış Trend Durumun yüzdesi

Şekil 4.2 incelendiğinde, istasyonların %12'sinde artan trend olduğu, %35'inde azalan trend olduğu ve %53'ünde trend olmadığını gözlenmektedir.

4.3.3. Sen's Slope Yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık yağış verilerin Sen's Slope yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sen's Slope için $\alpha=0,01$ seçilmiştir. Gözlem istasyonlarına ait toplam yağış verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.5'te sunulmuştur. Sen's Slope yöntemi Analiz sonuçları CETA sonuçları ile birlikte Şekil 4.4'da sunulmuştur.

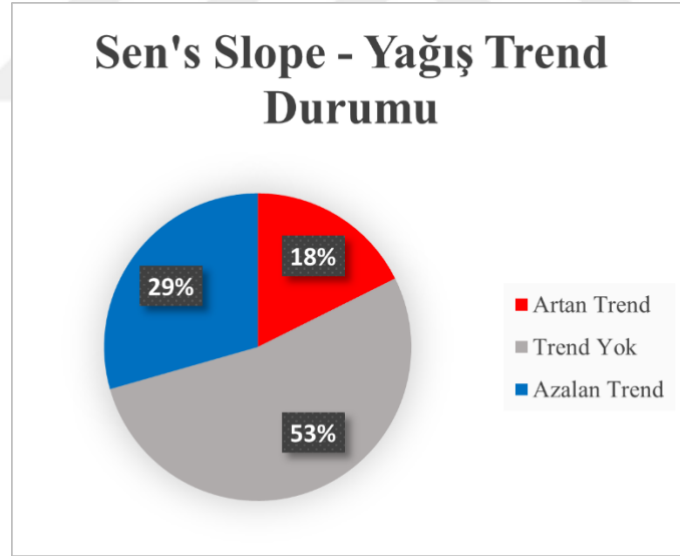
Tablo 4.5: Toplam Yağış Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Sen's Slope Testi	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	0	Yok
1991-2022	BİLECİK/17120	+0.01	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	0	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.01	Var
1991-2022	KÜTAHYA/17155	+0.01	Var
1991-2022	SİMAV/17748	-0.03	Var
1991-2022	TAVŞANLI/17704	0	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	0	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	0	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-0.01	Var
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0	Yok

Tablo 4.5 (devam): Toplam Yağış Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Sen's Slope Testi	Trend Durumu
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	0	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	0	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	0	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.01	Var
1991-2022	NALLIHAN/17679	+0.05	Var
1991-2022	POLATLI/17728	-0.01	Var

Tablo 4.5'de verilmiş olan Sen's Slope yöntemin analiz sonuçlarına göre Bilecik, Kütahya ve Nallıhan istasyonlarında artan Trend; Gediz, Simav, Dinar, Kızılcahamam ve Polatlı istasyonlarında azalan Trend ve geri kalan istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Ayrıca Sen's slope eğimi CETA yöntemi ile birlikte Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

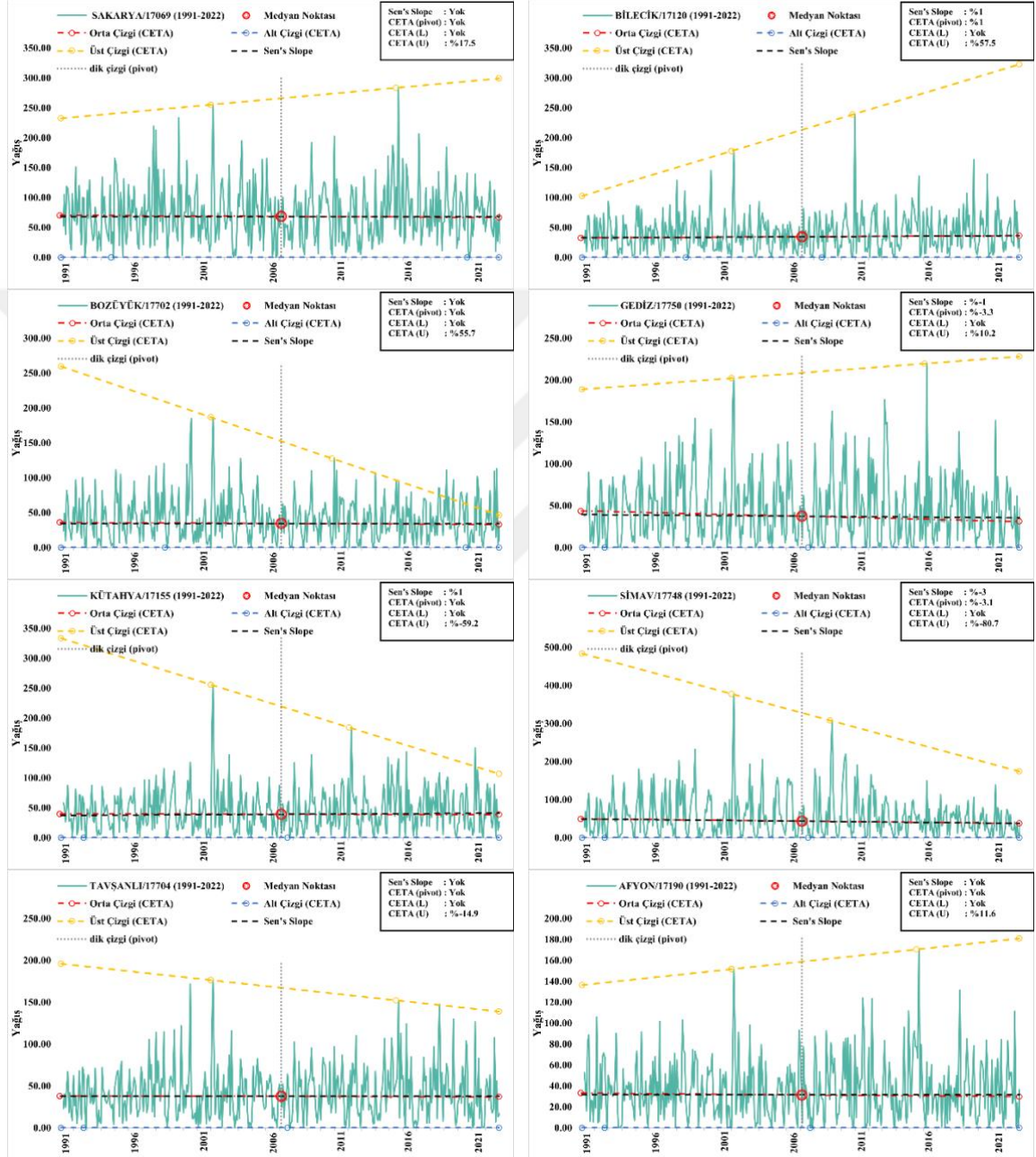


Şekil 4.3: Sen's Slope Yağış Trend Durumun yüzdesi

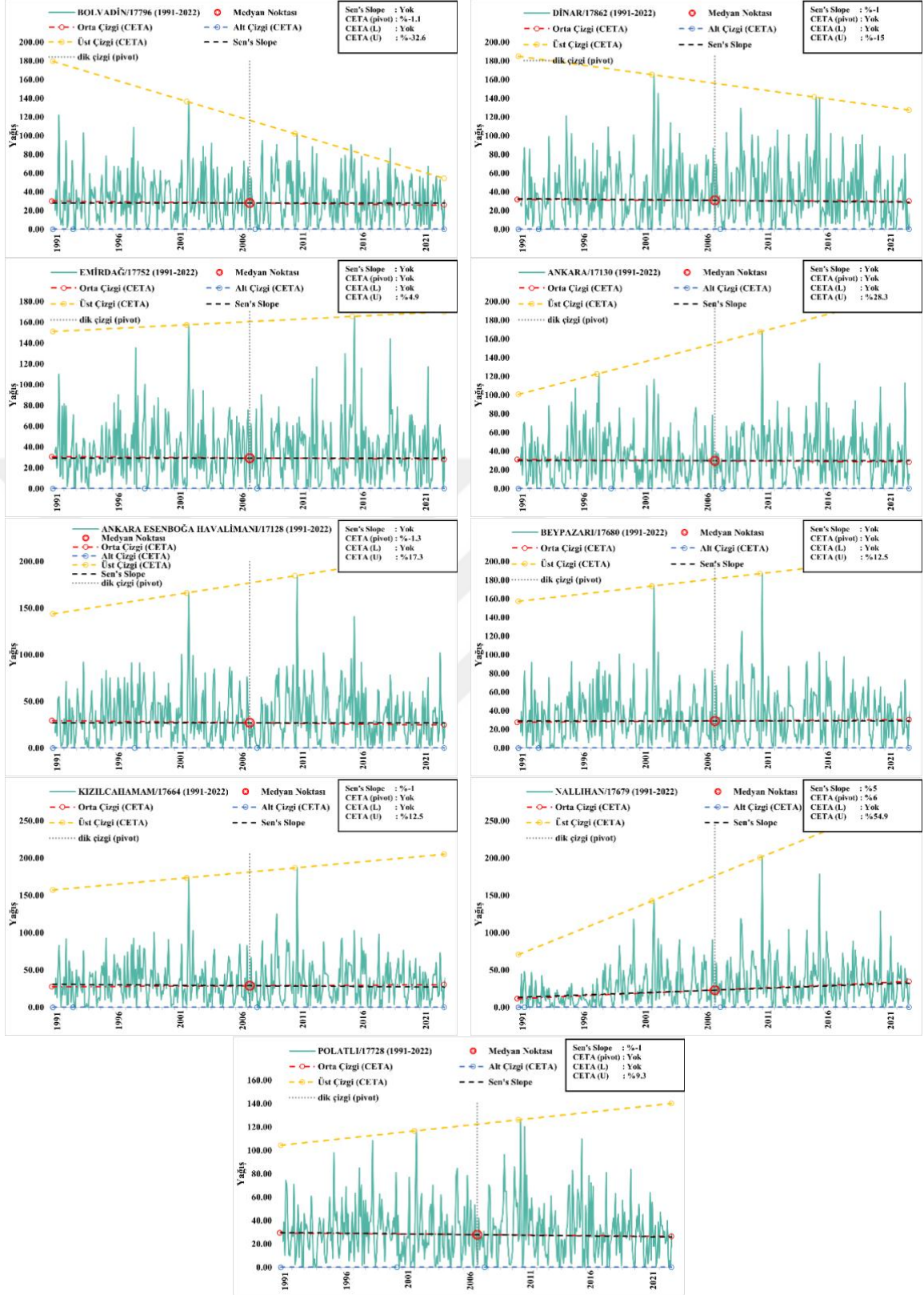
Şekil 4.3 incelendiğinde, istasyonların %18'inde artan trend olduğu, %29'unda azalan trend olduğu ve %53'ünde trend olmadığını gözlenmektedir.

