



İSTANBUL'UN İLÇELERİNDE YAĞIŞ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ

2024
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Fatma AĞIRMAN

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

İSTANBUL'UN İLÇELERİNDE YAĞIŞ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ

Fatma AĞIRMAN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Nisan 2024**

Fatma AĞIRMAN tarafından hazırlanan “İSTANBUL’UN İLÇELERİNDE YAĞIŞ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 30/04/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ercan GEMİCİ (BARÜ)

ONLINE

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Fatma AĞIRMAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İSTANBUL'UN İLÇELERİNDE YAĞIŞ SÜREKLİLİK EĞRİLERİ

Fatma AĞIRMAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

Nisan 2024, 62 sayfa

Küresel ısınma ve değişen iklim özellikleri sonucu değişen yağış rejimleri sebebiyle son yıllarda hem taşkın olaylarına hem de kuraklık sorunlarına sıklıkla karşılaşılmaktadır. Yıllık toplam yağış değerlerinde azalış sebebiyle kuraklık etkisi gözlenirken, artan sıcaklıklar sonucu meydana gelen aşırı yağışlar ve taşkınlarla karşılaşılabilmektedir. Bu sorunların azaltılabilmesi amacıyla hem taşkınlara sebep olabilen yüksek yağışların hem de kuraklık önlemleri için dikkate alınması gereken düşük yağışların bir arada görülebilmesi daha da önemli olmaktadır. Özellikle kuraklığa karşı kentsel alınabilecek önlemlerden olan yağmur suyu hasadı gibi çalışmalarda, hangi olasılıkla yağışla ne kadar su gelebileceğinin tahmini çalışılmalıdır. Bu çalışmada İstanbul ili ortalama aylık toplam yağış değerleri ile belli aşılma olasılığına sahip olan değerlerin tahmini amaçlanmıştır. Bu amaçla Thiessen çokgenleri belirlenerek etkili olan meteoroloji gözlem istasyonları belirlenmiş ve bu 40 adet istasyona ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. 2018-2022 arasındaki veriler hem en fazla istasyon hem de en fazla sayıyı sağladığından çalışmada tercih edilmiştir. İstanbul'daki 38 ilçenin sınırları ile Thiessen çokgenleri

elde edilmiş ve 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağışların alansal ortalamaları hesaplanmıştır. 60 adet aylık toplam yağışların aşılma olasılıkları belirlenmiş ve %10, 30, 40, 50 ve 90 aşılma olasılığındaki yağış değerleri tespit edilmiştir. Böylece İstanbul ilçelerinin ele alınan yağış süreklilik değerlerine göre kıyaslanması yapılarak haritalar oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Aşılma olasılıkları, Süreklilik eğrileri, Yağış.

Bilim Kodu : 91106

ABSTRACT

Master Thesis

RAINFALL CONTINUITY CURVES IN ISTANBUL'S DISTRICTS

Fatma AĞIRMAN

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Civil Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Fatih SAKA

April 2024, 62 pages

Due to changing precipitation regimes as a result of global warming and changing climate characteristics, both flood events and drought problems are frequently encountered in recent years. While the drought effect is observed due to the decrease in total annual precipitation values, excessive precipitation and floods may be encountered as a result of increasing temperatures. In order to reduce these problems, it is even more important to be able to experience both high precipitation, which can cause floods, and low precipitation, which should be taken into account for drought measures. Especially in studies such as rainwater harvesting, which is one of the measures that can be taken in urban areas against drought, the estimation of how much water will come with rainfall should be studied. In this study, it was aimed to estimate the average monthly total precipitation values in Istanbul and the values that have a certain probability of being exceeded. For this purpose, Thiessen polygons were determined and effective meteorological observation stations were determined and the data of these 40 stations were obtained from the General Directorate of Meteorology.

The data between 2018-2022 was preferred in the study because it provided both the highest number of stations and the highest number. Thiessen polygons with the borders of 38 districts in Istanbul were obtained and the areal averages of monthly total precipitation between 2018-2022 were calculated. Exceedance probabilities of 60 monthly total precipitations were determined and precipitation values with 10, 30, 40, 50 and 90% exceedance probabilities were determined. Thus, maps were created by comparing Istanbul districts according to the rainfall continuity values.

Key Word : Precipitation, Continuity curves, Probabilities of exceedance.

Science Code : 91106

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde, değerlendirilmesinde ve yazım aŐamasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bu yüksek lisans tezi, üniversitemizin Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından KBÜBAP-22-YL-105 proje numarası ile desteklenmiŐtir.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her konuda benden desteklerini esirgemeyen annem Nazife CEVİZ, babam Recep CEVİZ, kardeŐim Yunus CEVİZ ve eŐim Feyyaz Ağırman'a içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELAR DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
YAĞIŞ	4
2.1. HİDROLOJİK ÇEVİRİM.....	4
2.2. YAĞIŞ.....	6
2.3. YAĞIŞ TIPLERİ.....	7
2.3.1. Konveksiyonel Yağışlar.....	7
2.3.2. Orografik Yağışlar	8
2.3.3. Cephesel Yağışlar	8
2.4. YAĞIŞIN ÖLÇÜLMESİ.....	9
2.4.1. Yazıcı Olmayan Yağış Ölçerler (Plüvyometre).....	10
2.4.2. Yazıcı Olan Yağış Ölçerler (Plüvyograf)	10
2.4.2.1. Terazili Yağış Ölçerler.....	10
2.4.2.2. Devrilen Kovalı Yağış Ölçerler	10
2.4.2.3. Sifonlu Yağış Ölçerler	11
2.4.3. Depolamalı Yağış Ölçerler	11
2.4.4. Hava Tahmin Radarları.....	11
2.4.5. Kar Ölçümleri	11

	<u>Sayfa</u>
2.5. ALANSAL YAĞIŞ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	12
2.5.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi.....	13
2.5.2. Thiessen Poligon (Çokgen) Yöntemi.....	13
2.5.3. Eşyağış (Izohiyet) Eğrileri Yöntemi.....	13
2.6. YAĞIŞ HASADI.....	14
2.6.1. Depolama kapasitesi	15
BÖLÜM 3	17
SÜREKLİLİK EĞRİLERİ.....	17
3.1. GİRİŞ.....	17
BÖLÜM 4	19
ARAŞTIRMA VE BULGULAR	19
4.1. ÇALIŞMA ALANI İLE İLGİLİ BİLGİLER	19
4.1.1. Bölgenin Coğrafik Konumu ve Topoğrafyası	19
4.1.2. Bölgenin İklim Özellikleri.....	19
4.2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE METEOROLOJİ GÖZLEM İSTASYONLARI .	19
4.3. AŞILMA OLASILIKLARINA KARŞILIK GELEN YAĞIŞ DEĞERLERİ 21	
4.3.1. 2018-2022 Yıllarındaki Aşılma Olasılıklarına Karşı Gelen Yağış Değerleri.....	21
4.3.2. Yıllık Değerleri İle Aylık Toplam Yağışların Aşılma Olasılıklarına Göre İrdelenmesi.....	29
4.4. İSTANBUL İLİ İLÇELERİNE GÖRE YAĞIŞ SÜREKLİLİĞİ.....	36
4.4.1. Aylık Toplam Yağışların Yağış Gidiş Çizgileri	41
4.4.2. Aylık Toplam Yağışların Süreklilik Eğrisi.....	48
BÖLÜM 5	56
SONUÇ VE ÖNERİLER	56
KAYNAKÇA.....	58
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Hidrolojik çevrim	5
Şekil 2.2.	Mühendislik hidrolojisi bakımından hidrolojik çevrim diyagramı	6
Şekil 2.3.	Sıcaklık farkı yağışları	7
Şekil 2.4.	Yükseklik farkı yağışları	8
Şekil 2.5.	Basınç farkı yağışları.....	9
Şekil 4.1.	Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları.	20
Şekil 4.2.	İstanbul ili 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış ortalamalarının belli aşılma olasılıklarına göre değişimleri.	21
Şekil 4.3.	İstasyonlara göre 2018-2022 yıllarındaki aylık toplam yağışların aşılma olasılıklarına göre elde edilen değerler.	23
Şekil 4.4.	İstasyonlara göre yıllık aşılma olasılığı değerlerine sahip aylık toplam yağış değerleri.	30
Şekil 4.5.	İstanbul'un ilçeleri ve thiessen çokgenleri görünümü.....	36
Şekil 4.6.	%10 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	38
Şekil 4.7.	%30 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	39
Şekil 4.8.	%40 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	39
Şekil 4.9.	%50 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	40
Şekil 4.10.	%90 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	40
Şekil 4.11.	Ortalama değerleri aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.	41
Şekil 4.12.	İstanbul ili ilçelerine ait 2018-2022 yılları arasındaki yağış gidiş çizgileri.	42
Şekil 4.13.	İstanbul ili ilçelerine ait 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış süreklilik eğrileri.	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. İklim Değişikliğinin Sonuçları ve Şehirlerde Oluşturacağı Etkiler.....	3
Çizelge 3.1. Alternatif yerleşim pozisyon aşılma olasılık formülleri	18
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları thiessen alanları.	20
Çizelge 4.2. Çalışmadaki istasyonların 2018-2022 yılları arasındaki %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına sahip aylık toplam yağış değerleri. .	22
Çizelge 4.3. İstanbul'un ilçelerinin alanları.....	37
Çizelge 4.4. Çalışmadaki ilçelerin 2018-2022 yılları arasındaki %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına sahip aylık toplam yağış ve ortalama değerleri.....	37
Çizelge 4.5. İstanbul ili ilçelerindeki %10, 30, 40, 50, 90 aşılma olasılıklarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

IPCC : Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

DMİ : Devlet Meteoroloji İstasyonu

Y_i : i.ci istasyonun yağış değeri

Y_{ort} : Çalışma alanı için ortalama yağış değeri

A_i : Gözlem istasyonlarına ait çokgen alanları

a_i : İki eşyağış eğrisi arasında kalan alan

\bar{Y}_i : Eş yağış eğrileri arasındaki ortalama yağış değeri

P : Aşılma olasılığı

i : Sıra numarası

n : Kayıt dönemi için olay sayısı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son dönemlerde etkisi daha fazla hissedilen küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yeterli adımların atılmaması veya atılan adımların yetersiz kalması nedeniyle canlılar ve ekosistem her zamankinden daha fazla tehdit altındadır. Etkili önlemlerin alınamaması durumunda yakın zamanda su miktarının azalması ve kuraklık sebebiyle tarımsal ve hayvansal üretimde ciddi düşüşlerin yaşanması, gıda sıkıntısının baş göstermesi, bazı kıyı yerleşim yerlerinin sular altında kalması ve salgın hastalıkların artması gibi birçok hayati sorunla yüzleşmek gerekecektir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin son raporunda 2050'de sıcaklık artışlarının yaklaşık olarak 2,5-3°C olacağı, yüzyıl sonunda ise sıcaklık artışlarının 6°C'yi bulacağı tahmin edilmektedir. Bu ölçüde bir sıcaklık artışının oluşturacağı ekonomik, sosyal ve çevresel risklerin büyüklüğü, iklim değişikliğinin insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük risklerden biri olarak nitelendirilmesi için yeterli bir göstergedir [1]. Dünya nüfusunun yarısı kentlerde yaşamaktadır. Türkiye'de ise 2019 yılında %92,8 olan il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı 2020 yılında %93'e ulaşmıştır. Belde ve köylerde yaşayanların oranı ise %7,2'den %7'ye düşmüştür [2].

İklim değişikliği ve kentler arasında çift yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Kentler bir yandan sahip oldukları faaliyetler nedeni ile doğal çevre ve iklim değişikliği üzerinde ciddi etkilere sahipken öte yandan iklim değişikliği sonucunda meydana gelmesi beklenen olaylar kentleri meydana getiren sistemlerin varlığını tehdit etmektedir. [3]. Buna ilave olarak, başta tarımsal faaliyet amaçlı olmak üzere arazilerin kullanımındaki değişimler; çimento üretiminin karbondioksit salınımına ve tarım ve katı atık düzenli depolama sahalarının metan gazı salınımlarına sebep olması; gübre kullanımı ve naylon üretiminin diazot monoksit emisyonunu, buzdolabı ve klimaların florine sera gazı emisyonlarını artırması gibi pek çok faktör kentlerin iklim değişikliğinin baş sorumlusu olmasına sebep olmaktadır [4].

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yağış rejimleri üzerindeki olumsuz etkisi, özellikle kuraklık olarak kendini göstermektedir. Önceden yağışlı olan bölgelerde artan yağış miktarı beklenirken, kurak bölgelerde kuraklık sorununun derinleşeceği tahmin edilmektedir. Bu durum, bazı bölgelerde sel, taşkın, kasırga gibi olayların yanı sıra şiddetli kuraklıkların da artmasına neden olabilir. Bu olumsuz durumlar, çok sayıda insanı açlık ve susuzluk tehlikesi ile karşı karşıya bırakabilir. [5].

Türkiye'de, aşırı yağışlar nedeniyle sık sık sel, taşkın, heyelan gibi doğal afetler yaşanmaktadır. Bu afetler, can ve mal kaybına, altyapıda hasara ve tarımsal üretimde düşüşe yol açmaktadır. Aşırı yağışların aşılma olasılığını tahmin etmek, bu afetlere hazırlıklı olmak ve etkilerini azaltmak için önemlidir. Su kaynaklarının korunması, verimliliği ve atık su oluşumu azaltılması gibi amaçlarla yapılan yağmur suyu hasadı veya yeşil çatı gibi uygulamalarda su miktarının hangi ihtimalle yağabileceği de önemli bir konudur.

Bu araştırmada, İstanbul ve civarı çalışma alanı olarak seçilmiş olup Arnavutköy, Arnavutköy/Terkos Barajı, Beykoz, Beykoz/Anadolu Feneri, Beylikdüzü, Büyükçekmece, Çatalca, Çatalca Radar Sahası, Çayırova, Çekmeköy/Ömerli, Çerkezköy, Darıca, Derince/Karagöllü Köyü, Eyüpsultan, Fatih/İst.Den.Bil.Ens., Florya, Güngören/Davutpaşa Marmara, İstanbul Bölge, Kadıköy Rıhtım, Kadıköy/Göztepe, Kandıra/ Akçaova Beldesi, Kapaklı, Kartal/Aydos Dağı, Pendik/Ömerli Barajı, Samandıra Havalimanı, Sancaktepe, Sarıyer, Sarıyer/Kumköy-Kilyos, Sarıyer/Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Sarıyer/İTÜ Maslak Yerleşkesi, Silivri, Silivri Orman Sahası, Tuzla, Vize/Kazandere Barajı, Ümraniye, Üsküdar, Şile, Şile/Darlık Köyü, Şile/İsaköy, Şişli ilçelerindeki meteoroloji istasyonlarının 2018-2022 yıllarına ait aylık yağış verileri göz önüne alınmıştır.

Çizelge 1.1. İklim Değişikliğinin Sonuçları ve Şehirlerde Oluşturacağı Etkiler [1].

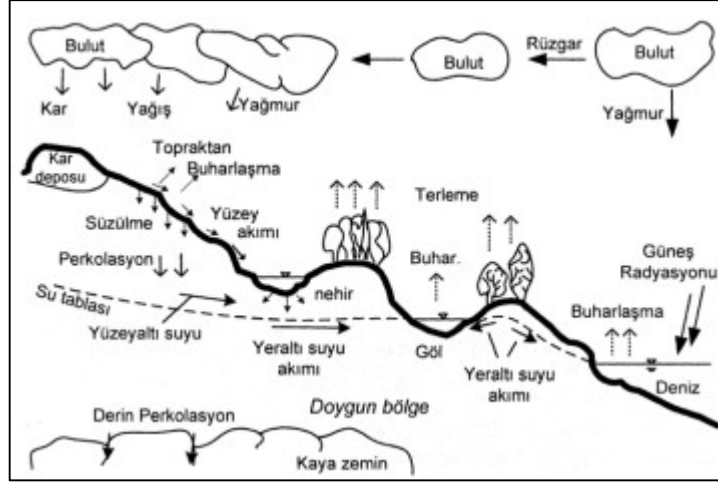
Sıcaklık Değişimi	Kentsel ısı adası oluşumu
	Soğutma ihtiyacında artış ve enerji kıtlığı
	Kentsel hava kalitesinin bozulması
	Su kalitesinin bozulması ve su ihtiyacının artışı
	Sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ölümlerde artış
	Uygun standartlara sahip olmayan konutlarda yaşam kalitesinde düşüş
Yağış Rejiminde Değişme (Artan Yağış Miktarı ve Sıklığı)	Yerüstü ve yeraltı sularının kalitesinde düşüş
	Su kaynaklarının kirlenmesi ve kirli su kaynaklı hastalıklarda artış
	Katı atık depolama sorunlarında artış
	Hastalık, yaralanma ve ölüm oranlarındaki artış
	Aşırı yağış ve sel sebebiyle pek çok faaliyetin sekteye uğraması
Yağış Rejiminde Değişme (Kuraklık)	Yerüstü ve yeraltı sularının kalitesinde düşüş
	Su kaynaklarının kirlenmesi ve kirli su kaynaklı hastalıklarda artış
	Katı atık depolama sorunlarında artış
	Hastalık, yaralanma ve ölüm oranlarındaki artış
	Büyük çaplı göç hareketleri ve yeniden yerleşim ihtiyacında artışlar
	Mali ve ekonomik kayıplar
	Gıda ve su miktarının azalması sonucu kıtlığın baş göstermesi
İklim değişikliği sebebiyle kentlere göçün (iklim mültecileri) artması	
Deniz Seviyesinde	Kıyı kentlerinde ekonomik risk ve maliyetlerin artışı
	Uzun vadede ekonomik ve sosyal gelişmeye olumsuz etkiler
	Kıyı kentlerinde altyapının zarar görmesi
	Deniz seviyesindeki yerleşim yerlerinin sular altında kalması
	Deniz kenarı bariyerlerinin hasara uğraması
	Nehir ağızlarında ve kıyı akiferlerinde tuzlanma
	Kıyılardaki yerleşim yerlerindeki nüfusun yer değiştirmesi
	Kıyı koruma ve arazi kullanım planlaması maliyetinde artış
	Erozyon ve toprak çökmesi
	Sel kaynaklı yaralanma ve ölüm riskinde artış
	Tuzlu su girişi nedeniyle tatlı su miktarında azalma

BÖLÜM 2

YAĞIŞ

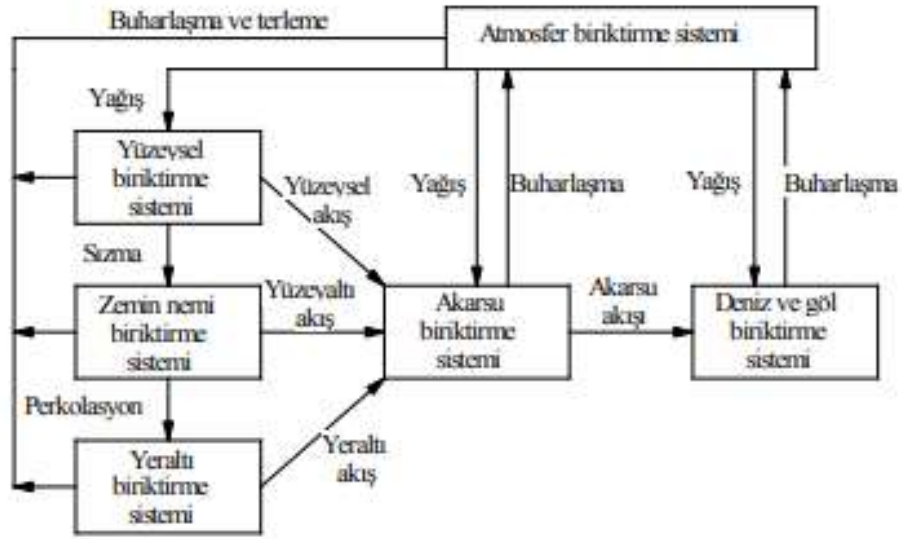
2.1. HİDROLOJİK ÇEVİRİM

Su, yerkürenin en önemli kaynaklarından biridir. Hayatın devamı için gerekli olan su doğada çeşitli hallerde (sıvı, katı, gaz) bulunur ve yerkürenin çeşitli kısımları arasında durmadan döner. Bu döngüye hidrolik çevrim adı verilir. Hidrolojik çevrim suyun atmosferden toprağa ve yeryüzünden tekrar atmosfere dönmesi için takip ettiği yolların hepsini kapsar. Hidrolojik çevrimi gözden geçirmeye atmosferden başlanacak olursa, (Şekil 2.1) atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Yağış, karalara ve denizlere düşebilir. Karalara düşen yağışların büyük bir kısmı (%60-75), zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma yoluyla tekrar atmosfere döner. Bu olaya buharlaşma adı verilir. Buharlaşan su, bitkilerin yapraklarından terleme yoluyla da atmosfere geri dönebilir. Bu olaya terleme adı verilir. Yağışın bir kısmı, bitkiler tarafından alıkonulur. Bu olaya tutma adı verilir. Yağışın kalan kısmı ise zeminden süzülerek yeraltına geçer. Bu olaya sızma adı verilir. Yeraltına geçen su, yeraltı sularını oluşturur. Yeryüzüne düşen suyun bir kısmı, akarsulara ve göllere akar. Bu sular, yer çekimi etkisiyle akarak denizlere ve okyanuslara ulaşır. Yeraltına sızan su, yer altındaki boşluklardan akarak yüzeye çıkar. Bu sular, yüzeysel akışa katılır. Denizlere ve okyanuslara ulaşan su, buharlaşır ve atmosfere yükselir. Görüldüğü gibi su, yeryüzündeki yaşamın devamı için gerekli olan bir döngü içinde, katı, sıvı ve gaz hallerinde doğanın çeşitli kısımları arasında dolaşır. Bu çevrim, güneş ışınlarının enerjisi ve yer çekimi kuvveti tarafından sağlanır. Yerküresinin iklim sistemi ile yakından ilişkili olan hidrolojik çevrim günlük ve yıllık periyotları olan bir süreçtir [6,7].



