



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YAĞIŞ
VERİLERİNİN ZAMANSAL VE KONUMSAL
ANALİZİ: HİRSHABELLE SOMALİ ÖRNEĞİ

Abdinasir Osman MOHAMED

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdinasir Osman MOHAMED tarafından hazırlanan “COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YAĞIŞ VERİLERİNİN ZAMANSAL VE KONUMSAL ANALİZİ: HİRSHABELLE SOMALİ ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması 12/02/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Canan GÜNGÖR

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan MARTI

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Abdinasir Osman MOHAMED

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YAĞIŞ VERİLERİNİN ZAMANSAL VE KONUMSAL ANALİZİ: HİRSHABELLE SOMALİ ÖRNEĞİ

Abdinasir Osman MOHAMED

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hatice Canan GÜNGÖR

2025, 102 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Hatice Canan GÜNGÖR
Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU
Dr .Öğr. Üyesi Ali İhsan MARTI**

Bu çalışma, Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'nde 1981-2020 yılları arasındaki yağışın zamansal ve mekânsal değişkenliğini istatistiksel yöntemler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak incelemektedir. Araştırmada, yağış verilerinin tutarlılığını değerlendirmek için Run Testi, Buishand Sıralama Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Oran Testi ve Mann-Whitney U Testi gibi homojenlik testleri uygulanmıştır. Sonuçlar, çoğu ilçede istikrarlı eğilimler gözlemlenirken bazı bölgelerde önemli düzensizliklerin bulunduğunu göstermektedir. Trend analizi, yağış desenlerindeki değişiklikleri değerlendirmek amacıyla Sen'in T-Testi, Şen İstatistiksel Testi, Yenilikçi Şen Yöntemi, Mann-Kendall Testi ve Spearman'ın Rho Testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, Beled Weyn, Buulo Burdo ve Jalalaksi ilçelerinde yıllık yağış trendlerinde artış olduğunu, ancak Jawhar, Bal'ad, Adale ve Aadan Yabal ilçelerinde ise azalma eğilimleri gözlemlendiğini ortaya koymaktadır. Mevsimsel analiz, yaz ve sonbahar yağışlarının arttığını, kış ve ilkbahar yağışlarının ise azaldığını göstermektedir. CBS tabanlı mekânsal analiz ise bölge genelinde önemli yağış değişkenliklerini ortaya koymaktadır. En yüksek yağış değerleri 785,74 mm ile 1239,26 mm arasında değişirken, en düşük yağış miktarları 10,55 mm ile 63,28 mm arasında farklılık göstermektedir. Bal'ad ve Jawhar gibi güney ilçeleri daha fazla yağış alırken, kuzey bölgeleri nispeten daha düşük yağış almaktadır. Bu bulgular, yerleştirilmiş su yönetimi stratejilerinin, gelişmiş sulama sistemlerinin ve iklim uyum önlemlerinin önemini vurgulamaktadır. Gelecekteki araştırmalar, uzun vadeli yağış eğilimlerini projekte etmek ve tarım, su kaynakları planlaması ile afet risk yönetimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için iklim modellerini içermelidir.

Anahtar Kelimeler: Yağış, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), İnterpolasyon, Trend Analiz, Hirshabelle, Somali.

ABSTRACT

MS THESIS

TEMPORAL AND SPATIAL ANALYSIS OF PRECIPITATION DATA WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: THE CASE OF HIRSHABELLE SOMALIA

Abdinasir Osman MOHAMED

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Supervisor: Assist. Prof. Hatice Canan GÜNGÖR

2025, 102 Pages

Jury

Assist. Prof. Hatice Canan GÜNGÖR

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

Assist.Prof. Ali İhsan MARTI

This study examines the temporal and spatial variability of precipitation in Hirshabelle State, Somalia, from 1981 to 2020 using statistical methods and Geographic Information Systems (GIS). The research applies homogeneity tests, including the Run Test, Buishand Rank Test, Pettitt Test, Von Neumann Ratio Test, and Mann-Whitney U Test, to assess the consistency of the rainfall dataset. The results indicate that while most districts exhibit stable trends, significant inhomogeneities are detected in certain areas. Trend analysis is conducted using Sen's T-Test, Şen Statistical Test, the Innovative Şen Method, Mann-Kendall Test, and Spearman's Rho Test to evaluate changes in rainfall patterns. The findings reveal increasing annual rainfall trends in Beled Weyn, Buulo Burdo, and Jalalaksi, while Jawhar, Bal'ad, Adale, and Aadan Yabal experience decreasing trends. Seasonal analysis indicates that summer and autumn rainfall has increased, whereas winter and spring precipitation has declined over time. GIS-based spatial analysis highlights significant rainfall variability across the region. Peak precipitation values range from 785.74 mm to 1239.26 mm, while minimum rainfall varies between 10.55 mm and 63.28 mm. The southern districts, particularly Bal'ad and Jawhar, receive higher rainfall, whereas the northern areas experience lower precipitation levels. These findings underscore the importance of localized water resource management strategies, improved irrigation systems, and climate adaptation measures to mitigate the impacts of rainfall variability. Future research should incorporate climate models to project long-term precipitation trends and assess their implications for agriculture, water resource planning, and disaster risk management in Hirshabelle.

Keywords: Precipitation, Geographic information system (GIS), Interpolation, Trend Analysis, Hirshabelle, Somalia.

TEŞEKKÜR

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hatice Canan Güngör'e, bu çalışmanın her aşamasında sunduğu değerli rehberlik, sarsılmaz destek ve teşvikleri için en derin şükranlarımı sunarım. Kendisinin uzmanlığı ve kıymetli geri bildirimleri, araştırmamın yönünü şekillendirmede büyük bir rol oynamıştır. Ayrıca, bu süreçte verdikleri sürekli destek ve teşvikleri için meslektaşlarıma ve aileme içtenlikle teşekkür ederim. Onların motivasyonu ve anlayışı, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında önemli bir katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, Öğr. Gör. Burak Çeşmeci'ye de tezimin tamamlanmasına yönelik değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bu bireylerin destek, rehberlik ve katkıları olmadan bu araştırma tamamlanamazdı.

Bu çalışmayı ülkeme, Somali'ye ve geri döneceğim eyaletim Hirshabelle'ye ithaf ediyorum.

Abdinasir Osman MOHAMED
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Tanımı	2
1.2. Araştırma Amaçları	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Çevre Çalışmalarında Yağış Analizi	8
2.2. Jeo-Uzamsal Analizde İnterpolasyon Teknikleri.....	9
2.3. Yağış Verilerinin Uygulamaları.....	13
2.4. Çevre ve İklim Araştırmalarındaki Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı.....	14
2.5. İklim Araştırma Birimi Veri Kümesi.....	15
2.5.1. Yağış eğilim analiz yöntemleri.....	16
2.5.1.1. Run testi	16
2.5.1.2. Buishand rank testi.....	17
2.5.1.3. Şen statistical testi.....	18
2.5.1.4. Sen's T-testi	18
2.5.1.5. Pettitt testi	19
2.5.1.6. Mann-Whitney U test.....	20
2.5.1.7. Von Neumann ratio test	21
2.5.1.8. Spearman's rho	22
2.5.1.9. Mann-kendall test.....	23
2.5.1.10. Yenilikçi şen yöntemi	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Çalışma Alanı	25
3.2. Yöntemler	27
3.2.1. Homojenlik testleri	27
3.2.2. Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi.....	27
3.2.3. Buishand testi	28
3.2.4. Pettitt testi	29
3.2.5. Von neumann oran testi.....	29
3.2.6. Mann-whitney U testi	30
3.2.7. Trend analizi	31
3.2.8. Mann kendall test	31
3.2.8.1. Şen'in trend eğim yöntemi.....	32
3.2.8.2. Sen'in T testi istatistiği	33
3.2.8.3. Spearman's rho testi.....	33
3.2.8.4. Yenilikçi şen yöntemi	34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Homojenlik Testlerinin Sonuçları.....	35
4.2. Yağış Verilerinin Trend Analizi	36
4.2.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları	36
4.2.2. Beled weyn istasyonu	36
4.2.3. Bulo burdo istasyonu	37

4.2.4. Jalalaksi istasyonu	38
4.2.5. Jawhar istasyonu.....	39
4.2.6. Bal’ad istasyonu	40
4.2.7. Adale istasyonu	41
4.2.8. Adan yabal istasyonu.....	42
4.3. Mann Kendall Testi Sonuçları	42
4.4. Spearman’ın Rho Testi Sonuçları	43
4.5. Sen’in T ve Şen Testi Sonuçları	44
4.6. Mevsimsel Homojenlik Testlerinin Sonuçları	44
4.7. Spearman’ın Rho Testi Sonuçları	47
4.8. Beled Weyn	53
4.8.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları	53
4.9. Bulo Burdo.....	56
4.9.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları	56
4.10. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları	59
4.10.1. Jalalaksi	59
4.11. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları	62
4.11.1. Jawhar.....	62
4.12. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları	65
4.12.1. Bal’ad	65
4.13. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları	68
4.13.1. Adale.....	68
4.14. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları	71
4.14.1. Adan yabale	71
4.15. ArcMap Sonuçları.....	74
4.15.1. Çalışma alanı eğim haritası.....	74
4.15.2. ArcMap maksimum sonuçları	75
4.15.3. ArcMap minimum sonuçları.....	76
4.15.4. ArcMap ortalama sonuçları	77
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	78
5.1. Sonuçlar	78
5.2. Öneriler	79
6. KAYNAKLAR.....	81

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında incelenen bilgileri.....	26
Çizelge 3.2. Veri sayısına bağlı %99 ve %95 güven seviyelerinde R/\sqrt{n} kritik değerleri.....	29
Çizelge 3.3. Veri sayısına bağlı %99 ve %95 güven seviyelerinde XE kritik değerleri.....	29
Çizelge 3.4. Veri sayısına bağlı olarak %95 güven düzeyinde V kritik değeri.....	30
Çizelge 4.1. Yıllık ortalama homojenlik testlerinin sonuçları.....	35
Çizelge 4.2. Mann-kendall testi sonuçları	42
Çizelge 4.3. Spearman'ın rho testi sonuçları	43
Çizelge 4.4. Sen'in T ve sen testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.5. Kış Mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları	44
Çizelge 4.6. İlkbahar mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları	45
Çizelge 4.7. Yaz mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları.....	46
Çizelge 4.8. Sonbahar Mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları.....	46
Çizelge 4.9. Spearman'ın rho kış testi sonuçları	47
Çizelge 4.10. Spearman'ın rho ilkbahar testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.11. Spearman'ın rho yaz testi sonuçları	48
Çizelge 4.12. Spearman'ın rho sonbahar testi sonuçları	48
Çizelge 4.13. Sen'in T ve sen testi kış sonuçları	49
Çizelge 4.14. Sen'in T ve sen testi ilkbahar sonuçları.....	49
Çizelge 4.15. Sen'in T ve sen testi yaz sonuçları	50
Çizelge 4.16. Sen'in T ve sen testi sonbahar sonuçları	50
Çizelge 4.17. Mann-kendall testi kış mevsimi sonuçları.....	51
Çizelge 4.18. Mann-kendall testi ilkbahar mevsimi sonuçları	51
Çizelge 4.19. Mann-kendall testi yaz mevsimi sonuçları.....	52
Çizelge 4.20. Mann-kendall testi sonbahar mevsimi sonuçları	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Çalışma kapsamında incelenen İstasyonları.....	26
Şekil 3.2. Kartezyen koordinatlarda veri gösterimi	34
Şekil 4.1. Beled weyn istasyonu grafiği	36
Şekil 4.2. Bulo burdo istasyonu grafiği	37
Şekil 4.3. Jalalaksi istasyonu grafiği	38
Şekil 4.4. Jawhar istasyonu grafiği	39
Şekil 4.5. Bal’ad istasyonu grafiği.....	40
Şekil 4.6. Adale istasyonu grafiği.....	41
Şekil 4.7. Adan yabal istasyonu grafiği.....	42
Şekil 4.8. Beledweyne ilçesindeki kış mevsimine ait mevsimsel yağış eğilimlerini analizi.....	53
Şekil 4.9. Beledweyn ilçesindeki ilkbahar sezonu için yapılan yağış eğilim analizi	54
Şekil 4.10. Beledweyne ilçesinin yaz mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi	55
Şekil 4.11. Beledweyne ilçesinin sonbahar mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi .	55
Şekil 4.12. Bulo Burdo ilçesinin kış mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi	56
Şekil 4.13. Bulo Burdo ilçesinin ilkbahar mevsimine ait yağış değişimlerini analizi....	57
Şekil 4.14. Bulo Burdo ilçesinde yaz mevsiminde meydana gelen yağış değişimlerini incelemesi	57
Şekil 4.15. Bulo Burdo ilçesinde sonbahar mevsimi boyunca yağış değişimlerini analizi	58
Şekil 4.16. Mavi veri noktalarının çoğunluğu kırmızı referans çizgisinin altında yer almaktadır, bu da kış yağışlarının zaman içinde azaldığını göstermektedir	59
Şekil 4.17. Jalalaksi ilçesinde ilkbahar mevsimine ait yağış değişimleri.....	60
Şekil 4.18. Jalalaksi ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	60
Şekil 4.19. Jalalaksi ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	61
Şekil 4.20. Jawhar ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	62
Şekil 4.21. Jawhar ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	63
Şekil 4.22. Jawhar ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	63
Şekil 4.23. Jawhar ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	64
Şekil 4.24. Bal’ad ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	65
Şekil 4.25. Bal’ad ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	66
Şekil 4.26. Bal’ad ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	66
Şekil 4.27. Bal’ad ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	67
Şekil 4.28. Adale ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi .	68
Şekil 4.29. Adale ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	69
Şekil 4.30. Adale ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi	69
Şekil 4.31. Adale ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	70

Şekil 4.32. Adan Yabal ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	71
Şekil 4.33. Adan Yabal ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	71
Şekil 4.34. Adan Yabal ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	72
Şekil 4.35. Adan Yabal ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi.....	72
Şekil 4.36. Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'nde bulunan yedi ilçede – Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Aadan, Adale, Jawhar ve Bal'ad – 1981 ile 2020 yılları arasında kaydedilen maksimum yağış değerleri	75
Şekil 4.37. 1981 ile 2020 yılları arasında Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde minimum yağış dağılımı	76
Şekil 4.38. 1981–2020 döneminde Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde yıllık ortalama yağış dağılımı.....	77



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

H0	: Hipotezde öne sürülen bir önerinin savunulması
H1	: Hipotezde öne sürülen bir önerinin karşıt durumda olması
n	: Veri sayısı
Q	: Buishand test istatistiği
r (s)	: Spearman'ın Rho test istatistiği
r	: Run değişim sayısı
ri	: Sıra
rx,y	: Korelasyon katsayısı
s, σ	: Standart sapma
T (k)	: Standart Normal Homojenlik Test istatistiği
T	: Sen'in T testi istatistiği
u (t)-u' (t)	: Mann-Kendall Meritebe Korelasyon testi sonucunda bulunan fonksiyon
Var (s)	: Varyans
Von	: Neumann test istatistiği
X (k)	: Pettitt test istatistiği
Z	: Önem seviyesi standart normal değişkeni
α	: Anlamlılık düzeyi

Kısaltmalar

BM	: Birleşmiş Milletler (UN: United Nations)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMÖ	: Dünya Meteoroloji Örgütü
EEK	: Eylül-Ekim-Kasım
GTÖ	: Gıda ve Tarım Örgütü (FAO: Food and Agricultural Organization)
HTA	: Haziran-Temmuz-Ağustos
IDW	: Inverse Distance Weighted
IOD	: Indian Ocean Dipole
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
POWER	: Prediction of Worldwide Energy Resource

1. GİRİŞ

Yeryüzüne ait konuma dayalı gözlemlerden elde edilen grafik ve grafik olmayan verileri toplayan, depolayan, işleyen ve analiz ederek harita yardımıyla sunan Coğrafi Bilgisi Sistemleri (CBS) ile yağış verilerinin zamansal ve mekânsal dağılımının analiz edilmesi, mühendislik alanında pek çok çalışmaya altlık oluşturmaktadır (Alemu ve Bawoke, 2020).

Mekansal analizin önemi, coğrafi bilgi verilerinin mekansal boyutlarını incelemek ve bu verilerin belirli bir coğrafi alana özgü özelliklerini anlamakla başlamaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen, Somali'deki farklı bölgelerin topoğrafik yapısı, iklim koşulları, ve yerel nüfus yapısı gibi faktörler, mekansal analizin odak noktaları olabilmektedir (Malik ve Kumar, 2020). Bu tür analizler, belirli bir bölgede potansiyel riskleri belirlemek, su kaynaklarının yönetimi için stratejik planlar oluşturmak veya afetlerin etkilerini azaltmak gibi önemli amaçlar için kullanılabilir (Cappelli vd., 2021). Örneğin, yağış miktarının belirli bir bölgedeki topoğrafik yapıyla ilişkisi incelenebilir ve bu analiz sonuçları, sel felaketi riskinin belirlenmesine ve afet yönetimi planlarının oluşturulmasına katkıda bulunabilmektedir (Marino, 2023).

Mekansal analiz aynı zamanda, belirli bir bölgedeki yağış miktarı ve tarım verimliliği gibi faktörler arasındaki ilişkileri de araştırabilmektedir. Bu sayede, tarım planlaması ve ürün çeşitliliği gibi konularda stratejik kararlar alınabilmektedir (Tomaszewski, 2020). Dolayısıyla, mekansal analizlerin, çeşitli coğrafi faktörlerin etkileşimlerini anlamak ve bu bilgileri kullanarak gelecekteki senaryoları tahmin etmek için önemli bir araç olduğu söylenebilir. Çalışmanın yöntemlerini açıklamak, bilimsel bir araştırmanın önemli bir bileşenidir. Yağış verilerine nasıl erişildiği, bu verilerin nasıl işlendiği ve mekansal analizlerin nasıl yapıldığı gibi adımların detaylı bir şekilde açıklanması, çalışmanın güvenilirliğini artırır ve diğer araştırmacıların çalışmayı referans almasına olanak tanımaktadır.

Uydu görüntülerinden elde edilen verilerin kullanılması, CBS gibi teknolojilerin nasıl entegre edildiğini ve mekansal analizlerin nasıl yapıldığını göstermektedir. Bu tür teknik detaylar, çalışmanın metodolojisini anlamak ve sonuçların doğruluğunu değerlendirmek için önemlidir. Sunum şeklinde hazırlanan yağış ve mekansal analiz haritaları, araştırmanın bulgularını görsel olarak anlatmanın etkili bir yoludur. Bu haritalar, verilerin anlaşılmasını kolaylaştırır ve araştırmanın sonuçlarının daha geniş bir kitleye aktarılmasına yardımcı olur. Bu nedenle, çalışmanın bu şekilde yapılandırılması

ve sunulması, akademik standartlara uygun ve bilimsel bir araştırmanın önemli bir parçasıdır.

Bu çalışma, 1981'den 2020'ye kadar Somali'nin Hirshabelle eyaletindeki yağışların incelenmesine odaklanmaktadır. Yağışların zamansal ve mekânsal analizinin gerçekleştirilmesi için, CBS yazılım programlarından biri olan ArcGis 12,0 teknolojisi kullanılmıştır. Arcgis yazılımı CBS içinde yapılan analizlere dair güçlü seçeneklere sahiptir.

Hirshabelle, Somali'de bulunan bir eyalettir ve hava genellikle kuru, pek yağış yoktur. Bu nedenle yağışın nasıl davrandığını anlamak önemlidir. Uzun bir süre boyunca yağış verilerine bakarak, yağmurda herhangi bir eğilim veya olağandışı durum olup olmadığını görerek detaylanmaktadır.

Somali'nin Hirshabelle eyaleti, Shebelle Nehri tarafından şekillendirilen ovalar, platolar ve nehir vadileri gibi çeşitli manzaralara sahiptir. Havası, açık ıslak (Gu) ve kuru (Deyr) mevsimlerle yarı kuraktan çöle benzetmektedir. Fakat öngörülemez yağışlarla ilgili bir sorun vardır.- düzensiz ve bu zamanlarda çok değişmektedir (Odhiambo vd., 2024). Bu, bölge için önemli olan çiftçiliği etkilemektedir. Zamansal periyotta tarım mahsullerinin rekoltesindeki oranlarda farklılıklar görülmektedir. Bunun sonucunda rekoltenin düşük olduğu dönemlerde kıtlık söz konusudur. Ayrıca, kıyı ve iç bölgeler arasında sıcaklık değişkenliği yaşamı olumsuz etkilemektedir (Ajuang Ogallo vd., 2018). Tüm bu olumsuz etkilerin sonucunda suyun nasıl yönetildiğinin önemi ortaya çıkmaktadır (Bharadiya vd., 2023).

1.1. Problem Tanımı

Her yıl Hirshabelle'de yaşanan sorunların büyük bir kısmı iklim değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Sık sık yaşanan sel ve kuraklık durumları, birçok soruna neden olmakta; insanlar evlerini kaybetmekte, eşyalar zarar görmekte ve ekonomik durum bozulmaktadır. Büyük bir sorun da orta Somali'de yağmurun ne zaman yağacağını bilmemenin zorluğudur. Yağışı ölçmek için gerekli olan araçlar birçok yerde bulunmamakta ve elimizdeki bilgiler yeterli veya güncel değildir. Hirshabelle'de ne zaman ve ne kadar yağmur yağdığını gerçekten anlamak için bu yağış bilgilerini yeni ve daha iyi yöntemlerle incelememiz gerekmektedir. Kötü hava koşulları geldiğinde durumu iyileştirmek için bu konuyu gerçekten anlamak son derece önemlidir.

Hirshabelle'deki yağışı anlamak birçok nedenle kritiktir. Bu, yağış verilerini elde etmemize, sel veya kuraklıkları tahmin etmemize ve bu durumlara hazırlıklı olmamıza yardımcı olmaktadır; aynı zamanda bilinçli kararlar almamıza olanak tanımaktadır. Bu arada, tüm bilgiyi toplamak ekonomik değildir. ArcGIS yazılımı, bu konuyu anlamamıza ve incelememize yardımcı olur. ArcGIS kullanmak, milimetre cinsinden yağış verilerinin analizini basitleştirebilir, Hirshabelle'deki her ilçenin aldığı yağışın net bir resmini sunabilmektedir. Bu yazılım, en çok yağış alan ilçeleri belirlememize yardımcı olabilir, böylece hangi ilçelerin daha fazla sel riski taşıyabileceği veya kuru dönemlerde su kaynaklarının daha fazla kullanılabilir olabileceği konusunda bize öngörü sağlayabilmektedir. ArcGIS gibi teknolojileri kullanarak, Hirshabelle'deki belirsiz hava koşullarıyla karşılaşıldığında toplulukları daha güvenli ve dirençli tutmak için yağış desenlerini daha iyi anlamayı ve daha akıllıca kararlar almasını amaçlamaktadır.

1.2. Araştırma Amaçları

Somali, Hirshabelle eyaletinde daha önce yağış verileriyle ilgili çalışmaların bulunmaması, eyaletin çalışma alanı olarak seçilmesinde önemli bir etkidir.

1981-2020 yılları arasında Somali, Hirshabelle eyaletinde uydu verileriyle kaydedilen yağış verilerinin analizi ile tematik haritaların oluşturulması tezin amaçlarındandır.

Hirshabelle Eyaleti'nde yıllık ve mevsimsel yağışın eğilim analizini gerçekleştirmek ve istatistiksel yöntemler kullanarak yağış desenlerinde değişim gösteren alanları belirlemek.

İnterpolasyon yöntemiyle yüksek çözünürlüklü yağış dağılım haritalarının, mekanla ilişkilendirilen her türlü veriyi işleyen depolayan ve haritaya dönüştüren yazılım teknolojisi olan CBS kullanılarak oluşturulması tezin amaçlarındandır.

Oluşturulan tematik haritalar yardımıyla gelecekteki muhtemel yağış alan ilçeleri tespit etmek tezin amaçlarındandır.

İklim değişikliği sorunlarını ve veri eksikliğini dikkate alarak Hirshabelle'de daha iyi yağış yönetimi ve izleme için önerilerde bulunarak, gelecekteki yapılacak çalışmalara katkı sunmak tezin amaçlarındandır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölüm, tezle ilgili olarak dünya genelinde yapılmış önceki çalışmaları, trend analizleri ve coğrafi bilgi sistemleri açısından ele alacaktır.

İklim değişikliği, çevre, gıda güvenliği, insan sağlığı, ekonomik faaliyetler, doğal kaynaklar ve fiziksel altyapı üzerinde olumsuz etkileri olan ve sürdürülebilir kalkınma için ciddi bir tehdit oluşturan bir olgudur (İrem Çağlar, 2024). Yağış, iklimin en önemli tanımlayıcı özelliklerinden biridir ve mekansal ve zamansal olarak büyük bir değişkenlik göstermektedir (J. Liu vd., 2023). Yağışlardaki değişikliklerin etkileri açık bir şekilde gözlemlenebilir ve ekosistemleri, biyolojik çeşitliliği ve insan yaşamını doğrudan etkilemektedir (Z. Zhang vd., 2023). Somali, zaman ve mekanda önemli yağış değişkenliği ile karakterizedir. Bu nedenle, sel ve kuraklık olayları ülkenin her yerinde sık görülen doğal olaylar haline gelmiştir. Ülkenin tarım ve gıda güvenliği sektörleri büyük ölçüde yağmura bağımlıdır ve bu nedenle yağış değişkenliğinden olumsuz etkilenebilmektedir. Kuraklık tehlikeleriyle ilgili çözüm planlarının olmayışı nedeniyle, bu tehlikeler ciddi sonuçlar doğuran felaketlere dönüşmektedir. Somali’de yağışlar, hem hayvancılık hem de tarımsal üretim için su mevcudiyeti açısından kritik öneme sahiptir. Ancak ülkenin, yağış değişkenliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için sınırlı bir uyum kapasitesi bulunmaktadır. Son on yılda yağışlardaki değişkenlik, yağışların geç başlaması, kısa kurak dönemler ve çok yıllık kuraklıklar nedeniyle mahsul kayıplarının ve su kıtlığının başlıca sebeplerinden biri olmuştur (Nicholson, 2017).

Doğu Afrika, dünyada yağış değişkenliğine en savunmasız bölgelerden biri olarak tanımlanmaktadır ve bu kapsama, tarımsal faaliyetlerin çoğunun yağmurla beslendiği Somali de dahildir. Doğu Afrika’daki yağışları etkileyen başlıca sinoptik sistemler arasında Tropikal Yakınsama Bölgesi, El Niño Güney Salınımı ve Hint Okyanusu Dipolü bulunmaktadır (Lu ve Ren, 2020). Somali de dahil olmak üzere Doğu Afrika’daki yağışlar, Ekvator’dan yılda iki kez geçen Tropikal Yakınsama Bölgesi’nden (ITCZ) güçlü bir şekilde etkilenir ve bu geçişler, bölgede yaşanan iki farklı yağışlı mevsime denk gelmektedir (Byrne vd., 2018). El Niño bölgedeki yağışları da etkiler; bu fenomenin hüküm sürdüğü yıllarda Doğu Afrika, özellikle yılın ilk yağışlı mevsiminde daha fazla yağış almaktadır. Buna karşılık, La Niña hakimse, alt bölgenin güney kısımları genellikle Kasım ve Mart ayları arasında normalden daha kuru bir dönem yaşamaktadır (World Meteorological Organization, 2015).

Doğu Afrika'daki bazı aşırı yağış koşullarının Hint Okyanusu Dipolü (IOD) ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Pozitif/negatif faz, bölgenin Ekim-Aralık (OND) yağışını artırma/azaltma eğilimindedir (Owiti vd., 2008). Sinoptik sistemlerin yanı sıra, orografik ve kıyı etkileri gibi yerel faktörlerin de önemli olduğu ve Somali'de yüksek derecede yağış değişkenliğine neden olduğu belirtilmelidir. Bu değişkenliği etkileyen yerel faktörlerden biri, havanın genel alçalma hareketi ve bunun sonucunda ortaya çıkan düşük nemdir (Camberlin, 2018). Çünkü ülke, aynı zamanda Kenya ve Etiyopya yaylalarının Leeward tarafında yer almakta olup, bu durum onu daha düşük yağışlara maruz bırakmaktadır. Çeşitli araştırmacılar, Doğu Afrika bölgesindeki yağışların son eğilim analizini incelemiştir. Doğu Afrika'nın çoğunda, uzun yağmurların son yıllarda azaldığını, kısa yağmurların ise arttığını bulmuştur. Bu değişkenlik, MJO'nun yıldan yıla değişimler üzerinde güçlü bir etkiye sahip olması ve ENSO ve IOD'nin göreceli gücünün düşüş eğiliminde önemli bir rol oynaması ile ilişkilendirilmiştir (Yamusa, 2015).

Araştırmalar, yağış kıtlığının stresli olmasına rağmen, en önemli sorunun genellikle mevsimler arası ve mevsim içi yağış değişkenliği olduğunu göstermiştir. Aslında, yağışlı bir mevsimin performansı, toplam miktardan ziyade yağışların yıl boyunca dengeli bir şekilde dağılmasına bağlıdır. Bu nedenle, tarımsal planlama için yağış dağılımı ve değişkenliği hakkında ayrıntılı bilgi gereklidir. Somali'deki yağış değişkenliği ve eğilimlerinin analizi, geçim kaynakları için büyük ölçüde yağmurla beslenen tarıma ve meralara bağımlı olan kurak ve yarı kurak bölgelerdeki topluluklar için hayati önem taşımaktadır (Musse, 2018). Eğilim analizi, gelecekteki değişikliklerin olasılığı hakkında önemli bilgiler sağladığından, bölgesel ve ulusal düzeyde yağış eğilimlerini tespit etmek açısından da çok kritiktir (Ali, 2023).

Şiddetli iklim değişiklikleri, sel, kuraklık ve toprak kaymaları gibi aşırı hava olaylarından kaynaklanan ciddi insan ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Bu durum, ekonomiyi ve insanların günlük yaşamlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Somali'de aşırı yağışlar, sıkça nehir bölgelerinde yıkıcı sel olaylarına neden olmaktadır. Ülkenin iki ana nehri olan Jubba ve Shabelle, tarım faaliyetleri, hayvancılık ve içme suyu temini açısından hayati öneme sahiptir (Fao-Swalım, 2018).

2010'dan bu yana, şiddetli sel olaylarının sıklığında belirgin bir artış gözlemlenmiştir ve bu durum, sürdürülebilir kalkınmayı, mülkiyeti, altyapıyı ve çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir. Famine Early Warning Systems Network (FEWSNET) ve Food Security and Nutrition Analysis Unit (FSNAU) tarafından 11 Mayıs 2018 tarihli gıda güvenliği uyarısına göre, Hiiraan yakınlarındaki Shabelle Nehri boyunca meydana

gelen sel, özellikle Beletweyne bölgesindeki 22,500 aileyi kapsayan yaklaşık 180,000 kişiyi etkilemiştir. Hassas nüfus, altyapı ve çeşitli ekonomik sektörlerin yer aldığı sel riski taşıyan bölgelerdeki yapılar, hızla gelişen sel felaketinin etkisini hissetmiştir. Hiiraan'ın tarım düzlüklerinde, çiftliklerin yüzde 70'ten fazlası ciddi hasar görmüştür. Gedo, Lower Juba ve Middle Juba'da meydana gelen sel, yaklaşık 10,250 hektarlık ürünü ve ek olarak 18,000 hektar tarım arazisini yok etmiştir. Geçmiş sel felaketlerinden elde edilen değerli bilgiler, bir gıda bülteninin hazırlanması, Somali'de bir gıda bilgi merkezi kurulması, gıda bilgisi için bir dağıtım ağı oluşturulması ve gıda tahmin yöntemlerinde ilerlemeler gibi çeşitli önlemlerin başlatılmasına yol açmıştır (Fews Net, 2018).