4.3.4. Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA)

Sakarya havzasına ait 30 yıllık yağış verilerin trend analizi CETA yöntemi kullanarak analiz edilmiştir. CETA yöntemi Analiz sonuçları Sen's Slope ile birlikte Şekil 4.4'de sunulmuştur.



Şekil 4.4 : Toplam Yağış Verilerinin CETA Grafiği

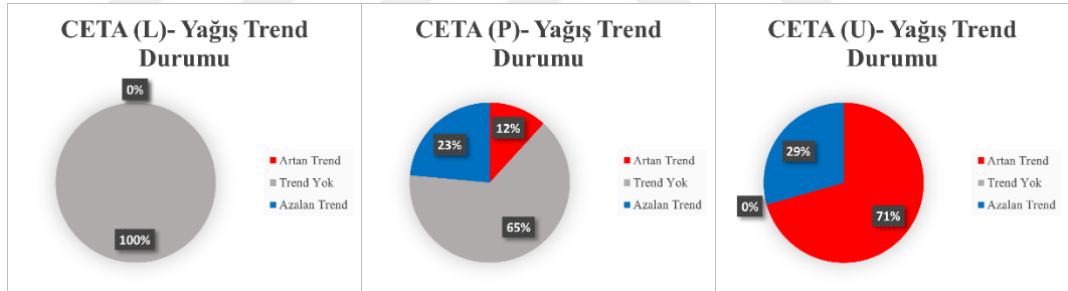


Şekil 4.4 (devam): Toplam Yağış Verilerinin CETA Grafiği

Şekil 4.4’da Toplam Yağış Verilerinin CETA yöntemine ait analiz sonuçları incelendiğinde;

- Yağış verilerinde arada tekrarlı sıfır verisi bulunması ve negatif değer bulunmaması nedeniyle CETA alt çizgisi (L) trend oluşmamaktadır.
- CETA (pivot) çizgisi Bilecik ve Nallıhan istasyonlarında artan trend, diğer istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca CETA (pivot) trendi ile Sen’s Slope trendi karşılaştırıldığında birbirine çok yakın sonuç verdikleri görülmüştür.
- Yağış veriler için CETA üst çizgisi (U) arada aşırı yağış olayları olduğundan çok büyük bir trend sonucu vermiştir. Bu verilerin zaman aralığı birbirine yakın oldukça trend daha çok da artmaktadır. CETA (U) çizgisi Bozüyük, Kütahya, Simav, Tavşanlı, Bolvadiv ve Dinar istasyonlarında azalan trend olduğu, diğer incelenen tüm istasyonlarda ise artan trend olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca CETA yöntemi sonuçlarına ait yüzdesel pasta Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: CETA Yağış Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.5 incelendiğinde, CETA (L) çizgisine göre istasyonların tamamında trend olmadığı sonucuna varıldığı; CETA (P) çizgisine göre %12’inde artan trend olduğu, %23’ünde azalan trend olduğu ve %65’inde trend olmadığı sonucuna varıldığı; CETA (U) çizgisine göre istasyonların %71’inde artan trend olduğu, %29’unda azalan trend olduğu sonucuna varıldığı gözlenmektedir.

4.4. Sıcaklık Verileri Trend Analizleri

4.4.1. Mann-Kendall Yöntemi

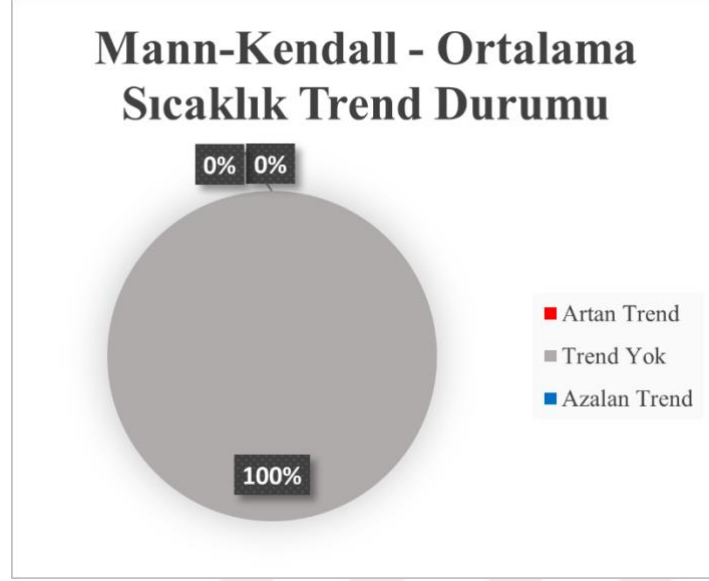
Sakarya havzasına ait 30 yıllık sıcaklık verilerin Mann Kendall yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Mann Kendall için, Mutlak değer Z için $\alpha=0,05$ seçilmiştir. Standart normal dağılım tablosu Ek A'dan, α anlamlılık düzeyine karşılık gelen değer $Z_{\alpha/2} = 1,96$ olarak belirlenmiştir.

Gözlem istasyonlarına ait ortalama sıcaklık verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.6'de sunulmuştur.

Tablo 4.6: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Mann Kendall Testi (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	0.2395399	Yok
1991-2022	BİLECİK/17120	-0.105843	Yok
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.068042	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.128126	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	-0.114199	Yok
1991-2022	SİMAV/17748	-0.058492	Yok
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-0.237550	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-0.204524	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.169508	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-0.185026	Yok
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	-0.202136	Yok
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-0.069633	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-0.089131	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.284105	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.184628	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	-0.570598	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	-0.145633	Yok

Tablo 4.6'de verilmiş olan Mann Kendall yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmiştir. tüm istasyonların veri serilerinde trend olmadığına sonucuna varılmıştır. Ayrıca, trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Mann-Kendall Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.6 incelendiğinde tüm istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varıldığını gözlenmektedir.

4.4.2. Spearman's Rho Yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık sıcaklık verilerin Spearman's Rho yöntemi uygulanarak analizleri yapılmıştır. Ortalama sıcaklık verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.7'de sunulmuştur.

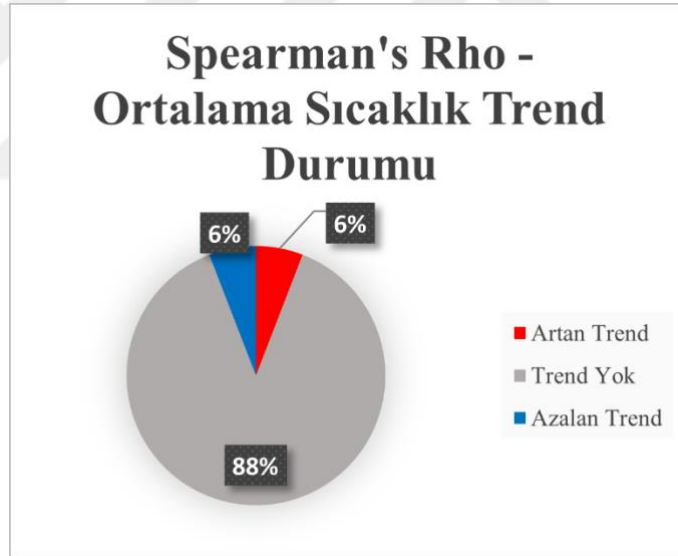
Tablo 4.7: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	Spearman Rho (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	2.63	Var
1991-2022	BİLECİK/17120	1.80	Yok
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	1.79	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	1.83	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	1.90	Yok
1991-2022	SİMAV/17748	1.85	Yok
1991-2022	TAVŞANLI/17704	1.55	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	1.63	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	1.80	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	1.71	Yok
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	1.58	Yok

Tablo 4.7 (devam): Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	Spearman Rho (Z)	Trend Durumu
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	1.81	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	1.63	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	1.41	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	1.48	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	-4.67	Var
1991-2022	POLATLI/17728	1.87	Yok

Tablo 4.7’de verilmiş olan Spearman’s Rho yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H0) kabul edilmiştir. Bu nedenle Sakarya istasyonunda artan trend, Nallıhan istasyonunda azalan trend ve diğer tüm istasyonların veri serilerinde trend olmadığına sonucuna varılmıştır. Ayrıca, trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Spearman's Rho Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.7 incelendiğinde, istasyonların %6'sinde artan trend olduğu, %6'sinde azalan trend olduğu ve %88'sinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır.