Şekil 2.1. Hidrolojik çevrim [7].

Mühendislik hidrolojisi açısından hidrolojik çevrimin diyagramı Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Bu diyagramda hidrolojik çevrim, doğadaki çeşitli biriktirme sistemleri arasındaki ilişkileri göstermektedir. Atmosfer biriktirme sisteminden yüzeysel biriktirme sistemine düşen yağış, buharlaşma ve terleme süreçleriyle tekrar atmosfere geri dönebilir veya sızma yoluyla yüzeysel biriktirme sisteminden ayrılabilir. Her üç sistem de buharlaşma ve terleme aracılığıyla atmosferle etkileşim içindedir. Yüzeysel biriktirme sistemi yüzey akışı, zemin nemi biriktirme sistemi yüzeyaltı akışı ve yeraltı biriktirme sistemi de yeraltı akışı ile suların bir kısmını akarsu biriktirme sistemine iletmektedir. Ayrıca, akarsu biriktirme sistemine düşen yağışın ardından buharlaşma kayıpları eklenir ve geriye kalan su, akarsular vasıtasıyla denizlere veya göllere taşınır; sonrasında bu su, buharlaşma süreciyle atmosfere geri döner. Hidrolojik çevrim esnasında su, akarsular aracılığıyla yeryüzünden söktüğü katı parçacıkları göl ve denizlere taşıyarak yerkabuğunun şeklinin değişmesine neden olur. [7].



Şekil 2.2. Mühendislik hidrolojisi bakımından hidrolojik çevrim diyagramı [7].

2.2. YAĞIŞ

Yağış, atmosferdeki suyun sıvı veya katı formda yeryüzüne inmesidir. Sıvı yağış yağmur olarak bilinirken, katı yağış kar, dolu, çığ ve kırağı gibi şekillerde olabilir. Hidrolojik açıdan en önemli iki yağış türü yağmur ve kardır. Yağmur ve kar arasındaki temel fark, yağmurun hemen akışa geçmesidir, oysa kar genellikle eridikten sonra uzun bir süre geçtikten sonra akışa dönüşür [8].

Yağış, belirli bir zaman diliminde yatay bir yüzeye düşen ve düştüğü yerde biriktiği varsayılan su sütununun yüksekliği ile ölçülür. Yağış yüksekliği, hidrolojik çalışmalarda genellikle milimetre (mm) cinsinden belirtilir [9].

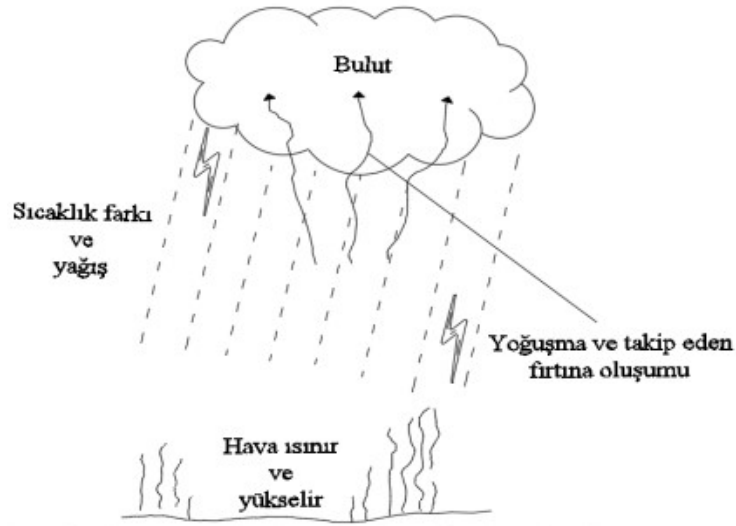
Yağışın meydana gelmesi için atmosferde yeterli miktarda su buharı bulunmalıdır. Su buharının yağış oluşturabilmesi için bulunduğu hava kütesinin soğuması gereklidir. Hava kütesi soğuduğunda, su buharını taşıma kapasitesini yavaş yavaş kaybeder ve doyma noktasına ulaşır. Doyma noktasını aşan su buharı yoğunlaşarak bulutları oluşturur. Bulutlar içerisindeki küçük su damlacıklarının yağış haline gelebilmesi için, yeryüzüne düşebilecek büyüklükte damlalar haline gelmesi gerekmektedir [10].

2.3. YAĞIŞ TIPLERİ

Yağış tipleri soğuma şekillerine göre belirlenir. Yağışlar konveksiyonel yağışlar, orografik yağışlar ve cephesel yağışlar şeklinde sınıflandırılır.

2.3.1. Konveksiyonel Yağışlar

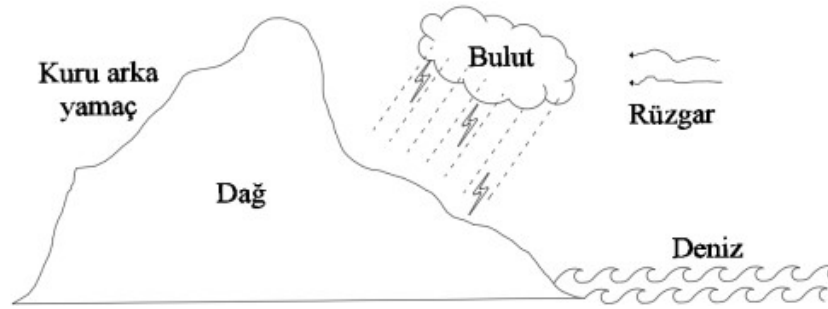
Konveksiyonel yağışların oluşabilmesi için mutlaka bir açık su yüzeyine ihtiyaç yoktur. Troposferde farklı sıcaklıklar, yatay (adveksiyon) veya düşey (konveksiyon) taşınımlar yaratır. Yatay hava hareketleri sonucunda meydana gelen sıcaklık farkı yağışları, genellikle sıcak ve nemli hava kütlelerinin daha serin hava kütleleriyle karşılaşmasıyla oluşur (Şekil 2.3). Bu tür yağışlara verilebilecek en iyi örnek, yaz aylarında görülen sağanak yağışlardır. Sıcak bir yaz gününde, yeryüzü öğlen veya öğleden sonra oldukça ısınır. Bu ısı, yeryüzüne yakın hava tabakalarının ısınarak yükselmesine neden olur. Isınan hava, üst taraftaki daha serin hava tabakalarına doğru yükselir. Yükselen havada yeterli miktarda su buharı, yani nem bulunması durumunda, nem hızla soğuyarak damlacıklar halinde yağışa dönüşür. Bunun sonucunda, genellikle tek bir fırtına ile şiddetli yağışlar meydana gelir. Türkiye'de, İç Anadolu Bölgesi'nde yaz aylarında öğleden sonra görülen yağışlar bu tür yağışlardır [11,12].



Şekil 2.3. Sıcaklık farkı yağışları [12].

2.3.2. Orografik Yağışlar

Yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden atmosfer kütlesi, dağ yamaçları boyunca yükselirken yüksek kesimlerdeki düşük sıcaklık nedeniyle soğur. Bu hava kütesinin sıcaklığı çiylenme noktasının altına düştüğünde meydana gelen yağışa orografik yağış denir (Şekil 2.4). Orografik yağışlar genellikle yoğun ve kuvvetlidir. Bunun nedeni, alt atmosfer katmanlarında genellikle yüksek miktarda nem bulunmasıdır. Bu tür yağışlar mevsimlerden bağımsız olarak meydana gelir. Ancak, yağışın yoğunluğu, havanın soğuma hızına bağlı olarak değişir. Atmosfer kütlesi alçalırken ısınacağından, dağın diğer yamacı, rüzgar alan yamaca kıyasla daha az yağış alır [13].

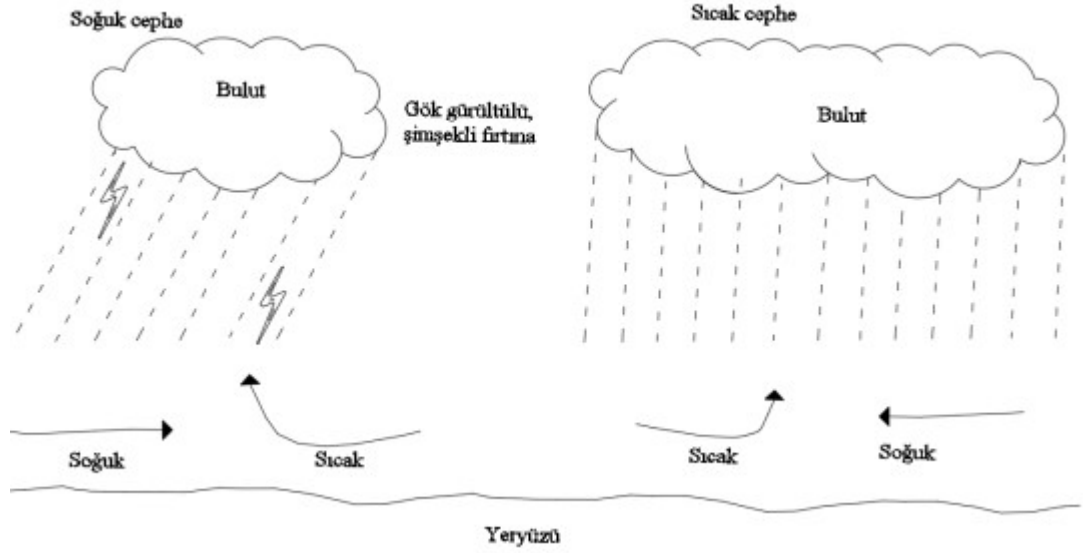


Şekil 2.4. Yükseklik farkı yağışları [12].

2.3.3. Cephesel Yağışlar

Cephesel yağışlar, farklı hava basınçlarının etkisiyle oluşan hava hareketleri sonucunda ortaya çıkan yağışlardır. Bu yağışlar, alçak basınç merkezine doğru havanın yükselmesi veya alçalmasıyla meydana gelir. Hava hareketleri her zaman yüksek basınçtan düşük basınç bölgelerine doğru gerçekleşir. İki farklı basınç bölgesi arasındaki sınır ise bir cephe olarak adlandırılır. Cephe yağışları genellikle ılık bir hava kütesinin soğuk bir hava kütesinin üzerine çıkmasıyla oluşur. Soğuk cephe yağışları, soğuk hava kütesinin sıcak hava kütesi altına doğru ilerlemesiyle meydana gelirken, sıcak cephe yağışları ise sıcak veya ılık hava kütesinin soğuk hava kütesinin üzerine doğru ilerlemesiyle oluşur (Şekil 2.5). Soğuk cephelerle ilişkili yağışlar genellikle yüksek şiddette olup, ancak küçük alanlarda etkilidir. Sıcak cephelerde ise yağışlar

genellikle daha az şiddetlidir, ancak daha geniş alanları kaplarlar. Şiddetli yağışlar, rüzgarlar ve fırtınalar genellikle soğuk cephelerle ilişkilidir [13].



Şekil 2.5. Basınç farkı yağışları [12].

2.4. YAĞIŞIN ÖLÇÜLMESİ

Yıllık ve aylık yağış ölçümleri, hidrolojik modelleme çalışmalarında, rezervuar işletme stratejilerinde ve kısa süreli akım tahminlerinin genişletilmesinde kullanılır. [14].

Bir bölgenin yağış rejimi hakkında bilgi elde etmek için geçmiş yağış kayıtlarının incelenmesi gereklidir. Bu nedenle yağışlar, farklı istasyonlarda sürekli veya belirli zaman aralıklarıyla ölçülmeli ve kaydedilmelidir, böylece ilerleyen zamanlarda kullanılmak üzere veriler saklanabilir. Ülkemizde bu görev, Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMİ) tarafından yerine getirilir; yağış verileri toplanır, saklanır ve kullanıcıların erişimine sunulur. Yağış ölçümü için ülkemizde ve dünyada çeşitli tipte yağış ölçerler kullanılmaktadır. Bu cihazlar, yerlerine konuldukları bölgelerdeki yağış miktarını ölçer. Yağış ölçerlerin sayısı, yağışların alan üzerindeki dağılımına bağlı olarak belirlenir. Doğada, yağış türlerinin oluşumundan da anlaşılacağı üzere, coğrafi olarak değişken durumlar mevcuttur. Bu nedenle, dağlık ve engebeli bölgelerde yağış

ölçerlerin daha sık yerleştirilmesi gerekebilir. [15]. Yağış ölçerler, yazıcı olan ve yazıcı olmayan olarak ikiye ayrılır.

2.4.1. Yazıcı Olmayan Yağış Ölçerler (Plüviyometre)

Plüviyometre, yağış miktarını ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir alettir. Silindirik şeklinde olan plüviyometre, yağışın düştüğü haznesi olan bir alettir. Yağış, silindirin içine düşer ve bir mihber yardımıyla su yüksekliği ölçülür. Plüviyometrelerin çeşitli büyüklükleri ve şekilleri bulunmaktadır, ancak en yaygın olanları 200 mm ve 250 mm çapında olanlardır. Genellikle metal veya plastik malzemeden üretilen plüviyometreler, yağış miktarını doğru bir şekilde ölçmek için belirli koşullarda yerleştirilmelidir. Plüviyometreler, belirli bir zaman aralığındaki toplam yağış miktarını verirken, yağışın zaman içindeki değişimini kaydetmek için uygun değildirler [16].

2.4.2. Yazıcı Olan Yağış Ölçerler (Plüviyograf)

Plüviyograflar, yağış miktarını daha doğru bir şekilde ölçmek için kullanılır. Dünyada ve Türkiye’de birçok yazıcı olan yağış ölçerler kullanılır. Bunlardan en çok kullanılanları terazili, devrilen kovalı ve sifonlu yağış ölçerlerdir [16].

2.4.2.1. Terazili Yağış Ölçerler

Türkiye’de en çok kullanılan yağış ölçer tipidir. Terazili yağış ölçerler, toplayıcı kovadan, kovanın altındaki teraziden ve yağış değişimini grafikleştirerek kaydeden kalemden oluşur. Grafikte yatay eksen yağışın zamana göre değişimini, dikey eksen ise yağış yüksekliğini mm cinsinden ifade eder. Günlük bilgi alındıktan sonra kova boşaltılır. Ölçüm yapılmaya hazır olur

2.4.2.2. Devrilen Kovalı Yağış Ölçerler

Devrilen kovalı yağış ölçerler iki bölmeli toplayıcı bir kovadan, basit bir elektrik devresinden ve bir de yazıcı bir düzenekten oluşmaktadır. Bu tür ölçüm aletleri kar

yağışı için ayrı bir sistem gerektirdiği için çok yaygın kullanımı bulunmamaktadır [15].

2.4.2.3. Sifonlu Yağış Ölçerler

şamandıralı plüvyograflar da denilen bu yağış ölçüm aletleri Türkiye’de de kullanılmaktadır. Düzenek suyun toplanması için bir hazneden, şamandıradan, grafik kâğıdından ve şamandıraya bağlı olan bir yazıcı kolundan oluşmaktadır. Ölçüm aletinin dezavantajı suyun donmasıdır. Sorunun çözümü olarak suyun donmaması için kimyasal maddeler kullanılır [15].

2.4.3. Depolamalı Yağış Ölçerler

Dağlık bölgelerde, ulaşımı zor olan uzak yerlerde depolamalı yağış ölçerler kullanılır. Genelde mevsimsel yağışı toplayabilecek büyüklükteki tanklardır. Ölçümler mevsim sonlarında yapılır.

2.4.4. Hava Tahmin Radarları

Meteoroloji radarları, yağışların zaman ve mekân değişikliklerini belirlemek için önemli araçlardır. Radar anteninden düzenli aralıklarla radyasyon gönderilir. Gönderilen dalgalar genellikle 1 mikrometre (μm) dalga boyutunda olup, sistem her saniyede yaklaşık olarak 1000 dalgayı gönderir. Radar, gönderilen dalgalar arasındaki zaman farklarını kullanarak önceki gönderilen ışınların atmosferde yansımaları ölçer. Bu yansıyan dalgaların değerlendirilmesiyle atmosferdeki yağış durumu hakkında detaylı bilgi elde edilebilir [12].

2.4.5. Kar Ölçümleri

Yazıcı ve yazıcı olmayan standart yağış ölçerlerinin yanı sıra mevsimlik depolama yağış ölçerleri, kar direkleri ve kar yastıkları kullanılarak kar ölçümleri yapılır. Standart yağış ölçerlerinin kar üzerinde rüzgarın etkisini azaltmak için koruyucu bir kalkanla korunduğu bilinmektedir. [17].

Hidrolojistler genellikle karın derinliği yerine su eşdeğeriyle ilgilenirler. Bir kar kütlesi eritildiğinde ortaya çıkan sıvı suyun derinliği, karın su eşdeğerini ifade eder. Bu değer, karın yoğunluğuna da bağlıdır; kar yoğunluğu, eritilen kar kütlesinin hacminin karın ilk hacmine oranıdır. Bu oranlar farklı koşullarda değişiklik gösterir: yeni düşmüş taze kar için yaklaşık 0.004, sıkışmış buzullardaki kar için ise 0.91 gibi değerler alabilir. Ortalama olarak, yeni kar için su eşdeğerini genellikle 0.1 olarak kabul edilirken, bahar çözülmesinden önceki dönemde ise bu değer 0.4 ile 0.6 arasında değişir. Su eşdeğerini ve kar yoğunluğu ölçümleri genellikle kar örneklerinden alınan verilerle kar tüpleri veya basınç yastıkları kullanılarak yapılır. [17].

2.5. ALANSAL YAĞIŞ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Yağış, zaman ve mekân açısından en fazla değişkenlik gösteren iklim elemanıdır. Yağış miktarı bölgeye göre büyük farklılıklar gösterebilir. Meteorolojik parametreler her yerde doğrudan ölçülemez. Yağış ölçümleri genellikle meteoroloji istasyonlarında noktasal olarak gerçekleştirilir. Dolayısıyla, bir bölgenin yağış ortalaması hesaplanırken, o bölgedeki istasyonlardan elde edilen yağış verilerinin aritmetik ortalaması alınır. Ancak bu yöntemin bazı sınırlamaları vardır. Örneğin, bölgedeki topografik özellikler yağış miktarını etkileyebilir veya sıcaklık farklılıkları yağış desenlerini değiştirebilir, bu durumda aritmetik ortalama yöntemi doğru sonuçlar vermeyebilir [12].

Aritmetik ortalama yöntemi bölgeyi homojen kabul eder ve çevredeki diğer istasyonların yağış verilerini göz önünde bulundurmaz. Ayrıca, istasyon sayısının bölgeyi tam olarak temsil etmeyecek kadar az olması veya normallerin hesaplanabilmesi için yeterli zaman aralığında veri olmaması da yağış ortalamalarının doğru hesaplanması konusunda zorluklar yaratabilir. Bu nedenlerden dolayı, yağışın sadece zamansal değer, aynı zamanda alansal miktarlarının da hesaplanması, özellikle mühendislik hidrolojisi çalışmalarında büyük önem taşır [12].

2.5.1. Aritmetik Ortalama Yöntemi

Aritmetik ortalama yönteminde, çalışma alanında bulunan istasyonlarda ölçülen yıllık ortalama yağış değerlerinin (mm) aritmetik ortalaması bulunur. Aritmetik ortalama formülü aşağıdaki Eşitlik 2.1’de gösterilmiştir. [18].

$$Y_{ort} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (2.1)$$

Y_i : i.ci istasyonun yağış değeri,

Y_{ort} : Çalışma alanı için ortalama yağış değeri.

2.5.2. Thiessen Poligon (Çokgen) Yöntemi

Thiessen Poligon yönteminde, çalışma alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının birleştirilmesiyle oluşturulan üçgen ağları kullanılır. Bu üçgenlerin orta dikmeleri birleştirilerek her istasyon için poligonlar elde edilir. Bu poligonlar, meteoroloji istasyonları veya ilgili kurumun çalışma alanı içinde kalan bölgeleri kapsar ve yıllık ortalama yağış değerleri belirlenir. Thiessen poligon yöntemi ile yıllık ortalama yağış miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır [18].

$$Y_{ort} = \frac{\sum Y_i A_i}{\sum A} \quad (2.2)$$

A_i : Gözlem istasyonlarına ait çokgen alanları,

2.5.3. Eşyağış (Izohiyet) Eğrileri Yöntemi

Eşyağış eğrileri, aynı yağış miktarına sahip noktaları birleştiren eğrilerdir. Eşyağış (isohyet) eğrileri yönteminde, çalışma alanı ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarının birleştirilmesiyle üçgen ağları oluşturulur. Bu üçgenlerin arasından geçen eşyağış eğrileri, ilgili meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama yağış

değerlerine dayanarak çizilir. Eşyağış eğrileri yönteminde, çalışma alanı içindeki bir noktanın yıllık ortalama yağış miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır [18].

$$Y_{ort} = \frac{\sum \bar{Y}_i \cdot a_i}{\sum a_i} \quad (2.3)$$

a_i : İki eşyağış eğrisi arasında kalan alan,

\bar{Y}_i : Eş yağış eğrileri arasındaki ortalama yağış değeri

2.6. YAĞIŞ HASADI

Yağış hasadı, yağmurun bol olduğu dönemlerde çeşitli yöntemlerle depolanıp tutulmasını sağlayarak, yağışın az olduğu veya hiç olmadığı dönemlerde kullanılmasına imkan tanır [19].