Araştırmacılar, Hasan ve diğerleri tarafından 2013'te vurgulanan gibi, aşırı olayların ortaya çıkardığı zorluklara karşı etkili istatistiksel metodolojiler geliştirme konusunda aktif bir şekilde çalışmaktadır(L. Kumar vd., 2013). Örneğin, Huho ve Kosonei'nin 2014 bulguları, felakete neden olan yağış aşırılıkları ile ekonomik ilerleme arasında ters bir ilişki olduğunu vurgulamıştır. Somali'de yoğun yağış olaylarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, sağlam risk değerlendirmesi yapılması ve ekonomik gerilemelerin önlenmesi açısından, öneme sahiptir. Aşırı sel olaylarının istatistiksel olasılıklarına dair bilgi, karar alıcıların etkili önleme stratejileri geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Bu stratejiler, su yönetimi planlamasını, kanal ve nehir havzası altyapısını güçlendirmeyi, kanalizasyon sistemini iyileştirmeyi ve diğer önlemleri içermektedir (Wilby ve Keenan, 2012). Su ile ilgili hasarlara karşı gerekli koruma türünü ve düzeyini belirleme konusunda bir çerçeve sağlamaktadır. Sel geri dönüş seviyeleri hakkındaki farkındalık, toplulukları potansiyel sel senaryolarına karşı yeterince hazırlıklı hale getirmeye yardımcı olmaktadır. Gözlem verileriyle uyumlu en uygun olasılık dağılımını seçme, yağış verilerini incelemenin kritik bir sürecini oluşturmaktadır. De Michele ve Avanzi'nin 2018'de, Młyński ve diğerlerinin 2019'da belirttiği gibi, hidrolik yapılar ile gözlem verileri arasındaki yetersiz uyumsuzluk, yapıların ya küçük ya da büyük olmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, hidrologlar ve mühendisler, maksimum yağış olaylarını doğru bir şekilde modellemek için yaklaşımlarını geliştirmeye devam etmektedir (De Michele ve Avanzi, 2018).

Hirshabelle bölgesi, Somali'deki belirli coğrafi ve iklimsel özelliklere sahiptir. Coğrafi olarak, bölgeyi analiz ederken topografik varyasyonları ve fiziksel özelliklerin mekansal dağılımını dikkate almak önemlidir. Bu özellikleri haritalamak için kullanılan interpolasyon yönteminin seçimi, giriş verilerinin miktarı, dağılımı ve doğasına bağlıdır. Bu bağlamda, ArcGIS'teki Topo to Raster yöntemi, Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW),

Spline ve Kriging yöntemlerini birleştiren etkinliği nedeniyle tercih edilmektedir (İgaz vd., 2021).

Yağış, su döngüsünün kritik bir bileşenidir ve hava durumu ile iklim çalışmalarında atmosfer dolaşımı ile ilişkilendirilen en önemli ve etkili değişkenlerden biridir. Doğru ve güvenilir yağış kayıtları, yalnızca iklim trendleri ve değişkenliğinin incelenmesi için değil, aynı zamanda su kaynakları yönetimi ile hava, iklim ve hidrolojik tahminler için de kritiktir (Sun vd., 2018).

Ayrıca, Hirshabelle'nin iklim özellikleri, özellikle yağış verileri, bölgenin çevresel dinamiklerini anlamak için hayati öneme sahiptir. ArcGIS kullanarak yağış verilerini interpolasyon yapmak, yağışın mekânsal ve zamansal dağılımını analiz etmek için değerli bir yaklaşımdır. Kriging veya IDW gibi uygun bir interpolasyon yöntemi seçimi, bölgedeki yağışın mekânsal varyasyonunu doğru bir şekilde temsil etmek için kritiktir. Bölgenin iklim ve jeolojik özellikleriyle yakından bağlantılı olan yeraltı suyu analizinde, ArcGIS, veri işleme ve IDW gibi interpolasyon tekniklerinin uygulanmasında kullanılmıştır; bu da, yeraltı suyu kalitesini ve kirleticilerin mekânsal dağılımını analiz etmek için önemli bir araçtır (Fischer vd., 2021). Bu durum, ArcGIS'in bölgenin hidrolojik yönlerini anlama konusundaki uygulanabilirliğini göstermektedir (K vd., 2022).

Son 40 yıllık dönemde, Çin'deki Lancang Nehri havzasında sıcaklıkta artış eğilimi ve yağışta azalma gözlemlenmiştir. Bilimsel kanıtlar, Hindistan'daki muson döneminin değişen bir modeline işaret etmekte olup, günümüzde muson mevsimini tam olarak tahmin etmek zorlaşmıştır. Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artışın etkileri (IPCC, 2007) ve iklim değişikliği ile antropojenik nedenlere bağlı yağışlardaki değişkenlik göz önüne alındığında, yağış serilerindeki mekânsal ve zamansal değişkenliklerin daha ayrıntılı incelenmesi gerekmektedir (Arijit Ganguly, 2015).

Son yıllarda giderek artan sıklıkta gerçekleşen aşırı yağış olayları, vatandaşların yaşamlarını ciddi bir şekilde tehdit etmiş ve sosyal ekonomilerin sürdürülebilir gelişimini kısıtlamıştır. Örneğin, 2012'de Rusya'nın güneyindeki şiddetli yağışlar sel felaketlerine neden olmuş ve 5000'den fazla ev sular altında kalmıştır. Ayrıca, elektrik, gaz ve ulaşım sistemleri tahrip olmuştur. 2013'te ise Orta Avrupa'da sürekli şiddetli yağışlar meydana gelmiş ve ortalama yağış miktarı 77,6 mm olarak kaydedilmiştir; bu, önceki 34 yılın en yüksek yağış miktarına işaret etmektedir (Mo vd., 2019).

2.1. Çevre Çalışmalarında Yağış Analizi

Yağış, çevreyi şekillendirmede kritik bir rol oynar, ekosistemlerin çeşitli yönlerini etkiler ve su kaynaklarının kullanılabilirliğini etkilemektedir (Seçkin ve Topçu, 2016). Yağış ile çevre arasındaki ilişki çok yönlüdür ve geniş çaplı araştırmalara konu olmuştur. Çalışmalar, yağış desenlerindeki değişikliklerin kara ekosistemleri üzerinde önemli etkileri olabileceğini göstermiştir; bu etkiler arasında birincil üretkenlikte, karbon döngüsünde ve su kullanım verimliliğinde değişiklikler bulunmaktadır (Foufoula-Georgiou vd., 2020).

Ayrıca, yağışın su kalitesi ve nehir akışı üzerindeki etkisi gösterilmiş, su kalitesi parametrelerinin birikmiş önceki yağışa bağımlılığı vurgulanmıştır. Ek olarak, yağışın mekânsal dağılımı, bir bölgedeki su kaynağı kullanılabilirliğinin kritik bir göstergesi olarak tanımlanmıştır (Rostami vd., 2018).

İklim değişikliği, yağış araştırmalarının odak noktalarından biri olmuş, sıcaklık ve yağış değişikliklerinin karasal ekosistemler üzerindeki etkilerine dair araştırmalar yapılmıştır (Uyar, 2024). Aşırı yağış ile yüzey hava sıcaklığı arasındaki ilişki incelenmiş ve önemli bir korelasyon ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, atmosferik su buharı içeriğinin, aşırı yağış ile sıcaklık arasındaki bağlantıyı açıklayabileceği öne sürülmüştür. Ayrıca, tropikal yağış aşırılıklarının iklim değişikliğine olan hassasiyeti incelenmiş ve bu konuda iklim değişikliğiyle ilgili kısıtlamalara dair içgörüler sunulmuştur (J. Zhang vd., 2023).

Yağışın deneysel manipülasyonları, yağış değişiklikleri ile ekosistem tepkileri arasındaki nedensel bağlantıları açıklamada etkili olmuş ve suyun ekosistem süreçlerini nasıl düzenlediğine dair değerli bilgiler sunmuştur. Bu deneyler, yağış değişikliklerinin – artışlar veya azalmalar olsun – ekosistem üretkenliği ve karbon döngüsünü doğrudan veya dolaylı olarak nasıl etkileyebileceğini anlamaya katkıda bulunmuştur. Yağış ile çeşitli çevresel faktörler arasındaki ilişki de araştırılmış; El Niño olaylarının ve artan yağışın yarı kurak bölgelerdeki kemirgen patlamalarına etkisi gibi çeşitli çevresel faktörler incelenmiştir. Ayrıca, bölgesel yağış değişkenliğindeki artışlardan kaynaklanan gelecekteki kuraklık desenlerindeki değişiklikler belirlenmiş ve yağış ile çevresel dinamikler arasındaki karmaşık etkileşim vurgulanmıştır (Y. Wang vd., 2023).

Yağış ile çevre arasındaki karmaşık ilişkiyi anlamak için kullanılan çeşitli metodoloji ve teknolojiler içeren bir dizi yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlardan biri, ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) İklim Tahmin Merkezi (CPC) Morfleme Tekniği (CMORPH) ve Tropikal Yağış Ölçüm Görevi (TRMM) gibi küresel yağış

ürünleri sağlamak amacıyla uydu verilerinin kullanımını içermektedir. Bu uydu tabanlı ürünler, günlük yağış verileri hakkında değerli bilgiler sunmakta olup, büyük ölçekli mekânsal boyutlarda yağış desenleri ve eğilimlerini incelemede etkili olmuştur. Uydu verilerine ek olarak, uzaktan algılama teknolojisi de yağıştaki periyodik değişiklikleri analiz etmek ve yağış tahminlerine referans oluşturmak için kullanılmıştır. Bu teknoloji, özellikle karmaşık çevresel dinamiklere sahip bölgelerde yağışın mekânsal ve zamansal varyasyonlarını anlamada değerli olmuştur (Santos vd., 2019).

Makine öğrenimi teknikleri, yağış verisindeki hataları düzeltmek için de kullanılmış ve yüksek çözünürlüklü günlük yağış füzyon veri setlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. CBS tabanlı analizler, yağış trendlerini değerlendirmek ve çeşitli zaman ölçeklerinde yağış verisinin mekânsal yapısını nicelendirmek için geniş bir şekilde kullanılmıştır. Bu yaklaşım, yağışın mekânsal dağılımını ve iklim ile su kaynaklarına yönelik etkilerini anlamada etkili olmuştur (Sharifi vd., 2019).

Yağış verilerinin değerlendirilmesi genellikle tanımlayıcı analiz, zaman serisi eğilim analizi, küme analizi ve varyans analizi gibi istatistiksel teknikleri içermektedir. Bu istatistiksel yöntemler, yağış verilerindeki trendleri, desenleri ve aşırı olayları belirlemede esastır ve çeşitli çevresel ve tarımsal uygulamalar için değerli bilgiler sağlamaktadır. Uydu birleştirilmiş yağış analizi kullanımı, yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlükte yağış verileri sağlama konusunda önemli olmuştur ve belirli bölgelerdeki yağış desenleri ve değişkenliği hakkında detaylı içgörüler sunmaktadır. Bu yaklaşım, aşırı yağış olaylarının dinamiklerini anlamak ve çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kritik olmuştur (İşler ve Aslan, 2021). Genel olarak, yağış verilerinin analizinde kullanılan metodoloji ve teknolojiler, uydu verileri, uzaktan algılama teknolojisi, makine öğrenimine dayalı veri füzyonu, CBS tabanlı analiz, istatistiksel teknikler ve uydu birleştirilmiş yağış analizi gibi geniş bir yaklaşım yelpazesini içermektedir. Bu yöntemler, yağış ile çevre arasındaki karmaşık ilişkiyi anlama konusundaki bilgimizi önemli ölçüde ilerletmiş ve çevre çalışmaları ile su kaynağı yönetimi için değerli içgörüler sunmuştur (Koster vd., 2021).

2.2. Jeo-Uzamsal Analizde İnterpolasyon Teknikleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekansal ve zamansal yağış verilerini entegre etmek, analiz etmek ve görselleştirmek için gelişmiş bir çerçeve sunmaktadır. Mekansal verileri yağış özellikleriyle birleştirerek CBS, su kaynaklarının dağılımını, tarımsal

verimliliği ve afet azaltma stratejilerini etkileyen karmaşık desenleri ve ilişkileri incelemeyi mümkün kılmaktadır. Büyük veri setlerini işleme ve karmaşık bilgileri erişilebilir bir şekilde sunma yeteneği, CBS'yi özellikle iklim değişkenliğinin önemli zorluklar oluşturduğu bölgelerde yağış analizi için vazgeçilmez bir araç haline getirmiştir (Tona vd., 2022).

Yağış analizi, hidrolojik döngülerin anlaşılmasında ve sürdürülebilir su kaynakları yönetiminin desteklenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yağışın mekansal ve zamansal değişimleri, ekosistemleri, tarımı ve kentsel planlamayı önemli ölçüde etkilemektedir. Geleneksel yağış ölçüm yöntemleri genellikle yağmur ölçer istasyonlarından elde edilen noktasal verilere dayanır ve bu yöntemler daha geniş yağış eğilimleri hakkında sınırlı fakat yerel bilgiler sağlamaktadır. CBS, bu sınırlamayı Kriging ve Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) gibi ileri düzey mekansal enterpolasyon tekniklerini kullanarak ortadan kaldırır; bu teknikler, ayırık veri noktalarından sürekli yağış yüzeyleri oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu yöntemler, araştırmacıların yağışın yetersiz olduğu veya fazla olduğu bölgeleri yüksek bir hassasiyetle belirlemesini sağlayarak veri odaklı karar verme süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Yılmaz, 2018).

Mekansal enterpolasyonun yanı sıra, CBS, yer tabanlı yağış ölçümlerinin uydu kaynaklı uzaktan algılama verileriyle sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlamaktadır. Bu kombinasyon, özellikle izleme ağlarının seyrek olduğu bölgelerde yağış tahminlerinin doğruluğunu artırmaktadır. NASA ve diğer küresel iklim gözlem sistemleri tarafından sağlanan uzaktan algılama teknolojileri, fırtına olaylarını izlemek, sel risklerini tahmin etmek ve erken uyarı sistemlerini desteklemek için CBS platformlarının analiz ettiği gerçek zamanlı yağış verileri sunmaktadır. Zamansal veri setlerini de içeren CBS, aynı zamanda yağış değişkenliğindeki uzun vadeli eğilimleri tespit edebilir ve su kaynaklarının kullanılabilirliği üzerindeki iklim değişikliği etkilerine dair kritik bilgiler sağlayabilmektedir (Çiçek, 2013).

CBS'nin hidrolojik modellemedeki kullanımı, bu teknolojinin çok yönlülüğünü daha da vurgulamaktadır. CBS aracılığıyla işlenen yağış verileri, havza davranışlarını, yüzey akış dinamiklerini ve taşkın senaryolarını simüle etmek için temel bir girdi görevi görmektedir. Örneğin, CBS ile oluşturulan modeller, kentleşmenin yağış-yüzey akışı ilişkileri üzerindeki etkisinin kapsamını belirleyebilir ve sürdürülebilir kentsel planlama için uygulanabilir çözümler sunmaktadır. Ayrıca, CBS, yağış verilerini arazi kullanımı, toprak türleri ve topografya ile birleştirerek çevresel hassasiyetleri kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılan çakışma analizlerini kolaylaştırmaktadır (Varol, 2012).

CBS'nin gelişmiş yetenekleri, yağış analizinde birçok avantaj sunmaktadır. Ham verileri net ve uygulanabilir içgörülere dönüştürerek, CBS tarım, afet hazırlığı ve kentsel gelişim gibi sektörlerde karar verme süreçlerini iyileştirir. Yerel ve küresel düzeyde uygulamalara olanak tanıyan ölçeklenebilirliği, farklı veri setlerini entegre etme yeteneğiyle çevresel ve sosyo-ekonomik zorluklara bütüncül bir yaklaşım sağlamaktadır. İklim değişkenliğinin dünya genelinde yağış düzenlerini etkilemeye devam ettiği bir dönemde, CBS, sürdürülebilirlik ve dayanıklılığı güvence altına alan uyarlanabilir stratejiler geliştirmek için vazgeçilmez bir araç olarak öne çıkmaktadır (Cao vd., 2017).

Esri tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan bir CBS yazılımı olan ArcMap, yağış analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Güçlü işlevleri, kullanıcıların yağış verilerini olağanüstü bir hassasiyetle işlemesine, analiz etmesine ve görselleştirmesine olanak tanımaktadır. ArcMap ile araştırmacılar, Kriging veya Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) gibi enterpolasyon tekniklerini gerçekleştirmek için mekansal analist uzantıları gibi araçları kullanarak ayrıntılı yağış dağılım haritaları oluşturabilmektedir. Bu haritalar, su kaynaklarının yönetimi ve tarımsal planlama süreçlerinde yağış yoğunluğu olan bölgeleri ve kuraklığa eğilimli alanları tespit etmek açısından son derece değerlidir. ArcMap ayrıca dijital yükselti modelleri ve arazi kullanım haritaları gibi çeşitli veri setlerinin entegrasyonunu destekleyerek, topografya ve arazi örtüsünün yağış desenleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır (Gat S ve Messer H, 2017).

ArcMap'ın temel özelliklerinden biri, zaman serisi verileri kullanarak zamansal analizler gerçekleştirebilme yeteneğidir. Araştırmacılar, geçmiş yağış veri setlerini üst üste bindirerek zaman içindeki yağış desenlerindeki değişimleri belirleyebilmektedir. Bu yetenek, uzun vadeli iklim değişkenliğini ve bunun su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak açısından özellikle değerlidir. ArcMap'ın 3D yüzey modelleme ve tematik haritalama gibi gelişmiş görselleştirme araçları, karmaşık yağış desenlerini etkili bir şekilde iletme kabiliyetini daha da artırmaktadır. Bu özelliklerden yararlanarak, ArcMap mekansal ve zamansal yağış dinamiklerinin anlaşılmasını ilerletmek için vazgeçilmez bir araç olarak hizmet etmektedir (Meshram vd., 2018).

Coğrafi uzamsal analiz, uzamsal fenomenleri etkili bir şekilde modellemek ve tahmin etmek için çeşitli enterpolasyon tekniklerine dayanmaktadır. Bu teknikler, çevresel değişkenlerin uzamsal dağılımını anlama ve görselleştirme açısından kritik olup, çevresel ve coğrafi araştırmalar için önemlidir. Coğrafi enterpolasyon yöntemleri genellikle iki gruba ayrılmaktadır: belirleyici ve jeo-istatistiksel. Belirleyici yöntemler,

ters mesafe ağırlıklama ve spline interpolasyonu gibi, ölçülen yerlerin çevresindeki değerlerin bir ölçülen konumdaki değerin bir fonksiyonu olduğunu varsayar (Ajvazi ve Czimer, 2019). Diğer taraftan, kriging gibi jeo-istatistiksel yöntemler, verilerdeki uzamsal otokorelasyonu ve değişkenliği hesaba katan istatistiksel modellere dayanmaktadır (Chetty ve Tesfamichael, 2021).

Geniş çapta kullanılan jeo-istatistik tekniklerinden biri, coğrafi verilerin optimal tahmini ve interpolasyonu için kullanılan ordinary kriging'dir. Bu yöntem, örnek noktalar arasındaki uzamsal korelasyonu dikkate alır ve ölçülmeyen konumlardaki değerlerin güvenilir tahminlerini sağlar. Ayrıca ordinary kriging, orman ekosistem bölgelerini tarımsal kullanım ve koruma için değerlendirmek, sıcaklığa bağlı cins belirleme modellerinin yüksek çözünürlüklü kapsamını genişletmek gibi çeşitli çevresel çalışmalarda da kullanılmıştır (Lohani ve Ghosh, 2017).

Ters mesafe ağırlıklama (IDW), coğrafi uzamsal analizde yaygın olarak kullanılan belirleyici bir interpolasyon yöntemidir. IDW, bir ölçülen noktanın etkisinin mesafe ile azaldığını varsayar ve ölçülen noktalara, tahmin edilen konumlara olan yakınlıklarına bağlı olarak ağırlıklar atar. Bu yöntem, yeraltı suyu modelleme ve izleme ile ilgili çalışmalarda uygulanmış olup, su seviyesi potansiyel konumlarının analizi, tahmini ve doğrulaması için kritik bilgiler sağlamıştır (Akpoti vd., 2023).

Spline interpolasyonu, diğer bir belirleyici yöntem olarak, karbon tutma ve kıyı manzarası değerlendirmesinin coğrafi modellemesinde kullanılmıştır (Bărbulescu vd., 2021). Karbon tutma bağlamında, spline interpolasyonu biyokütle dağılım haritası oluşturmak için kullanılmış ve orman ekosistemlerinde karbon içeriği ile biyokütle dağılımı hakkında değerli içgörüler sunmuştur. Benzer şekilde, kıyı manzara değerlendirmesinde spline interpolasyon teknikleri, kıyı erozyonu ve birikimini değerlendirmek için kullanılmış ve manzara özellikleri ile arazi kullanımı/örtüsü verilerine dayanarak potansiyel risk bölgelerinin belirlenmesine katkıda bulunmuştur (Y. Liu vd., 2022).

Coğrafi uzamsal analiz, iklim haritalama ve şiddetli hava olayları tahmini için kritik olan öngörü modelleme ve haritalama tekniklerinin uygulanmasını da içermektedir. Bu teknikler, coğrafi veri madenciliği olarak da bilinir ve geleneksel uzamsal interpolasyon yöntemlerini tamamlamak amacıyla kullanılmıştır. Sonuç olarak, iklim desenleri ve şiddetli hava olaylarına dair değerli içgörüler sunmuştur (Kamilaris ve Ostermann, 2018).

2.3. Yağış Verilerinin Uygulamaları

Yağış veya yağış tahmini, meteoroloji araştırmalarında önemli bir pratik sorundur. Yağış verilerinin inşaat mühendisliğindeki rolü çok yönlüdür ve altyapı tasarımı, inşaat ve bakımın çeşitli yönleri için kritik öneme sahiptir. Başlangıçta, inşaat mühendisliğinde kullanılan Hata Modu ve Etki Analizi (FMEA), yol çalışmaları sırasında toprak erozyonu ve yerleşim kontrolü gibi konulara odaklanmıştır ve altyapı projelerinde yağış desenlerinin dikkate alınmasının önemini vurgulamıştır. FMEA, inşaat mühendisliği uygulamalarında, özellikle risk yönetimi ve problem çözme süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir üretim mühendisliği aracıdır (Jiang vd., 2023).

Özellikle Ay keşfi bağlamında, inşaat mühendisliği uygulamaları için uygun Ay toprağı simülanlarının bulunabilirliği önemli bir endişe haline gelmiştir. Ay toprağı simülanlarının inşaat mühendisliği amaçları için geliştirilmesi, çevresel faktörlerin, özellikle yağışın, toprak ve inşaat malzemelerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini anlama ihtiyacını vurgulamaktadır (L. Wang vd., 2021).

İnşaat mühendisliği bağlamında, iklim verilerinden gerçek yağışın öngörülmesi, inşaat projelerini etkileyebilecek çevresel koşulları değerlendirmek için hayati önem taşır. İklim verilerinden yağış tahmininde kullanılan istatistiksel yaklaşımlar, yağmur, kar ve buz gibi yağış türlerinin değişkenliği hakkında değerli içgörüler sağlar. Bu faktörler, inşaat mühendisliği tasarımı ve planlamasında dikkate alınması gereken önemli unsurlardır (Ogunjo vd., 2022).

Yağış türleri ile topografi arasındaki ilişki, özellikle dağlık bölgelerde orografik yükselme bağlamında incelenmiştir. Bu ilişkilerin anlaşılması, dağlık bölgelerdeki inşaat mühendisliği projeleri için hayati önem taşır. Orografik etkiler, yağışın dağılımı ve yoğunluğunu önemli ölçüde etkileyebilir, bu da altyapı stabilitesini ve tasarım kararlarını doğrudan etkilemektedir (Barańczuk vd., 2023).

İnşaat mühendisliğinde yağış verilerinin analizi, suyla ilgili altyapıların tasarımı ve yönetimini etkileyen hidrolojik faktörlerin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yağış verileri, hidrolojik modelleme, sel risk değerlendirmesi ve drenaj sistemlerinin tasarımı için temel bir öneme sahiptir. Bu, yağış desenlerindeki değişiklikler ve aşırı hava olayları karşısında, inşaat mühendisliği projelerinin dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini sağlamak adına kritik bir rol oynamaktadır (Juarez-Lucas vd., 2019).

2.4. Çevre ve İklim Araştırmalarındaki Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı

CBS uygulamaları, mekânsal verileri entegre etme ve karar verme süreçlerine değerli içgörüler sunma yetenekleri nedeniyle iklim ve çevre araştırmalarında giderek daha önemli hale gelmiştir. CBS'nin çevresel sağlık çalışmalarındaki kullanımı, Toksik Maddeler ve Hastalık Kaydı Ajansı (ATSDR) gibi kuruluşlar tarafından desteklenmiştir; ATSDR, CBS'yi gerçek risklerin insanlara değerlendirilmesi için bir araç olarak tanımıştır (Fielding ve Hornsey, 2016). Ayrıca, CBS'nin potansiyel faydaları, ana akım coğrafi araştırmalar ve uygulamaların yanı sıra, yeşil altyapı planlamasında iklim adaletinin değerlendirilmesinde de görülmüştür (Elçi vd., 2023). Bunun yanı sıra, CBS'nin tarımsal modelleme ile entegrasyonu, hidrolojik araştırmalardan tarım ve doğal kaynak yönetimi araştırmalarına kadar geniş bir uygulama yelpazesinin genişlemesine olanak tanımıştır (Cheng, 2016).

CBS açık kaynaklı uygulamaları, özellikle çevre bilimleri alanında son zamanlardaki araştırmaların odak noktalarından biri haline gelmiştir ve bu çözümlerin farklı çevresel alanlarda uygulanabilirlik ve kullanılabilirlik özelliklerini vurgulamıştır. CBS, aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi ve izlenmesinde önemli bir rol oynamış, multidisipliner çalışmalarda birleştirici bir işlev sağlamıştır. Ayrıca, birçok çevresel etkinin mekânsal doğası, CBS'yi çevresel etki değerlendirmesinde entegre bir araç haline getirmiştir; veri oluşturmaktan karar destek sistemlerine kadar sürecin tamamı için bütünsel bir çerçeve sunmaktadır (Duarte ve Teodoro, 2021).

Çevre biliminde CBS kullanımı, su kaynakları, iklim değişikliği, kentsel planlama, çevresel adalet ve hassasiyet çalışmaları gibi geniş bir konu yelpazesini kapsayan uygulamalarda patlama yaşamıştır. Bilgisayar tabanlı CBS teknolojisi, özellikle küresel iklim değişikliğinin halk sağlığı üzerindeki hassasiyetini değerlendirmede, iklim, çevre ve hastalık verilerinin düzenlenmesi ve analizinde temel bir öneme sahip olarak belirlenmiştir. CBS'nin çok disiplinli çevre araştırma projelerini teşvik etme potansiyeli tanınmış ve bu yetenekleri etkili bir şekilde kullanabilmek için yeni fikirlere vurgu yapılmıştır (Correia vd., 2018).

CBS teknolojisi, bağıcılık açısından önemli çevresel özellikleri incelemek için web tabanlı araçlar geliştirmekte kullanılmasının yanı sıra, kentsel direncin artırılması amacıyla iklim etkilerini hafifletmeye ve adapte etmeye yönelik kentsel yeşil altyapı çerçevelerinde de önemli bir rol oynamıştır. CBS aracılığıyla oluşturulan ince

çözünürlüklü mekânsal iklim veritabanı, doğal kaynak yönetiminde birçok uygulama bulmuştur. Uydu Gözlemi (UG) ve uzaktan algılama teknolojilerinin CBS ile entegrasyonu, doğal çevrenin izlenmesi ve yönetiminde kritik bir rol oynamıştır (Ahmad ve Laituri, 2017).

CBS iklim ve çevre araştırmalarındaki kullanımı, çeşitli disiplinlerde önemli ilerlemeler ve uygulamalar sağlamıştır. CBS, çevresel sağlık çalışmalarında gerçek risklerin değerlendirilmesi için değerli bir araç olarak tanınmış ve Toksik Maddeler ve Hastalık Kaydı Ajansı (ATSDR) gibi kuruluşlar tarafından desteklenmiştir. Son elli yıl içinde, CBS, ana akım coğrafi araştırmalara ve uygulamalara önemli katkılarda bulunmuş, ilgili disiplinlere potansiyel faydalarını göstermiştir. Agronomi ve doğal kaynak yönetimi araştırmalarında, CBS'nin modelleme ile entegrasyonu, başlangıçta hidrolojik uygulamalardan daha geniş bir yelpazeye yayılmıştır. CBS'nin çevre bilimlerinde yaygın uygulamaları, su kaynakları, iklim değişikliği, kentsel planlama, çevresel adalet ve hassasiyet çalışmalarını kapsayan geniş bir konu yelpazesini içermektedir (Jia vd., 2017).

CBS, çevresel etki değerlendirmesi sürecinin tamamı için bir entegrasyon çerçevesi olarak tanımlanmış ve veri oluşturmadan karar desteklemeye kadar olan süreçte bütünsel bir yaklaşım sunmuştur. Klimatoloji ve meteorolojide, CBS, ısı adası fenomeninin dikey yapısının artan bir şekilde incelenmesini kolaylaştırmış ve tropikal şehirlerde yüksek binalar için iklim kontrolü planlamalarına olanak tanımıştır (Taloor vd., 2022).

2.5. İklim Araştırma Birimi Veri Kümesi

CBS tarafından oluşturulan ince çözünürlüklü mekânsal iklim veritabanı, doğal kaynak yönetiminde birçok uygulama bulmuş ve CBS'nin çevresel zorluklara çözüm bulmadaki çok yönlülüğünü göstermiştir. Ek olarak, CBS, iklim direnci konutları için kentsel yeşil altyapı çerçeveleri geliştirmek amacıyla kullanılmış; kamu farkındalığı, arazi kullanım düzenlemesi ve çevresel yönetim planlaması gibi unsurların vurgulanmasını sağlamıştır. Dahası, CBS, çok disiplinli çevre araştırma projelerini teşvik etmek için bir araç olarak önerilmiş ve CBS yeteneklerini etkili bir şekilde kullanmak için yeni fikirlerin potansiyelini vurgulamıştır (Lacroix vd., 2019).

Birincil zorluklardan biri, coğrafi büyük verilerin etkili yönetimi ve analizidir; bu da geo-sensör ağları, uydu görüntüleri ve konum tabanlı sosyal ağlar gibi çeşitli

kaynakları içermektedir. Güncel araştırmalarda başka bir kritik zorluk, coğrafi interpolasyonlardaki boşluklarla ilgilidir, özellikle az veya hiç gözlemlenmiş verinin bulunmadığı alanlardadır (Oliveira vd., 2015). Bu durum, özellikle deniz tabanı toplam organik karbon (TOC) tahminleri bağlamında belirgindir, çünkü önceki interpolasyonlar sınırlı gözlemlenmiş veri nedeniyle boşluklar göstermiştir. Bu coğrafi interpolasyonlardaki boşlukların ele alınması, çevresel ve jeolojik çalışmalarda tahmin modellerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için esastır (Cooper ve Chiaradia, 2020).

Kentsel ve kıyı bölgelerinde deprem bölge etkisi değerlendirmesi için coğrafi karakterizasyonun ve bölgeye özgü zonlamanın optimize edilmesi, jeoteknik bilgi sistemleri ve uzaktan algılama verilerinin entegrasyonunda zorluklar sunmaktadır. Kuyu kayıtları kullanılarak dağılıma dayalı yöntemler ve interpolasyon tekniklerinin doğrulanması ve karşılaştırılması, coğrafi analizde sağlam doğrulama yaklaşımlarının ve standartlaştırılmış metodolojilerin önemini vurgulamaktadır (Ma vd., 2019). Son yıllarda, birçok analiz, dünya çapında uygun yerleri belirlemek için (CBS) teknolojisini yaygın bir şekilde uygulamıştır. BM saha operasyonları için coğrafi analitik fonksiyonların kullanımı ve deprem zonlamasında arazi proxy tabanlı site sınıflandırması, standartlaştırılmış coğrafi fonksiyonlar ve araçlar ihtiyacını ortaya koymaktadır. Hastalık oluşumu analizi ve WLAN erişim noktası yerleşimi gibi özel uygulamalar için coğrafi tekniklerin geliştirilmesi ve optimize edilmesi, coğrafi analizin etkinliğini ve uygulanabilirliğini artırmak için daha fazla araştırmayı gerektirmektedir (Elkadeem vd., 2022).

