

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ANTALYA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞLARIN ANALİZİ

İhtişam Bozkurt BALCI

**Danışman
Prof. Dr. Mesut ÇİMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2020**



© 2020 [İhtişam Bozkurt BALCI]

TEZ ONAYI

İhtişam Bozkurt BALCI tarafından hazırlanan "**Antalya Bölgesindeki Yağışların Analizi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Mesut ÇİMEN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Veysel GÜLDAL
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Yavuz Selim GÜÇLÜ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İhtişam Bozkurt BALCI



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| TEŞEKKÜR | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Konunun Tanıtılması ve Önemi | 3 |
| 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı | 5 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 8 |
| 2.1. Giriş | 8 |
| 2.2. Yağış Analizi İle İlgili Yapılan Çalışmalar | 9 |
| 2.2.1. Ulusal çalışmalar | 9 |
| 2.2.2. Uluslararası çalışmalar | 1 |
| 3. MATERYAL VE METOT..... | 3 |
| 3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması | 3 |
| 3.2. Yağış | 17 |
| 3.2.1. Yağış tipleri | 17 |
| 3.2.1.1. Yükseklik farkına dayanan (orografik) yağışlar | 17 |
| 3.2.1.2. Sıcaklık farkına dayanan (konvektif) yağışlar | 18 |
| 3.2.1.3. Basınç farkına dayanan (siklonik, cephe) yağışlar | 19 |
| 3.2.2. Yağış ölçerler | 20 |
| 3.2.2.1. Yazıcı olmayan yağış ölçerler (plüvyometre) | 21 |
| 3.2.2.2. Yazıcı olan yağış ölçerler (plüvyograf) | 22 |
| 3.2.2.2.1. Terazili yağış ölçerler | 22 |
| 3.2.2.2.2. Devrilen kovalı yağış ölçerler | 23 |
| 3.2.2.2.3. Sifonlu yağış ölçerler..... | 24 |
| 3.2.2.3. Depolamalı yağış ölçerler | 24 |
| 3.2.2.4. Hava tahmin radarları | 25 |
| 3.2.2.5. Kar ölçümleri..... | 25 |
| 3.3. Alansal Yağış Hesaplama Yöntemleri..... | 26 |
| 3.3.1. Aritmetik ortalama yöntemi..... | 27 |
| 3.3.2. Üçgen yöntemi | 27 |
| 3.3.3. Thiessen (çokgen) yöntemi | 28 |
| 3.3.4. İzohiyet (eş-yağış) yöntemi | 29 |
| 3.3.5. Ağırlıklı çokgen (Şen) yöntemi | 30 |
| 3.3.6. Yüzde ağırlıklı poligon metodu | 31 |
| 3.3.7. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi..... | 33 |
| 3.4. Yağış Eğilimlerinin Belirlenmesi | 34 |
| 3.5. Yağışların Olasılık Dağılım Fonksiyonları | 36 |
| 3.5.1. Analitik çözümler..... | 38 |
| 3.5.1.1. Normal dağılım..... | 39 |
| 3.5.1.2. Log-normal dağılım | 41 |
| 3.5.1.3. Gumbel dağılımı | 42 |
| 3.5.1.4. Log-pearson tip-3 dağılımı..... | 46 |
| 3.5.1.5. Gamma dağılımı | 47 |

| | |
|--|----|
| 3.5.1.6. Pearson tip-3 dağılımı | 47 |
| 3.5.2. Uygunluk testi | 48 |
| 4. YAĞIŞ HESABINDA ELDE EDİLEN BULGULAR | 50 |
| 4.1. Giriş | 50 |
| 4.2. Yağış Dizilerinin İstatistiksel Özellikleri ve Olasılık Dağılımları | 50 |
| 4.3. Şen Yöntemine Göre Eğilim Analizi | 55 |
| 4.3.1. Aksu/Boztepe TİGEM istasyonu için eğilim analizi | 57 |
| 4.3.2. Alanya istasyonu için eğilim analizi | 58 |
| 4.3.3. Antalya bölge istasyonu için eğilim analizi | 60 |
| 4.3.4. Antalya havaalanı istasyonu için eğilim analizi | 61 |
| 4.3.5. Elmalı istasyonu için eğilim analizi | 62 |
| 4.3.6. Finike istasyonu için eğilim analizi | 63 |
| 4.3.7. Gazipaşa istasyonu için eğilim analizi | 64 |
| 4.3.8. İbradı istasyonu için eğilim analizi | 65 |
| 4.3.9. Kale-Demre istasyonu için eğilim analizi | 66 |
| 4.3.10. Kaş istasyonu için eğilim analizi | 67 |
| 4.3.11. Kemer istasyonu için eğilim analizi | 68 |
| 4.3.12. Korkuteli istasyonu için eğilim analizi | 69 |
| 4.3.13. Kumluca istasyonu için eğilim analizi | 70 |
| 4.3.14. Manavgat istasyonu için eğilim analizi | 71 |
| 4.3.15. 1995-2018 dönemi için istasyonlara ait eğilimlerin karşılaştırılması ... | 72 |
| 4.4. Yağışın Alansal Hesabı | 76 |
| 4.4.1. Aritmetik ortalama yöntemi | 76 |
| 4.4.2. Üçgen yöntemi | 77 |
| 4.4.3. Thiessen (çokgen) yöntemi | 78 |
| 4.4.4. İzohiyet (eş-yağış) yöntemi | 79 |
| 4.4.5. Ağırlıklı çokgen (Şen) yöntemi | 80 |
| 4.4.6. Yüzde ağırlıklı poligon metodu | 81 |
| 4.4.7. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi | 82 |
| 4.4.8. Alansal yağış hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması | 84 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 85 |
| KAYNAKLAR | 88 |
| ÖZGEÇMİŞ | 92 |

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTALYA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞLARIN ANALİZİ

İhtişam Bozkurt BALCI

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mesut ÇİMEN

Dünyada ve özellikle de ülkemizde uzun süreli ölçülmüş yağış verilerindeki düzensizlikler ve azalmalar, ülkemizin farklı boyutlarda küresel ısınmadan ve ekosisteminden etkilendiğini göstermektedir. Yağışlarda gözlenen bu değişimler direkt olarak insan, bitki ve hayvanlar üzerinde değil aynı zamanda bölgenin çevresel, ekonomik ve sosyal faaliyetleri üzerinde de çeşitli etkilere sebep olmaktadır. Akdeniz iklim kuşağında bulunan ve tarımsal üretimde en yüksek paya sahip olan Antalya ili yağışlarında meydana gelen düzensizlikler başta seralar ve meyve bahçeleri olmak üzere milyonlarca lira hasara ve hatta can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Yağışlardaki bu düzensizlikler, tarımsal faaliyetlerin yanı sıra, planlanan su yapıları, şehir drenaj şebekeleri ile çeşitli yol ve hidrolik yapılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Muhtemel taşkınların büyüklüğü ve onun kontrolü açısından ekstrem yağışların değerlendirilmesi ve taşkınların büyüklükleri ile meydana gelme frekanslarının güvenilir bir biçimde tahmin edilmesi gereklidir. Sonuç olarak, ekstrem yağışların tahmini, oluşabilecek zararların azaltılması açısından önem taşımaktadır.

Bu Yüksek Lisans tez konusunu oluşturan Antalya bölgesindeki yağışlara ait veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Antalya ili ve bölgesinde çeşitli yinelenme sürelerine ait tasarım yağışlarının büyüklüklerinin hesabında, 2018 yılına kadar kaydedilmiş yıllık maksimum yağışlar göz önüne alınmıştır. Çalışmada, çeşitli yinelenme sürelerindeki yağış tahmini için hidroloji alanında sıklıkla kullanılan 6 olasılık dağılım modeli (Normal, 2 ve 3 parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson Tip-3 ve Log-Pearson Tip-3) kullanılmış ve bu dağılımların uygunluğu ise uyum doğruluk yöntemlerinden biri olan Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir. Böylece, Antalya ili ve bölgesindeki her bir meteoroloji istasyonuna ait çeşitli tekerrür sürelerindeki yağış miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, bölgedeki istasyonlarda kaydedilmiş yağışların eğilimleri etraflıca araştırılmıştır. Son olarak, 2018 yılına kadar istasyonlarda kaydedilmiş yağış yüksekliklerinin ortalama değerlerine göre bölgesel dağılımı ve bölgesel ortalama yağış yükseklikleri tespit edilmiştir. Antalya bölgesindeki yağış dağılımının genel özelliklerini ve yağışın gözlenen değişimlerini ortaya koyan bu tez çalışmasının, küresel iklim değişikliğinin Antalya bölgesi yağışları üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yağış, Şiddet, Süre, Frekans, Eğilim, Antalya

2020, 92 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ANALYSIS OF RAINFALLS IN ANTALYA REGION

İhtişam Bozkurt BALCI

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mesut ÇİMEN

Irregularities and decreases in long-term measured precipitation data in the world and especially in our country show that our country is affected by global warming and ecosystem in different scales. These changes observed in rainfalls cause various effects not only directly on people, plants and animals but also on the environmental, economic and social activities of the region. Irregularities occurring in the precipitation of Antalya, which is in the Mediterranean climate zone and has the highest share in agricultural production, cause millions of lira damage and even loss of life and property, especially greenhouses and orchards. These irregularities in precipitation cause negative effects on agricultural activities as well as planned water structures, drainage networks and various road and hydraulic structures. In terms of the size and control of the floods, extreme precipitations should be evaluated and the magnitude and frequency of the floods should be reliably estimated. As a result, prediction of extreme rainfalls is of great importance in terms of reducing damages that may occur.

Data on precipitation in the Antalya region, which constitutes the subject of this thesis, was obtained from the General Directorate of Meteorology. In the calculation of the magnitude of design precipitation at various recurrence periods in Antalya province and its region, annual maximum rainfalls recorded until 2018 has been taken into consideration. In the study, 6 probability distribution models (Normal, 2 and 3 parameters Log-normal, Gumbel, Pearson Type-3 and Log-Pearson Type-3) which are used in the field of hydrology are used to estimate rainfalls at various recurrence times and the appropriateness of these distributions is checked with the Kolmogorov-Smirnov test which is one of the goodness-of-fit methods. Thus, precipitation amounts in various recurrence periods of each station in the region of Antalya were determined. In addition, the trends of precipitations recorded at stations in the region have been thoroughly investigated. Finally, the regional distribution according to average values of the rainfalls recorded at the stations by 2018 and regional average precipitation heights were determined. This thesis, which reveals the general characteristics of precipitation distribution in Antalya region and the observed changes in precipitation, is thought to be contributed to understanding the effects of global climate change on the rainfalls of Antalya region.

Keywords: Rainfall, Intensity, Duration, Frequency, Trend, Antalya

2020, 92 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Mesut ÇİMEN'e teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İhtışam Bozkurt BALCI
ISPARTA, 2020



ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2019 yılları arası gözlenen yağışlar..... | 3 |
| Şekil 1.2. Türkiye’de 1940-2018 yılları arasındaki sel olayı sayısı | 4 |
| Şekil 1.3. 2018 yılında görülen şiddetli yağış/sel afeti dağılımı | 4 |
| Şekil 1.4. Antalya havaalanı istasyonunun yıllık toplam yağış değerleri | 6 |
| Şekil 3.1. Antalya ilinin Türkiye’deki konumu..... | 3 |
| Şekil 3.2. Antalya ili yağış gözlem istasyonları | 4 |
| Şekil 3.3. Yükseklik farkı yağışları | 18 |
| Şekil 3.4. Sıcaklık farkı yağışları..... | 19 |
| Şekil 3.5. Basınç farkı yağışları..... | 20 |
| Şekil 3.6. Yazıcı olmayan yağış ölçer..... | 21 |
| Şekil 3.7. Yazıcı olan yağış ölçer | 22 |
| Şekil 3.8. Terazili yağış ölçer | 23 |
| Şekil 3.9. Devrilen Kovalı yağış ölçer | 24 |
| Şekil 3.10. Kar-su eşdeğeri aleti..... | 26 |
| Şekil 3.11. Üçgen alt alanlar | 28 |
| Şekil 3.12. Çokgen alt alanlar..... | 29 |
| Şekil 3.13. Eş-yagış eğrileri (izohiyetler) | 30 |
| Şekil 3.14. Ağırlıklı çokgen yönteminde merkez ve çevre istasyonlar..... | 31 |
| Şekil 3.15. Şen noktasının tespiti..... | 33 |
| Şekil 3.16. Enterpolasyon noktasının bir havzadaki konumu | 34 |
| Şekil 3.17. Şen (2012) yöntemi | 35 |
| Şekil 3.18. Normal dağılımın ihtimal yoğunluk fonksiyonu..... | 39 |
| Şekil 3.19. Normal dağılımın toplam yoğunluk fonksiyonu | 40 |
| Şekil 3.20. Normal dağılım grafik kâğıdı..... | 41 |
| Şekil 3.21. Log-normal dağılım grafiği | 42 |
| Şekil 3.22. Log-normal dağılım grafik kâğıdı | 42 |
| Şekil 3.23. Gumbel dağılımı grafiği | 45 |
| Şekil 3.24. Gumbel dağılım grafik kâğıdı | 45 |
| Şekil 3.25. Log-pearson tip-3 dağılımı | 46 |
| Şekil 3.26. $a=0.5$ ve $b=2$ değerleri için Gamma dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu..... | 47 |
| Şekil 3.27. Pearson tip-3 dağılımı..... | 478 |
| Şekil 4.1. İstasyonlara ait yağış gidiş eğrileri (devam) | 51 |
| Şekil 4.1. İstasyonlara ait yağış gidiş eğrileri..... | 52 |
| Şekil 4.2. T=2 yıl yinelenme süresi için Antalya bölgesi yağış dağılımı | 55 |
| Şekil 4.3. Aksu/Boztepe TİGEM istasyonuna ait eğilim analizi | 58 |
| Şekil 4.4. Alanya istasyonuna ait eğilim analizi..... | 59 |
| Şekil 4.5. Antalya bölge istasyonuna ait eğilim analizi | 60 |
| Şekil 4.6. Antalya havaalanı istasyonuna ait eğilim analizi..... | 61 |
| Şekil 4.7. Elmalı istasyonuna ait eğilim analizi | 62 |
| Şekil 4.8. Finike istasyonuna ait eğilim analizi | 63 |
| Şekil 4.9. Gazipaşa istasyonuna ait eğilim analizi..... | 64 |
| Şekil 4.10. İbradı istasyonuna ait eğilim analizi..... | 65 |
| Şekil 4.11. Kale-Demre istasyonuna ait eğilim analizi..... | 66 |
| Şekil 4.12. Kaş istasyonuna ait eğilim analizi | 67 |
| Şekil 4.13. Kemer istasyonuna ait eğilim analizi | 68 |
| Şekil 4.14. Korkuteli istasyonuna ait eğilim analizi | 69 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.15. Kumluca istasyonuna ait eğilim analizi..... | 70 |
| Şekil 4.16. Manavgat istasyonuna ait eğilim analizi | 71 |
| Şekil 4.17. 1995-2018 dönemi için eğilim analizi yapılan istasyonlar (devam) | 74 |
| Şekil 4.17. 1995-2018 dönemi için eğilim analizi yapılan istasyonlar | 75 |
| Şekil 4.18. İstasyonların bölgedeki konumları | 77 |
| Şekil 4.19. İstasyonların bölgedeki konumları | 78 |
| Şekil 4.20. İstasyonların bölgedeki konumları | 79 |
| Şekil 4.21. İstasyonların bölgedeki konumları | 80 |
| Şekil 4.22. Antalya bölgesi yağış yüksekliği-alan eğrisi | 80 |
| Şekil 4.23. İstasyonların bölgedeki konumları | 81 |
| Şekil 4.24. İstasyonların bölgedeki konumları | 82 |
| Şekil 4.25. MGM yağış istasyonlarının ve enterpolasyon noktalarının bölgedeki konumları | 83 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 3.1. Antalya ili yağış gözlem istasyonlarına ait bilgiler | 16 |
| Çizelge 3.2. Noktalama konumu için bazı denklemler | 37 |
| Çizelge 3.3. Grafik çözüm için noktalama konumları | 38 |
| Çizelge 3.4. Gumbel dağılımında rasat süresine göre yn değerleri | 44 |
| Çizelge 3.5. Gumbel dağılımında rasat süresine göre ın değerleri | 44 |
| Çizelge 4.1. Antalya ili yağış ölçüm istasyonlarına ait istatistiksel parametreler | 54 |
| Çizelge 4.2. Antalya ili yıllık toplam yağışların ekstrem dağılım hesabı | 56 |
| Çizelge 4.3. Antalya bölgesinde bulunan yağış gözlem istasyonları ve kaydedilen yağış yüksekliği dönemleri | 57 |
| Çizelge 4.4. İstasyonlara ait bilgiler | 76 |
| Çizelge 4.5. İstasyonlara ait bilgiler | 77 |
| Çizelge 4.6. İstasyonlara ait bilgiler | 78 |
| Çizelge 4.7. İstasyonlara ait bilgiler | 79 |
| Çizelge 4.8. İstasyonlara ait bilgiler | 81 |
| Çizelge 4.9. İstasyonlara ait bilgiler | 82 |
| Çizelge 4.10. MGM istasyonlarına ait yağış miktarları | 83 |
| Çizelge 4.11. Enterpolasyon noktalarına ait hesaplanmış yağış miktarları | 83 |
| Çizelge 4.12. Antalya bölgesi alansal yağış değerleri | 84 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| CBS | Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| DSİ | Devlet Su İşleri |
| IDW | Ters Mesafe Ağırlıklı |
| MGM | Meteoroloji Genel Müdürlüğü |
| P | Yağış yüksekliği (mm) |
| Tr | Dönüş Aralığı (Yinelenme süresi) |
| Γ | Eksik Gama Fonksiyonu |
| Δ | Fark |
| $^{\circ}\text{C}$ | Santigrat derece |



1. GİRİŞ

Dünya ekosistemindeki bozulmalar ve küresel ısınma günümüz dünyasının neredeyse en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz suyu seviyesinde yükselme ve yağışlardaki düzensizlikler bu problemlerin varlığını gözler önüne sermektedir. Son yıllarda dünyada iklim değişikliğine ilişkin bulgular artarken ülkeler, iklim değişikliğinin olası etkilerinin önlenmesi konusunda bilimsel çalışmalara ağırlık vermişlerdir. Yapılan bu bilimsel çalışmalar, yağışlarda gözlenen değişimlerden yola çıkarak iklimin hangi yönde değişmekte olduğuna ilişkin önemli bulgular elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

İklim değişikliğine bağlı olarak dünyanın birçok bölgesinde mevsimsel anlamda değişiklikler gözlenmektedir. Hidrolojik olaylar birçok faktörün birlikte etkisi altında meydana geldiğinden rastgele özellik göstermektedir. Bu nedenle yağış sistemlerindeki değişikliğe bağlı olarak ortaya çıkan kurak veya aşırı yağışlı hava olayları homojen bir dağılım göstermemektedir. Frekans analizi çalışmalarında istatistiksel yaklaşım özellikle tarımsal alanların yönetiminde su kaynaklarının geliştirilmesi ve bunlardan en optimal şekilde yararlanmak için hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının bilinmesi çalışmalarında olasılık yöntemlerinden yararlanılarak gerçek araç olarak kullanılmaktadır (Okman, 1994).

Sağanaklar ve bunların sonucu olan taşkınlar gibi ekstrem olaylar, binlerce insanın ölümüne sebep olabileceği gibi, milyonlarca liralık da maddi hasara sebep olabilmektedirler. Ekstrem kurak akımlar ve kirleticiler de ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere yol açabilirler. Hidrolojik çalışmalar, bu tip olayların ortaya çıkma olasılığını veya tekerrürünü yansıtmalıdır (Aşıkoğlu, 2017).

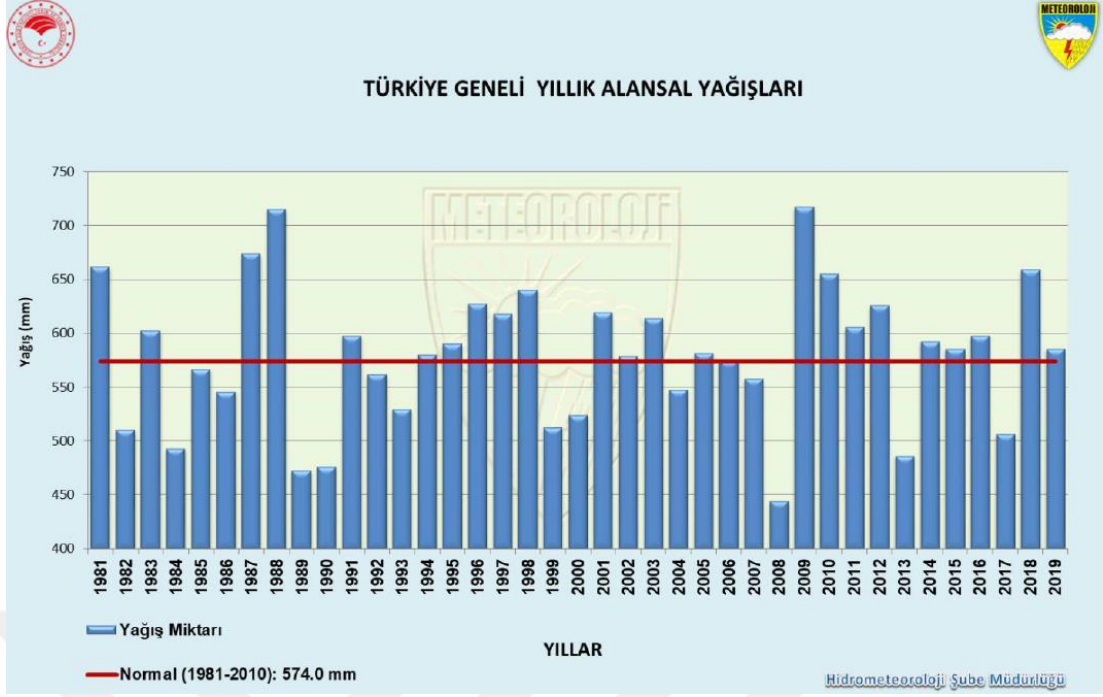
Türkiye’de de, son on yıl içinde meydana gelen sel felaketleri, can kayıplarının yanı sıra, hem kentsel, hem kırsal kesimde çok büyük maddi zararlara neden olmuştur. İklim değişiminin en önemli etkisi yağış üzerine izlenmektedir. Gelecekte, dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, kuvvetli yağışlar ile onlara bağlı seller ve taşkınlar gibi meteorolojik afetlerin şiddetlerinde ve sıklıklarında artışlar olurken, bazı bölgelerinde uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar ve bunlarla ilişkili yaygın çölleşme olayları daha fazla etkili olabilecektir. İklim değişikliğinin yağışlar üzerine olan bu etkileri, Türkiye

gibi kuraklığa karşı hassas bölgelerde doğal ortamdan sosyal ortama kadar olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilecektir. Bu sebeple, küresel iklim değişikliğinin Türkiye yağışlarına etkisinin yönü bu noktada önem kazanmaktadır. (Aydın ve Çiçek, 2013).

Ülkemizde son zamanlarda; uzun yıllarda ölçülen yağış ortalaması verilerindeki düzensizlikler, azalmalar ve yağış şiddetlerindeki düzensizlikler sık sık görülmektedir. Bu bulgular Türkiye'nin de ekosistemden ve küresel ısınmadan farklı boyutlarda etkilendiğini göstermektedir. Çeşitli iklim yapısına sahip olan ülkemiz, küresel ısınmadan etkilenen ve etkilenebilecek ülkeler listesinin başında yer almaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ve çok değişken bir topografyaya sahip ülkemizin bölgeleri, küresel ısınmadan farklı derecelerde etkilenmektedir (Zeybekoğlu ve Karahan, 2018).

Su kaynaklarının kullanılması ve su yapılarının planlanması gibi pek çok konuda analizlerin sağlıklı bir biçimde yapılabilmesi için birçok parametrenin (yağış, akış, sızma, buharlaşma ve terleme vs.) doğru ve uzun süreli ölçümünün yapılabilmesi son derece önemlidir. Yağış verisi ise bu parametrelerin en önemlilerinden bir tanesidir. Geçmişe yönelik yağış verileri ile ilgili sağlıklı ve uzun süreli bilgi iyi bir analiz için büyük önem taşımaktadır. Geçmişe yönelik ölçümü bulunmayan istasyonların verileri aynı havza içerisinde bulunan ve hidrometeorolojik olarak benzer diğer istasyonların verileri ile tahmin edilebilmektedir. Elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından tahmin yönteminin doğru seçilmesi önemli olmaktadır (Saplıoğlu ve Çimen, 2010).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü tarafından yapılan yağış analizlerine göre, 2018 yılında Türkiye genelinde ortalama 658.7 mm yağış kaydedilmiştir. Yağışlar normalinden %14.8 (574 mm); 2017 yılı yağışından ise %30 (506.6 mm) daha fazla oranda gerçekleşmiştir. Ülkemiz 2019 yılında ortalama 585.1 mm yağış almıştır. Yağışlar uzun yıllar normali civarında, 2018 yılı yağışlarının ise %11.2 altında gerçekleşmiştir (Şekil 1.1) (MGM, 2019b; 2020).



Şekil 1.1. Türkiye’de 1981-2019 yılları arası gözlenen yağışlar (MGM, 2020)

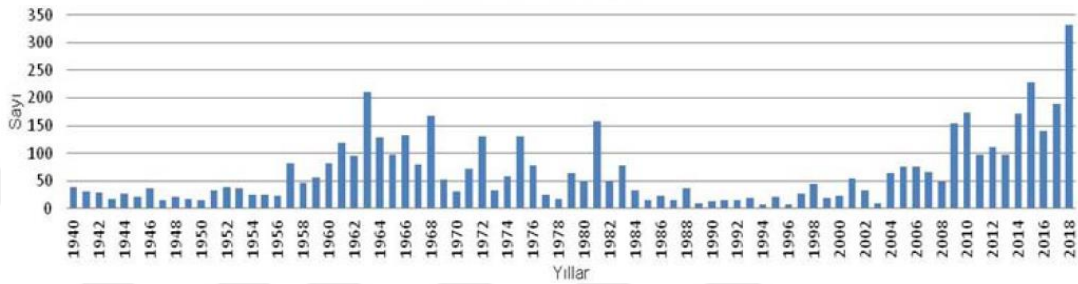
Türkiye’de bu faktörlerin ortak etkisi altında özellikleri ve alanları değişen farklı yağış rejimlerinin gözlemlendiği bir ülke olup, yağışın mekânsal enterpolasyon gibi modern istatistik teknikler ile araştırılmasını ve doğru yağış modellerin oluşturulmasını gerektirmektedir. Türkiye’de yağış değişimine ilişkin çalışmaların güncel olarak sürekli tekrarlanması ve modern yöntemler kullanılarak doğru bilgilere ulaşılması gerekmektedir. Bundan dolayı yağış dağılımında gözlenen değişimlerin ortaya konulması ve izlenmesi üzerine yapılan araştırmalara son derece önem verilmiştir (Aydın ve Çiçek, 2013).

1.1. Konunun Tanıtılması ve Önemi

Hidrolojide yağış terimi atmosferden yer yüzeyine düşen yağmur, kar, dolu, sulu sephen ve çığ gibi her türlü suyu tanımlamakta ve yağış yüksekliği terimi ise, yatay bir yüzey üzerinde düşerek biriktiği kabul edilen su sütunu yüksekliği olarak ifade edilir. Yağışlar hidrolojik döngünün temel bileşenlerinden biri olup özellikle insanların ve diğer canlıların içme ve kullanma su ihtiyacını karşılayan temel tatlı su kaynağını teşkil etmektedir. Yağışlarda görülen düzensizlikler başta insan olmak üzere diğer canlıların yaşamını da olumsuz etkilemektedir. Ekstrem (aşırı, uç) yağışlar dağlık

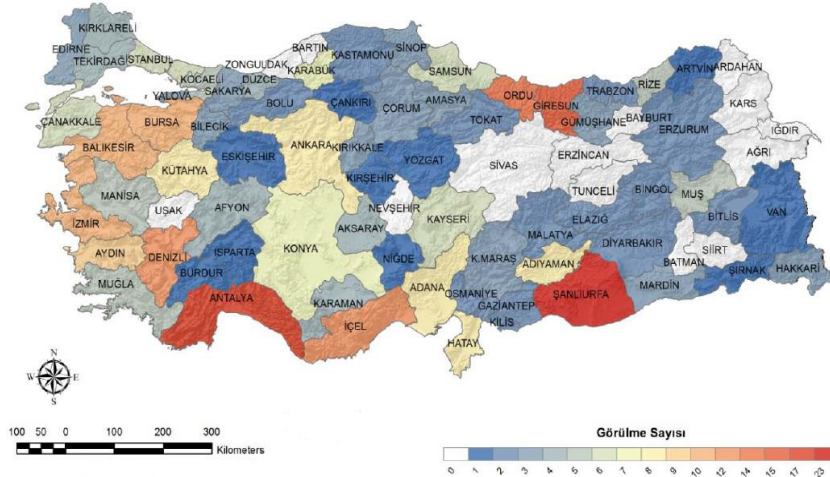
alanlarda çığ ve toprak kayması gibi doğal afetlere neden olurken, yerleşim alanlarında ise sel felaketine sebep olmaktadır.

2018 yılında meydana gelen sel olay sayısı 331'dir (Şekil 1.2). 2000'li yıllardan itibaren sel olaylarında artışlar görülmektedir. Son 10 yılda her yıl yaklaşık olarak 100 ve daha fazla sayıda sel olayı gerçekleşmiştir. 2018 yılı 1940 yılından bu zamana kadar sel afetinin en fazla görüldüğü yıl olmuştur (MGM, 2019a).



Şekil 1.2. Türkiye’de 1940-2018 yılları arasındaki sel olayı sayısı (MGM, 2019a)

Şekil 1.3’ten de görüldüğü gibi, 2018 yılında ülkemizde meydana gelen şiddetli yağış/sel afetinin en fazla meydana geldiği yerler, Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri olmuştur. Bu şiddetli yağışlar neticesinde, Ege’de 53, Akdeniz’de 52, Marmara’da 57 ve Güneydoğu Anadolu’da 41 sel afeti olmuştur. 2018 yılı içinde en fazla şiddetli yağış/sel afeti Şanlıurfa, Antalya ve Giresun’da meydana gelmiştir. Şanlıurfa’da sel afeti sayısı 23, Antalya’da 17 ve Giresun’da 15’tir (MGM, 2019a).

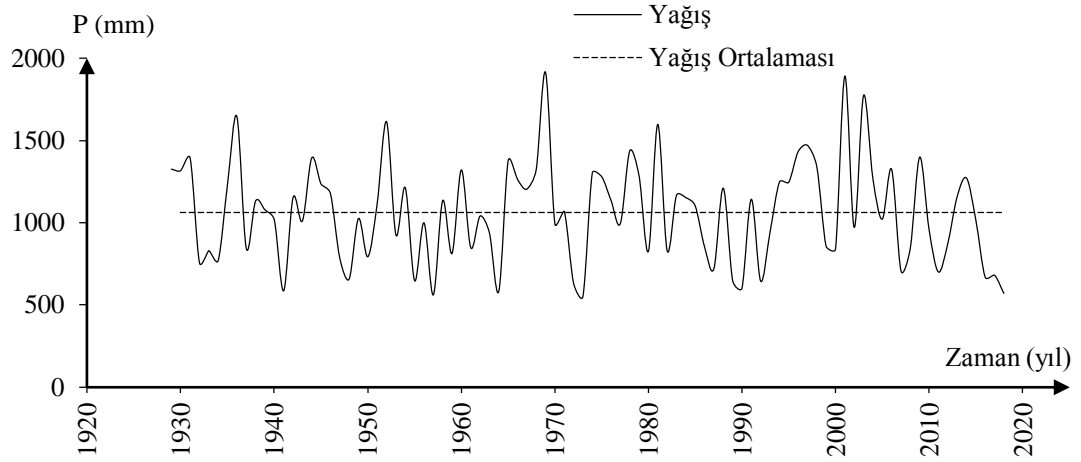


Şekil 1.3. 2018 yılında görülen şiddetli yağış/sel afeti dağılımı (MGM, 2019a)

Ülkemizde, bu aşırı yağışlardan kaynaklı sel felaketleri nedeniyle çok büyük maddi zararlar ve can kayıpları meydana gelmiştir. Bu zararların önlenmesi için geçmişe yönelik uzun yıllar kaydedilmiş yağış verilerinin iyi bir analizi büyük önem taşımaktadır. İyi bir analiz içinde, yağış ölçümlerinin doğru, güvenilir ve uzun yıllar boyunca kaydedilmiş (ölçülmüş) olması bir gerekliliktir. Türkiye'deki yağış ölçümleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Devlet Su İşleri (DSİ) gibi devlet kuruluşlarının yanında, bazı özel kurum ve kuruluşlar tarafından da yapılmaktadır. Günümüzde yağış ölçümleri değişik tiplerdeki yağış ölçüm aletleriyle manuel veya otomatik olarak yapılmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizde uzun yıllarda ölçülen yağış ortalaması verilerindeki değişimler ve yıllık dağılışındaki farklılıklar Türkiye'nin ekosistem bozulmasından ve küresel ısınmadan farklı boyutlarda etkilendiğini göstermektedir. Özellikle son zamanlarda meydana gelen sel felaketlerinin sayısı artmış, bunun sonucunda can kayıplarıyla birlikte çok büyük maddi zararlar meydana gelmiştir. Bu gibi zararların önüne geçmek ya da etkisini azaltmak için öncelikle geçmişe yönelik yağış verilerinin güvenilir bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, küresel iklim değişikliğinin Türkiye yağışlarına etkisi bu yönüyle önem kazanmaktadır. Şekil 1.4'te Antalya Havaalanı İstasyonu'nun, yıllık toplam yağış değerlerindeki değişimlerin zaman serisi verilmiştir. Şekilde yıllık toplam yağış yüksekliği P (mm), zaman serisi t (yıl) olarak belirtilmiştir. Bu şekle göre, 2016-2018 yılları arasındaki değişiklikler ortalamanın altında iken, 2012-2014 döneminde ortalamanın üzerine çıktığı ve 1969 yılında ise rasat döneminin en fazla yağışını aldığı görülmektedir. Ayrıca 2009 yılından sonraki yıllık yağış yüksekliğindeki değişimlerin, ortalama yıllık yağış yüksekliğine göre farklılığı bir hayli belirgindir. Bu sebeple, yapılacak yağış analizlerinin sağlıklı bir biçimde değerlendirilmesi, birçok parametrenin (yağış, akış, sızma, buharlaşma ve terleme vs.) gelecekteki tahmini için bir gerekliliktir.