Yağmur suyu toplama yöntemi, akışa geçen yağmur sularının toplanmasını sağlar. Bu su, çatılardan veya taşlık ve kayalık alanlardan gelerek depolanabilir. Su depolama işlemi, basit ve ekonomik olduğu için avantajlıdır. Her türlü eğime sahip arazide uygulanabilir. Büyük sulama sistemleriyle karşılaştırıldığında, su iletimindeki kayıplar çok düşüktür. Evde su kullanımının yaklaşık %50'si bu yöntemle karşılanabilir. [20].

Uygulamanın amacı, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının bulunmadığı veya ekonomik olarak geliştirilemediği bölgelerde su temin etmektir. Yağmur hasadının uygulanma nedenleri arasında, yağışın az olduğu tarım arazilerinde verimliliği artırmak ve evsel su ihtiyacını karşılamak sayılabilir. Yağmur hasadı uygulamalarında, yüzey akış veya su toplama alanları olarak çatılar, caddeler ve meydanlar, küçük toprak yüzeyler, eğimli araziler ve mevsimsel akışları besleyen havzalar kullanılır. Su depolama ortamları ise yeraltında ve toprak yüzeyinde olmak üzere ikiye ayrılır. Yeraltında depolamada toprak, sediment ve sarnıç kullanılırken, toprak yüzeyinde depolama için tanklar, rezervuarlar ve havuzlar kullanılır. Su hasadı yönteminin başlıca sınırlayıcı faktörü, kısıtlı miktarda yağışa bağımlı olmasıdır. [21].

Yağış hasadı, evlerde, ticari ve endüstriyel tesislerde, sulama ve tarım alanlarında su ihtiyacını karşılamak için yağmur suyunun çatılar, teraslar, avlular ve diğer geçirimsiz yüzeylerden toplanarak depolanması ve yeniden kullanılmasıdır. Yağmur suyu hasadı, su temin etmek amacıyla eski çağlardan beri kullanılan bir yöntemdir. Son yıllarda, artan su ihtiyacı ve azalan su kaynakları nedeniyle, toplumsal, çevresel ve iklimsel değişiklikler ışığında, yeni teknolojiler kullanılarak birçok alternatif uygulama geliştirilmeye başlanmıştır. Su kıtlığıyla mücadelede ve su kaynaklarının verimli kullanılmasında etkili bir yol olan yağmur suyu hasadı, aynı zamanda sel ve erozyonu azaltmaya da yardımcı olabilir. Atık suyun geri kazanımı ve kullanımı ile yağış hasadı yöntemleri, önümüzdeki yıllarda karşılaşılabilecek su sorunlarının çözümü için önemli yöntemler arasında yer almaktadır [22].

2.6.1. Depolama kapasitesi

Depolama tankı, genellikle çatı yağmur suyu hasadı sistemlerinin en maliyetli bileşenidir. Bu nedenle, depolama tankı kapasitesinin tasarımı için dikkatli bir analiz gereklidir [23].

Depolama tankının büyüklüğünü belirlemek için çeşitli faktörlere dikkat edilir. Bu faktörler arasında amaç, yerel yağış miktarı, su talebi, kurak günlerin sıklığı, su toplama alanı büyüklüğü, su ihtiyacı, estetik kaygılar, kişisel tercihler ve bütçe yer alır. Depolama tankı yeraltına veya yerüstüne inşa edilebilir [23].

Ayrıca, depolama kapasitesi belirlenirken çatıdan toplanan yağmur suyu miktarı ile tüketicilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı karşılaştırılmalıdır. Bazı bölgelerde (çok yağışlı bölgelerde) ve bazı durumlarda (büyük alanlı çatılar için) çatıdan toplanan su miktarı, ihtiyaç duyulan su miktarını aşabilir. Bu durumda, depo kapasitesi ihtiyaç duyulan su miktarını karşılayacak şekilde seçilmelidir [23].

Farklı amaçlar için gerekli depo boyutunu hesaplarken, bölgenin yağış rejimi ve kuraklığına göre çeşitli hesaplama yöntemleri kullanılabilir. Amaca ve yağış rejimine bağlı olarak ihtiyaç duyulan su miktarı ile toplanabilen su miktarı karşılaştırılarak,

depo kapasitesi belirlenir. Bu süreç, çatı yağmur suyu hasadı sisteminin en maliyetli bileşeni olan depo kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar [23].

BÖLÜM 3

SÜREKLİLİK EĞRİLERİ

3.1. GİRİŞ

Yerleşim pozisyonları, kümülatif dağılım fonksiyonunun olasılıklarının tahminleri olarak kabul edilir [24].

Literatürde [25]'den de görülebileceği üzere, debi süreklilik eğrisine benzer olarak, süreklilik eğrisi (çizgisi) bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık ve yıllık miktarı ve frekansı arasındaki ilişki olarak tanımlanabilir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş değerlerin eşit olduğu ya da aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir.

Bir gidiş çizgisinden yararlanarak, verinin bir değere eşit veya değerden büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp, düşey eksene veriler ve yatay eksene zaman yüzdeleri yerleştirildiğinde oluşan eğriye süreklilik eğrisi denilir. Süreklilik çizgisini elde ederken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait veri gidiş çizgisini kullanmak uygun olur. Eğri sayesinde zamanın belli bir yüzdesinde aşılma yağış gözlemlenebilir [26].

Farklı yerleşim pozisyonları, farklı dağılımlar için kuantil önyargısızlığı yaklaşımıyla elde edilir. Bu işlem pek çok dağılım için aşağıdaki genel şekilde yazılabilir [27].

$$P = \frac{i - a}{n + 1 - 2a} \quad (3.1)$$

P: Aşılma olasılığı,

i: Sıra numarası,

n: Kayıt dönemi için olay sayısıdır.

Aşağıdaki Çizelgede farklı a değerleriyle alternatif yerleşim pozisyon aşılma olasılıkları için bulunan formüller verilmektedir.

Çizelge 3.1. Alternatif yerleşim pozisyon aşılma olasılık formülleri [27].

İsim	Formül	a
Weibull	$\frac{i}{n+1}$	0
Median	$\frac{i-0.3175}{n+0.365}$	0.3175
APL	$\frac{i-0.35}{n}$	~0.35
Blom	$\frac{i-3/8}{n+1/4}$	0.375
Cunnane	$\frac{i-0.40}{n+0.2}$	0.40
Gringorten	$\frac{i-0.44}{n+0.12}$	0.44
Hazen	$\frac{i-0.5}{n}$	0.5

Süreklilik verileri aylık, haftalık veya günlük olan veri değerleri için elde edilebilir. Süreklilik eğrisini elde etmek için aşağıdaki işlemler uygulanır [28].

- Gözlemlenecek verileri en büyük değerden en küçük değere doğru ortalama aylık veya günlük olarak sıralanır.
- Her bir değer i olmak üzere, en büyük aylık veya günlük veri 1'den başlayarak sıralandırılır.
- Eşitlik 3.2 ile aşılma olasılığı (zamanın yüzdesi) hesaplanır.

$$P = \frac{i}{n+1} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Debi süreklilik eğrilerine benzer şekilde belli bir süreli toplam yağış değerlerinin süreklilik eğrileri elde edilmiş olmaktadır. Böylece ele alınan gözlem alanında belli süreli toplam yağış değerlerinin aşılma olasılıklarına göre değişimi tahmin edilmektedir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA ALANI İLE İLGİLİ BİLGİLER

4.1.1. Bölgenin Coğrafik Konumu ve Topoğrafyası

İstanbul doğusunda Kocaeli ili, batısında ise Tekirdağ ve Kırklareli illeri ile komşudur. Marmara Bölgesindeki şehirlerin coğrafi konumu olarak da merkezi konumundadır. İstanbul 280 01' ve 290 55' Doğu boylamları ile 410 33' ve 400 28' Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. İstanbul'u doğuda Kocaeli sıradağlarının yüksek tepeleri, batıda ise Ergene Havzasının su ayırım çizgisi sınırlamaktadır [29].

Türkiye'nin Marmara Bölgesinde 5.196 km² izdüşüm alana ve 5.461 km² gerçek alana sahiptir.

4.1.2. Bölgenin İklim Özellikleri

Yazları genellikle sıcak, kışları ise çok soğuk olmayan İstanbul, Akdeniz iklimi özelliklerini taşıyor gibi görünse de, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın etkisiyle kendine özgü bir iklim yapısına sahiptir. Kış aylarında Karadeniz'den gelen soğuk-kuru hava kütlesi ile Balkanlardan gelen soğuk-yağışlı hava kütlesi, özellikle Akdeniz'den gelen ılık ve yağışlı güneyli hava kütlelerinin etkisi altında kalır. İlde Karadeniz'in soğuk ve yağışlı havası ile Akdeniz'in ılık havası birbirini takip eder. İstanbul'da yaz-kış, gece-gündüz arasında büyük ısı farkları görülmez. [30].

4.2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE METEOROLOJİ GÖZLEM İSTASYONLARI

Çalışmada kullanılan istasyonların İstanbuldaki konumları şekilde görülmektedir.



Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları.

Meteoroloji gözlem istasyonlarının çalışma alanındaki Thiessen çokgenleri oluşturularak alanları bulunmuştur. Elde edilen alanlar ve toplam alana göre oranları Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları thiessen alanları.

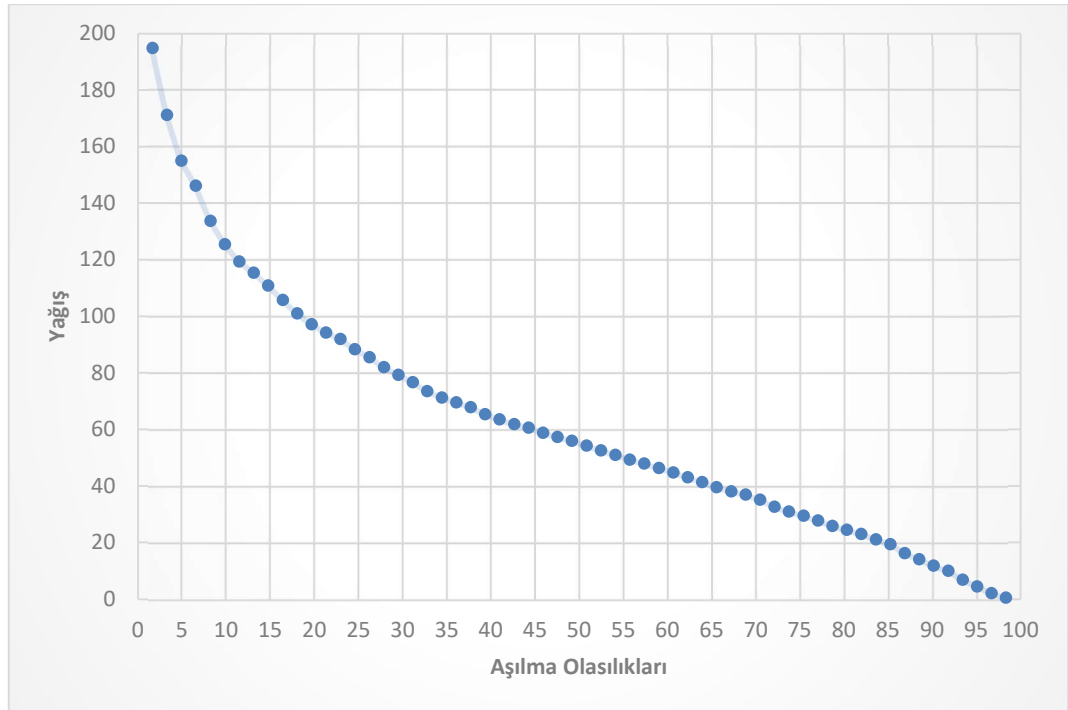
İSTASYON İSİMLERİ	ALAN (km ²)	Ai /Toplam Alan
Arnavutköy	391,56	0,071791462
Arnavutköy/Terkos Barajı	211,02	0,038689669
Beykoz	51,71	0,009480369
Beykoz/Anadolu Feneri	113,43	0,020797107
Beylikdüzü	56,17	0,010299281
Büyükçekmece	231,97	0,042531492
Çatalca	456,46	0,0836908
Çatalca Radar Sahası	463,52	0,084984802
Çayirova	70,27	0,012883565
Çekmeköy/Ömerli	295,25	0,054133207
Çerkezköy	38,58	0,007073555
Darıca	0,13	2,42921E-05
Derince/Karagöllü Köyü	32,64	0,005983959
Eyüpsultan	206,59	0,037878044
Fatih/İst.Den.Bil.Ens.	22,43	0,004112101
Florya	136,59	0,025044153
Güngören/Davutpaşa Marmara	106,04	0,019442114
İstanbul Bölge	45,81	0,008398532
Kadıköy Rıhtım	5,57	0,001020476
Kadıköy/Göztepe	34,00	0,006234229
Kandıra/Akçaova Beldesi	8,43	0,001545103
Kapaklı	37,78	0,006926267
Kartal/Aydos Dağı	78,41	0,014377046
Pendik/Ömerli Barajı	164,83	0,030221096

Samandıra Havalimanı	65,13	0,011940794
Sancaktepe	74,00	0,0135676
Sarıyer	46,06	0,008445197
Sarıyer/Kumköy-Kilyos	90,60	0,016610448
Sarıyer/Yavuz Sultan Selim Köprüsü	33,62	0,006163567
Sarıyer/İTÜ Maslak Yerleşkesi	49,07	0,008996012
Silivri	501,55	0,091956605
Silivri Orman Sahası	356,98	0,065451649
Tuzla	60,64	0,011118997
Vize/Kazandere Barajı	103,27	0,018934014
Ümraniye	123,30	0,022606128
Üsküdar	40,61	0,007445248
Şile	166,59	0,030543508
Şile/Darlık Köyü	245,15	0,044946459
Şile/İsaköy	201,08	0,036866571
Şişli	37,33	0,006844483
TOPLAM	5454,16	

4.3. AŞILMA OLASILIKLARINA KARŞILIK GELEN YAĞIŞ DEĞERLERİ

4.3.1. 2018-2022 Yıllarındaki Aşılma Olasılıklarına Karşı Gelen Yağış Değerleri

İstanbul ili 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış ortalamalarının belli aşılma olasılıklarına göre değişimleri aşağıdaki şekilde görülmektedir.

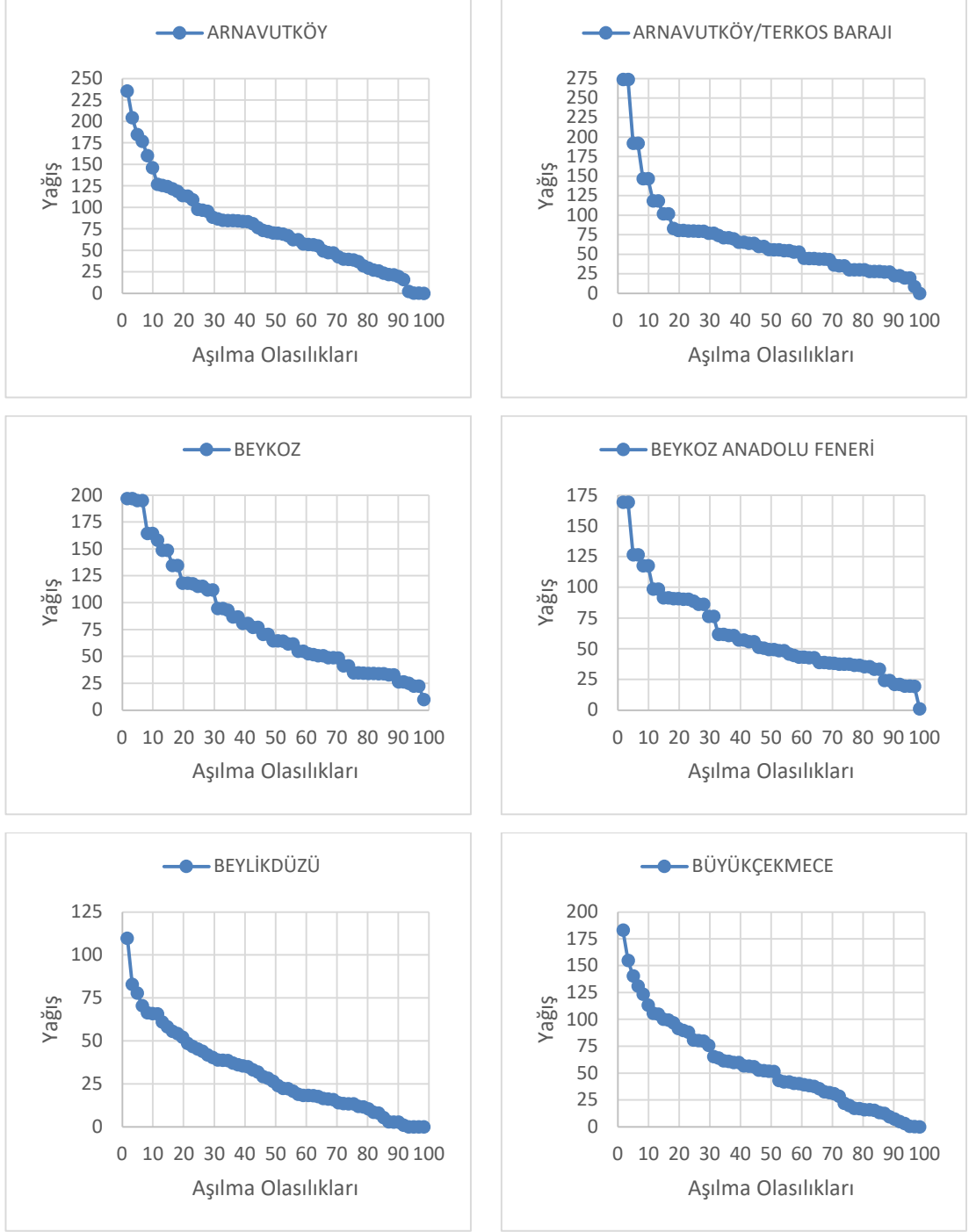


Şekil 4.2. İstanbul ili 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış ortalamalarının belli aşılma olasılıklarına göre değişimleri.

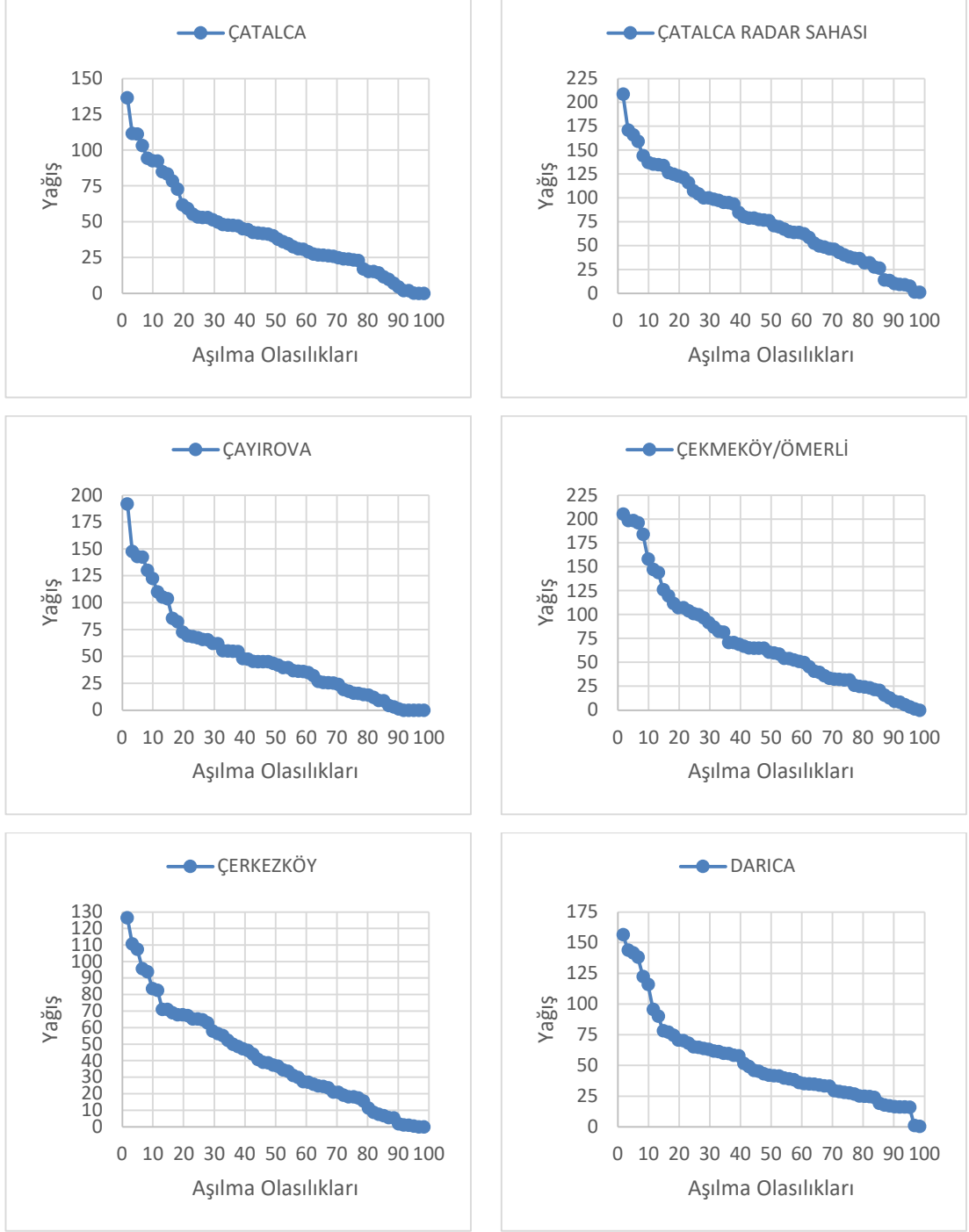
Çizelge 4.2. Çalışmadaki istasyonların 2018-2022 yılları arasındaki %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına sahip aylık toplam yağış değerleri.