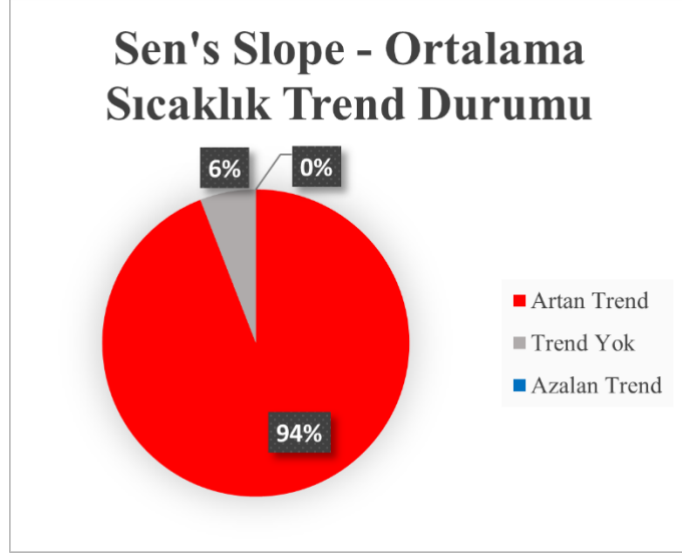
4.4.3. Sen's Slope Yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık sıcaklık verilerin Sen's Slope yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sen's Slope için $\alpha=0,01$ seçilmiştir. Gözlem istasyonlarına ait ortalama sıcaklık verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.8'te sunulmuştur. Sen's Slope yöntemi Analiz sonuçları CETA sonuçları ile birlikte Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.8: Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Sen's Slope Testi	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	+0.01	Var
1991-2022	BİLECİK/17120	+0.01	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	+0.01	Var
1991-2022	GEDİZ/17750	+0.01	Var
1991-2022	KÜTAHYA/17155	+0.01	Var
1991-2022	SİMAV/17748	+0.01	Var
1991-2022	TAVŞANLI/17704	+0.01	Var
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	+0.01	Var
1991-2022	BOLVADİN/17796	+0.01	Var
1991-2022	DİNAR/17862	+0.01	Var
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	+0.01	Var
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	+0.01	Var
1991-2022	ANKARA E.H./17128	+0.01	Var
1991-2022	BEYPAZARI/17680	+0.01	Var
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	+0.01	Var
1991-2022	NALLIHAN/17679	0	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	+0.01	Var

Tablo 4.8'de verilmiş olan Sen's Slope yöntemin analiz sonuçlarında istasyonların çoğunda aratan Trend hiçbirinde azalan Trend ve Nallihan istasyonunda trend olmadığına sonucuna varılmıştır. Trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Ayrıca Sen's Slope trend çizgisi CETA trend çizgileri ile birlikte Şekil 4.9'de gösterilmiştir.

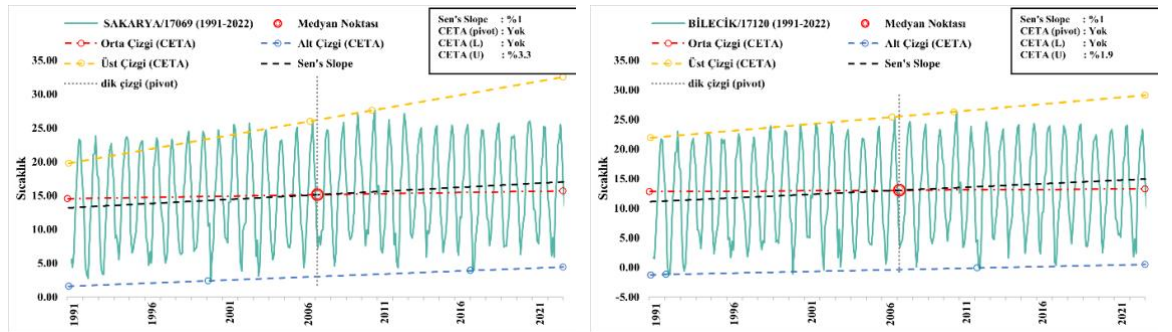


Şekil 4.8: Sen's Slope Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi

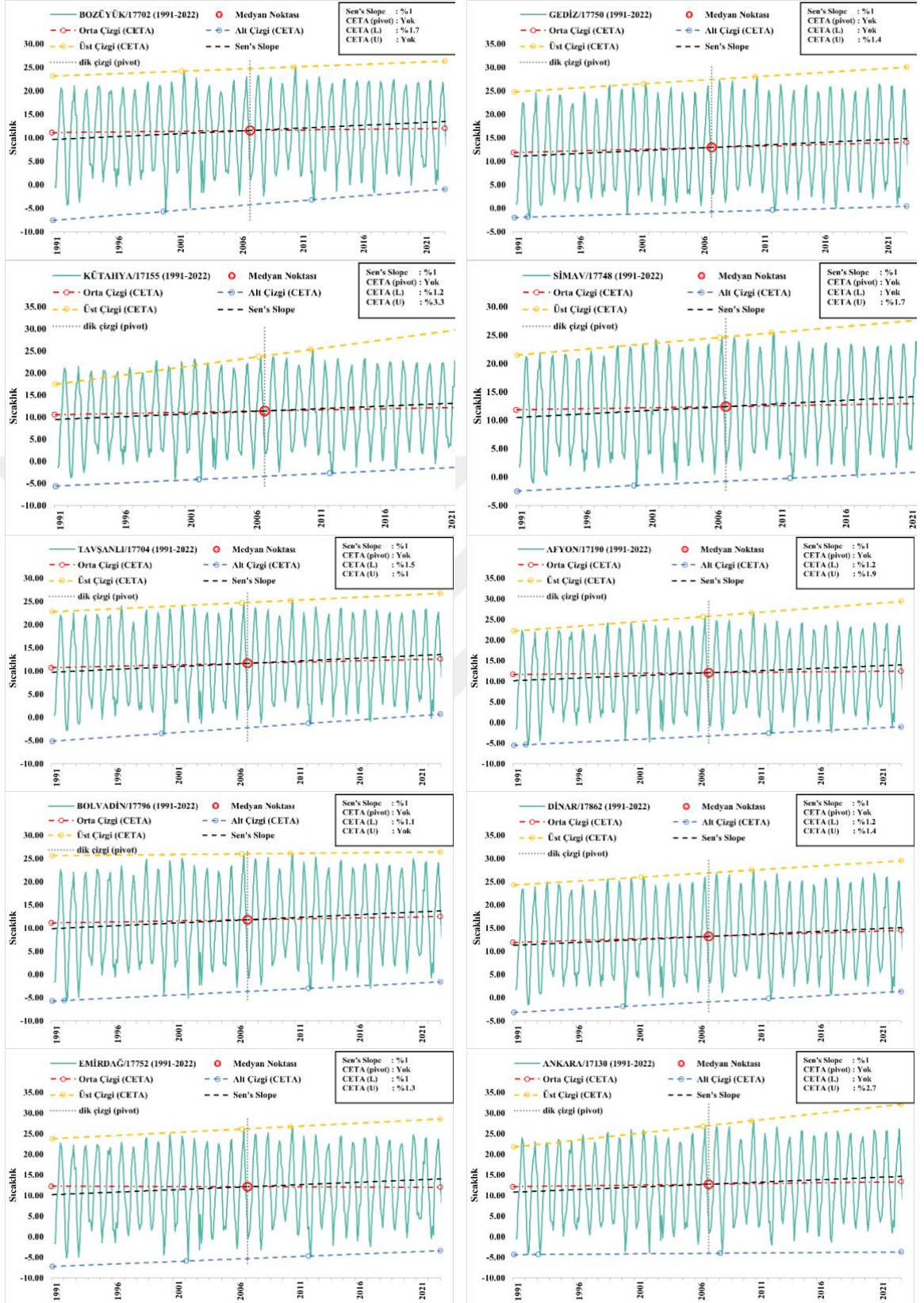
Şekil 4.8 incelendiğinde, istasyonların %94'ünde artan trend olduğu ve %6'sinde trend olmadığına sonucuna varıldığını gözlenmiştir.

4.4.4. Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA)

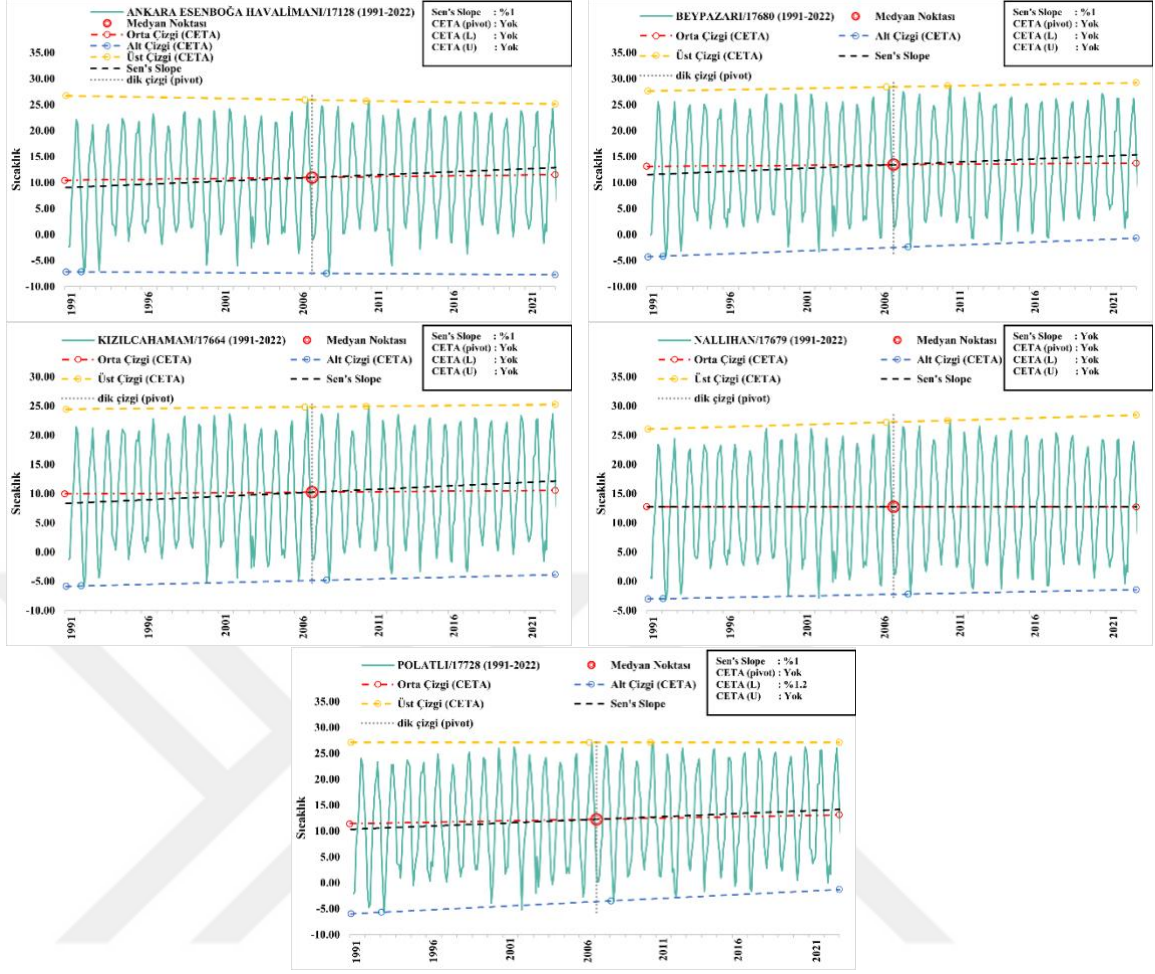
Sakarya havzasına ait 30 yıllık Sıcaklık verilerin trend analizi CETA yöntemi kullanarak analiz edilmiştir. CETA yöntemi Analiz sonuçları Sen's Slope ile birlikte Şekil 4.9'da sunulmuştur.