2.5.1. Yağış eğilim analiz yöntemleri

2.5.1.1. Run testi

Run Testi bir veri setinin rastgeleliğini değerlendirmek için kullanılan parametrik olmayan bir istatistiksel yöntemdir. Yağış trendi analizinde, yağış verilerinin sıralamasının rastgele olup olmadığını veya belirli bir trend gösterip göstermediğini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu yöntem, veri setindeki ardışık benzer değerlerin (koşular) oluşumunu değerlendirmektedir. Çok az veya çok fazla run, rastgelelikten sapmayı gösterir ve bir trend ya da periyodisitenin varlığını ima eder. run Testi'nin avantajı, verilerin belirli bir dağılıma uymasını gerektirmemesidir. Bu test, verileri ardışık

benzer değerlerin oluşturduğu diziler veya run olarak ayırarak çalışır; her bir Run, örneğin ortalamanın üzerindeki veya altındaki yağış değerlerini içerebilir. Bu koşuların sayısı ve uzunluğu analiz edilerek, rastgele bir veri setinde olasılıkla meydana gelmeyecek desenler ortaya çıkarılabilmektedir. Örneğin, uzun süreli ortalamanın üzerindeki yağış yıllarının varlığı, pozitif bir trende işaret edebilirken, ardışık kısa koşular rastgeleliği veya mevsimsel değişimleri gösterebilmektedir (Şenocak ve Emek, 2019).

Run Testi'nin en önemli avantajlarından biri, basitliği ve geniş uygulanabilirliğidir. Parametrik olmayan bir yöntem olduğundan, normal dağılmayan veri setlerine de uygulanabilir, bu da onu sıklıkla aykırı değerler ve çarpık dağılımlar içeren hidrolik veriler için son derece uygun hale getirmektedir. Ayrıca, test, yağış değerlerinin büyüklüğünden etkilenmez; bunun yerine verilerin sıralama ve düzenine odaklanarak analize dayanıklılık katmaktadır. Ancak, Run Testi'nin bazı sınırlamaları vardır. Bu test, bir trendin büyüklüğünü veya yönünü nicelendirmez, yalnızca rastgele olmayan desenlerin varlığını veya yokluğunu bilmektedir. Bu nedenle, genellikle Mann-Kendall veya Spearman's Rho testleri gibi diğer yöntemlerle birlikte kullanılır; bu yöntemler, trendin doğası hakkında daha ayrıntılı bilgiler sağlayabilmektedir. Ayrıca, test, veri noktaları arasında bağımsızlık varsayar; bu nedenle, ardışık değerlerin birbirine güçlü bir şekilde bağımlı olduğu, önemli otokorelasyon içeren veri setlerinde güvenilir olmayabilmektedir. Yağış trendi analizinde, Run Testi özellikle başlangıç aşamasındaki incelemeler için değerlidir. Araştırmacılara, daha ileri ve ayrıntılı istatistiksel analizlerin gerekli olup olmadığını belirlemelerinde yardımcı olmaktadır. Rastgelelikten sapmaları vurgulayarak, bu test, karmaşık iklimsel fenomenleri keşfetmek ve yağış desenlerinin zaman içindeki evrimini anlamak için bir temel oluşturabilmektedir (Yurtseven, 2016).

2.5.1.2. Buishand rank testi

Buishand Rank Testi, zaman serilerindeki kaymalar veya kırılmaları tespit etmek için tasarlanmış bir istatistiksel yöntemdir. Özellikle, yağış verilerinin ortalamalarında zamanla meydana gelen değişiklikleri belirlemede kullanışlıdır. Bu yöntem, ortalamadan olan kümülatif sapmaları hesaplar ve veri setindeki herhangi bir noktada önemli bir kaymanın olup olmadığını değerlendirmektedir. Yüksek bir test istatistiği, bir kaymanın varlığını gösterir ve bu, iklim değişikliği etkileri veya yağış desenleri üzerindeki antropojenik etkilerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu test, veriyi segmentlere ayırır ve her segmentin içindeki homojenliği kontrol etmektedir. Ani bir değişiklik tespit edilirse, bu,

yağış deseninin yapısal bir kırılma yaşamış olabileceğini, örneğin daha nemli bir dönemden daha kuru bir döneme veya tersi bir geçişi gösterebilmektedir. Buishand Rank Testi, ani değişikliklere karşı özellikle hassastır ve genellikle daha yavaş değişimlerin bulunduğu veri setlerinde fark edilmeyen trendleri tespit edebilmektedir (Kabbilawsh vd., 2023).

Bu yöntemin avantajlarından biri, önemli değişikliklerin zamanlamasını belirleyebilme yeteneğidir; bu, yağış desenlerindeki kaymaların ne zaman meydana geldiğine dair değerli bilgiler sağlamaktadır. Ancak, test, değişikliklerin ani olduğunu varsayar, bu da yavaş gelişen trendlere sahip veri setlerinde uygulanabilirliğini sınırlayabilir. Buna rağmen, yağış verilerindeki büyük yapısal değişiklikleri tespit etmek için güvenilir bir araç olmaya devam etmektedir (Andang'o vd., 2016).

2.5.1.3. Şen statistical testi

Şen İstatistiksel Testi, özellikle hidrolik ve meteorolojik verilerdeki trend analizleri için geliştirilmiş sağlam ve parametrik olmayan bir yöntemdir. Geleneksel parametrik testlerin aksine, bu yöntem veriler için herhangi bir ön dağılım varsaymaz. Yağış kayıtlarındaki yukarıya veya aşağıya doğru olan trendleri tespit etmek için grafiksel teknikler kullanır, bu da karmaşık veri setlerini görselleştirmek için özellikle faydalı hale getirmektedir (Şen, 2017).

Bu yöntem, aykırı değerlere sahip veri setlerinde trendleri tespit etmede özellikle etkilidir, çünkü aykırı değerler parametrik testlerin sonuçlarını bozabilir. Veriyi alt gruplara ayırarak ve her bir alt grubun ortalamalarını veya medyanlarını karşılaştırarak, Şen İstatistiksel Testi, verilerdeki değişkenlik tarafından gizlenmiş olabilecek trendleri ortaya çıkarabilir. Ayrıca, yöntemin görsel analizlere dayanması, araştırmacıların bulguları paydaşlara kolayca iletmelerini sağlamaktadır (Güçlü, 2018).

2.5.1.4. Sen's T-testi

Sen'in T-Testi, zaman serisi verilerindeki trendleri tespit etmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, veri noktaları arasındaki tüm olası ikili eğimlerin medyanını hesaplayarak trendin eğimini tahmin eder. Parametrik olmayan bu yöntem, aykırı değerlere karşı dayanıklıdır ve verilerin belirli bir dağılıma uymasını gerektirmez.

Yağış trendi analizinde, Sen'in T-Testi, yağışın zaman içindeki değişim hızını ölçmek için sağlam bir yöntem sunmaktadır (Pingale vd., 2016).

Sen'in T-Testi'nin en önemli avantajlarından biri, trendin büyüklüğüne dair nicel bir tahmin sağlayabilmesidir. Bu, sadece bir trendin varlığını anlamakla kalmayıp, aynı zamanda su kaynakları ve iklim planlaması üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek için son derece faydalıdır. Ancak, bu test trendin istatistiksel anlamlılığını değerlendirmez, bu nedenle genellikle daha kapsamlı bir analiz için Mann-Kendall Testi gibi yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır (Pingale vd., 2016).

2.5.1.5. Pettitt testi

Pettitt Testi, zaman serilerinde tek bir değişim noktasını tespit etmek için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Yağış desenlerinde ani kaymaları, örneğin nemli bir dönemden kuru bir döneme veya tersi bir geçişi belirlemede özellikle etkilidir. Test, veri setini çeşitli olası değişim noktalarında iki segmente ayırır ve bu segmentlerin dağılımlarını karşılaştırmaktadır. İki segmentin en anlamlı şekilde farklılaştığı noktayı belirlemek için sıralamaya dayalı bir istatistik hesaplamaktadır. Pettitt Testi'nin önemli avantajlarından biri, veri setindeki önemli kaymaların zamanlamasını belirleyebilmesi ve veri dağılımı hakkında herhangi bir varsayımda bulunmamasıyla sağladığı esnekliktir. Bu, sıklıkla normal dağılmayan ve değişkenlik gösteren yağış verileri için özellikle uygun hale getirir. Test, iklimle ilgili değişiklikleri veya antropojenik etkileri tespit etmede özellikle değerli bir araçtır (Hodo Ahmed Abdilahi, 2022).

Pettitt Testi, hidrolik çalışmalarda, yağış trendlerinde önemli değişikliklerin meydana geldiği belirli yılları veya dönemleri tespit etmek için yaygın olarak uygulanmaktadır. Örneğin, iklim değişikliği nedeniyle uzun süreli kuraklık dönemlerini veya mevsimsel yağış desenlerindeki kaymaları belirlemek için kullanılmıştır. Bu tür değişikliklerin ne zaman meydana geldiğine dair sağladığı bilgiler, su kaynakları yönetimi ve uyum planlamasında karar almayı desteklemektedir. Ancak, Pettitt Testi'nin bazı sınırlamaları vardır. Zaman serisinde yalnızca bir değişim noktasının varlığını varsayar, bu da zaman içinde birden fazla faktörden etkilenen veri setleri için gerçekçi olmayabilmektedir. Ayrıca, test tekil kaymaları tespit etmede sağlam olsa da, yavaş gelişen trendler veya birden fazla değişim noktası içeren veri setlerinde aynı derecede etkili olmayabilir. Bu nedenle, genellikle daha kapsamlı bir analiz için Buishand Range

Testi veya Mann-Kendall Testi gibi diğer yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır (Göknur Elif Yarbaşı, 2019).

2.5.1.6. Mann-Whitney U test

Mann-Whitney U Testi, iki bağımsız grubu karşılaştırarak dağılımlarının anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığını belirlemek için yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir istatistiksel yöntemdir. Yağış trendi analizinde, bu test genellikle iki farklı dönem arasındaki yağış verilerini karşılaştırmak için kullanılır, örneğin iklim değişikliği öncesi ve sonrası dönemler arasında veya iklimsel koşulları farklı olan iki bölge arasında. t-testi gibi parametrik testlerin aksine, Mann-Whitney U Testi, verilerin normal dağılım izlemesini gerektirmez, bu da sıklıkla normal olmayan ve yüksek değişkenlik gösteren yağış veri setleri için özellikle uygun hale getirmektedir (Dunning vd., 2018).

Test, her iki gruptaki tüm veri noktalarını birlikte sıralayarak ve ardından her grup için sıralamaların toplamını hesaplayarak çalışır. Bir grubun sıralamaları diğerine göre sürekli olarak daha yüksek veya düşükse, bu durum dağılımların merkezi eğiliminde bir kayma olduğunu gösterebilir. Örneğin, daha sonraki bir dönemde yağışlar, önceki döneme kıyasla sürekli olarak daha yüksek sıralamalar gösteriyorsa, bu, zaman içinde yağışlarda bir artışı gösterebilmektedir. Mann-Whitney U Testi'nin önemli avantajlarından biri, dayanıklılığı ve esnekliğidir. Küçük örneklem büyüklüklerini işleyebilir ve aykırı değerlere karşı duyarsızdır, bu da sıklıkla aşırı değerlere sahip olan yağış verilerini analiz etmek için güvenilir bir seçenek olmasını sağlar. Ayrıca, sıralama temelli bir test olduğundan, gruplar arasındaki mutlak değerler yerine nispi farklılıklara odaklanarak, veri büyüklükleri son derece değişken olsa bile desenlerdeki kaymaları tespit etmeye olanak tanımaktadır (Zittis, 2018).

Ancak, testin bazı sınırlamaları da vardır. Gruplar arasındaki merkezi eğilimlerdeki farkları tespit edebilse de, zaman içinde bir trendin yönü veya büyüklüğü hakkında bilgi vermez. Ayrıca, her gruptaki verilerin bağımsız olduğunu ve iki gruptaki dağılımların şeklinin benzer olduğunu varsayar. Bu varsayımların ihlali, sonuçların güvenilirliğini etkileyebilir. Örneğin, yağış verilerinde önemli bir otokorelasyon varsa (yani, zaman serisindeki değerler önceki değerlere bağımlıysa), testin sonuçları yanlış olabilmektedir (Machiwal vd., 2016).

Yağış trendi analizinde, Mann-Whitney U Testi, iki önceden belirlenmiş dönem arasındaki yağış desenlerinde ani değişiklikleri veya kaymaları tespit etmek için özellikle

değerlidir. İklim değişikliği, arazi kullanım değişiklikleri veya diğer çevresel faktörlerin yağış üzerindeki etkilerini anlamayı amaçlayan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, araştırmacılar bu testi, bir bölgede kentsel gelişim öncesi ve sonrası dönemdeki yağışları karşılaştırmak için kullanılmaktadır, böylece kentsel gelişimin yerel yağış desenlerini etkileyip etkilemediğini belirlemeye yardımcı olabilmektedir (Wall Emerson, 2023).

2.5.1.7. Von Neumann ratio test

Von Neumann Oran Testi, bir zaman serisinin rastgeleliğini ve homojenliğini değerlendirmek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Özellikle yağış kayıtları gibi veri setlerinde trendleri, periyodik davranışları veya yapısal kırılmaları tespit etmede kullanışlıdır. Test, ardışık farkların varyansının, veri setinin toplam varyansına oranını değerlendirir. Hesaplanan oran, beklenen değerden önemli derecede saparsa, bu durum zaman serisinde rastgele olmayan bir yapının varlığını, örneğin bir trend veya desenin bulunduğunu göstermektedir (Che Ros vd., 2016).

Yağış trendi analizinde, Von Neumann Oran Testi, yağış verilerinin rastgele dağılmış olup olmadığını veya zamansal bağımlılık gösterip göstermediğini değerlendirmek için sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Düşük bir oran, veri setinin ardışık bağımlılıklar veya bir trend içerdiğini gösterirken, yüksek bir oran, verilerin daha fazla rastgeleliğe veya ani kaymalara sahip olduğunu ima eder. Bu özellik, testin, yavaş veya ince trendlerin var olabileceği uzun vadeli yağış veri setleri için özellikle etkili olmasını sağlamaktadır (Hamed, 2011).

Von Neumann Oran Testi'nin başlıca avantajlarından biri, veri setinin dağılımı hakkında herhangi bir varsayımda bulunmadan ince değişiklikleri veya trendleri tespit edebilmesidir. Bu, sıklıkla normal olmayan, yüksek değişkenlik ve otokorelasyon gösteren yağış veri setleri için testin uygun olmasını sağlamaktadır. Test, uygulanması açısından oldukça basittir ve karmaşık ön işleme işlemleri gerektirmez, bu da hidrolik çalışmalarda pratikliğini daha da artırmaktadır (Hu vd., 2020).

Ancak, Von Neumann Oran Testi'nin de bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Aykırı değerlere karşı duyarlıdır, bu da hesaplanan varyansı önemli ölçüde etkileyebilir ve yanıltıcı sonuçlara yol açabilmektedir. Ayrıca, test, veri setinin önemli bir otokorelasyondan arınmış olduğunu varsayar; güçlü bir otokorelasyon mevcutsa, bu durum testin tespit ettiği trendleri maskeleyebilir veya abartabilmektedir. Bu durumu

aşmak için, test genellikle Mann-Kendall Testi veya Spearman'ın Rho gibi tamamlayıcı yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır; bu yöntemler, veri yapısının farklı yönlerini dikkate almaktadır (Pandžić vd., 2020).

2.5.1.8. Spearman's rho

Spearman'ın Rho, iki sıralanmış değişken arasındaki monotonik ilişkisinin gücünü ve yönünü ölçen parametrik olmayan bir istatistiksel yöntemdir. Pearson korelasyon katsayısının aksine, Spearman'ın Rho, verinin doğrusal olduğunu veya normal dağılım gösterdiğini varsaymaz, bu da özellikle yağış trendlerinin analizinde uygun hale getirir; çünkü yağış verileri genellikle normal olmayan, aykırı değerler veya çarpıklık gösterebilmektedir. Bu esneklik, Spearman'ın Rho'yu çevresel ve hidrolik çalışmalarda, özellikle yağış trendi tespitinde yaygın bir seçim haline getirmiştir (Hamed, 2016).

Yağış trendi analizinde, bu yöntem, zaman içinde yağışta tutarlı bir monotonik trendin (artan veya azalan) olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Spearman'ın Rho'yu hesaplamak için, yağış veri noktaları sıralanır ve sıralamalar, karşılık gelen zaman dilimleriyle ilişkilendirilir. Pozitif bir Spearman'ın Rho değeri, artan bir trendi, negatif bir değer ise azalan bir trendi gösterir. Katsayının büyüklüğü, ilişkinin gücünü yansıtmaktadır: 1'e veya -1'e yakın değerler güçlü bir monotonik trendi, sıfıra yakın değerler ise hiçbir trendin olmadığını göstermektedir (Gocic ve Trajkovic, 2014).

Spearman'ın Rho'nun başlıca güçlü yönlerinden biri, yağış verilerinde sel veya kuraklık gibi aşırı olaylar nedeniyle yaygın olan aykırı verilere karşı dayanıklılığıdır. Ham veri değerleri yerine sıralamalara dayanarak, yöntem aşırı veri noktalarının etkisini en aza indirir ve genel trendlerin daha güvenilir bir değerlendirmesini sağlamaktadır. Ayrıca, doğrusal olmayan monotonik ilişkileri tespit etme yeteneği, karmaşık yağış desenlerini keşfetmek için esnek bir araç olmasını sağlamaktadır (Subash vd., 2011).

Spearman'ın Rho'su, genellikle Mann-Kendall Testi veya Sen'in Eğim Tahmincisi gibi diğer yöntemlerle birlikte uygulanmaktadır, bu da yağış trendlerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Örneğin, Spearman'ın Rho, bir monotonik trendin varlığını tespit edebilse de, diğer yöntemler, bu trendin istatistiksel anlamlılığını değerlendirmek veya büyüklüğünü nicelendirerek daha ayrıntılı bir analiz sunabilmektedir. Bu tamamlayıcı yaklaşım, hem genel desenin hem de trendin belirli özelliklerinin yakalanmasını sağlamaktadır (V. Kumar vd., 2010).

2.5.1.9. Mann-kendall test

Mann-Kendall Testi, çevresel ve hidrolik verilerde trend analizi için en yaygın kullanılan parametrik olmayan yöntemlerden biridir. Bu test, verinin dağılımı hakkında herhangi bir varsayımda bulunmadan bir trendin var olup olmadığını değerlendirmektedir. Test, verideki uyumlu ve uyumsuz çiftlerin sayısını hesaplayarak, trendin yönünü ve istatistiksel anlamlılığını belirlemektedir. Yağış analizinde, özellikle zaman içinde kademeli değişiklikleri tespit etmek için kullanışlıdır (Lacombe vd., 2012).

2.5.1.10. Yenilikçi şen yöntemi

Yenilikçi Şen Yöntemi, özellikle hidrolik ve meteorolojik veri setlerinde trendleri tespit etmek için geliştirilmiş yeni ve sağlam bir istatistiksel tekniktir. Geleneksel trend analizi yöntemlerinin sınırlamalarını aşmak için tasarlanan bu yaklaşım, grafiksel ve sayısal yöntemlerin güçlü yönlerini birleştirerek veri trendlerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Yenilikçi yapısı, temel veri dağılımı hakkında karmaşık varsayımlar yapmadan, yağış kayıtlarındaki artan ve azalan trendlerin doğrudan ve net bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Akçay vd., 2022).

Yenilikçi Şen Yöntemi'nin temel özelliklerinden biri, grafiksel temsilidir. Veri çiftleri halinde kendisine karşı çizildiğinde, yöntem, trendleri basit ama etkili bir şekilde görsel olarak ortaya koyar. Bu yaklaşım, veri setini iki yarıya böler: biri daha düşük değerlere, diğeri ise daha yüksek değerlere sahip olan iki grup oluşturulur. Ardından, bu iki yarı karşılaştırılarak trendin artan, azalan veya sabit olup olmadığı belirlenir. Örneğin, daha yüksek değerler sürekli olarak karşılık gelen düşük değerlerden büyükse, artan bir trend açıkça gözlemlenir. Tam tersine, daha yüksek değerler sürekli olarak daha küçükse, azalan bir trend olduğu gösterilmektedir (Sezen ve Partal, 2020a).

Yöntemin grafiksel doğası, görsel iletişim açısından özellikle cazip hale gelmektedir, çünkü araştırmacılar ve paydaşlar, kapsamlı istatistiksel bilgiye gerek duymadan trendleri kolayca yorumlayabilirler. Ayrıca, Yenilikçi Şen Yöntemi, normal dağılım veya doğrusal ilişki varsayımlarına dayanmaz, bu da yüksek değişkenlik, çarpıklık ve doğrusal olmayan özellikler gösteren yağış verileri için uygun hale getirir. Bu uyumluluk, yıllık, mevsimsel veya aylık yağış trendlerinin analizini içeren geniş bir hidrolik uygulama yelpazesinde etkinliğini sağlamaktadır (Sezen ve Partal, 2020).

Yenilikçi Şen Yöntemi, çok yönlülüğü ve yorumlama kolaylığı nedeniyle son yıllarda giderek daha fazla popülerlik kazanmıştır. Yağış değişkenliğini analiz etmek, iklim değişikliği etkilerini değerlendirmek ve su kaynakları yönetimini desteklemek için çeşitli çalışmalarda başarıyla uygulanmıştır. Örneğin, araştırmacılar, farklı bölgelerde yıllık yağış desenlerindeki uzun vadeli değişiklikleri tespit etmek için bu yöntemi kullanmış, bunun hidrolik ve klimatolojik araştırmaları ilerletme potansiyelini vurgulamıştır (Nacar vd., 2024).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

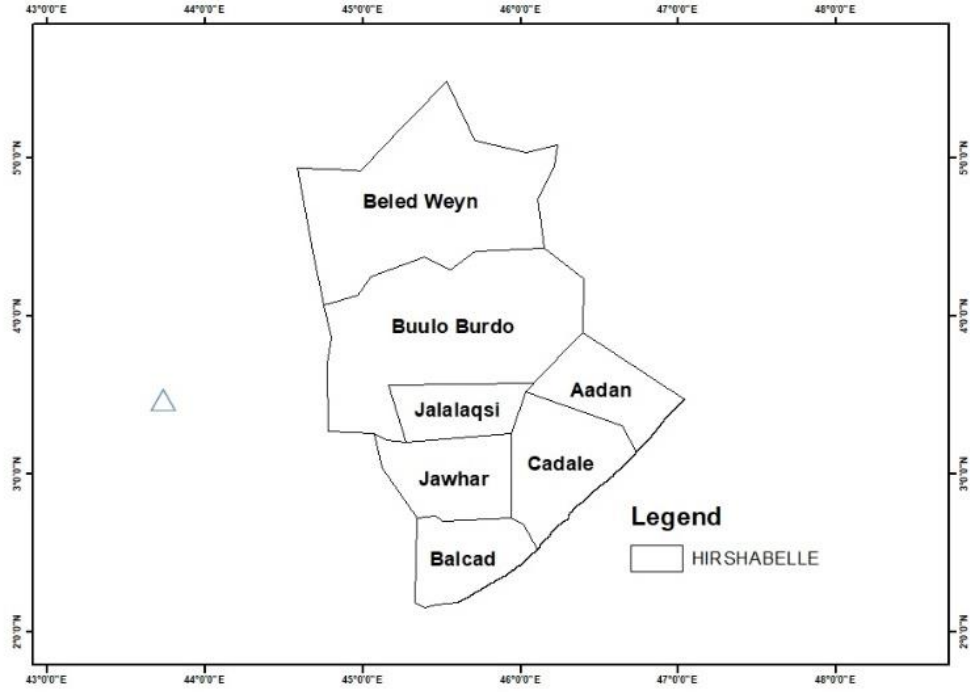
Bu bölümde, çalışma alanı ve bu araştırmada kullanılan yöntemler ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır. Analiz, yağış verilerinin homojenliğini değerlendirmek ve artan ya da azalan eğilimleri tespit etmek için on farklı istatistiksel yöntemin uygulanmasını içermektedir. Kullanılan yöntemler arasında Run Testi, Sen's T-Testi, Pettitt Testi, Sen İstatistiksel Testi, Buishand Testi, Yenilikçi Sen Testi, Mann-Kendall Testi, Von Neumann Testi, Spearman'ın Rho Testi, Mann-Whitney U Testi ve Yenilikçi Şen Yöntemi yer almaktadır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması, yağış verilerinin zamansal eğilimlerinin kapsamlı ve güvenilir bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır.

Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle ArcMap, maksimum, ortalama ve minimum yağış değerlerinin analiz edilmesi ve haritalandırılması için kullanılmaktadır. CBS yöntemi, çalışma alanındaki yedi ilçede, 1981-2020 dönemine ait yağış dağılımı ve değişkenliğinin açık bir şekilde görselleştirilmesine olanak tanımaktadır. Hem zamansal hem de mekânsal yağış dinamiklerinin ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasını sağlayan bu metodolojik çerçeve, kapsamlı ve detaylı bir analiz sunmaktadır.

Hirshabelle, Somali'nin merkez ve güney kesiminde yer alan, 2°K ile 4°K enlemleri ve 45°D ile 48°D boylamları arasında bulunan bir bölgedir. Bölgenin iklimi, topoğrafya ve Shabelle Nehri'ne yakınlık gibi çeşitli coğrafi faktörlerden etkilenmektedir. Shabelle Nehri, hem tarım hem de çevredeki ekosistem için hayati bir su kaynağıdır. Hirshabelle'deki bölgesel iklim modellerinin anlaşılması, tarım, su kaynakları yönetimi ve çevre koruma gibi alanlar için büyük önem taşımaktadır. İklim değişikliğinin çevresel etkilerini değerlendiren önceki çalışmalar, çoğunlukla yüzey suyu dinamikleri, bitki örtüsü ve su kalitesi gibi ana çevresel unsurlara odaklanmıştır. Bu faktörler, iklim değişikliklerinin nüfusun geçim kaynaklarını ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkilediği Hirshabelle'de özellikle önemlidir.

Hirshabelle, Somali'nin güneyinde, ülkenin orta kesiminde yer alan bir idari eyalettir. Beledweyne, Buulo Burde, Jalalaqsi, Jawhar, Balcad, Cadale ve Adan Yabal gibi çeşitli ilçelerden oluşmaktadır ve bu ilçeler, bölgenin yönetimi ve altyapısı açısından önemli bir rol oynamaktadır. Shabelle Nehri ile çevrili olan bu bölge, tarımsal potansiyeli ile bilinmekte ve iklim değişkenliği, yağış desenleri ve su kaynakları üzerinde büyük

etkiler yaratmaktadır. Hirshabelle'nin ilçeleri, çeşitli iklim koşullarına sahip olup, çevresel sürdürülebilirlik ve su yönetimi ile ilgili çalışmalar için önemli bir bölge olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma kapsamında incelenen İstasyonları

Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında incelenen bilgileri

İstasyon Adı	Gözlem Yılları	Boylam °D	Enlem °K	Yıllık Toplam Yağış Ortalaması (mm)
Beled Weyn	1981-2020	4,7395	45,2439	326
Buulo Burdo	1981-2020	3,9278	45,5886	334,2
Jalalaqsi	1981-2020	3,3978	45,5145	383,51
Jawhar	1981-2020	3,6742	46,5944	445,87
Bal'ad	1981-2020	2,4313	45,6114	408,43
Adale	1981-2020	2,9971	46,3037	356,62
Aadan yabal	1981-2020	2,9598	45,5165	300,98

3.2. Yöntemler

3.2.1. Homojenlik testleri

İklim verileri her zaman normal dağılıma uymamaktadır. Zaman serilerinde verilerin aynı kümeye ait olmaları daha güvenli analiz yapılması açısından oldukça önemlidir. Serinin homojen olması için verilerin aynı toplumdaki gelmesi ve verilerin birbirinden tamamen bağımsız olması gerekmektedir. Yağış verilerinin homojenliği, iklim değişikliği çalışmalarında önemli bir sorundur. Ölçüm istasyonlarının yer değiştirmesi, çevresel koşullara maruz kalması ve cihaz ya da kalibrasyon hataları, iklim verilerinin tutarlılığını etkileyebilir. Bu nedenle, yağış verilerinin homojenlik analizinin yapılması, istatistiksel yöntemlerin, trend analizlerinin ve gerekli testlerin kolaylaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır (Meshram vd., 2018).

Bu çalışmada serilerin kendi içlerinde homojen olup olmadıklarını belirlemek için Mann whitney U, Pettitt, Buishand, Von Neumann ve Run homojenlik testleri kullanılacaktır. Analiz sonuçları %95 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

Hirshabelle eyaletinde homojen dağılım gösteren 7 meteoroloji gözlem istasyonundan alınan yağış verileri yıllık toplam yağış verileri olarak analiz edilmiştir. Uygulanan hipotez testlerinde veri setlerinin benzer dağılıma sahip olduğu boş hipotez (H0) kabul edilirken, veri setinde kayma olduğu alternatif hipotez (H1) kabul edilmiştir.

3.2.2. Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi

Run Testi, incelenen verilerin aynı toplumdaki geldiğini ve birbirinden bağımsız olduğunu ya da tam tersini değerlendiren bir testtir. Test sonucunda, verilerin aynı popülasyondan geldiği ve bağımsız olduğu belirlenirse, bu tür veri dizileri basit rastgele seriler olarak adlandırılır. Run Testi uygulanırken, veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve medyan değeri bulunur. Eğer veri sayısı çift ise, ortadaki iki değer ortalama kullanılır. Verilerin belirtilen seviyenin üzerinde veya altında olduğu belirlenir. Medyan değer üzerinde veya altında olan veriler arasındaki geçiş sayısının toplamı, Run sayısını verir. İstenen durum, serideki verilerin tutarlı bir şekilde merkez değerin üzerinde veya altında olmasıdır. Eğer veri uzun süre boyunca sadece üzerinde ya da sadece altında kalırsa, Run sayısı küçük olur. Bu tür serilerde homojenlik olmayabilir. Test istatistiği Z , 3,1 numaralı denklemde verilen ifade kullanılarak hesaplanır. Burada N

veri sayısını, r run (geçiş) sayısını, N_a merkez seviyenin altındaki değer sayısını ve N_u merkez seviyenin üzerindeki değer sayısını ifade etmektedir (Kocaoğlu ve Çağlıyan, 2022).

$$Z = r - \frac{2 * N_a * N_u}{N_a + N_u} + 1 \sqrt{\frac{2 * N_a * N_u (2 * N_a * N_u - N)}{N^2 (N - 1)}} \quad (3.1)$$

Bu değer, dağılım tablosundaki değerle karşılaştırılarak verinin hangi varsayımı sağladığına ve homojen olup olmadığına karar verilir. Elde edilen z değeri ± 1.96 aralığında ise, veriler %95 güven aralığında rastgele analiz edilir ve homojen bir dağılım göstermektedir.