İSTASYON ADI	%10 AŞILMA OLASILIĞI	%30 AŞILMA OLASILIĞI	%40 AŞILMA OLASILIĞI	%50 AŞILMA OLASILIĞI	%90 AŞILMA OLASILIĞI
ARNAVUTKÖY	145,9	88,5	83,6	69,8	19,4
ARNAVUTKÖY/TERKOS BARAJI	146,5	76,8	65,2	55,6	22,6
BEYKOZ	164,7	111,9	81	64,7	26,5
BEYKOZ/ANADOLU FENERİ	117,6	76,6	57,2	49,5	21,1
BEYLİKDÜZÜ	65,8	40,3	35,4	24	2,7
BÜYÜKÇEKMECE	113,2	75,9	59,8	51,5	7,3
ÇATALCA	92,6	51,3	45,1	37,9	4,4
ÇATALCA RADAR SAHASI	137	100	84,8	70,8	10,2
ÇAYIROVA	122,7	62,3	48,2	42,3	1,4
ÇEKMEKÖY	158,4	91,8	69,2	60,2	9,4
ÇERKEZKÖY	83,6	58	47,2	36,6	1,8
DARICA	115,9	63	57,9	41,5	16,5
DERİNCE	147	95,3	76,2	66,4	20,6
EYÜPSULTAN	125,5	88,3	67,5	55,3	17,3
FATİH	124,4	78,2	63	49,2	14,8
FLORYA	92,4	65,4	46,6	41,4	10
GÜNGÖREN	102,6	70,6	57	40	9,2
İSTANBUL BÖLGE	114,8	73,4	55,2	42,2	10,4
KADIKÖY RIHTIM	104,2	71	58,8	43,4	15,4
KADIKÖY GÖZTEPE	150,8	95,7	81,8	67,8	22,1
KANDIRA	90,5	48,7	45,3	35	2
KAPAKLI	98,4	56,2	46,1	39,4	4,3
KARTAL AYDOS	126	78,5	69,2	55,7	9,1
PENDİK ÖMERLİ	122,2	73,6	55,2	46,6	10,6
SAMANDIRA	146,5	81,8	63,2	54,1	7,8
SANCAKTEPE	137,2	81,1	64,9	51,2	16,8
SARIYER	115	83,4	60,2	46	19,8
SARIYER KUMKÖY	129,3	71,7	52,1	40,3	0
SARIYER YSS	132,7	88,4	70	54,3	23,3
SARIYER İTÜ MASLAK	89,8	64,7	52,9	42,7	5
SİLİVRİ	102,8	75	68,4	54,6	10,9
SİLİVRİ ORMAN SAHASI	79,8	61,8	48,6	40,7	12,2
TUZLA	138	91,7	72	57,2	5
VİZE KAZANDERE	118,5	70,9	57,5	48,2	15,3
ÜMRANİYE	133,4	80,2	60,4	47,7	17,1
ÜSKÜDAR	104,3	64,7	56,3	38,2	14,2
ŞİLE	141,8	88,6	68,2	57,1	11,8
ŞİLE DARLIK	207	108,4	87,8	77,6	20,3
ŞİLE İSAKÖY	171,3	100,2	85,7	73,8	17,1
ŞİŞLİ	130,3	85,6	68,2	47,2	19,2

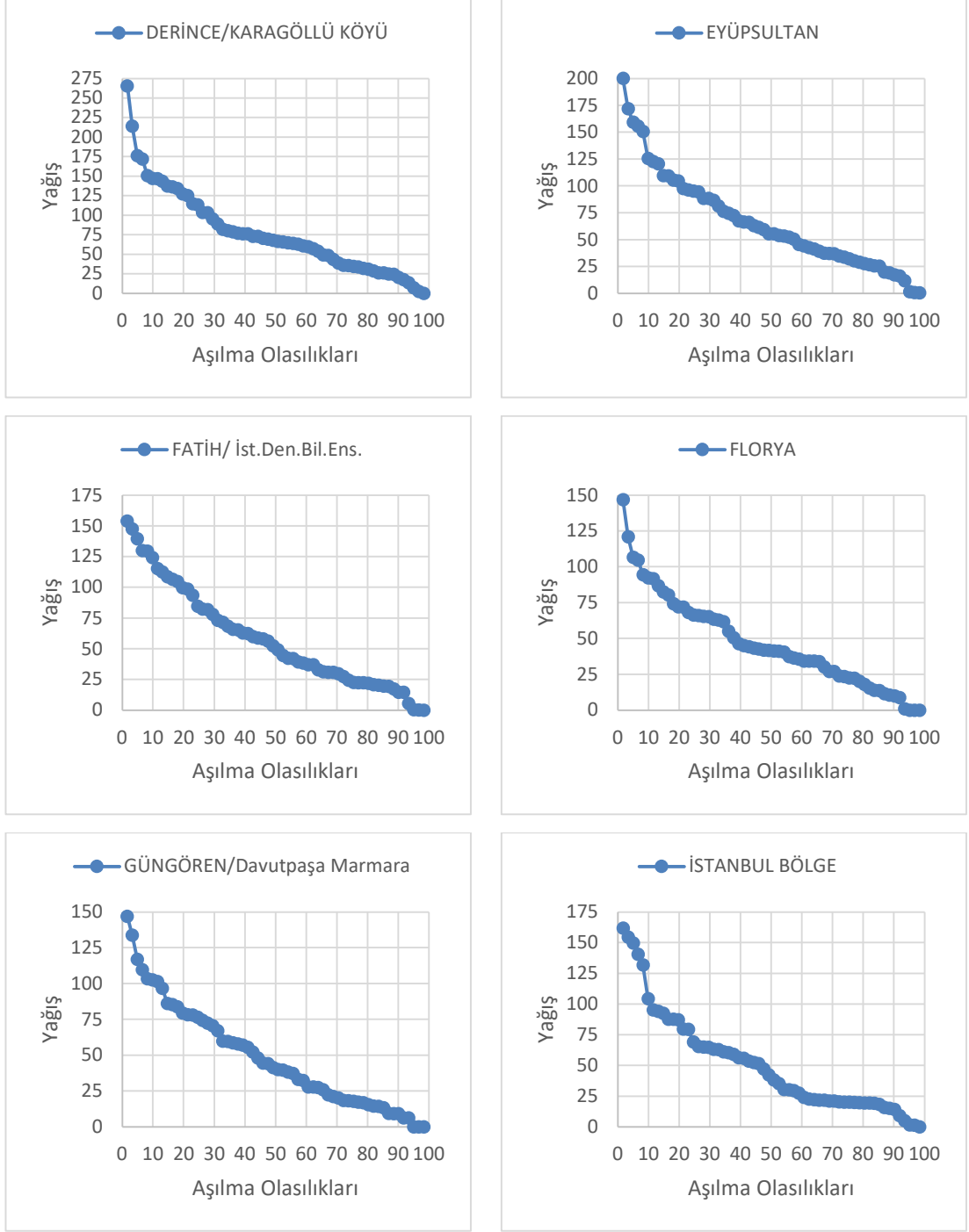
İstasyonlara göre 2018-2022 yıllarındaki aylık toplam yağışların aşılma olasılıklarına göre elde edilen değerleri Şekil 4.3'te görülmektedir.



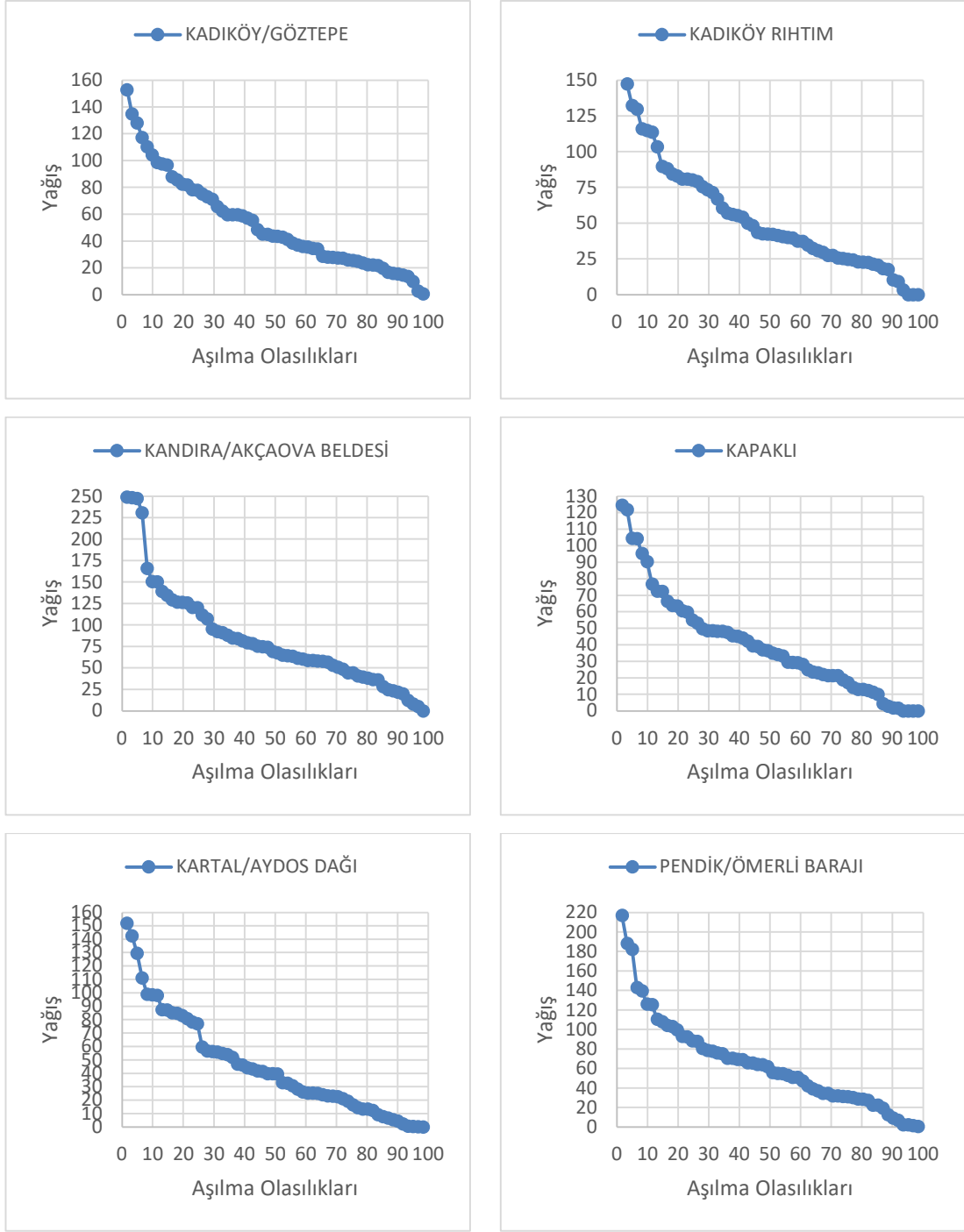
Şekil 4.3. İstasyonlara göre 2018-2022 yıllarındaki aylık toplam yağışların aşılma olasılıklarına göre elde edilen değerler.



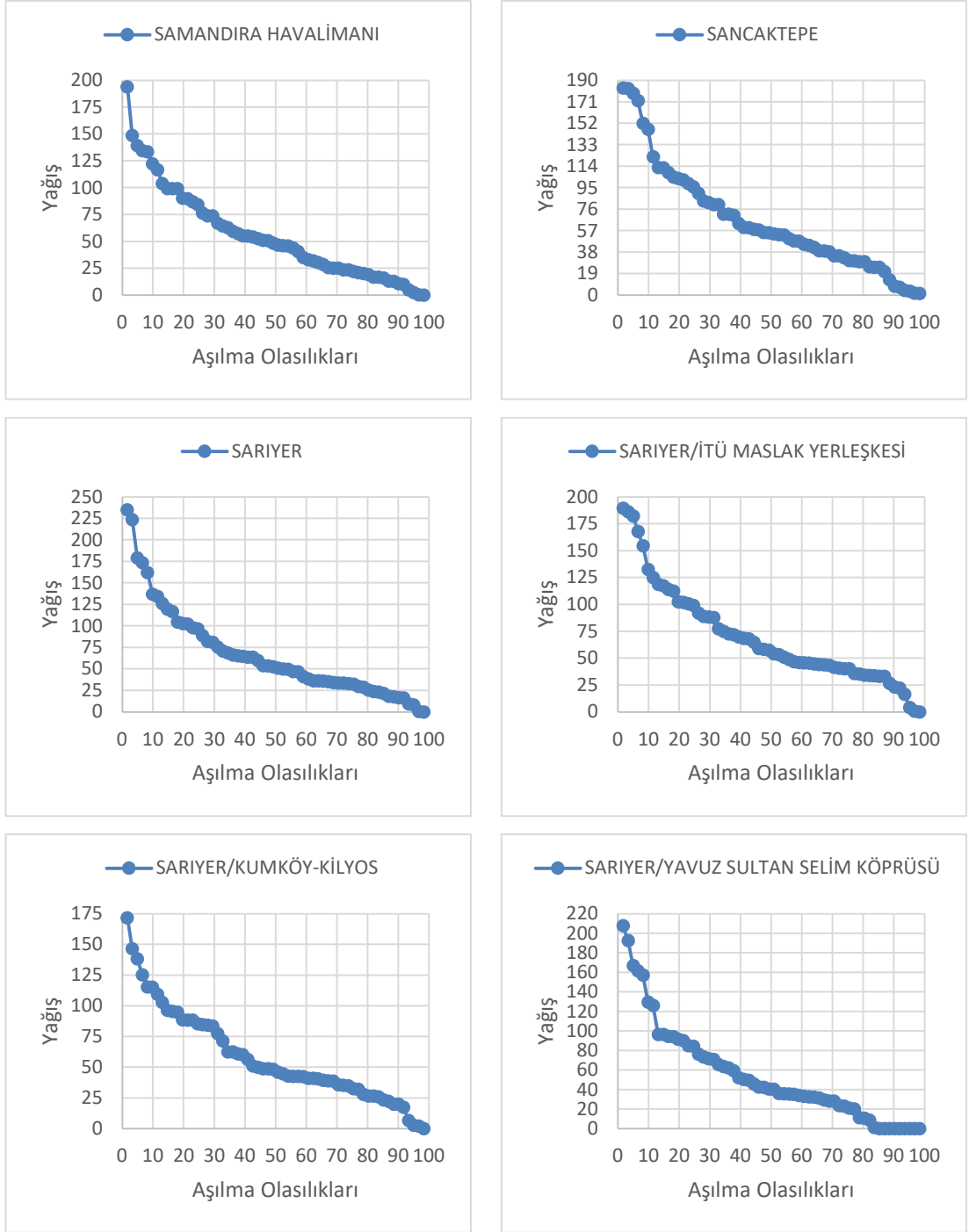
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



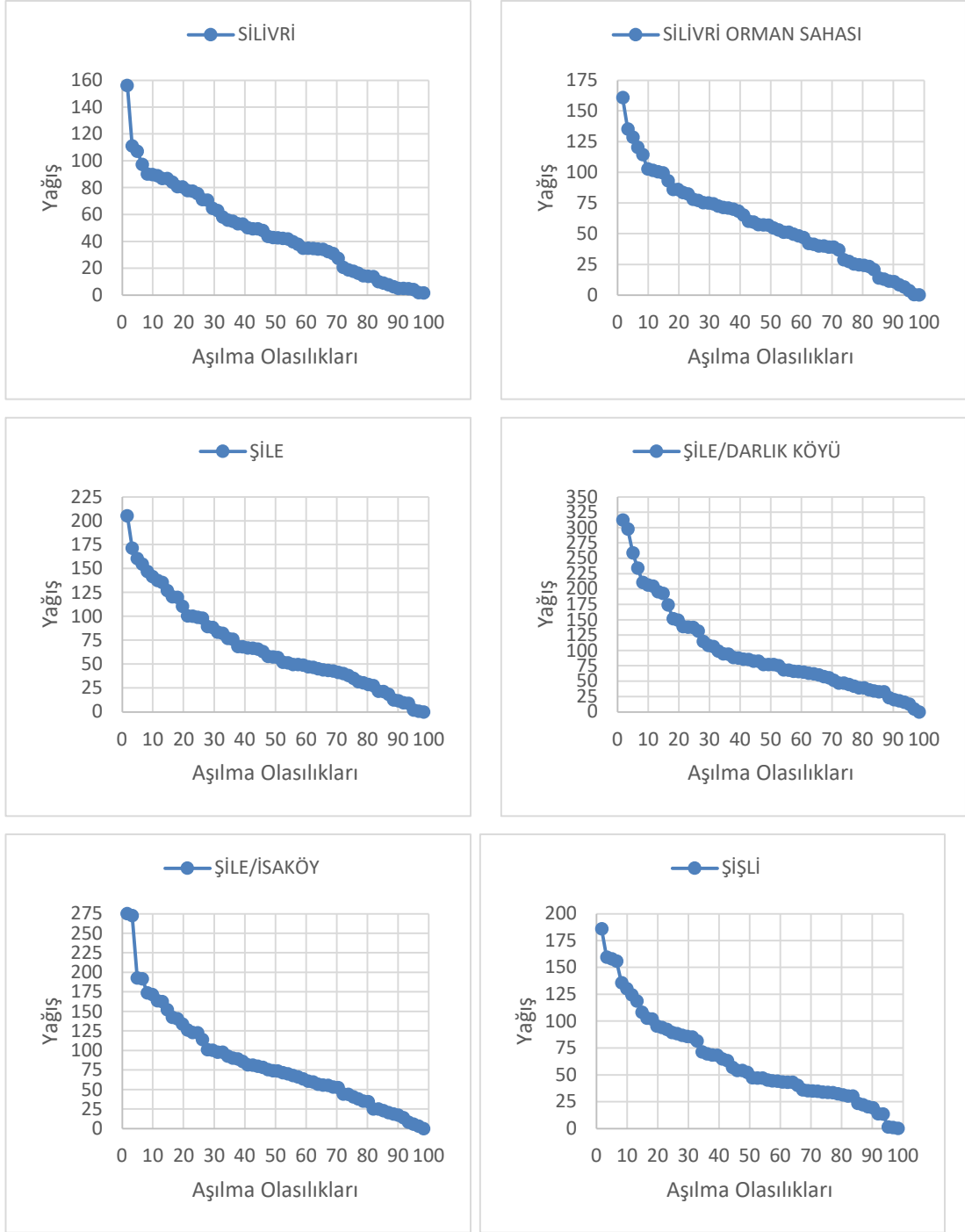
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



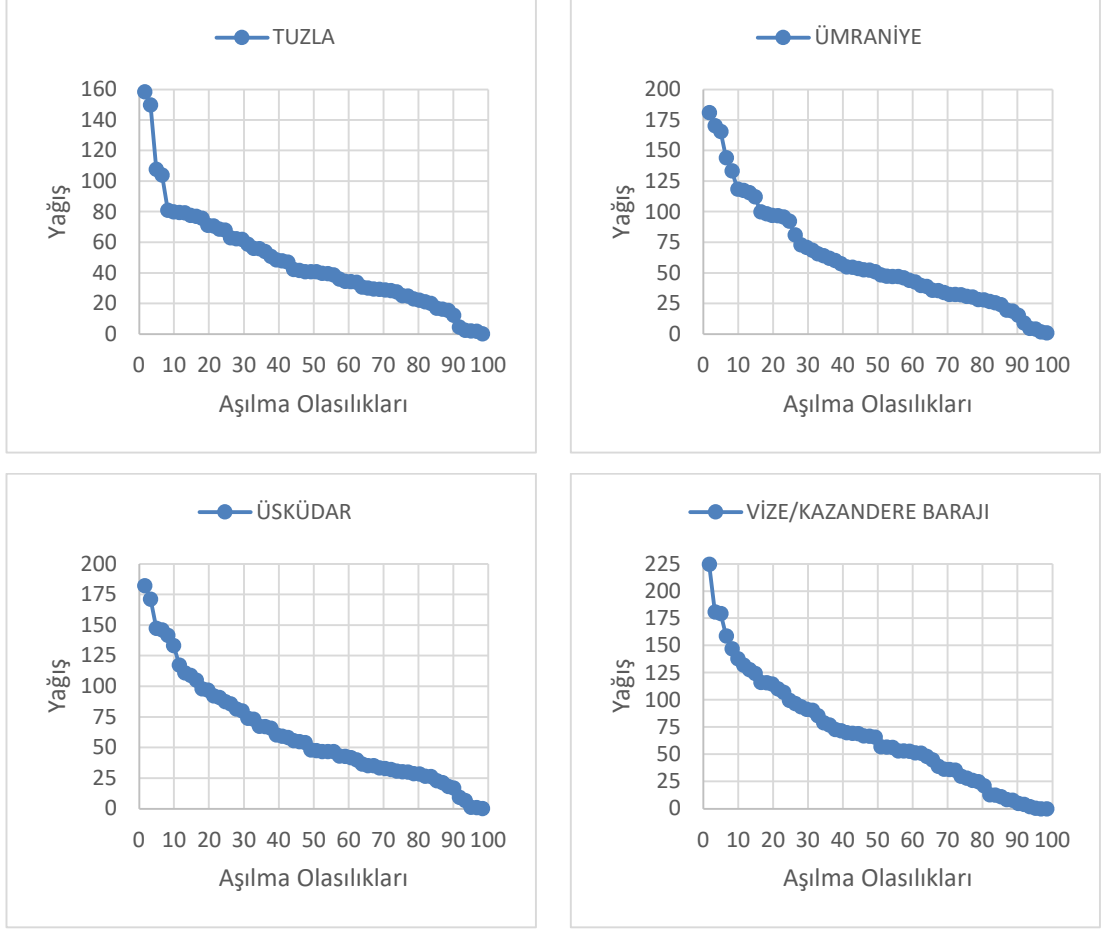
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



Şekil 4.3. (Devam ediyor).