Şekil 4.9: Ortalama Sıcaklık Verilerinin CETA Grafiği



Şekil 4.9 (devam): Ortalama Sıcaklık Verilerinin CETA Grafiği



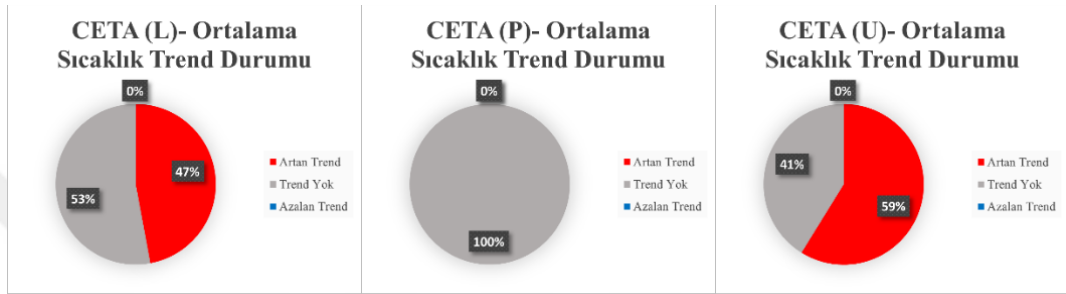
Şekil 4.9 (devam): Ortalama Sıcaklık Verilerinin CETA Grafiği

Şekil 4.9'da Ortalama Sıcaklık Verilerinin CETA yöntemine ait analiz sonuçları incelendiğinde;

- CETA'nın üst, alt ve pivot çizgisinde hiç negatif trend olmadığı sonucuna varılmıştır.
- CETA (L) çizgisine göre Bozüyük, Kütahya, Tavşanlı, Afyon, Bolvadin, Dinar, Emirdağ ve Polatlı istasyonlarında artan trend, diğer tüm istasyonlarda ise trend olmadığı sonucuna varılmıştır.
- CETA (pivot) çizgisine göre tüm istasyon verilerinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca CETA (pivot) trendi ile Sen's Slope trendi karşılaştırıldığında, birbirinde çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

- CETA (U) çizgisine göre Bozüyük, Bolvadin, Ankara Esenboğa Havalimanı, Beypazarı, Kızılcahamam, Nallıhan ve Polatlı istasyonların verilerinde trend olmadığı, diğer istasyonların verilerinde artan trend olduğu sonucuna varılmıştır.
- Maks. ve min. veriler için CETA üst ve alt çizgileri veriler zaman aralığı birbirinde yakın oldukça trendin eğiminin arttığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca CETA yöntemi sonuçlarına ait yüzdesel pasta grafiği Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10: CETA Ortalama Sıcaklık Durum Trend Yüzdesi.

Şekil 4.10 incelendiğinde, CETA (L) çizgisine göre istasyonların %47'sinde artan trend olduğu, %53'ünde trend olmadığı sonucuna varıldığı; CETA (P) çizgisine göre tüm istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varıldığı; CETA (U) çizgisine göre istasyonların %59'unda artan trend olduğu, %41'inde ise trend olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.5. Nispi Nem Verileri Trend Analizleri

4.5.1. Mann-Kendall Yöntemi

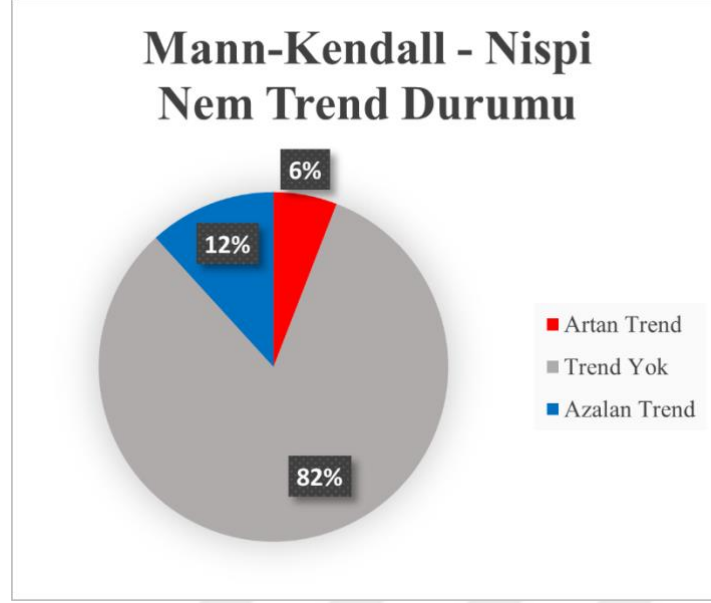
Sakarya havzasına ait 30 yıllık Nispi Nem verilerin Mann Kendall yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Mann Kendall için, Mutlak değer Z için $\alpha=0,05$ seçilmiştir. Standart normal dağılım tablosu Ek A'dan, α anlamlılık düzeyine karşılık gelen değer $Z_{\alpha/2} = 1,96$ olarak belirlenmiştir.

Gözlem istasyonlarına ait ortalama Nispi Nem verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.9'de sunulmuştur.

Tablo 4.9: Ortalama Nispi Nem Verileri İçin Mann Kendall Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Mann Kendall Testi (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	-2.28637323	Var
1991-2022	BİLECİK/17120	-3.53739263	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.62073481	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	-0.40069228	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	3.43314102	Var
1991-2022	SİMAV/17748	1.360841712	Yok
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-0.58452528	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-1.70821446	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.48345692	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-0.90165711	Yok
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0.210094861	Yok
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-1.76710469	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-0.60083946	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.72220108	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.01313092	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	-0.85430618	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	-0.14563393	Yok

Tablo 4.9’de verilmiş olan Mann Kendall yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmiştir. Bu nedenle Sakarya ve Bilecik istasyonların verilerinde azalan trend, Kütahya istasyonun verilerinde artan trend ve geri kalan tüm incelenen istasyonların veri serilerinde trend olmadığını sonucuna varılmıştır. Ayrıca, trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel oranı pasta grafiği ile Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: Mann-Kendall Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.11 incelendiğinde, istasyonların %6'sinde artan trend olduğu, %12'inde azalan trend olduğu ve %82'üne göre trend olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.5.2. Spearman's Rho yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık Nispi Nem verilerin Spearman's Rho yöntemi uygulanarak analizleri yapılmıştır. Ortalama sıcaklık verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.10'de sunulmuştur.

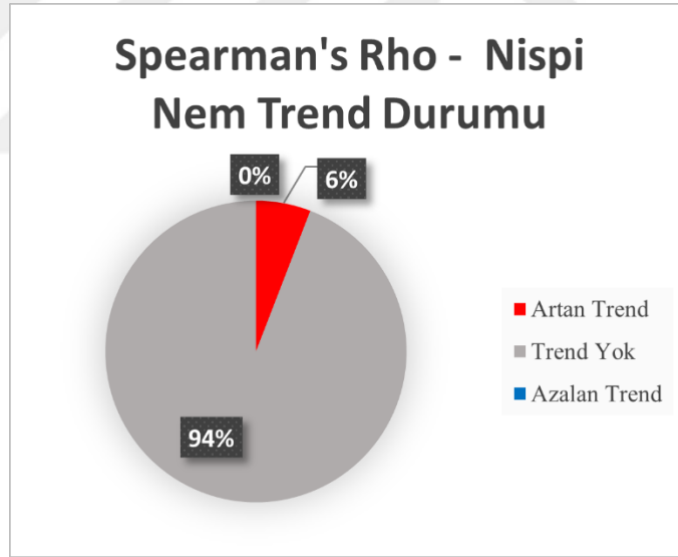
Tablo 4.10: Nispi Nem Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	Spearman Rho (Z)	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	-0.88	Yok
1991-2022	BİLECİK/17120	4.95	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	-0.83	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	0.06	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	-0.19	Yok
1991-2022	SİMAV/17748	0.45	Yok
1991-2022	TAVŞANLI/17704	-0.04	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-0.57	Yok
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.5	Yok
1991-2022	DİNAR/17862	-0.31	Yok
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0.07	Yok

Tablo 4.10 (devam): Nispi Nem Verileri İçin Spearman's Rho Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon No	Spearman Rho (Z)	Trend Durumu
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-1.82	Yok
1991-2022	ANKARA E.H./17128	0.92	Yok
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.68	Yok
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	-0.46	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	0.80	Yok
1991-2022	POLATLI/17728	0.08	Yok

Tablo 4.10'de verilmiş olan Spearman's Rho yöntemin analiz sonuçları incelendiğinde $|Z| > 1,96$ olduğu için sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmiştir. Bu nedenle Bilecik istasyonunun verilerinde artan trend olduğu ve diğer tüm incelenen istasyonların veri serilerinde hiçbir trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel pasta grafiği şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Spearman's Rho Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.12 incelendiğinde, istasyonların %6'sında artan trend olduğu ve %94'ünde trend olmadığı sonucuna varıldığını gözükmektedir.