3.2.3. Buishand testi

Zaman serisi verilerinde, verilerin homojenliği ani bir kırılma ile bozulabilir. Buishand Testi'nde, kısmi düzeltmelerin toplamı 3,4 numaralı denklem ile ifade edilmektedir.

$$S_0^* = 0 \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y) \quad K = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

Burada S_k terimi, verilen serinin kısmi toplamını ifade eder. Test edilen serinin ortalamasında önemli bir değişim yoksa Y_i ile Y arasındaki fark sıfır etrafında değişecektir. Eğer k yılında bir kırılma meydana gelirse, S_k değeri $k=K$ yılı civarında maksimum veya minimum değere ulaşacaktır. Ortalamadaki değişim, aşağıdaki R katsayısının hesaplanmasına dayanmaktadır (Denklem 3,2).

$$R = (Max S_k^* - min S_k^*) / S \quad 0 \leq k \leq n \quad (3.3)$$

R katsayısı hesaplandıktan sonra, Buishand Test istatistiği $(Q) R/\sqrt{n}$ işlemi ile elde edilir ve kritik tablo değeri ile karşılaştırılır. Kritik değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Eğer hesaplanan test istatistiği, tablo değerinden büyükse, test edilen serinin homojen olmadığı sonucuna ulaşılır. Buishand Testi (BT), Pettitt testi gibi kayıtların orta yıllarında meydana gelen kırılmalara karşı daha duyarlıdır.

Buishand Sıra Testinde R/\sqrt{n} critic değerleri Çizelge 3,2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Veri sayısına bağlı %99 ve %95 güven seviyelerinde R/\sqrt{n} kritik değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%99	1,60	1,70	1,74	1,78	1,81	1,86
%95	1,43	1,50	1,53	1,55	1,59	1,62

3.2.4. Pettitt testi

Bir zaman serisinde değişim noktasını belirlemek için Pettitt tarafından geliştirilen parametrik olmayan bu yöntem, aylık veya yıllık ölçekte uygulanabilmektedir (Pettitt, 1979). Bu test, parametrik olmayan bir yaklaşım olup yıllık toplam yağış değerleri (Y_i) yerine bu değerlere karşılık gelen sıralamalar (r_i) kullanılarak test istatistikleri hesaplanır. Testin uygulanmasında (X_k) istatistiği aşağıdaki denklem (Denklem 3.4) kullanılarak hesaplanır (Chauluka vd., 2021).

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, \dots, n \quad (3.4)$$

Eğer serinin ortalamasında “E” yılı civarında bir değişim meydana gelmişse, X_k istatistiği $k=E$ yılı civarında maksimum veya minimum değerine ulaşır. X_k değerlerinin mutlak değerleri arasından maksimum olan X_E istatistiği, örnek büyüklüğüne bağlı bir kritik değeri aşarsa, zaman serisinde homojenliğin bozulduğu sonucuna varılır. Kritik değerler Çizelge 3.4’te verilmiştir. SNHT testine kıyasla Pettitt Testi (PT), kayıtların orta yıllarında meydana gelen kırılmalara karşı daha duyarlıdır (Che Ros ve ark., 2016).

X_E tablo değerini aşarsa H_0 hipotezi reddedilir. X_E kritik değerleri Çizelge 3.3’te verilmektedir.

Çizelge 3.3. Veri sayısına bağlı %99 ve %95 güven seviyelerinde X_E kritik değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%99	71	133	208	293	488	841
%95	57	107	167	235	393	677

3.2.5. Von neumann oran testi

Bu test, homojenliğin bozulduğu belirli bir yıl hakkında bilgi vermez, yani homojenliği etkileyen yılı tespit etmez. Von Neuman oranı N, yıllık ortalamaların

toplaminin varyans değerine oranı olarak tanımlanır ve Denklem 3.5 ile ifade edilir (Özener, 2019).

$$V = \sum_{i=2}^n (R_i - R_{i-1} - 1)^2 / [n(n^2 - 1)/12] \quad (3.5)$$

Von-Neumann Testi'nin kritik değerleri Çizelge 3.4'de verilmektedir. Bulunan V değeri tablodaki kritik değeri aşarsa H₀ hipotezi kabul edilir.

Çizelge 3.4. Veri sayısına bağlı olarak %95 güven düzeyinde V kritik değeri

Veri Sayısına Bağlı %95 Güven Seviyesinde Test Değerleri						
N	20	30	40	50	70	100
5%	1,3	1,42	1,49	1,54	1,61	1,67

3.2.6. Mann-whitney U testi

Mann-Whitney U testi (Mann ve Whitney, 1947) t testine alternatif bir parametrik olmayan testtir. Havzada olabilecek değişimleri tespit etmede kullanılan ve seçilen iki alt küme verilerinin aynı topluluktan gelip gelmediğini belirleyen bir testtir. Parametrik testlerin kullanımında karşılaşılan güçlükler ve küçük örneklerde Mann-Whitney U testi uygulanabilmektedir. Mann-Whitney U testinde H₀ hipotezi iki serinin aynı topluluktan geldiğini, H₁ hipotezi iki seri farklı topluluklardan geldiği iddiasındadır. Eldeki A ve B kümesi n_a ve n_b elemanlara sahiptir. U değeri U_a ve U_b olmak üzere şu şekilde hesap edilir (MacFarland ve Yates, 2016).

$$U_z = n_a n_b + 0.5 n_b (n_b + 1) - S_b \quad (3.6)$$

$$U_b = n_a n_b + 0.5 n_a (n_a + 1) - S_a \quad (3.7)$$

$$Z_u = u - \frac{n_1 n_2}{2} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}} \quad (3.8)$$

3.2.7. Trend analizi

Bu çalışmanın ana odağı, ilçelerdeki yağışların zaman içindeki artış veya azalış eğilimlerini analiz etmektir. Bu amaçla, verilerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için beş istatistiksel yöntem kullanılacaktır: 1) Mann-Kendall Testi, hidrolojik ve iklimsel veri serilerindeki eğilimleri tespit etmek için yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yöntem; 2) Spearman'ın Rho Testi, monotonic (tekdüze) eğilimleri değerlendiren sıralama tabanlı bir yöntem; 3) Sen'in T-Testi, eğilimleri belirleyip istatistiksel anlamlılıklarını değerlendiren bir test; 4) Şen'in İstatistiksel Testi, doğrusal olmayan ve karmaşık veri serilerindeki eğilimleri tespit etmek için etkili bir araç; ve 5) Yenilikçi Şen Trend Yöntemi, eğilim analizine yeni bir bakış açısı sağlayan grafiksel ve parametrik olmayan bir yaklaşım. Bu yöntemler, yağış eğilimlerinin güçlü ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlayacak olup analizler, sonuçların güvenilirliğini sağlamak için %95 güven aralığı dikkate alınarak gerçekleştirilecektir.

3.2.8. Mann kendall test

Kendall'ın tau istatistiği olarak da bilinen bu test hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir metottur(Mann ve Whitney, 1947). Sen'in T testinde olduğu gibi mevsimselliğin ortadan kaldırıldığı data'lara uygulanan Mann-Kendall testinin istatistiği S aşağıdaki (4) ifadesiyle hesaplanır. Bu eşitlikteki ($x_j - x_k$) değerinin işareti ise (5) ifadesinden bulunur.

$$\begin{aligned} \text{Sgn}(x_i - x_j) &= 1; \text{Eğer } x_j > x_i \text{ 0; Eğer } x_j = x_i \\ &-1; \text{eğer } x_j < x_i \end{aligned}$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(x_j - x_k) \quad (3.9)$$

$$\text{Sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 \text{ Eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \text{ Eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \text{ Eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

Asimptotik olarak, normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S'in varyansı:

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3.11)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Eğer seçilen α anlamlılık seviyesinde $|z| \leq z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi kabul edilir, aksi halde reddedilir. Hesaplanan SSS değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin varlığı söz konusudur. Bu metot eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramadığı için kullanışlıdır (Yu ve diğ., 1993).

Denklemden n , serinin uzunluğu, k serinin bağlı gruplarının sayısı ve t_i analiz edilen alt kümelerdeki eşit sayısal değere sahip elemanların sayısıdır. Mann Kendall test istatistiğinin z değeri hesaplanır. Bu z değeri, belirli bir anlamlılık düzeyinde normal dağılım tablosundan okunan z değeri ile karşılaştırılır.

Denklemin (3.3) sonucunda hesaplanan z değerinin mutlak değeri α anlamlılık düzeyinde belirlenen z değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir, yani zaman serisinde anlamlı bir eğilim vardır. Daha küçükse, H_0 boş hipotezi kabul edilir, yani zaman serisinde önemli bir eğilim yoktur. MK test istatistiği değeri (z) pozitif ise artan bir trend olduğu, negatif ise azalan bir trend olduğu tespit edilir (Yu vd. 1993).

3.2.8.1. Şen'in trend eğim yöntemi

Şen İstatistiksel Testi, zaman serilerinde trend analizini belirlemek amacıyla kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir ve özellikle hidrolojik ve meteorolojik verilerin analizinde sıklıkla tercih edilir. Şen testinde veriler sıralı gruplara bölünerek bu gruplar arasındaki farklar değerlendirilir (Mann ve Whitney, 1947). Testin temel amacı, seride artan ya da azalan bir trendin varlığını belirlemektir. Şen testinin formülü aşağıdaki gibidir:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_j - 1) \quad (3.13)$$

burada x_i serinin i -inci değeri, n toplam veri sayısını ifade etmektedir. Hesaplanan S değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin varlığı söz konusudur. Şen testi, verilerin normal dağılıma uyma zorunluluğu bulunmadan uygulanabilmesi nedeniyle özellikle eksik ya da düzensiz veriler içeren zaman serilerinde etkili bir analiz yöntemidir.

3.2.8.2. Sen'in T testi istatistiği

Sen'in T testi, zaman serilerinde mevsimsel etkileri ortadan kaldırarak trend analizini gerçekleştirmek için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir (Terzi ve İlker, 2021). Bu test, gözlemlerin sıralı farklarını analiz ederek artan ya da azalan bir trendin varlığını belirler. Öncelikle her bir i -inci yıl ve j -inci ay için X_{ij} verilerinin aylık ortalamaları ($X_{.j}$) hesaplanır ve her bir gözlemden ilgili ayın ortalaması çıkarılarak fark değerleri ($X_{ij} - X_{.j}$) elde edilir. Bu farkların sıralaması ($R_{ij} = \text{Rank}(X_{ij} - X_{.j})$) ile belirlenir. Ardından rankların ortalamaları her bir ay için

$$R_j = \frac{\sum_i R_{ij}}{n} \text{ her bir yıl için ise } R_i = \frac{\sum_j R_{ij}}{12} \quad (3.14)$$

Eşitliği ile bulunur. e sonuç olarak Sen's T testi istatistiği aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

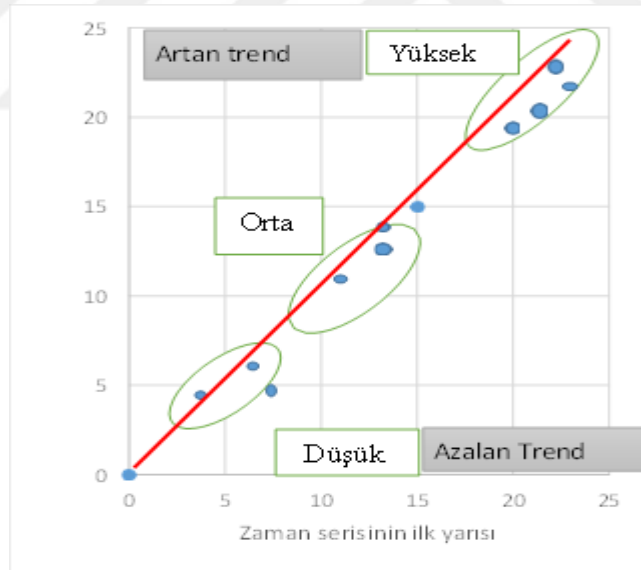
3.2.8.3. Spearman's rho testi

Lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir test olup sıra istatistiklerine dayanan bu test iki gözlem serisi arasında anlamlı bir korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. Sıra istatistiği $R(X_i)$ gözlemlerin küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir ve Spearman'ın Rho testi değeri (r_s) (2) ifadesi ile hesaplanır.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2}{n^3 - n} \quad (3.15)$$

3.2.8.4. Yenilikçi Şen yöntemi

Son yıllarda sıkça kullanılan Yenilikçi Şen yöntemi ilk olarak Şen (2012) tarafından tanıtılmıştır. Bu yöntemde zaman serisi iki eşit parçaya bölünür ve her parçada ilk tarihten baŐlayarak en küçüğünden en büyüğüne sıralanır. Daha sonra kartezyen koordinat sistemine göre iki veri stnnden birincisi (x_i) X eksenine diğeri (x_j) Y eksenine yerleŐtirilir. Veriler 1:1 ideal çizgi (45°çizgisi) zerinde toplanırsa, zaman serisinde herhangi bir trend yoktur. Veriler ideal doğrunun üst üçgen alanında ise zaman serisinde artan bir eğilim vardır. Veriler 1:1 çizgisinin alt üçgen alanında yığılmıŐsa zaman serisinde azalan bir eğilim vardır. 1:1 çizgisinin her iki tarafında da noktaların dağıldığı zaman serilerine sahip olmak da mümkündür. Ayrıca çalıŐılan hidrolojik parametrenin düşüş, orta ve yüksek değerlerinin trendi bu yöntemle grafiksel olarak değerlendirilebilir (KESKİNER ve ÇETİN, 2023). Grafik sunum Şekil 3.2’te gösterilmiştir. Şen (2017), tarafından bu yöntemde eklenen istatistiksel süreç sayesinde sonuçlar istatistiksel olarak kontrol edilmiştir. Belirtilen istatistiksel iŐlem adımları aşağıdaki denklem 1-6 ile verilmiştir.



Şekil 3.2. Kartezyen koordinatlarda veri gösterimi

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölüm, çalışmanın temel araştırma bulgularını sunmaktadır. İlk olarak, Hirshabelle Eyaletinin yağış verilerine ait homojenlik analizi sonuçları sunulmaktadır. İkinci olarak, aynı ilçelerdeki yağış verisi eğilimleri incelenmekte ve tartışılmaktadır. Son olarak, son 39 yıla ait maksimum minimum ve ortalama yağış seviyeleri ArcMap kullanılarak görselleştirilmektedir.

4.1. Homojenlik Testlerinin Sonuçları

Çizelge 4.1. Yıllık ortalama homojenlik testlerinin sonuçları

İstasyon Adı	Run Testi	Buishand Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Testi	Mann-Whitney U Testi
Beled Weyn	Kabul	Kabul	Red	Red	Red
Buulo Burdo	Kabul	Red	Red	Red	Kabul
Jalalaksi	Kabul	Kabul	Red	Red	Kabul
Jawhar	Kabul	Kabul	Kabul	Red	Kabul
Bal'ad	Kabul	Kabul	Kabul	Red	Kabul
Adale	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Aadan Yabal	Kabul	Kabul	Kabul	Red	Kabul

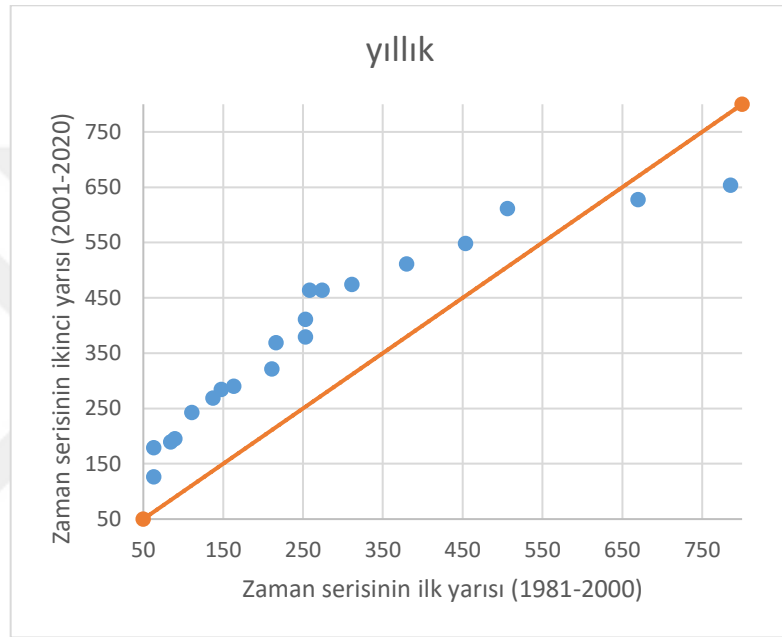
Çizelge 4.1, Somali'nin Hirshabelle eyaletindeki yedi ilçeden alınan yağış verilerine uygulanan ve homojenliğe odaklanan çeşitli istatistiksel testlerin sonuçlarını sunmaktadır. Testler arasında Run Testi, Buishand Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi yer almaktadır. Bulgular, Run Testi, Buishand Testi ve Pettitt Testine göre çoğu ilçenin homojenlik sergilediğini göstermektedir. Ancak Pettitt ve Von Neumann Testlerinde, özellikle de homojenliğin teyit edilemediği Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaksi, Jawhar ve Bal'ad'da farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Adale tüm testlerde tutarlı bir şekilde homojenlik gösterirken, diğer ilçeler uygulanan teste bağlı olarak değişen sonuçlar göstermektedir. Bu değişkenlik, Hirshabelle'deki yağış modellerinin karmaşık olduğunu ve farklı istatistiksel yaklaşımların, bölgesel iklim davranışını anlamak için çok önemli olabilecek homojenlikleri hakkında zıt sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

4.2. Yağış Verilerinin Trend Analizi

4.2.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları

İstasyonlara ait yıllık yağış verileri için Yenilikçi Sen Yönteminin hem grafiksel hem de istatistiksel sonuçları verilmiştir.

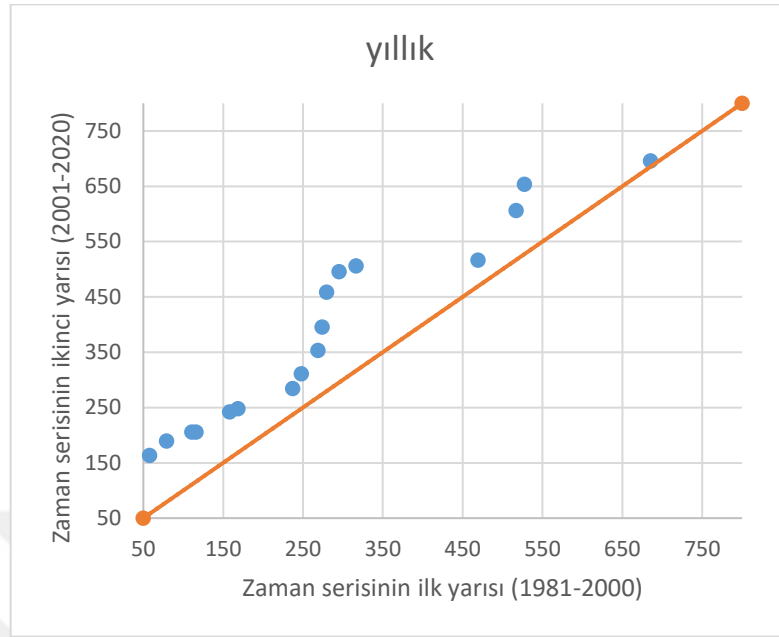
4.2.2. Beled weyn istasyonu



Şekil 4.1. Beled weyn istasyonu grafiği

Yenilikçi Şen Yöntemi sonuçları Beledweyn için yağış miktarında bir artış eğilimi olduğunu açıkça göstermektedir. Köşegen çizginin üzerindeki noktaların yoğunluğu, özellikle daha yüksek yağış değerlerinde bu olumlu eğilimi desteklemektedir. Bu durum, yağış miktarlarının gözlemlenen zaman dilimleri boyunca arttığını göstermektedir.

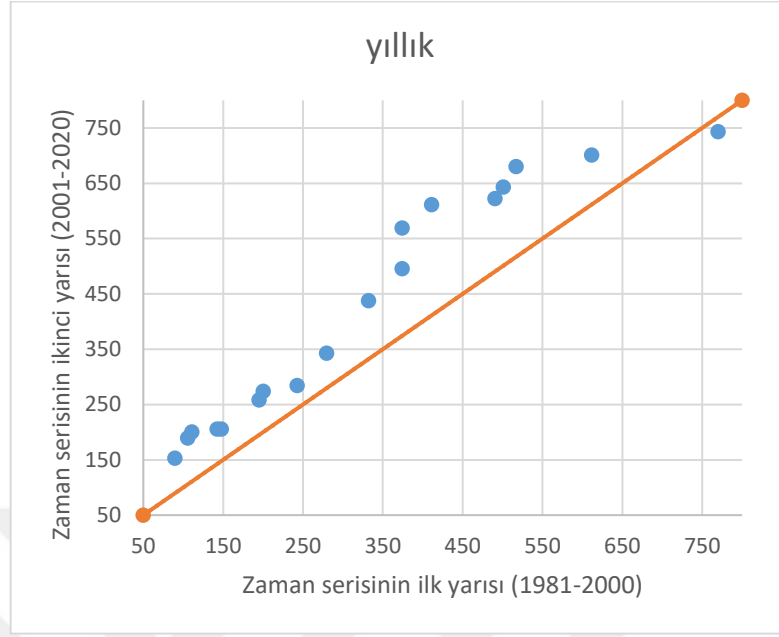
4.2.3. Bulo burdo istasyonu



Şekil 4.2. Bulo burdo istasyonu grafiği

Serpme grafiği, Jalalaksi ilçesi yağış verilerini Yenilikçi Şen Yöntemi kullanarak analiz etmektedir. X eksenini, zaman serisinin ilk yarısındaki yağış değerlerini (1981–2000), Y eksenini ise ikinci yarısındaki değerleri (2001–2020) göstermektedir. 1:1 çizgisi (kırmızı çizgi), iki dönem arasında değişim olmadığını referans alır. Verilerin çoğunluğunun 1:1 çizgisinin üzerinde yer alması, ikinci dönemde yağış miktarının arttığını göstermektedir. Bu gözlem, yağışlarda zaman içinde yukarı yönlü bir eğilimin olduğunu ve Jalalaksi ilçesinde 2001–2020 döneminde yağış miktarının arttığını ortaya koymaktadır.

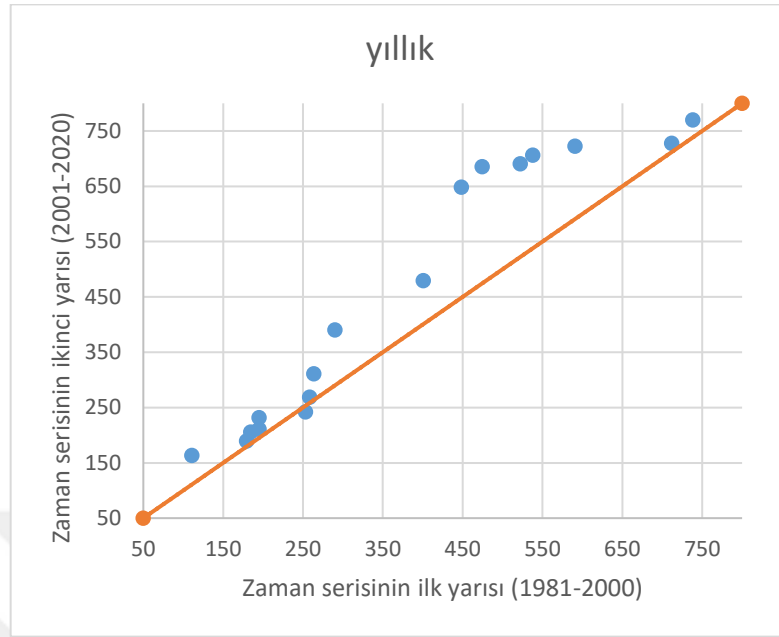
4.2.4. Jalalaksi istasyonu



Şekil 4.3. Jalalaksi istasyonu grafiği

Şekil 4.3, Jalalaksi ilçesi yağış verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak incelenmesini göstermektedir. X eksenini, zaman serisinin ilk yarısındaki yağış değerlerini (1981–2000), Y eksenini ise ikinci yarısındaki değerleri (2001–2020) temsil etmektedir. Kırmızı renkli 1:1 çizgisi, yağış değerlerinin iki dönem arasında değişmediğini ifade eder. Verilerin büyük çoğunluğunun 1:1 çizgisinin üzerinde yer aldığı görülmektedir, bu da ikinci dönemde yağış değerlerinin artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu analiz Jalalaksi ilçesinde 2001–2020 döneminde yağışlarda belirgin bir artış yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, bölgedeki iklim değişikliklerinin incelenmesinde önemli bir katkı sağlayarak tez çalışması için güçlü bir veri temeli oluşturacaktır.

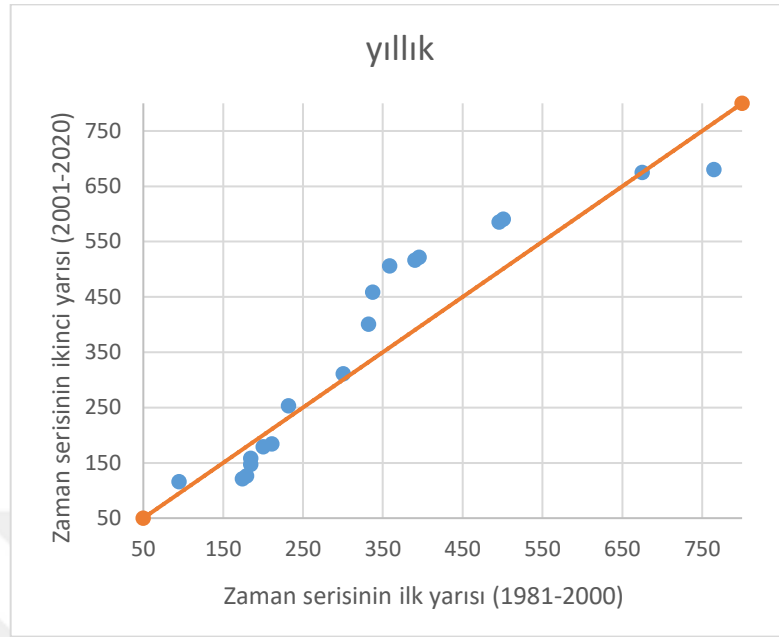
4.2.5. Jawhar istasyonu



Şekil 4.4. Jawhar istasyonu grafiği

Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemi, 1981–2000 ve 2001–2020 yılları arasındaki yağış verilerini karşılaştırarak zaman içindeki genel eğilimleri incelemektedir. Dağılım grafiğinde, ikinci dönemdeki yağış değerlerinin çoğu, birinci dönemdeki değerlere kıyasla daha yüksek olup, bu durum kırmızı 1:1 referans çizgisinin üzerinde yer alan noktalarla gösterilmektedir. Bu, yağış miktarlarında zamanla artan bir eğilim olduğunu göstermektedir. Eğilim, monotonik olmamakla birlikte genel olarak yükselen bir trend sergilemektedir ve özellikle yüksek yağış değerlerinde dikkate değer artışlar gözlemlenmektedir. Bu artışlar, iklimsel değişiklikler, çevresel faktörlerdeki farklılıklar veya bölgedeki nem oranlarındaki değişimler gibi etmenlerden kaynaklanabilmektedir.

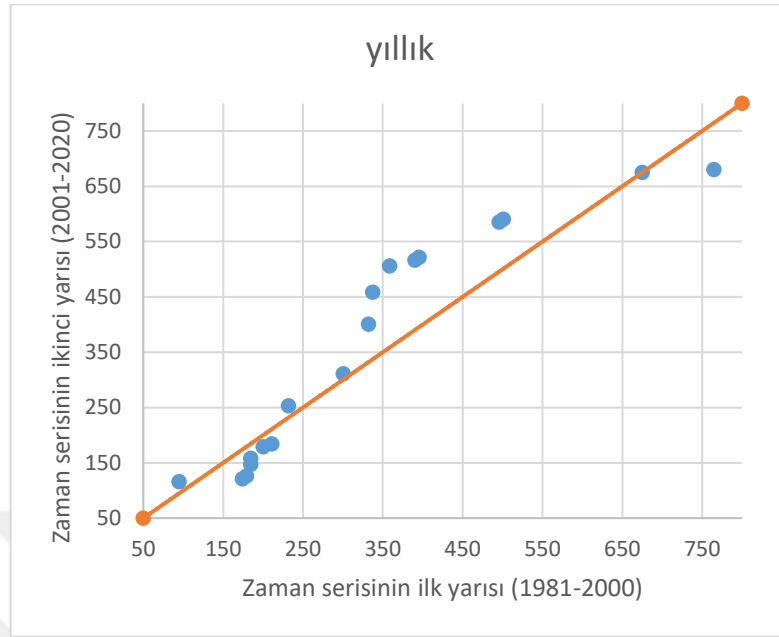
4.2.6. Bal'ad istasyonu



Şekil 4.5. Bal'ad istasyonu grafiği

Şekil 4.5, Şen'in Yenilikçi Trend Analizi kullanılarak 1981–2000 (x eksen) ve 2001–2020 (y eksen) yılları arasındaki yağış verilerini karşılaştırmaktadır. Kırmızı diagonal çizgi, 1:1 referans çizgisini temsil eder ve bu çizgi, iki dönem arasında değişiklik olmadığını gösterir. Çoğu veri noktası, özellikle yüksek yağış değerleri için bu çizginin üzerinde yer almakta olup, ikinci dönemde yağışın genel olarak arttığını göstermektedir. Bu durum, monotonik olmayan ancak yükselen bir yağış eğiliminde olduğunu işaret etmektedir.

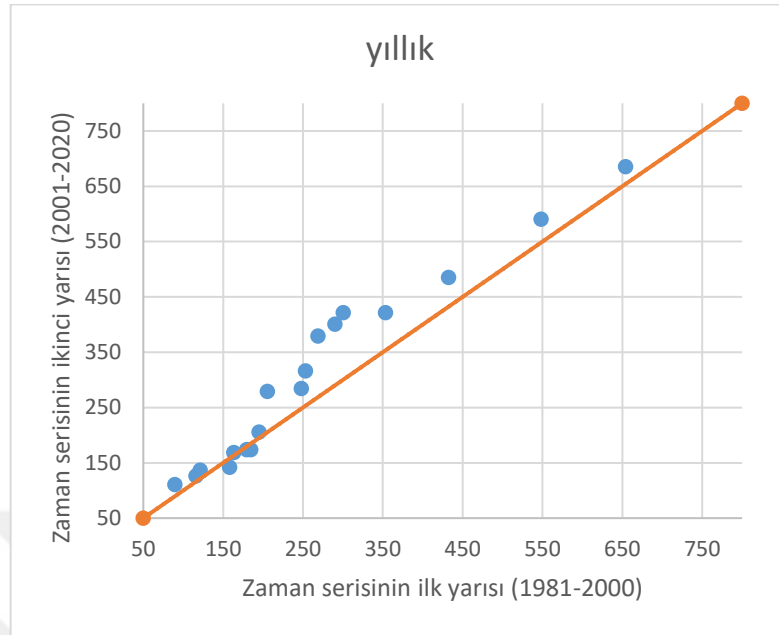
4.2.7. Adale istasyonu



Şekil 4.6. Adale istasyonu grafiği

Şekil 4.6, Şen'in Yenilikçi Trend Analizi (Şen Yenilikçi Trend Analizi) kullanılarak 1981-2020 yılları arasındaki yağış dağılımını incelemektedir. Veri seti iki yarıya bölünmüştür: birinci yarı x eksenine, ikinci yarı ise y eksenine yerleştirilmiştir. Kırmızı diagonal çizgi ($y = x$) bir referans çizgisi olarak kullanılmıştır; bu çizgi üzerindeki noktalar, her iki yarı arasında değişim olmadığını göstermektedir. Çizginin üzerindeki noktalar, ikinci yarıda birinci yarıya kıyasla yağışta artışı, altındaki noktalar ise azalmayı ifade etmektedir. Bu grafikte, çoğu veri noktası diagonal çizginin üzerinde yer almakta olup, analiz edilen dönemin ikinci yarısında genel bir artan yağış eğilimini göstermektedir. Bu yöntem, tek bir veri seti içindeki potansiyel zamansal eğilimlerin açık bir şekilde görselleştirilmesini sağlamaktadır.