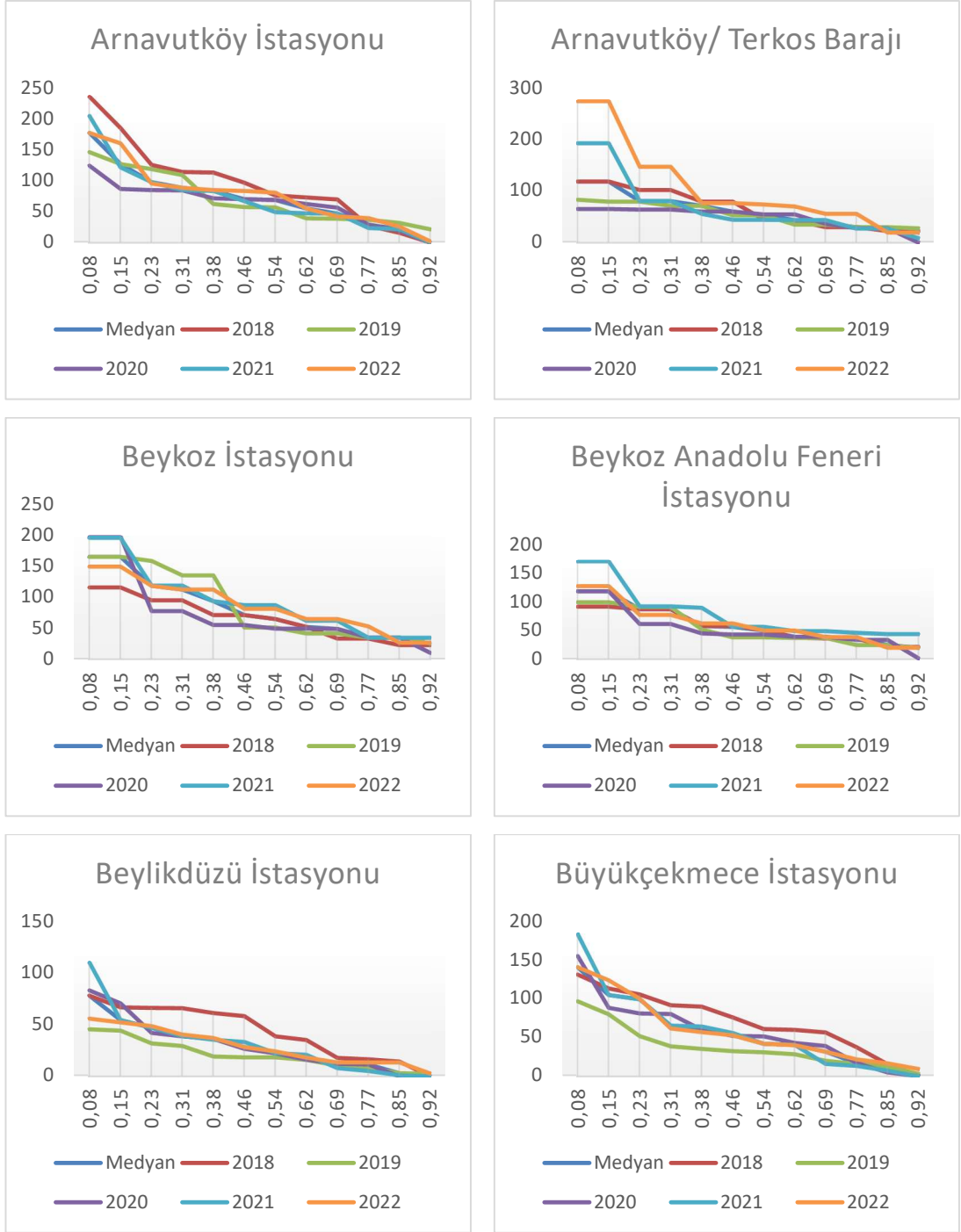
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



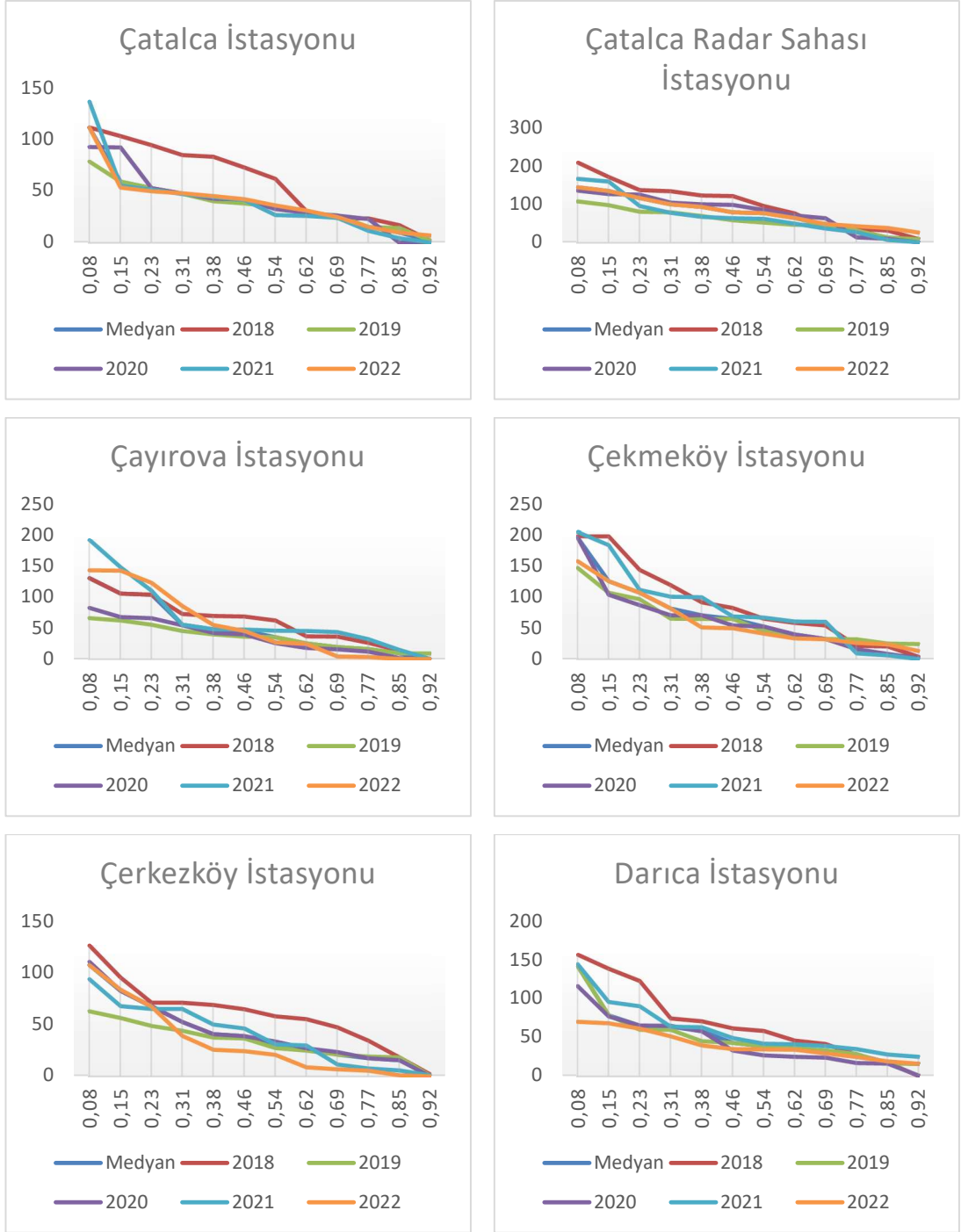
Şekil 4.3. (Devam ediyor).

4.3.2. Yıllık Değerleri İle Aylık Toplam Yağışların Aşılma Olasılıklarına Göre İrdelenmesi

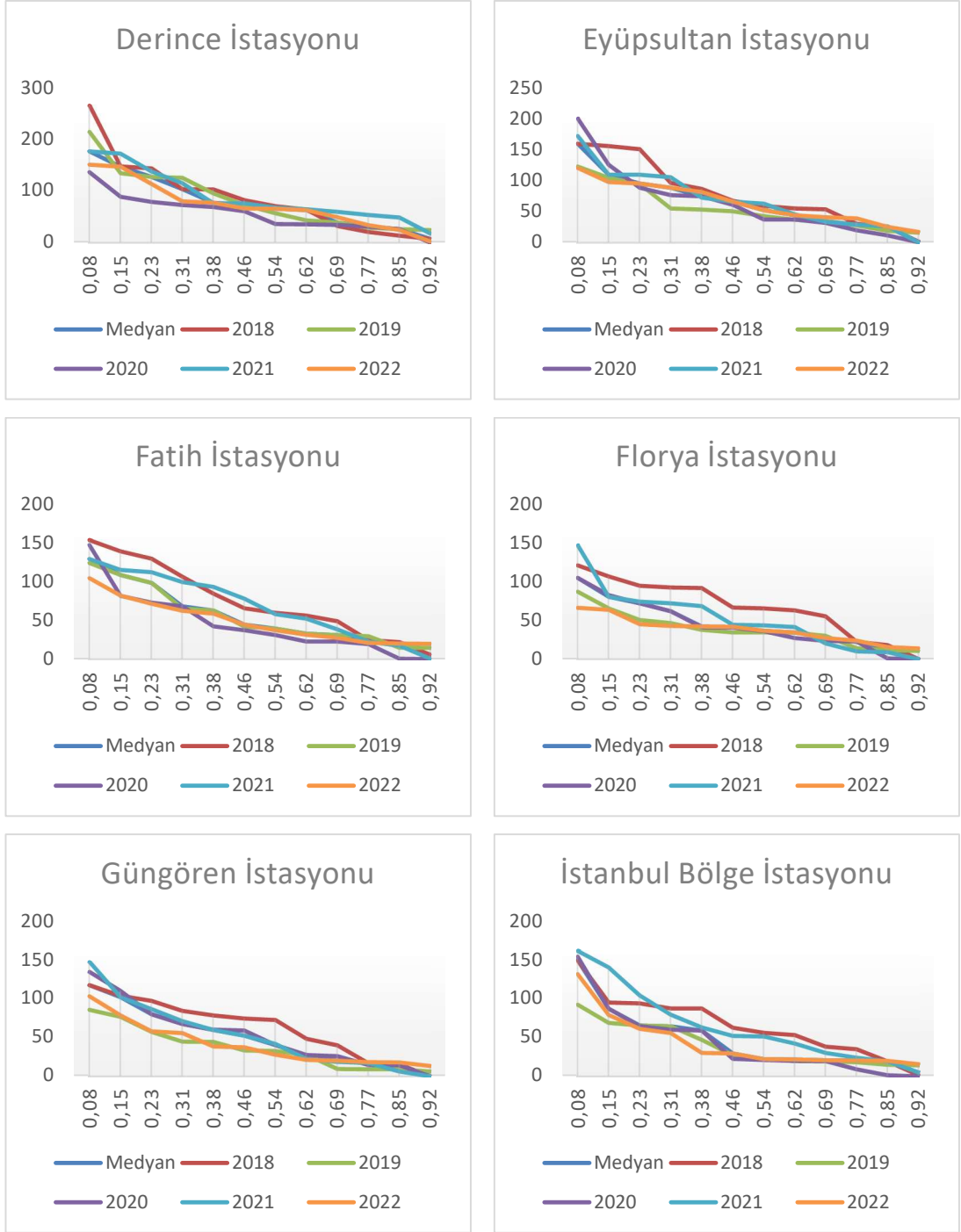
İstasyonlara göre elde edilen aylık toplam yağışlar ile yıllık ölçekte tekrar hesaplanan aşılma olasılığı değerlerinin değişimleri Şekil 4.4'te görülmektedir.



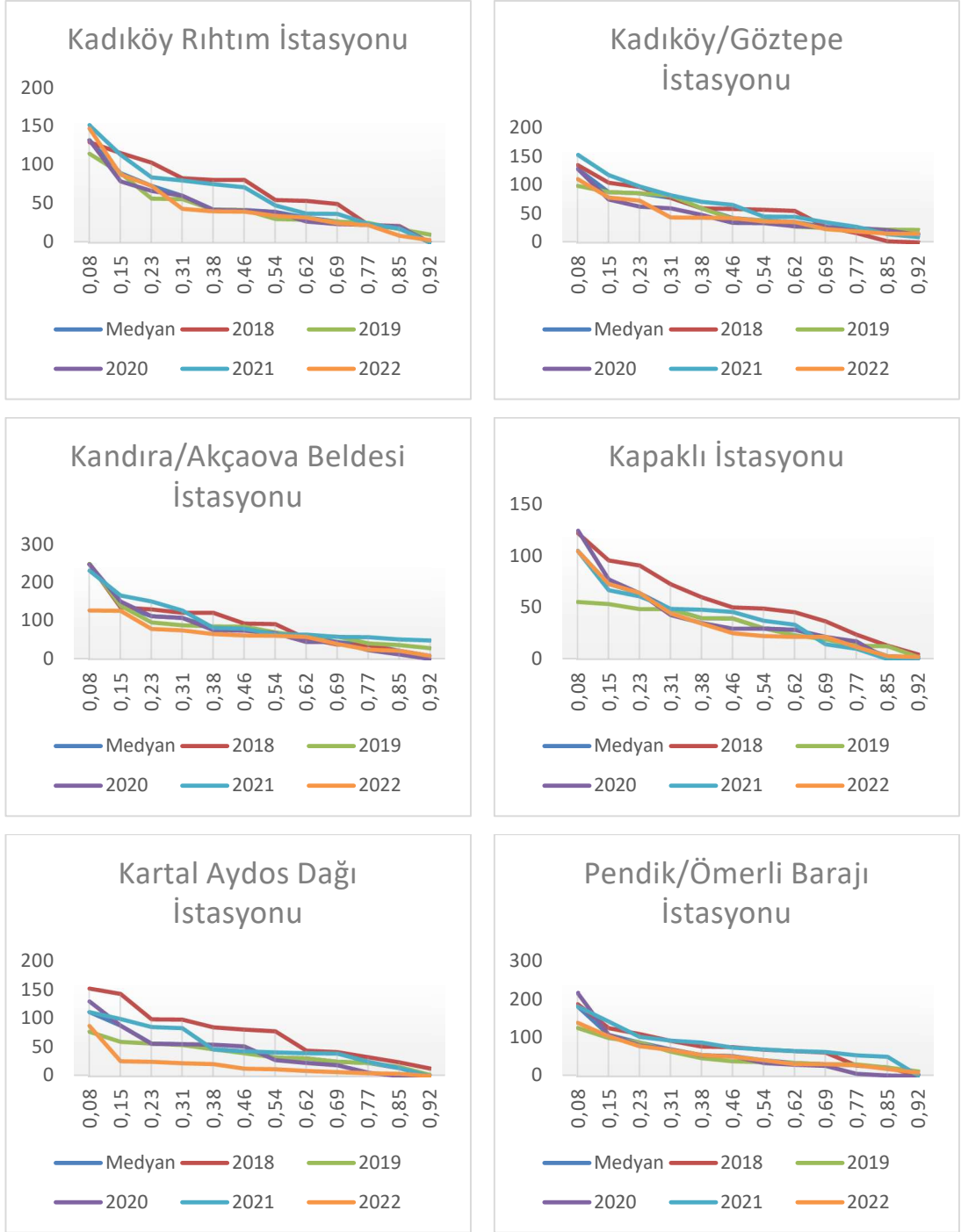
Şekil 4.4. İstasyonlara göre yıllık aşılma olasılığı değerlerine sahip aylık toplam yağış değerleri.



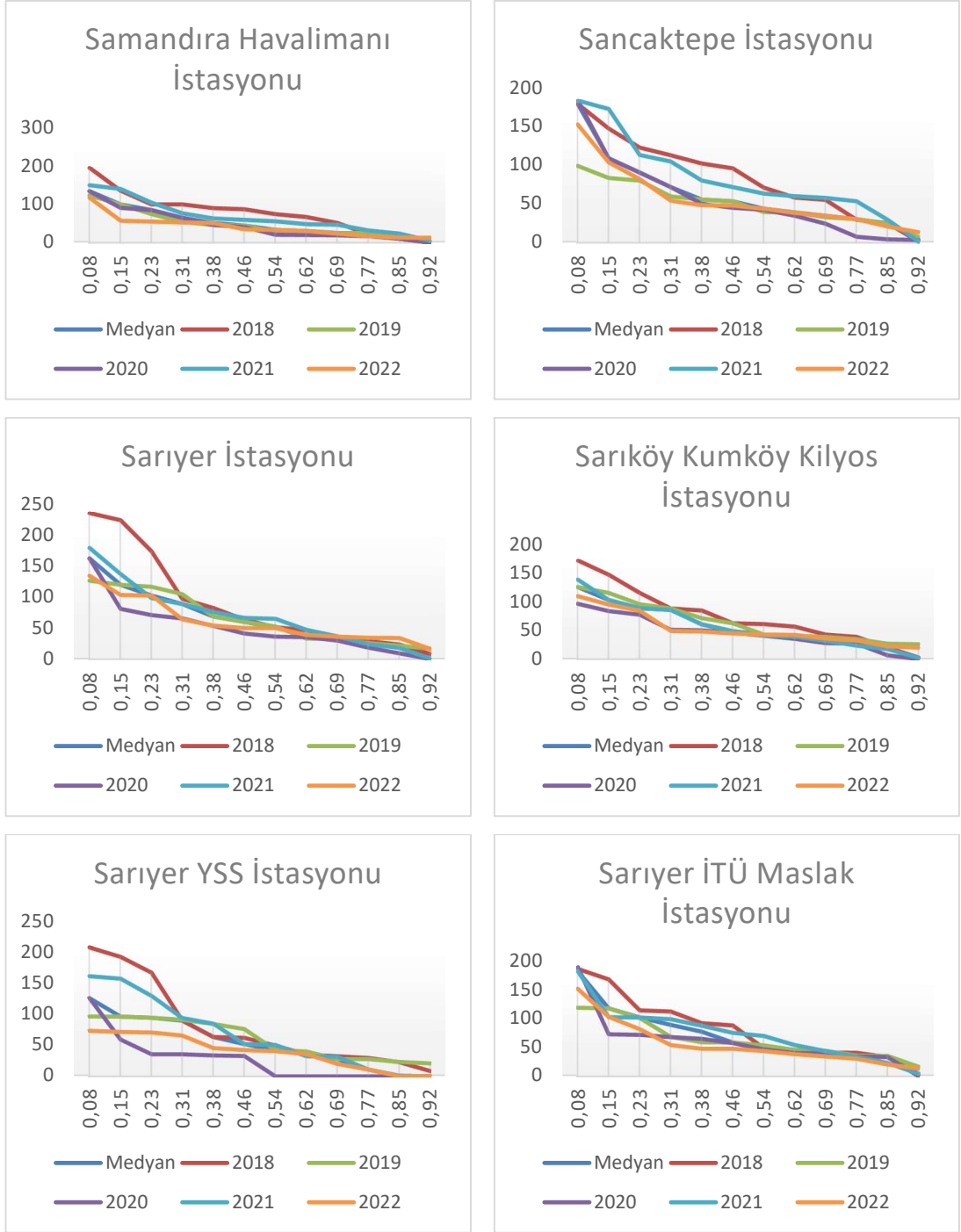
Şekil 4.4. (Devam ediyor).