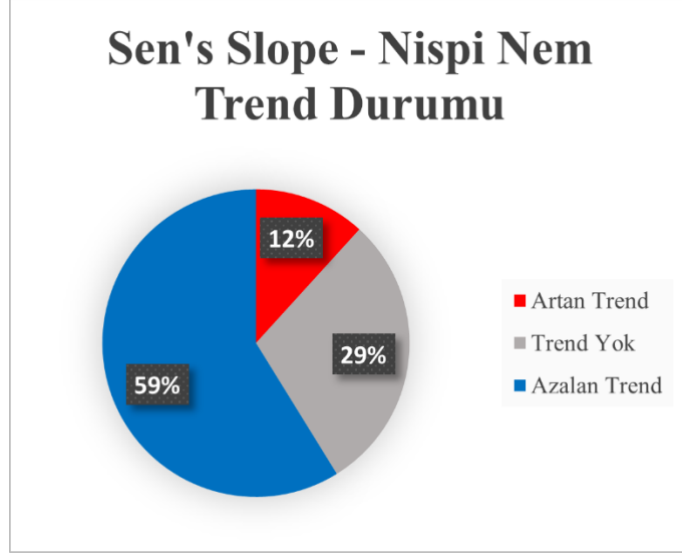
4.5.3. Sen's Slope yöntemi

Sakarya havzasına ait 30 yıllık sıcaklık verilerin Sen's Slope yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sen's Slope için $\alpha=0,01$ seçilmiştir. Gözlem istasyonlarına ait toplam yağış verilerinin analiz sonuçları Tablo 4.11'da sunulmuştur. Sen's Slope yöntemi Analiz sonuçları CETA sonuçları ile birlikte Şekil 4.14'te sunulmuştur.

Tablo 4.11 : Ortalama Sıcaklık Verileri İçin Sen's Slope Testi Sonuçları.

Gözlem Yılı	İstasyon Adı/No	Sen's Slope Testi	Trend Durumu
1991-2022	SAKARYA/17069	-0.01	Var
1991-2022	BİLECİK/17120	-0.01	Var
1991-2022	BOZÜYÜK/17702	0	Yok
1991-2022	GEDİZ/17750	0	Yok
1991-2022	KÜTAHYA/17155	+0.02	Var
1991-2022	SİMAV/17748	+0.01	Var
1991-2022	TAVŞANLI/17704	0	Yok
1991-2022	AFYONKARAHİSAR BÖLGE/17190	-0.02	Var
1991-2022	BOLVADİN/17796	-0.01	Var
1991-2022	DİNAR/17862	-0.01	Var
1991-2022	EMİRDAĞ/17752	0	Yok
1991-2022	ANKARA BÖLGE/17130	-0.02	Var
1991-2022	ANKARA E.H./17128	-0.01	Var
1991-2022	BEYPAZARI/17680	-0.01	Var
1991-2022	KIZILCAHAMAM/17664	0	Yok
1991-2022	NALLIHAN/17679	-0.01	Var
1991-2022	POLATLI/17728	-0.02	Var

Tablo 4.11'da verilmiş olan Sen's Slope yöntemin analiz sonuçlarına göre Kütahya ve Simav istasyonların verilerinde artan trend, Bozyük, Gediz, Tavşanlı, Emirdağ ve Kızılcahamam istasyonların verilerinde trend olmadığı, ve diğer tüm incelenen istasyonların verilerinde azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, trendi artan, azalan ve olmayan yüzdesel pasta grafiği Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

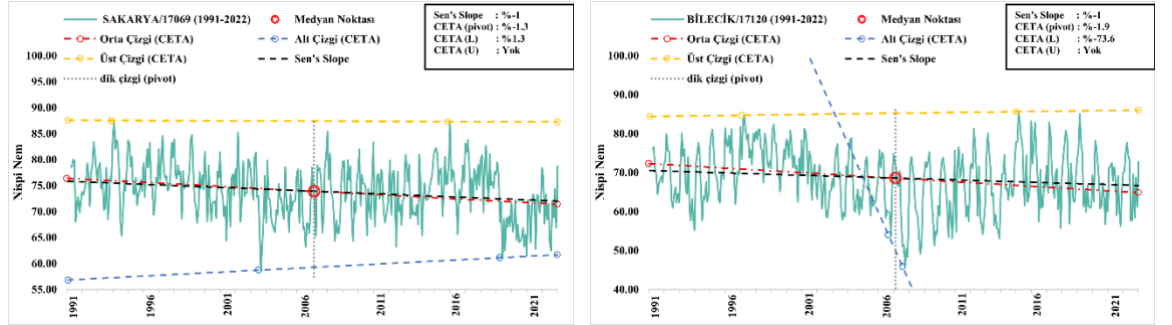


Şekil 4.13: Sen's Slope Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi

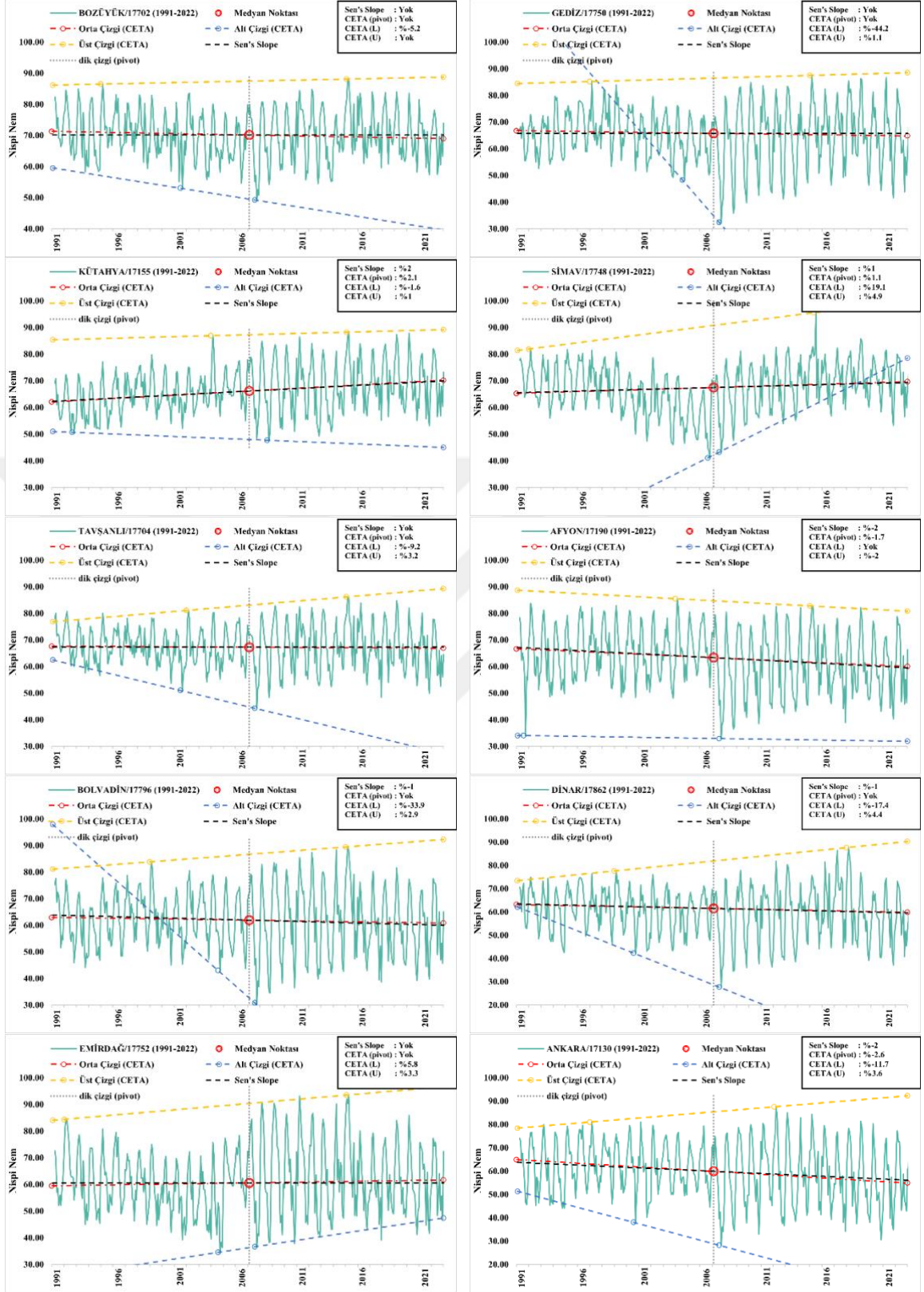
Şekil 4.13 incelendiğinde, istasyonların %12'sinde artan trend olduğu, %59'unda azalan trend olduğu ve %29'unda trend olmadığı sonucuna varıldığı gözlenmektedir.

4.5.4. Kesişen Deneysel Trend Analizi (CETA) sonuçları

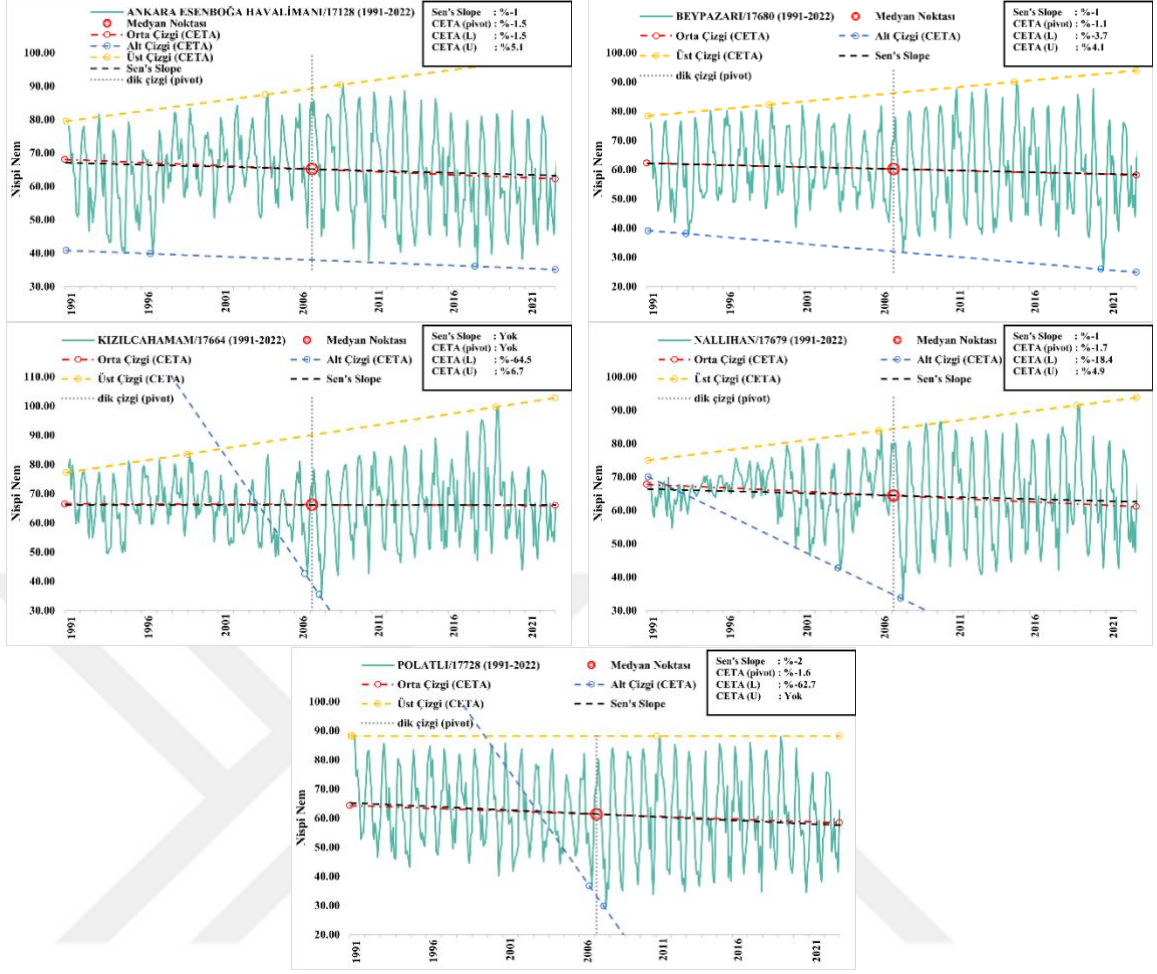
Sakarya havzasına ait 30 yıllık Sıcaklık verilerin trend analizi CETA yöntemi kullanarak analiz edilmiştir. CETA yöntemi Analiz sonuçları Sen's Slope ile birlikte Şekil 4.14'te sunulmuştur.