4.2.8. Adan yabal istasyonu



Şekil 4.7. Adan yabal istasyonu grafiği

Şekil 4.7, Şen'in Yenilikçi Trend Analizi uygulamasıyla, iki zaman dilimi olan 1981–2000 ve 2001–2020 arasındaki yağış eğilimlerini analiz etmektedir. X eksenini birinci döneme ait yağış verilerini, Y eksenini ise ikinci döneme ait verileri göstermektedir. Diagonal kırmızı çizgi ($y = x$) bir referans olarak kullanılmıştır; bu çizginin üzerindeki noktalar yağışta bir artışı, altındaki noktalar ise azalmayı göstermektedir. Bu durumda, verilerin çoğu kırmızı çizginin üzerinde yer almakta olup, ikinci dönemde yağışların birinci döneme kıyasla genel olarak arttığını göstermektedir. Bu yükselen eğilim, zaman içinde yağış desenlerini etkileyen iklimsel veya çevresel faktörlerdeki potansiyel değişiklikleri yansıtmaktadır.

4.3. Mann Kendall Testi Sonuçları

Çizelge 4.2. Mann-kendall testi sonuçları

İstasyonlar	S	Z	Var (S)	Trend Durumu
Beled Weyn	288	3,36	7365,66	Artan Trend
Buulo Burdo	215	2,51	7365,66	Artan Trend
Jalalaqsi	205	2,41	7365,66	Artan Trend
Jawhar	152	1,78	7365,66	Azalan Trend
Bal'ad	143	1,67	7365,66	Azalan Trend
Adale	109	1,28	7365,66	Azalan Trend
Aadan Yabal	158	1,85	7365,66	Azalan Trend

Çizelge 4.2, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerdeki yağış eğilimlerini analiz etmek için uygulanan Mann-Kendall Testi sonuçlarını özetlemektedir. Testin Z değerleri, eğilimin doğasını belirlemek için 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmaktadır. Z değeri 1,96'nın üzerinde ise, ilçe istatistiksel olarak anlamlı bir artan eğilim (pozitif eğilim) sergileyen bir trend gösterirken, Z değerleri 1,96'nın altında ise azalan eğilim (negatif eğilim) göstermektedir. Sonuçlara göre, Beled Weyn ($Z=3,36$), Buulo Burdo ($Z=2,51$) ve Jalalaqsi ($Z=2,40$) anlamlı pozitif eğilimler göstermekte ve zaman içinde artan yağışı işaret etmektedir. Aksine, Jawhar ($Z=1,78$), Balcad ($Z=1,67$), Adale ($Z=1,28$) ve Aadan Yabal ($Z=1,85$) negatif eğilimler sergilemekte olup, Z değerleri 1,96 eşliğinin altındadır. Bu bulgular, eyaletteki yağış eğilimlerinin mekansal değişkenliğini vurgulamakta ve bazı alanlardaki azalan yağışın potansiyel etkilerini hafifletmek ve diğerlerinde artan yağışın faydalarından yararlanmak için ilçe bazında iklim uyum stratejilerinin önemini ortaya koymaktadır.

4.4. Spearman'ın Rho Testi Sonuçları

DMI'nin Hirshabelle eyaletindeki yıllık ortalama yağış istasyonlarından alınan verilerin Spearman's Rho Testi Sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Spearman'ın rho testi sonuçları

İstasyonlar	r_s	Z değeri	Trend Durumu
Beled Weyn	0,506	3,164	Artan Trend
Buulo Burdo	0,378	2,362	Artan Trend
Jalalaqsi	0,366	2,291	Artan Trend
Jawhar	0,254	1,589	Azalan Trend
Bal'ad	0,251	1,571	Azalan Trend
Adale	0,167	1,043	Azalan Trend
Aadan Yabal	0,26	1,627	Azalan Trend

Çizelge 4.3, Hirşabelle eyaletindeki istasyonlarda yağış eğilimlerini analiz etmek için Spearman'ın Rho Testi kullanılarak elde edilen sonuçları göstermektedir. Tablo, istasyonların r_s ve Z değerlerini içermekte olup, Z değerleri 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmıştır. Z_a değeri 1,96'dan büyük olduğunda, artan bir eğilim (pozitif trend) olduğu kabul edilirken, Z_a değeri 1,96'dan küçük olduğunda azalan bir eğilim (negatif trend) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre Beled Weyn ($Z=3,164$), Buulo Burdo ($Z=2,362$) ve Jalalaqsi ($Z=2,291$) istasyonlarında anlamlı bir şekilde artan yağış trendi gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Jawhar ($Z=1,589$), Bal'ad ($Z=1,571$), Adale

($Z=1,043$) ve Aadan Yabal ($Z=1,627$) istasyonlarında Z değerleri 1,96'nın altında kalarak azalan bir yağış trendini işaret etmektedir. Bu sonuçlar, yağış eğilimlerinin mekansal olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymakta ve bölgedeki iklim değişikliklerinin yağış üzerindeki etkisini anlamak için önemli bilgiler sunmaktadır.

4.5. Sen'in T ve Şen Testi Sonuçları

Çizelge 4.4. Sen'in T ve Şen testi sonuçları

İstasyonlar	Sen's T	Şen Test (Z) değeri	Karar Trend Tipi
Beled Weyn	3,164	109,160	Artan Trend
Buulo Burdo	2,362	100,985	Artan Trend
Jalalaqsi	2,290	89,911	Artan Trend
Jawhar	1,588	78,047	Azalan Trend
Bal'ad	1,569	91,231	Azalan Trend
Adale	1,042	28,212	Azalan Trend
Aadan Yabal	1,626	39,814	Azalan Trend

Çizelge 4.4, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerdeki yağış eğilimlerini analiz etmek için kullanılan Sen'in T testi ve Şen Testi (Z) sonuçlarını göstermektedir. Şen Testi Z değerleri, eğilimin doğasını belirlemek için 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmıştır. Z değeri 1,96'nın üzerinde olan ilçeler artan eğilim gösterirken (pozitif trend), 1,96'nın altındaki Z değerlerine sahip ilçeler azalan eğilim sergilemektedir (negatif trend). Beled Weyn ($Z=3,164$), Buulo Burdo ($Z=2,362$) ve Jalalaqsi ($Z=2,290$) ilçeleri artan yağış eğilimlerine sahipken, Jawhar ($Z=1,588$), Balcad ($Z=1,569$), Adale ($Z=1,042$) ve Aadan Yabal ($Z=1,626$) ilçeleri azalan yağış eğilimleri göstermektedir.

4.6. Mevsimsel Homojenlik Testlerinin Sonuçları

Çizelge 4.5. Kış Mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları

İstasyon Adı	Run Testi	Buishand Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Testi	Mann-Whitney U Testi
Beled Weyn	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Buulo Burdo	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Jalalaksi	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Jawhar	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Bal'ad	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Adale	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Aadan Yabal	Kabul	Kabul	Red	Red	Kabul

Çizelge 4.5, Hirşabelle eyaletindeki istasyonlarda yapılan homojenlik testlerinin sonuçlarını göstermektedir. Bu testler, yağış verilerinin zaman içindeki tutarlılığını incelemek amacıyla çeşitli istatistiksel yöntemlerle uygulanmıştır. Run Testi, Buishand Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi kullanılarak her bir istasyon için homojenlik durumu değerlendirilmiştir. Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Jawhar, Bal’ad, Adale ve Aadan Yabal istasyonlarında Run Testi, Buishand Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi’nde “Kabul” sonucuna ulaşılmıştır, bu da bu testlerin sonuçlarının homojen olduğunu göstermektedir. Ancak, Pettitt Testi’nde tüm istasyonlarda “Red” sonucu elde edilmiştir, bu da zaman serilerinde kırılma noktaları veya anlamlı değişiklikler olduğunu ortaya koymaktadır. Aadan Yabal istasyonunda ise Von Neumann Testi’nde “Red” sonucu elde edilmiştir, bu da bu istasyonun verilerinin zaman içinde homojen olmadığını işaret etmektedir. Bu sonuçlar, yağış verilerinin bölgesel düzeyde tutarlılık gösterdiği yerlerde zaman içinde belirli değişim ve kırılma noktalarının varlığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.6. İlkbahar mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları

İstasyon Adı	Run Testi	Buishand Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Testi	Mann-Whitney U Testi
Beled Weyn	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Buulo Burdo	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Jalalaksi	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Jawhar	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Bal’ad	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Adale	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Aadan Yabal	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 4.6, Hirşabelle eyaletindeki istasyonlarda İlkbahar mevsimi için yapılan homojenlik testlerinin sonuçlarını sunmaktadır. Run Testi, Buishand Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi kullanılarak her bir istasyon için yağış verilerinin homojenliği değerlendirilmiştir. Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Jawhar, Bal’ad, Adale ve Aadan Yabal istasyonlarında Run Testi, Buishand Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi sonuçları genellikle “Kabul” olarak belirlenmiştir, bu da bu istasyonların verilerinin İlkbahar mevsimi boyunca homojen olduğunu göstermektedir. Ancak, Jalalaqsi istasyonunda Pettitt Testi’nde “Red” sonucu elde edilmiştir, bu da bu istasyondaki verilerin belirli bir dönemde anlamlı bir kırılma noktası veya değişiklik gösterdiğini işaret etmektedir. Genel olarak, İlkbahar mevsiminde

çoğu istasyonun yağış verileri tutarlılık ve homojenlik gösterirken, bazı istasyonlarda küçük değişim ve kırılmalar gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.7. Yaz mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları

İstasyon Adı	Run Testi	Buishand Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Testi	Mann-Whitney U Testi
Beled Weyn	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Buulo Burdo	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Jalalaksi	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Red
Jawhar	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Bal'ad	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Adale	Kabul	Red	Kabul	Kabul	Kabul
Aadan Yabal	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 4.8. Sonbahar Mevsimi homojenlik testlerinin sonuçları

İstasyon Adı	Run Testi	Buishand Testi	Pettitt Testi	Von Neumann Testi	Mann-Whitney U Testi
Beled Weyn	Kabul	Red	Red	Kabul	Red
Buulo Burdo	Kabul	Red	Red	Red	Kabul
Jalalaksi	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Red
Jawhar	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Bal'ad	Kabul	Kabul	Red	Kabul	Kabul
Adale	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Aadan Yabal	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 4.8, Hirşabelle eyaletindeki istasyonlar için Sonbahar mevsimindeki homojenlik testlerinin sonuçlarını göstermektedir. Bu tabloda, Run Testi, Buishand Testi, Pettitt Testi, Von Neumann Testi ve Mann-Whitney U Testi ile yapılan değerlendirmelere göre, farklı istasyonlarda yağış verilerinin homojenliği analiz edilmiştir. Beled Weyn istasyonunda Buishand Testi, Pettitt Testi ve Mann-Whitney U Testi'nde "Red" sonucu elde edilmiştir, bu da bu istasyondaki yağış verilerinin Sonbahar mevsiminde belirli bir kırılma ya da değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Buulo Burdo istasyonunda da Buishand Testi, Pettitt Testi ve Von Neumann Testi'nde "Red" sonuçları alınmış, sadece Mann-Whitney U Testi "Kabul" olarak belirlenmiştir. Jalalaksi istasyonunda ise Pettitt Testi ve Mann-Whitney U Testi'nde "Red" sonucu elde edilmiş, bu da bu istasyondaki yağış verilerinin homojen olmayan bir dağılım sergilediğini göstermektedir. Jawhar, Bal'ad ve Adale istasyonlarında genellikle "Kabul" sonucu alınmış, ancak Pettitt Testi'nde "Red" sonucu, bu istasyonlardaki bazı dönemlerde belirgin değişimler olduğunu göstermektedir. Aadan Yabal istasyonunda ise tüm testlerde "Kabul" sonucu alındığı için, bu istasyondaki Sonbahar yağış verileri homojen olarak değerlendirilmiştir.

Genel olarak, Sonbahar mevsiminde bazı istasyonlarda önemli değişimler gözlemlenirken, bazı istasyonlar homojen olarak kalmıştır.

4.7. Spearman'ın Rho Testi Sonuçları

Çizelge 4.9. Spearman'ın rho kiş testi sonuçları

İstasyonlar	r_s	Z değeri	Trend Durumu
Beled Weyn	0,23	1,4566	Azalan Trend
Buulo Burdo	-0,008	-0,050	Azalan Trend
Jalalağsi	-0,098	-0,098	Azalan Trend
Jawhar	-0,015	-0,43	Azalan Trend
Bal'ad	-0,069	-0,63	Azalan Trend
Adale	-0,100844	-0,62	Azalan Trend
Aadan Yabal	-0,070	-0,43	Azalan Trend

Çizelge 4.9, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde Spearman'ın Rho KIş Testi sonuçlarını göstermektedir. Bu testin uygulanmasında, Z değeri kullanılarak eğilimler belirlenmiştir. Z değerinin 1,96'dan büyük olması, artan bir trendi işaret ederken, 1,96'dan küçük olan değerler azalan bir trendi göstermektedir. Beled Weyn ilçesi ($Z=1,4566$) ve diğer ilçeler (Buulo Burdo, Jalalağsi, Jawhar, Bal'ad, Adale, Aadan Yabal) için Z değeri 1,96'dan küçük olup, tüm ilçelerde azalan bir trend gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.10. Spearman'ın rho ilkbahar testi sonuçları

İstasyonlar	r_s	Z değeri	Trend Durumu
Beled Weyn	0,27	1,70	Azalan Trend
Buulo Burdo	0,14	0,87	Azalan Trend
Jalalağsi	1,70	1,96	Trend Yok
Jawhar	0,14	0,93	Azalan Trend
Bal'ad	0,12	0,75	Azalan Trend
Adale	0,12	0,79	Azalan Trend
Aadan Yabal	0,15	0,98	Azalan Trend

Çizelge 4.10, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde ilkbahar mevsimi için Spearman'ın Rho Testi sonuçlarını göstermektedir. Bu testte, Z değeri 1,96 standart değeriyle karşılaştırılmıştır. Z değeri 1,96'dan büyük olduğunda artan bir trend, 1,96'dan küçük olduğunda ise azalan bir trend tespit edilmiştir. Beled Weyn ilçesi ($Z=1,70$) ve diğer ilçelerdeki Z değerleri 1,96'dan küçük olup, tüm ilçelerde azalan bir trend gözlemlenmiştir. Jalalağsi ilçesi ise ($Z=1,96$) herhangi bir trend göstermemektedir.

Çizelge 4.11. Spearman'ın rho yaz testi sonuçları

İstasyonlar	r_s	Z değeri	Trend Durumu
Beled Weyn	0,23	1,45	Azalan Trend
Buulo Burdo	0,42	2,63	Artan Trend
Jalalaqsi	0,38	2,38	Artan Trend
Jawhar	0,33	2,09	Artan Trend
Bal'ad	0,39	2,43	Artan Trend
Adale	0,367	2,29	Artan Trend
Aadan Yabal	0,41	2,58	Artan Trend

Çizelge 4.11, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde yaz mevsimi için uygulanan Spearman'ın Rho Testi sonuçlarını göstermektedir. Testin Z değeri, 1,96 ile karşılaştırılarak, Z değeri 1,96'dan büyük olan ilçelerde artan, küçük olan Z değerleriyle azalan trendler tespit edilmektedir. Beled Weyn ilçesinde (Z=1,45) Z değeri 1,96'dan küçük olduğu için azalan bir trend gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, Buulo Burdo (Z=2,63), Jalalaqsi (Z=2,38), Jawhar (Z=2,09), Bal'ad (Z=2,43), Adale (Z=2,29) ve Aadan Yabal (Z=2,58) ilçelerinde Z değerleri 1,96'dan büyük bulunmuş ve bu ilçelerde artan bir yağış trendi tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde genellikle yağışlarda bir artış yaşandığı, ancak Beled Weyn ilçesinde bir azalma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.12. Spearman'ın rho sonbahar testi sonuçları

İstasyonlar	r_s	Z değeri	Trend Durumu
Beled Weyn	0,53	3,35	Artan Trend
Buulo Burdo	-0,13	-0,85	Azalan Trend
Jalalaqsi	0,41	2,58	Artan Trend
Jawhar	0,36	2,27	Artan Trend
Bal'ad	0,35	2,18	Artan Trend
Adale	0,29	1,81	Azalan Trend
Aadan Yabal	0,35	2,23	Artan Trend

Çizelge 4.12, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde sonbahar mevsimi için uygulanan Spearman'ın Rho Testi sonuçlarını sunmaktadır. Testin Z değeri, 1,96 ile karşılaştırılarak, 1,96'dan büyük olan Z değerleri artan, küçük olan Z değerleri ise azalan bir trendi göstermektedir. Beled Weyn (Z=3,35), Jalalaqsi (Z=2,58), Jawhar (Z=2,27), Bal'ad (Z=2,18), ve Aadan Yabal (Z=2,23) ilçelerinde Z değerleri 1,96'dan büyük bulunmuş ve bu ilçelerde artan bir trend gözlemlenmiştir. Ancak, Buulo Burdo (Z=-0,85) ve Adale (Z=1,81) ilçelerinde Z değeri 1,96'dan küçük kalmış, bu da azalan bir trendi göstermektedir.

Çizelge 4.13. Sen'in T ve Şen testi kış sonuçları

District	Sen's T	Şen Test (Z) Değeri	Karar Trend Tipi
Beled Weyn	1,24	5,80	Azalan Trend
Buulo Burdo	-0,49	-9,22	Azalan Trend
Jalalaqsi	-0,42	-5,80	Azalan Trend
Jawhar	-0,81	-7,90	Azalan Trend
Bal'ad	-0,92	-6,06	Azalan Trend
Adale	-1,09	-1,86	Azalan Trend
Aadan Yabal	-0,77	-15,8	Azalan Trend

Çizelge 4.13, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde kış mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek için iki farklı yöntem olan Sen'in T ve Şen Testi yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçları sunmaktadır. Analizde, Şen Testi Z değerleri pozitif olduğunda artan trendi, negatif olduğunda ise azalan trendi ifade etmektedir. Beled Weyn ilçesi (Z=5,80) artan trend sergilerken, Buulo Burdo (Z=-9,22), Jalalaqsi (Z=-5,80), Jawhar (Z=-7,90), Balcad (Z=-6,06), Adale (Z=-1,86) ve Aadan Yabal (Z=-15,8) ilçelerinde Z değerleri negatif bulunmuş ve azalan trendler tespit edilmiştir. Diğer yandan, Sen'in T yönteminde ise T değeri 1,96'nın üzerinde olduğunda artan trend, altında olduğunda ise azalan trend olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.14. Sen'in T ve Şen testi ilkbahar sonuçları

District	Sen's T	Şen Test (Z) değeri	Karar Trend Tipi
Beled Weyn	1,69	29,79	Azalan Trend
Buulo Burdo	0,87	-15,0295	Azalan Trend
Jalalaqsi	1,69	29,79	Azalan Trend
Jawhar	0,93	-23,46	Azalan Trend
Bal'ad	0,75	-20,56	Azalan Trend
Adale	0,79	-25,31	Azalan Trend
Aadan Yabal	0,98	-25,31	Azalan Trend

Çizelge 4.14, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde ilkbahar mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek için Sen'in T ve Şen Testi yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilen sonuçları göstermektedir. Şen Testi yöntemine göre, Z değerleri pozitif olduğunda artan trend, negatif olduğunda ise azalan trendi ifade etmektedir. Tabloda görüldüğü üzere, tüm ilçelerde Şen Test Z değerleri negatif bulunmuş ve azalan trendler tespit edilmiştir. Örneğin, Beled Weyn ve Jalalaqsi ilçelerinde Z değeri 29,79 olarak hesaplanırken, Buulo Burdo (-15,03), Jawhar (-23,46), Balcad (-20,56), Adale (-25,31) ve Aadan Yabal (-25,31) ilçelerinde yağışlar anlamlı bir şekilde azalma göstermiştir. Bununla birlikte, Sen'in T yöntemi, 1,96'nın üzerindeki T değerlerini artan trend,

altındaki değerleri ise azalan trend olarak değerlendirmektedir. Her iki yöntemin birlikte uygulanması, ilkbahar mevsimindeki yağış değişikliklerini daha kapsamlı bir şekilde anlamaya olanak sağlamış ve bölgede genel olarak yağışlarda azalma eğilimleri olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4.15. Sen'in T ve Şen testi yaz sonuçları

District	Sen's T	Şen Test (Z) değeri	Karar Trend Tipi
Beled Weyn	1,24	5,801	Azalan Trend
Buulo Burdo	2,26	23,72	Artan Trend
Jalalaqsi	2,04	32,43	Artan Trend
Jawhar	1,86	38,23	Azalan Trend
Bal'ad	2,30	52,47	Artan Trend
Adale	1,89	52,47	Azalan Trend
Aadan Yabal	2,15	52,47	Artan Trend

Çizelge 4.15, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde yaz mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek amacıyla Sen'in T ve Şen Testi yöntemlerinin kullanılarak elde edilen sonuçları göstermektedir. Şen Testi'ne göre, Z değerinin pozitif olması artan trendi, negatif olması ise azalan trendi ifade etmektedir. Tabloda, Buulo Burdo (Z=23,72), Jalalaqsi (Z=32,43), Balcad (Z=52,47) ve Aadan Yabal (Z=52,47) ilçelerinde Z değerleri pozitif bulunmuş ve bu ilçelerde artan trendler gözlemlenmiştir. Öte yandan, Beled Weyn (Z=5,80), Jawhar (Z=38,23) ve Adale (Z=52,47) ilçelerinde negatif Z değerleri, azalan trendlerin varlığını göstermektedir. Sen'in T yöntemine göre ise T değeri 1,96'nın üzerinde olan ilçeler artan trend olarak değerlendirilirken, T değeri bu sınırın altındaki ilçelerde azalan trend tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Sen en'in T ve Şen testi sonbahar sonuçları

District	Sen's T	Şen Test (Z) değeri	Karar Trend Tipi
Beled Weyn	3,35	140,53	Artan Trend
Buulo Burdo	-0,86	-15,03	Azalan Trend
Jalalaqsi	2,58	91,22	Artan Trend
Jawhar	2,27	70,13	Artan Trend
Bal'ad	2,18	65,39	Artan Trend
Adale	1,81	65,39	Azalan Trend
Aadan Yabal	2,23	61,17	Artan Trend

Çizelge 4.16, Hirşabelle eyaletindeki ilçelerde sonbahar mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek amacıyla Sen'in T ve Şen Testi kullanılarak elde edilen sonuçları göstermektedir. Şen Testi'ne göre, Z değerinin pozitif olması artan trendi, negatif olması ise

azalan trendi ifade etmektedir. Tabloda, Beled Weyn ($Z=140,53$), Jalalaqsi ($Z=91,22$), Jawhar ($Z=70,13$), Balcad ($Z=65,39$), ve Aadan Yabal ($Z=61,17$) ilçelerinde Z değerleri pozitif bulunmuş ve bu ilçelerde artan trendler gözlemlenmiştir. Ancak, Buulo Burdo ($Z=-15,03$) ilçesinde negatif bir Z değeri olmasına rağmen, artan bir trend gözlemlenmiştir. Adale ($Z=65,39$) ilçesinde ise negatif Z değeri ile azalan trend tespit edilmiştir. Sen'in T yöntemine göre, T değeri 1,96'nın üzerinde olan ilçeler artan trend olarak değerlendirilirken, T değeri bu sınırın altında kalan ilçelerde ise azalan trend gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Mann-kendall testi kış mevsimi sonuçları

İstasyonlar	S	Z	Var (S)	Trend Durumu
Beled Weyn	94	1,10	7365,66	Azalan Trend
Buulo Burdo	43	0,48	7365,66	Azalan Trend
Jalalaqsi	35	0,39	7365,66	Azalan Trend
Jawhar	64	0,73	7365,66	Azalan Trend
Bal'ad	76	0,87	7365,66	Azalan Trend
Adale	89	1,02	7365,66	Azalan Trend
Aadan Yabal	61	0,69	7365,66	Azalan Trend

Çizelge 4.17, kış mevsimindeki yağış eğilimlerini analiz etmek amacıyla Mann-Kendall Testi uygulanarak elde edilen sonuçları göstermektedir. Analiz, Hirşabelle eyaletindeki yedi istasyonun S, Z ve varyans (Var (S)) değerlerini sunmaktadır. Z değerleri, 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılarak eğilim durumu belirlenmiştir. Sonuçlara göre tüm istasyonlarda Z değerleri 1,96'nın altında kalmıştır ve bu durum, incelenen dönemde kış mevsiminde yağış miktarlarının azalan bir trend sergilediğini göstermektedir. Beled Weyn ($Z=1,10$), Buulo Burdo ($Z=0,48$), Jalalaqsi ($Z=0,39$), Jawhar ($Z=0,73$), Balcad ($Z=0,87$), Adale ($Z=1,02$) ve Aadan Yabal ($Z=0,69$) istasyonlarında azalan trend tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Mann-kendall testi ilkbahar mevsimi sonuçları

İstasyonlar	S	Z	Var (S)	Trend Durumu
Beled Weyn	151	1,77	7365,66	Azalan Trend
Buulo Burdo	74	0,87	7365,66	Azalan Trend
Jalalaqsi	151	1,77	7365,66	Azalan Trend
Jawhar	97	1,14	7365,66	Azalan Trend
Bal'ad	76	0,89	7365,66	Azalan Trend
Adale	73	0,86	7365,66	Azalan Trend
Aadan Yabal	90	1,06	7365,66	Azalan Trend

Çizelge 4.18, Hirşabelle eyaletindeki istasyonlarda ilkbahar mevsimindeki yağış eğilimlerini analiz etmek için uygulanan Mann-Kendall Testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo, S, Z ve varyans (Var (S)) değerlerini içermekte olup, eğilim durumu Z değerlerinin 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda Z değerlerinin 1,96'nın altında olduğu gözlemlenmiş ve bu durum ilkbahar mevsiminde yağış miktarlarında genel bir azalan trend olduğunu ortaya koymuştur. Beled Weyn (Z=1,77) ve Jalalaqsi (Z=1,77) istasyonlarında azalan eğilim daha belirgin görünmekle birlikte, Buulo Burdo (Z=0,87), Jawhar (Z=1,14), Balcad (Z=0,89), Adale (Z=0,86) ve Aadan Yabal (Z=1,06) istasyonlarında da benzer şekilde azalan trendler tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Mann-kendall testi yaz mevsimi sonuçları

İstasyonlar	S	Z	Var (S)	Trend Durumu
Beled Weyn	94	1,10	7365,66	Azalan Trend
Buulo Burdo	182	2,13	7365,66	Artan Trend
Jalalaqsi	171	2,00	7365,66	Artan Trend
Jawhar	167	1,95	7365,66	Azalan Trend
Bal'ad	206	2,41	7365,66	Artan Trend
Adale	167	1,95	7365,66	Azalan Trend
Aadan Yabal	182	2,13	7365,66	Artan Trend

Çizelge 4.19, Hirşabelle eyaletindeki yaz mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek amacıyla uygulanan Mann-Kendall Testi sonuçlarını göstermektedir. Tabloda yer alan S, Z ve varyans (Var (S)) değerleri, eğilim durumunun belirlenmesi için Z değerlerinin 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Sonuçlar, bazı istasyonlarda artan, bazılarında ise azalan trendlerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Buulo Burdo (Z=2,13), Jalalaqsi (Z=2,00), Balcad (Z=2,41) ve Aadan Yabal (Z=2,13) istasyonlarında Z değerleri 1,96'nın üzerinde olup, bu istasyonlarda yaz mevsiminde anlamlı bir şekilde artan bir yağış trendi gözlemlenmiştir. Bunun aksine, Beled Weyn (Z=1,10), Jawhar (Z=1,95) ve Adale (Z=1,95) istasyonlarında Z değerleri 1,96'nın altında kalarak azalan bir yağış trendini işaret etmektedir. Bu sonuçlar, yaz mevsimindeki yağış eğilimlerinin bölgesel farklılıklar gösterdiğini ve bu farklılıkların olası iklimsel veya çevresel değişimlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

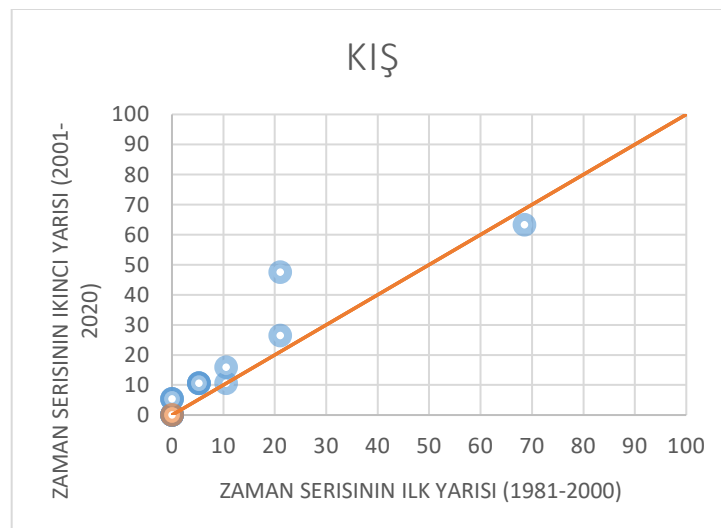
Çizelge 4.20. Mann-kendall testi sonbahar mevsimi sonuçları

İstasyonlar	S	Z	Var (S)	Trend Durumu
Beled Weyn	308	3,60	7365,66	Artan Trend
Buulo Burdo	-47	-0,53	7365,66	Azalan Trend
Jalalaqsi	248	2,90	7365,66	Artan Trend
Jawhar	207	2,42	7365,66	Artan Trend
Bal'ad	192	2,24	7365,66	Artan Trend
Adale	164	1,92	7365,66	Azalan Trend
Aadan Yabal	213	2,493	7365,66	Artan Trend

Çizelge 4.20, Hirşabelle eyaletindeki sonbahar mevsimi yağış eğilimlerini analiz etmek amacıyla uygulanan Mann-Kendall Testi sonuçlarını göstermektedir. Tabloda yer alan S, Z ve varyans (Var (S)) değerleri, eğilim durumunun belirlenmesi için Z değerlerinin 1,96'lık kritik eşik ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Sonuçlara göre Beled Weyn ($Z=3,60$), Jalalaqsi ($Z=2,90$), Jawhar ($Z=2,42$), Balcad ($Z=2,24$) ve Aadan Yabal ($Z=2,49$) istasyonlarında Z değerleri 1,96'nın üzerinde bulunmuş ve bu durum anlamlı artan bir trendi işaret etmektedir. Bu istasyonlar, sonbahar mevsiminde yağış miktarlarının arttığını göstermektedir. Bunun aksine, Buulo Burdo ($Z=-0,53$) ve Adale ($Z=1,92$) istasyonlarında Z değerleri 1,96'nın altında kalarak azalan bir trendi işaret etmektedir. Sonuçlar, sonbahar mevsiminde yağış eğilimlerinin istasyonlar arasında farklılık gösterdiğini ve bu durumun bölgesel iklim değişikliklerinden kaynaklanabileceğini göstermektedir.