Şekil 1.4. Antalya havaalanı istasyonunun yıllık toplam yağış değerleri

Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, Antalya bölgesinde bulunan 14 adet istasyona ait günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık geçmiş zaman verileri yağış verileri ayrıntılı olarak değerlendirilerek bölgeye ait yağış dağılımları, büyüklükleri ve eğilimleri ve gelecek tarihlerde olması muhtemel yağışların büyüklükleri, bölgesel dağılımları ve eğilimlerin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Dolayısıyla, gelecekte planlanacak olan su kaynakları tesislerinin tasarımında bir yardımcı çalışma olacağı öngörülmektedir.

Tezin ilk bölümünde yağışların ve yağış analizlerinin önemi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca dünyada ve ülkemizde yağış kavramlarının küresel ısınma ve iklim değişikliğindeki önemi ve etkileri genel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

İkinci bölümde dünyada ve ülkemizde yağış ve yağış analizi ile ilgili yapılan çalışmalarla ve bu çalışmaların içerikleri hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışma alanı olarak seçilen Antalya bölgesi hakkında genel bilgiler verilmiş, yağış analizinde kullanılan materyaller incelenmiştir. Bölümün diğer kısımlarında, alansal yağış hesaplama yöntemleri, yağışların eğilim analizi ve yağışların olasılık dağılımları konularından bahsedilmiştir. Ayrıca yağış analizi oluşturmada kullanılan parametreler ve bu parametrelerin elde edilmesi için kullanılan metotlar hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde, yağış analizi için yapılan işlem adımları sırasıyla anlatılmıştır. Bölümün diğer kısımlarında yağış serilerinin istatistiksel özellikleri, olasılık dağılımları, yağış verilerinin son dönemlerde göstermiş oldukları eğilimler ve yağışların alansal dağılımı belirlenmeye çalışılarak, sonuçlar irdelenmiştir.

Son bölümde Antalya bölgesi yağış olasılığının genel özellikleri ve yağışlarda gözlenen değişimler ortaya konarak, küresel iklim değişikliğinin Antalya yağışları üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Yapılan çalışmanın ileride yapılacak olan çalışmalara sağlayacağı faydalar ile Antalya ilindeki yağışların bölgesel analizinin daha güvenilir şekilde gerçekleştirilmesi için yapılması gerekenler konular üzerinde durulmuştur.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Giriş

Akdeniz iklim kuşağında bulunan Antalya ili, özellikle sonbahar ve kış aylarında meydana gelen yağışlardaki düzensizlikler, başta seralar ve meyve bahçeleri olmak üzere milyonlarca lira zarara hatta can ve mal kayıplara neden olmaktadır. Antalya ilinde meydana gelebilecek taşkınlardan korunmak, taşkın ötelenmesinde, şehir drenaj şebekelerinde ve hidrolik yapıların tasarımında kullanılabilecek çeşitli yinelenme yıllarında olası tasarım yağışlarını doğru tahmin etmek gerekir. Gereğinden büyük yapılmış tahminlerin maliyette önemli artışlara, eksik yapılmış tahminlerin de can ve mal kayıpları riskini meydana getirebilmektedir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, geçmiş yıllarda ölçülmüş olan yağış verilerinin kullanılarak, gelecek tarihlerde olması muhtemel yağışların büyüklükleri, eğilimleri ve bölgesel dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır. İstasyonlarda görülen yağış düzensizliklerinin doğal çevre, turizm ve tarım başta olmak üzere enerji, sanayi, yerleşme, ulaştırma gibi tüm koşullar üzerinde etkili olabileceğinden ve bu tür değişikliklerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve ileride yapılacak çalışmalara katkı sağlaması açısından Antalya ili yağışlarının iyi bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Bilimsel çalışmalarda elde edilen bilgilerin pratik yaşamda karşılaşılan olaylar için veri niteliğinde olması gereğine binaen, bu çalışma ile iklim değişikliğinin Antalya ili yağışlarına etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Literatürdeki yağış tahminlerine bakıldığında, yöntem olarak pek çok modelin kullanılabilir olduğu görülmektedir. Son yıllarda ülkemizde yaşanan yağışlardaki düzensizlikler, beklenmedik sağanaklar ve bunun sonucunda meydana gelen taşkınlar nedeniyle, kullanılan modellerin ve mevcut su yapılarının tasarımının yetersiz olduğunu açıkça görülmektedir. Bu yüzden gerek yurtiçi ve gerekse yurtdışı çalışmalarının iyi bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Bu tez çalışması, Antalya bölgesindeki yağışları ele almakta olup, gelecekte Antalya bölgesinde yapılacak olan mühendislik çalışmalarına bir destek verebileceği düşünülmektedir.

2.2. Yağış Analizi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Yağış analizi, yağış ile ilgili niceliksel büyüklüklerin, alansal dağılımının ve yağışların emniyetli bir şekilde meskûn yerlerden uzaklaştırılması ile ilgili konuların araştırılmasını kapsar. Aşağıda, bu konularla ilgili yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmalar özetlenmiştir.

2.2.1. Ulusal çalışmalar

Ulusal çerçevede ülkemizdeki çeşitli yörelere ait yağışların analizi konusu üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Türkeş (1996), yaptığı çalışmada yıllık yağış değişkenliğinin mekânsal ve zamansal analizini incelemek için Türkiye’de 91 istasyonda 1930-1993 dönemlerine ait yıllık yağış tutarlarına göre yağış değişkenliğinin alansal dağılımını belirlemiştir. Çalışma sonucunda Türkiye’de yıllık yağış değişkenliğinin %13.8 ile %35.6 arasında değiştiğini ve değişkenlik katsayısının en düşük olduğu yer Doğu Karadeniz Bölgesinde Giresun ili, en yüksek olduğu yer ise Güneydoğu Anadolu bölgesinde Adıyaman ili olduğu sonucuna varmıştır.

Yılmaz (2008), yaptığı çalışmada Antalya’nın günlük yağış özellikleri ve günlük yağışların doğal afetler üzerine etkisi incelenmiştir. İnceleme sonunda Antalya’nın, Toros Dağları’nın güney eteğinde yer alması nedeniyle kış aylarında cephesel ve orografik etkilerin birleşmesiyle, uzun süreli ve şiddetli yağışların meydana geldiğini belirtmiştir. Özellikle bir günde 200 mm’yi aşan yağışların kısa sürede etkili olarak tarım ürünlerine ve seralara büyük zarar verdiğini Antalya Tarım İl Müdürlüğü’nden temin ettiği doğal afet kayıtlarıyla karşılaştırarak yağışların doğal afetler üzerine etkisini araştırmıştır.

Anlı vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada Trabzon ilinde meydana gelebilecek taşkınlardan korunmak ve şehir drenaj şebekelerinin tasarımında kullanılabilecek süreleri 14 ile 78 yıl arasında değişen yıllık maksimum yağış dizileri kullanarak, çeşitli yinelenme yıllarında olası tasarım yağışlarını elde etmişlerdir.

Saf (2009), yaptığı çalışmada batı Akdeniz havzasına ait 1940-2000 yılları arasında veriye sahip 47 akım gözlem istasyonunun yıllık taşkın serilerinin bölgesel taşkın frekans analizi L-moment parametre tahminlerine dayalı taşkın indeks yöntemi ile hesaplamıştır. Havzayı üç homojen alt bölgeye ayırıp akım gözlem istasyonlarına ait çeşitli yineleme aralıklarına ait tasarım değerlerini hesaplayarak Batı Akdeniz akarsu havzalarındaki su yapılarının güvenilir tasarım taşkın tahminlerinin elde edilmesinde önemli ve güvenilir bilgi sağlamıştır.

Ölgen (2010), yaptığı çalışmada Türkiye’de uzun yıllara ait yağış değişkenliğinin mekansal dağılımını belirlemek için 1950-2009 arası rasat süresini kapsayan toplam 64 istasyonun aylık yağış verileri kullanılarak yağış değişkenliği katsayısı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda mevsimsel yağış rejimine bağlı olarak değişkenlik katsayısının güney bölgelerde artarken, kuzey bölgelerde azaldığı sonucuna varmıştır.

Gönençgil ve İçel (2010), Türkiye’nin Doğu Akdeniz Kıyılarında yer alan 11 meteoroloji istasyonunun, 1975-2006 yılları arasını kapsayan yağış verileri kullanılarak, tek yönlü varyans analizi ile çözümlenmeler yapmışlardır. Çalışma sonucunda mevsimlik yağış yoğunluklarının yıllara göre değişimini incelemişler, Doğu Akdeniz Kıyılarında yıllık toplam yağışlarda ve yağışlı gün sayılarında eğilim, kuvvetli bir azalma olduğunu ve 1975-2006 yılları arasını kapsayan 32 yıllık periyotta toplam yağış ve yağışlı gün sayılarında görülen kuvvetli azalmanın İlkbahar ve Kış mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir.

İlker (2012), Akdeniz Bölgesi’nde yağışın alansal dağılımını incelediği çalışmasında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yağış dağılım haritalarını oluşturmuştur. Yağış dağılım haritalarını, Ters Mesafe Ağırlıklı enterpolasyon (IDW), Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri ile oluşturarak dağılım haritalarında genel olarak IDW enterpolasyon yönteminin uygulanabilir olduğunu ve uygun sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Örgün (2015), yaptığı çalışmada Türkiye’de bulunan 242 meteoroloji istasyonundan elde edilen 1957-2010 tarihleri arasındaki standart süreli maksimum yağış şiddeti değerlerini inceleyerek her bir istasyonda Log-Normal, Gumbel ve Log- Pearson Tip 3 dağılımlarına olasılık çizgisi korelasyon testi ve Kikare uygunluk testlerini

uygulamış ve en uygun dağılımın Log-Pearson Tip 3 olduğu, ikinci uygun dağılımın ise Gumbel dağılımı olduğu sonucuna varmıştır.

Yıldırım (2015), yaptığı çalışmada Orta Fırat Havzasına ait 5 tane akım gözlem istasyonuna ait akım verilerini yıl ve ay bazında ayırarak Mann-Kendall, Şen eğimi ve Şen trend analizi metotlarını uygulayarak trend varlığını araştırmıştır ve Şen'in trend analiz yönteminin klasik trend analizi metotlarına kıyasla görsellik açısından daha başarılı bir performans sergilediğini belirtmiştir.

Dabanlı (2017), Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış ve sıcaklığa etkisinin belirlenmesini incelemiştir. Çalışmada, iklim değişikliğinin Akarçay havzası su kaynaklarına etkisini araştırarak, istatistiksel alt ölçekleme yapmış ve 2011-2100 zaman aralığında aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık tahminleri elde etmiştir.

Zeybekoğlu ve Karahan (2018), yapmış oldukları çalışmada Türkiye'deki 207 yağış gözlem istasyonuna ait standart süreli yağış şiddeti veri setlerine Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho eğilim belirleme testleri uygulamış ve test sonuçlarına göre yağış şiddetlerinin eğilimlerini tespit etmişlerdir.

DSİ (2019), Orman ve Su İşleri Bakanlığı "Hidroloji İhtisas Heyeti" altında kurulan "Alansal Yağış Alt Çalışma Grubu" ile ülkemizin su potansiyelinin belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, yağış miktarının alansal olarak belirlenmesi için Türkiye'de 1981-2010 dönemlerine ait 255 adet meteoroloji istasyonunun yıllık toplam yağış verilerini 7 farklı bilimsel yöntemde kullanarak (Aritmetik Ortalama, Thiessen Çokgen, Ağırlıklı Çokgen, Mesafenin Tersine Ağırlıklı, Yüzde Çokgen, Eş Yağış Eğrileri ve Kriging Yöntemi) Türkiye'nin alansal yağış ortalamasını hesaplamıştır. Bu yöntemler arasında en uygun alansal yağış hesaplama yönteminin Kriging Yöntemi olduğunu belirlemişlerdir ve Türkiye'nin alansal yağış ortalamasının 574.0 mm, toplam yağış hacminin ise 449.6 m³ olarak belirlemişlerdir.

2.2.2. Uluslararası çalışmalar

Uluslararası alanda çeşitli ülkelere ait yağışların analizi konusu üzerinde çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Buffoni vd. (1999), İtalya’da bulunan 32 meteoroloji istasyonuna ait 1833-1996 yılları arası ölçülen yıllık ve mevsimsel toplam yağış değerlerinin değişimini Mann-Kendall eğilim testiyle belirlemeye çalışmış ve İtalya’nın toplam yağış değerlerinde azalan eğilim tespit etmiştir. Mevsimlik yağış değerleri kullanılarak yapılan çalışmada ise ilkbaharda İtalya’nın kuzey ve güney bölgelerinde, sonbahar mevsiminde ise kuzey kesiminde azalan eğilim olduğunu belirtmiştir.

Brunetti vd. (2000), kuzey İtalya’nın yağış yoğunluğunu belirlemek için 5 meteorolojik istasyonun 1833-1998 dönemine ait verilere Mann-Kendall Testi uygulayarak ortalama yağışlı gün sayısının toplam yağış değerlerine oranla daha fazla azalma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir.

Gong vd. (2004), Kuzey Çin bölgesindeki 30 yağış ölçüm istasyonunun 1956-2000 dönemlerine ait mayıs-eylül ayları arasındaki günlük yağış kayıtlarını analiz ettikleri çalışmada, az yağışlı gün sayısında bir artış olduğunu orta ve üzeri şiddete sahip yağışların ise azalan yönde eğilim olduğunu tespit etmişlerdir.

Bonaccorso vd. (2005), İtalya’nın Sicilya bölgesine ait 1920’li yıllarda başlayan ve en az 50 yıllık ölçüm yapılan en yüksek yağış serilerindeki doğrusal ve doğrusal olmayan eğilimlerin varlığını değerlendirmek amacı Student-t testi ve Mann-Kendall testini uygulayarak serilerde azalan eğilim olduğunu belirtmişlerdir.

Bayraktar vd. (2005), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 10 meteoroloji istasyonu verilerini dikkate alarak bölgenin alansal yağış ortalamasını belirlemek için Thiessen, İzohiyet, Yüzde Ağırlıklı Poligon ve Aritmetik Ortalama yöntemlerinin uygulamalarını yaparak karşılaştırmışlar ve Yüzde Ağırlıklı Poligon yönteminin diğer yöntemlere göre %13.5 daha küçük değer verdiği sonucuna varmışlardır.

Madsen vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada, iklim değişikliklerinin Avrupa'ya olan etkileri incelemek için, yağış ve taşkın analizleri yapmışlardır. Analizler sonucu bazı ülkelerde iklime bağlı değişiklikler, bölgesel olarak değişen artan ve azalan trendler olduğu sonucuna varmışlardır.

Awadallah (2015), yaptığı çalışmada Suudi Arabistan'nın Cidde havzasında bulunan 10 adet istasyona ait 40 yıllık yağış verilerini kullanarak L-moment yöntemi ile bölgesel frekans analizi yapmıştır. Yapılan çalışma sonucu en uygun dağılımın Gamma dağılımı olduğunu sonucuna varmış ve Şiddet-Süre-Tekerrür periyodu grafiklerini oluşturmuştur.

Tian vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada, 1961-2011 yılları arasında Çin'in doğu tarafında bulunan 299 meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık ve yağış verilerine trend analizi için Mann- Kendall ve Şen metodlarını uygulamışlardır. Çalışma sonucu, soğuk bölgelerde güçlü bir eğimle azalan trend, sıcak bölgelerde ise güçlü bir eğimle artan trend olduğu sonucuna varmışlardır.

Çeribaşı (2018), İklim değişikliğinin Batı Karadeniz Havzasında etkisini araştırmak için Batı Karadeniz Havza'sında bulunan 10 adet meteorolojik istasyonlardan alınan yağış verilerine Yenilikçi Şen yöntemi uygulamış ve 4 istasyonda azalan trend, 1 istasyonda artan trend olduğu sonucuna varmış, 5 istasyonda ise trende rastlamamıştır.

Ülkemizde yapılan çalışmalara baktığımızda, Antalya bölgesine ait yağış analizinin detaylı olarak yapılmadığı görülmekte ve bu Yüksek Lisans çalışması bu açığı kapatacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Antalya İli Türkiye'nin güneybatısında 29°20'-32°35' doğu boylamları ile 36°07'-37°29' kuzey enlemleri arasındadır. Güneyinde Akdeniz ve kuzeyinde denize paralel uzanan Toroslar ile çevrili olup, doğusunda İçel, Konya ve Karaman, kuzeyinde Isparta ve Burdur, batısında Muğla illeri ile komşudur. İlin yüzölçümü 20815 km² kadardır. Bu Türkiye yüzölçümünün %2.6'sı kadarına karşılık gelir. Akdeniz Bölgesi'nin batısında bulunan Antalya ili, bölge yüzölçümünün ise %17.6'sını oluşturur. İl, doğal ve kültürel coğrafya özellikleri bakımından büyük bir zenginliğe sahiptir (Sarı, 2010).

Antalya İlinin; Aksu, Döşemealtı, Kepez, Konyaaltı, Muratpaşa, Akseki, Alanya, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Gündoğmuş, İbradi, Kale (Demre), Kaş, Kemer, Korkuteli, Kumluca, Manavgat ve Serik olmak üzere toplam 19 ilçesi bulunmaktadır. Antalya İlinin Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2018 verilerine göre toplam nüfusu 2426356 kişidir ve Antalya ili Türkiye'de en çok nüfusa sahip beşinci il konumundadır (Şekil 3.1).

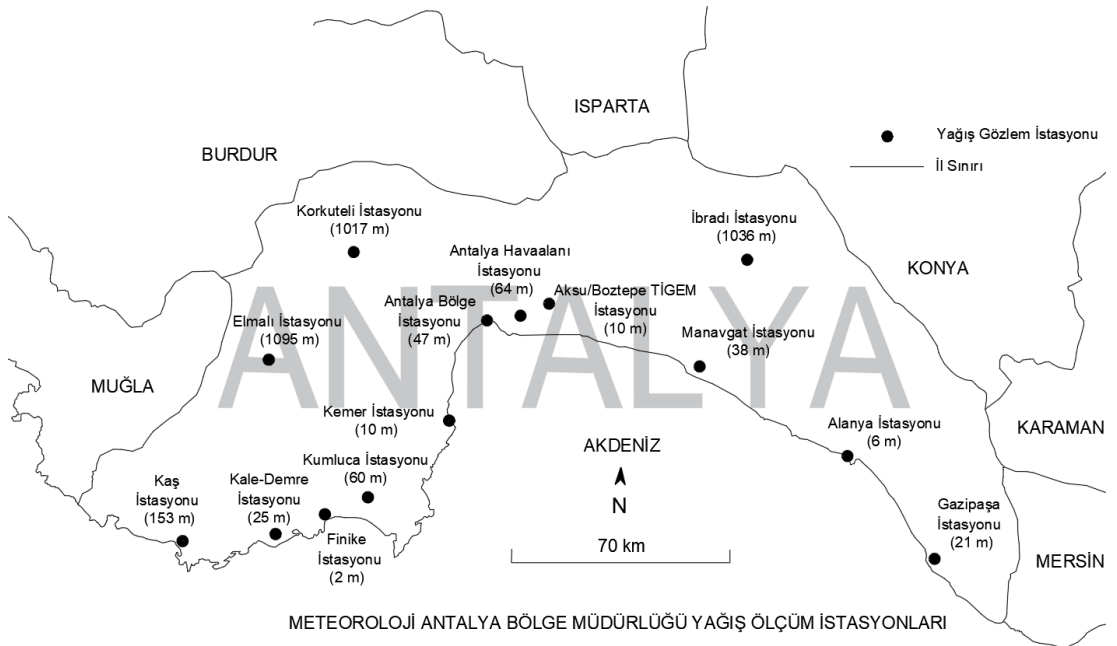


Şekil 3.1. Antalya ilinin Türkiye'deki konumu (HGM, 2020) (Değiştirilmiş)

Antalya ve çevresi Akdeniz İklim Kuşağında yer almaktadır. Bu iklimin özelliği, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlıdır. Dünyanın en büyük iç denizi

durumunda olan Akdeniz'e gelen hava kütleleri termik ve dinamik değişiklerle (ısınma, nem kazanma, yükselme, alçalma gibi) Akdeniz Bölgesini etkilemektedir. Akdeniz'de oluşan buharlaşma nedeniyle atmosfere katılan nem, özellikle yaz aylarında Antalya ve çevresinde yöresel kararsızlık yağışlarının meydana gelmesine neden olur. Akdeniz üzerinden gelen nemli havanın, kıyıya paralel olarak uzanan dağların rüzgâr alan yamaçları boyunca yükselmesiyle buralarda kuvvetli orografik yağışlar görülmektedir. Böylece Antalya ve çevresindeki dağların, denize bakan yamaçlarında çok yoğun yağış, iç kesimlerinde ise daha az yağış görülür (Özmen, 2015).

Bu çalışmada materyal olarak Antalya ilinde bulunan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 14 yağış gözlem istasyonundan elde edilen ve süreleri 14 ile 90 yıl arasında değişen yağış dizileri kullanılmıştır. Yıllık maksimum yağışlar söz konusu ilde meydana gelebilecek taşkınlara doğrudan etkili olacağından, tasarım yağışlarının yinelenme yıllarının tahmininde göz önüne alınmıştır. Çizelge 3.1'de çalışma için elde edilen yağış miktarlarının ölçüldüğü istasyonlar ve bunların bazı karakteristikleri, Şekil 3.2'de ise bu ilde bulunan yağış gözlem istasyonlarının dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.2. Antalya ili yağış gözlem istasyonları

Çizelge 3.1. Antalya ili yağış gözlem istasyonlarına ait bilgiler

| İstasyon Numarası | İstasyon Adı | Gözlem Periyodu | Ölçüm Yılı Sayısı (N) | Rakım (m) | Enlem (K) | Boylam (D) |
|-------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 17895 | Aksu/Boztepe TİGEM | 2005-2018 | 14 | 10 | 36° 56' 22" | 30° 53' 53" |
| 17310 | Alanya | 1941-2018 | 78 | 6 | 36° 33' 03" | 31° 58' 49" |
| 17302 | Antalya Bölge | 2005-2018 | 14 | 47 | 36° 53' 06" | 30° 40' 58" |
| 17300 | Antalya Havaalanı | 1929-2018 | 90 | 64 | 36° 54' 23" | 30° 47' 56" |
| 17952 | Elmalı | 1958-2018 | 61 | 1095 | 36° 44' 14" | 29° 54' 44" |
| 17375 | Finike | 1960-2018 | 59 | 2 | 36° 18' 09" | 30° 08' 45" |
| 17974 | Gazipaşa | 1970-2018 | 49 | 21 | 36° 16' 18" | 32° 18' 16" |
| 17927 | İbradı | 2005-2018 | 14 | 1036 | 37° 05' 49" | 31° 35' 43" |
| 17970 | Kale-Demre | 1982-2018 | 37 | 25 | 36° 14' 32" | 29° 58' 44" |
| 17380 | Kaş | 1964-2018 | 55 | 153 | 36° 12' 01" | 29° 39' 01" |
| 17953 | Kemer | 2005-2018 | 14 | 10 | 36° 35' 39" | 30° 34' 02" |
| 17926 | Korkuteli | 1968-2018 | 51 | 1017 | 37° 03' 23" | 30° 11' 28" |
| 17951 | Kumluca | 2005-2018 | 14 | 60 | 36° 21' 53" | 30° 17' 52" |
| 17954 | Manavgat | 1959-2018 | 60 | 38 | 36° 47' 22" | 31° 26' 28" |

İklim değişikliğinin en önemli göstergelerinden biri de ekstrem olayların sayısının, frekansının ve büyüklüğünün artmasıdır. 2018 yılında Akdeniz’de görülen Tropik benzeri fırtına, sadece ülkemizi değil çevre bölge ülkelerini de heyecanlandırmıştır. 2018 yılında görülen meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde, şiddetli yağış/sel (%39), fırtına (%28) ve dolu afeti (%16) ilk sıralarda yer almaktadır (MGM, 2019b).

Ayrıca 2018 yılı aylık ve günlük periyotta en yüksek yağışların yaşandığı, rekor miktarların ölçüldüğü bir yıl olmuştur. 24 saatlik en yüksek yağışların genel olarak Akdeniz kıyı kesimleri ile Rize, Hopa, Bitlis, Erzincan, Muğla çevrelerinde ve Trakya’nın kuzey kesimlerinde gerçekleşmiştir. 16-17 Aralık 2018 Tarihinde Antalya Kemer ilçesinin Ovacık Köyü’nde gerçekleşen günlük toplam 490.8 mm yağış yeni Türkiye rekoru olarak kayıtlara geçmiştir (MGM, 2019b).

3.2. Yağış

Atmosferden katı ya da sıvı halde yeryüzüne düşen sulara yağış denir. Sıvı haldeki yağış yağmur şeklindedir, katı haldeki yağış ise kar, dolu, çığ, kırağı şekillerinde olabilir. Yağmur ve kar hidrolojik bakımdan en önemli iki yağış şekli olup hidrolojik açıdan aralarındaki önemli fark yağmur halinde yeryüzüne düşen sular derhal akış haline geçtikleri halde karın genellikle uzun bir süre sonra erimesidir (Bayazit, 2003).

Yağışın meydana gelebilmesi için öncelikle atmosfer içerisinde yeterli miktarda su buharı bulunmalıdır. Su buharının yağış oluşturması için içinde bulunduğu hava kütesinin soğuması gerekir. Hava kütesi soğuyunca su buharı taşıma kapasitesini zamanla kaybeder ve doyma kapasitesine ulaşır. Doyma kapasitesini aşan su buharı yoğunlaşarak bulutları meydana getirir. Bulutlar içinde bulunan küçük çaplı su taneciklerinin yağışa geçmesi içinse yeryüzüne düşecek irilikte damlalar oluşturması gerekir.

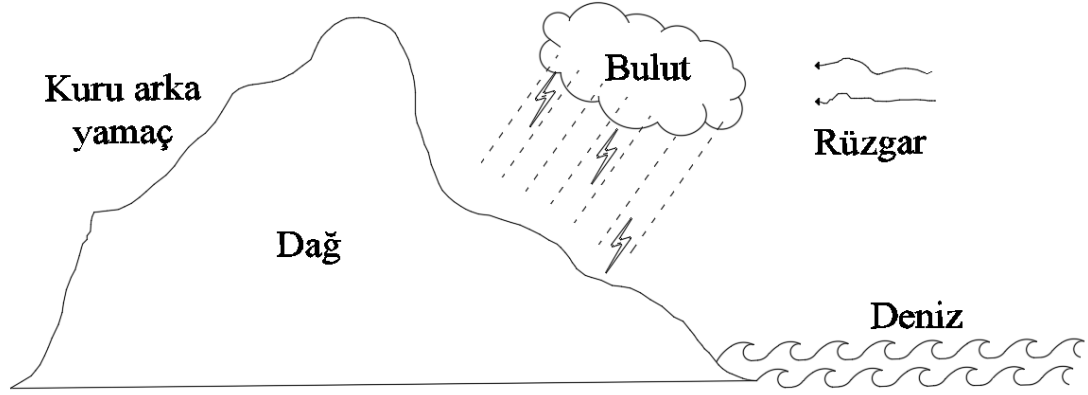
3.2.1. Yağış tipleri

Hava kütlelerinin veya bulutların doyma kapasitesine ulaşabilmeleri için soğumaları gerekir. Bu soğuma dinamik yolla, farklı sıcaklıktaki iki hava kütesinin karışmasıyla veya havanın kendisinden daha soğuk yer veya su yüzeyiyle temas etmesiyle olabilir. Yağış tipleri de soğuma tiplerine göre belirlenir ve genel olarak birbirinden farklı üç yağış mekanizması vardır.

3.2.1.1. Yükseklik farkına dayanan (orografik) yağışlar

Yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden atmosfer kütesi, dağ yamaçları boyunca yükselirken yüksek kesimlerdeki düşük sıcaklık nedeniyle soğur. Bu kütlelerin sıcaklığı çığlenme noktasının altına düştükten sonra meydana gelen yağış, orografik olarak adlandırılır (Şekil 3.3). Alt atmosfer katmanı içinde genellikle fazla miktarda nem bulunduğu için orografik yağışlar şiddetli karakterde olabilir. Bu yağışlar mevsimlere bağlı değildir ve şiddeti de soğuma hızına göre farklılık gösterir. Atmosfer kütesi alçalırken ısınacağı için, dağın diğer yamacı

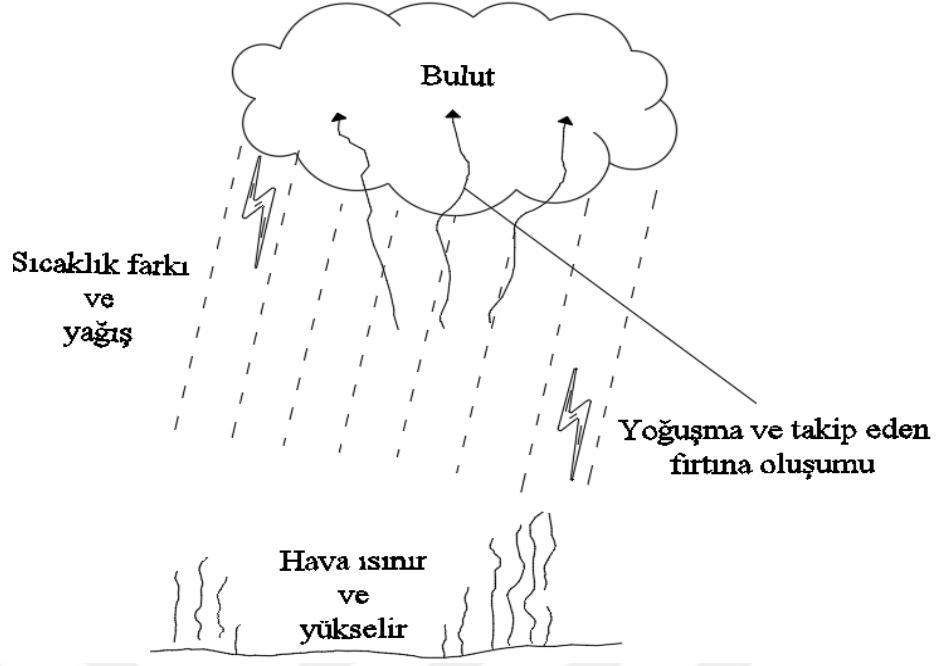
ön cepheye göre daha az yağmur alır. Dağın bu kesimi rüzgâr altı tarafı olarak belirtilir (Okman, 1994).



Şekil 3.3. Yükseklik farkı yağışları

3.2.1.2. Sıcaklık farkına dayanan (konvektif) yağışlar

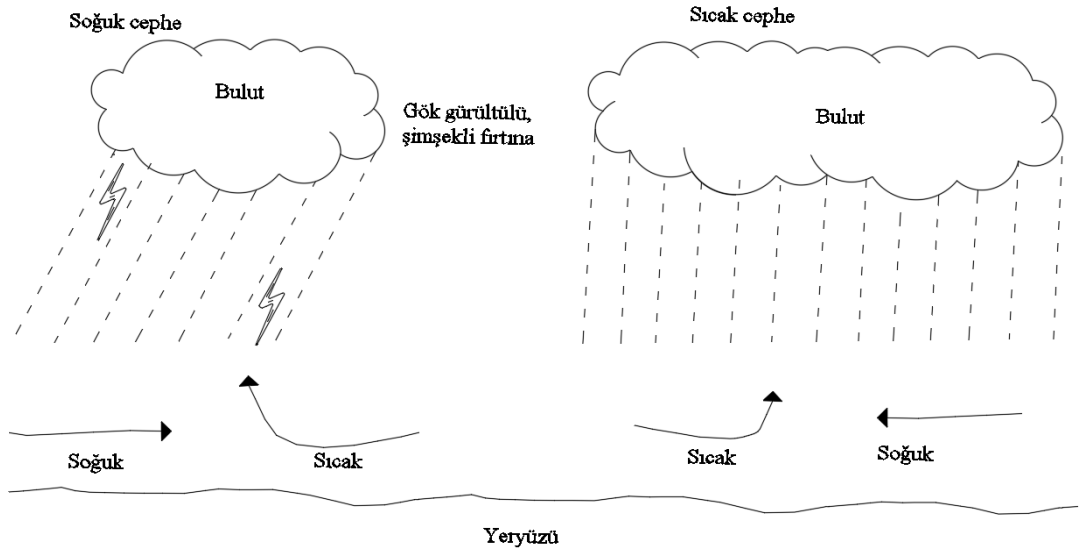
Bu yağışların meydana gelmesi için mutlaka bir serbest su yüzü birikimine gerek yoktur. Troposferde değişik sıcaklıklar, yatay (adveksiyon) veya düşey (konveksiyon) taşınimleri meydana getirir. Sıcaklık farkı yağışları oldukça sıcak ve nemli havanın üst taraftaki nispeten daha serin olan hava tabakalara doğru genişleyerek taşınması esnasındaki yoğunlaşmalar ortaya çıkar (Şekil 3.4). Bu tür yağışlara en önemli misaller yazın meydana gelen sağanaklardır. Sıcak bir yaz ve gününde, yeryüzü öğlen üzeri veya öğlenden sonra oldukça ısınır. Yeryüzünün aldığı bu ısı daha sonra onun yakınındaki hava tabakalarının ısınması ile yükselmesine sebep olur. Isınan hava üst taraftaki daha serin hava tabakalarına doğru yükselir. Yükselen havanın içinde yeterli miktarda su buharı yani nem bulunması halinde (yoğuşma seviyesinde) nem hızlıca soğuyarak damlacıklar, halinde yağışa dönüşür. Bunun sonucunda genel olarak bir tek fırtına ile şiddetli yağışlar meydana gelir. Türkiye’de İç Anadolu bölgesinde yaz aylarında öğlenden sonra görülen yağışlar bu türdendir (İlker, 2012).