Şekil 4.14 : Nispi Nem Verilerinin CETA Grafiği



Şekil 4.14 (devam): Nispi Nem Verilerinin CETA Grafiği



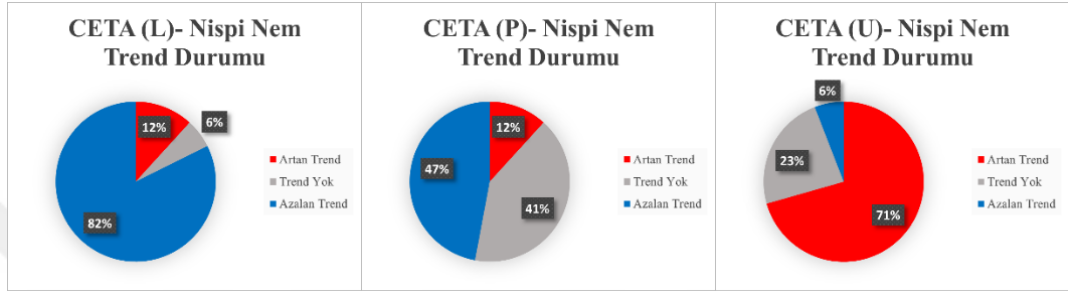
Şekil 4.14 (devam): Nispi Nem Verilerinin CETA Grafiği

Şekil 4.14'te Nispi Nem Verilerinin CETA yöntemine ait analiz sonuçları incelendiğinde;

- CETA (L) çizgisine göre Sakarya, Simav ve Emirdağ istasyonların verilerinde artan trend, Afyon istasyonun verilerine göre trend olmadığı ve diğer istasyonların verilerinde azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır.
- CETA (pivot) çizgisine göre Kütahya ile Simav istasyonların verilerinde artan trend, Bozüyük, Gediz, Tavşanlı, Bolvadin, Dinar, Emirdağ ve Kızılcahamam istasyonların verilerinde trend olmadığı ve diğer incelenen tüm istasyonların verilerinde azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca CETA (pivot) trendi ile Sen's Slope trendi karşılaştırıldığında, birbirine yakın sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır.

- CETA (U) çizgisine göre Sakarya, Bilecik, Bozüyük ve Polatlı istasyonların verilerinde trend olmadığı, Afyon verilerinde azalan trend ve diğer incelenen tüm istasyonların verilerinde artan trend olduğu sonucuna varılmıştır.
- Maks. ve min. veriler için CETA üst ve alt çizgileri veriler zaman aralığı birbirinde yakın oldukça trendin eğiminin arttığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca CETA yöntemi sonuçlarına ait yüzdesel pasta şekil 4.15’de gösterilmiştir.



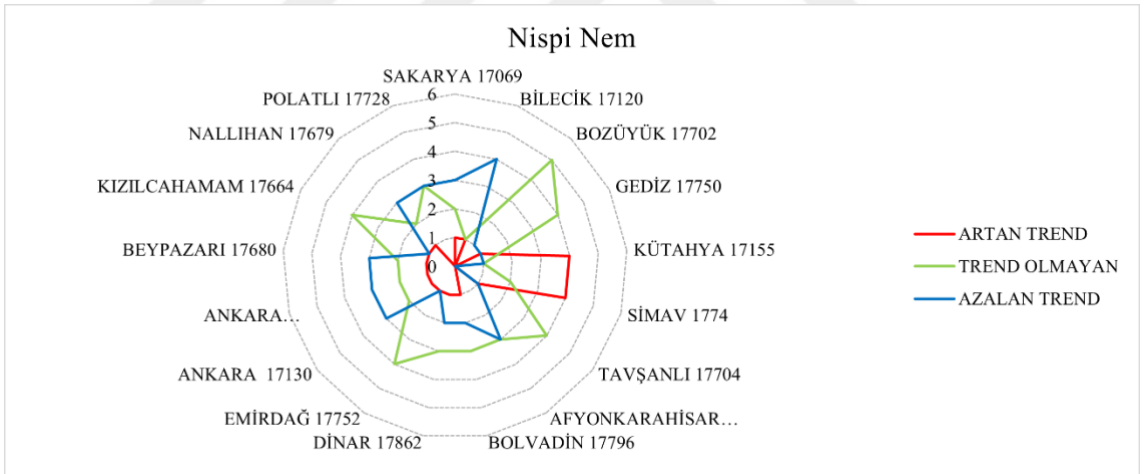
Şekil 4.15: CETA Nispi Nem Durum Trend Yüzdesi

Şekil 4.15 incelendiğinde, CETA (L) çizgisine göre istasyonların %12’sinde artan trend olduğu, %82’sinde azalan trend olduğu ve %6’sinde trend olmadığını sonucuna varıldığı; CETA (P) çizgisine göre %12’sinde artan trend olduğu, %47’sinde azalan trend olduğu ve %41’inde trend olmadığını sonucuna varıldığı; CETA (U) çizgisine göre istasyonların %71’inde artan trend olduğu, %6’sinde azalan trend olduğu ve %23’ünde trend olmadığını sonucuna varıldığını gözlenmektedir.

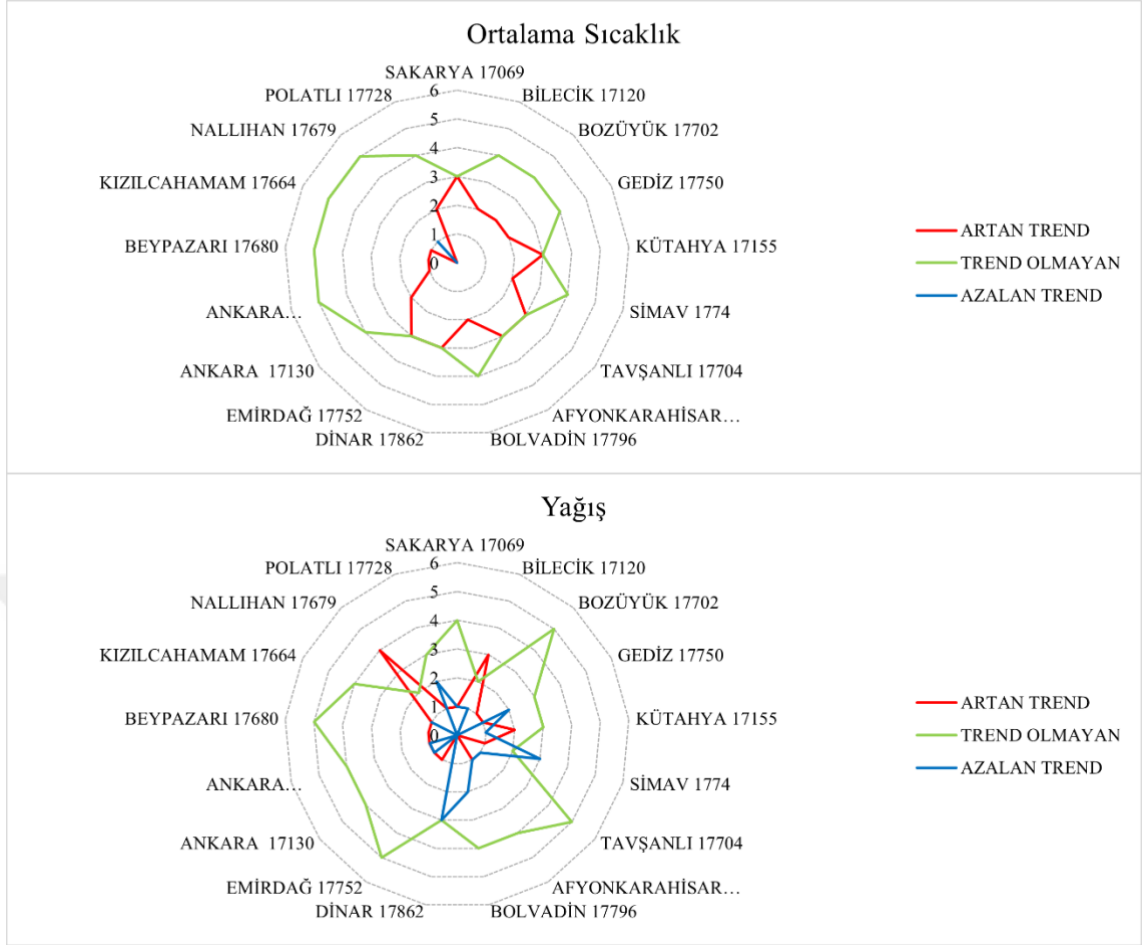
Analiz sonuçları karşılaştırması kolaylaştırmak için tüm yöntemlerin sonuçları Şekil 4.16’da verilmiştir. Bu şekilde mavi renkli hücreler artan trend; kırmızı renkli hücreler ise azalan trend ve gri renkli hücreler trend olmadığını ifade etmektedir. Ayrıca analiz edilen tüm verilerin radar grafikleri Şekil 4.17’de verilmiştir.