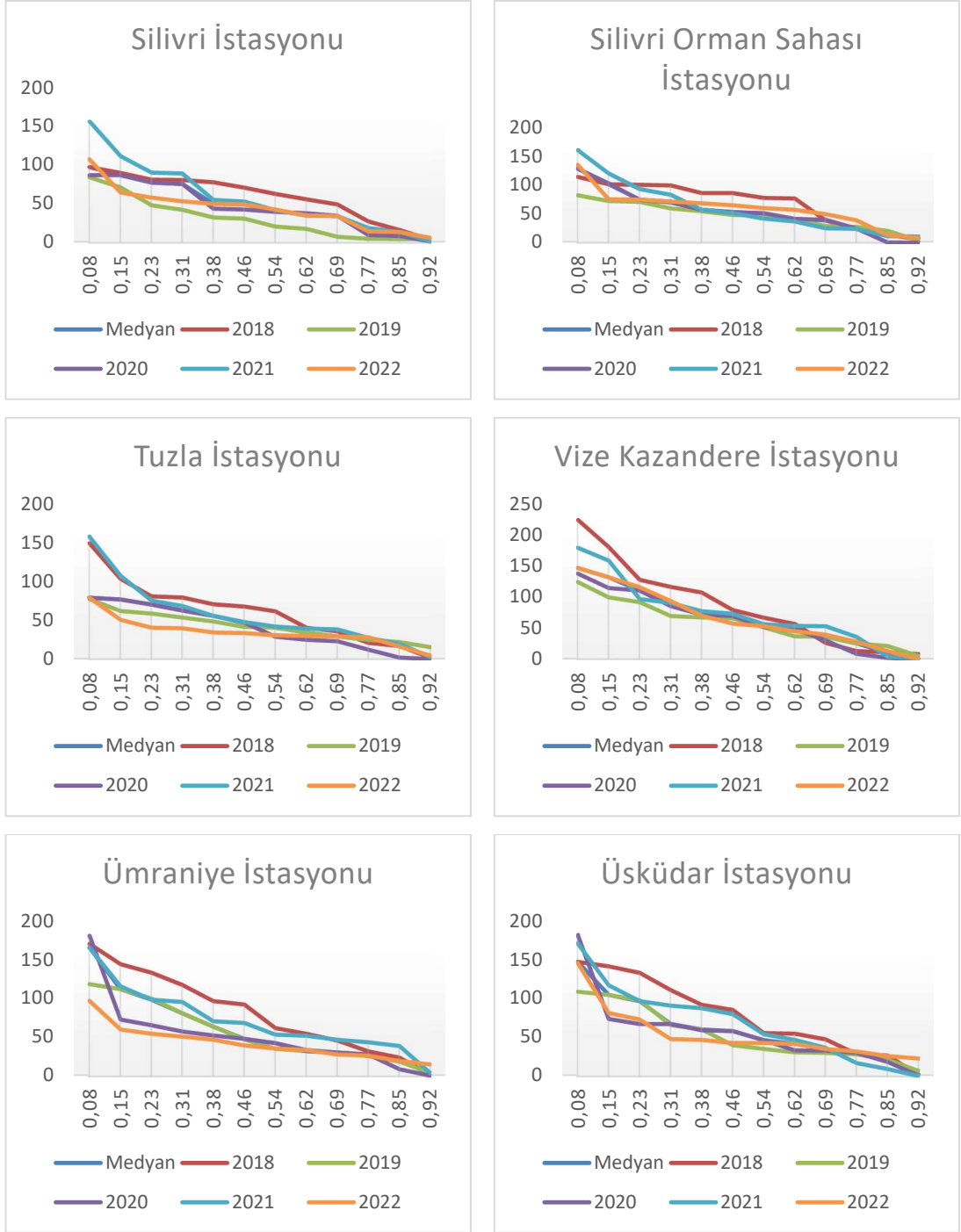
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



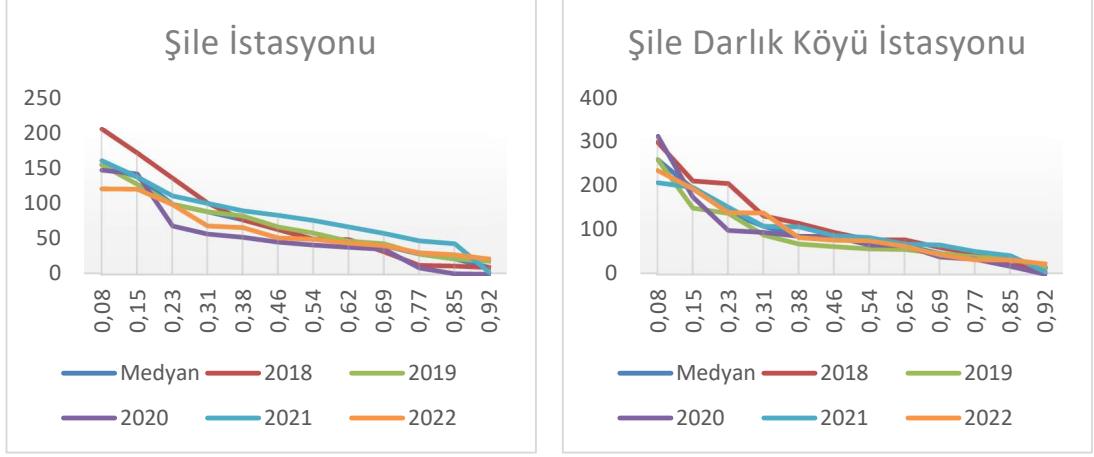
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



Şekil 4.3. (Devam ediyor).



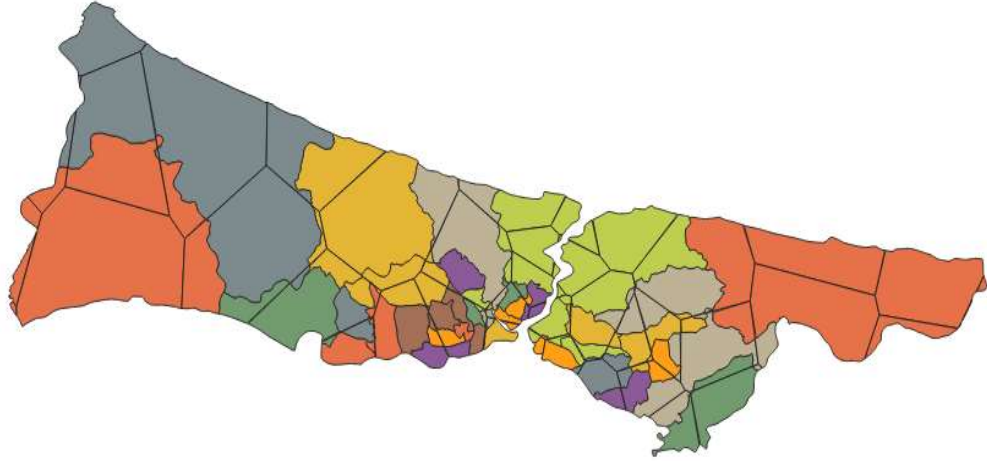
Şekil 4.3. (Devam ediyor).



Şekil 4.3. (Devam ediyor).

4.4. İSTANBUL İLİ İLÇELERİNE GÖRE YAĞIŞ SÜREKLİLİĞİ

İstanbul ilindeki her bir ilçe için thiessen çokgenleri ayrı ayrı belirlenerek etkili olan istasyon ve alan değerleri belirlenmiştir. Aşağıdaki şekilde İstanbul'un ilçeleri ve thiessen çokgenleri görülmektedir.



Şekil 4.5. İstanbul'un ilçeleri ve thiessen çokgenleri görünümü

İstanbul ilinde bulunan ilçelerin alanları Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. İstanbul'un ilçelerinin alanları.

İLÇE ADI	ALAN (m ²)	İLÇE ADI	ALAN (m ²)	İLÇE ADI	ALAN (m ²)
Arnavutköy	452819355	Çatalca	1143113069	Pendik	190844711
Ataşehir	25944348	Çekmeköy	152445141	Sancaktepe	62770335
Avcılar	50518630	Esenler	18451284	Sarıyer	178067492
Bağcılar	22340841	Esenyurt	42946504	Silivri	859702133
Bahçelievler	16716935	Eyüpsultan	227412976	Sultanbeyli	28976467
Bakırköy	29155362	Fatih	15327905	Sultangazi	37046477
Başakşehir	107023709	Gaziosmanpaşa	11691842	Şile	798729017
Bayrampaşa	9538971	Güngören	7130005	Şişli	10704995
Beşiktaş	18100159	Kadıköy	25173767	Tuzla	137766036
Beykoz	309823740	Kağıthane	14773396	Ümraniye	45404354
Beylikdüzü	38794087	Kartal	37960892	Üsküdar	34656970
Beyoğlu	8991916	Küçükçekmece	44105372	Zeytinburnu	11691509
Büyükçekmece	173318561	Maltepe	52844753		

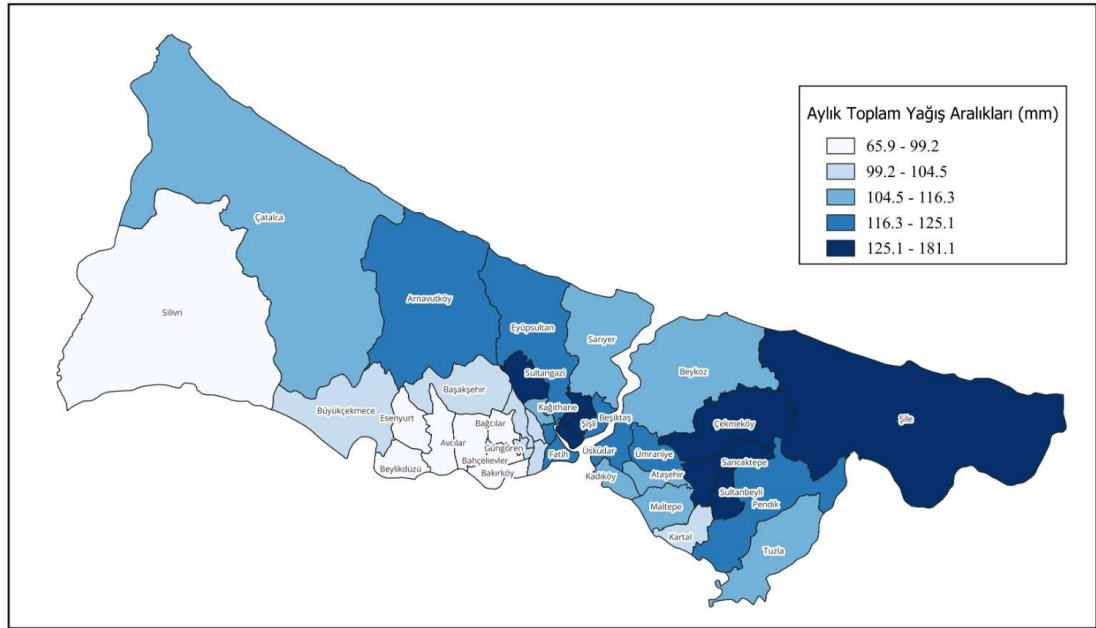
İstanbul ili ilçelerinin 2018 – 2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış değerlerinin %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına göre değişimleri ve ilçe değerlerinin ortalamaları aşağıdaki Çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.4. Çalışmadaki ilçelerin 2018-2022 yılları arasındaki %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılıklarına sahip aylık toplam yağış ve ortalama değerleri.

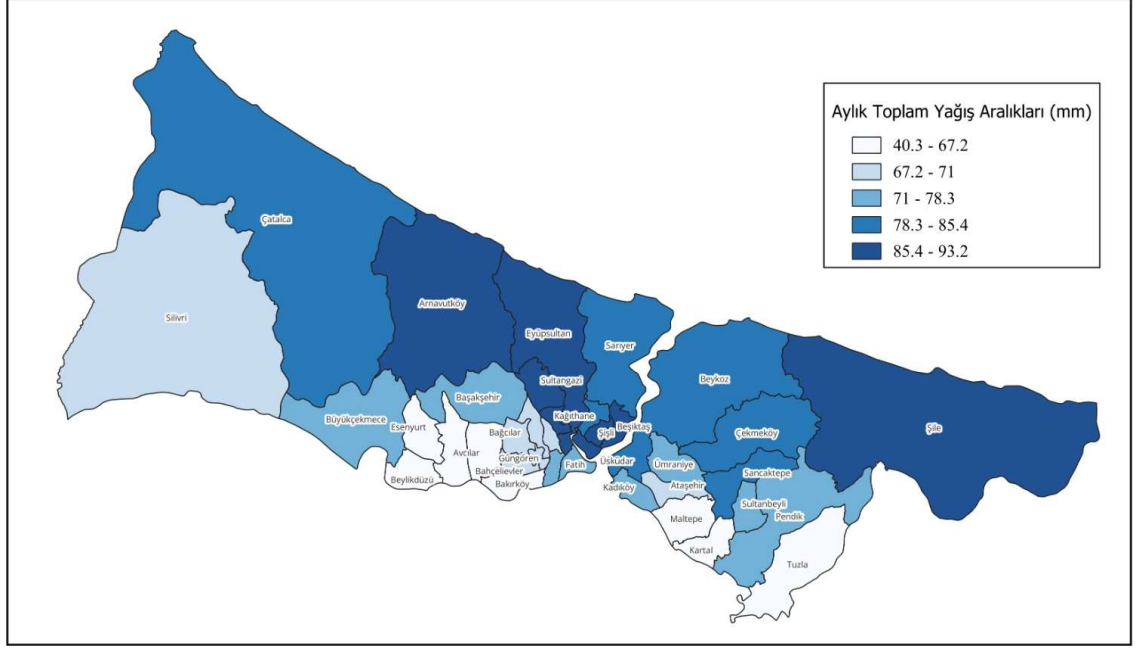
İSTASYON ADI	%10 AŞILMA OLASILIĞI	%30 AŞILMA OLASILIĞI	%40 AŞILMA OLASILIĞI	%50 AŞILMA OLASILIĞI	%90 AŞILMA OLASILIĞI	ORTALAMA
Arnavutköy	120,81	86,7	74,19	65,17	26,93	71,73
Ataşehir	105,41	69,89	61,04	47,2	15,93	56,79
Avcılar	90,24	65,72	49,34	42	9,88	47,2
Bağcılar	97,54	70,75	56,39	41,22	9,42	48,52
Bahçelievler	87,08	69,73	59,53	41,14	9,28	48,09
Bakırköy	87,87	65,5	56,9	42,15	9,15	47,67
Başakşehir	103,09	75,66	64,62	57,99	14,63	59,29
Bayrampaşa	102,6	70,6	57	40,7	9,2	48,66
Beşiktaş	119,18	85,57	67,18	51,95	22,72	66,72
Beykoz	106,63	81,13	70,04	59,58	31,77	66,04
Beylikdüzü	65,9	40,34	35,52	25,25	2,74	30,81
Beyoğlu	128,4	85,99	65,84	53,52	18,16	62,58
Büyükçekmece	102,8	72,14	55,75	49,7	6,66	52,64
Çatalca	110,01	79,37	68,21	57,28	19,08	62,14
Çekmeköy	146,29	81,08	67,31	57,13	14,12	67,16
Esenler	102,14	70,19	59,94	41,43	9,85	50,29
Esenyurt	90,11	62,24	54,26	40,37	7,77	48
Eyüpsultan	119,43	89,78	69,95	61,11	18,74	67,39

Fatih	124,38	78,2	63	50,8	14,8	58,54
Gaziosmanpaşa	116,26	86,53	70,39	54,96	17,89	64
Güngören	102,6	70,6	57	40,7	9,2	48,66
Kadıköy	107,17	72,02	59,91	42,45	15,16	53,09
Kağıthane	131,79	85,05	69,77	50,57	22,6	65,62
Kartal	101,79	58,86	44,62	37,02	7,93	47,27
Küçükçekmece	92,35	65,44	46,58	41,56	10,04	47,19
Maltepe	104,9	66,99	55,13	42,09	13,68	51,47
Pendik	122,88	72,88	66,16	56,46	10,44	62,47
Sancaktepe	126,99	81,91	62,27	52,11	10,18	60,42
Sarıyer	112,32	84,84	59,91	52,51	21,39	62,83
Silivri	93,35	67,45	56,74	44,46	11,25	50,3
Sultanbeyli	128,05	74,02	55,54	49,44	10,24	58,08
Sultangazi	125,5	88,3	67,5	55,3	17,3	66,09
Şile	181,06	93,17	76,9	67,83	19,94	81,37
Şişli	135,24	85,7	65,43	49,42	21,38	64,7
Tuzla	112,85	64,22	52,17	46,06	11,43	51,49
Ümraniye	116,37	71,51	56,47	47,96	16,88	60,06
Üsküdar	123,22	78,88	62,05	49,17	18,85	59,86
Zeytinburnu	102,18	71,02	57,47	41,07	9,5	49,21
ORTALAMA	111,76	74,74	60,47	48,6	14,37	

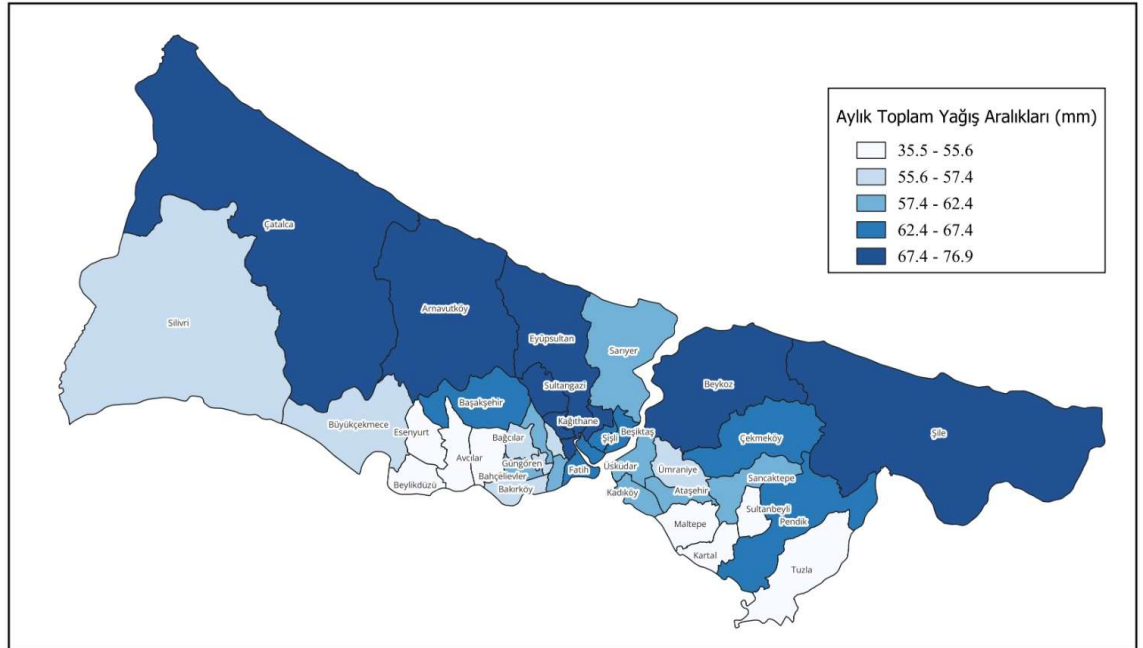
İstanbul ilinin aylık toplam yağış değerleri ilçelere göre harita üzerinde gösterilmiştir.



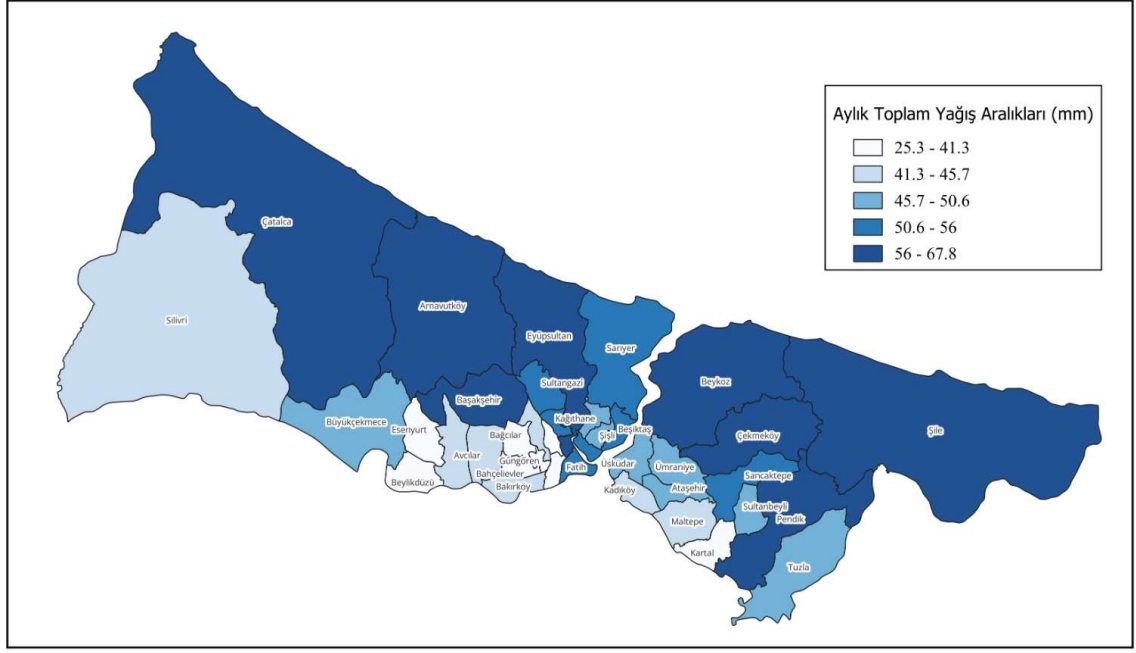
Şekil 4.6. %10 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.



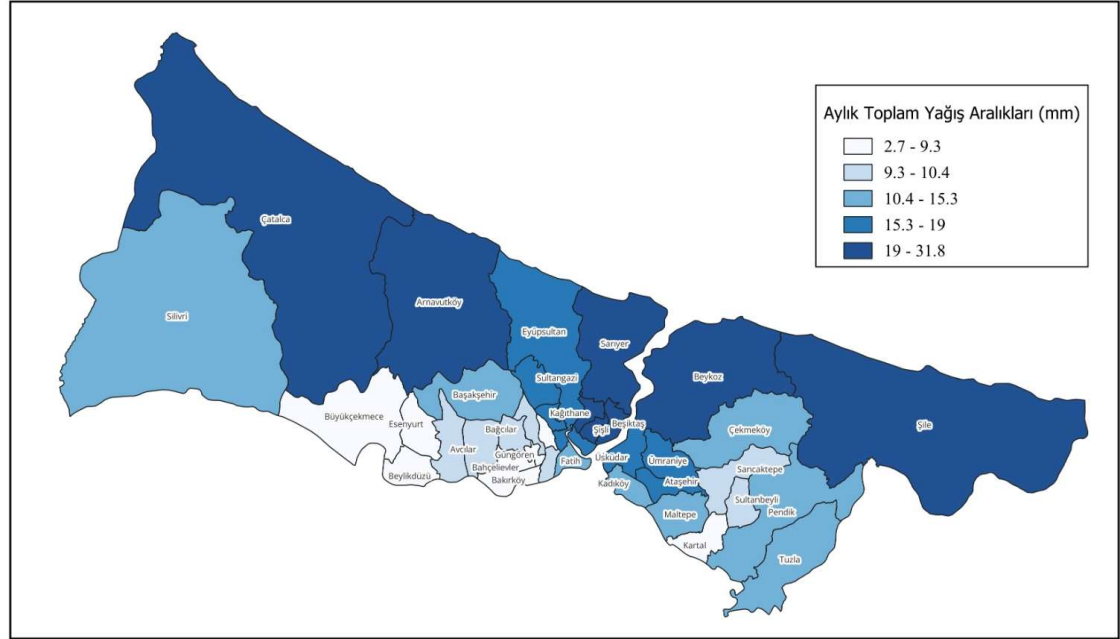
Şekil 4.7. %30 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.