Şekil 3.4. Sıcaklık farkı yağışları

3.2.1.3. Basınç farkına dayanan (siklonik, cephe) yağışlar

İki yöre arasındaki hava basıncının farklı olması sonucunda ortaya çıkan hava hareketleri ile meydana gelen bu yağış türüne siklonik yağış (cephe yağışı) adı verilir. Bu yağışlar alçak basınç merkezine doğru havanın alçalması veya yükselmesi ile olur. Hava hareketi daima yüksek basınçtan düşük basınç bölgelerine doğrudur. Farklı basınç bölgeleri arasındaki sınıra ise cephe adı verilir. Bu sebeple, basınç farkı türlerine literatürde, bazen cephe yağışları da denildiği görülebilir. Cephe yağışları ılık bir hava kütesinin soğuk olanın üzerine binmesi ile meydana gelir. Soğuk cepheler soğuk havanın sıcak hava altına doğru ilerlemesi ile olur. Sıcak cephe de tam aksi olarak, sıcak veya ılık havanın soğuk veya daha soğuk havanın üzerine doğru ilerleyişi ile olur (Şekil 3.5). Soğuk cephe ile ilişkili ortaya çıkan yağışların şiddeti oldukça yüksektir ama küçük alanları kapsar. Sıcak cephelerde, yağış şiddetinin daha az olmasına mukabil kapladıkları alanlar büyüktür. Kasırga gibi hava olayları da soğuk cephelerle ilişkilidir (Şen, 2003).



Şekil 3.5. Basınç farkı yağışları

3.2.2. Yağış ölçerler

Hidroloji hesaplamalarının mühendislik uygulamaları için güvenilir olması, sağlıklı gözlem ve ölçümlerin yapılması ile mümkündür. Yağış ölçüm cihazları, o yörenin iklimini iyi temsil edebilecek yerlere konulmalıdır. Genel olarak, cihaz yerlerinin seçiminde aşağıdaki noktalar göz önünde tutulmalıdır.

- Ulaşımı kolay, düz veya az eğimli yerler tercih edilmeli.
- Cihaz yeri yağış bakımından geniş, oldukça çukursuz ve tepesiz bir alanı temsil etmeli,
- Cihaza yakın engelin yüksekliği Y ise cihazın bu engele uzaklığı en az $3Y$ kadar olmalı,
- Cihazların hassasiyetine tesir eden toz gibi maddelerin ve kimyasal kirliliklerin uzak olduğu yerler seçilmelidir. Karayollarından, inşaat alanlarından, toprak ve kum yüzeylerinden kalkan tozlar ve sarsıntı yapan demir yollarından uzak bulunmalı,
- Cihazların etrafı insan ve hayvanların girmesine engel olacak şekilde düzenlenmelidir.

Bir yörenin yağış rejimi hakkında bilgi ancak geçmişte yapılmış olan yağış kayıtlarının incelenmesi sonunda elde edilebilir. Bunun için yağışların değişik istasyonlarda sürekli veya belirli zaman aralıklarında ölçülerek kayıtlarının gelecekte kullanılmak

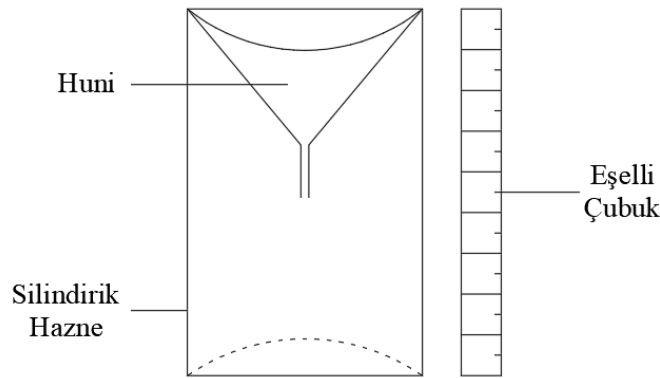
üzere muhafaza edilmesi lazımdır. Ülkemizde bu kayıtların temin edilerek saklanması ve kullanıcılara verilmesi işleri ile Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) teşkilatı uğraşmaktadır (Şen, 2002).

Yeryüzüne düşen yağışı ölçmek için ülkemizde ve dünyada çok değişik tipte “yağışölçer” denilen aygıtlar kullanılır. Yağışölçerler konuldukları yerlerin yağış yüksekliğini verir. Yağışlar, alan üzerinde ne kadar üniform dağılırsa, o kadar az sayıda yağışölçere ihtiyaç vardır. Doğada, yukarıda izah edilen yağış türlerinin oluşumundan da anlaşılacağı üzere üniform olmayan durumlar söz konusudur. Bu sebeple dağlık olan engebeli yerlerde daha sık yağışölçer konulması gerekir (Şen, 2002).

Yağışölçerler, genel olarak yazıcı olan ve yazıcı olmayan olarak iki tipte göz önüne alınır, ancak uzun süreli yağış ölçümleri için depolamalı ölçerler ile hava tahmin radarları da kullanılır.

3.2.2.1. Yazıcı olmayan yağış ölçerler (plüvyometre)

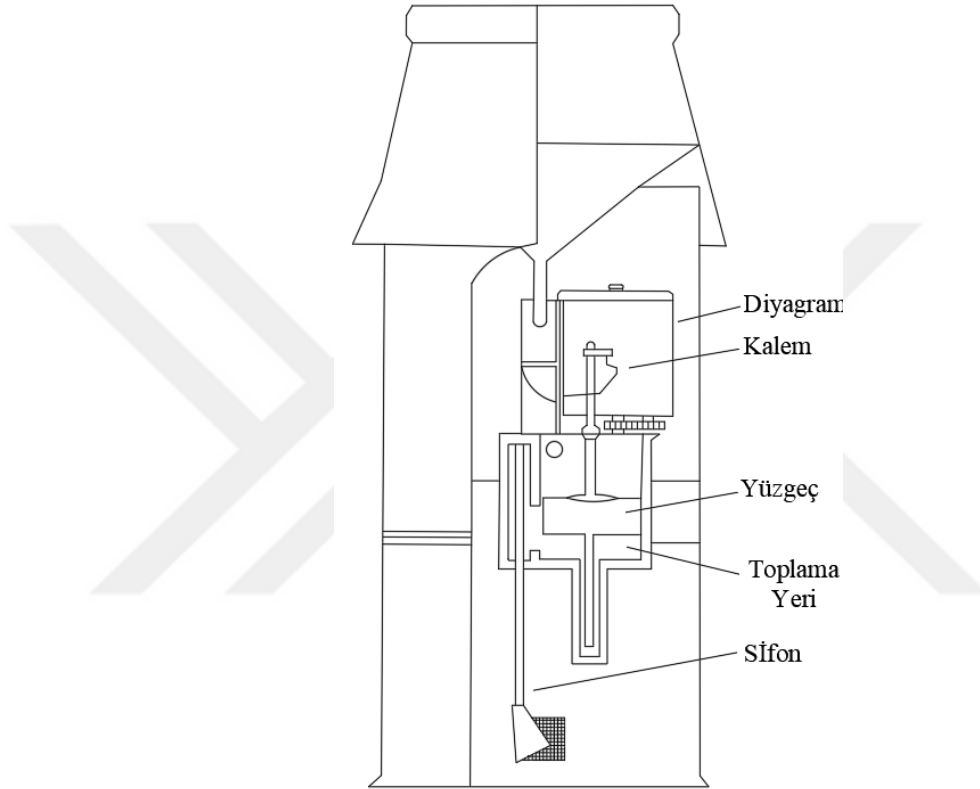
Yağmuru toplayan herhangi bir kap yağış ölçer olarak kullanılabilir. Dünyada farklı tipte ve boyutlarda yağış ölçer kaplar mevcuttur. Türkiye’de de yağış ölçümü için Hellman tipi yağış ölçer kullanılır (Şekil 3.6). Bu yağış ölçer 44 cm yüksekliğe ve 16 cm çapa sahiptir. Bu yağış ölçerlerde genelde günlük ölçüm yapılır ve kaydedilir. Ancak gün sonunda günlük toplam yağış miktarı ölçülebilir.



Şekil 3.6. Yazıcı olmayan yağış ölçer

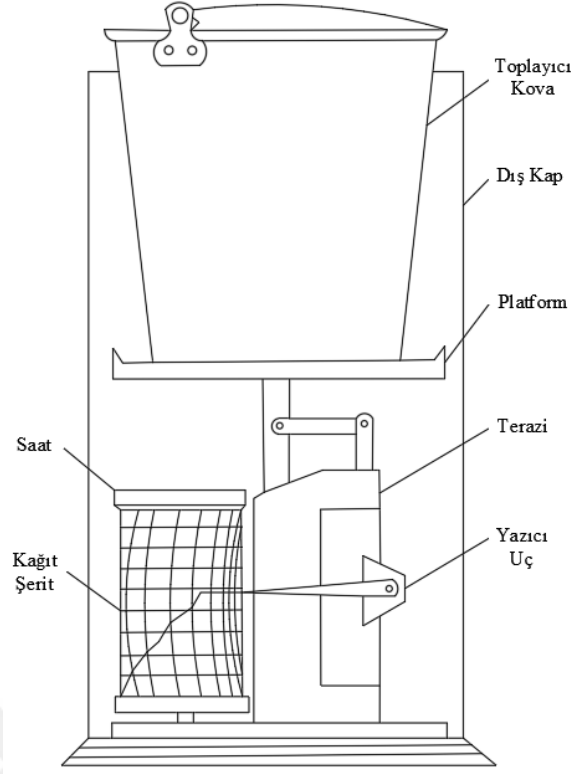
3.3.2.2. Yazıcı olan yağış ölçerler (plüvyograf)

Bu yağış ölçerler yağış yüksekliğinin zamanla değişimini kâğıt üzerine kaydederek, yağışın sadece toplam miktarını değil, aynı zamanda yağış hızının da belirlenmesini sağlar (Şekil 3.7). Dünyada ve ülkemizde birçok yazıcı olan yağış ölçerler kullanılır. Bunlardan en çok kullanılanları devrilen kovalı, terazili ve sifonlu yağış ölçerlerdir.



3.2.2.2.1. Terazili yağış ölçerler

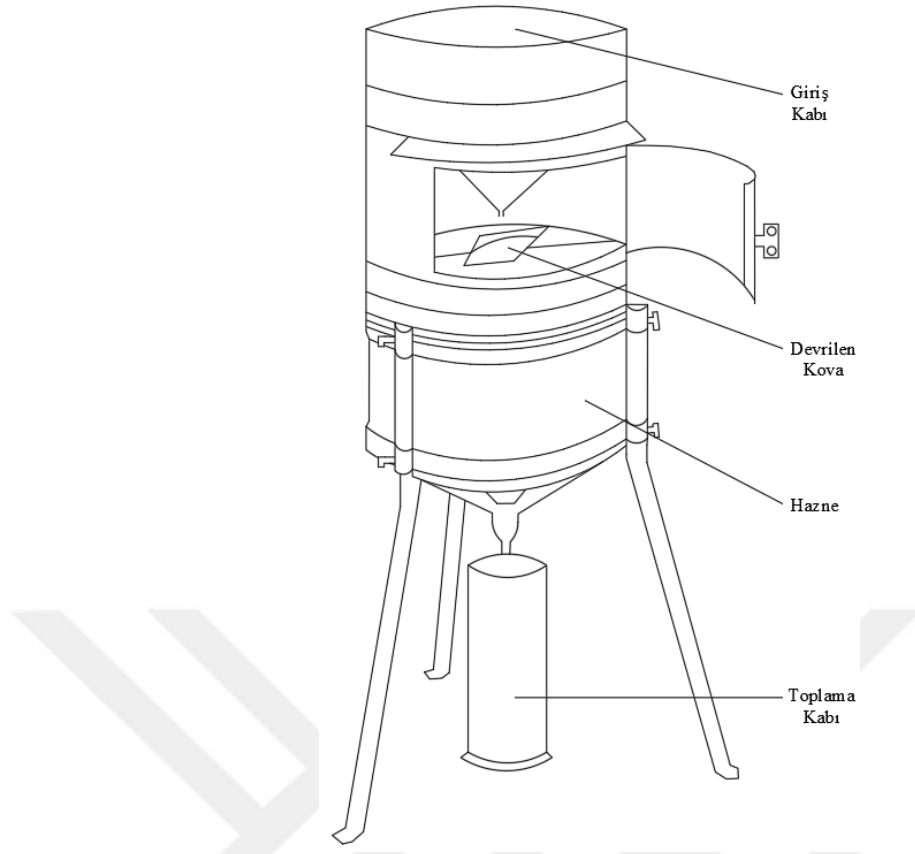
Türkiye’de en çok kullanılan yağış ölçer tipidir. Alet; toplayıcı bir kovadan, bu kovanın altında bulunan teraziden ve yağış değişimini grafik üzerinden çizerek kaydeden bir kalem tertibatından oluşur (Şekil 3.8). Grafikteki yatay eksen yağışın zamana göre değişimini, dikey eksen ise yağış yüksekliğini mm cinsinden ifade eder. Günlük bilgi alındıktan sonra kova boşaltılır ve ölçüme hazır hale getirilir.



Şekil 3.8. Terazili yağış ölçer

3.2.2.2.2. Devrilen kovalı yağış ölçerler

Devrilen kovalı plüvyograflar Türkiye’de kullanılmamaktadır. Sistem 2 bölmeli toplayıcı bir kovadan, basit bir elektrik devresinden ve bir de yazıcı bir düzenekten meydana gelir (Şekil 3.9). Bu tip yağış ölçerler kar yağışı için ayrı bir tertibat gerektirdiği için kullanımı çok yaygın değildir.



Şekil 3.9. Devrilen Kovalı yağış ölçer

3.2.2.2.3. Sifonlu yağış ölçerler

Şamandıralı plüvyograflar da denilen bu yağışölçerler Türkiye’de de kullanılmaktadır. Sistem suyun toplanması için bir hazneden, şamandıradan, grafik kâğıdından ve şamandıraya bağlı yazıcı kolundan meydana gelir. Ölçüm aletinin dezavantajı suyun donmasıdır. Bu sorunu çözmek için suyun donmaması için kimyasal maddeler kullanılır.

3.3.2.3. Depolamalı yağış ölçerler

Türkiye’de de yaygın bir kullanımı olan bu yağış ölçerler genelde mevsimsel toplam yağışların ölçümünde kullanılır. Sistem bütün bir mevsimde gelen yağışı depolayabilecek boyutta bir tank ve donmayı önleyici kimyasal maddelerin bulunduğu bir tertibattan oluşur. Ölçüm imkânının bulunmadığı yerlerde bu tip yağış ölçerler kullanılır ve ölçümler mevsim sonlarında yapılır.

3.2.2.4. Hava tahmin radarları

Yağışların zaman ve mekân değişiklerinin belirlenmesi için meteoroloji radarları faydalıdır. Böyle bir radar anteninden düzenli aralıklarla elektromanyetik ışınım (radyasyon) gönderilir. Gönderilen dalgalar 1 µm mertebesindedir. Her saniyede sistem bunlardan yaklaşık olarak 1000 tanesini gönderir. Gönderilen dalgalar arasındaki zamanlardan radar, önceden gönderilen ışınımın geri gelme miktarını ölçer. Geri alınan ışınım değerlerinden atmosferdeki yağış durumu hakkında bilgi alınabilir (Şen, 2003).

Türkiye’de de kullanılan radarlar, dalga uzunluğu 1-10 cm olan yağış ölçmekte kullanılan sistemlerdir. Sistem yaklaşık 200 km yarıçapında bir alana elektromanyetik radyasyon dalgaları göndererek yağmurun şiddeti ve miktarı hakkında tahminler yaparlar.

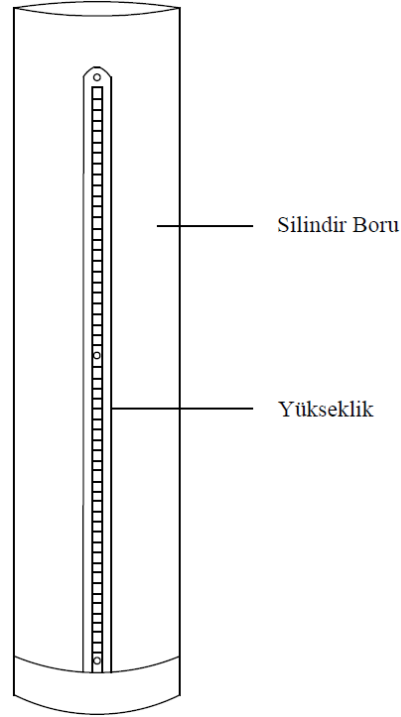
3.2.2.5. Kar ölçümleri

Kar ölçümleri yazıcı ve yazıcı olmayan standart yağış ölçerleri, mevsimlik depolama yağış ölçeri, kar direkleri ve kar yastıkları ile yapılır. Standart yağış ölçerler rüzgârın kar üzerindeki etkisini azaltmak için genellikle bir koruyucu ile korunurlar (Türksoy, 1981).

Hidrolojistler, genellikle, karın derinliğinden çok su eşdeğeri ile ilgilenirler. Bir kar kütesinin su eşdeğeri, eritildiğinde meydana gelen sıvı suyun derinliğidir ve kütenin sadece derinliğine değil yoğunluğuna da bağlıdır. Kar yoğunluğu, kar kütesinin erimesinden meydana gelen suyun hacminin kütesinin ilk hacmine oranıdır. Bu oran yüksek yerlerde yeni yağmış taze kar için 0.004’ten, buzullardaki sıkışmış kar için 0.91’e kadar değişir. Ortalama değer olarak yeni kar için 0.1, bahar çözülmesinden önceki zaman için 0.4-0.6 arasında bir değer alınır. Su eşdeğeri ve yoğunluk ölçümleri kar örnekleri alınarak kar tüpü ile veya basınç yastıkları ile yapılır (Türksoy, 1981).

Kar-su eşdeğer aleti olarak ta isimlendirilen bu alet en az 5 cm ve en fazla 60 cm kar tabakasında kar-su eşdeğer ölçümü yapar (Şekil 3.10). Aletin ağız kısmı 200 cm² dir

ve yükseklik sütunu eşit aralıklarla bölünmüştür. Kar ölçümlerinin ardından kar yükseklikleri rasat el defterine kaydedilir.



Şekil 3.10. Kar-su eşdeğeri aleti

3.3. Alansal Yağış Hesaplama Yöntemleri

İklim elemanları içerisinde zaman ve mekân bakımından en fazla değişkenlik gösteren parametre yağıştır. Yağış yüksekliği bir yerden diğerine farklılık göstermektedir. Meteorolojik parametreler dünya üzerinde her noktada ölçülemezler. Yağış ölçümleri meteoroloji istasyonlarında noktasal olarak yapılmaktadır. En basit yolla bir bölgenin yağış ortalaması hesaplanırken, o bölgeye giren istasyonların yağışlarının aritmetik ortalaması alınır. Eğer bölgenin bir kısmını kapsayan yükseklik farkı yağışlarına sebep olabilecek engebeler veya sıcaklık farkı yağışlarına meydan verecek sıcaklık farkı (konvektif) söz konusu ise aritmetik ortalama yöntemi kullanılmamalıdır (Şen, 2003). Aritmetik Ortalama Yöntemi bölgeyi homojen olarak kabul etmekte ve diğer çevre istasyonların yağış değerlerini dikkate almamaktadır. Ayrıca, istasyon sayısının bölgeyi tam olarak temsil edecek sayıda olmaması ve normallerin hesaplanabilmesi için yeterli zaman aralığında verilerin bulunmaması yağış ortalamalarının alansal yağış hesaplama metotları kullanılarak hesaplanması ihtiyacını oluşturmuştur. Mühendislik

hidrolojisi çalışmalarının pek çoğunda yağışın sadece zamansal değil, onun kadar önemli olabilecek alansal miktarlarının da hesaplanması gereklidir (Şen, 2003).

3.3.1. Aritmetik ortalama yöntemi

Yağış miktarları genel olarak ayırık istasyonlarda yapılan kayıtlardan elde edilir. Bu kayıtlar sadece istasyon konumu noktasındaki yağış zaman değişkenliğini ifade eder. Göz önünde tutulan bir akarsu havzası veya başka sınırlarla tanımlanmış bölgenin içinde veya dışarıda ama civarında çok sayıda yağış ölçerler bulunabilir. Noktasal miktarlardan alansal miktarlara gidebilmenin ilk ve basit yaklaşımı, yağışların aritmetik ortalamasını bularak, bunun o bölge alansal ortalama yağışın temsil ettiğini düşünmektir (Şen, 2002).

En basit usul bütün ölçeklerin okumalarının aritmetik ortalamasını almaktır. Dağlık bölgelerde ve şiddetli yağışlar sırasında yağış yüksekliği kısa mesafeler içinde hızla değiştiği için yağış şiddetinin üniform dağılmadığı bu gibi hallerde aritmetik ortalama iyi sonuç vermeyebilir. Bu yöntem yağış ölçeklerinin oldukça üniform dağıldığı 500 km²'den küçük bölgelerde kullanılabilir (Bayazit, 2003). Aritmetik ortalama yöntemine göre bir bölgenin alansal ortalama yağışı, Denklem 3.1'de verildiği şekilde hesaplanır.

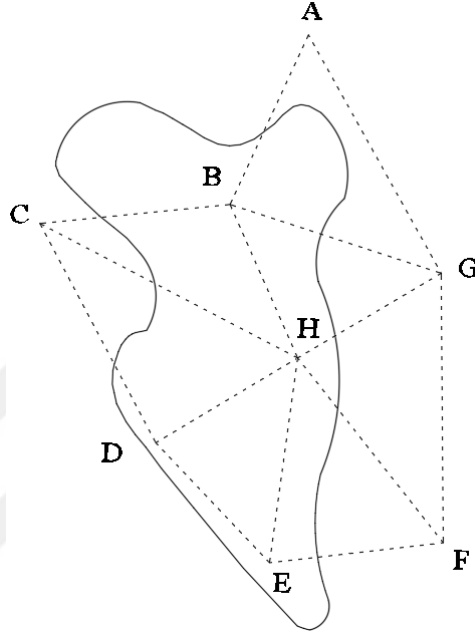
$$P_{ort} = \frac{\int P \cdot dA}{A_{top}} \quad (3.1)$$

3.3.2. Üçgen yöntemi

Geometrik esasa dayanan bu yöntemde, ortalama yağış hesabı için en yakın olan istasyonlar mümkün olduğu kadar eşkenar üçgenlere yakın biçimde birleştirilir (Şekil 3.11). Bu alt alanların üç köşesinde farklı yağış değerleri bulunur. Her bir alt alanın üzerindeki yağışın, o üçgenin köşelerindeki yağışların aritmetik ortalaması olarak düşünülmesi ile ağırlıklı ortalama alınması için üçgen alanları (a) ve her bir üçgen alanına karşılık üçlü istasyon aritmetik ortalama yağışları, P_{i0} bulunur (i = 1, 2, ..., m). Burada m üçgen alt alanların sayısını gösterir. Bir bölgede n tane yağış istasyonu bulunması durumunda Şekil 3.10'da gösterildiği üzere, alt üçgen alanlar tespit edilir.

Bu yöntemin en önemli mahzuru yağışların değişmesi ile alt alanların sabit kalmasıdır (Şen, 2003). Üçgen yöntemiyle ortalama alansal yağış $P_{\bar{0}}$, Denklem 3.2'deki gibi ağırlıklı ortalama hesabıyla bulunur;

$$P_{\bar{0}} = \frac{\sum ai.P_{i0}}{\sum ai} \quad (3.2)$$



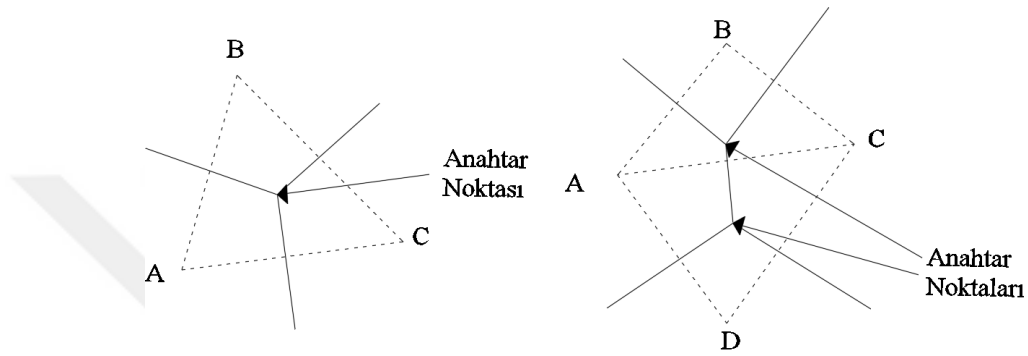
Şekil 3.11. Üçgen alt alanlar

3.3.3. Thiessen (çokgen) yöntemi

Thiessen (1912) tarafından geliştirilen bu geometrik yöntemde üçgen yaklaşımının aksine her bir alt alanın içinde sadece bir tane yağış istasyonu bulunur. Hâlbuki üçgen yönteminde her alt alana ait üç tane yağış istasyonu bulunmakta ve her bir istasyon iki veya daha fazla alt alanda aritmetik ortalama yağış hesabına girmektedir. Burada ise, her yağış istasyonunda ölçülen miktar sadece bir alt alanın yağış hesabı için geçerli olacaktır. Aslında çokgen yönteminin ilk aşaması üçgen yöntemindeki gibi alt alanları bulmaktır (Şen, 2003).

Bu metotta, her bir bölge ölçeğin çevresinde o şekilde parçalara bölünür ki her nokta en yakın olduğu ölçeğe ait parça içinde kalsın. Bunu yapmak için birbirine yakın ölçekler doğru parçaları ile birleştirilip orta dikmeler çizilir (anahtar noktalarından).

Her bir ölçüğün çevresinde bu dikmelerin meydana getirdiği çokgenin (Thiessen çokgeni) o ölçekteki yağışların temsil ettiği kabul edilir (Şekil 3.12). Thiessen çokgeni çizilirken bölgenin dışında kalan fakat meteorolojik bakımdan bölge ile homojen karakterde olduğu kabul edilen ölçekler de göz önüne alınır (B noktası). Böylece ağırlıklı bir ortalama ile ortalama yağış hesaplanır. Her bir ölçüğün çevresinde kalan alanın yüzdesi o ölçekteki yağışa ağırlık olarak verilir. Bu metot 500-5000 km² alana sahip bölgelerde kullanılabilir (İlker, 2012).

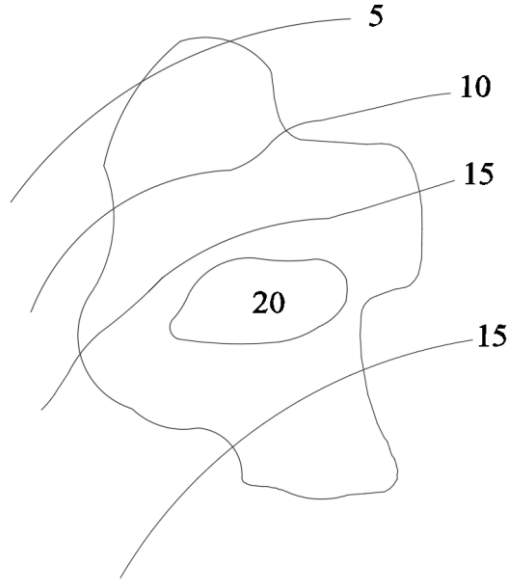


Şekil 3.12. Çokgen alt alanlar

3.3.4. İzohiyet (eş-yağış) yöntemi

Engelibeli arazide kullanılır. Yağış yükseklikleri aynı olan noktaları birleştiren eğriler olan izohiyetler (eş-yağış çizgileri) çizilir (Şekil 3.13). İki ardışık İzohiyet arasındaki alanda yağış yüksekliğinin izohiyetlerin değerlerinin ortalamasına eşit olduğu kabul edilerek ağırlıklı bir ortalama ile ortalama yağış yüksekliği bulunur (Bayazıt, 2003). İzohiyet yöntemine göre alansal yağış hesabı, Denklem 3.3'te verildiği şekilde hesaplanır.

$$P_{ort} = \frac{\sum_i^N P_i \cdot A_i}{A} \quad (3.3)$$



Şekil 3.13. Eş-yağış eğrileri (izohiyetler)

3.3.5. Ağırlıklı çokgen (Şen) yöntemi

Ağırlıklı Çokgen yönteminde öncelikle her bir istasyon için ağırlık katsayısı belirlenir. Ağırlık katsayısı için Thiessen çokgen yöntemi ile elde edilen çokgenlerin merkez istasyon ile merkez istasyona komşu çevre istasyonların yağışları esas alınır (Şekil 3.14). Ağırlıklı Çokgen yöntemine göre istasyon etrafında oluşan çokgen alanları dinamik olmakta, istasyon yağışı ile istasyona komşu istasyonların yağışlarının miktarına göre ters orantılı olarak büyüyüp, küçülmektedir (DSİ, 2019). İstasyonlara ait ağırlık katsayısı Denklemler 3.4a, 3.4b ve 3.4c gibi hesaplanır. Her bir istasyonun ağırlık katsayısı belirlendikten sonra alansal yağış ortalaması (P_{ort}) Denklem 3.5'ten elde edilmiş olur.

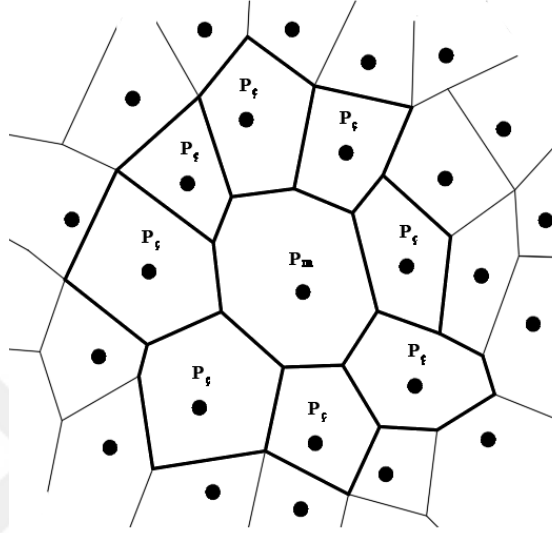
$$P_i = \frac{P_m}{(P_m + P_{\bar{c}})}, i = 1, 2, 3 \dots, n \quad (3.4a)$$

$$\bar{P}_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (3.4b)$$

$$K_i = 1 - \bar{P}_i \quad (3.4c)$$

$$P_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i \cdot K_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot K_i} \quad (3.5)$$

Burada, P_i merkez istasyonun komşu çevre istasyonlara oranını, P_m merkez istasyonun yağış miktarını, P_c çevre istasyonun yağış miktarını, \bar{P}_i kaydedilmiş yağış değerlerinin ortalamasını, n istasyon sayısını, K_i ağırlık katsayısını ve A_i ise çokgenin alanını ifade eder.



Şekil 3.14. Ağırlıklı çokgen yönteminde merkez ve çevre istasyonlar

3.3.6. Yüzde ağırlıklı poligon metodu

Şen (1998), bir havza da ortalama alansal yağışı hesaplamak için Thiessen metoduna alternatif olarak Yüzde Ağırlıklı Poligon metodunu teklif etmiştir. Bu metot, bitişik 3 ayrı istasyon bölgesindeki yağış yüzdelerinin göz önüne alınıp havza alanının alt alanlara bölünmesine dayanır. Alt alanların kaydedilmiş aynı yağış miktarlarından bağımsız olarak ele alınan Thiessen poligon yöntemine göre daha güvenilir ve esnek olduğu belirtilmiştir. Şen (1998), Yüzde Ağırlıklı Poligon metodunun uygulaması literatürdeki çeşitli yağış verisine uygulamıştır. Bu metotta yağış değerleri Thiessen metodu ile kıyaslandığında daha küçük alt alanları etkilediği varsayıldığı belirtilmiştir.

Yöntemde, Thiessen yönteminde olduğu gibi istasyona yakın olan 2 istasyon birleştirilerek üçgenler oluşturulur. Üçgenler mümkün mertebe eş üçgen şekline sahip olmalıdır. Bunun için Delaunay metodu kullanılmıştır. Böylece üçgenler minimum kenar uzunluklarına sahip olmalıdır. Mümkün olduğunca eşkenar üçgenler ve

minimum yan kenar uzunluklarına sahip olmalıdır. Üçgenlere karar verildikten sonra yüzde ağırlıklı metot olan poligonlar içerisindeki çalışma alanını bölmek gereklidir (Şen, 1998). Çalışma alanını bölmek için öncelikle A, B, C istasyonları ile oluşturulan bir üçgenin Şen Noktası bulunmalıdır (Şekil 3.15). Şen Noktası için üç istasyonun (A, B ve C) yağışlarından yararlanarak her bir istasyonun yüzde yağış miktarları sırasıyla α_1 , α_2 ve α_3 olarak, Denklemler 3.6a, 3.6b, 3.6c'deki gibi hesaplanır.

$$\alpha_1 = \frac{P_A}{P_A+P_B+P_C} \quad (3.6a)$$

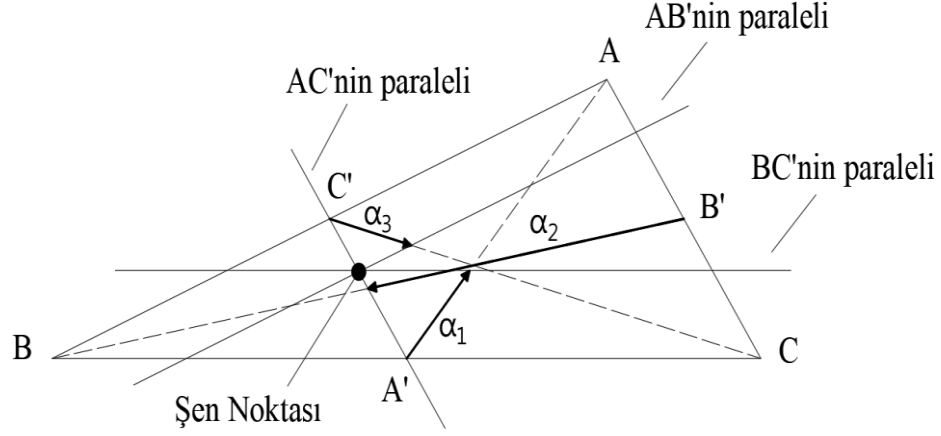
$$\alpha_2 = \frac{P_B}{P_A+P_B+P_C} \quad (3.6b)$$

$$\alpha_3 = \frac{P_C}{P_A+P_B+P_C} \quad (3.6c)$$

Bu oranların ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) toplamı 1'e eşittir. Bu yüzden bu oranlardan herhangi ikisinin hesaplanması yeterlidir.