	NEM						SICAKLIK					YAĞIŞ						
	Sens slope %99	MK %95	CETA %99	CETA (U) %99	CETA (L) %99	Rho %95	Sens slope %99	MK %95	CETA %99	CETA (U) %99	CETA (L) %99	Rho %95	Sens slope %99	MK %95	CETA %99	CETA (U) %99	CETA (L) %99	Rho %95
SAKARYA 17069																		
BİLECİK 17120																		
BOZÜYÜK 17702																		
GEDİZ 17750																		
KÜTAHYA 17155																		
SİMAV 17748																		
TAVŞANLI 17704																		
AFYONKARAHİSAR 17190																		
BOLVADİN 17796																		
DİNAR 17862																		
EMİRDAĞ 17752																		
ANKARA 17130																		
ANKARA ESENBOĞAHAVALİMANI 17128																		
BEYPAZARI 17680																		
KIZILCAHAMAM 17664																		
NALLIHAN 17679																		
POLATLI 17728																		

Şekil 4.16: çalışmadaki kullanılan tüm trend analiz yöntemlerin özeti



Şekil 4.17: Yağış, Ortalama Sıcaklık ve Nispi Nem radar grafikleri



Şekil 4.17 (devam): Yağış, Ortalama Sıcaklık ve Nispi Nem radar grafikleri

Şekil 4.16 ve 4.17 incelendiğinde;

- Mann-Kendall, Sen's Slop ve CETA yöntemlerin sonuçları ya artan trend ile trend yok; veya azalan trend ile trend yok arasında rastlandığını gözlenmiştir. Bundan dolayı analiz sonuçları birbirinin doğruluğunu onayladığını sonucuna varılmıştır.
- Yağış verilerinde arada tekrarlı sıfır verisi olması ve negatif değer olmaması nedeniyle CETA alt çizgisi (L) trend vermemektedir.
- CETA (U) ve CETA (L) arada çok büyük bir trend sonucu vermiştir. Maks. ve min. verilerin zaman aralığı birbirinde yakın oldukça trend daha çok da artmaktadır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye açısından ekonomik, ticari öneme sahip olan ve aynı zamanda Türkiye yüz ölçümünün %8,1'lik alanını kapsayan Sakarya havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Sakarya havzasının iklim değişikliği etkisi altında yağış, sıcaklık ve nem verilerinin trend durumu incelenmiştir. MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) tarafından temin edilen aylık toplam yağış, nispi nem ve aylık ortalama sıcaklığı verilerinin trend durumu ve verilerin arasında bağımlılık ilişkisini belirlemek amacıyla Mann-Kendal, Sen's slope, CETA, Spearman's Rho ve Pearson korelasyon katsayısı uygulanmıştır. Çalışmada havzaya ait 17 istasyon veri serisi kullanılmış ve kullanılan veri setlerinin uzunluğu 30 yıldır. Pearson korelasyon yöntemi sonuçları aşağıdaki gibidir.

- Nispi nem ile sıcaklık verileri arasındaki analiz sonucunda; Sakarya istasyonunda ilişkinin zayıf olduğu, Nallıhan istasyonunda çok zayıf olduğu ve geriye kalan tüm istasyonlarda güçlü ile çok güçlü olduğu sonucuna varılmıştır.
- Nispi nem ile yağış verileri arasındaki analiz sonucunda; veriler arasındaki ilişkinin çok zayıf ile güçlü arasında değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.
- Sıcaklık ile yağış verileri arasındaki analiz sonucunda; Simav istasyonunda orta seviyede bir ilişki olduğu, geriye kalan tüm istasyonlarda ise zayıf ile çok zayıf arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca 30 yıllık veriler 3 farklı klasik trend analiz yöntemiyle (Sen's Slope, Mann-Kendall ve Spearman's Rho) irdelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

- Toplam yağış verileri kullanılarak yapılan analizlerinin sonucunda, Sen's slope yöntemine göre Bilecik, Kütahya ve Nallıhan istasyonlarında artan trend varken Gediz, Simav, Dinar, Kızılcabamam ve Polatlı istasyonlarında azalan trend gözlenmiştir. Mann-Kendall'a göre sadece Nallıhan istasyonunun verilerinde artan trend gözlenmiştir. Spearman's Rho yöntemine göre Sadece Kütahya ve Simav

istasyonun verilerinde artan trend olduğu, Sakarya, Bilecik, Afyon, Dinar, Ankara ve Polatlı azalan trend olduğu, diğer istasyonların verilerinde bir trend olmadığı sonucuna varılmıştır.

- Ortalama sıcaklık verileri kullanılarak yapılan Sen's Slope yöntemine göre Nallıhan istasyonun verilerinde trend olmadığı sonucuna varılırken, diğer tüm istasyonların verilerinde artan trend gözlenmiştir. Spearman's Rho yöntemlerine göre sadece Sakarya istasyonunun verilerinde artan trend olduğu gözlenirken Spearman's Rho yöntemine göre Nallıhan istasyonu verilerinde azalan trend gözlenmiştir. Diğer istasyonların verilerinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Mann-Kendall yöntemi ile hiçbir istasyonun verilerinde trend gözlenmemiştir.
- Ortalama nispi nem verileriyle yapılan Mann-Kendall ve Sen's Slope analizlerinin sonucunda Bilecik istasyonunda azalan bir trend olduğu gözlemlenirken Spearman's Rho yöntemine göre artan bir trend gözlenmiştir. Mann-Kendall ve Sen's Slope analizlerinin sonuçlarına göre diğer istasyonların verilerinde azalan trend olduğu veya trend olmadığı sonucuna varılırken, Sen's Slope analiz sonuçlarına göre Kütahya ve Simav; Mann-Kendall sonuçlarına göre ise sadece Kütahya istasyonların verilerinde artan trend olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca bu veriler modern trend yöntemi olan CETA ile analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Toplam yağış verileri kullanılarak yapılan CETA (U) çizgisine göre Kütahya, Simav, Tavşanlı, Bolvadin ve Dinar istasyonlarında azalan trend olduğu; diğer istasyonlarda artan trend olduğu sonucuna varılmıştır. CETA (P) çizgisine göre Nallıhan ve Bilecik istasyonlarının verilerinde artan trend olduğu, Gediz, Simav, Bolvadin ve Ankara Esenboğa havalimanında azalan trend olduğu; geriye kalan istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varılmıştır. CETA (L) çizgisine göre tüm istasyonlarda trend olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Ortalama sıcaklık verileri kullanılarak yapılan CETA (U) çizgisine göre Bozüyük, Bolvadin, Ankara Esenboğa havalimanı, Beypazarı, Kızılcahamam, Nallıhan ve Polatlı istasyonlarının verilerinde trend olmadığı sonucuna

varılmıştır. Geriye kalan istasyonlarda artan trend olduğu sonucuna varılmıştır. CETA (P) çizgisine göre Dinar istasyonunun verilerinde azalan trend olduğu ve diğer istasyonların verilerinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır. CETA (L) çizgisine göre Bozüyük, Kütahya, Tavşanlı, Afyon, Bolvadin, Dinar, Emirdağ ve Polatlı istasyonları verilerinde artan trend olduğu ve diğer istasyonların verilerinde trend olmadığı sonucuna varılmıştır.

- Ortalama nispi nem verileri kullanılarak yapılan CETA (U) çizgisine göre Sakarya, Bilecik, Bozüyük ve Polatlı istasyonların verilerinde trend olmadığı, Afyon istasyon verilerinde azalan trend olduğu ve diğer incelenen tüm istasyonların verilerinde artan trend olduğu sonucuna varılmıştır. CETA (pivot) çizgisine göre Kütahya ile Simav istasyonlarının verilerinde artan trend, Bozüyük, Gediz, Tavşanlı, Bolvadin, Dinar, Emirdağ ve Kızılcahamam istasyonlarının verilerinde trend olmadığı, diğer incelenen tüm istasyonların verilerinde azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır. CETA (L) çizgisine göre Sakarya, Simav ve Emirdağ istasyonlarının verilerinde artan trend olduğu, Afyon istasyonunun verilerine göre trend olmadığı, diğer istasyonların verilerinde azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır.
- Genel olarak CETA (P), Sen's Slope, Mann-Kendall ve Spearman Rho yöntemlerinin analiz sonuçları birbirine yakın olduğu görülmüştür. CETA (U) ve CETA (L) değerlendirme kriterleri farklı olduğundan (maksimum ve minimum değerleri ele aldığından) diğer yöntemler ile kısmi farklılıklar göstermiştir ancak bu farklılıklar bu yönteme ayrı boyut katarak büyük önem kazandırmıştır.

Sakarya nehir havzası içinde bulunan 17 istasyonun 1991-2022 yılları arasındaki verilerinin trend analiz sonuçları bir bütün olarak ele alındığında;

- Sıcaklık verilerinde artan trend net bir şekilde olduğu sonucuna varılmaktadır. Sıcaklık verilerindeki bu artışlara karşın; yeşil alanların korumasına ve genişletmesi büyük önem taşımaktadır.
- Nispi nem verilerinde ise azalan trend olduğu sonucuna varılmıştır. Nem verilerindeki azalma ile sıcaklık verilerindeki artış, açık su yüzeylerinden

buharlaşmayı arttırabileceği öngörölmektedir. Bu nedenle su kaynaklarında meydana gelebilecek azalmalara önlemler alınmalıdır.

- “Yağış verilerinde düzensizliklerin arttığı sonucuna varılmıştır. Bu düzensizliklerin artmasıyla birlikte sel veya kuraklık dalgaları meydana gelme olasılığı artmaktadır. Bunun sonucunda bölgedeki tarım sektörü tehdit altında kalması söz konusudur.