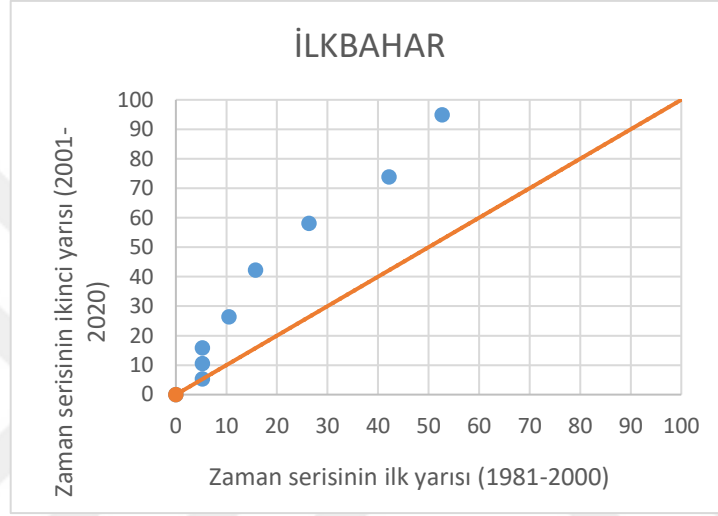
4.8. Beled Weyn

4.8.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları



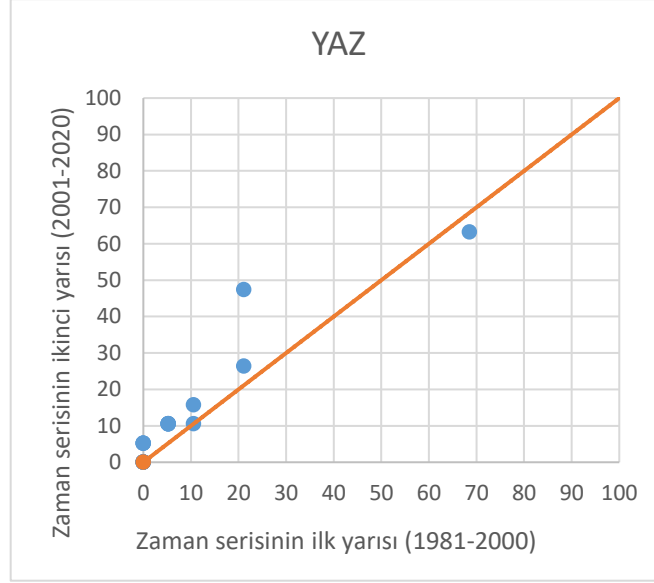
Şekil 4.8. Beledweyne ilçesindeki kış mevsimine ait mevsimsel yağış eğilimlerini analizi

Grafik, Beledweyne ilçesindeki kış mevsimine ait mevsimsel yağış eğilimlerini analiz etmek için kullanılan Yenilikçi Şen Yöntemi sonuçlarını göstermektedir. Dağılım grafiği, zaman serisinin ilk yarısındaki (1981–2000) yağış verilerini x ekseninde, ikinci yarısındaki (2001–2020) yağış verilerini ise y ekseninde göstermektedir. Kırmızı diyagonal çizgi, iki dönem arasında herhangi bir değişiklik olmadığını temsil eden 1:1 referans çizgisidir. Verilerin çoğunun referans çizgisinin üstünde yer aldığı görülmektedir; bu durum, Beledweyn ilçesinde kış mevsimi yağışlarının analiz edilen dönemin ikinci yarısında genel olarak arttığını göstermektedir.



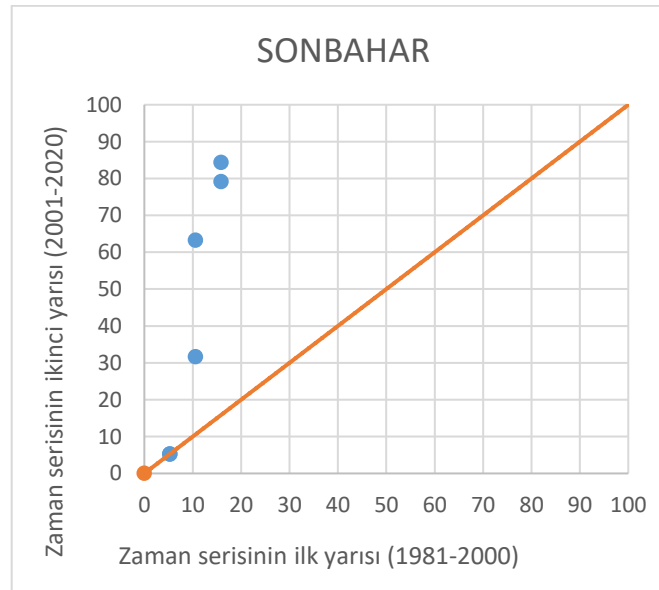
Şekil 4.9. Beledweyn ilçesindeki ilkbahar sezonu için yapılan yağış eğilim analizi

Şekil 4.9, Beledweyn ilçesindeki ilkbahar sezonu için yapılan yağış eğilim analizini, Yenilikçi Şen Yöntemi kullanarak göstermektedir. Kırmızı çizgi eşitlik çizgisini, mavi noktalar ise zaman serisinin ilk yarısı (1981-2000) ve ikinci yarısı (2001-2020) için yağış değerlerini temsil etmektedir. Çoğu nokta kırmızı çizginin üstünde yer almakta, bu da son dönemdeki yağışların artan bir eğilim gösterdiğini göstermektedir. Bu durum, Beledweyn'deki ilkbahar yağışlarının zaman içinde genel olarak arttığını, ilçedeki mevsimsel yağış desenlerinde önemli zamansal değişikliklere işaret etmektedir.



Şekil 4.10. Beledweyne ilçesinin yaz mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi

Şekil 4.10, Beledweyne ilçesinin yaz mevsimi için yapılan yağış eğilim analizini, Yenilikçi Şen Yöntemi kullanarak göstermektedir. Kırmızı çizgi eşitlik çizgisini, mavi noktalar ise zaman serisinin ilk yarısı (1981-2000) ve ikinci yarısı (2001-2020) için yağış değerlerini temsil etmektedir. Çoğu noktanın kırmızı çizginin üstünde yer alması, son dönemdeki yağışların artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Beledweyn'deki yaz mevsimi yağışlarının zaman içinde genel olarak arttığını ve ilçedeki mevsimsel yağış desenlerinde önemli zamansal değişiklikler yaşandığını göstermektedir.

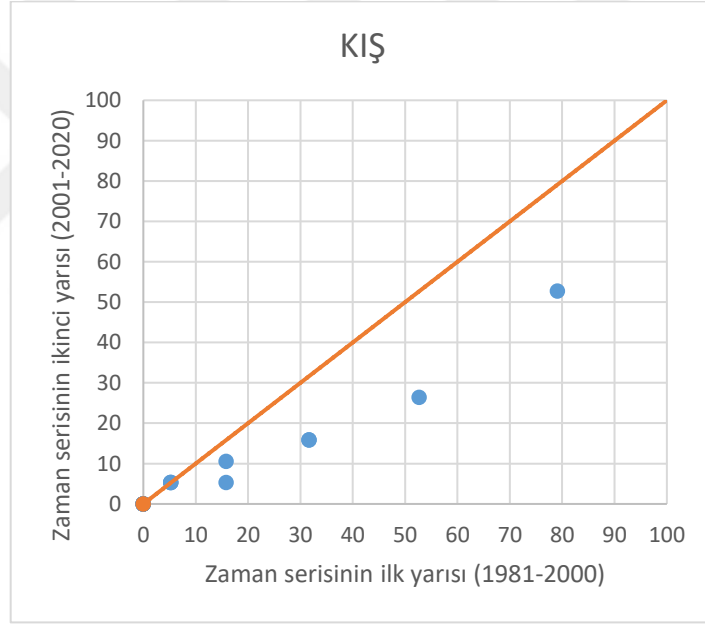


Şekil 4.11. Beledweyne ilçesinin sonbahar mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi

Şekil 4.11, Beledweyne ilçesinin sonbahar mevsimi için yapılan yağış eğilim analizini, Yenilikçi Şen Yöntemi kullanarak göstermektedir. Kırmızı çizgi eşitlik çizgisini, mavi noktalar ise zaman serisinin ilk yarısı (1981-2000) ve ikinci yarısı (2001-2020) için yağış değerlerini temsil etmektedir. Veri noktalarının büyük bir kısmının kırmızı çizginin üstünde yer alması, Beledweyne ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içinde arttığını göstermektedir. Bu sonuç, ilçedeki mevsimsel yağış desenlerinde önemli zamansal değişiklikler yaşandığını ve sonbahar yağışlarının genel olarak artış eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.

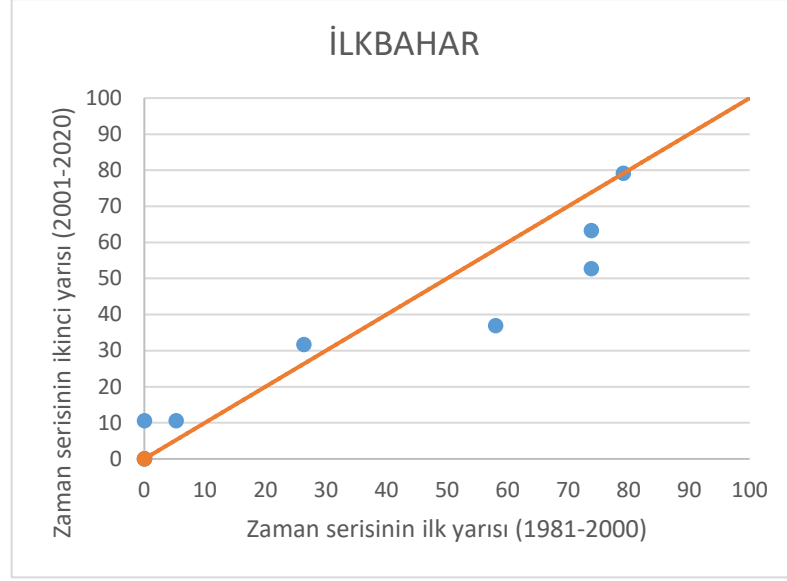
4.9. Buldo Burdo

4.9.1. Yenilikçi şen yöntemi sonuçları



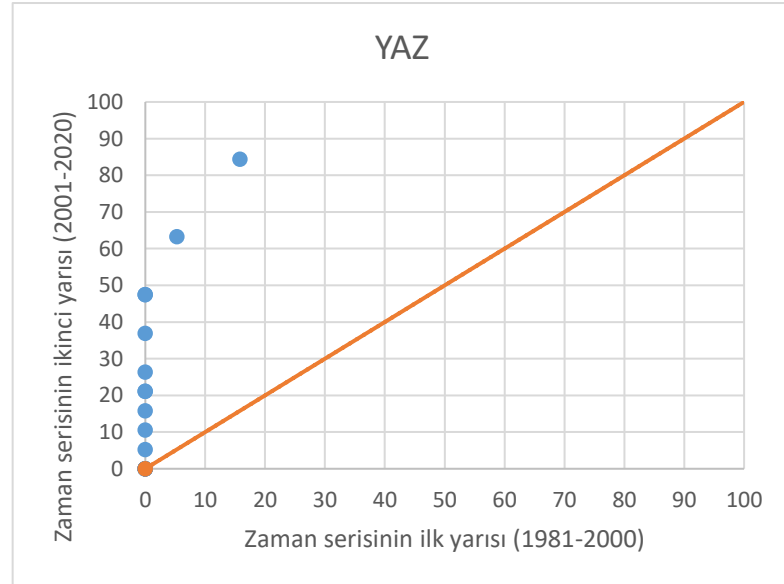
Şekil 4.12. Buldo Burdo ilçesinin kış mevsimi için yapılan yağış eğilim analizi

Şekil 4.12, Buldo Burdo ilçesinin kış mevsimi için yapılan yağış eğilim analizini, Yenilikçi Şen Yöntemi kullanarak göstermektedir. Kırmızı çizgi eşitlik çizgisini, mavi noktalar ise zaman serisinin ilk yarısı (1981-2000) ve ikinci yarısı (2001-2020) için yağış değerlerini temsil etmektedir. Veri noktalarının büyük ölçüde kırmızı çizgiye yakın veya altında yer alması, Buldo Burdo ilçesinde kış mevsimi yağışlarında belirgin bir artış eğilimi olmadığını göstermektedir.



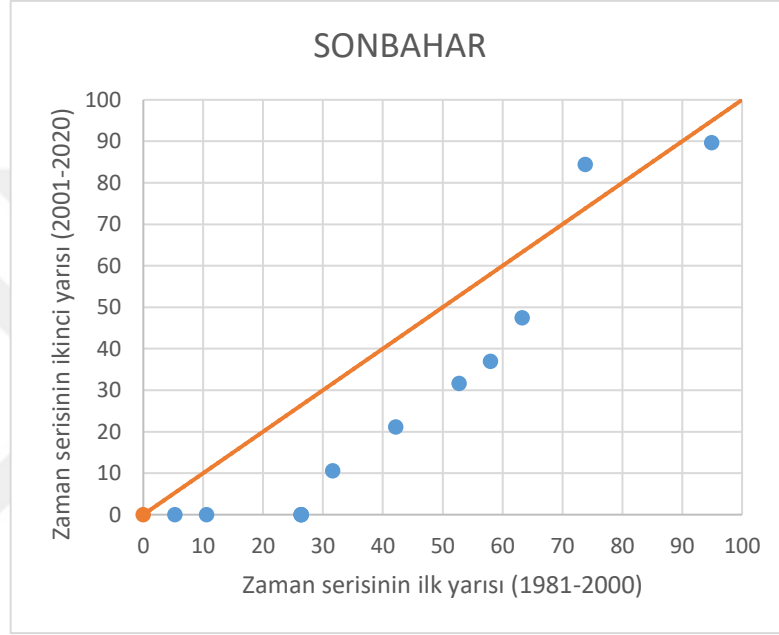
Şekil 4.13. Buldo Burdo ilçesinin ilkbahar mevsimine ait yağış değişimlerini analizi

Şekil 4.13, Buldo Burdo ilçesinin ilkbahar mevsimine ait yağış değişimlerini analiz etmek amacıyla Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. X eksen, 1981-2000 yıllarını kapsayan ilk dönem yağış değerlerini, Y eksen ise 2001-2020 yıllarına ait ikinci dönem yağış miktarlarını göstermektedir. Kırmızı çizgi, değişimin olmadığı durumu temsil ederken, veri noktalarının genel olarak bu çizgiye yakın veya üzerinde yer alması, ilçede ilkbahar yağışlarının büyük ölçüde sabit kaldığını ya da hafif bir artış eğilimi gösterdiğini düşündürmektedir.



Şekil 4.14. Buldo Burdo ilçesinde yaz mevsiminde meydana gelen yağış değişimlerini incelemesi

Şekil 4.14, Buldo Burdo ilçesinde yaz mevsiminde meydana gelen yağış değişimlerini incelemek için Yenilikçi Şen Yöntemi ile oluşturulmuştur. X eksenini, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 yıllarına ait yağış değerlerini temsil etmektedir. Grafikteki kırmızı çizgi, iki dönem arasında değişim olmadığında veri noktalarının bulunması gereken referans çizgisidir. Ancak, çoğu veri noktasının bu çizginin üstünde yoğunlaşması, ilçede yaz yağışlarında önemli bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük yağış değerlerine sahip yılların ikinci dönemde daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

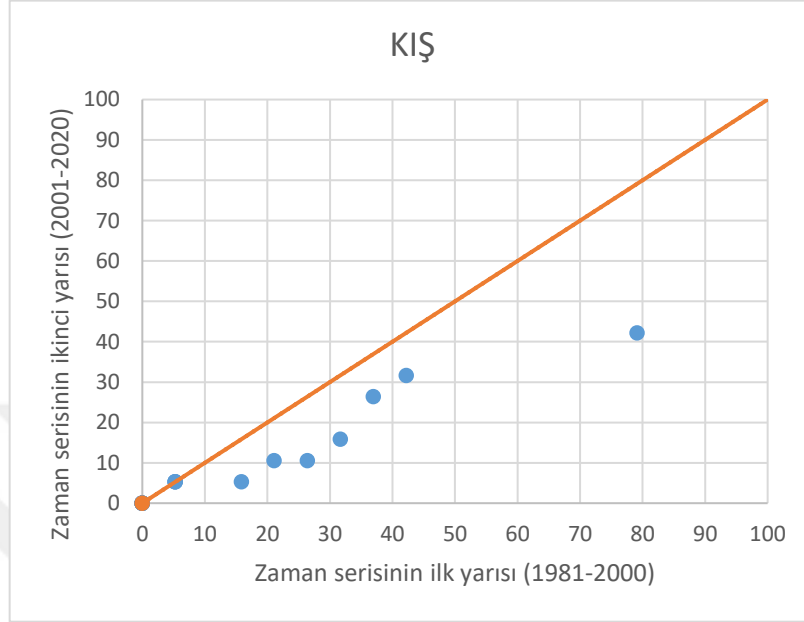


Şekil 4.15. Buldo Burdo ilçesinde sonbahar mevsimi boyunca yağış değişimlerini analizi

Şekil 4.15, Buldo Burdo ilçesinde sonbahar mevsimi boyunca yağış değişimlerini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemine ait yağış değerlerini göstermektedir. Kırmızı çizgi, yağışlarda herhangi bir değişimin olmadığını ifade ederken, veri noktalarının büyük çoğunluğunun bu çizginin üstünde yer alması, ikinci dönemde yağış miktarlarının genellikle daha yüksek olduğunu işaret etmektedir.

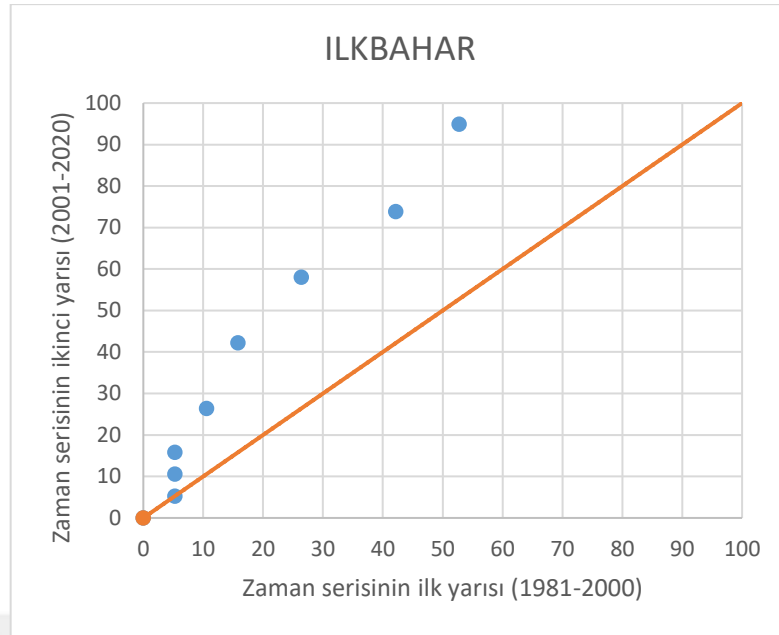
4.10. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları

4.10.1. Jalalaksi



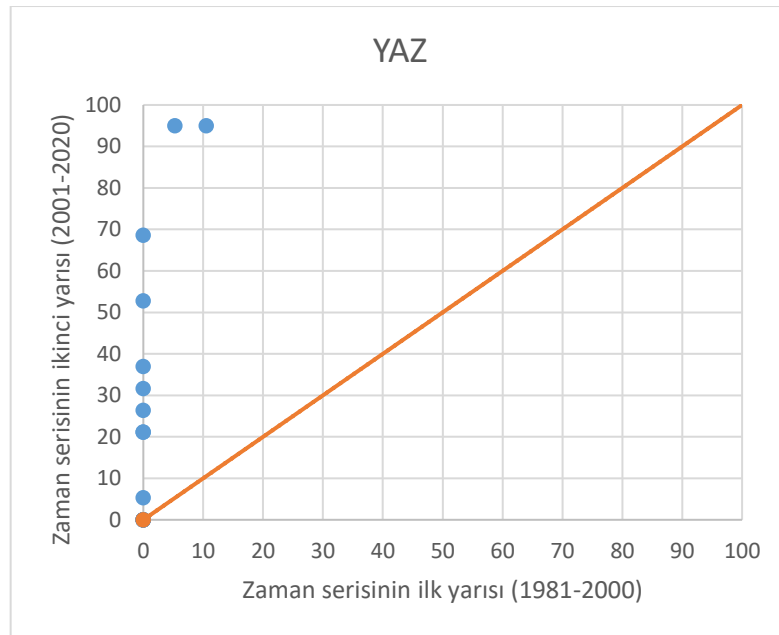
Şekil 4.16. Mavi veri noktalarının çoğunluğu kırmızı referans çizgisinin altında yer almaktadır, bu da kış yağışlarının zaman içinde azaldığını göstermektedir

Şekil 4.16, Mavi veri noktalarının çoğunluğu kırmızı referans çizgisinin altında yer almaktadır, bu da kış yağışlarının zaman içinde azaldığını göstermektedir. Kırmızı diagonal çizgi, iki dönem (1981-2000 ve 2001-2020) arasında yağış miktarlarının değişmediği durumu temsil etmektedir. Ancak, çoğu noktanın bu çizginin altında bulunması, Jalalaksi ilçesinde kış mevsimi yağışlarının genel olarak azalma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.



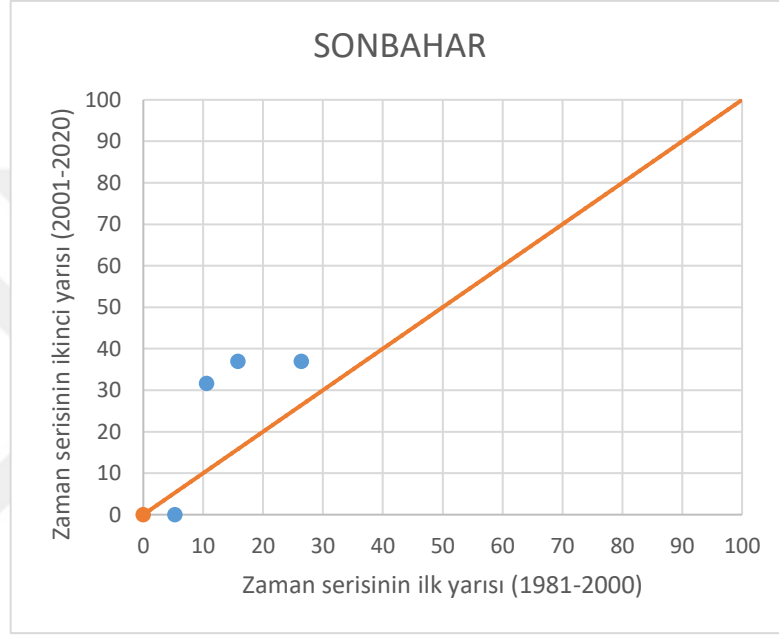
Şekil 4.17. Jalalaksi ilçesinde ilkbahar mevsimine ait yağış değişimleri

Şekil 4.17, Jalalaksi ilçesinde ilkbahar mevsimine ait yağış değişimlerini incelemek amacıyla Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. X eksen, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksen ise 2001-2020 dönemine ait yağış değerlerini göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış miktarlarının değişmediği durumu temsil etmektedir. Grafikteki mavi veri noktalarının çoğunluğunun bu çizginin üzerinde yer alması, Jalalaksi ilçesinde ilkbahar yağışlarının zaman içinde arttığını göstermektedir.



Şekil 4.18. Jalalaksi ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.18, Jalalaksi ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek amacıyla Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yılları arasındaki yağış değerlerini, Y eksenini ise 2001-2020 dönemine ait yağış miktarlarını göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında değişim olmadığı durumda veri noktalarının bulunması gereken seviyeyi ifade etmektedir. Ancak, mavi veri noktalarının büyük çoğunluğunun kırmızı çizginin üstünde yer alması, Jalalaksi ilçesinde yaz yağışlarının belirgin bir artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük yağış değerlerinin ikinci dönemde daha yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir.

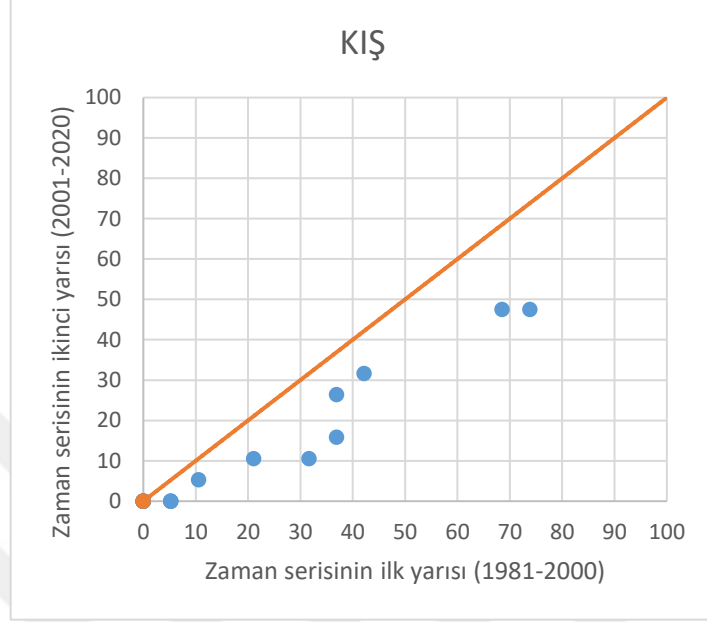


Şekil 4.19. Jalalaksi ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.19, Jalalaksi ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. X eksenini, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemine ait yağış değerlerini göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, yağışlarda herhangi bir değişim olmadığında veri noktalarının yer alması gereken konumu ifade etmektedir. Mavi veri noktalarının büyük ölçüde kırmızı çizginin üstünde yer alması, sonbahar yağışlarının artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

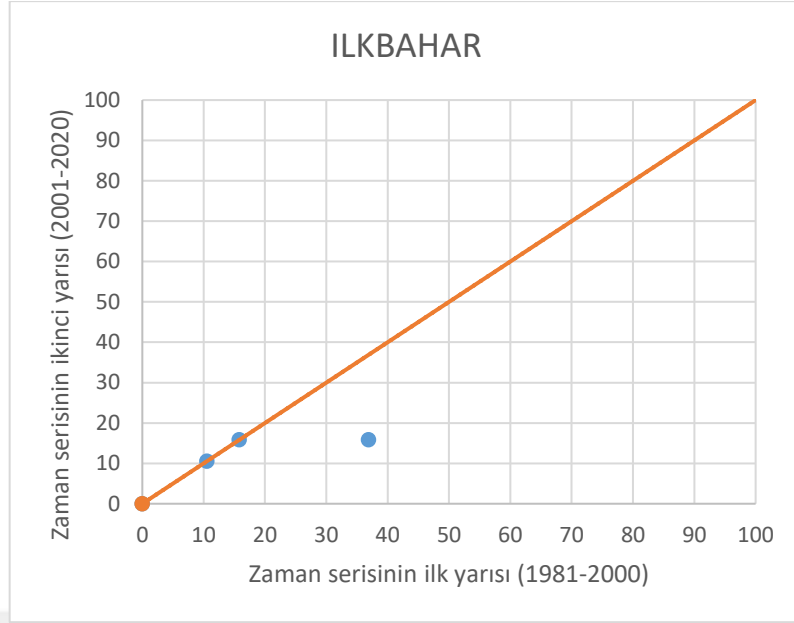
4.11. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları

4.11.1. Jawhar



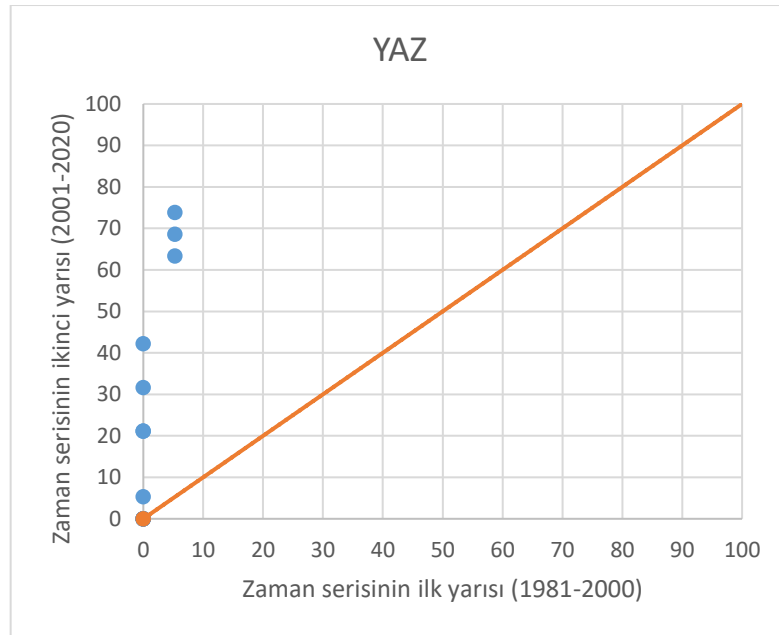
Şekil 4.20. Jawhar ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.20, Jawhar ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, her iki dönemde yağışların değişmediği durumu temsil etmektedir. Ancak, mavi veri noktalarının çoğunluğunun bu çizginin altında yer alması, kış mevsimi yağışlarında genel olarak azalma eğilimi olduğunu göstermektedir.



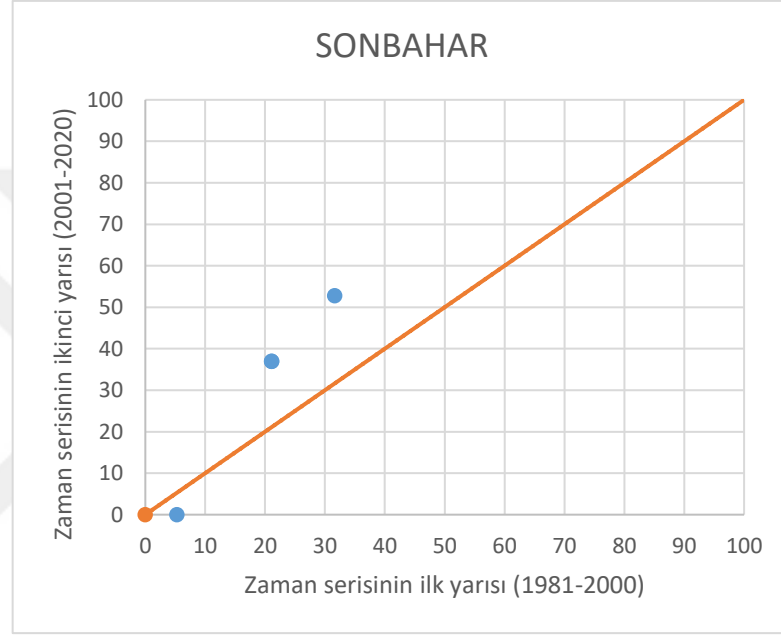
Şekil 4.21. Jawhar ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.21, Jawhar ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksen, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksen ise 2001-2020 dönemine ait yağış değerlerini göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış miktarlarında değişim olmadığı durumu temsil etmektedir. Ancak, mavi veri noktalarının büyük çoğunluğunun bu çizginin altında yer alması, ilkbahar mevsimi yağışlarının genel olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.22. Jawhar ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.22, Jawhar ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yılları arasındaki yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemine ait yağış değerlerini göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, yağış miktarlarında değişim olmadığı durumu temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının tamamının kırmızı çizginin üstünde yer alması, yaz mevsimi yağışlarında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük yağış değerlerine sahip yılların ikinci dönemde çok daha yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir.

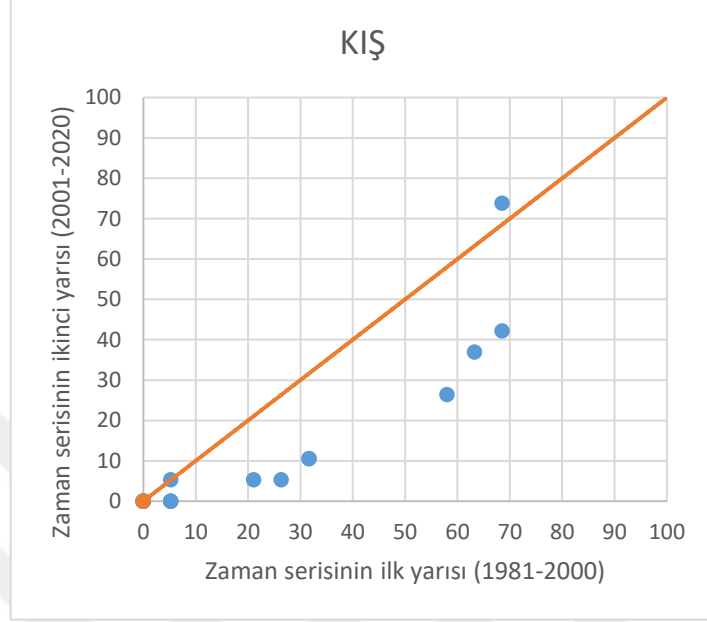


Şekil 4.23. Jawhar ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.23, Jawhar ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış değişimi olmadığını temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı çizginin üstünde yer alması, sonbahar yağışlarında artış eğilimi olduğunu göstermektedir.