Yüzde yağış miktarı hesabının ardından A, B ve C istasyonları ile oluşturulan üçgenlerden A köşesine ait kenarortay üzerinden BC kenarından A'ya doğru A noktasının yüzde yağış ağırlığı oranında (α_1) ilerlenir ve BC'ye paralel bir doğru çizilir. A istasyonu için yapılan bu işlemler B ve C istasyonları için de yapılarak 3 doğru kesiştirilir ve Şen Noktası elde edilir (Şekil 3.15). İstasyonlar arası oluşturulan üçgenlerin Şen noktaları birleştirilerek çokgenler elde edilir ve havza alt alanlara bölünmüş olur. Dolayısıyla her istasyonun etrafında çokgenler (A_i) oluşturulmuş olur. Oluşturulan çokgenler temsil ettiği istasyonun yağışı (P_i) ile çarpılarak ve toplam alana bölünerek alansal yağış ortalaması (P_{ort}) elde edilmiş olur.

$$P_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.7)$$



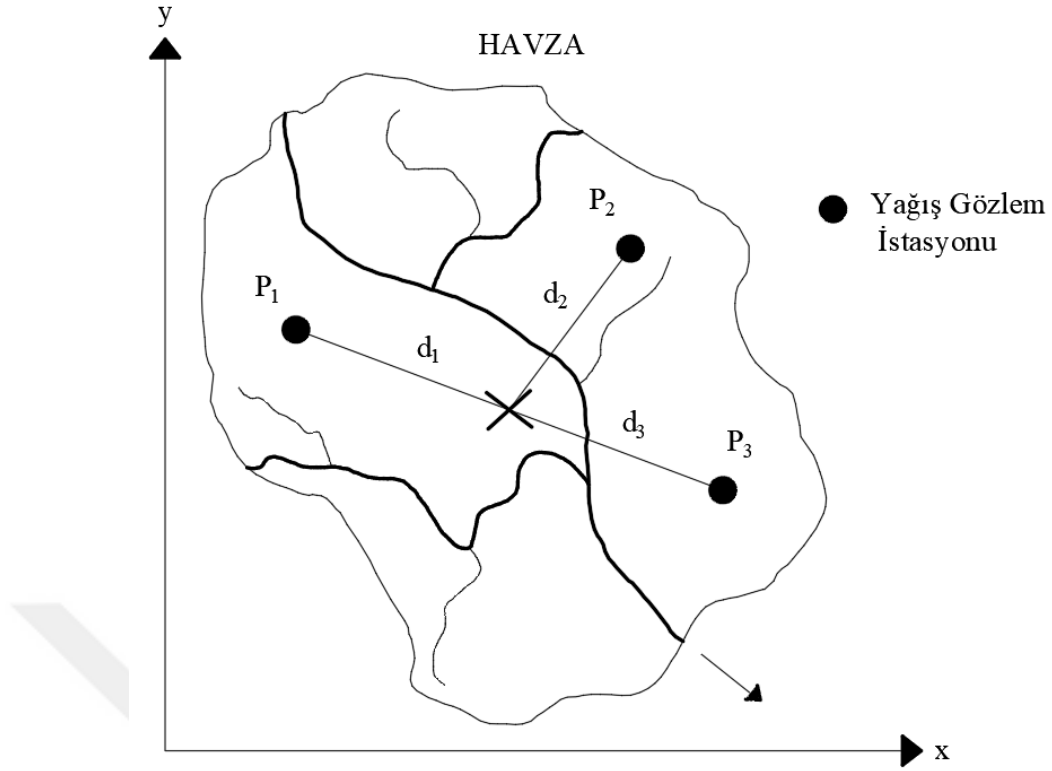
Şekil 3.15. Şen noktasının tespiti

3.3.7. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi

Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon tekniği, örnek nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örnek noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW ile tahmin işi, aşağıdaki ifadeyle yapılır.

$$P(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N P(x_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-r}} \quad (3.8)$$

Tahminlerin yapıldığı x_0 lokasyonu, n adet komşu ölçümlerin bir fonksiyonudur ($P(x_i)$ ve $i=1,2,\dots,n$), r gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen sabit bir değer ve d ise gözlem lokasyonu x_i ile tahmin lokasyonu x_0 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir (Demircan vd., 2011). Mesafenin tersi ağırlıklı yöntem olarak ta isimlendirilen bu yöntem, bir yağış havzasında bulunan tüm istasyonlardaki mesafeleri göz önüne alır (Şekil 3.16). Genel olarak bakıldığında bu teknik, yakın istasyonlara uzak istasyonlardan daha yüksek ağırlık değeri atayarak tahmin yapılmasına olanak sağlar.



Şekil 3.16. Enterpolasyon noktasının bir havzadaki konumu

3.4. Yağış Eğilimlerinin Belirlenmesi

Eğilim analizi, rastgele nitelikli bir zaman serisinin değerlerinde zamana bağlı olarak istatistikî anlamda sürekli bir değişme (artan veya azalan yönde) olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalardır. Trend analizi yöntemleri, parametrik test ve parametrik olmayan test olmak üzere 2 çeşit yöntemden oluşmaktadır.

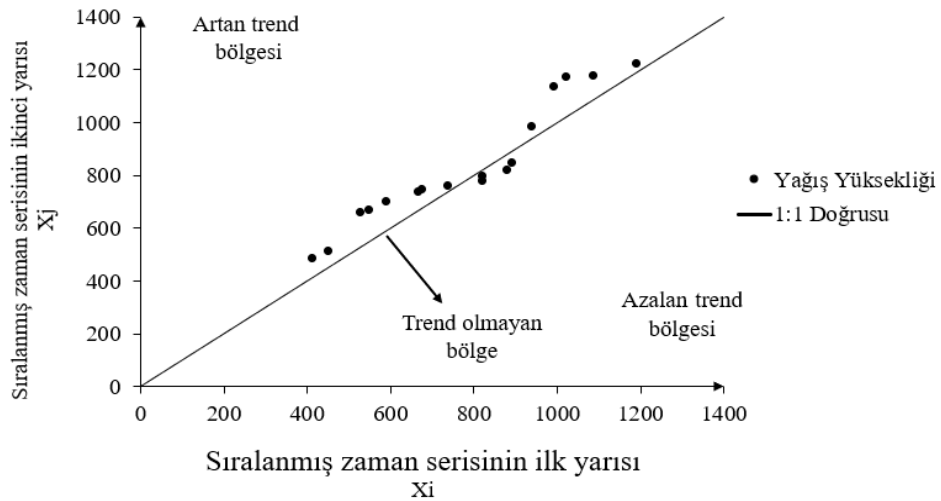
Parametrik test, doğrusal, normal dağılım ve bağımlı dağılımlı gibi kabullere dayanan yöntemlerdir. Parametrik olmayan test ise dağılıma bağlı olmayan, bu sebeple de bağımsız dağılımlı istatistiksel yaklaşım yöntemleridir. İçerisinde eksik verileri barındırabilen, normal dağılımda olmayan verilerdir.

Yağış, akış gibi hidrolojik veya meteorolojik bir büyüklüğün eğiliminin belirlenmesi için ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemler arasında Mann-Whitney, Spermann, Mann-Kendall, Lineer Regresyon ve Şen Yöntemi en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler genellikle iklim değişikliğinin belirlenmesi ve bunun etkileri üzerine yapılmış analizlerdir. Türkiye’de

de hidrolojik ve meteorolojik değişkenler üzerine yapılmış benzer çalışmalar vardır ancak ülkemizde daha çok sıcaklık ve akış gibi değişkenler üzerine çalışmalar yapılmıştır. şen Yöntemi de bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında gelir.

şen yönteminin yenilikçi özelliği tüm veri aralıklarında yorumlanabilmesinde yatar. Bu metod, şen tarafından (2013) Merkez/Bursa, Uludağ/Bursa, Fırat Nehri üzerinde uygulanmıştır. Aynı metod, yine şen tarafından (2012) Aslantas Barajı, Menzelet Barajı ve Cizre istasyonunda uygulanmıştır. Son olarak da Göztepe, Florya, Edirne, Bolu ve Bursa lokasyonlarındaki kaydedilmiş uzun dönemli sıcaklık verilerinin üzerinde uygulanmıştır (şen, 2013).

Bu yöntemde, kaydedilmiş hidrolojik veri serisi ortanca yıldan iki eşit parçaya ayrılır. Her iki alt-seri ayrı ayrı artan düzende sıralanır. Sonrasında ise ilk alt seri (X_i) x-ekseni üzerinde ve ikinci alt seri (X_j) y-ekseni üzerinde yer almak üzere Kartezyen koordinat sistemi üzerinde sıralanır (şekil 3.17). Eğer veri 1:1 doğrusu üzerinde sıralanıyorsa, trend yok demektir. Eğer veriler 1:1 doğrusunun alt üçgenel alanında yer alıyorsa, azalan bir trend olduğu; üst üçgenel alanında yer alıyorsa, artan bir trend olduğu söylenebilir (şen, 2012; 2013).



şekil 3.17. şen (2012) yöntemi

3.5. Yağışların Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Rastgele değişkenlere ait gözlenmiş örneklerden elde edilen frekans dağılımlarında mevcut bilgiyi özlü olarak ifade edebilmek için bunları analitik olasılık dağılım fonksiyonlarına uydurmak gerekir. Bu fonksiyonlar genellikle deneyimlere ve fiziksel düşüncelere dayanarak seçilir (Bayazıt, 2003).

Hidrolojik işlemler için toplanan veriler rasgele özellik göstermelerinden dolayı, olasılıkçı bir yaklaşımla analiz edilir. Örneğin, yağış ve akımların gelecekteki miktarlarının tahmin edilmesi ve bunların tesadüfi olarak meydana gelme mekanizmalarının nicelik olarak bilinmesi, yalnız deterministik yaklaşımla mümkün olmamaktadır. Ancak istatistiksel yöntemler, belirsizlikler hakkında kolaylık sağlamakta ve belirsizliklerin etkilerinin ölçülmesine olanak vermektedir. Bu sebeple istatistiksel yaklaşım hidrolojik frekans analizinde gerçek araç olarak kullanılmaktadır (Şorman, 2004).

Bölgesel bir analizde, herhangi bir hidrolojik büyüklüğün istatistiksel özellikleri belirlenirken tek bir ölçüm istasyonunda ölçülen değerler ve bu değerlerden elde edilen sonuçlar tüm bölgeyi yansıtmaz. Bu nedenle, yağış gibi hidrolojik bir büyüklüğün tahmininde ölçüm yapan istasyon sayısının ve istasyonlara ait yağış verilerinin uzunluğunun fazla olması istenir. Yağış verilerinin uzunluğu ne kadar fazla ise tahmin sonuçlarının doğruluğu ve gerçek verilere yakınlığı o derece fazla olacaktır. Aksi halde, az sayıda yağış ölçüm istasyon ağı bulunan ve yağış veri uzunluğu fazla olmayan bir bölgenin analizinde sonuç verileri tam olarak tüm bölgeyi yansıtmaz. Bu yüzden geçmişe yönelik hidrolojik verilerin istatistiksel olarak incelenmesi ve analiz edilmesi gerekir. Frekans analizi de en çok kullanılan analiz yöntemlerinin başında gelir. Yağış miktarındaki değişimler frekans analizi ile incelenebilir. Yağış miktarlarının frekans dağılımlarının incelenmesi ve ihtimal dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi yapılan çoğu frekans analizinin ilk adımlarını oluşturur. Hidrolojide en sık kullanılan ihtimal dağılım fonksiyonlarına Normal, Log-normal, Gumbel, Tip-3 Log-Pearson, Gamma ve Pearson Tip-3 gibi dağılımlar örnek olarak verilebilir. Bu dağılımlar kullanılarak çözümler analitik veya grafik yolla elde edilebilir.

Frekans dağılımlarını grafik olarak çizmek dağılımın veri setini nasıl ifade ettiğini ve uygunluğunun görsel olarak incelenmesini sağlar. Bu iş hazırlanan grafik yağışları öyle hazırlanmalıdır ki ilgili noktalar işaretlenip onlardan bir çizgi geçirildiğinde bu çizgi düz olsun ve gerektiğinde uzatılabilir. Farklı ihtimal dağılımları için farklı grafik yağışları hazırlanması gerekir. Veri serisini toplam frekans eğrisi olarak çizilebilir için, ordinatlardaki her bir değerle ilişkilendirilecek apsisteki bir ihtimal değerine veya tekerrür süresine karar vermek gerekir. Noktalama konumu denilen bu değerleri bulmak için bazılarının Çizelge 3.2’de verildiği gibi çeşitli formüller bulunmaktadır (Hirsch ve Stedinger, 1987).

Çizelge 3.2. Noktalama konumu için bazı denklemler

| Adı | q = 1-p için denklem |
|-------------------|----------------------|
| California | m / n |
| Hazen (1930) | (2m-1) / 2n |
| Weibull | m / (n+1) |
| Tukey (1962) | (3m-1) / (3n+1) |
| Gringorten (1963) | (m-0.44) / (n+0.12) |

Burada sadece Weibull denklemi verilecektir. Dağılımdan bağımsız olduğu için her üç dağılımda da kullanılan bu çizim noktası değerlerini Weibull’un tarifine göre bulmak için gözlem değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanıp her birine bir sıra numarası, m, (en küçük için m=1, en büyük için m=n=serideki gözlem sayısı) verilir sonra Denklem 3.9’daki her değer için q noktalama konumu bulunur.

$$q = \frac{m}{n+1} \quad (3.9)$$

Noktalama konum değerleri dağılımdan bağımsızdır onun için herhangi bir dağılım için kullanılabilirler. Bulunmaları grafik çözüm için ilk adım olduğundan Çizelge 3.3’teki gibi çizelge hazırlanması kolaylık sağlayacaktır.

Çizelge 3.3. Grafik çözüm için noktalama konumları

| Büyüklik | Sıra (m) | Noktalama konumları m / (n+1) |
|-----------------------|----------|----------------------------------|
| Q _{en küçük} | 1 | 1 / (n+1) |
| Q _{2. küçük} | 2 | 2 / (n+1) |
| . | . | . |
| . | . | . |
| Q _{en büyük} | n | n / (n+1) |

Gözlenmiş bir seri değerlerinin ortalaması Denklem 3.10'da verildiği gibi bulunur ve gözlenmiş rasatların ortalama olarak ne büyüklükte olduğu hakkında bilgi verir.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.10)$$

Burada \bar{x} , değerlerin ortalamasını, x_i gözlenmiş seri değerlerini, n gözlenmiş tüm seri değerlerini ve Σ toplam sembolünü ifade eder. Dağılımların varyansını veren denklem şöyledir:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.11)$$

Varyansın kareköküne standart sapma denilir ve S sembolü ile gösterilir. Standart sapma gözlenmiş değerlerin ortalama etrafında nasıl dağıldıklarını gösterir ve bu değer küçük olması, değer ortalama ne kadar yakın olduğunu ifade eder. Bir veri dizisine olasılık dağılımı uyarlamak, incelenen olayın olasılığını belirlemede veya belli bir sıklıkta (veya periyotta) görülecek olayın büyüklüğünü belirlemede büyük önem taşımaktadır. İncelenen olayın karakteristiklerine veya dağılımına bağlı olarak, gözlenen olayın frekansını temsil etmek üzere pek çok olasılık dağılım fonksiyonu bulunmaktadır. Olasılık dağılımının uyumu, başarılı tahminler yapılması açısından önem arz etmektedir (Aşıkoğlu 2017).

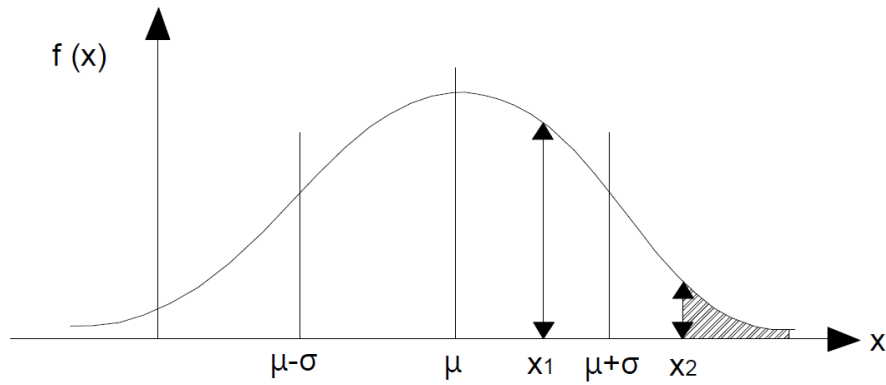
3.5.1. Analitik çözümler

Analitik olasılık dağılım fonksiyonlarının, değerleri eldeki örnekten istatistik momentler vasıtasıyla belirlenmesi gereken belli sayıda parametreleri vardır. Bir fonksiyonun parametrelerinin sayısı çoğaldıkça bunu gözlenen bir frekans dağılımına

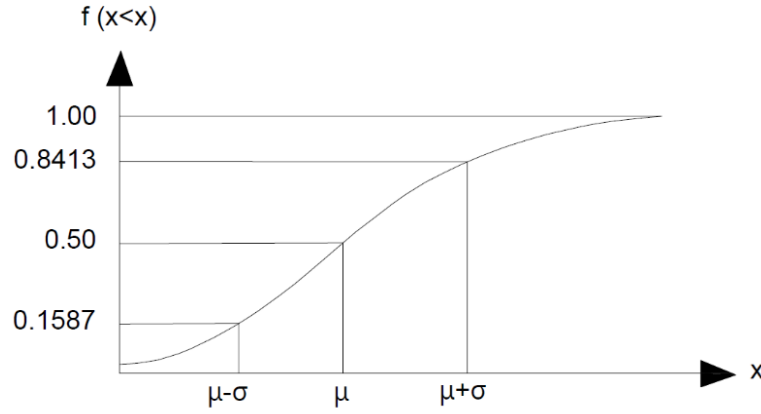
uydurmadaki esneklik artar. Buna karşılık parametrelerin değerlerini belirlemek için daha çok sayıda istatistik moment hesaplanması gerekir, momentin derecesi artıkça eldeki örnekten hesaplanmasındaki güvenilirlik azaldığından arada optimum bir çözüm bulmak gerekir (Bayazıt, 2003).

3.5.1.1. Normal dağılım

Normal (N) dağılım, Gauss dağılımı olarak da bilinir ve hidrolojik değişkenlerin istatistiksel analizinde en çok kullanılan dağılımlardan birisidir. Normal dağılımın ortalama μ ve standart sapma, σ , olmak üzere iki parametresi vardır. Burada μ ve σ dağılım parametreleridir. Bunlar için uygulamada örnekleme değerleri \bar{x} ve s kullanılır. Dolayısıyla normal dağılım $N(\mu, \sigma)$ veya $N(\bar{x}, s)$ şeklinde gösterilir (Usul, 2013). Normal dağılımın ihtimal ve toplam yoğunluk fonksiyonları sırasıyla Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.18. Normal dağılımın ihtimal yoğunluk fonksiyonu



Şekil 3.19. Normal dağılımın toplam yoğunluk fonksiyonu

Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da gösterilen normal dağılımın ihtimal yoğunluk ve toplam yoğunluk fonksiyonları Denklemler 3.12 ve 3.13'te verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.12)$$

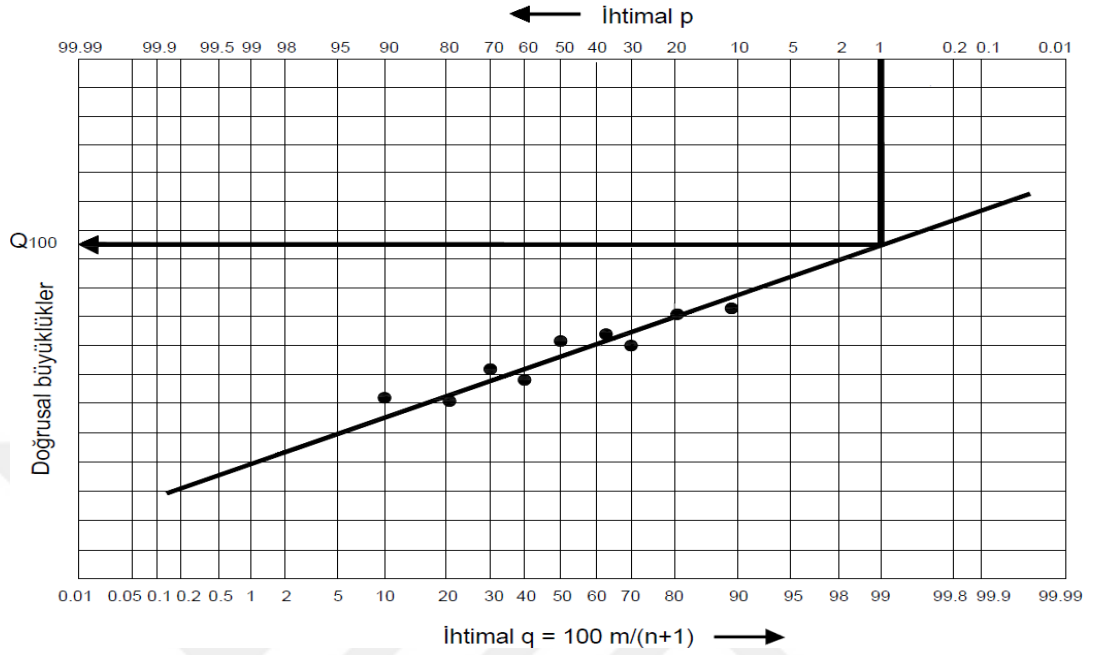
$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (3.13)$$

Değişken x 'in standartlaşması ile elde edilen yeni bir z değişkeni tarif edilerek normal dağılım tek parametrelili hale getirilebilir (Denklemler 3.14). Burada z 'ye standart birim veya normalize birim de denilir ve $N(0,1)$ şeklinde gösterilir.

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} \text{ veya } z = \frac{x-\bar{x}}{s} \quad (3.14)$$

Normal dağılımın özel grafik kâğıdında ordinatlar taşkın değerini gösterir. Alt yatay çizgide (apsiste) noktalama konumları için yüzde olarak verilen değerler vardır. Üst yatay çizgi ise taşkınların olma ihtimallerini yine yüzde olarak verir. Bu grafik kâğıdında taşkın değerlerine karşı noktalama konumları işaretlendiğinde noktalar yaklaşık olarak bir doğru üzerinde olur (Şekil 3.20). Noktalardan uygun bir doğru geçirildikten sonra herhangi bir tekerrür süresinin taşkın değerini bulmak için, o tekerrür süreli taşkın bir yılda olma ihtimali, p , bulunup üst yatay çizgiden bu p

değeri (% olarak) ile dikey inilip doğru kestirilir ve o noktadan yatay olarak sola gidilerek taşkın değeri bulunur (Usul, 2013).



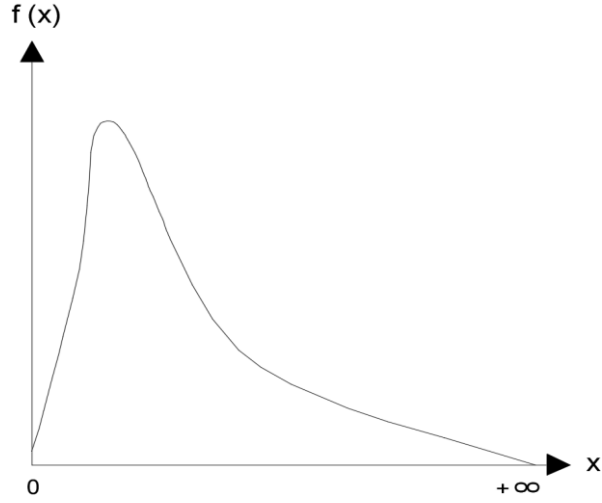
Şekil 3.20. Normal dağılım grafik kâğıdı

3.5.1.2. Log-normal dağılım

Log-normal (LN) dağılım, bir tarafa doğru çarpık bir dağılımdır ve dağılımın sağ tarafı sonsuza gider. Log-normal dağılım hidrolojide sıklıkla kullanılmakta olup, dönüşüme ait normal dağılımın ortalaması ve standart sapması gibi yine sadece iki parametresi olduğu için faydalı bir dağılımdır. x değişkeninin sıfır olmayan bir alt sınırı varsa ve bu alt sınır yeni bir parametre olarak kullanılırsa, buna 3 parametrelili Log-normal dağılım denir. Bu dağılımı ifade eden fonksiyon Denklem 3.15'te, dağılımın grafiği ise Şekil 3.21'de verilmiştir.

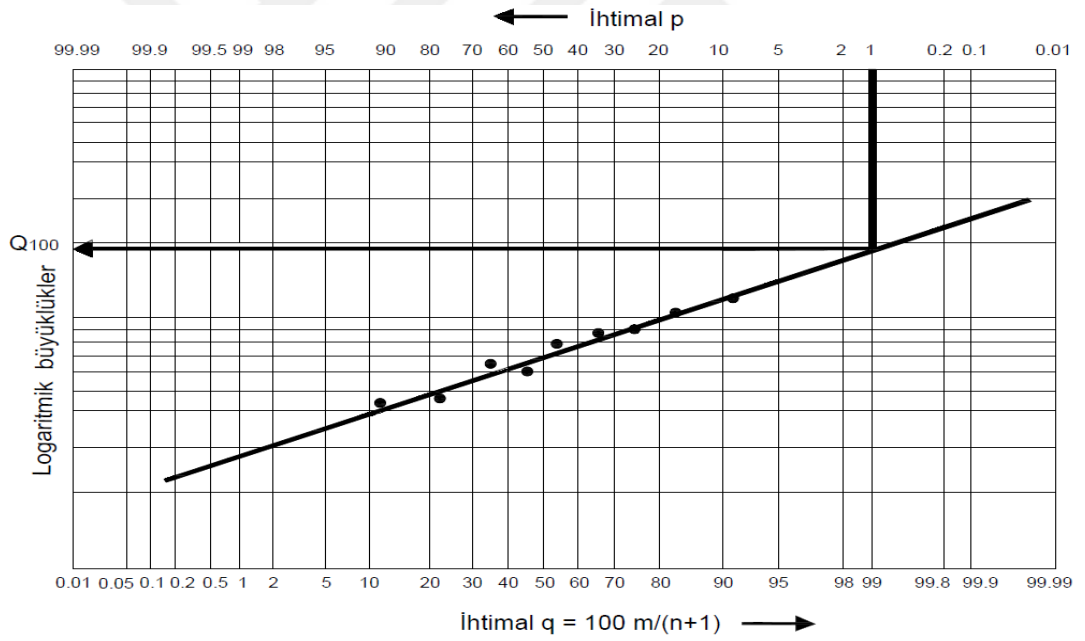
$$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x-a)-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}}, x>0 \quad (3.15)$$

Burada a rastgele değişkenin pozitif minimum değeri, μ_y ve σ_y ise $\ln(x-a)$ değişkeninin ortalaması ve standart sapmasıdır.



Şekil 3.21. Log-normal dağılım grafiği

Log-normal dağılım için grafik kâğıdı normal dağılım için olanın aynısıdır, sadece ordinatlar logaritmiktir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Log-normal dağılım grafik kâğıdı

3.5.1.3. Gumbel dağılımı

Gumbel (G) dağılımı, tekrarlanan değişkenlerdeki en küçük veya en büyük değerlerin dağılımlarını göz önüne alarak uç (ekstrem) değerler teorisini ifade eder. Gumbel dağılımının (Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımı Tip-I) olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 16'daki gibi yazılabilir.

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-(z+e^{-z})} \quad (3.16)$$

Burada β sabit bir sayı olmak üzere, $z = \frac{x-\mu}{\beta}$ 'dır.

Gumbel (1958), tekrarlanan örneklemelelerdeki en küçük ve en büyük değerlerin dağılımlarını göz önüne alarak uç (ekstrem) değerler teorisini teklif etmiştir. Uç değerler teorisi, her tekrarlan örnekleme grubunda meydana gelen en büyük (veya en küçük) gözlemlerin dağılımıyla ilgilidir. Bu dağılımda 'x' değerine eşit veya daha büyük bir taşkın olma ihtimali p, şu denklemlerle verilir (Usul, 2013).

$$p = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (3.17)$$

Burada; y özel bir değişkendir ve Denklem 3.18'de verildiği şekilde ifade edilir.

$$y = a(x - x_0) \quad (3.18)$$

Burada x, p olma ihtimaline sahip taşkın değerini; a, bir sabit değeri (dağılım veya ölçek parametresi); x_0 ise dağılımın mod değerini göstermektedir. Küçük örneklemele için ($n < 30$), a ve x_0 aşağıdaki şekilde bulunurlar:

$$a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (3.19)$$

$$x_0 = \bar{x} - y_n \frac{\sigma_x}{\sigma_n} \quad (3.20)$$

Burada \bar{x} , gözlenmiş x taşkın değerlerin ortalaması, σ_x ise standart sapmasıdır. y_n ve σ_n gözlenen değer sayısı n ile değişken iki sabit değerdir. Bu değerler Çizelgeler 3.4 ve 3.5'te rasat süresi n'nin bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4. Gumbel dağılımında rasat süresine göre y_n değerleri

| n (yıl) | y_n değeri | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 0.4952 | 0.4996 | 0.5035 | 0.5070 | 0.5100 | 0.5128 | 0.5157 | 0.5181 | 0.5202 | 0.5220 |
| 20 | 0.5236 | 0.5252 | 0.5268 | 0.5283 | 0.5296 | 0.5309 | 0.5320 | 0.5332 | 0.5343 | 0.5353 |
| 30 | 0.5362 | 0.5371 | 0.5380 | 0.5388 | 0.5396 | 0.5402 | 0.5410 | 0.5418 | 0.5424 | 0.5430 |
| 40 | 0.5436 | 0.5442 | 0.5448 | 0.5453 | 0.5458 | 0.5463 | 0.5468 | 0.5473 | 0.5477 | 0.5481 |
| 50 | 0.5485 | 0.5489 | 0.5493 | 0.5497 | 0.5501 | 0.5504 | 0.5508 | 0.5511 | 0.5515 | 0.5518 |
| 60 | 0.5521 | 0.5524 | 0.5527 | 0.5530 | 0.5533 | 0.5535 | 0.5338 | 0.5540 | 0.5543 | 0.5545 |
| 70 | 0.5548 | 0.5550 | 0.5552 | 0.5555 | 0.5557 | 0.5559 | 0.5561 | 0.5563 | 0.5565 | 0.5567 |
| 80 | 0.5569 | 0.5570 | 0.5572 | 0.5574 | 0.5576 | 0.5578 | 0.5580 | 0.5581 | 0.5583 | 0.5585 |
| 90 | 0.5586 | 0.5587 | 0.5589 | 0.5591 | 0.5592 | 0.5593 | 0.5595 | 0.5596 | 0.5598 | 0.5599 |
| 100 | 0.5600 | | | | | | | | | |

Çizelge 3.5. Gumbel dağılımında rasat süresine göre σ_n değerleri

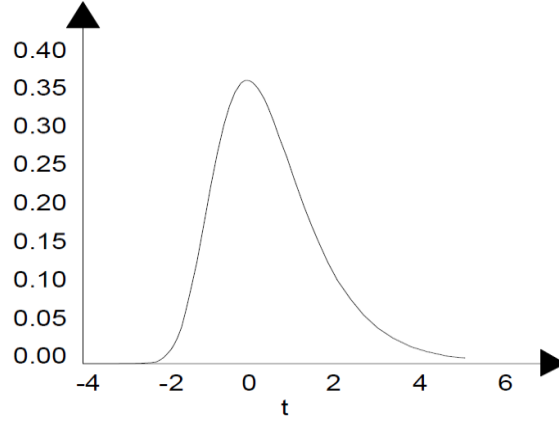
| n (yıl) | σ_n değeri | | | | | | | | | |
|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 0.9496 | 0.9476 | 0.9833 | 0.9971 | 1.0095 | 1.0206 | 1.0316 | 1.0411 | 1.0493 | 1.0565 |
| 20 | 1.0628 | 1.0696 | 1.0754 | 1.0811 | 1.0864 | 1.0915 | 1.0961 | 1.1004 | 1.1047 | 1.1086 |
| 30 | 1.1124 | 1.1159 | 1.1193 | 1.1226 | 1.1255 | 1.1285 | 1.1313 | 1.1339 | 1.1363 | 1.1388 |
| 40 | 1.1413 | 1.1436 | 1.1458 | 1.1480 | 1.1499 | 1.1519 | 1.1538 | 1.1557 | 1.1574 | 1.1590 |
| 50 | 1.1607 | 1.1623 | 1.1638 | 1.1658 | 1.1657 | 1.1681 | 1.1696 | 1.1708 | 1.1721 | 1.1734 |
| 60 | 1.1747 | 1.1759 | 1.1770 | 1.1782 | 1.1793 | 1.1803 | 1.1814 | 1.1824 | 1.1834 | 1.1844 |
| 70 | 1.1854 | 1.1863 | 1.1873 | 1.1881 | 1.1890 | 1.1898 | 1.1906 | 1.1915 | 1.1923 | 1.1930 |
| 80 | 1.1938 | 1.1945 | 1.1959 | 1.1959 | 1.1967 | 1.1973 | 1.1980 | 1.1987 | 1.1994 | 1.2001 |
| 90 | 1.2007 | 1.2013 | 1.2020 | 1.2026 | 1.2032 | 1.2038 | 1.2044 | 1.2049 | 1.2055 | 1.2060 |
| 100 | 1.2065 | | | | | | | | | |

Rasat uzun olduğunda ($n \geq 30$), y_n ve σ_n değerleri sabitleşir ve “a” ve “ x_0 ” şu şekilde bulunurlar.

$$a = \frac{1}{0.778\sigma_x} = \frac{1.28255}{\sigma_x} \quad (3.21)$$

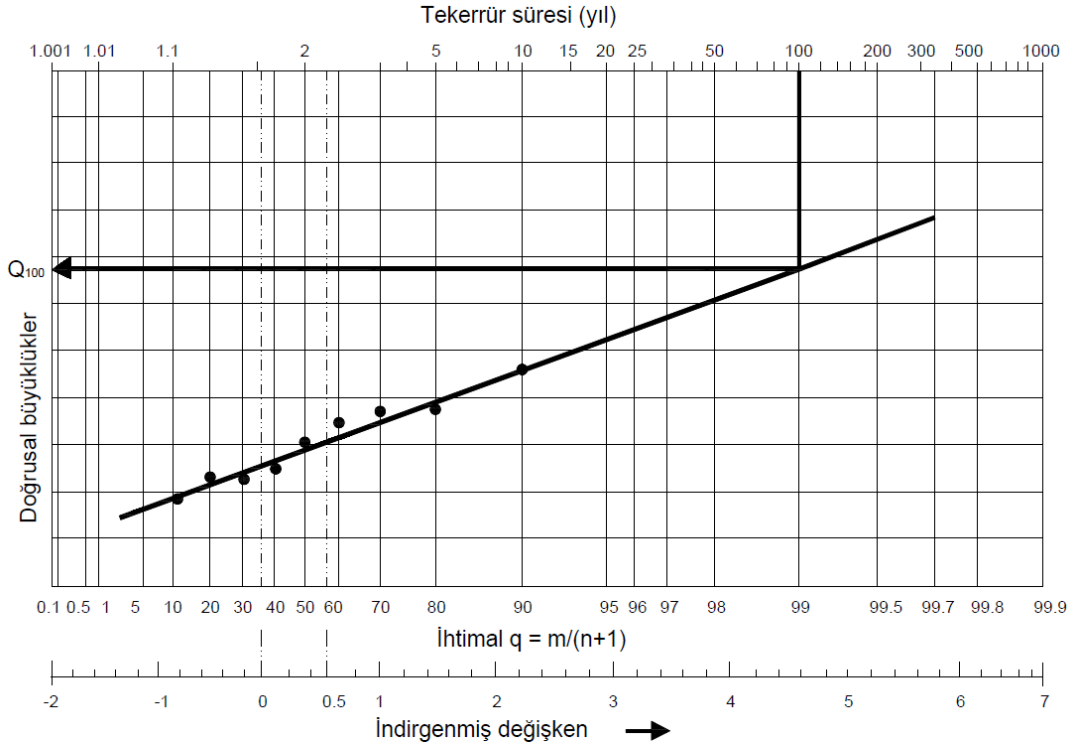
$$x_0 = x_0 - 0.45\sigma_x = \bar{x} - \frac{0.778}{a} \quad (3.22)$$

Gumbel dağılımı grafiği Şekil 3.23’te verilmiştir.