KAYNAKLAR

- A. Freitas, M. Bernardino, C. Guedes Soares * (2022). *The influence of the Arctic Oscillation on North Atlantic wind and wave climate by the end of the 21st century*. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110634>
- A. Gonz'alez-P'erez a,* , R. Alvarez-Esteban ' b , Alejandro Vel'azquez c , A. Penas d , S. del R'io d (2023). *BIOCLIMATIC DROUGHT AND ITS TRENDS IN CALIFORNIA STATE (U.S.)*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110426>
- Abdilahi, H. A. (2022). *Somali Yağış Verilerinin Trend Analizi*. (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Akgül, I., (2003). *Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri*, Der Yayınevi, İstanbul.
- Anoek J. van Tilburg a , Paul F. Hudson (2022). *Extreme weather events and farmer adaptation in Zeeland, the Netherlands: A European climate change case study from the Rhine delta*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157212>
- Anurag Malik a , * , Anil Kumar a , Ali Najah Ahmed b , Chow Ming Fai c , Haitham Abdulmohsin Afan d , Ahmed Sefelnasr e , Mohsen Sherif e , Ahmed El-Shafie e , (2020). *Application of non-parametric approaches to identify trend in streamflow during 1976–2007 (Naula watershed)*. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.04.006>
- Avşaroğlu, Y. (2019). *Dicle Havzası Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Trend Analizi*. (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Aydın, H. (2022). *Bati Karadeniz Havzası'nda Trend Analizi Yöntemleriyle Kuraklık Etkisinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Ceribası, G., Ceyhunlu, A. I., & Ahmed, N. (2021b). *Innovative trend pivot analysis method (ITPAM): A case study for precipitation data of Susurluk Basin in Turkey*. *Acta Geophysica*, 69(4), 1465–1480. <https://doi.org/10.1007/s11600-021-00605-6>
- Ceribası, G., Sımsek, O., Ceyhunlu, A. I., & Keskıner, A. D. (2024). *Evaluation of Long-Term Meteorological Drought in the Aras and Coruh Basins with Crossing Empirical Trend Analysis*. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 103611.

- Chowdari, K., Deb Barma, S., Bhat, N. et al. (2023). Trends of seasonal and annual rainfall of semi-arid districts of Karnataka, India: application of innovative trend analysis approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 152, 241–264. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04400-9>
- Ebrahim Ghaderpour *, Paolo Mazzanti, Gabriele Scarascia Mugnozza, Francesca Bozzano (2023). *Coherency and phase delay analyses between land cover and climate across Italy via the least-squares wavelet software*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103241>
- Felipe de Oliveira Guedes a , Iasmin Matias de Sousa a , Galtieri Otavio Cunha de Medeiros a , Maria Cristina Gonzalez b , Ana Paula Trussardi Fayh (2023). *Is there a difference in the parameters of the bioelectrical impedance obtained from devices from different manufacturers? A crosssectional study in hospitalized cancer patients* Francisco. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.05.010>
- G. Venkata Rao a , K. Venkata Reddy a , Raghavan Srinivasan b , Venkataramana Sridhar c,* , N. V. Umamahesh a , Deva Pratap, Ph.D. (2020). *Spatio-temporal analysis of rainfall extremes in the flood-prone Nagavali and Vamsadhara Basins in eastern India*. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100265>
- Gno-Solim Ela a,b , Daniel Olago b , Amwata Dorothy Akinyi b , Henri E.Z. Tonnang a, (2023). *Assessment of the effects of climate change on the occurrence of tomato invasive insect pests in Uganda* N'dakpaze. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13702>
- Haftu Brhane Gebremichael a,* , Gelana Amente Rabaa , Kassahun Ture Beketie b , Gudina Legese Feyisa b , Teshome Siyoum (2022). *Changes in daily rainfall and temperature extremes of upper Awash Basin, Ethiopia*. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01173>
- IPCC AR6 WG3 Summary for Policymakers 2022, Figure SPM.1. *Url-1* <<http://Special Report on Climate Change and Land — IPCC site>>
- IPCC SRCCL Summary for Policymakers 2019, s. 10 *Url-1* <<http://Special Report on Climate Change and Land — IPCC site>>
- IPCC SRCCL Summary for Policymakers 2019, s. 18 *Url-1* <<http://Special Report on Climate Change and Land — IPCC site>>
- Isaac Ayo Oluwatimilehin a,* , Joseph Omojesu Akerele b , Tolulope Adedoyin Oladeji c , Mojisola Hannah Omogbehin a , Godwin Atai a (2022). *Assessment of the impact of climate change on the occurrences of malaria, pneumonia, meningitis, and cholera in Lokoja City, Nigeria*. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2022.11.007>
- Jebli I., Belouadha F. Z., Kabbaj M. I., Tilioua A. (2021). *Prediction of solar energy guided by pearson correlation using machine learning*, *Energy*, 224, 120109.
- Jennifer Garard, Sylvia L.R. Wood, Nilufar Sabet-Kassouf, ..., Kalpana Chaudhari, Maria Ivanova, Amy L. Luers(2022) *Moderate support for the use of digital*

tracking to support climate-mitigation strategies.
<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.08.005>

Kumar Sharma a , Jagmandeep Dhillon a,* , Pushp Kumar b , Michael J. Mulvaney a , Vaughn Reed a , Raju Bheemanahalli a , Michael S. Cox a , Meetpal S. Kukal c , Krishna N. Reddy (2023). *Climate trends and soybean production since 1970 in Mississippi: Empirical evidence from ARDL model* Ramandeep. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167046>

Lüthi, Dieter; Le Floch, Martine; Bereiter, Bernhard; Blunier, Thomas; Barnola, Jean-Marc; Siegenthaler, Urs; Raynaud, Dominique; Jouzel, Jean; Fischer, Hubertus; Kawamura, Kenji; Stocker, Thomas F. (Mayis 2005). *High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present.* Nature. 453 (7193): 379-382. doi:10.1038/nature06949. ISSN 0028-0836. PMID 18480821.

M. Steinthorsdottir a,b,* , P.E. Jardine c , B.H. Lomax d , T. Sallstedt a (2022). *Key traits of living fossil Ginkgo biloba are highly variable but not influenced by climate – Implications for palaeo-pCO₂ reconstructions and climate sensitivity.* <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103786>

Marat Karatayev a,b,* , Michele Clarke b,c , Vitaliy Salnikov d , Roza Bekseitova d , Marhaba Nizamova (2022). *Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan.* <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08660>

Ottar Tamm a,* , Egle Saaremaa b , Kristiina Rahkema c , Jaak Jaagus d , Toomas Tamm (2023). *The intensification of short-duration rainfall extremes due to climate change – Need for a frequent update of intensity–duration–frequency curves.* <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110634>

Our World in Data, 18 September 2020 *Url-1* <[http:// Our World in Data](http://Our World in Data)>

R.L. Wilby a,* , M.F. Johnson (2020). *Climate variability and implications for keeping rivers cool in England.* <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100259>

Rob J.F. Burton * , Pia P. Otte (2022). *Promoting climate change mitigation in agriculture: do we need to account for farm family life-cycle?.* <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.10.006>

Swadhin Das, Showmitra Kumar Sarkar (2023). *Spatio-temporal variability of vegetation and its relation to different hydroclimatic factors in Bangladesh.* <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18412>

Sen, P. K. (1968). *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau.* *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>

Shahin, M., Van Ourschout, H.J.L., Lange, S.J.D., (1993). *Statistical Analysis In Water Resources Engineering*

- Şen, Z. (2012). *Innovative trend analysis methodology. Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Şen, Z., Şişman, E., & Dabanli, I. (2019). *Innovative polygon trend analysis (IPTA) and applications. Journal of Hydrology*, 575, 202-210.
- Şen, Z. (2022). *Crossing empirical trend analysis (CETA) at risk levels in hydro-meteorological time series. Theoretical and Applied Climatology*, 148(1-2), 145-163.
- Şen, Z. (2014). *Trend identification simulation and application. Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642.
- Şen, Z., (2017). *Spatial trend analysis. Innovative Trend Methodologies in Science and Engineering*, 227-280.
- Şen, Z., (2018). *Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records. Theor Appl Climatol*, Vol. 131: 285–293. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1980-x>
- Tonderai Gwatidaa , Samuel Kusangayaa,* , Juliet Gwenzi b , Terence Mushore b , Munyaradzi Davis Shekedeaa , Nyasha Viriri (2023). *Is climate really changing? Insights from analysis of 30-year daily CHIRPS and station rainfall data in Zimbabwe.* <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01581>
- Velders G. (2009). *The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing* (July, 2009) <https://doi.org/10.1073/pnas.0902817106>
- Walter Leal Filho a , Desalegn Yayeh Ayal b,* , Tony Wall c , Chris Shiel d , Arminda Paco e , Paul Pace f , Mark Mifsud f , Amanda Lange Salvia g , Antonis Skouloudis h , Sara Moggi i , Todd LeVasseurj , Garcia Vinuesa Antonio k , Ulisses M Azeiteiro l , Nikolaou Ioannis m, Marina Kovaleva (2023). *An assessment of attitudes and perceptions of international university students on climate change.* <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100486>
- Xinya Guo a,b,1 , Muhammad Umer Arshad c,*,#, Yuanfeng Zhao b , Yufei Gong d , Hongyu Li (2023). *Effects of climate change and grazing intensity on grassland productivity—A case study of Inner Mongolia, China.* <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17814>
- Yating Ren a , Feng Zhang a,* , Chunli Zhao b,* , Zhiqiang Cheng a (2023). *Attribution of climate change and human activities to vegetation NDVI in Jilin Province, China during 1998–2020.* <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110415>
- Zekai Sen (2021). *Crossing Empirical Trend Analysis (CETA) At Risk Levels In Hydro-Meteorological Time Series.* <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-372087/v1>
- Zhou H., Deng Z., Xia Y., Fu M. (2016). *A new sampling method in particle filter based on Pearson correlation coefficient, Neurocomputing*, 216, 208– 215
- Zhang, X.,Harvery, K.D. Hogg, W.D. and Yuzyk, T.R., (2001). *Trends in Canada streamflow, Water Res. Research* 37, 987-998