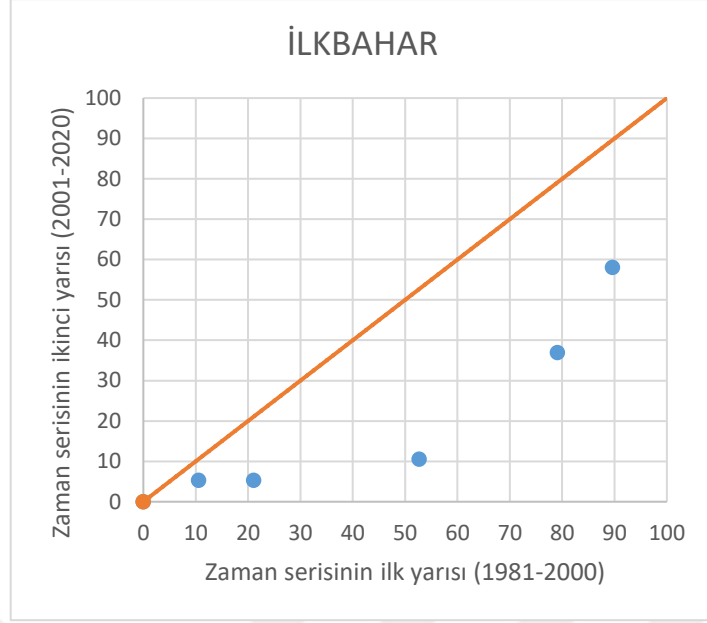
4.12. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları

4.12.1. Bal'ad



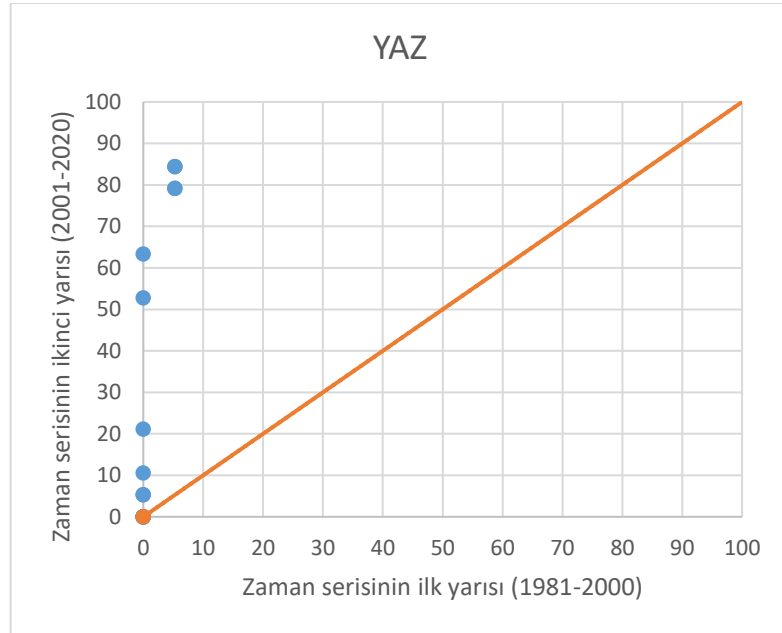
Şekil 4.24. Bal'ad ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.24, Bal'ad ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış değişimi olmadığı durumu temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının büyük çoğunluğunun kırmızı çizginin üstünde yer alması, Bal'ad ilçesinde kış yağışlarında belirgin bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir.



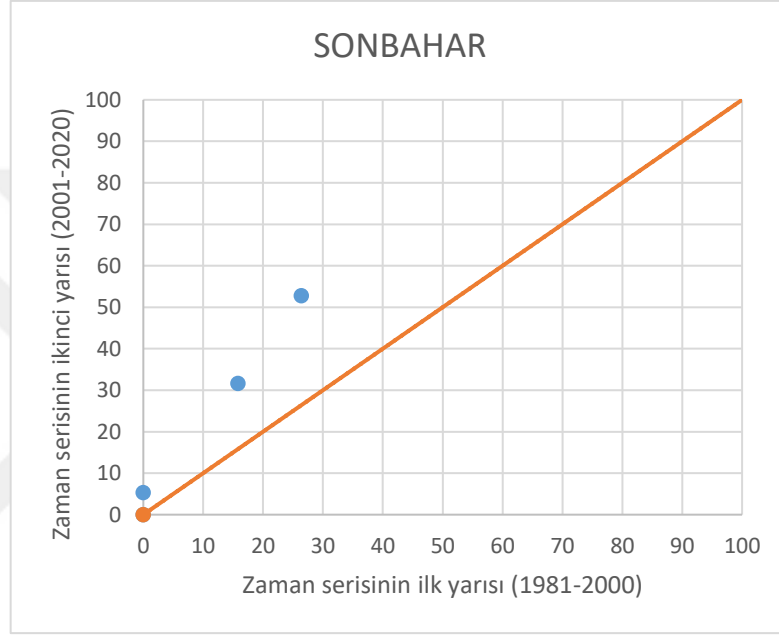
Şekil 4.25. Bal'ad ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.25, Bal'ad ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış değişimi olmadığını temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı çizginin üzerinde yer alması, Bal'ad ilçesinde ilkbahar yağışlarında genel olarak artış eğilimi olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.26. Bal'ad ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.26, Bal’ad ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, iki dönem arasında yağış değişimi olmadığı durumu temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının tamamının kırmızı çizginin üstünde yer alması, yaz yağışlarında belirgin bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Özellikle düşük yağış değerlerine sahip yılların ikinci dönemde çok daha yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir.

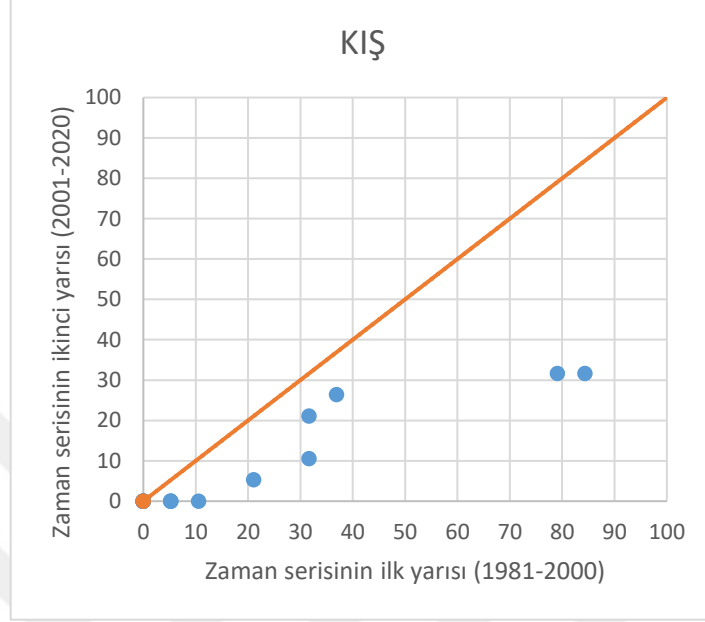


Şekil 4.27. Bal’ad ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.27, Bal’ad ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksenini, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksenini ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, yağış miktarlarında değişim olmadığı durumu temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı çizginin üstünde yer alması, sonbahar yağışlarında genel olarak artış eğilimi olduğunu göstermektedir.

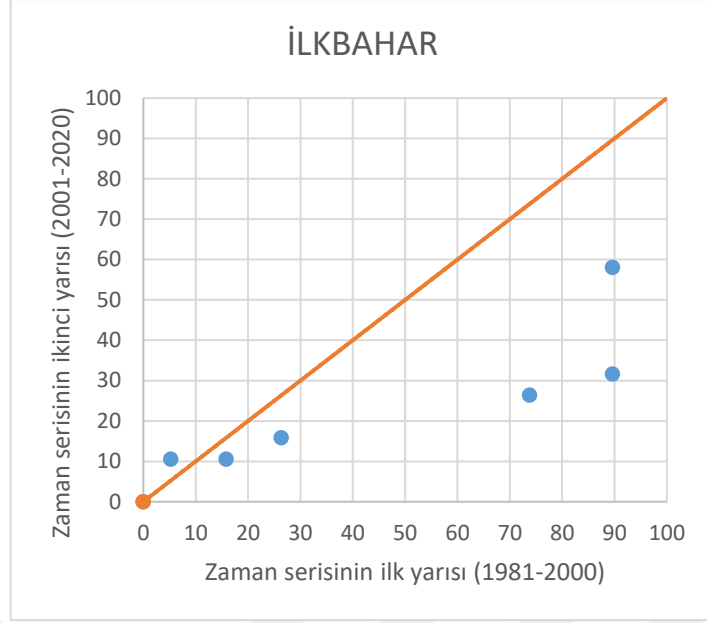
4.13. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları

4.13.1. Adale



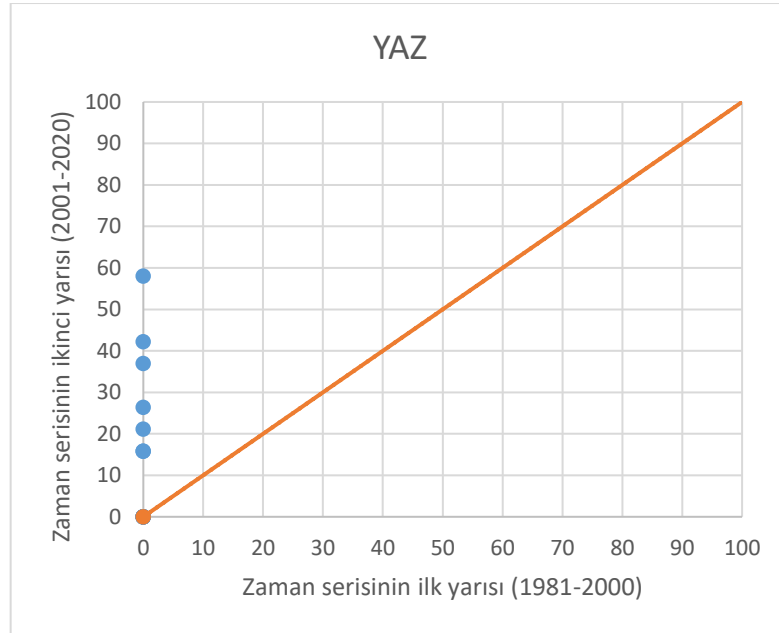
Şekil 4.28. Adale ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.28, Adale ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. X eksen, 1981-2000 yıllarına ait yağış miktarlarını, Y eksen ise 2001-2020 dönemindeki değerleri göstermektedir. Kırmızı referans çizgisi, yağış miktarlarında değişim olmadığı durumu temsil etmektedir. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı çizginin altında yer alması, Adale ilçesinde kış yağışlarında genel olarak azalma eğilimi olduğunu göstermektedir.



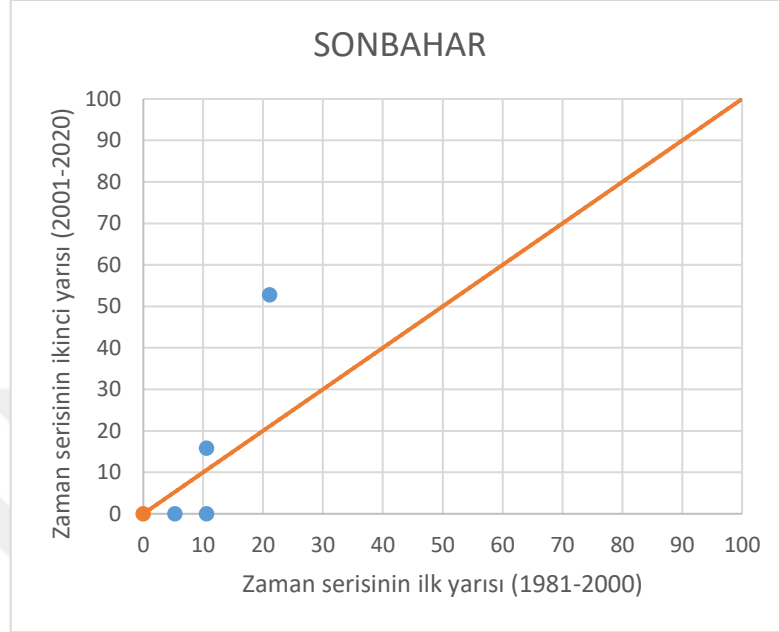
Şekil 4.29. Adale ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.29, Adale ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin altında yer alması, ilçede ilkbahar yağışlarının genel olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu durum, bölgedeki su kaynakları ve tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir ve ilerleyen dönemlerde su yönetimi stratejilerinin yeniden değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.30. Adale ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.30, Adale ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının tamamının kırmızı referans çizgisinin üstünde yer alması, ilçede yaz yağışlarının belirgin bir artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

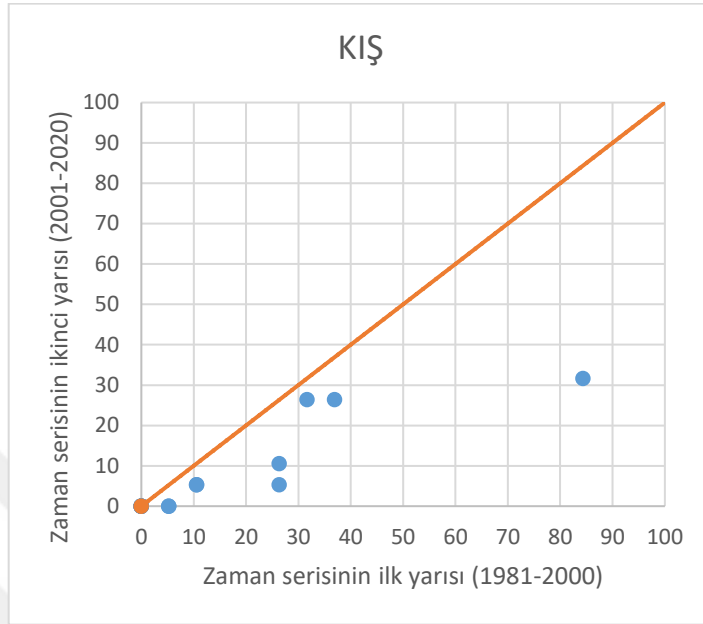


Şekil 4.31. Adale ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.31, Adale ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin üstünde yer alması, ilçede sonbahar yağışlarının genel olarak artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

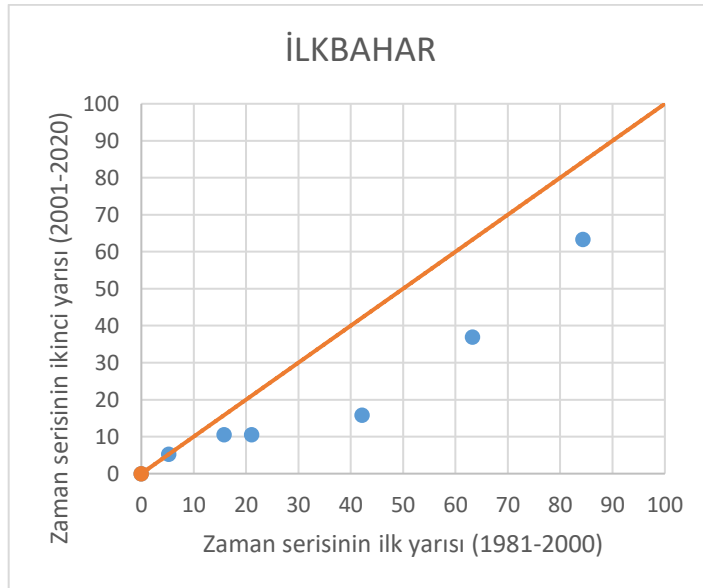
4.14. Yenilikçi Şen Yöntemi Sonuçları

4.14.1. Adan yabale



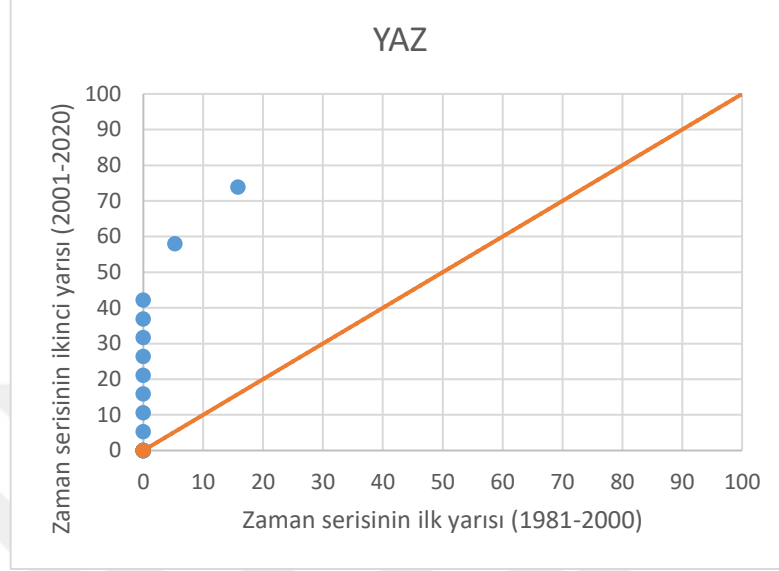
Şekil 4.32. Adan Yabal ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.32, Adan Yabal ilçesinde kış mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin altında yer alması, ilçede kış yağışlarının genel olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.



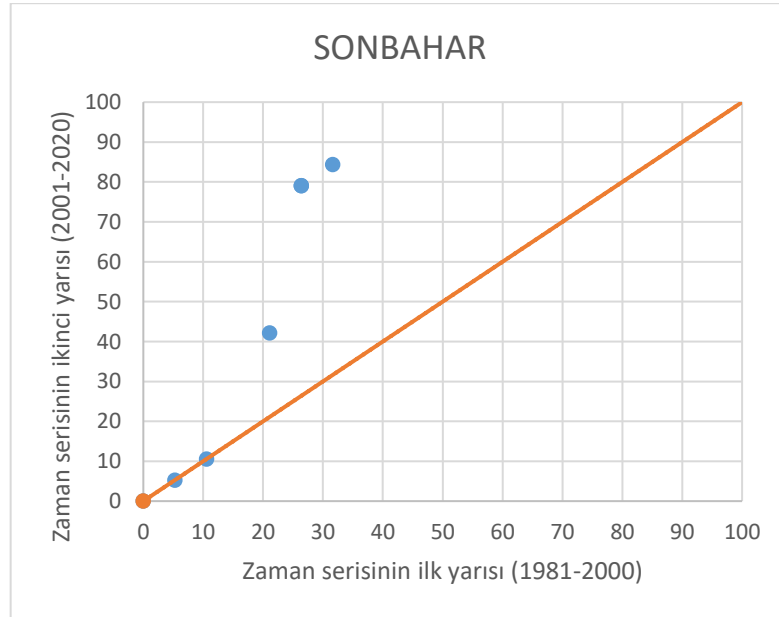
Şekil 4.33. Adan Yabal ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.33, Adan Yabal ilçesinde ilkbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin altında yer alması, ilçede ilkbahar yağışlarının genel olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.34. Adan Yabal ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

Şekil 4.34, Adan Yabal ilçesinde yaz mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının tamamının kırmızı referans çizgisinin üstünde yer alması, ilçede yaz yağışlarının belirgin bir artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.35. Adan Yabal ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimi analizi

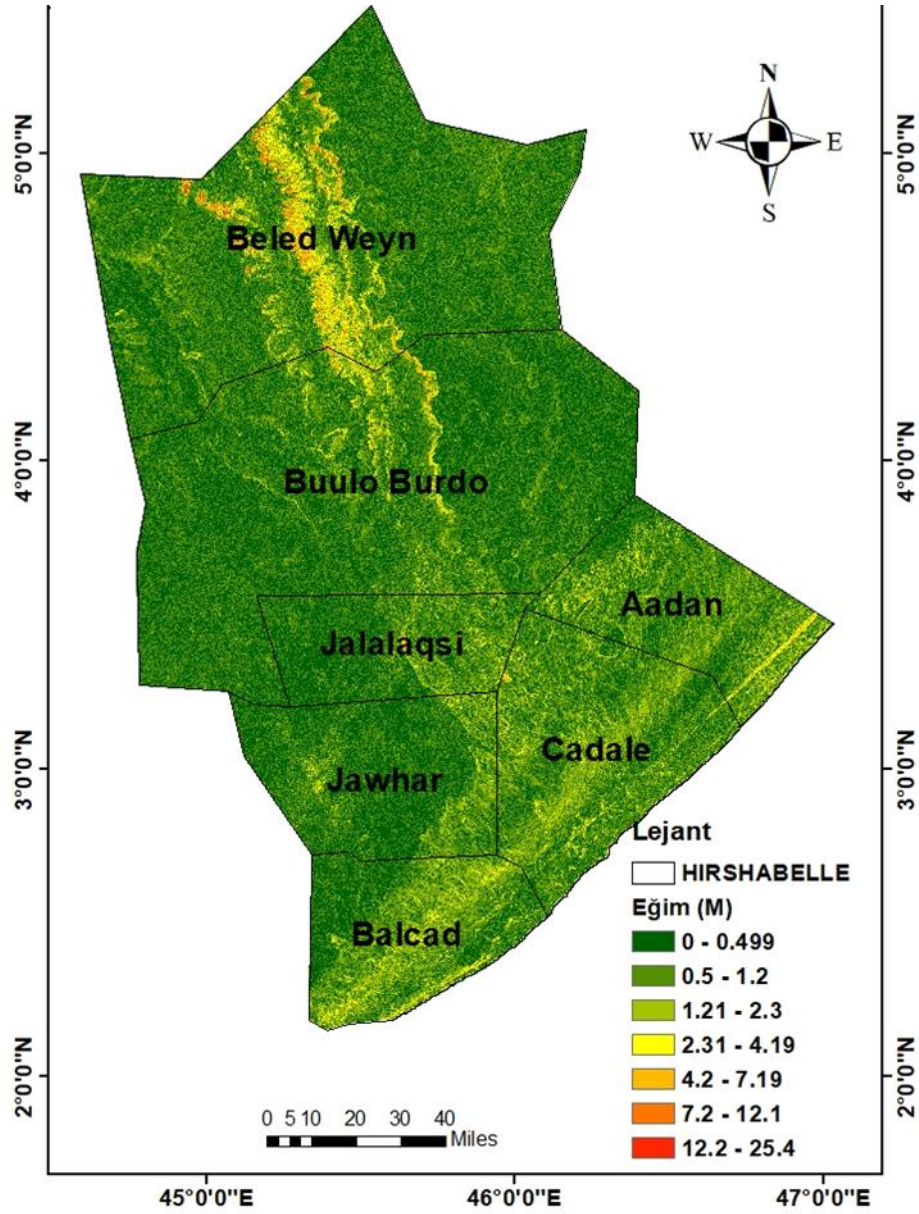
Şekil 4.35, Adan Yabal ilçesinde sonbahar mevsimi yağışlarının zaman içindeki değişimini analiz etmek için Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Mavi veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin üstünde yer alması, ilçede sonbahar yağışlarının genel olarak artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Hirshabelle Eyaleti'nde yağış eğilimleri incelendiğinde, özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağış miktarlarının belirgin şekilde arttığı gözlemlenmektedir. Yenilikçi Şen Yöntemi ile yapılan analizler, bu iki mevsimdeki yağış değerlerinin zaman serisinin ikinci yarısında (2001-2020), birinci yarısına (1981-2000) kıyasla genellikle daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yaz mevsiminde düşük yağış alan yılların bile ikinci dönemde daha yüksek değerlere ulaştığı, dolayısıyla yaz mevsiminde yağış rejiminde önemli bir artış yaşandığı görülmektedir. Benzer şekilde sonbahar mevsiminde de birçok ilçede veri noktalarının çoğunluğunun kırmızı referans çizgisinin üzerinde yer alması, bölgedeki sonbahar yağışlarının da artış eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, su kaynaklarının yenilenmesi, tarımsal üretimin devamlılığı ve otlak alanlarının korunması açısından olumlu katkılar sağlayabilir. Ancak, aşırı yağışlar özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde taşkın riskini artırabileceğinden, bölgedeki su yönetimi ve taşkın önleme stratejilerinin gözden geçirilmesi önem arz etmektedir.

Öte yandan, kış ve ilkbahar mevsimleri için yapılan analizlerde genel olarak yağış miktarlarında artış eğilimi görülmemektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde birçok ilçede veri noktalarının kırmızı referans çizgisinin altında yer alması, bu mevsimlerdeki yağış miktarlarının zaman içinde azaldığını göstermektedir. İlkbahar mevsiminde yaşanan yağış azalması, tarımsal faaliyetler açısından kritik bir dönemde su kaynaklarının yetersiz kalmasına neden olabilir. Kış mevsiminde gözlemlenen yağış düşüşü ise, yer altı su kaynaklarının beslenmesini olumsuz etkileyebilir ve su kıtlığına yol açabilir. Bu nedenle, Hirshabelle Eyaleti'nde su yönetimi ve tarımsal planlamanın, mevsimsel yağış değişimlerini dikkate alarak sürdürülebilir politikalar çerçevesinde şekillendirilmesi gerekmektedir. Özellikle kış ve ilkbahar yağışlarının azalması, bölgedeki kuraklık riskini artırabileceğinden, su depolama sistemlerinin güçlendirilmesi ve verimli su kullanımının teşvik edilmesi önem arz etmektedir.

4.15. ArcMap Sonuçları

4.15.1. Çalışma alanı eğim haritası

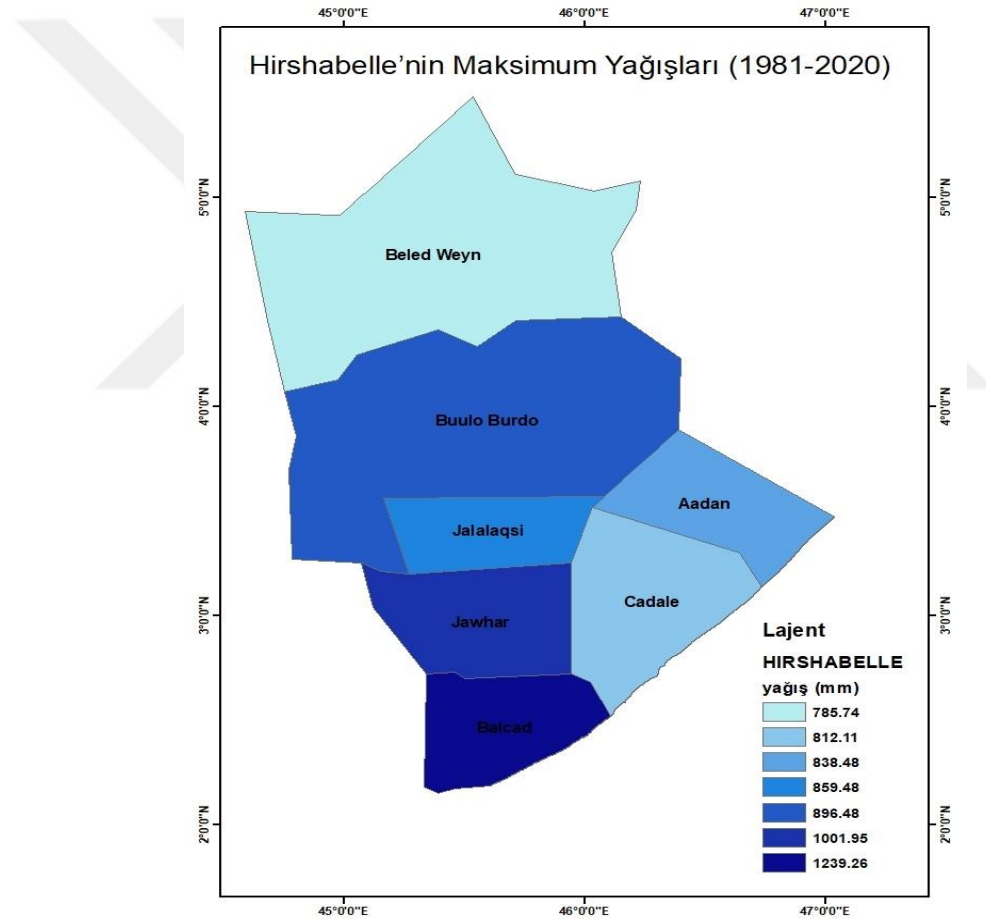


Şekil 4.36. Hirshabelle'nin Eğimi

Şekil 4.36, Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ne ait eğim haritasını göstermekte olup, ilçeler arasındaki eğim yüzdesi bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar, yağış dağılımı ve su akış dinamiklerinin anlaşılması açısından kritik öneme

sahiptir. Beled Weyn, %12,2 ile %25,4 arasında değişen eğim değerleriyle bölgedeki en yüksek eğime sahip alandır. Bu dik arazi, hızlı yüzey akışına ve azalan su tutma kapasitesine neden olmaktadır. Jalalaqsi ve Bula Burte'nin bazı bölgelerinde %2,31 ile %7,19 arasında değişen orta eğimler bulunmakta olup, bu da orta düzeyde yüzey akışına katkıda bulunmaktadır. Jawhar, Cadale ve Aadan, %0 ile %2,3 arasında değişen daha yumuşak eğimlere sahiptir; bu da daha yavaş yüzey akışı ve daha yüksek su tutma potansiyelini teşvik etmektedir. Balcad ise %0,5 ile %7,19 arasında değişen düşük ve orta eğimlere sahiptir.

4.15.2. ArcMap maksimum sonuçları

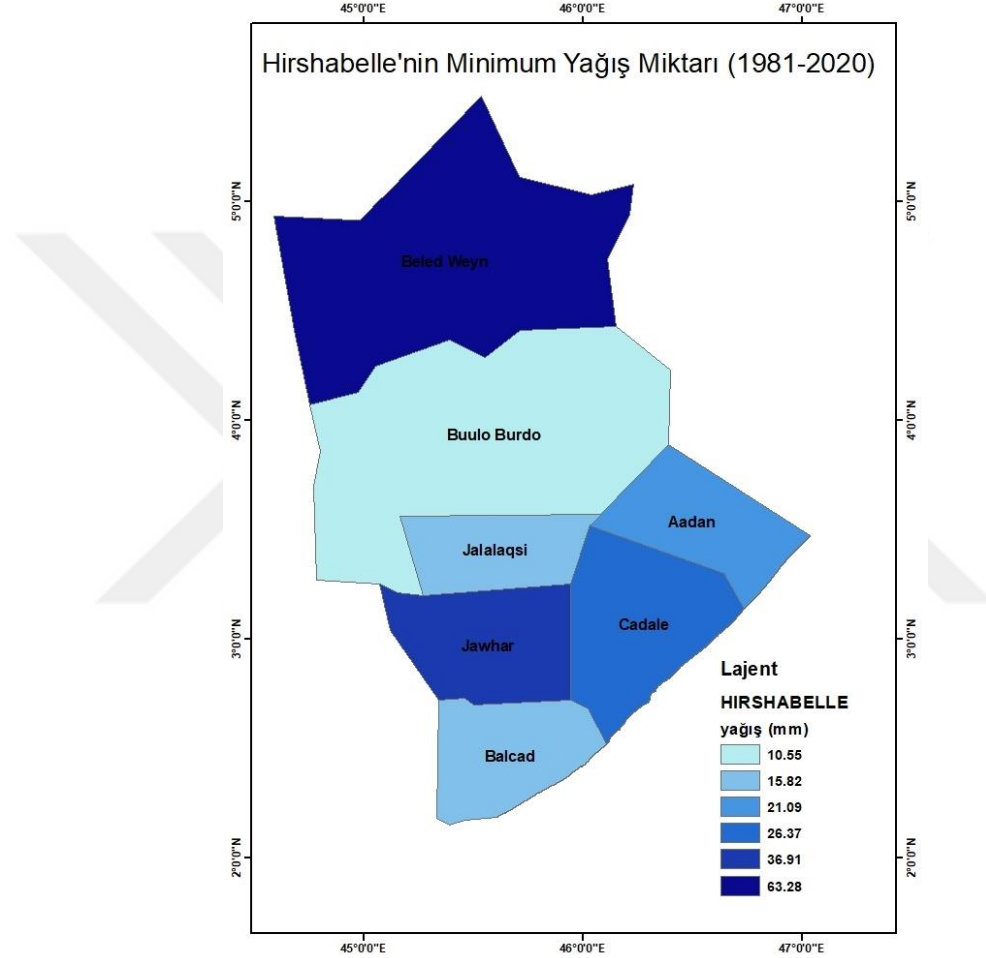


Şekil 4.37. Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'nde bulunan yedi ilçede – Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Aadan, Adale, Jawhar ve Bal'ad – 1981 ile 2020 yılları arasında kaydedilen maksimum yağış değerleri

Şekil 4.36, Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'nde bulunan yedi ilçede – Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Aadan, Adale, Jawhar ve Bal'ad – 1981 ile 2020 yılları arasında kaydedilen maksimum yağış değerlerini göstermektedir. Yağış dağılımı eyalet genelinde

mekânsal olarak değişkenlik göstermekte olup, değerler 785,74 mm ile 1239,26 mm arasında değişmektedir. Güneydeki ilçeler, özellikle Bal'ad ve Jawhar, daha yüksek yağış seviyelerine sahipken, kuzeydeki ilçeler, özellikle Beled Weyn, daha düşük yağış almaktadır.