Şekil 3.23. Gumbel dağılımı grafiği

Gumbel dağılımının özel grafik kâğıdında, ordinatlarda taşkınlar, üst yatay çizgide ise doğrudan doğruya tekerrür süreleri vardır. Alt yatay çizgide çizim noktalarının yanı sıra bir çizgi de daha bölmeler vardır, onlar da analitik çözümde anlatılmış olan y değerlerini verir (Şekil 3.24). Bu dağılımda da taşkın değerlerine karşı çizim noktaları işaretlendiğinde noktalar yaklaşık olarak bir doğru üzerinde olur. Bu doğru elde edildikten sonra, herhangi bir tekerrür süresine sahip taşkın değeri ise diğer dağılımlarda anlatıldığı şekilde bulunur (Usul, 2013).



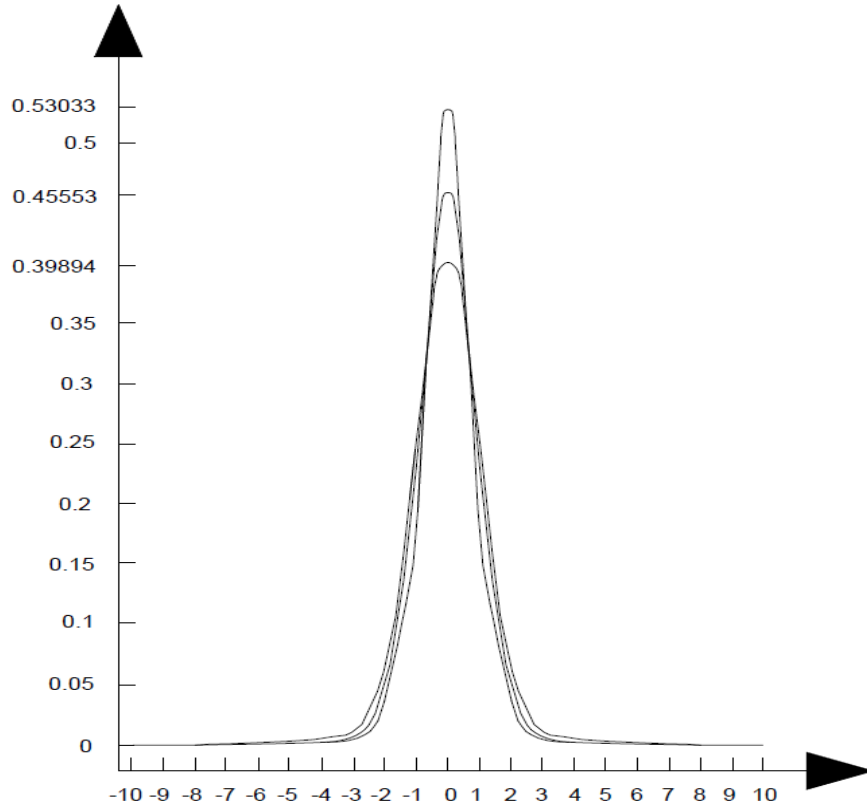
Şekil 3.24. Gumbel dağılım grafik kâğıdı

3.5.1.4. Log-pearson tip-3 dağılımı

Log-Pearson Tip-3 (LP3) dağılımı, sol tarafından sınırlı çarpık bir dağılımdır. Çarpıklık katsayısı uç olaylara hassas olduğu için, bu dağılımın küçük örneklemeelerde kullanılması uygun değildir. Çarpıklık katsayısı sıfır olduğunda Log-normal dağılıma dönüşür. Bu dağılımı ifade eden olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3.23'te gösterilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{ax\Gamma(b)} \left(\frac{\ln x - c}{a}\right)^{b-1} e^{-\frac{\ln x - c}{a}} \quad (3.23)$$

Burada $a > 0$, $b > 0$ ve $0 < c < \ln x$ sırasıyla ölçek, şekil ve konum parametreleridir. Log-Pearson Tip-3 dağılımına ait olasılık yoğunluk fonksiyonu grafiği Şekil 3.25'te verilmektedir.



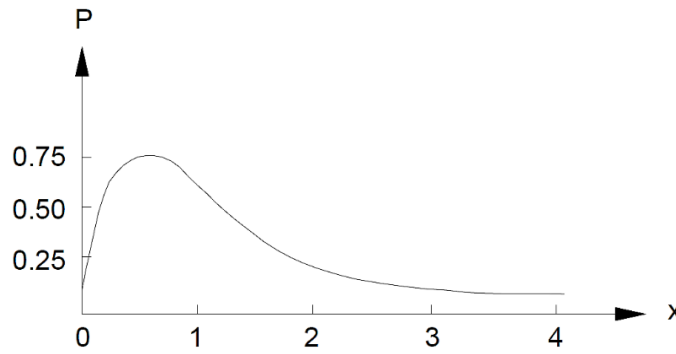
Şekil 3.25. Log-pearson tip-3 dağılımı

3.5.1.5. Gamma dağılımı

Gamma (GA) dağılımı, hidrolojide çok kullanılan çarpık dağılımlardan birisidir. Genellikle 2 ya da 3 parametrelili Gamma dağılımları göz önüne alınır. 2 parametrelili Gamma dağılımına ait olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3.24'te verilmiştir.

$$f(x) = \frac{x^{b-1}}{a^b \Gamma(b)} e^{-\frac{x}{a}} \quad (3.24)$$

Burada $a > 0$ ve $b > 0$ sırasıyla ölçek ve şekil parametreleri olup, Gamma fonksiyonu $\Gamma(b) = (b - 1)!$ 'dir. 2 parametrelili Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26. $a=0.5$ ve $b=2$ değerleri için Gamma dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu

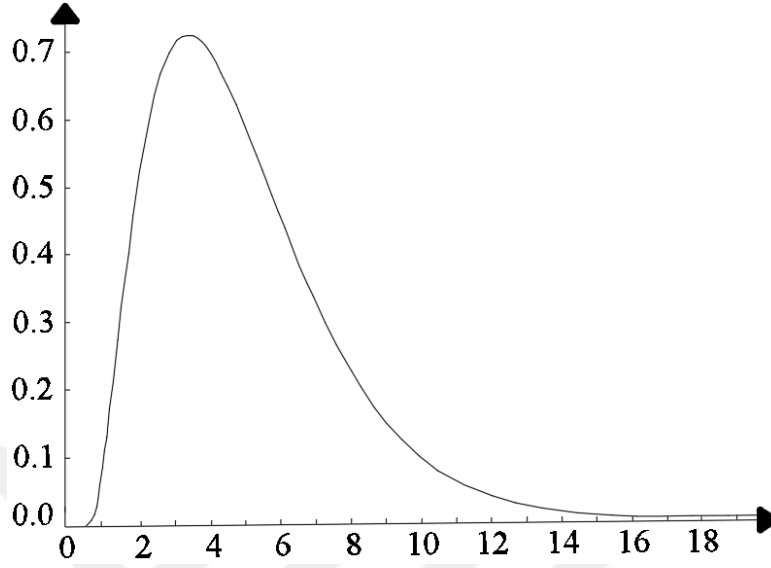
3.5.1.6. Pearson tip-3 dağılımı

Pearson Tip-3 (P3) dağılımı, daima pozitif çarpıklığa sahip 3 parametrelili bir dağılımdır. Şekil parametresi $+\infty$ 'a giderken, dağılımın çarpıklığı simetrik olur ve normal dağılıma dönüşür. Dağılıma ait olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3.25'te verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{a \Gamma(b)} \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} e^{-\frac{x-c}{a}} \quad (3.25)$$

Burada $a > 0$, $b > 0$ ve $0 < c < x$ sırasıyla ölçek, şekil ve konum parametreleridir.

Pearson Tip-3 dağılımının olasılık dağılım fonksiyonu Şekil 3.27’de verilmiştir.



Şekil 3.27. Pearson tip-3 dağılımı

3.5.2. Uygunluk testi

Dağılımların gözlemlere uygunluğunu kontrol etmek için, bu çalışmada Kolmogrov-Simirnov (K-S) testi uygulanmıştır. Bu test, gözlenen bir verinin istatistiksel bir metot ile bulunan dağılım sonucunun uygunluğunu kontrol etmek için uygulanır. Kolmogorov-Smirnov testinde, öncelikle gözlenen N adet veriden oluşan serinin elemanları küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonra, örneğin her bir x_i elemanına ait örnek (ampirik) dağılım fonksiyonunun değeri $F(x_i)$ hesaplanır. H_0 hipotezinde göz önüne alınan teorik olasılık dağılım fonksiyonundaki beklenen olasılıklar ($F_0(x_i)$), her bir x_i değerleri için bulunur. Ampirik dağılım fonksiyonu ile teorik dağılım fonksiyonu arasındaki mutlak farklar (Δ) hesaplanarak en büyüğü bulunur. Kolmogorov-Smirnov testi için tablo halinde düzenlenmiş olan ve örnek sayısı (N) ile çeşitli önem (anlamlılık) düzeylerine (α) göre belirlenmiş değerden (Δ_{K-S}) küçükse seçilen olasılık dağılım modeli kabul edilir. Bu yöntemin matematiksel ifadesi Denklem 3.29 ve Denklem 3.30’da verilmiştir.

$$F(x_i) = \frac{i}{N} \quad (3.29)$$

$$\text{Max } \Delta = |F(x_i) - F_0(x_i)| \quad (3.30)$$

Kolmogorov-Smirnov testinde, incelenen değişkenin ayrıntılı olarak sınıflandırılması testin gücünü arttırır. Yani, alt gruplar ne kadar fazla ise test sonucu o kadar duyarlı olur. Kolmogorov-Smirnov testinde işlemler, her iki grubun birikimli dağılımları üzerinde yapılır. Eğer, iki grup aynı ana kütlede veya aynı dağılıma sahip ayrı ana kütlelerden çekilmiş ise bu iki grubun birikimli dağılımlarının da benzer olması gerekir. Bu testte, gözlem sayısı 40'tan büyük veya küçükse ve hipotez testleri çift taraflı veya tek taraflı ise ayrı işlemler yapılır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1997).



4. YAĞIŞ HESABINDA ELDE EDİLEN BULGULAR

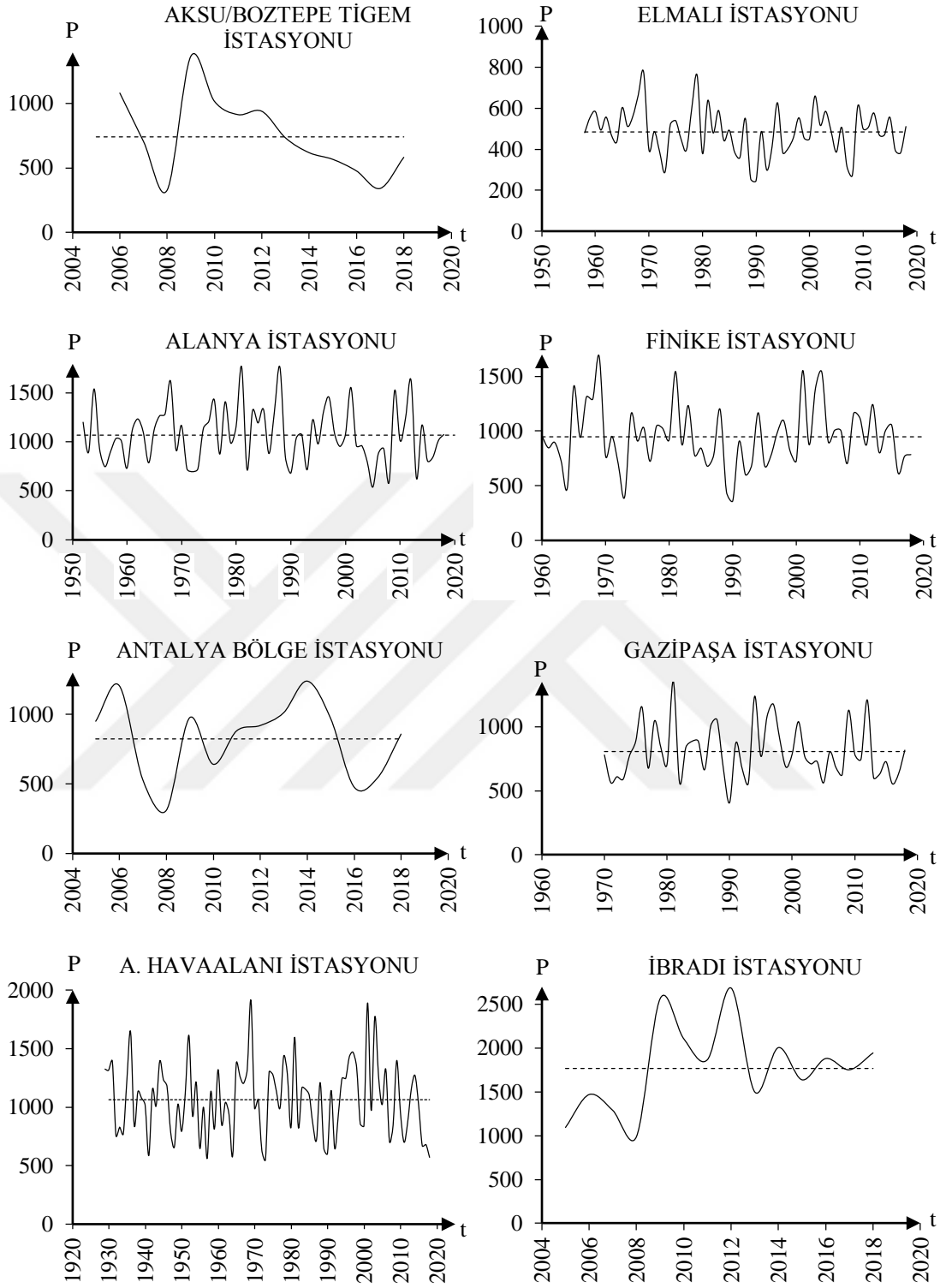
4.1. Giriş

Bu Yüksek lisans çalışmasında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen Antalya bölgesindeki 14 farklı yağış gözlem istasyonunda (Çizelge 3.1) kaydedilen yağış yüksekliği verileri ele alınmış ve istasyonlarda ölçülmüş yağış serilerinin istatistiksel özellikleri ile yağışların olasılık dağılımları, yağış verilerinin son dönemlerde göstermiş oldukları eğilimleri ve yağışların alansal dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır.

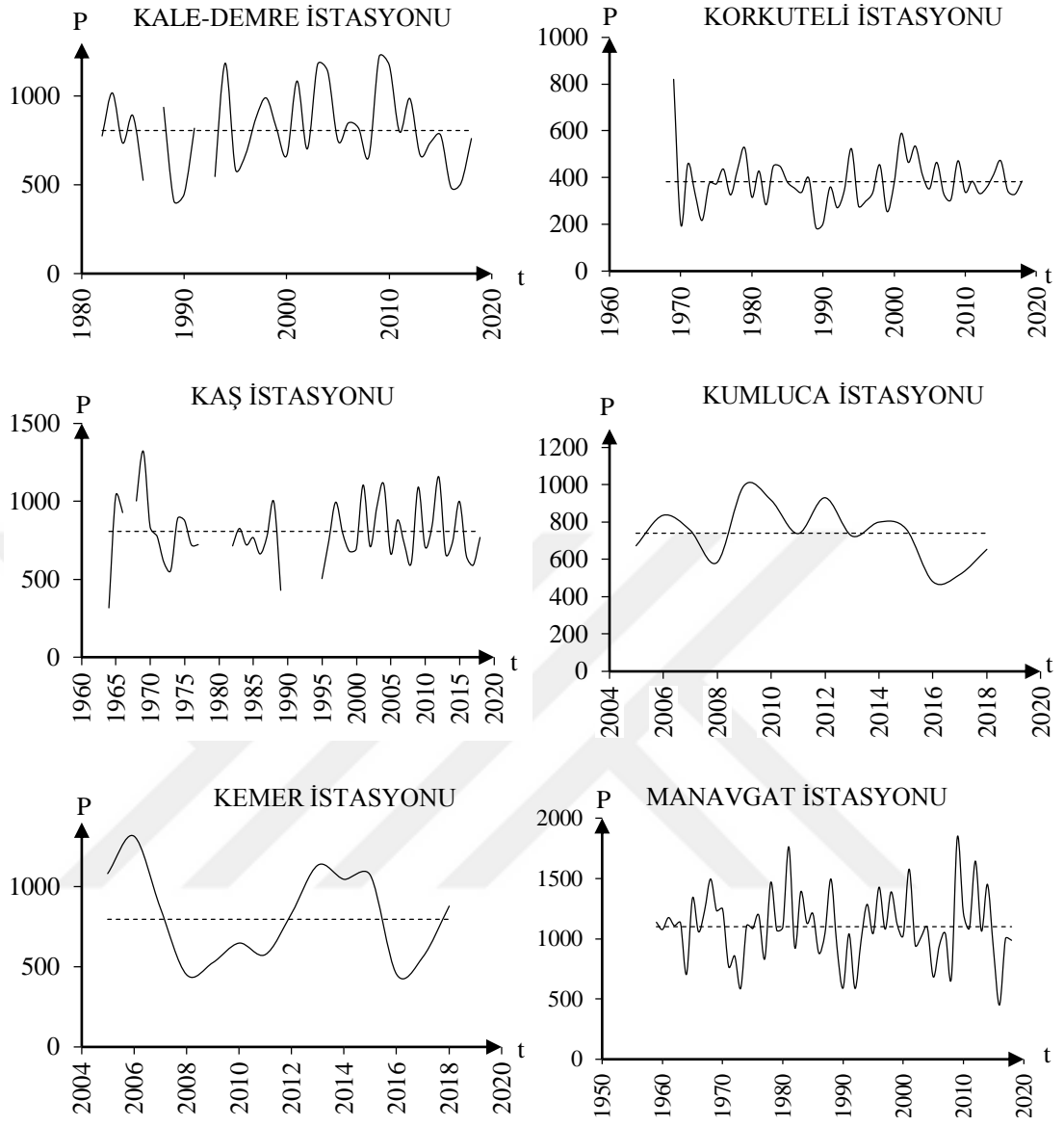
4.2. Yağış Dizilerinin İstatistiksel Özellikleri ve Olasılık Dağılımları

Antalya ili iklim elemanları içerisinde zamana bağlı olarak en fazla değişkenlik gösteren parametrelerden birisi yağış (yüksekliği, miktarı, süresi, şiddeti) olarak ifade edilebilir. Bu sebeple, bu tez çalışmasından elde edilecek sonuçlara bakıldığında, iklim değişikliğinin Antalya bölgesindeki yağışa etkisinin belirlenmesi ve gelecekteki yağış durumlarının tahmin edilmesi ile ortaya çıkabilecek muhtemel sorunların belirlenmesi mümkün olabilecektir.

Yağış dizilerinin istatistiksel özellikleri ve olasılık dağılımları araştırmalarından önce verilere herhangi bir test uygulanmaksızın, grafik ile görselleştirilmeye çalışılmış ve yağış gidiş eğrileri elde edilmiştir. İstasyonların yağış gidiş eğrileri Şekil 4.1'de verilmiştir. Grafiklerde yıllık toplam yağış yüksekliği P (mm) ve zaman ise t (yıl) olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.1. İstasyonlara ait yağış gidiş eğrileri (devam)



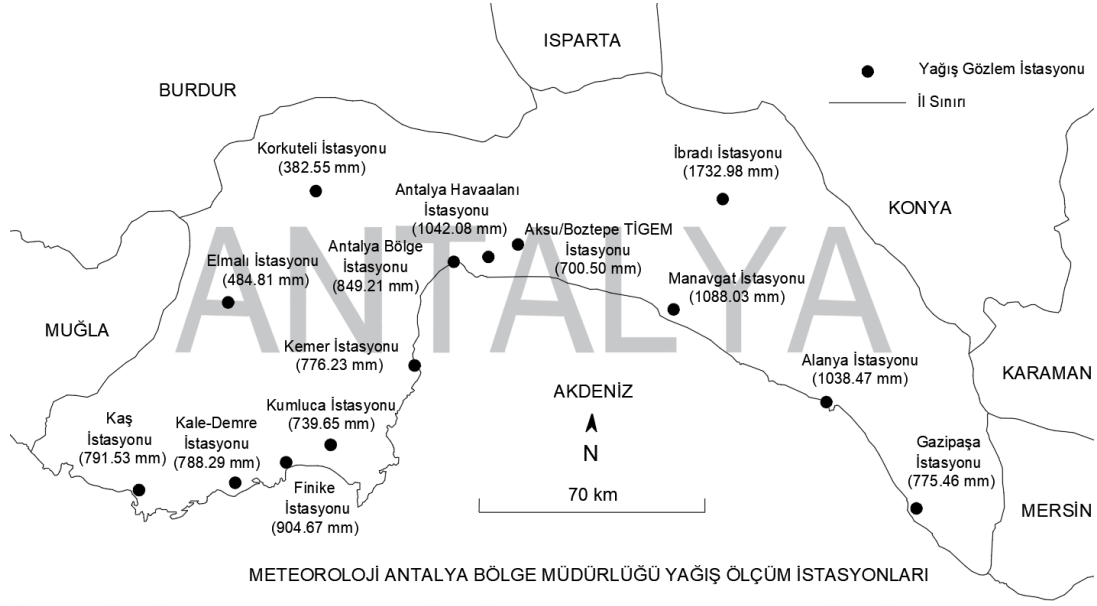
Şekil 4.1. İstasyonlara ait yağış gidiş eğrileri

Çalışma kapsamındaki 14 adet yağış gözlem istasyonuna ait yağış yüksekliği verilerine ait istatistiksel parametreler Çizelge 4.1’de verilmiştir. 5 adet istasyonun yağış verisinin kayıt süresi 14 yıl iken en fazla ölçüm süresinin 90 yıl olarak Antalya Havalimanı istasyonunda olduğu bu çizelgeden görülmektedir. 14 yıllık yağış kayıt süresine sahip Antalya Bölge ile Kumluca istasyonları hariç diğer istasyonlarda yağış dağılımlarının sağa doğru çarpık oldukları ve yıllık yağış yükseklikleri en az Korkuteli istasyonunda 382.55 mm ve en çok İbradi da 1769.1 mm olarak belirlenmiştir. İstasyonlarda ölçülmüş yağışların ortalamadan standart sapmaları ise 107.77 mm ile 492.38 mm arasında değiştiği hesaplanmıştır. Dolayısıyla, bölgesel olarak çok değişken bir yağışın olduğu ifade edilebilir.

Antalya ili ve çevresindeki alanlarda meydana gelebilecek taşkınlardan korunmak, taşkın ötelenmesinde, şehir drenaj şebekelerinde ve hidrolik yapıların tasarımında kullanmak için çeşitli yinelenme yıllarına karşı gelen muhtemel tasarım yağışlarını doğru bir şekilde tahmin etmek gereklidir. Yanlış yapılmış tahminlerin maliyette önemli artışların yanında can ve mal kayıpları risklerini de beraberinde getirebileceği unutulmamalıdır. Hidrometeorolojik veriler için kullanılan pek çok olasılık dağılımı mevcuttur ancak bu çalışma kapsamında Antalya ilinde bulunan yağış ölçüm istasyonlarına ait yağış verilerine hidrolojide iyi bilinen ve sıklıkla kullanılan 6 olasılık dağılım modeli (Normal, iki ve üç parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson Tip-3 (Gama Tip-3) ve Log-Pearson Tip-3) uygulanmıştır. Her istasyona ait en uygun olasılık dağılımı belirlendikten sonra istasyonların dağılımları Kolmogorov-Smirnov (K-S) Testi’ne tabii tutulmuştur. İstasyonlardaki yağışlara ait uygun olasılık dağılım fonksiyonları ile bu olasılık dağılım fonksiyonlarından çeşitli yinelenme süreleri için elde edilen ekstrem değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Antalya bölgesine ait istasyonların yağış dağılımlarının birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Yıllık yağışların ekstremumlarına göre, en büyükten en küçüğe doğru istasyonlar sıralandığında, en az yağışlar Korkuteli istasyonunda beklenirken, en çok yağışlar İbradi da beklenecektir. Yinelenme süresi 2 yıl olan yağışlara ait Antalya ili bölgesi için yağış dağılımı Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Antalya ili yağış ölçüm istasyonlarına ait istatistiksel parametreler

| Yağış İstasyonu | İstatistiki Parametre | Ölçüm Yılı Sayısı (N) | Lineer Çarpıklık Katsayısı $(C_s)_{lin}$ | Logaritmik Çarpıklık Katsayısı $(C_s)_{log}$ | Lineer Ortalama $(X)_{lin}$ | Logaritmik Ortalama $(X)_{log}$ | Lineer Standart Sapma $(S_n - 1)_{lin}$ | Logaritmik Standart Sapma $(S_n - 1)_{log}$ |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|-----------------------------|---------------------------------|---|---|
| Aksu/Boztepe TİGEM | | 14 | 0.5 | -0.31 | 743.71 | 2.84 | 306.77 | 0.19 |
| Alanya | | 78 | 0.47 | -0.11 | 946.92 | 3.01 | 436.99 | 0.12 |
| Antalya Bölge | | 14 | -0.01 | -0.45 | 848.59 | 2.92 | 244.25 | 0.13 |
| Antalya Havaalanı | | 90 | 0.40 | -0.24 | 1062.73 | 3.01 | 310.97 | 0.13 |
| Elmalı | | 61 | 0.11 | -0.63 | 484.81 | 2.67 | 113.11 | 0.11 |
| Finike | | 59 | 0.47 | -0.55 | 945.65 | 2.95 | 287.86 | 0.14 |
| Gazipaşa | | 49 | 0.73 | 0.15 | 806.35 | 2.89 | 212.06 | 0.11 |
| İbradı | | 14 | 0.28 | -0.35 | 1769.10 | 3.23 | 492.38 | 0.13 |
| Kale-Demre | | 37 | 0.39 | -0.32 | 763.58 | 2.89 | 285.37 | 0.13 |
| Kaş | | 55 | 0.41 | -0.62 | 651.22 | 2.89 | 358.19 | 0.12 |
| Kemer | | 14 | 0.17 | -0.19 | 816.50 | 2.89 | 283.24 | 0.16 |
| Korkuteli | | 51 | 1.26 | -0.16 | 382.55 | 2.57 | 107.77 | 0.12 |
| Kumluca | | 14 | -0.01 | -0.52 | 741.42 | 2.86 | 152.41 | 0.10 |
| Manavgat | | 60 | 0.24 | -0.73 | 1098.96 | 3.03 | 285.30 | 0.12 |



Şekil 4.2. T=2 yıl yinelenme süresi için Antalya bölgesi yağış dağılımı

4.3. Şen Yöntemine Göre Eğilim Analizi

Eğilim (trend) bir zaman serisinin uzun dönem boyunca bağımlı değişkenin aldığı değerlerin zaman eksenine göre bir tanjanta (gradyana) sahip olması durumudur. Eğilim analizi uzun dönem boyunca ele alındığında günlük, aylık ve mevsimsellik değişimlerin etkisini ele almaz. Eğilim bir zaman serisinin yıllık değişimlerine göre belirlenir. Bir serinin eğilimi doğrusal olabilir ya da olmayabilir. Bir zaman serisinde uzun dönem boyunca bir değişim yoksa zaman serisinde bir eğilim yoktur denilir. Eğilim aranırken zaman serisindeki çeşitli nedenlerden dolayı oluşmuş olan sıçrama değerlerine dikkat edilmelidir.

Şen (2012) bir zaman zaman serisinin eğilimini analiz ederken seriyi eşit 2 parçaya ayırmıştır. Her parça büyükten küçüğe (ya da küçükten büyüğe) doğru sıralanarak son dönemlerdeki seri parçası y ekseninde, ilk dönemlerdeki parça ise x ekseninde olacak şekilde veriler bir grafik üzerinde gösterilir. Daha sonra, grafikte 1:1 doğrusu çizilerek veri çiftlerinin doğrunun üzerinde ya da altında kaldığı tespit edilmeye çalışılır. Veri noktaları doğru üzerinde kalırsa zaman serisinin o nokta değerleri için bir artan eğilime sahip olduğu, eğer altında kalırsa serinin o nokta değerleri için bir azalan bir eğilimin olduğu ifade edilir.

Çizelge 4.2. Antalya ili yıllık toplam yağışların ekstrem dağılım hesabı

| İstasyon Numarası | İstasyonlar | Dağılım Tipi | Yinelenme Süresi (Yıl) | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 |
| 17895 | Aksu/Boztepe TİGEM | Gumbel | 700.50 | 1049.19 | 1280.06 | 1571.76 | 1788.16 | 2002.96 | 2216.98 | 2499.33 |
| 17310 | Alanya | Log-Pearson Tip-3 | 1038.47 | 1298.62 | 1455.43 | 1640.44 | 1770.10 | 1893.56 | 2013.56 | 2141.17 |
| 17302 | Antalya Bölge | Pearson Tip-3 (Gamma Tip-3) | 849.21 | 1054.39 | 1161.28 | 1275.00 | 1348.31 | 1414.02 | 1474.35 | 1534.69 |
| 17300 | Antalya Havaalanı | Pearson Tip-3 (Gamma Tip-3) | 1042.08 | 1316.43 | 1472.32 | 1647.58 | 1766.20 | 1876.44 | 1980.46 | 2084.48 |
| 17952 | Elmalı | Normal Dağılım | 484.81 | 580.01 | 629.78 | 682.88 | 717.12 | 747.96 | 776.08 | 810.01 |
| 17375 | Finike | Log-Normal (2 Parametrel) | 904.67 | 1162.23 | 1324.88 | 1523.61 | 1667.28 | 1808.22 | 1947.11 | 2129.00 |
| 17974 | Gazipaşa | Log-Pearson Tip-3 | 775.46 | 966.20 | 1088.20 | 1238.82 | 1348.90 | 1458.10 | 1567.09 | 1684.23 |
| 17927 | İbradı | Log-Pearson Tip-3 | 1732.98 | 2181.12 | 2436.83 | 2724.29 | 2917.37 | 3094.47 | 3260.13 | 3434.65 |
| 17970 | Kale-Demre | Log-Pearson Tip-3 | 788.29 | 992.96 | 1110.83 | 1244.35 | 1334.83 | 1418.31 | 1496.71 | 1579.44 |
| 17380 | Kaş | Log-Pearson Tip-3 | 791.53 | 967.75 | 1059.44 | 1154.89 | 1214.50 | 1266.35 | 1312.07 | 1359.44 |
| 17953 | Kemer | Gumbel | 776.23 | 1094.25 | 1304.80 | 1570.84 | 1768.20 | 1964.11 | 2159.30 | 2416.81 |
| 17926 | Korkuteli | Normal Dağılım | 382.55 | 473.25 | 520.67 | 571.26 | 603.89 | 633.26 | 660.05 | 692.39 |
| 17951 | Kumluca | Log-Pearson Tip-3 | 739.65 | 873.09 | 942.89 | 1016.10 | 1062.44 | 1103.28 | 1139.57 | 1177.05 |
| 17954 | Manavgat | Log-Normal (3 Parametrel) | 1088.03 | 1334.98 | 1470.58 | 1620.42 | 1719.94 | 1811.56 | 1896.80 | 2001.86 |

Bu çalışmada Antalya bölgesinde bulunan meteoroloji istasyonlarından alınmış yağış yüksekliği zaman serisi gözlem sürelerine ait bilgiler Çizelge 4.3'te ve her bir istasyona ait eğilim hesaplamaları aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.