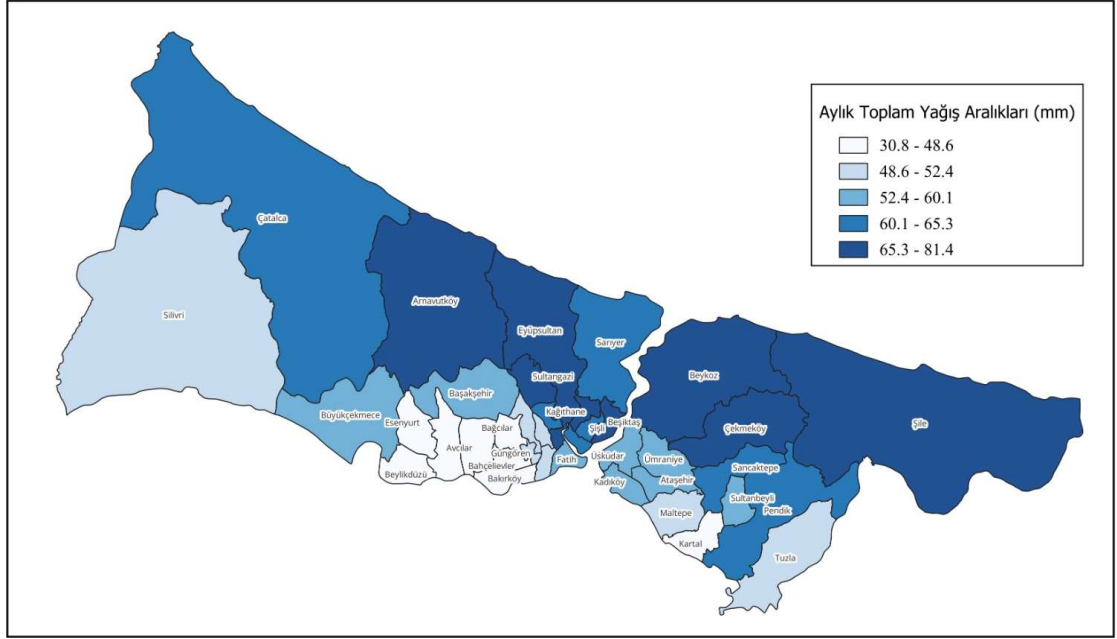
Şekil 4.8. %40 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.



Şekil 4.9. %50 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.



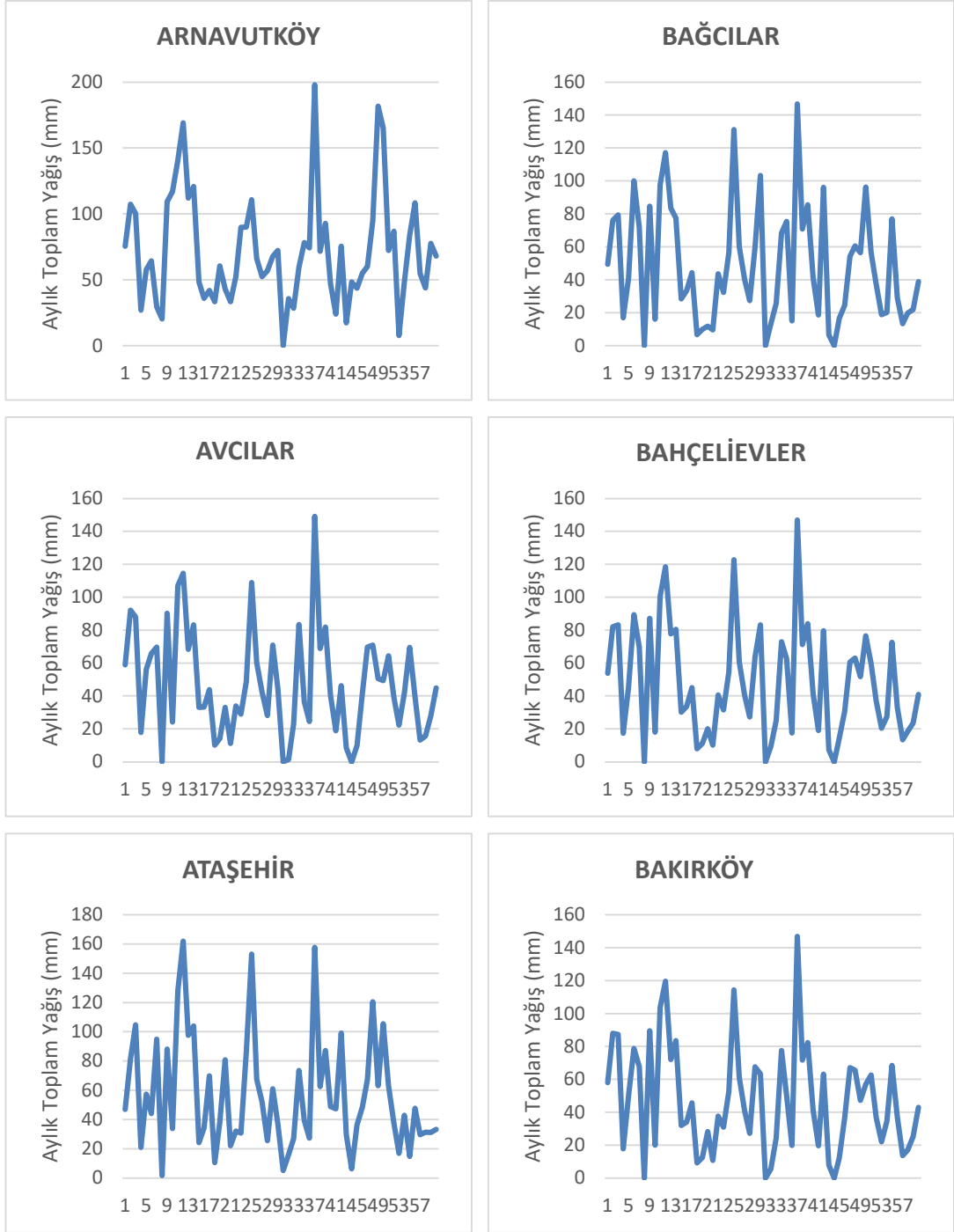
Şekil 4.10. %90 aşılma olasılığı aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.



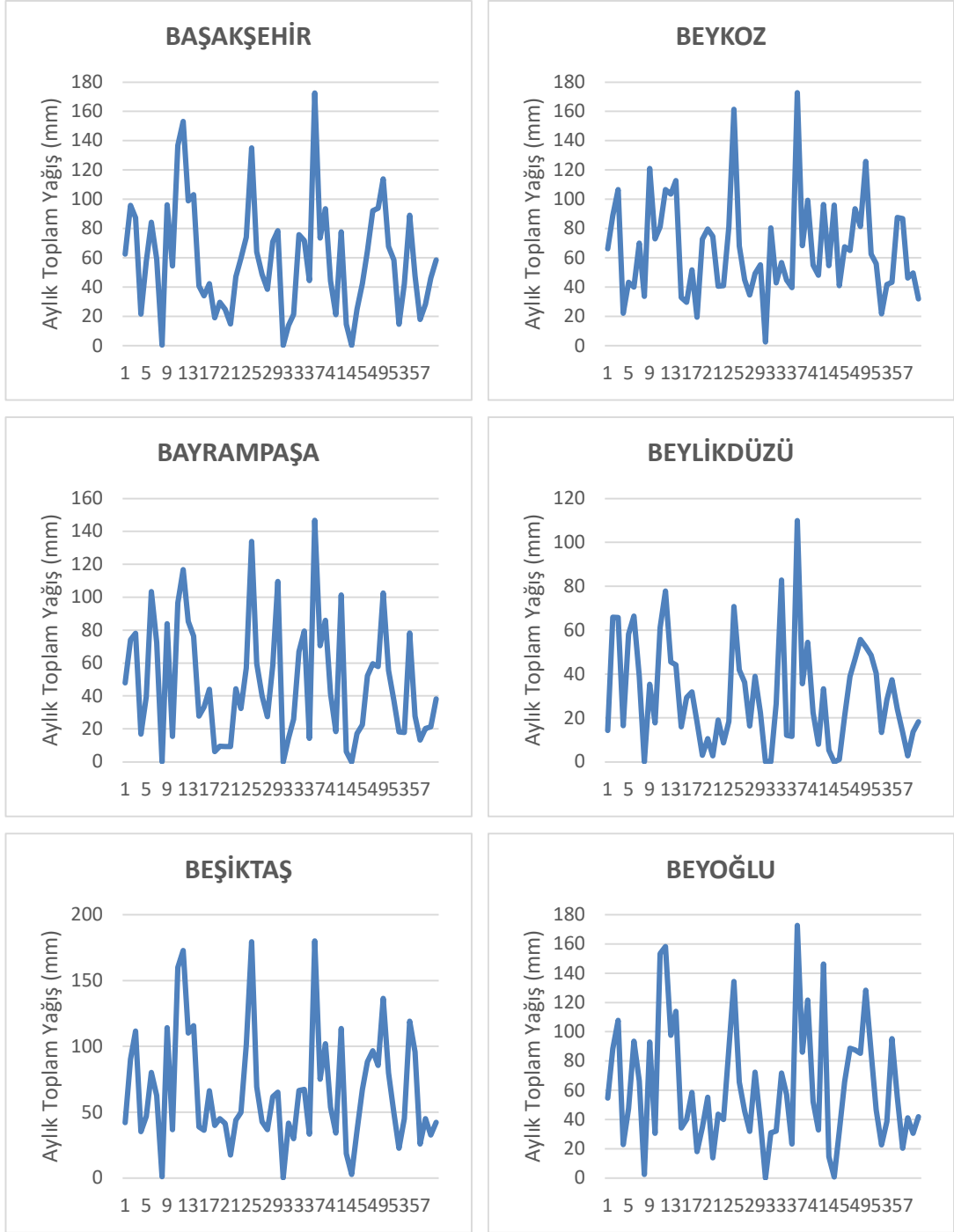
Şekil 4.11. Ortalama değerleri aylık toplam yağış süreklilik değerlerinin ilçelere göre haritası.

4.4.1. Aylık Toplam Yağışların Yağış Gidiş Çizgileri

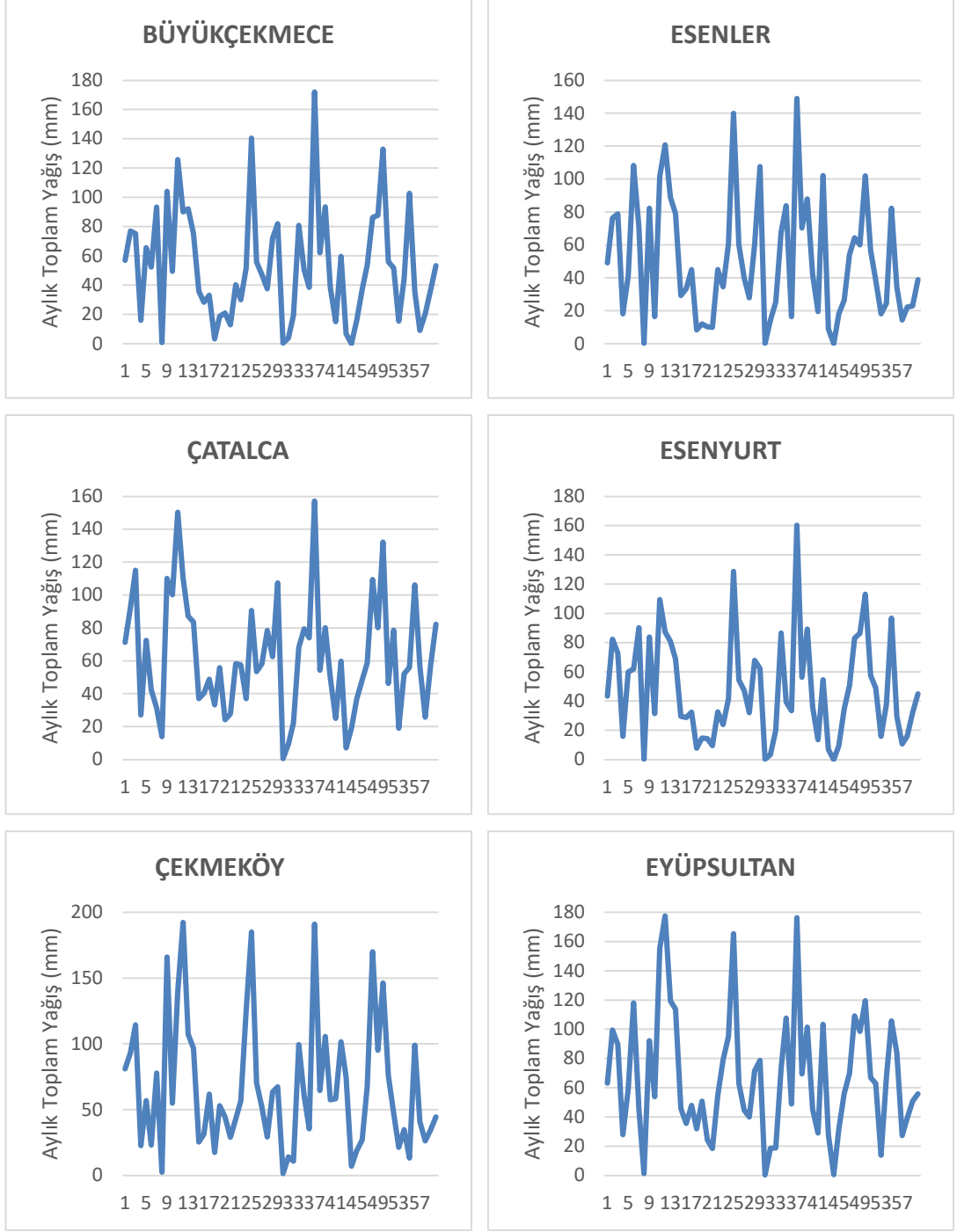
İstanbul ili ilçelerine ait 2018 Ocak- 2022 Aralık ayları arasındaki aylık toplam yağış verilerinin yağış gidiş çizgisi aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.



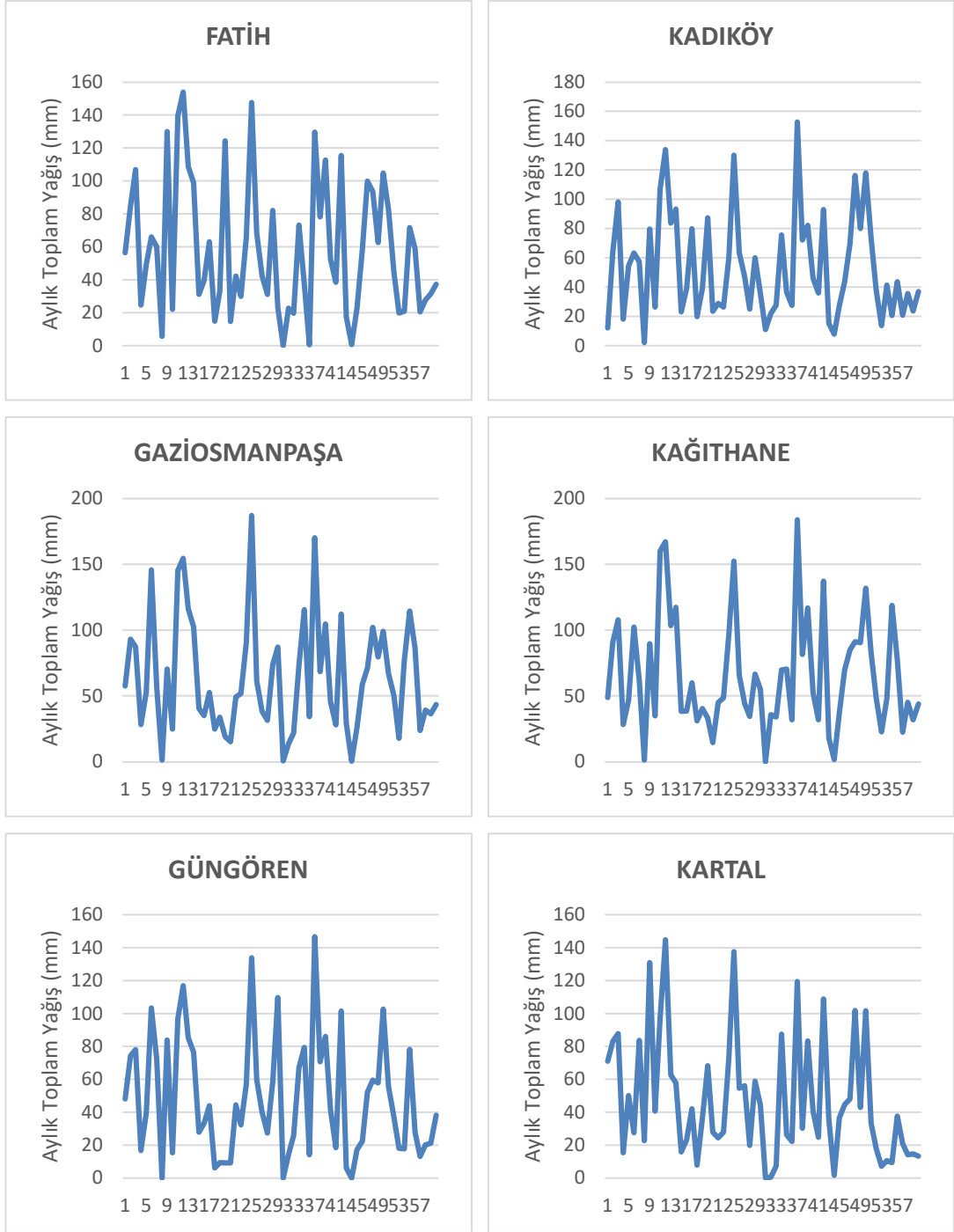
Şekil 4.12. İstanbul ili ilçelerine ait 2018-2022 yılları arasındaki yağış gidiş çizgileri.



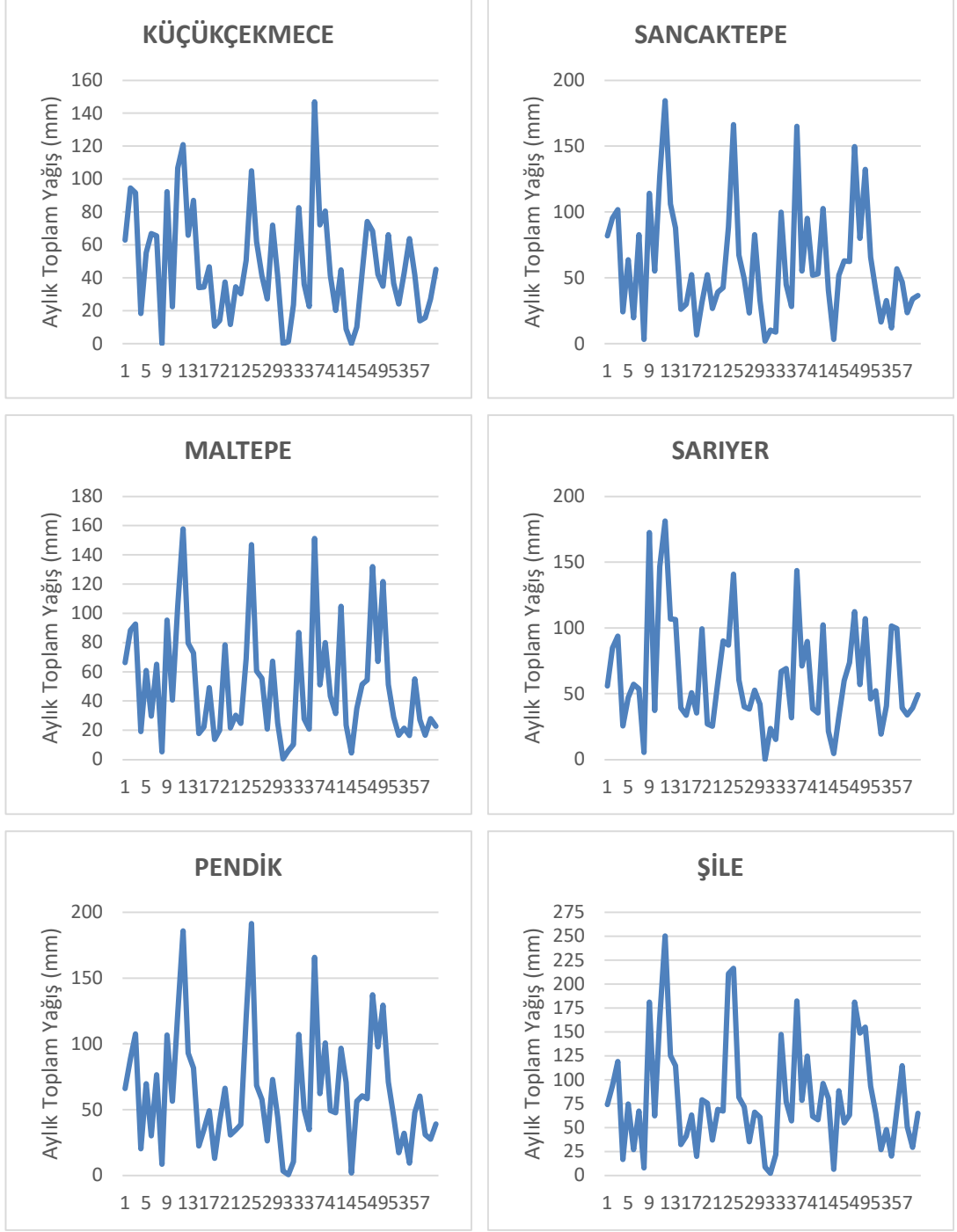
Şekil 4.12. (Devam ediyor).