4.15.3. ArcMap minimum sonuçları

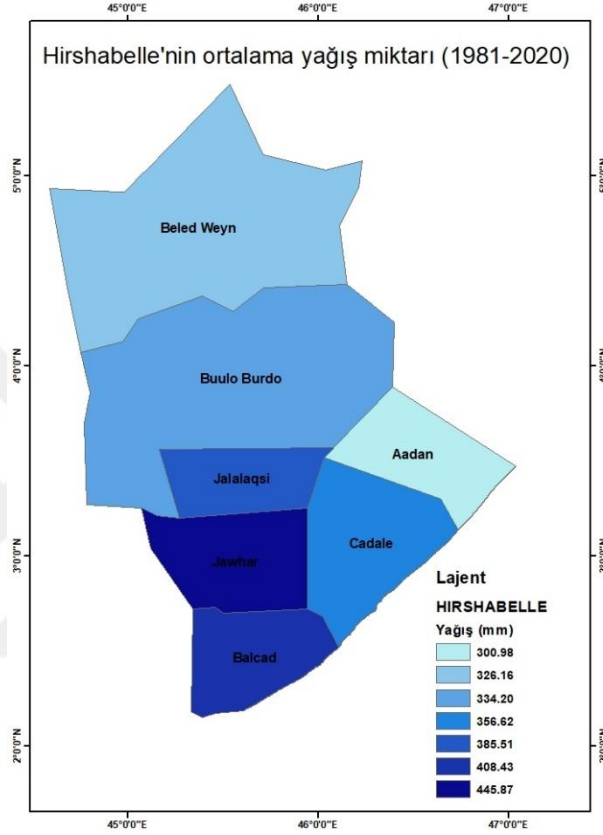


Şekil 4.38. 1981 ile 2020 yılları arasında Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde minimum yağış dağılımı

Şekil 4.37, 1981 ile 2020 yılları arasında Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde minimum yağış dağılımını göstermektedir. Veriler, minimum yağış seviyelerinde önemli mekânsal farklılıklar olduğunu ortaya koymakta olup, değerler 10,55 mm ile 63,28 mm arasında değişmektedir. Eyaletin kuzeyinde yer alan Beled Weyn, en yüksek minimum yağış değerlerine sahipken, Buulo Burdo ve Jalalaqsi gibi ilçeler en düşük yağış seviyelerini yaşamaktadır. Bu düzensiz dağılım, bazı ilçelerin aşırı

kurak koşullara daha yatkın olduğunu göstermekte olup, su kıtlığını hafifletmek ve sürdürülebilir kaynak yönetimini desteklemek için yerleştirilmiş müdahalelerin önemini vurgulamaktadır.

4.15.4. ArcMap ortalama sonuçları



Şekil 4.39. 1981–2020 döneminde Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde yıllık ortalama yağış dağılımı

Şekil 4.38, 1981–2020 döneminde Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'ndeki ilçelerde yıllık ortalama yağış dağılımını göstermektedir. Yağış değerleri 300,98 mm ile 445,87 mm arasında değişmekte olup, yağış miktarında belirgin mekânsal farklılıklar gözlemlenmektedir. Güneydeki Bal'ad ve Jawhar ilçeleri daha yüksek ortalama yağış alırken, kuzeydeki Beled Weyn ve Aadan ilçeleri daha düşük ortalama yağış değerlerine sahiptir ve bu durum açık mavi tonlarla gösterilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma, Somali'nin Hirshabelle Eyaleti'nde 1981–2020 dönemine ait yağışın zamansal ve mekânsal değişkenliğini istatistiksel testler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak analiz etmiştir. Metodoloji, üç temel yaklaşımı içermektedir: homojenlik analizi, trend analizi ve CBS tabanlı mekânsal haritalama.

Homojenlik analizi kapsamında, yağış verilerindeki değişim ve tutarsızlıkları tespit etmek için Run Testi, Buishand Rütbe Testi ve Pettitt Testi uygulanmıştır. Trend analizi ise yağış desenlerinin zamanla artıp artmadığını veya azalıp azalmadığını değerlendirmek amacıyla Sen'in T-Testi, Şen İstatistiksel Testi ve Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, CBS tabanlı mekânsal haritalama yöntemi ile Hirshabelle'nin yedi ilçesinde – Beled Weyn, Buulo Burdo, Jalalaqsi, Jawhar, Balcad, Adale ve Aadan Yabal – maksimum, minimum ve ortalama yıllık yağış dağılımı görselleştirilmiştir.

Homojenlik testleri, çoğu ilçenin tutarlı yağış kayıtları sergilediğini göstermiştir. Ancak, özellikle Pettitt Testi ve Von Neumann Testi'nde Beled Weyn ve Buulo Burdo ilçelerinde belirgin homojenlik bozuklukları tespit edilmiştir. Bu bulgular, yağış desenlerinde olası değişiklikler olduğunu ve bunun iklim değişikliklerinden veya ölçüm hatalarından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Trend analizi, bölgedeki mevsimsel ve yıllık yağış desenlerinde farklı eğilimler ortaya koymuştur. Mann-Kendall Testi, Sen'in T-Testi ve Spearman'ın Rho Testi, Beled Weyn, Buulo Burdo ve Jalalaqsi ilçelerinde yıllık yağış miktarlarında önemli artış eğilimleri olduğunu gösterirken, Jawhar, Balcad, Adale ve Aadan Yabal ilçelerinde düşüş eğilimleri tespit edilmiştir. Yenilikçi Şen Yöntemi, belirli ilçelerde artan eğilimleri doğrularken, yağış verilerinde belirgin değişikliklerin yaşandığı dönemleri de ortaya koymuştur.

Mevsimsel trend analizi, yağış davranışında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde çoğu ilçede yağışın arttığını, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise genel bir azalma eğilimi olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, mevsimsel yağış dağılımında potansiyel bir değişimi işaret etmekte olup, tarımsal döngüler, su kaynakları yönetimi ve yerel geçim kaynakları üzerinde önemli etkiler yaratabilir.

CBS tabanlı mekânsal analiz, yağış dağılımında önemli mekânsal heterojenlikler olduğunu göstermiştir. Maksimum yağış değerleri 785,74 mm ile 1239,26 mm arasında değişmekte olup, güneydeki Balcad ve Jawhar ilçelerinde daha yüksek yağış gözlemlenmiştir. Buna karşılık, minimum yağış seviyeleri 10,55 mm ile 63,28 mm arasında değişmekte olup, kuzeydeki Buulo Burdo ve Jalalaqsi ilçeleri daha düşük yağış miktarlarına sahip olmuştur. Bölgedeki yıllık ortalama yağış 300,98 mm ile 445,87 mm arasında değişmekte olup, önemli mekânsal farklılıkları ortaya koymuştur. Bu durum, yerel su kaynakları yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Çalışmanın bulguları, Hirshabelle’de değişen yağış desenlerinin yönetilmesi için hedefe yönelik müdahalelerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağış artışı, uygun su depolama ve sulama sistemleri ile daha verimli bir şekilde değerlendirildiğinde tarımsal üretkenliği artırma fırsatı sunabilir. Buna karşılık, kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış azalması, su kıtlığı risklerini artırabileceğinden, etkin su tasarrufu stratejileri ve sürdürülebilir tarımsal uygulamalar gibi uyum sağlayıcı önlemleri zorunlu kılmaktadır.

Gelecekteki araştırmalar, iklim modellerinin entegre edilerek yağış trendlerinin projeksiyonlarının yapılmasına ve bu trendlerin su mevcudiyeti ile tarımsal üretkenlik üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesine odaklanmalıdır. Ayrıca, homojenlik testleri ve trend analiz tekniklerinin daha da geliştirilmesi, bulguların doğruluğunu artırarak politika yapıcılar ve paydaşlar için daha sağlam iklim uyum stratejileri geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Genel olarak, bu çalışma, Hirshabelle Eyaleti’ndeki yağış dinamiklerine dair kapsamlı bir anlayış sunmakta olup, su kaynakları planlaması, afet risk yönetimi ve bölgenin sürdürülebilir kalkınmasına yönelik karar alıcılar için değerli bilgiler sağlamaktadır.

5.2. Öneriler

Meteorolojik Altyapının İyileştirilmesi: Hirshabelle genelinde meteoroloji istasyonlarının modernizasyonuna ve genişletilmesine yatırım yaparak daha doğru ve kapsamlı yağış verisi toplama sağlanmalıdır.

Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Kullanımı: Yer tabanlı gözlemleri tamamlamak ve mekansal kapsama alanını artırmak için NASA’nın POWER projesi gibi uzaktan algılama teknolojileri ve uydu verileri entegre edilmelidir.

Erken Uyarı Sistemlerini Güçlendirme: Yağış istasyonları ve nehir izleme sistemlerinden elde edilen verilerle, yetkililer geliştirilen sel uyarı sistemlerini uygulayabilmektedir. Bu, yerel halkın olası sel durumları hakkında önceden bilgilendirilmesini sağlayacak ve acil bir tahliye gerektiğinde savunma önlemlerini almaları için onlara zaman tanıyacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Ahmad, K., ve Laituri, M. (2017). Use of GIS in Environmental Science. In *Environmental Science* (pp. 4–12). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/obo/9780199363445-0081>
- Ajuang Ogallo, L., Omondi, P., Ouma, G., ve Wayumba, G. (2018). Climate Change Projections and the Associated Potential Impacts for Somalia. *American Journal of Climate Change*, 07 (02), 153–170. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.72011>
- Akçay, F., Kankal, M., ve Şan, M. (2022). Innovative approaches to the trend assessment of streamflows in the Eastern Black Sea basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 67 (2), 222–247. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1998509>
- Akpoti, K., Dembélé, M., Forkuor, G., Obuobie, E., Mabhaudhi, T., ve Cofie, O. (2023). Integrating GIS and remote sensing for land use/land cover mapping and groundwater potential assessment for climate-smart cocoa irrigation in Ghana. *Scientific Reports*, 13 (1), 5–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43286-5>
- Alemu, M. M., ve Bawoke, G. T. (2020). Analysis of spatial variability and temporal trends of rainfall in Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 11 (4), 1505–1520. <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.084>
- Ali, A. I., Kassem, Y., ve Gökçekuş, H. (2023). Examining the impact of climate change on water resources in Somalia: The role of adaptation. *Future Technology*, 2 (4), 45–58. <https://doi.org/10.55670/fpll.futech.2.4.5>
- Alriah, M. A. A., Bi, S., Nkunuzimana, A., Elameen, A. M., Sarfo, I., ve Ayugi, B. (2024). Assessment of observed changes in drought characteristics and recent vegetation dynamics over arid and semiarid areas in Sudan. *Theoretical and Applied Climatology*, 155 (5), 3541–3561. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04824-3>
- Andang’o, H., Ouma, J., Muthama, N., ve Opere, A. (2016). Investigating the Homogeneity of Monthly Rainfall Records in Kenya. *Journal of Meteorology and Related Sciences*, 9, 48–54. <https://doi.org/10.20987/jmrs.4.05.2016>
- Arijit Ganguly, R. R. C. and P. S. (2015). Ganguly, Arijit, Ranjana Ray Chaudhuri, and Prateek Sharma. *International Journal of Research–Granthaalayah*, Vol. 3, No. 9, 87–95.
- Barańczuk, J., Zelenáková, M., Abd-Elhamid, H. F., Barańczuk, K., Gharbia, S. S., Blišťan, P., Meulenbergh, C. J. W., Kumer, P., Golus, W., ve Markowski, M. (2023). Prediction of Actual from Climatic Precipitation with Data Collected from Northern Poland: A Statistical Approach. *Sensors*, 23 (3), 1159. <https://doi.org/10.3390/s23031159>
- bdirizak Ali Abdullahi. (2022). Agricultural Structure in Somalia. *Eurasian Journal Of Agricultural Economics (EJAE)*, 2.1 (30), 3–5.

- Bharadiya, J. P., Tzenios, N. T., ve Reddy, M. (2023). Predicting Crop Yield Using Deep Learning and Remote Sensing. *Journal of Engineering Research and Reports*, 24 (12), 29–44. <https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v24i12858>
- Cao, B., Yang, S., ve Ye, S. (2017). Integrated application of remote sensing, GIS and hydrological modeling to estimate the potential impact area of earthquake-induced dammed lakes. *Water (Switzerland)*, 9 (10). <https://doi.org/10.3390/w9100777>
- Cappelli, F., Costantini, V., ve Consoli, D. (2021). The trap of climate change-induced “natural” disasters and inequality. *Global Environmental Change*, 70, 102329. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102329>
- Chauluka, F., Singh, S., ve Kumar, R. (2021). Rainfall and streamflow trends of Thuchila River, Southern Malawi. *Materials Today: Proceedings*, 34, 846–855. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.228>
- Che Ros, F., Tosaka, H., Sidek, L. M., ve Basri, H. (2016). Homogeneity and trends in long-term rainfall data, Kelantan River Basin, Malaysia. *International Journal of River Basin Management*, 14 (2), 151–163. <https://doi.org/10.1080/15715124.2015.1105233>
- Cheng, C. (2016). Spatial Climate Justice and Green Infrastructure Assessment: A case study for the Huron River watershed, Michigan, USA. *GI_Forum*, 4 (1), 1–2. https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s176
- Chetty, P., ve Tesfamichael, S. (2021). A Comparison of Interpolation Techniques in Producing a DEM from the 5 m National Geospatial Institute (NGI) Contours. *International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management, GISTAM - Proceedings, 2021-April*, 2–4. <https://doi.org/10.5220/0010525100370047>
- Cooper, C. H. V., ve Chiaradia, A. J. F. (2020). sDNA: 3-d spatial network analysis for GIS, CAD, Command Line ve amp; Python. *SoftwareX*, 12, 3–6. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100525>
- Correia, R., Duarte, L., Teodoro, A. C., ve Monteiro, A. (2018). Processing image to geographical information systems (PI2GIS)—A learning tool for QGIS. *Education Sciences*, 8 (2). <https://doi.org/10.3390/educsci8020083>
- Çeribaşı, G. (2018). Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi İle Analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6 (3), 166–171. <https://doi.org/10.21541/apjes.431965>
- De Michele, C., ve Avanzi, F. (2018). Superstatistical distribution of daily precipitation extremes: A worldwide assessment. *Scientific Reports*, 8 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31838-z>
- Duarte, L., ve Teodoro, A. C. (2021). GIS Open-Source Plugins Development: A 10-Year Bibliometric Analysis on Scientific Literature. *Geomatics*, 1 (2), 206–245. <https://doi.org/10.3390/geomatics1020013>

- Dunning, C. M., Black, E., ve Allan, R. P. (2018). Later Wet Seasons with More Intense Rainfall over Africa under Future Climate Change. *Journal of Climate*, 31 (23), 9719–9738. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0102.1>
- Elçi, Ş., Baba, A., ve Fistikoğlu, O. (2023). *Soil Erosion And Sediment Transport Modeling For River Basins In Afghanistan Using GIs-Based Models*.
- Elkadeem, M. R., Younes, A., Mazzeo, D., Jurasz, J., Elia Campana, P., Sharshir, S. W., ve Alaam, M. A. (2022). Geospatial-assisted multi-criterion analysis of solar and wind power geographical-technical-economic potential assessment. *Applied Energy*, 322, 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119532>
- Ercan Varol. (2012). *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Havza Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Havza Sediment Verimi Tahmininde Kullanımı*. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı.
- FAO-SWALIM. (2018). *Devastating floods overwhelm parts of Somalia. Somalia Flood Update Series*. Available at: https://www.fao.org/resources/site_files/Devastating%20floods%20Overwhelm%20parts%20of%20Somalia_0.pdf. Accessed 19 Oct 2021.
- FEWS NET, F. (2018). *Heavy Gu rainfall leads to widespread fooding*. www.fews.net/somalia
- Foufoula-Georgiou, E., Guilloteau, C., Nguyen, P., Aghakouchak, A., Hsu, K.-L., Busalacchi, A., Turk, F. J., Peters-Lidard, C., Oki, T., Duan, Q., Krajewski, W., Uijlenhoet, R., Barros, A., Kirstetter, P., Logan, W., Hogue, T., Gupta, H., ve Levizzani, V. (2020). Advancing Precipitation Estimation, Prediction, and Impact Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101 (9), E1584–E1592. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0014.1>
- Gat S, ve Messer H. (2017). *On The Robustness Of Rainfall Mapping From Measurements Of The Received Signal Level In Communication Microwave Networks*. 31.
- Gautam, S., ve Shany V, J. (2024). Navigating climate change in southern India: A study on dynamic dry-wet patterns and urgent policy interventions. *Geosystems and Geoenvironment*, 3 (2), 100263. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100263>
- Gocic, M., ve Trajkovic, S. (2014). Analysis of trends in reference evapotranspiration data in a humid climate. *Hydrological Sciences Journal*, 59 (1), 165–180. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.798659>
- Göknur Elif YARBAŞI (2019). *Güneyli Salınımın Karadeniz Bölgesi Yağış Verileri Üzerine Etkisi*.
- Güçlü, Y. S. (2018). Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*, 566, 685–704. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>
- Hamed, K. H. (2011). The distribution of Kendall's tau for testing the significance of cross-correlation in persistent data. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (5), 841–853. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.586948>

- Hamed, K. H. (2016). The distribution of Spearman's rho trend statistic for persistent hydrologic data. *Hydrological Sciences Journal*, 61 (1), 214–223. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.968573>
- Hodo Ahmed ABDİLÂHİ. (2022). *Somali Yağış Verilerinin Trend Analizi*.
- Hosen, B., Rahaman, M., Kumar, S., Sagar, L., ve Akhtar, Md. N. (2023). Leveraging Artificial Intelligence And Big Data For Advanced Spatial Analytics And Decision Support Systems In Geography. *Malaysian Applied Geography*, 1 (2), 62–67. <https://doi.org/10.26480/magg.02.2023.62.67>
- Hu, Z., Liu, S., Zhong, G., Lin, H., ve Zhou, Z. (2020). Modified Mann-Kendall trend test for hydrological time series under the scaling hypothesis and its application. *Hydrological Sciences Journal*, 65 (14), 2419–2438. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1810253>
- Igaz, D., Šinka, K., Varga, P., Vrbičanová, G., Aydın, E., ve Tárnik, A. (2021). The evaluation of the accuracy of interpolation methods in crafting maps of physical and hydro-physical soil properties. *Water (Switzerland)*, 13 (2). <https://doi.org/10.3390/w13020212>
- İrem ÇAĞLAR. (2024). *Ortaöğretim Coğrafya Derslerinde Coğrafya Öğretmenlerinin Cbs Kullanımı Ve Cbs Kullanımı İçin Veri Seti Oluşturulması*. Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Jia, P., Cheng, X., Xue, H., ve Wang, Y. (2017). Applications of geographic information systems (GIS) data and methods in obesity-related research. In *Obesity Reviews* (Vol. 18, Issue 4, pp. 400–411). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/obr.12495>
- Jiang, L., Xia, H., Wang, W., Zhang, Y., ve Li, Z. (2023). Applications of microbially induced calcium carbonate precipitation in civil engineering practice: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 404, 4–7. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133227>
- Juarez-Lucas, A. M., Kibler, K. M., Sayama, T., ve Ohara, M. (2019). Flood risk-benefit assessment to support management of flood-prone lands. *Journal of Flood Risk Management*, 12 (3). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12476>
- K, S., G, E., P, B., ve R, S. (2022). Spatial distribution of Groundwater quality assessment using Water Quality Index and GIS techniques in Thanjavur Taluk, Thanjavur District, Tamil Nadu, India. *International Journal of Civil, Environmental and Agricultural Engineering*, 32–58. <https://doi.org/10.34256/ijceae2212>
- Kabbilawsh, P., Kumar, D. S., ve Chithra, N. R. (2023). Assessment of temporal homogeneity of long-term rainfall time-series datasets by applying classical homogeneity tests. *Environment, Development and Sustainability*, 26 (7), 16757–16801. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03310-0>
- Kamilaris, A., ve Ostermann, F. O. (2018). Geospatial analysis and the internet of things. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (7). <https://doi.org/10.3390/ijgi7070269>

- Keskiner, A. D., ve Çetin, M. (2023). Kuraklık Gidiş ve Büyüklüğünün Zaman ve Mekan Boyutunda Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Alanında Bir Uygulama. *Politeknik Dergisi*, 26 (3), 1079–1089. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1000596>
- Kocaoğlu, E., ve Çağlıyan, A. (2022). Çanakkale Yağış Gözlem İstasyonlarının Homojenlik Durumu Ve Yıllık Yağışların Trend Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32 (2), 391–408. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1050556>
- Koster, R. D., Liu, Q., Reichle, R. H., ve Huffman, G. J. (2021). Improved Estimates of Pentad Precipitation Through the Merging of Independent Precipitation Data Sets. *Water Resources Research*, 57 (12), 2–4. <https://doi.org/10.1029/2021WR030330>
- Kumar, V., Jain, S. K., ve Singh, Y. (2010). Analysis of long-term rainfall trends in India. *Hydrological Sciences Journal*, 55 (4), 484–496. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.481373>
- Lacombe, G., McCartney, M., ve Forkuor, G. (2012). Drying climate in Ghana over the period 1960–2005: evidence from the resampling-based Mann-Kendall test at local and regional levels. *Hydrological Sciences Journal*, 57 (8), 1594–1609. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.728291>
- Lacroix, P., Moser, F., Benvenuti, A., Piller, T., Jensen, D., Petersen, I., Planque, M., ve Ray, N. (2019). MapX: An open geospatial platform to manage, analyze and visualize data on natural resources and the environment. *SoftwareX*, 9, 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.002>
- Liu, J., Fu, Z., ve Liu, W. (2023). Impacts of precipitation variations on agricultural water scarcity under historical and future climate change. *Journal of Hydrology*, 617, 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128999>
- Liu, Y., Zhuo, L., Pregnolato, M., ve Han, D. (2022). An assessment of statistical interpolation methods suited for gridded rainfall datasets. *International Journal of Climatology*, 42 (5), 4–5. <https://doi.org/10.1002/joc.7389>
- Lohani, B., ve Ghosh, S. (2017). Airborne LiDAR Technology: A Review of Data Collection and Processing Systems. In *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section A - Physical Sciences* (Vol. 87, Issue 4, pp. 567–579). Springer India. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0435-9>
- MacFarland, T. W., ve Yates, J. M. (2016). Mann–Whitney U Test. In *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R* (pp. 103–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_4
- Machiwal, D., Kumar, S., ve Dayal, D. (2016). Characterizing rainfall of hot arid region by using time-series modeling and sustainability approaches: a case study from Gujarat, India. *Theoretical and Applied Climatology*, 124 (3–4), 593–607. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1435-9>
- Malik, A., ve Kumar, A. (2020). Spatio-temporal trend analysis of rainfall using parametric and non-parametric tests: case study in Uttarakhand, India. *Theoretical*

- and Applied Climatology*, 140 (1–2), 183–207. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03080-8>
- Mann, H. B., ve Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18 (1), 50–60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Marino, S. (2023). Understanding the spatio-temporal behavior of crop yield, yield components and weed pressure using time series Sentinel-2-data in an organic farming system. *European Journal of Agronomy*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126785>
- Meshram, S. G., Gautam, R., ve Kahya, E. (2018). Drought analysis in the Tons River Basin, India during 1969-2008. *Theoretical and Applied Climatology*, 132 (3–4), 939–951. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2129-2>
- Mo, C., Ruan, Y., He, J., Jin, J. L., Liu, P., ve Sun, G. (2019). Frequency analysis of precipitation extremes under climate change. *International Journal of Climatology*, 39 (3), 1373–1387. <https://doi.org/10.1002/joc.5887>
- Mummidivarapu, S. K., Rehana, S., ve Rao, Y. R. S. (2023). Mapping and assessment of river water quality under varying hydro-climatic and pollution scenarios by integrating QUAL2K, GEFC, and GIS. *Environmental Research*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117250>
- Nacar, S., Şan, M., Kankal, M., ve Okkan, U. (2024). Innovative Polygonal Trend Analysis (IPTA) in detecting the seasonal trend behavior of statistically downscaled precipitation for the Eastern Black Sea Basin of Turkey. *Urban Water Journal*, 21 (4), 406–418. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2024.2312496>
- Nicholson, S. E. (2017). *Climate of Somalia*.
- Odhiambo, F. J., Karira, W. J., ve Mohamed, I. (2024). *i | Hirshabelle State Climate Vulnerability Assessment Report Support For Strengthening Climate Change Adaptation Planning For Somalia Project State-Level Climate Change Vulnerability Assessment Report Hirshabelle State Of Somalia Report Compiled By*.
- Ogunjo, S. T., Olusegun, C. F., ve Fuwape, I. A. (2022). Evaluation of Monthly Precipitation Data from Three Gridded Climate Data Products over Nigeria. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 5 (3), 119–128. <https://doi.org/10.1007/s41976-022-00069-2>
- Olgu; ÇİÇEK, A. (2013). Ege Bölgesi'nde yağışın mekânsal dağılımı. *Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara*, 11 (2), 101–120. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000145
- Özener, A. Y. (2019). *Çoruh Havzası'nda Akış Ve Meteorolojik Parametrelerin Trend Analizi*.

- Pandžić, K., Kobold, M., Oskoruš, D., Biondić, B., Biondić, R., Bonacci, O., Likso, T., ve Curić, O. (2020). Standard normal homogeneity test as a tool to detect change points in climate-related river discharge variation: case study of the Kupa River Basin. *Hydrological Sciences Journal*, 65 (2), 227–241. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1686507>
- Pingale, S. M., Khare, D., Jat, M. K., ve Adamowski, J. (2016). Trend analysis of climatic variables in an arid and semi-arid region of the Ajmer District, Rajasthan, India. *Journal of Water and Land Development*, 28 (1), 3–18. <https://doi.org/10.1515/jwld-2016-0001>
- Rostami, S., He, J., ve Hassan, Q. (2018). Riverine Water Quality Response to Precipitation and Its Change. *Environments*, 5 (1), 8–12. <https://doi.org/10.3390/environments5010008>
- Santos, C. A. G., Freire, P. K. M. M., Richarde, ;, Da Silva, M., ve Akrami, S. A. (2019). Hybrid Wavelet Neural Network Approach for Daily Inflow Forecasting Using Tropical Rainfall Measuring Mission Data. *Journal of Hydrologic Engineering* , 24, (2), 4–6. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE))
- Sezen, C., ve Partal, T. (2020). Wavelet combined innovative trend analysis for precipitation data in the Euphrates-Tigris basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 65 (11), 1909–1927. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1784422>
- Sezen, C., ve Partal, T. (2020). Wavelet combined innovative trend analysis for precipitation data in the Euphrates-Tigris basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 65 (11), 1909–1927. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1784422>
- Sharifi, E., Saghafian, B., ve Steinacker, R. (2019). Downscaling Satellite Precipitation Estimates With Multiple Linear Regression, Artificial Neural Networks, and Spline Interpolation Techniques. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (2), 789–805. <https://doi.org/10.1029/2018JD028795>
- Subash, N., Ram Mohan, H. S., ve Sikka, A. K. (2011). Decadal frequency and trends of extreme excess/deficit rainfall during the monsoon season over different meteorological sub-divisions of India. *Hydrological Sciences Journal*, 56 (7), 1090–1109. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.608677>
- Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., ve Hsu, K. L. (2018). A Review of Global Precipitation Data Sets: Data Sources, Estimation, and Intercomparisons. *Reviews of Geophysics*, 56 (1), 79–107. <https://doi.org/10.1002/2017RG000574>
- Şen, Z. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127 (3–4), 939–947. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1681-x>
- Şenocak, S., ve Emek, M. F. (2019). Trend Analizi Yöntemleri Kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi Aylık Yağış Miktarlarının Değerlendirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, 807–822. <https://doi.org/10.31590/ejosat.646266>

- Taloor, A. K., Goswami, A., Bahuguna, I. M., Singh, K. K., ve Kothiyari, G. C. (2022). Remote sensing and GIS applications in water cryosphere and climate change. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100866>
- Terzi, Ö., ve İlker, A. (2021). Yağış Verilerinin Trend Analizi: Kızılırmak Havzası Örneği. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 9 (2), 371–377. <https://doi.org/10.21541/apjes.735378>
- Tomaszewski, B. (2020). *Geographic Information Systems (GIS) for Disaster Management*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351034869>
- Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L., ve Yakar, M. (2022). Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4 (1), 23–33. <https://doi.org/10.56130/tucbis.993807>
- Tuğba Yılmaz, Y. (2018). Uluborlu ve Senirkent Havzasında Meyve Yetiştiriciliğinin CBS ile Değerlendirilmesi. In *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der* (Issue 40).
- Uyar, C. (2024). *Evaluating Climate Change Sensitivity And Awareness In Türkiye: Perspectives Of The Baby Boom Generation And Generation Z A Thesis Submitted To The Graduate School Of Social Sciences Of Middle East Technical University*.
- Wall Emerson, R. (2023). Mann-Whitney U test and t-test. *Journal of Visual Impairment ve Blindness*, 117 (1), 99–100. <https://doi.org/10.1177/0145482X221150592>
- Wang, L., Huang, Y., Hu, X., ve Li, Y. (2021). The impact of environmental factors on the environmental bacterial diversity and composition in the Jiang-flavoured Baijiu production region. *LWT*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111784>
- Wang, Y., Shen, Y., Xie, Y., Ma, H., Li, W., Luo, X., Zhang, H., Zhang, Y., ve Li, J. (2023). Changes in precipitation have both direct and indirect effects on typical steppe aboveground net primary productivity in Loess Plateau, China. *Plant and Soil*, 484 (1–2), 503–515. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05812-8>
- World Meteorological Organization. (2015). *Climate in Africa: 2013.: Vol. WMO-No. 1147*.
- Yamusa, A. M. , A. I. U. ve F. A. M. (2015). Rainfall variability and crop production in the North-western semi-arid zone of Nigeria. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 4–12.
- Yurtseven, İ. (2016). Changes and trends of seasonal total rainfall in the province of Istanbul, Turkey. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 67 (1). <https://doi.org/10.17099/jffiu.30673>
- Zhang, J., Yang, Z., Qiao, D., ve Su, L. (2023). Increasing precipitation during first half of growing season enhances ecosystem water use efficiency in a semiarid grassland. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1119101>

Zhang, Z., Li, Y., Williams, R. A., Chen, Y., Peng, R., Liu, X., Qi, Y., ve Wang, Z. (2023). *Responses of soil respiration and its sensitivities to temperature and precipitation: a meta-analysis*. <http://www.worldclim.org/>

Zittis, G. (2018). Observed rainfall trends and precipitation uncertainty in the vicinity of the Mediterranean, Middle East and North Africa. *Theoretical and Applied Climatology*, 134 (3–4), 1207–1230. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2333-0>