Çizelge 4.3. Antalya bölgesinde bulunan yağış gözlem istasyonları ve kaydedilen yağış yüksekliği dönemleri

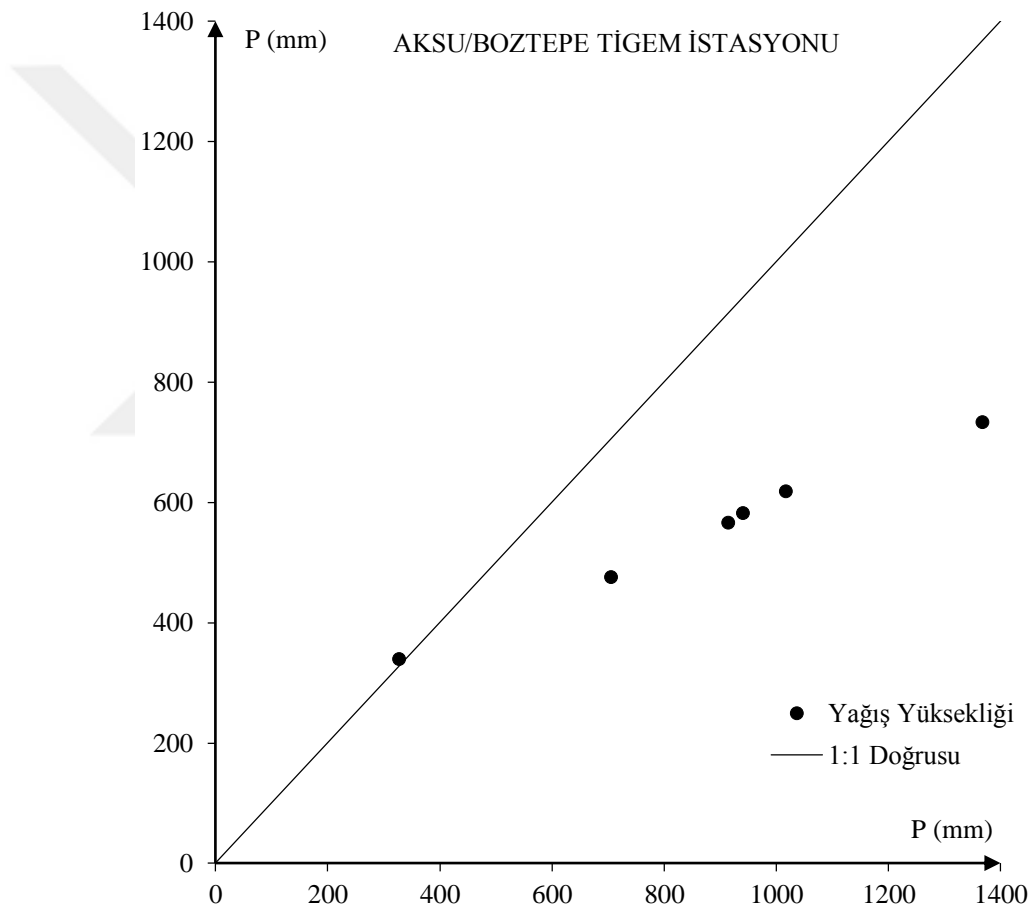
| İstasyon Numarası | İstasyon Adı | Gözlem Periyodu | Gözlenmiş Toplam Süre (Yıl) | Eksik Dönemler | Eğilim Hesaplarında Kullanılan Gözlem Uzunluğu (Yıl) |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 17895 | Aksu/Boztepe TİGEM | 2005-2018 | 14 | 2005 (ilk 11 ay) | 12 |
| 17310 | Alanya | 1941-2018 | 78 | 1942 1944-1951 | 66 |
| 17302 | Antalya Bölge | 2005-2018 | 14 | | 14 |
| 17300 | Antalya Havaalanı | 1929-2018 | 90 | | 90 |
| 17952 | Elmalı | 1958-2018 | 61 | | 60 |
| 17375 | Finike | 1960-2018 | 59 | 1960 (Nisan, Mayıs, Temmuz) | 58 |
| 17974 | Gazipaşa | 1970-2018 | 49 | | 48 |
| 17927 | İbradı | 2005-2018 | 14 | | 14 |
| 17970 | Kale-Demre | 1982-2018 | 37 | 1987, 1992 | 34 |
| 17380 | Kaş | 1964-2018 | 55 | 1967, 1978-1981 1990-1994 | 44 |
| 17953 | Kemer | 2005-2018 | 14 | | 14 |
| 17926 | Korkuteli | 1968-2018 | 51 | | 50 |
| 17951 | Kumluca | 2005-2018 | 14 | | 14 |
| 17954 | Manavgat | 1959-2018 | 60 | | 60 |

4.3.1. Aksu/Boztepe TİGEM istasyonu için eğilim analizi

Aksu/Boztepe TİGEM istasyonuna ait 2005-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 2005 yılının, ilk 11 aylık verinin eksik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 2006-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Aksu/Boztepe TİGEM istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 327 mm (2008) ve 1367.8 mm'dir (2009). Toplam 13

yıllık kesintisiz verinin Şen yöntemi uyarınca son 12 yılı hesaplarda göz önüne alınmış ve sıralanmış ilk 6 yıllık veri x ekseninde, son 6 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.3'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 6 yılda (2013-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir azalma gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak çoğu yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun alt kısmında kaldığı gözlenmektedir. Özellikle 300 mm'nin üstündeki yağış değerleri için belirgin bir azalma eğilimi olduğundan söz edilebilir.



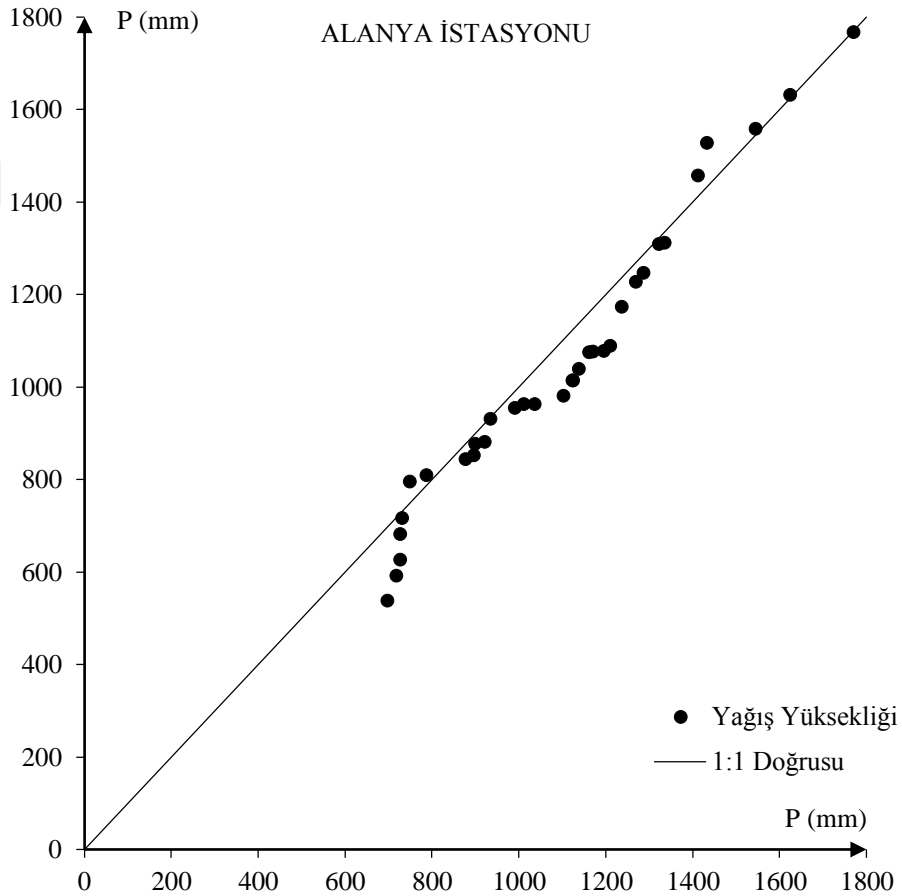
Şekil 4.3. Aksu/Boztepe TİGEM istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.2. Alanya istasyonu için eğilim analizi

Alanya istasyonuna ait 1941-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 9 yıllık verinin (1942 ve 1944-1951) eksik olduğu tespit

edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1952-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Alanya istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 538.3 mm (2005) ve 1770.4 mm'dir (1981). Toplam 67 yıllık kesintisiz verinin Şen yöntemi uyarınca son 66 yılı hesaplarda göz önüne alınmış ve sıralanmış ilk 33 yıllık veri x ekseninde, son 33 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.4'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 33 (1986-2018) yılda kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 1350 mm'nin altındaki yağışlar için son dönemlerde bir azalma eğilimi görülmekte, bu değer üzerinde ise bir artış eğiliminin olduğu belirtilebilir. Ayrıca 730 mm altındaki ve 950-1350 mm arasındaki yağışlarda belirgin bir azalma eğilimi olduğu açıktır.

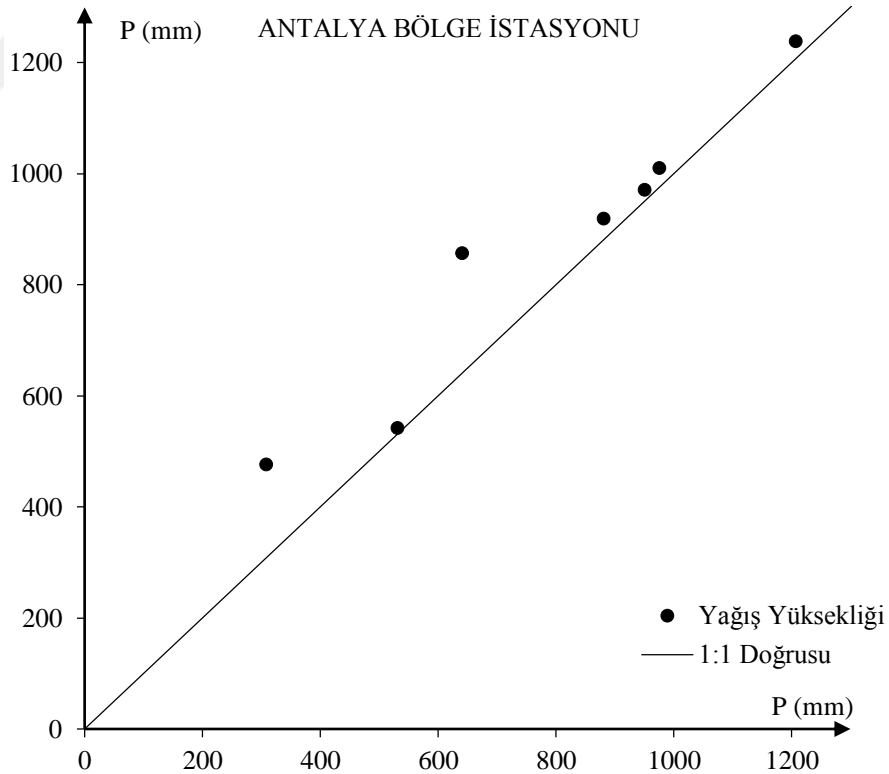


Şekil 4.4. Alanya istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.3. Antalya bölge istasyonu için eğilim analizi

Antalya Bölge istasyonuna ait 2005-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 2005-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Antalya Bölge istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 308 mm (2008) ve 1239.2 mm'dir (2014). Toplam 14 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemine göre sıralanmıştır ve ilk 7 yıllık veri x ekseninde, son 7 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.5'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 7 yılda (2012-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir artma gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak tüm yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun üst kısmında kaldığı gözlenmektedir. Bu yağış değerleri için artış eğilimi olduğundan söz edilebilir.

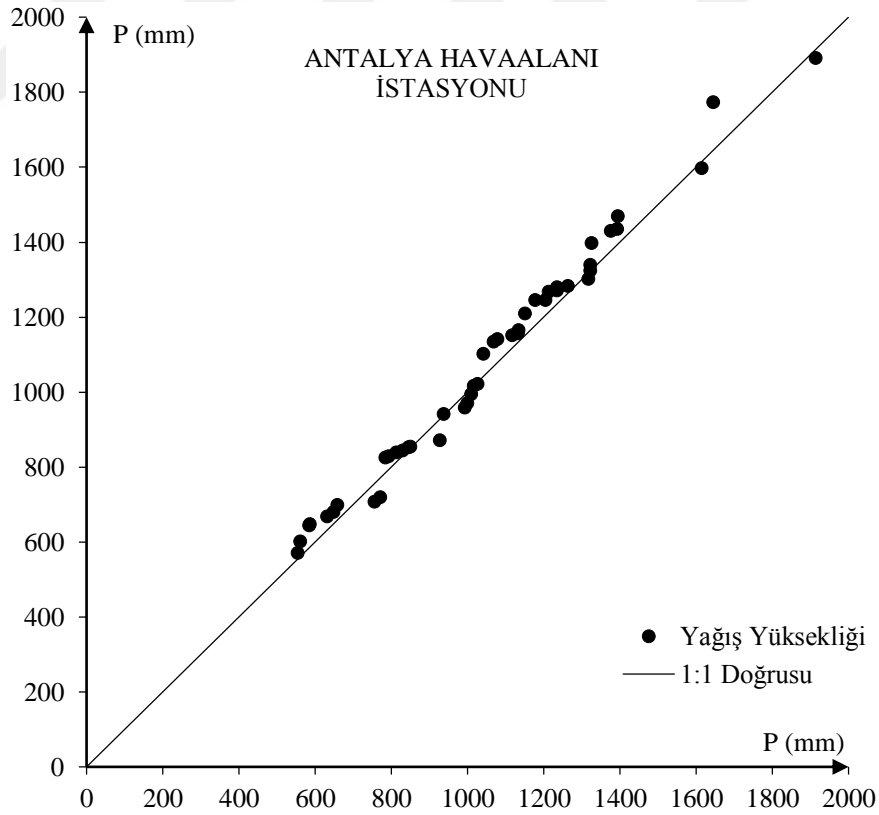


Şekil 4.5. Antalya bölge istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.4. Antalya havaalanı istasyonu için eğilim analizi

Antalya Havaalanı istasyonuna ait 1929-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye, 1929-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Antalya Havaalanı istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 552.9 mm (1973) ve 1914.3 mm'dir (1969). Toplam 90 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemine göre sıralanmıştır ve ilk 45 yıllık veri x ekseninde, son 45 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.6'daki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 45 yılda (1974-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemektedir ancak, genel olarak yağışların artma eğiliminde oldukları söylenebilir.

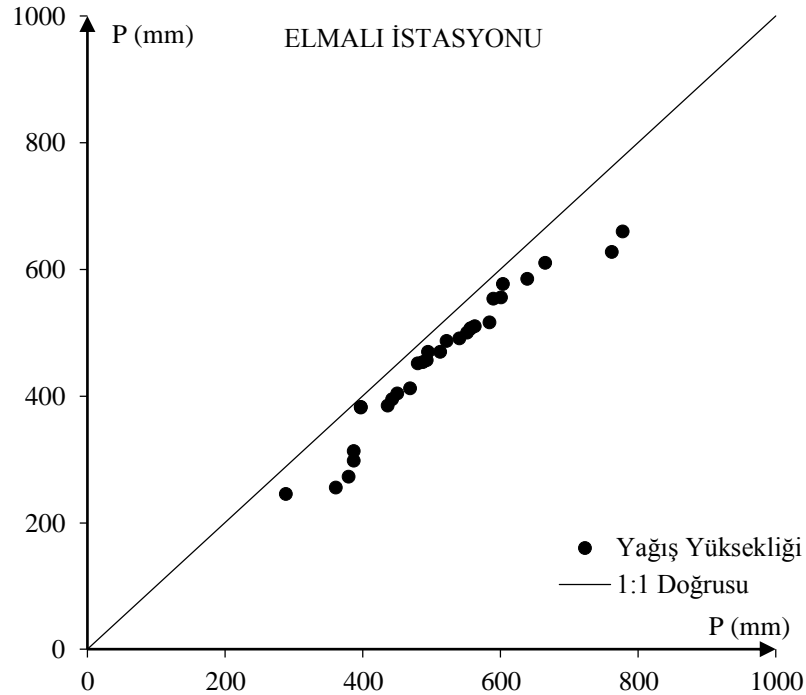


Şekil 4.6. Antalya havaalanı istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.5. Elmalı istasyonu için eğilim analizi

Elmalı istasyonuna ait 1958-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1958-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Elmalı istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 245.7 mm (1990) ve 777.2 mm'dir (1969). Toplam 61 yıllık kesintisiz verinin Şen yöntemi uyarınca son 60 yılı hesaplarda göz önüne alınmıştır ve sıralanmış ilk 30 yıllık veri x ekseninde, son 30 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.7'deki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 30 yılda (1989-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir azalma gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak tüm yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun alt kısmında kaldığı gözlenmektedir. Özellikle 400 mm'nin altındaki ve üstündeki yağış değerleri için belirgin bir azalma eğilimi olduğundan söz edilebilir. Ayrıca 550 mm'nin üzerindeki ve 400 mm'nin altındaki yağışlarda belirgin bir azalmanın olduğu da açıktır.

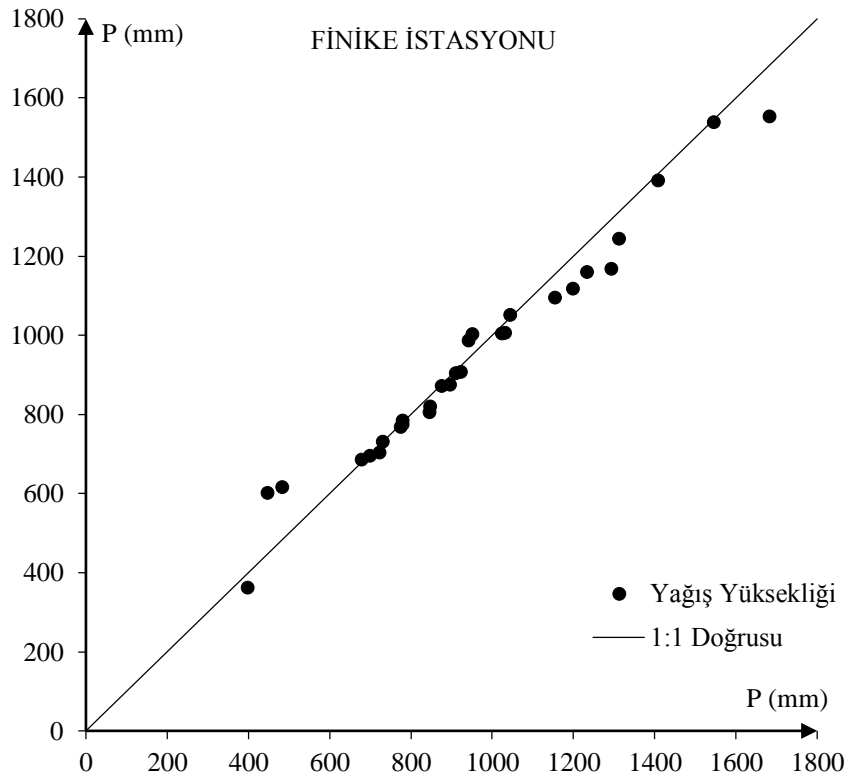


Şekil 4.7. Elmalı istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.6. Finike istasyonu için eğilim analizi

Finike istasyonuna ait 1960-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 1960 yılına ait 3 aylık verinin (Nisan, Mayıs ve Temmuz) eksik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1961-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Finike istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 362.4 mm (1990) ve 1682.9 mm'dir (1969). Toplam 58 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemi uyarınca sıralanmıştır ve ilk 29 yıllık veri x ekseninde, son 29 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.8'deki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 29 yılda (1990-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemektedir. Yağış yüksekliği 400-750 mm aralığındaki yağışlar için son dönemlerde artma eğilimi görülmekte, 1100 mm üzerindeki yağışlar için de azalma eğilimi görülmektedir. Ayrıca 1100-1300 mm arasındaki yağışlarda belirgin bir azalma eğiliminin olduğu açıktır.

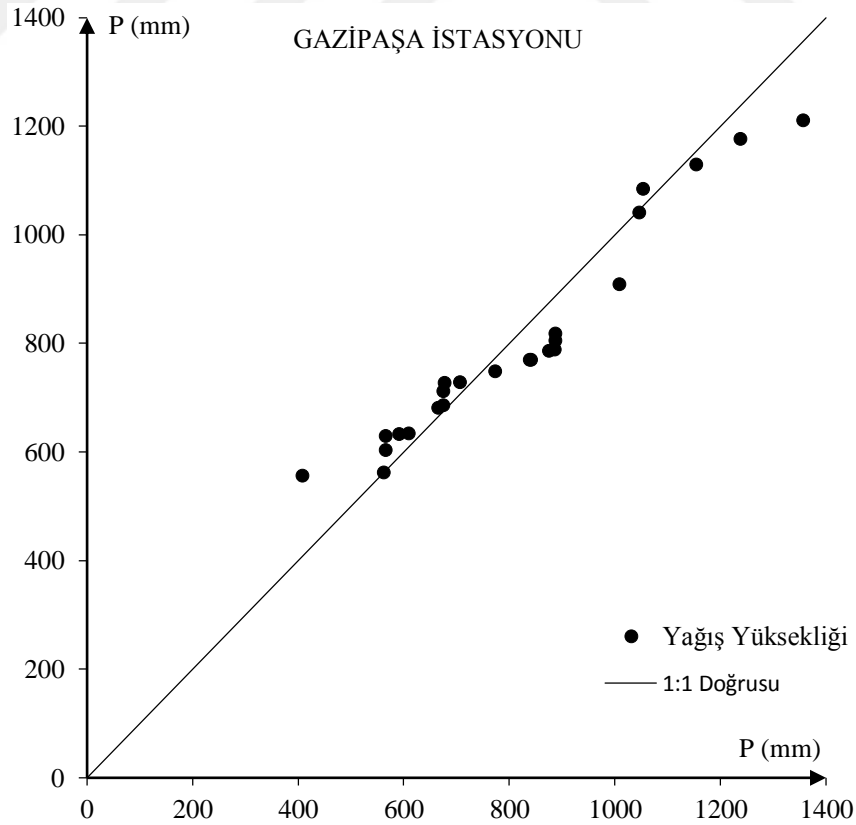


Şekil 4.8. Finike istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.7. Gazipaşa istasyonu için eğilim analizi

Gazipaşa istasyonuna ait 1970-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 1970-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir (Çizege 4.3). Bu çizelgeye göre Gazipaşa istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 408.2 mm (1990) ve 1357.1 mm'dir (1981). Toplam 49 yıllık kesintisiz verinin Şen yöntemi uyarınca son 48 yılı hesaplarda göz önüne alınmıştır. Sıralanmış ilk 24 yıllık veri x ekseninde, son 24 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.9'daki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 24 yılda (1995-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemektedir. Yağış yüksekliğinin 750 mm'nin altındaki yağışlar için artma eğilimi, bu değer üzerindeki yağışlar için de bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

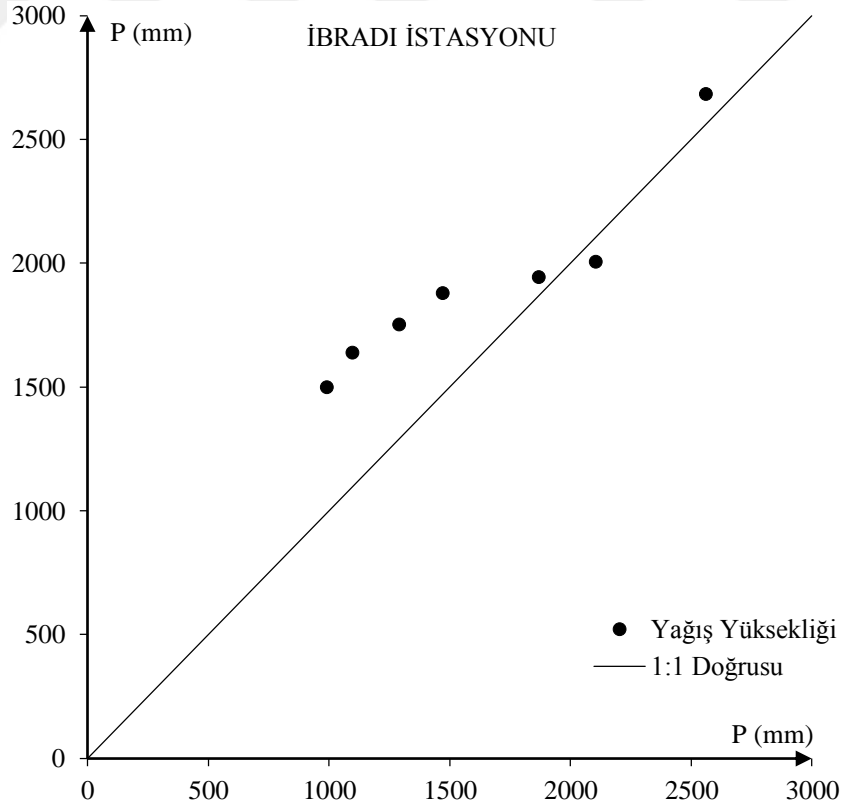


Şekil 4.9. Gazipaşa istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.8. İbradı istasyonu için eğilim analizi

İbradı istasyonuna ait 2005-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 2005-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. İbradı istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 990.2 mm (2008) ve 2681.6 mm'dir (2012). Toplam 14 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemine göre sıralanmıştır ve ilk 7 yıllık veri x ekseninde, son 7 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.10'daki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 7 yılda (2012-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir artma gözükmemektedir. Özellikle yağış yüksekliğinin 2000 mm'nin altındaki yağışlar için son dönemlerde belirgin bir artış eğilimi görülmektedir. Genel olarak bakıldığında yağışlarda bir artış eğilimi olduğu da söylenebilir.

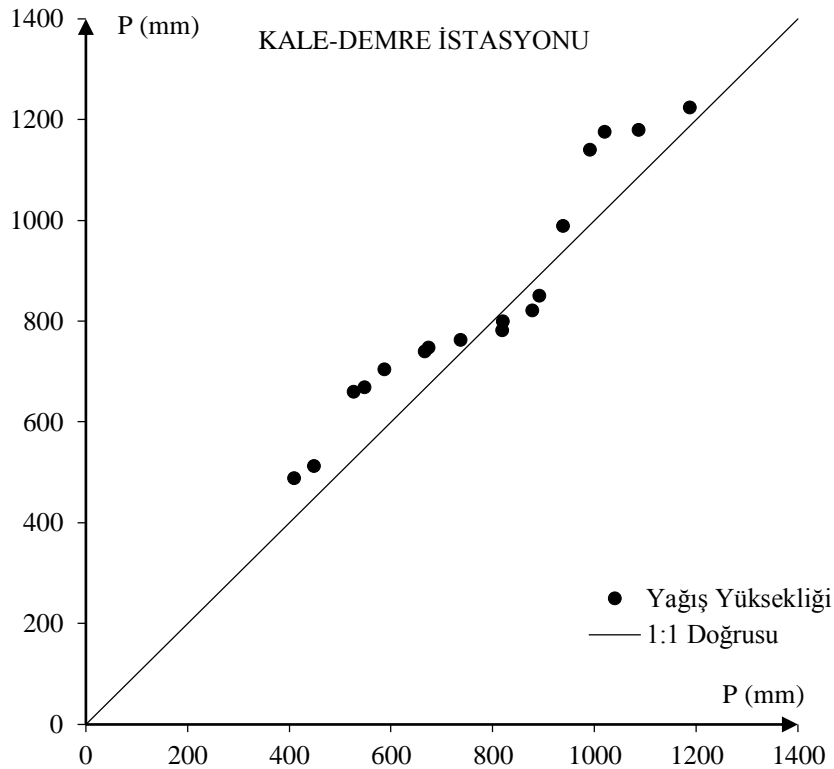


Şekil 4.10. İbradı istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.9. Kale-Demre istasyonu için eğilim analizi

Kale-Demre ait 1982-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 2 yıllık verinin (1987 ve 1992) eksik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1993-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Kale-Demre istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 409.9 mm (1989) ve 1223.4 mm'dir (2009). Toplam 35 yıllık verinin son 26 yılı kesintisizdir. Veriler Şen yöntemi uyarınca son 34 yılı hesaplarda göz önüne alınmıştır. Sıralanan ilk 17 yıllık veri x ekseninde, son 17 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.11'deki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 17 yılda (2002-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 750 mm'nin altındaki ve 900 mm'nin üzerindeki yağışlar için son dönemlerde belirgin bir artış eğilimi görülmektedir.

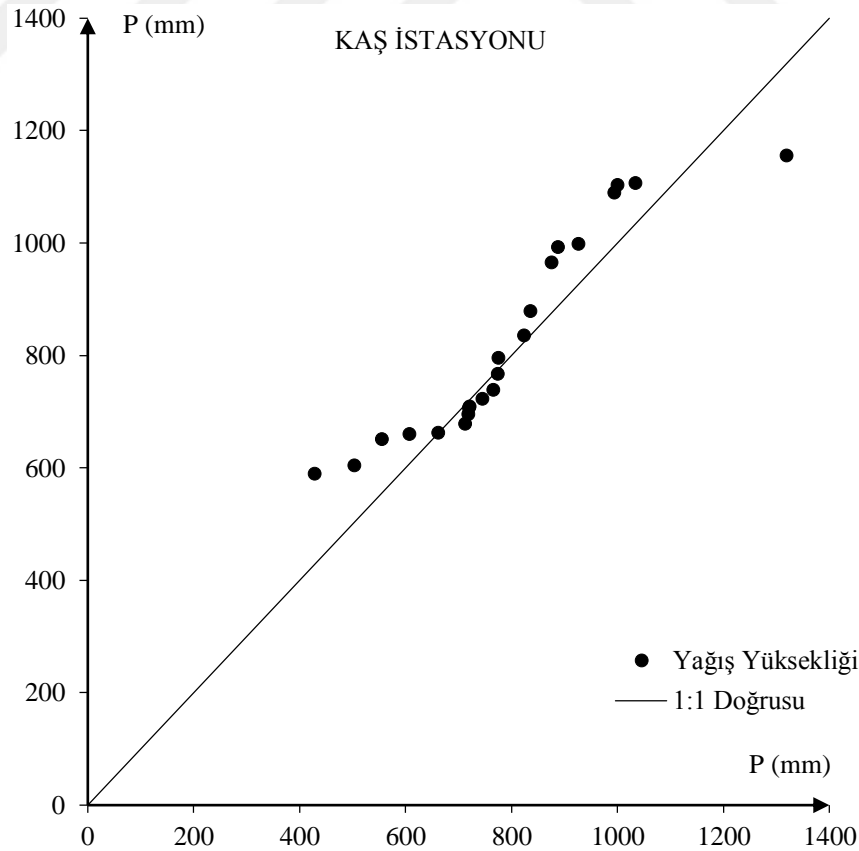


Şekil 4.11. Kale-Demre istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.10. Kaş istasyonu için eğilim analizi

Kaş istasyonuna ait 1964-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 10 yıllık verinin (1967, 1978-1981 ve 1990-1994) eksik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1995-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Kaş istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 428.9 mm (1989) ve 1319.3 mm'dir (1969). Toplam 45 yıllık verinin Şen yöntemi uyarınca son 44 yılı hesaplarda göz önüne alınmış ve sıralanmıştır. İlk 22 yıllık veri x ekseninde, son 22 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.12'deki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 22 yılda (1997-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 700 mm'nin altındaki ve 800 mm'nin üzerindeki yağışlar için son dönemlerde bir artış eğilimi olduğu görülmektedir.

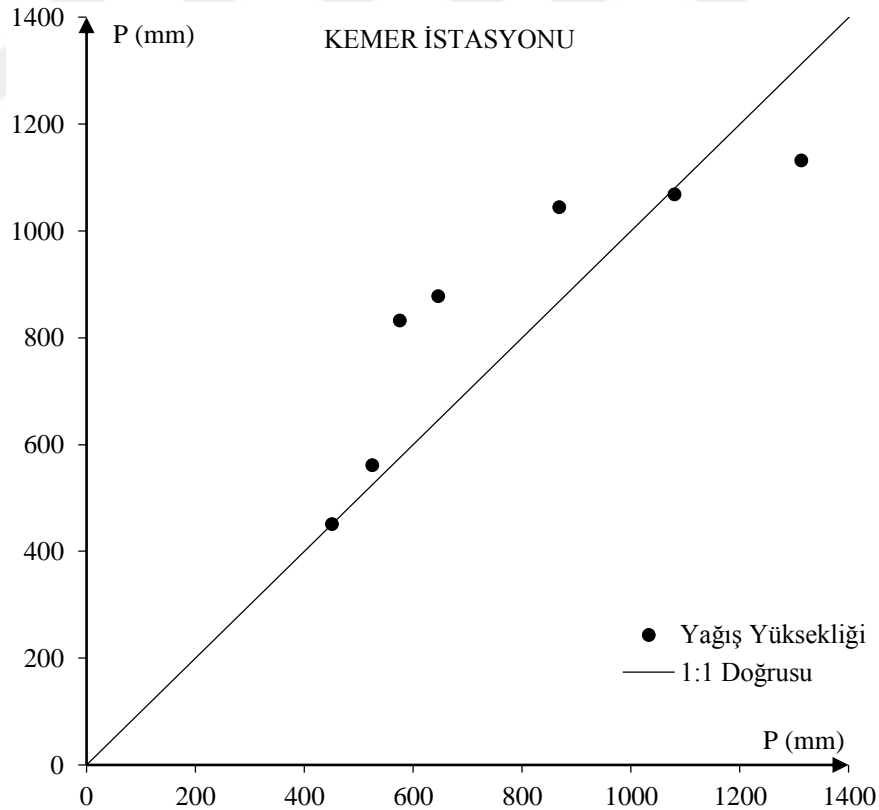


Şekil 4.12. Kaş istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.11. Kemer istasyonu için eğilim analizi

Kemer istasyonuna ait 2005-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 2005-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Kemer istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 450.9 mm (2008) ve 1313.7 mm'dir (2006). Toplam 14 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemine göre sıralanmıştır ve ilk 7 yıllık veri x ekseninde, son 7 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.13'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 7 yılda (2012-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, özellikle yağış yüksekliğinin 450-1000 mm arasındaki yağışlar için son dönemlerde belirgin bir artış eğilimi olduğu görülmektedir.

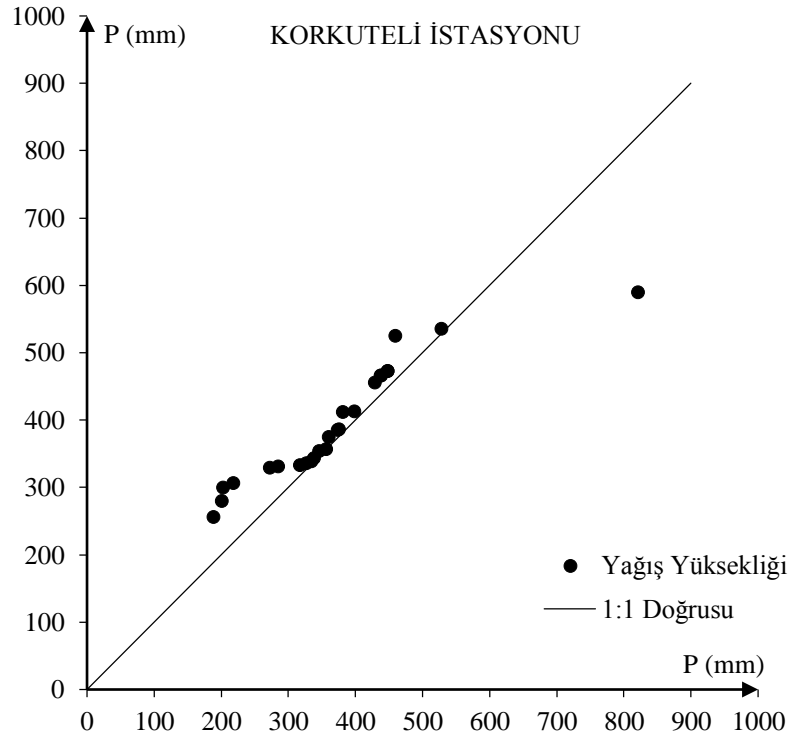


Şekil 4.13. Kemer istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.12. Korkuteli istasyonu için eğilim analizi

Korkuteli istasyonuna ait 1968-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 1968-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre Korkuteli istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 188.2 mm (1989) ve 820.9 mm'dir (1969). Toplam 51 yıllık kesintisiz verinin Şen yöntemi uyarınca son 50 yılı hesaplarda göz önüne alınmıştır. Sıralanmış ilk 25 yıllık veri x ekseninde, son 25 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.14'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 25 yılda (1994-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak çoğu yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun üst kısmında kaldığı gözlenmektedir. Özellikle 350 mm'nin altındaki yağış değerleri için belirgin bir artış eğilimi olduğundan söz edilebilir. Genel olarak bakıldığında yağışlarda bir artış eğilimi olduğu da söylenebilir.

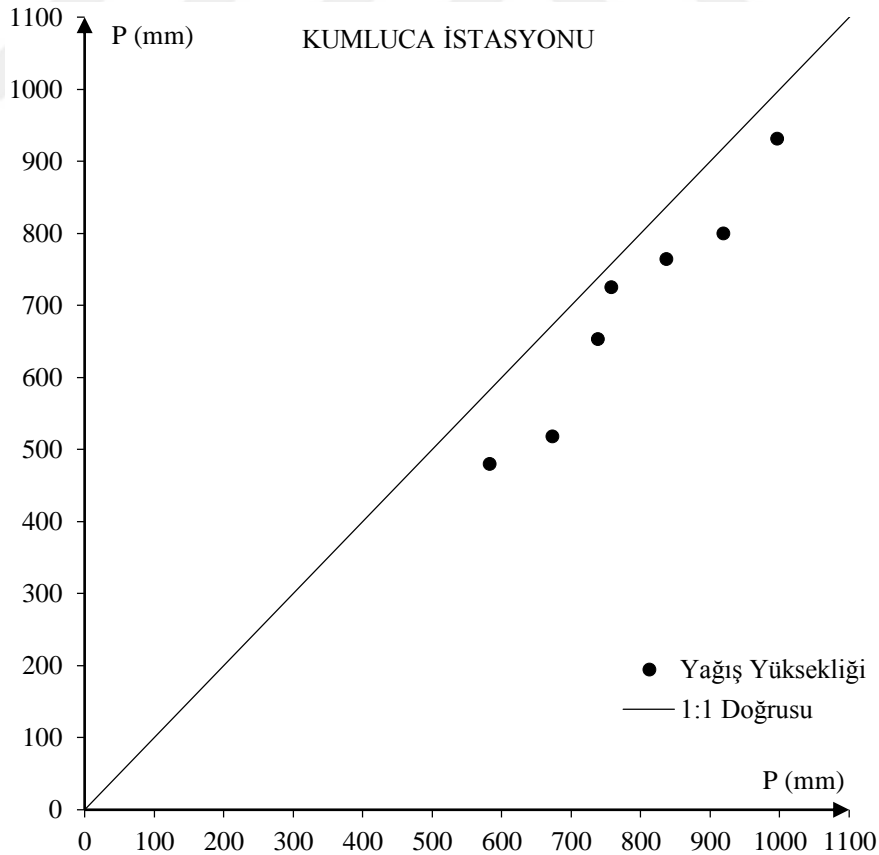


Şekil 4.14. Korkuteli istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.13. Kumluca istasyonu için eğilim analizi

Kumluca istasyonuna ait 2005-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, 2005-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre Kumluca istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 479.8 mm (2016) ve 996.4 mm'dir (2009). Toplam 14 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemi uyarınca sıralanmıştır. İlk 7 yıllık veri x ekseninde, son 7 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.15'teki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 7 yılda (2012-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir azalma gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak tüm yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun alt kısmında kaldığı gözlenmektedir. Özellikle 500 mm'nin üstündeki yağışlarda belirgin bir azalma eğilimi olduğu açıktır.

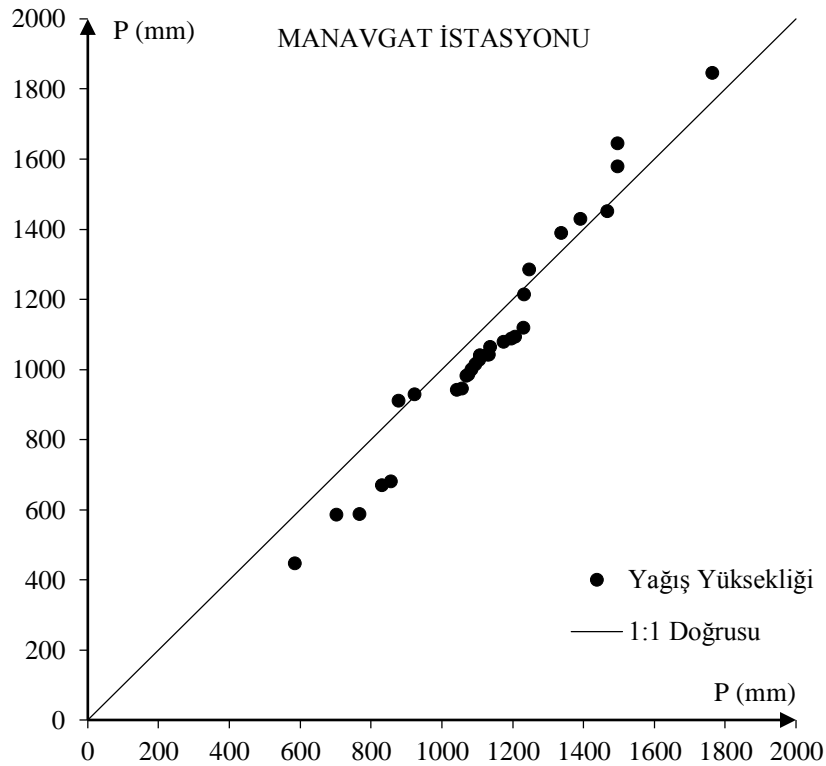


Şekil 4.15. Kumluca istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.14. Manavgat istasyonu için eğilim analizi

Manavgat istasyonuna ait 1959-2018 yılları arasındaki yağış yüksekliği verileri kullanılarak Şen (2012) yöntemine göre eğilim analizi yapılmıştır. İstasyona ait tüm veriler incelendiğinde, eksik veri olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu çizelgeye göre, 1929-2018 döneminde yağış yüksekliği verilerinde bir eksiklik bulunmamaktadır ve verinin sürekli olduğu görülmektedir. Manavgat istasyonunda ölçülmüş minimum ve maksimum yağış yüksekliği değerleri, sırasıyla 447.8 mm (2016) ve 1844.9 mm'dir (2009). Toplam 60 yıllık kesintisiz veri Şen yöntemine göre sıralanmıştır ve ilk 30 yıllık veri x ekseninde, son 30 yıllık veri ise y ekseninde işaretlenmiştir.

Şekil 4.16'daki veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 30 yılda (1989-2018) kaydedilmiş yağış yüksekliklerinde belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 1250 mm'nin altındaki yağışlar için son dönemlerde bir azalma eğilimi bu değer üzerinde yağışlar için de son dönemlerde bir artış eğilimi görülmektedir. Ayrıca 900 mm'nin altındaki yağışlarda belirgin bir azalma eğiliminin olduğu da açıktır.



Şekil 4.16. Manavgat istasyonuna ait eğilim analizi

4.3.15. 1995-2018 dönemi için istasyonlara ait eğilimlerin karşılaştırılması

Çizelge 4.3 incelendiğinde, 1995-2018 döneminde yağış yüksekliği verisinin sürekli olduğu istasyonlar (9 adet) göz önüne alınarak son 12 yıla (2007-2018) ait Şen (2012) yöntemine göre bölgesel bir yağış yüksekliği eğilimi analizi yapılmıştır. Antalya bölgesindeki 9 farklı meteoroloji istasyonundan alınmış 1995-2018 yılları arasındaki yağış verileri üzerinde yapılan eğilim analizi sonuçları Şekil 4.17’de çizilmiştir.

Şekil 4.17’deki Alanya İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 100 mm’nin altındaki yağışlar için azalış eğilimi, 1400 mm’nin üzerindeki yağışlar için de son dönemlerde bir artış eğilimi olduğu görülmektedir. Alanya istasyonunun 1941-2018 dönemi için yapılan eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin benzer olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17’deki Antalya Havaalanı İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemektedir. Şekilde ilk olarak tüm yağış değerlerinin 1:1 doğrusunun alt kısmında kaldığı gözlenmektedir. Özellikle 550 mm’nin üstündeki yağış değerleri için son dönemlerde belirgin bir azalma eğiliminin olduğu da açıktır. Ayrıca Antalya Havaalanı istasyonunun 1929-2018 dönemi için yapılan eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin bir hayli farklı olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17’deki Elmalı İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 450 mm’nin altındaki yağışlar için son dönemlerde bir azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Elmalı istasyonunun 1958-2018 dönemi için yapılan eğilim analizinde belirgin bir azalış eğilimi gözlenirken, 1995-2018 dönemi için sadece 450 mm’nin altındaki verilerde azalış eğilimi gözlenmiştir. Bu sebeple Elmalı istasyonunun 1958-2018 dönemi eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin farklı olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17’deki Finike İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 1000 mm’nin üzerindeki yağışlar için son dönemlerde bir azalış eğilimi olduğu görülmektedir.

Finike istasyonunun 1960-2018 dönemi için yapılan eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi analizlerinin benzer olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17'deki Gazipaşa İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 850 mm'ye kadar olan yağışlar için son dönemlerde bir azalış eğilimi, bu değer üzerindeki yağışlar için de artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Gazipaşa istasyonunun 1995-2018 dönemi için yapılan eğilim analizinde, 1100 mm üstü değerlerde artış eğilimi gözlenirken, 1970-2018 dönemi eğilim analizinde böyle bir artış gözlenmemiştir. Bu sebeple Gazipaşa istasyonunun 1970-2018 dönemi eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin farklı olduğu söylenebilir.

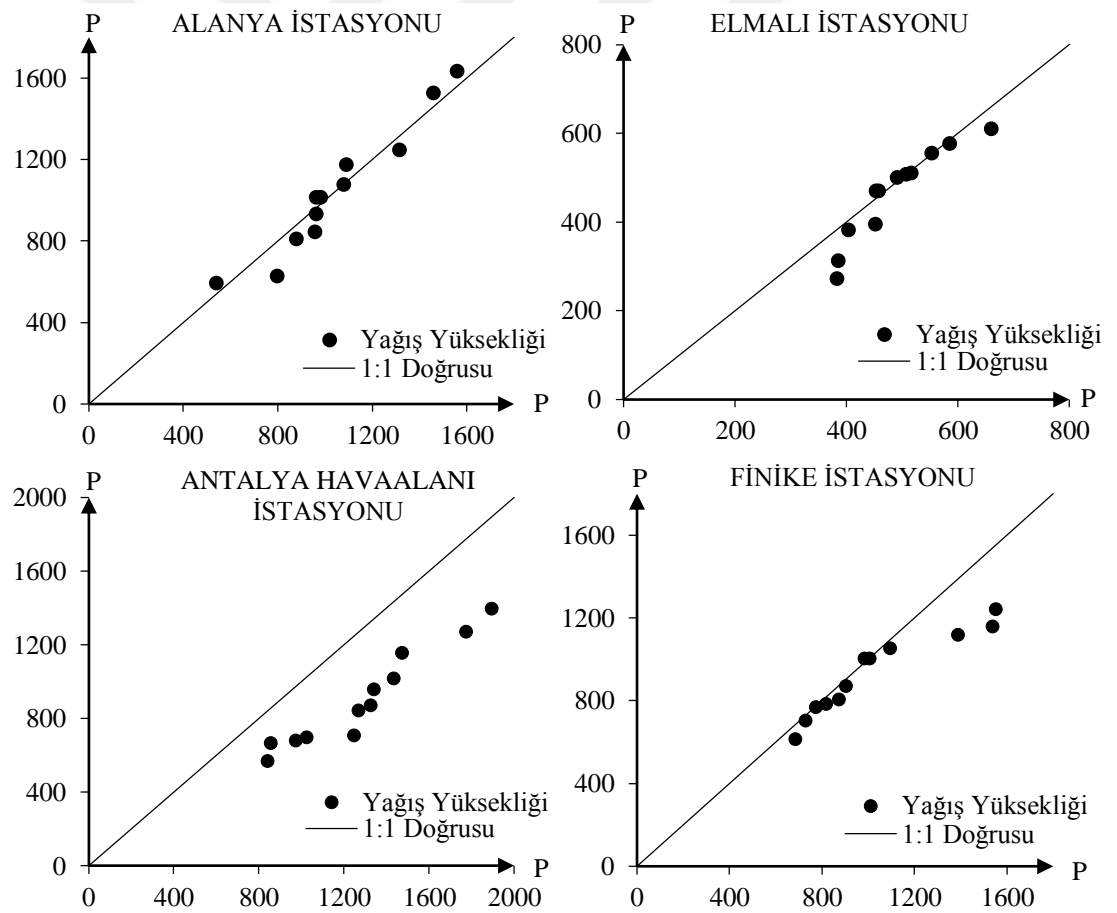
Şekil 4.17'deki Kale-Demre İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 700 mm'nin altındaki yağışlarda ve 750-1000 mm aralığındaki yağışlarda son dönemlerde bir azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Kale-Demre istasyonunun 1995-2018 dönemi için yapılan eğilim analizinde, 700 mm'nin altındaki değerlerde azalış eğilimi gözlenirken, 1982-2018 dönemi eğilim analizinde 800 mm'nin altındaki değerlerde artış eğilimi gözlenmiştir. Bu sebeple Kale-Demre istasyonunun 1982-2018 dönemi eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin farklı olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17'deki Kaş İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 700 mm'nin altındaki ve 700-1000 mm aralığındaki yağışlar için son dönemlerde bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Kaş istasyonunun 1964-2018 dönemi eğilim analizinde 700 mm'nin altındaki yağış değerlerinde artış eğilimi gözlenirken, 1995-2018 dönemi eğilim analizinde 700 mm'nin altındaki yağış değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu sebeple Kaş istasyonunun 1964-2018 dönemi eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin farklı olduğu söylenebilir.

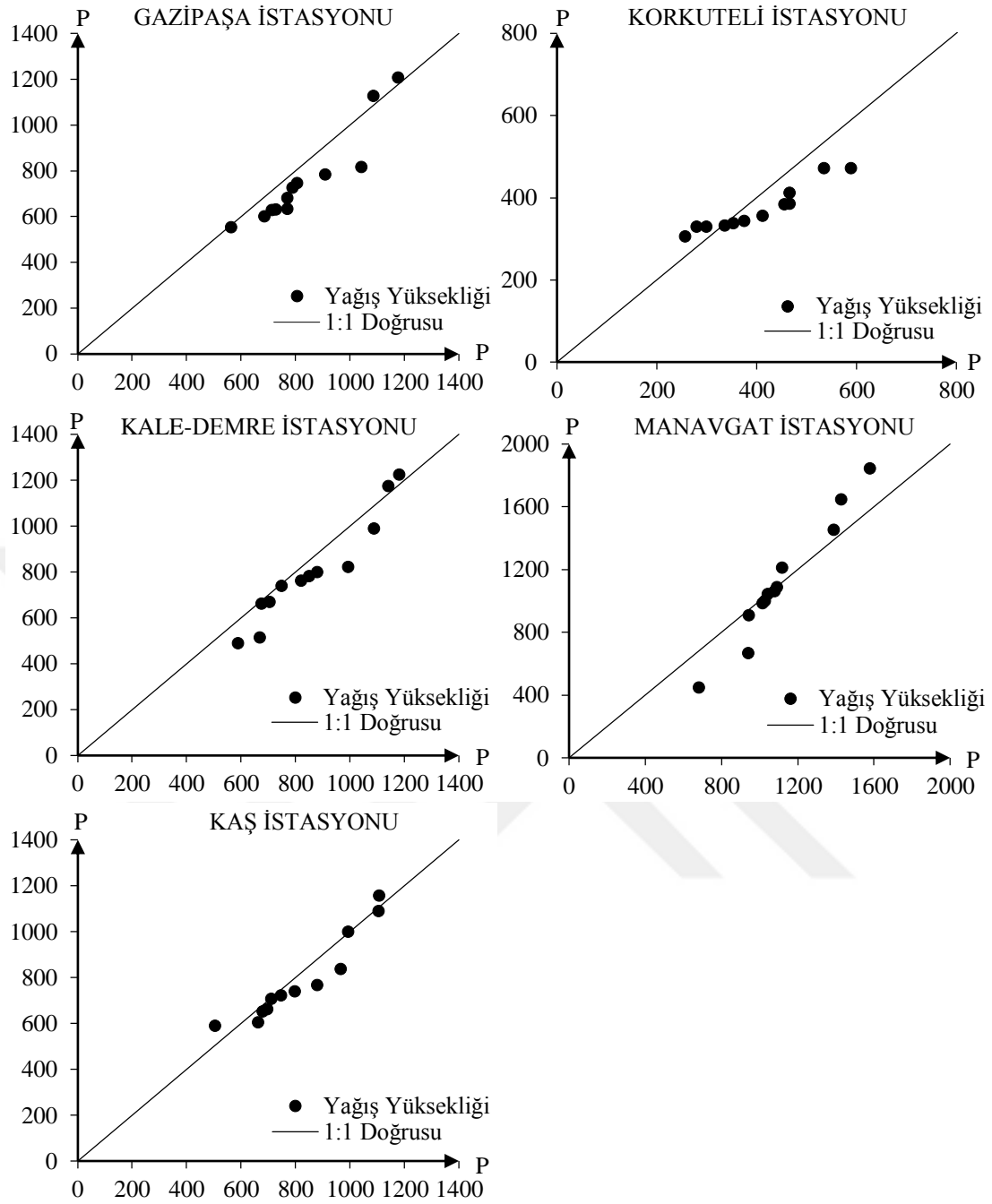
Şekil 4.17'deki Korkuteli İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliği 320 mm'ye kadar olan yağışlar için son dönemlerde bir artış eğilimi, bu değer üzerindeki yağışlar için de belirgin şekilde azalma eğiliminin olduğu görülmektedir. Korkuteli istasyonunun

1995-2018 dönemi eğilim analizinde, 320 mm üstü yağış değerlerinde azalış eğilimi gözlenirken, 1968-2018 dönemi eğilim analizinde 320-600 mm aralığındaki yağış değerlerinde artış eğilimi gözlenmiştir. Bu sebeple Korkuteli istasyonunun 1968-2018 dönemi eğilim analiziyle, 1995-2018 dönemi eğilim analizlerinin farklı olduğu söylenebilir.

Şekil 4.17'deki Manavgat İstasyonu veri noktalarına genel olarak bakıldığında, son 12 yılda belirgin bir eğilim gözükmemekle birlikte, yağış yüksekliğinin 1000 mm'ye kadar olan yağışlar için son dönemlerde azalış eğilimi, bu değer üzerinde yağışlar için de belirgin şekilde bir artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Manavgat istasyonunun 1995-2018 dönemi için yapılan eğilim analiziyle, 1959-2018 dönemi eğilim analizlerinin benzer olduğu söylenebilir.



Şekil 4.17. 1995-2018 dönemi için eğilim analizi yapılan istasyonlar (devam)



Şekil 4.17. 1995-2018 dönemi için eğilim analizi yapılan istasyonlar

Antalya bölgesindeki 9 farklı meteoroloji istasyonundan alınmış 1995-2018 yılları arasındaki yağış verileri üzerinde yapılan eğilim analizleri genel olarak incelendiğinde, son 12 yılda Antalya bölgesindeki yağış yüksekliğinde bir azalmanın olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, 1995-2018 dönemi için bölgesel eğilim analizi yapılan 9 adet istasyonun son 12 yıllık yağış ortalamaları, istasyonlara ait uzun dönemli ölçülmüş yağış ortalamaları ile karşılaştırıldığında, Manavgat istasyonunun uzun

dönemli yağış ortalamalarının üzerinde, diğer istasyonların ise uzun dönemli yağış ortalamalarının altında kaldığı belirlenmiştir.

4.4. Yağışın Alansal Hesabı

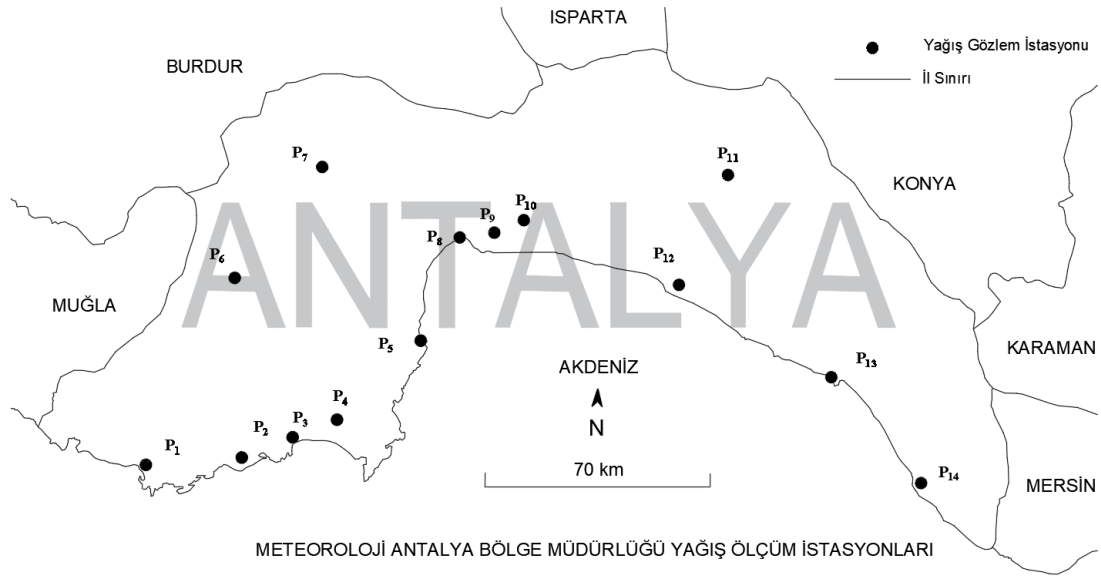
Yağış verileri bir bölgenin hidrolojik ve meteorolojik durumunu ortaya koyan ölçülebilir noktasal büyüklüklerin başında gelir. Yağış gözlem istasyonlarında düzenli olarak kaydedilen yağış verilerinin değerlendirilmesi aşamasındaki adımlardan birisi de noktasal ölçekte kaydedilen verilerin bölgesel olarak ifade edilebilmesidir. Noktasal verilerden bölgesel bir durumu ifade etmek için, ülkemizde ve dünyada çok farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu bölümde, Antalya bölgesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 14 farklı yağış gözlem istasyonundan temin edilen noktasal ölçekte kaydedilmiş yağış verileriyle Antalya bölgesindeki yağışların bölgesel dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır.

4.4.1. Aritmetik ortalama yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Aritmetik Ortalama Yöntemine göre Denklem 3.1’de verildiği şekilde hesaplanarak, 881.29 mm bulunmuştur. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.4’te konumları ise Şekil 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. İstasyonlara ait bilgiler

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | |
|--------------------|--------------------|---------|
| Kaş | P ₁ | 806.83 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 |
| Finike | P ₃ | 945.65 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 |
| Antalya Bölge | P ₈ | 822.43 |
| Antalya Havaalanı | P ₉ | 1062.73 |
| Aksu/Boztepe TİGEM | P ₁₀ | 743.71 |
| İbradı | P ₁₁ | 1769.10 |
| Manavgat | P ₁₂ | 1098.96 |
| Alanya | P ₁₃ | 1070.43 |
| Gazipaşa | P ₁₄ | 806.36 |



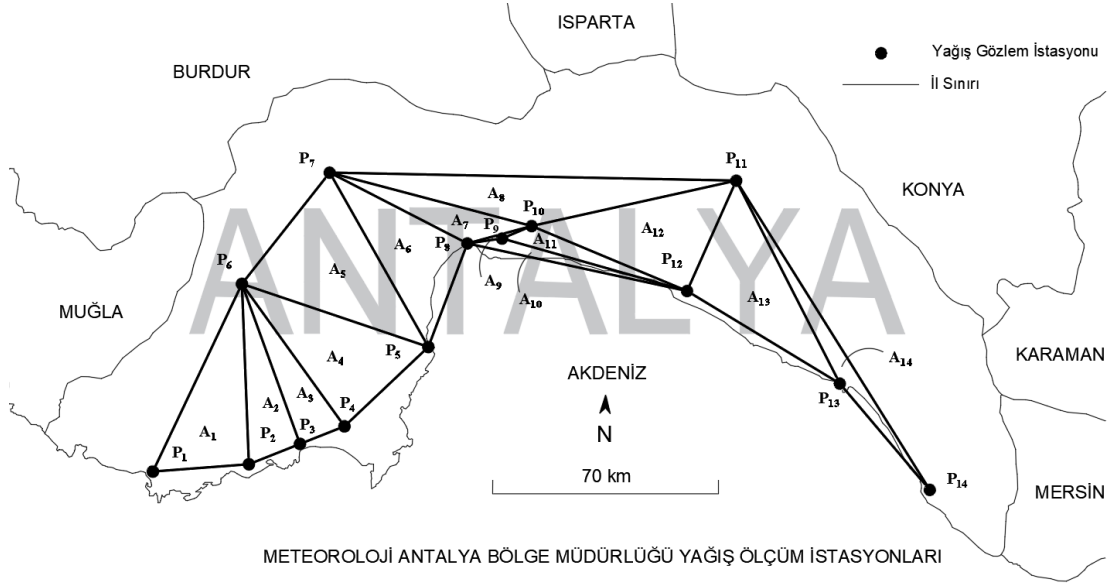
Şekil 4.18. İstasyonların bölgedeki konumları

4.4.2. Üçgen yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Üçgen Yöntemine göre Denklem 3.2’de verildiği şekilde hesaplanarak 863.39 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.5’te konumları ise Şekil 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.5. İstasyonlara ait bilgiler

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | Çokgen Alanı (km ²) |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Kaş | P ₁ 806.83 | A ₁ 827.96 |
| Kale-Demre | P ₂ 807.22 | A ₂ 433.10 |
| Finike | P ₃ 945.65 | A ₃ 403.13 |
| Kumluca | P ₄ 741.42 | A ₄ 944.68 |
| Kemer | P ₅ 796.20 | A ₅ 1245.28 |
| Elmalı | P ₆ 484.81 | A ₆ 814.40 |
| Korkuteli | P ₇ 382.18 | A ₇ 317.70 |
| Antalya Bölge | P ₈ 822.43 | A ₈ 965.32 |
| Antalya Havaalanı | P ₉ 1062.73 | A ₉ 8.68 |
| Aksu/Boztepe TİGEM | P ₁₀ 743.71 | A ₁₀ 135.91 |
| İbradı | P ₁₁ 1769.10 | A ₁₁ 163.75 |
| Manavgat | P ₁₂ 1098.96 | A ₁₂ 949.82 |
| Alanya | P ₁₃ 1070.43 | A ₁₃ 1012.72 |
| Gazipaşa | P ₁₄ 806.36 | A ₁₄ 347.63 |



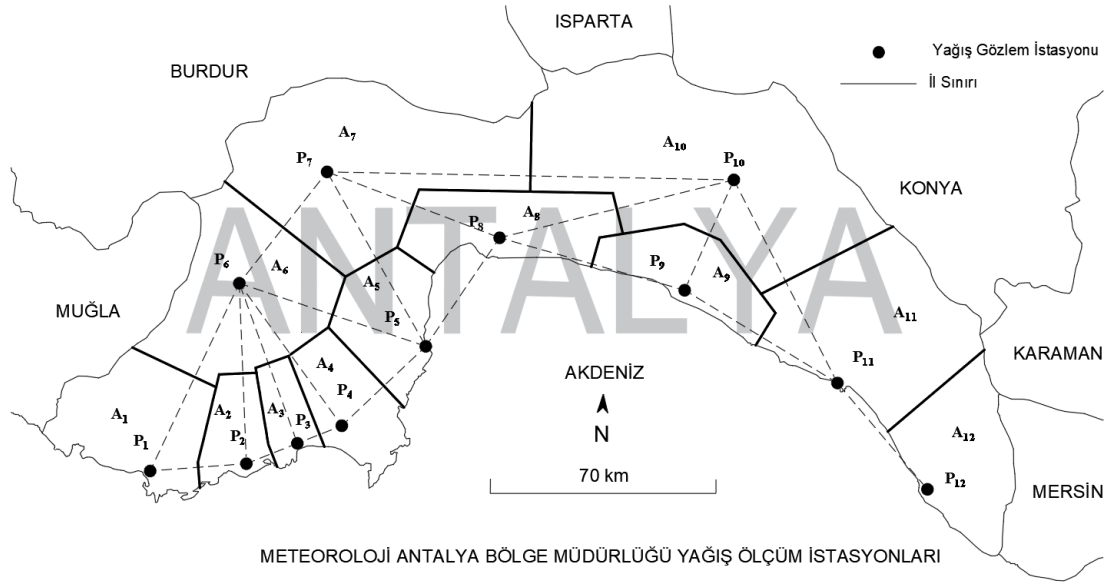
Şekil 4.19. İstasyonların bölgedeki konumları

4.4.3. Thiessen (çokgen) yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Thiessen Yöntemine göre Bölüm 3.3.3'te anlatıldığı şekilde hesaplanarak 977.65 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.6'da konumları ise Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. İstasyonlara ait bilgiler

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | | Çokgen Alanı (km ²) | |
|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | P | Yağış Miktarı (mm) | A | Alanı (km ²) |
| Kaş | P ₁ | 806.83 | A ₁ | 1529.45 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 | A ₂ | 586.49 |
| Finike | P ₃ | 945.65 | A ₃ | 443.98 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 | A ₄ | 936.23 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 | A ₅ | 1009.24 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 | A ₆ | 2203.99 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 | A ₇ | 3371.83 |
| Antalya Havaalanı | P ₈ | 1062.73 | A ₈ | 1306.33 |
| Manavgat | P ₉ | 1098.96 | A ₉ | 998.75 |
| İbradı | P ₁₀ | 1769.10 | A ₁₀ | 4617.97 |
| Alanya | P ₁₁ | 1070.43 | A ₁₁ | 2459.10 |
| Gazipaşa | P ₁₂ | 806.36 | A ₁₂ | 1410.63 |



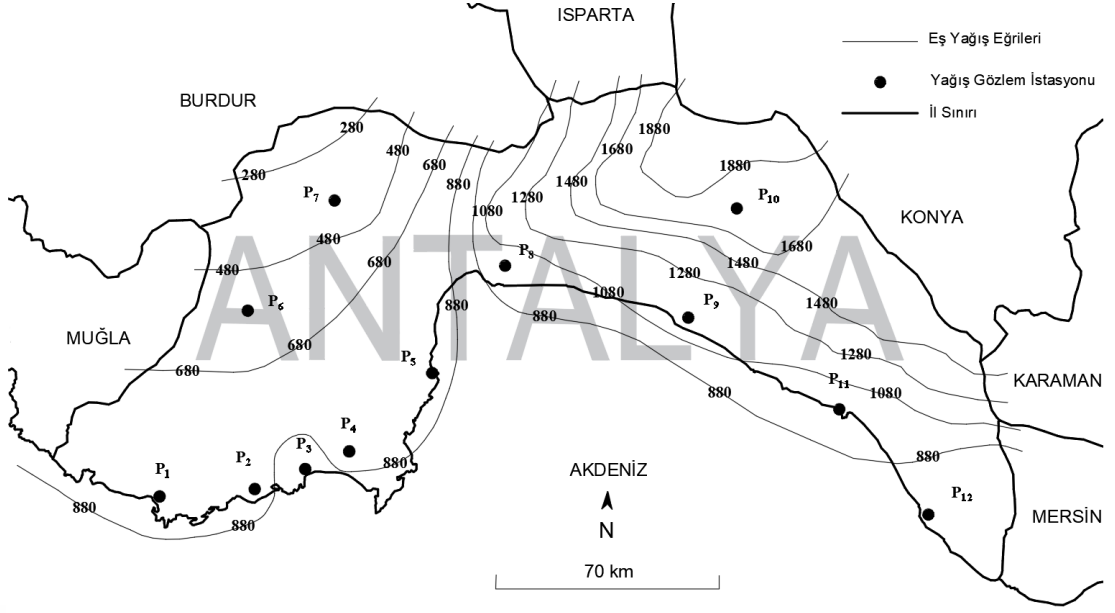
Şekil 4.20. İstasyonların bölgedeki konumları

4.4.4. İzohiyet (eş-yağış) yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, İzohiyet Yöntemine göre Denklem 3.3'te verildiği şekilde hesaplanarak 1030.87 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.7'de konumları ise Şekil 4.21'de verilmiştir. Ayrıca Antalya Bölgesi için yağış yüksekliğinin yerel dağılımı belirlenerek Şekil 4.22'de Yağış Yüksekliği-Alan Eğrisi çizilmiştir.

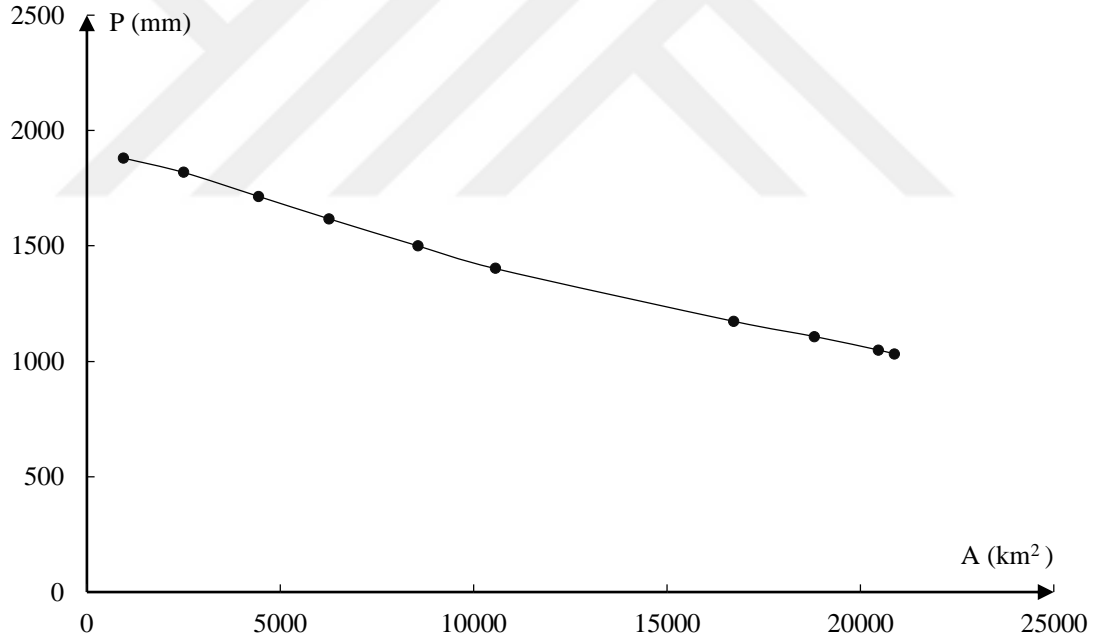
Çizelge 4.7. İstasyonlara ait bilgiler

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| | İstasyon Kodu | Yağış Miktarı (mm) |
| Kaş | P ₁ | 806.83 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 |
| Finike | P ₃ | 945.65 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 |
| Antalya Havaalanı | P ₈ | 1062.73 |
| Manavgat | P ₉ | 1098.96 |
| İbradı | P ₁₀ | 1769.10 |
| Alanya | P ₁₁ | 1070.43 |
| Gazipaşa | P ₁₂ | 806.36 |



METEOROLOJİ ANTALYA BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YAĞIŞ ÖLÇÜM İSTASYONLARI

Şekil 4.21. İstasyonların bölgedeki konumları



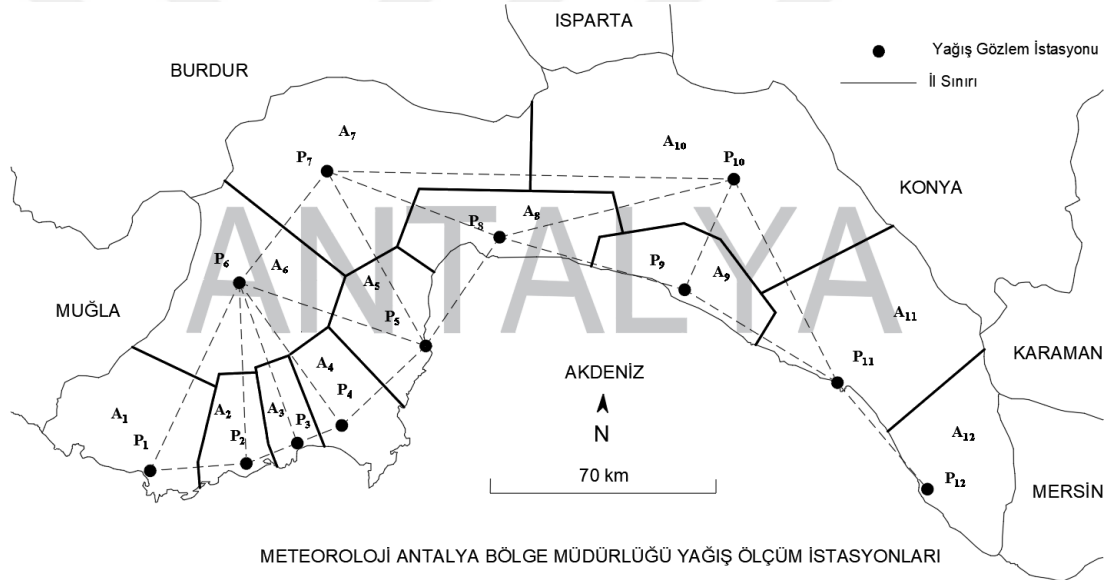
Şekil 4.22. Antalya bölgesi yağış yüksekliği-alan eğrisi

4.4.5. Ağırlıklı çokgen (Şen) yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Ağırlıklı Çokgen Yöntemine göre Bölüm 3.3.5'te anlatıldığı şekilde hesaplanarak 871.22 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.8'de konumları ise Şekil 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.8. İstasyonlara ait bilgiler

| Merkez İstasyon | Yağış Miktarı (mm) | | Çevre İstasyon Yağış Miktarı (mm) | Çokgen Alanı (km ²) | |
|-------------------|--------------------|----------|---|---------------------------------|---------|
| | P _i | Ortalama | | A _i | Alan |
| Kaş | P ₁ | 806.83 | P ₂ , P ₆ | A ₁ | 1529.45 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 | P ₁ , P ₃ , P ₆ | A ₂ | 586.49 |
| Finike | P ₃ | 945.65 | P ₂ , P ₄ , P ₆ | A ₃ | 443.98 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 | P ₃ , P ₅ , P ₆ | A ₄ | 936.23 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 | P ₄ , P ₆ , P ₇ , P ₈ | A ₅ | 1009.24 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 | P ₁ , P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅ , P ₇ | A ₆ | 2203.99 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 | P ₅ , P ₆ , P ₈ , P ₁₀ | A ₇ | 3371.83 |
| Antalya Havaalanı | P ₈ | 1062.73 | P ₅ , P ₇ , P ₉ , P ₁₀ | A ₈ | 1306.33 |
| Manavgat | P ₉ | 1098.96 | P ₈ , P ₁₀ , P ₁₁ | A ₉ | 998.75 |
| İbradı | P ₁₀ | 1769.10 | P ₇ , P ₈ , P ₉ , P ₁₁ | A ₁₀ | 4617.97 |
| Alanya | P ₁₁ | 1070.43 | P ₉ , P ₁₀ , P ₁₂ | A ₁₁ | 2459.10 |
| Gazipaşa | P ₁₂ | 806.36 | P ₁₁ | A ₁₂ | 1410.63 |



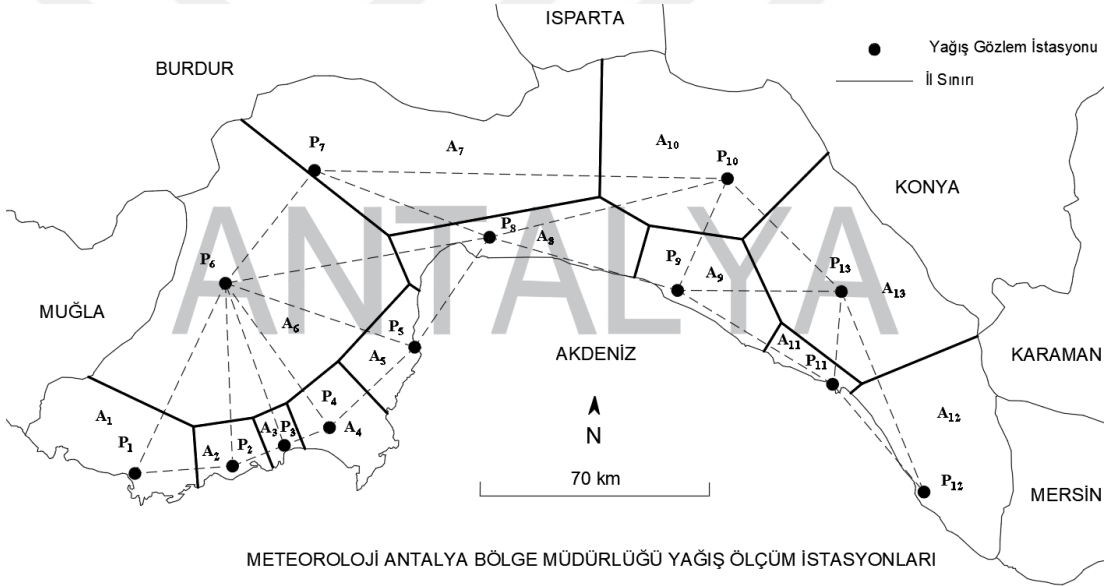
Şekil 4.23. İstasyonların bölgedeki konumları

4.4.6. Yüzde ağırlıklı poligon metodu

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Yüzde Ağırlıklı Poligon Yöntemine göre Bölüm 3.3.6'da anlatıldığı şekilde hesaplanarak 838.89 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.9'da konumları ise Şekil 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.9. İstasyonlara ait bilgiler

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | | Çokgen Alanı (km ²) | |
|------------------------|--------------------|---------|---------------------------------|-----------------|
| | P | mm | A | km ² |
| Kaş | P ₁ | 806.83 | A ₁ | 1212.224937 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 | A ₂ | 366.3227617 |
| Finike | P ₃ | 945.65 | A ₃ | 196.057976 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 | A ₄ | 701.6884215 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 | A ₅ | 525.9908936 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 | A ₆ | 4775.059834 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 | A ₇ | 3580.514595 |
| Antalya Havaalanı | P ₈ | 1062.73 | A ₈ | 1121.924728 |
| Manavgat | P ₉ | 1098.96 | A ₉ | 965.9639871 |
| İbradı | P ₁₀ | 1769.10 | A ₁₀ | 2758.14076 |
| Alanya | P ₁₁ | 1070.43 | A ₁₁ | 264.2601953 |
| Gazipaşa | P ₁₂ | 806.36 | A ₁₂ | 1828.649936 |
| Gündoğmuş Orman Deposu | P ₁₃ | 985.10 | A ₁₃ | 2577.200973 |



Şekil 4.24. İstasyonların bölgedeki konumları

4.4.7. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi

Antalya bölgesi alansal yağış ortalaması, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemine göre Denklem 3.6'da verildiği şekilde hesaplanarak 889.49 mm elde edilmiştir. Bölgedeki istasyonlara ve enterpolasyon noktalarına ait bilgiler sırasıyla Çizelge 4.10'da ve Çizelge 4.11'de, konumları ise Şekil 4.25'te verilmiştir. Bölgedeki enterpolasyon noktaları (E₁, E₂, E₃, E₄, E₅, E₆, E₇, E₈) seçilirken yağış ölçümlerinin

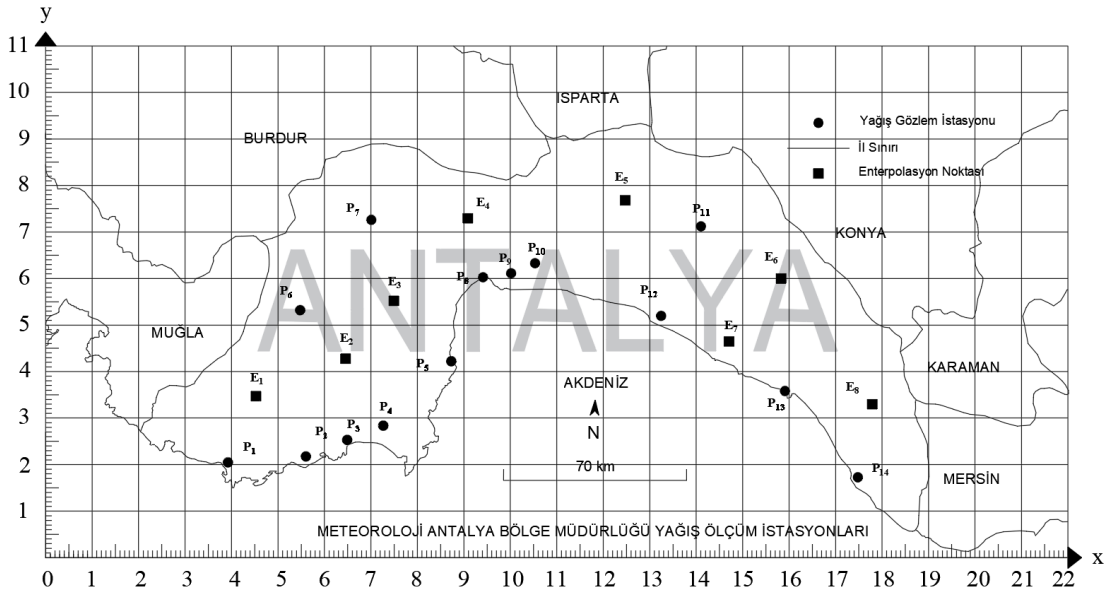
yapılmadığı büyük alanların ortasında ve nispeten yüksek dağlık arazi koşullarına sahip yerlerde olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 4.10. MGM istasyonlarına ait yağış miktarları

| İstasyon İsmi | Yağış Miktarı (mm) | |
|--------------------|--------------------|---------|
| Kaş | P ₁ | 806.83 |
| Kale-Demre | P ₂ | 807.22 |
| Finike | P ₃ | 945.65 |
| Kumluca | P ₄ | 741.42 |
| Kemer | P ₅ | 796.20 |
| Elmalı | P ₆ | 484.81 |
| Korkuteli | P ₇ | 382.18 |
| Antalya Bölge | P ₈ | 822.43 |
| Antalya Havaalanı | P ₉ | 1062.73 |
| Aksu/Boztepe TİGEM | P ₁₀ | 743.71 |
| İbradı | P ₁₁ | 1769.10 |
| Manavgat | P ₁₂ | 1098.96 |
| Alanya | P ₁₃ | 1070.43 |
| Gazipaşa | P ₁₄ | 806.36 |

Çizelge 4.11. Enterpolasyon noktalarına ait hesaplanmış yağış miktarları

| Enterpolasyon Noktası | E ₁ | E ₂ | E ₃ | E ₄ | E ₅ | E ₆ | E ₇ | E ₈ |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Yağış Miktarı (mm) | 800.05 | 787.39 | 790.90 | 842.95 | 1009.65 | 1043.60 | 1012.02 | 944.16 |



Şekil 4.25. MGM yağış istasyonlarının ve enterpolasyon noktalarının bölgedeki konumları

4.4.8. Alansal yağış hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada, Antalya bölgesinde bulunan 14 adet yağış gözlem istasyonuna ait noktasal verilerden, alansal yağış ortalamasının elde edilebilmesi için 7 farklı yöntem kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12’ye bakıldığında, alansal yağış ortalamalarının 838.89-1030.87 mm arasında değiştiği görülmektedir. Thiessen, İzohiyet ve Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemlerinin sonuçlarının Aritmetik ortalama değerinin üzerinde bulunurken, Üçgen, Ağırlıklı Çokgen ve Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemlerinin sonuçlarının ise Aritmetik ortalama değerinin altında elde edildiği görülmektedir. Aritmetik Ortalama, Üçgen, Ağırlıklı Çokgen, Yüzde Ağırlıklı Poligon ve Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemleri sonuçları birbirine çok yakın elde edilirken, aralarındaki farkların oranı %5-6 düzeyindedir. Thiessen ve İzohiyet yöntemlerinin sonuçlarına bakıldığında ise, diğer 5 yöntemine göre, sırasıyla, %9-14 ve %13-18 oran mertebelerinde sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Antalya bölgesi alansal yağış değerleri

| Alansal Yağış Hesaplama Yöntemi | Alansal Yağış Ortalaması (mm) |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Aritmetik Ortalama | 881.29 |
| Üçgen | 863.39 |
| Thiessen | 977.65 |
| İzohiyet | 1030.87 |
| Ağırlıklı Çokgen | 871.22 |
| Yüzde Ağırlıklı Poligon | 838.89 |
| Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon | 889.49 |

Sonuçlar genel olarak ele alındığında, Thiessen ve İzohiyet yöntemlerinin kullanımı sırasında çok miktarda yağış verisine ihtiyaç duyduğu ifade edilebilir. Özellikle, bölgeye yakın civar illerden alınacak yağış verilerinin hesaplara dâhil edilmesi, Antalya bölgesi yağışının belirlenmesinde katkıda bulunacaktır. Bununla birlikte, İzohiyet yönteminin bölge içerisindeki yağış dağılımını daha hassas olarak gösterebileceği ifade edilmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından Antalya ili ve bölgesinde işletilen ve kayıt süreleri 14 ile 90 yıl arasında değişen yağış gözlem istasyonlarının yağış verileri göz önüne alınmış ve Antalya bölgesindeki yağışların bölgesel analizi yapılmıştır. İlk olarak, her bir meteoroloji istasyonunda ölçülmüş olan yağış dizileri düzenlenerek grafikler ile istasyonlara ait yağış gidiş eğrileri çizilmiştir. İstatistiksel özellikleri belirlenen istasyonların çeşitli yinelenme süreleri için yağış olasılık dağılımları belirlen ve daha sonra, istasyon yağışlarının zaman içerisinde artan ya da azalan yönde bir değişme sahip olup olmadığını ortaya koymak için yağışların eğilimi incelenmiştir. Son olarak, bu bilgiler ışığında Antalya bölgesinin ortalama yağışı ve yağışın alansal dağılımı belirlenmiştir.

Antalya'nın yıllık yağış serileri incelendiğinde, Antalya Bölge ve Kumluca istasyonları hariç diğer istasyonların yıllık yağış dağılımlarının sağa doğru çarpık oldukları belirlenmiştir. Yıllık yağışın en az gerçekleştiği Korkuteli istasyonunda 382.55 mm ve en çok yağış yüksekliğinin meydana geldiği İbradi istasyonunda 1769.1 mm yıllık yağış yükseklikleri gözlemlenmiştir. İstasyonlarda ölçülmüş yağışların ortalamadan standart sapmaları ise 107.8 mm ile 492.4 mm arasında değiştiği hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonların yağış kayıt sürelerine bakıldığında 9 istasyonun veri uzunluğunun 30 yılın üzerinde (Alanya 78 yıl, Antalya Havaalanı 90 yıl, Elmalı 61 yıl, Finike 59 yıl, Gazipaşa 49 yıl, Kale-Demre 37 yıl, Kaş 55 yıl, Korkuteli 51 yıl, Manavgat 60 yıl) olduğu görülmüştür. Diğer 5 istasyonun (Aksu/Boztepe TİGEM, Antalya Bölge, İbradi, Kemer ve Kumluca) kayıt süreleri 14 yıldır. Uzun dönemli yağış yüksekliği kaydı bulunan 9 istasyonun son 12 yıllık (2007–2018) yağış ortalamaları ile uzun dönemli ölçülmüş yağış ortalamaları karşılaştırıldığında, Manavgat istasyonunun uzun dönemli yağış ortalamalarının üzerinde, diğer istasyonların ise uzun dönemli yağış ortalamalarının altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, bölgesel olarak Antalya ilinde bulunan istasyonlara ait yağış verilerinde çok değişken yağışların olduğu, bu değişken yağışlarında yağış ölçüm istasyonların yağış dağılımlarının birbirinden farklı olduğunu belirtmelidir. Bölgedeki tüm istasyonlara ait en uygun olasılık dağılımı fonksiyonları belirlenmiştir: Gumbel (Aksu/Boztepe TİGEM ve Kemer), Log-Pearson Tip-3 (Alanya, Gazipaşa, İbradi, Kale-Demre, Kaş ve Kumluca), Pearson Tip-3 (Antalya Bölge ve Antalya

Havaalanı), Normal (Elmalı ve Korkuteli), 2 parametrelı Log-Normal (Finike) ve 3 parametrelı Log-Normal (Manavgat). İstasyonların olasılık dağılımlarına ait çeşitli tekerrür sürelerindeki (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 yıl) yağış miktarları belirlenmiştir. Bu hesap sonucu Antalya bölgesinde en az yağış Korkuteli istasyonunda, en fazla yağış ise İbradı istasyonunda beklenmektedir.

Antalya bölgesindeki istasyonların yağış dizilerinin istatistiksel özellikleri ve olasılık dağılımları belirlendikten sonra her bir istasyonun eğilimlerinin belirlenmesi adımına geçilmiştir. Öncelikle uzun dönemli yağış kaydı bulunan 9 istasyonun verileri Şen yöntemi ile eğilim analizi yapılmıştır. Elmalı istasyonunda belirgin bir azalma eğiliminin olduğu, Korkuteli istasyonunda belirgin bir artış eğiliminin olduğu belirlenmiş ve diğer istasyonlarda ise belirgin bir eğilim gözlenmemiştir. Ayrıca analizi yapılan 9 istasyonun son dönemlerde eğilimlerinde değişme olup olmadığını gözlemek için 1995-2018 dönemi için ayrı bir eğilim analizi yapılarak, her iki dönem için yapılan eğilim analizleri karşılaştırılmıştır. Uzun dönemli yağış kaydı bulunan 9 istasyon için yapılan eğilim analizleri ile 1995-2018 dönemi için yapılan eğilim analizleri karşılaştırıldığında; Elmalı istasyonundaki mevcut azalma eğiliminin son dönemlerde de devam ettiği, Antalya Havaalanı istasyonu için son dönemlerde belirgin bir azalma eğilimi olduğu, Finike istasyonunda ise sadece 1000 mm üzeri yağışlarda son dönemlerde belirgin bir azalma eğiliminin olduğu görülmüştür. Bölgede bulunan diğer 5 istasyonun (14 yıllık kayıt süresi için) eğilimlerine bakıldığında ise, Antalya Bölge ve İbradı istasyonlarında belirgin bir artış eğilimi, Aksu/Boztepe TİGEM ve Kumluca istasyonlarında belirgin bir azalma eğilimi olduğu, Kemer istasyonunda ise belirgin bir eğilimin gözlenmediği sonucuna varılmıştır. Genel bir değerlendirme yapıldığında ise Antalya bölgesinin yağış değerlerinde bir azalmanın olduğu ve bölgenin çok değerşken bir yağış alanına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

İstasyonlar arası görülen yağış farklılıkları coğrafik ve topoğrafik etkenler nedeniyle birbirinden ayrılırlar. Dolayısıyla yağış ölçüm istasyonlarının yağış özellikleri ve miktarları bölgenin coğrafik ve topoğrafik özelliklerine göre birbirlerinden farklılık gösterir. Bu sebeple, yağış bölgesinin farklı yerlerinden noktasal bazlı kaydedilen yağış verilerinden bölgesel bir yağış değerlendirilmesi yapılırken bu farklılıklara dikkat edilerek, bölgeyi en iyi şekilde ifade edecek hesap yöntemini seçmek gerekir.

Bu çalışmada da Antalya bölgesinde bulunan 14 istasyona ait noktasal yağış verilerinden Antalya bölgesi alansal yağış ortalamasının elde edilebilmesi için 7 farklı alansal yağış hesaplama yönteminin (Aritmetik Ortalama, Üçgen, Thiessen, İzohiyet, Ağırlıklı Çokgen, Yüzde Ağırlıklı Poligon, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) uygulamaları yapılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda Antalya bölgesi yağış dağılımını en iyi temsil edecek yöntemin Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, Antalya bölgesinde, etkili olan hava kütlelerinin özellikleri ve cephesel etkilere bağlı olarak yağış yoğunluğu ve miktarının kış aylarında fazla olduğu ancak bu durumun topoğrafik ve coğrafik koşullara bağlı olarak yöresel farklılıklar gösterdiği görülmüştür. İstasyonlarda görülen yağış düzensizliklerinin sel, toprak kayması ve şiddetli fırtına gibi doğal afetler oluşturarak doğal çevre, ulaştırma ve tarım başta olmak üzere enerji, sanayi, yerleşme, turizm gibi tüm koşullar üzerinde oluşturduğu zararları ve olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve ileride yapılacak çalışmalara katkı sağlamak için Antalya'da klimatolojik çalışmalara daha fazla önem verilmeye çalışılmalıdır. Söz konusu ilde bulunan yağış gözlem istasyonlarının tüm ili temsil ettiği düşünüldüğünden Antalya ilindeki yağışların bölgesel analizinin daha güvenilir şekilde gerçekleştirilmesi için yağış ölçer ağının uygun yerlerde açılacak yeni istasyonlarla artırılması gerekli görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Anlı, A.S., Apaydın, H., Öztürk, F. 2009. Trabzon İlinde Gözlenen Maksimum Yağışların Bölgesel Frekans Analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3), 240-248.
- Aşıkoğlu, Ö.L., 2017. Frekans Analizinde Alternatif Bir Parametre Tahmin Metodu. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(4), 445-459.
- Aydın, O., Çiçek, İ. 2013. Ege Bölgesinde Yağışın Mekânsal Dağılımı. Coğrafi Bilimler Dergisi, 11(2), 101-120.
- Awadallah, A.G. 2015. Regional İntensity- Duration- Frequency Curves for Jeddah Region, Saudi Arabia, Using Ordinary and L- Moments Approaches. Journal of Flood Risk Management, 8(3), 195-207.
- Bayazıt, M., 2003. Hidroloji. Birsen Yayınevi, Kurtiş, 975-511-364-9, 219s. İstanbul.
- Bayraktar, H., Turalioğlu, F.S., Şen, Z. 2005. The Estimation of Average Areal Rainfall by Percentage Weighting Polygon Method in Southeastern Anatolia Region, Turkey. Atmospheric Research, 73(1-2), 149-160.
- Bonaccorso, B., Cancelliere, A., Rossi, G. 2005. Detecting Trends of Extreme Rainfall Series in Sicily. Advances in Geosciences, 2, 7-11.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. 2000. Precipitation İntensity Trends in Northern Italy. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 20(9), 1017-1031.
- Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (1999). Precipitation in Italy from 1833 to 1996. Theoretical and Applied Climatology, 63(1-2), 33-40.
- Çeribaşı, G. 2018. Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ile Analizi. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(3), 168-173.
- Dabanlı, İ. 2017. Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 228s, İstanbul.
- Demircan, M., İlker, A., Şensoy, S., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara, 7s.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), 2019. Türkiye Alansal Yağış Hesaplaması. Erişim Tarihi: 19.12.2019. <http://www.dsi.gov.tr/docs/tuhk/t%C3%BCrkiye-alansal-ya%C4%9F%C4%B1C5%9F-hesaplamas%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>

- Gong, D. Y., Shi, P. J., Wang, J. A. 2004. Daily Precipitation Changes in the Semi-Arid Region Over Northern China. *Journal of Arid Environments*, 59(4), 771-784.
- Gönençgil, B., İçel, G. 2010. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Yıllık Toplam Yağışlarda Görülen Değişimler (1975-2006). *Türk Coğrafya Dergisi*, (55), 1-12.
- Harita Genel Müdürlüğü (HGM), 2020. HGM Küre Uygulaması. Erişim Tarihi Tarihi: 03.04.2020. <https://hgmkuire.btk.gov.tr/>
- Hirsch, R.M., Stedinger, J.R., 1987: Plotting Positions for Historical Floods and Their Precision, *Water Resour. Research*, Vol. 23, No.4, pp. 715-727, April.
- İlker, A., 2012. Akdeniz Bölgesinde Yağışın Alansal Dağılımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 85s, Isparta.
- Madsen, H., Lawrence, D., Lang, M., Martinkova, M., Kjeldsen, T. R. 2014. Review of Trend Analysis and Climate Change Projections of Extreme Precipitation and Floods in Europe. *Journal of Hydrology*, 519, 3634-3650.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2019a. Meteorolojik Afetler 2018 Yılı Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 19.12.2019. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/2018MeteorolojikAfetlerDeğerlendirmesi.pdf>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2019b. Türkiye 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 19.12.2019. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2020. Türkiye 2019 Yılı İklim Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 05.05.2020. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2019alansal.pdf>
- Okman, C., 1994. Hidroloji. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1388, 359s, Ankara.
- Ölgen, M. K. 2010. Türkiye'de Yıllık ve Mevsimsel Yağış Değişkenliğinin Alansal Dağılımı. *Aegean Geographical Journal*, 19(1), 85-95.
- Örgün, E., 2015. Türkiye İçin Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür İlişkilerinin Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Trabzon.
- Özmen, M. T., 2015. Sel-Taşkın Türkiye ve Antalya, Kutlu & Avcı Ofset, 114s, Antalya.
- Saf, B. 2009. Batı Akdeniz Havzalarının L-Momentlere Dayalı Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 153-165.

- Saplıoğlu, K., Çimen, M. 2010. Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Günlük Yağış Miktarının Tahmini. SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 1(1), 14-21.
- Sarı, C., 2010. Antalya'nın Genel Coğrafya Özellikleri. Sarı, C., Demirkaya, H., Kurt, S., Çeçen, B. (Ed.), Dünden Bugüne Antalya İçinde (45-74), T.C. Antalya Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, 496s, Antalya.
- Şen, Z. 1998. Average Areal Precipitation by Percentage Weighted Polygon Method. Journal of Hydrologic Engineering, 3(1), 69-72.
- Şen, Z., 2002. Su Bilimi Temel Konuları. Su Vakfı Yayınları, Alpar, 975-97034-6-7, 227s. İstanbul.
- Şen, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, Özener Matbaacılık, 354s, İstanbul.
- Şen, 2012, Innovative Trend Analysis Methodology. J. Hydrol. Eng., 17(9), 1042-1046.
- Şen, 2013, Trend Identification Simulation and Application. J. Hydrol. Eng. doi: 10.1061/(ASCE) HE 1943-5584.0000811.
- Şorman, A. Ü., 2004. Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadeniz'de Bir Uygulama. İMO Teknik Dergi, 15(72), 3155-3169.
- Sümbüloğlu, K. ve Sümbüloğlu, V., 1997. Biyoistatistik, Hatipoğlu Yayınevi, 392s, Ankara.
- Tian, J., Liu, J., Wang, J., Li, C., Nie, H., Yu, F. 2017. Trend Analysis of Temperature and Precipitation Extremes in Major Grain Producing Area of China. International Journal of Climatology, 37(2), 672-687.
- Türksoy, M., 1981. Kar Gözlemleri El Kitabı. 2. Baskı, EİE Yayını, 82-7, Ankara.
- Türkeş, M. 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 16(9), 1057-1076.
- TÜİK, 2020. Yıllara Göre İl Nüfusları. Erişim Tarihi:09.01.2020. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1590
- Usul, N., 2013. Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, 408s, Ankara.
- Yıldırım, A. 2015. Trend Analizi Yöntemleri: Orta Fırat Havzası Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62s, İstanbul.

Yılmaz, F. K. 2008. Antalya'nın Günlük Yağış Özellikleri ve Şiddetli Yağışların Doğal Afetler Üzerine Etkisi. Sosyal Bilimler Dergisi, 10(1), 19-65.

Zeybekoğlu, U., Karahan, H. 2018. Standart Süreli Yağış Şiddetlerinin Eğilim Analizi Yöntemleriyle İncelenmesi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 24(6), 974-1004.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İhtişam Bozkurt BALCI

Doğum Yeri ve Yılı : Finike, 1995

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : bihtisam@gmail.com.tr

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Kumluca Anadolu Lisesi, 2014

Lisans : MAKÜ, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

Yayınlar