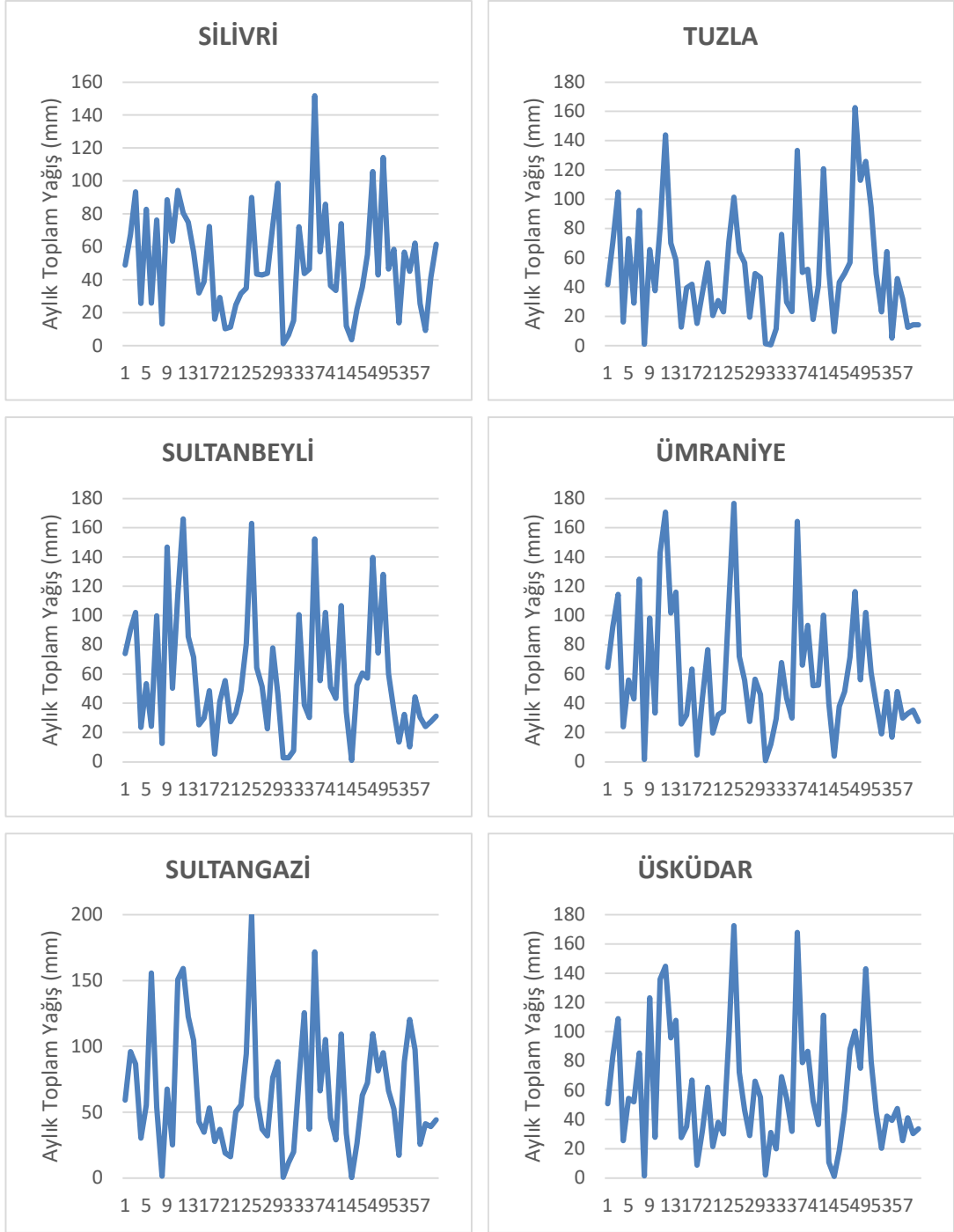
Şekil 4.12. (Devam ediyor).



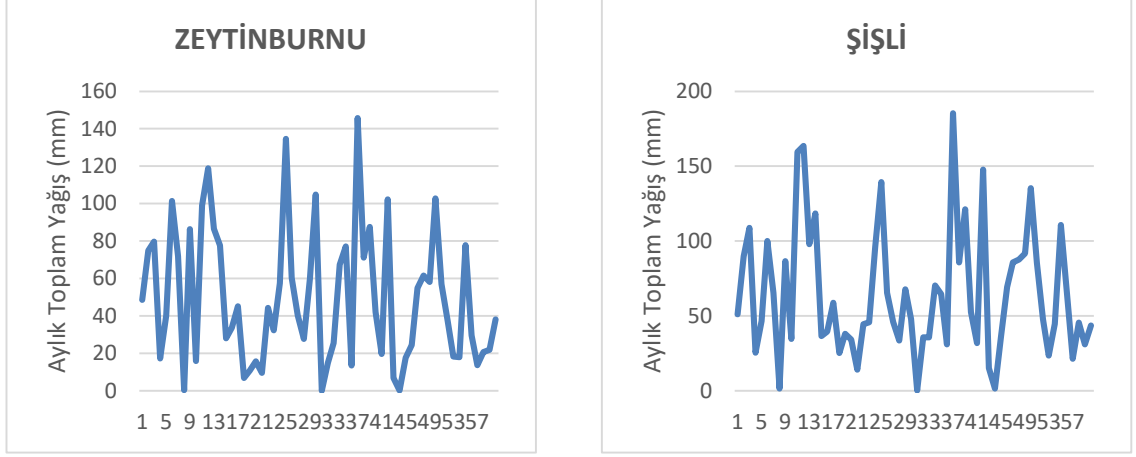
Şekil 4.12. (Devam ediyor).



Şekil 4.12. (Devam ediyor).



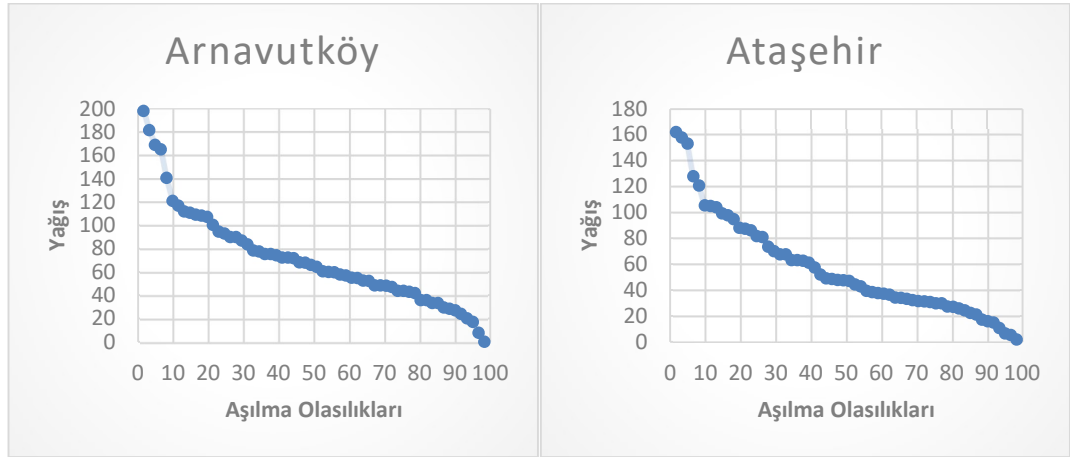
Şekil 4.12. (Devam ediyor).



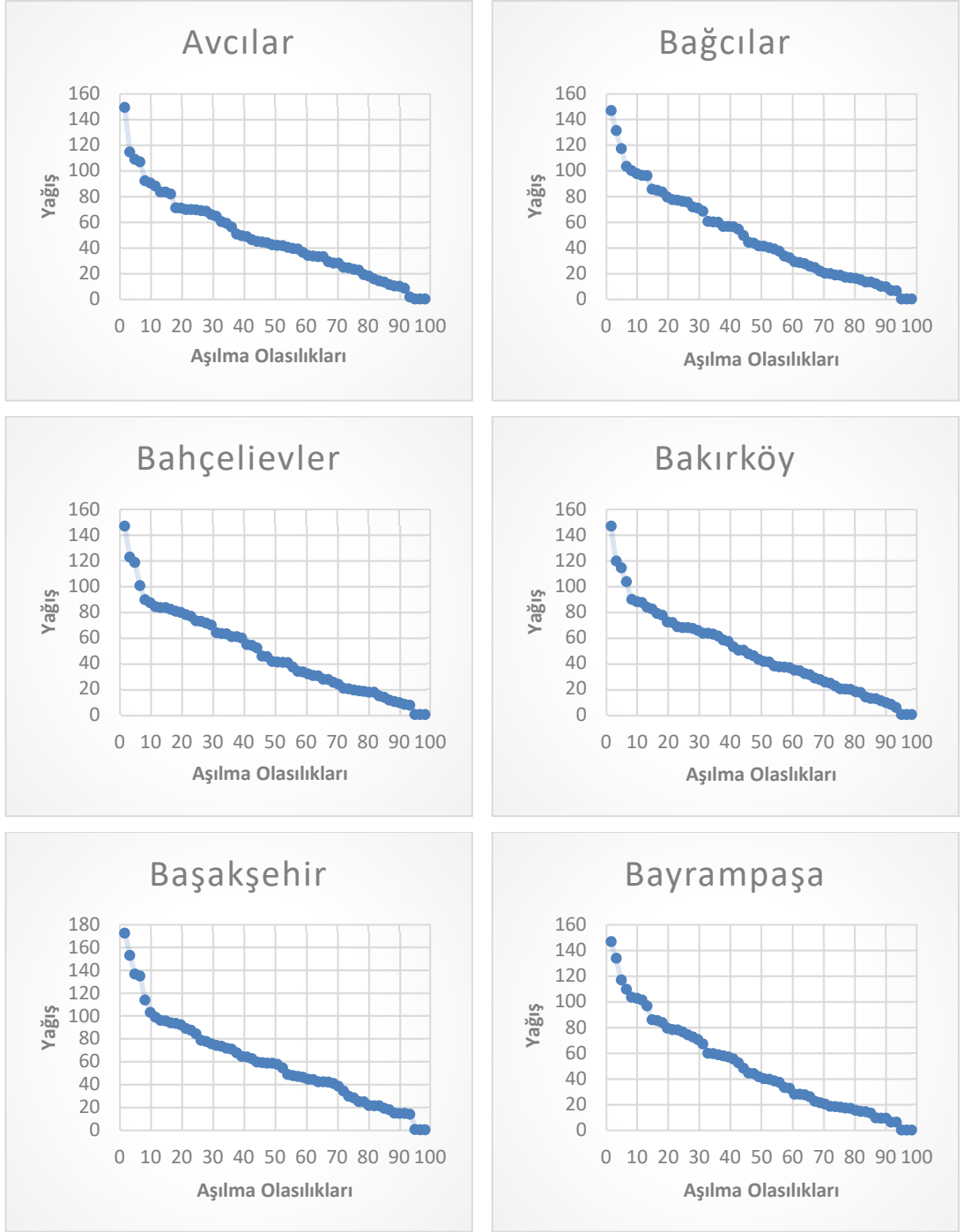
Şekil 4.12. (Devam ediyor).

4.4.2. Aylık Toplam Yağışların Süreklilik Eğrisi

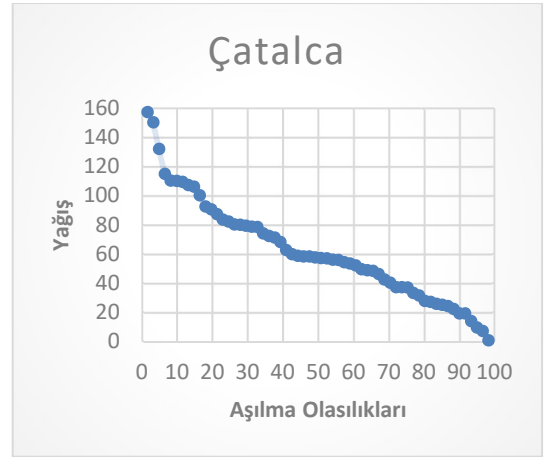
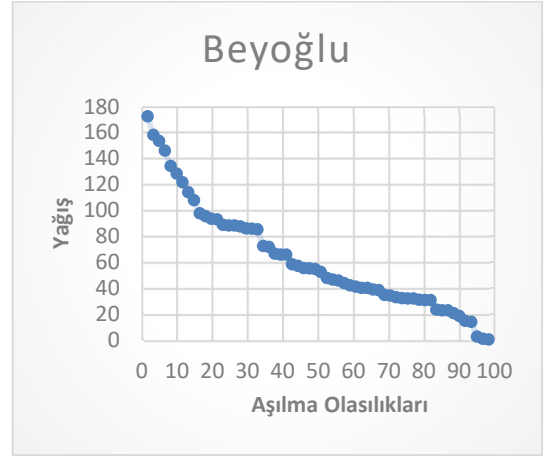
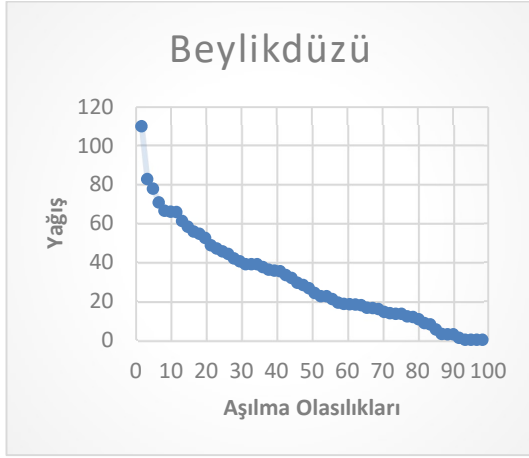
İstanbul ili ilçelerine ait 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış verileri ile elde edilmiş olan aşılma olasılıklarına göre yağış değerlerinin değişimi aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.



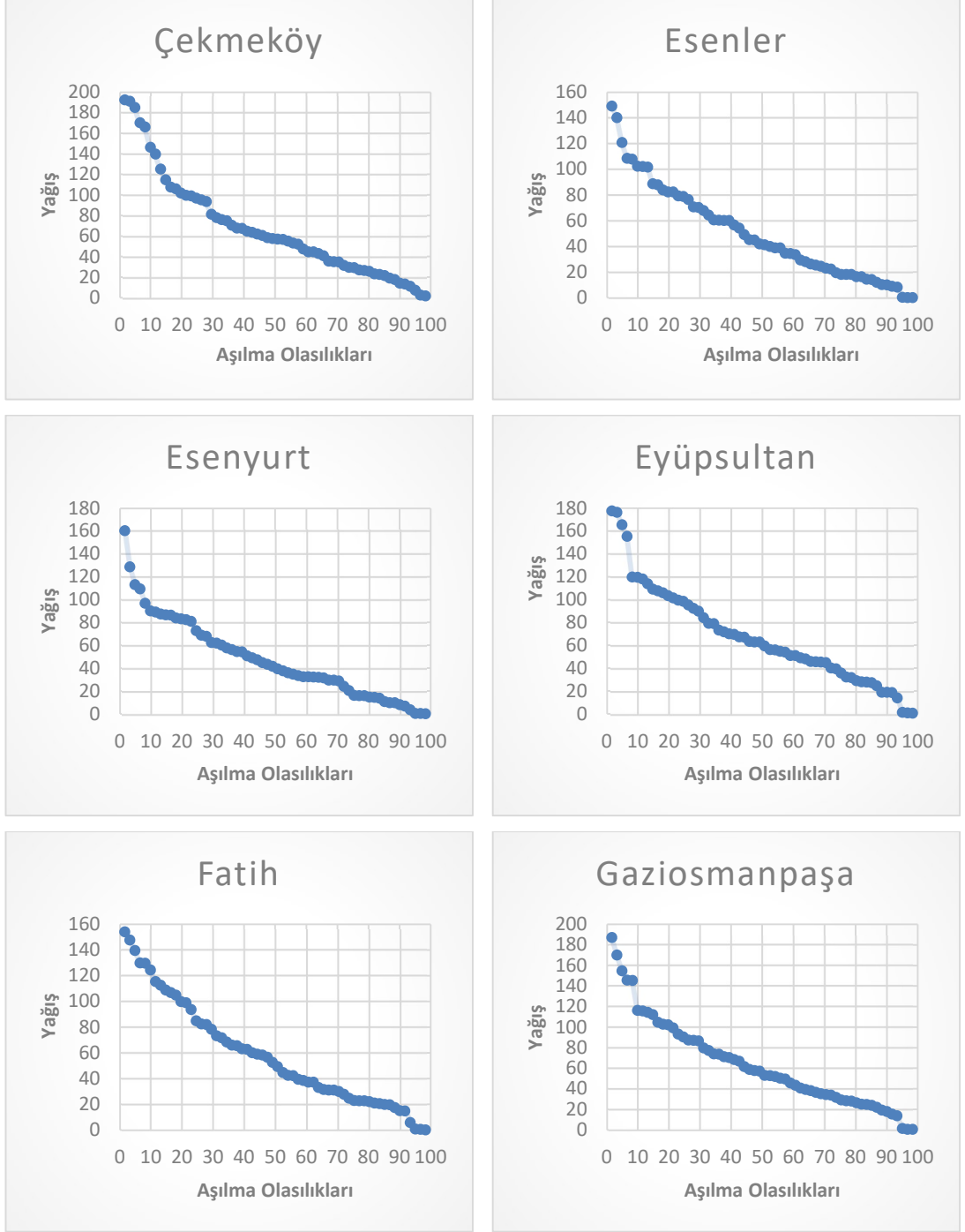
Şekil 4.13. İstanbul ili ilçelerine ait 2018-2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış süreklilik eğrileri.



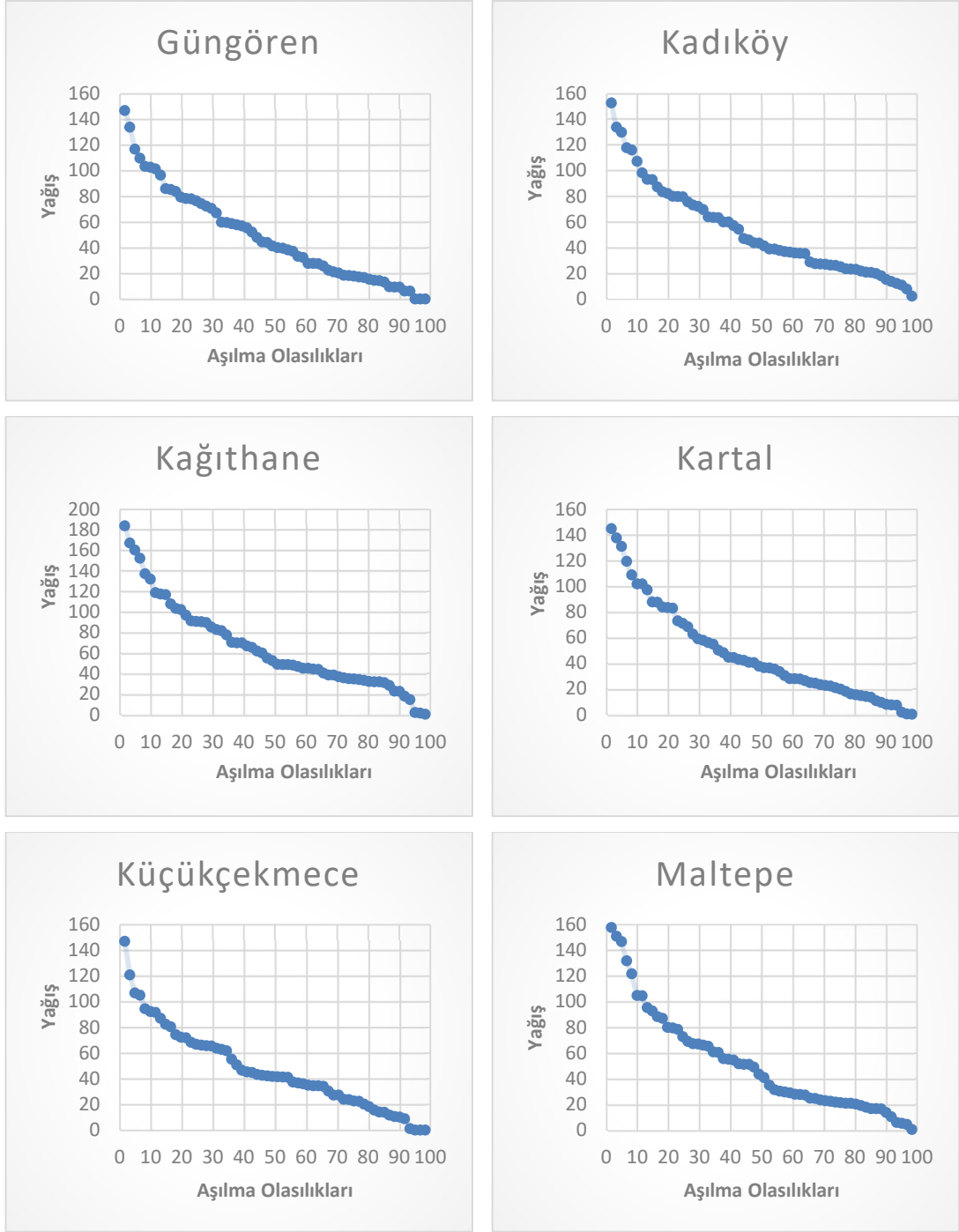
Şekil 4.13. (Devam ediyor).



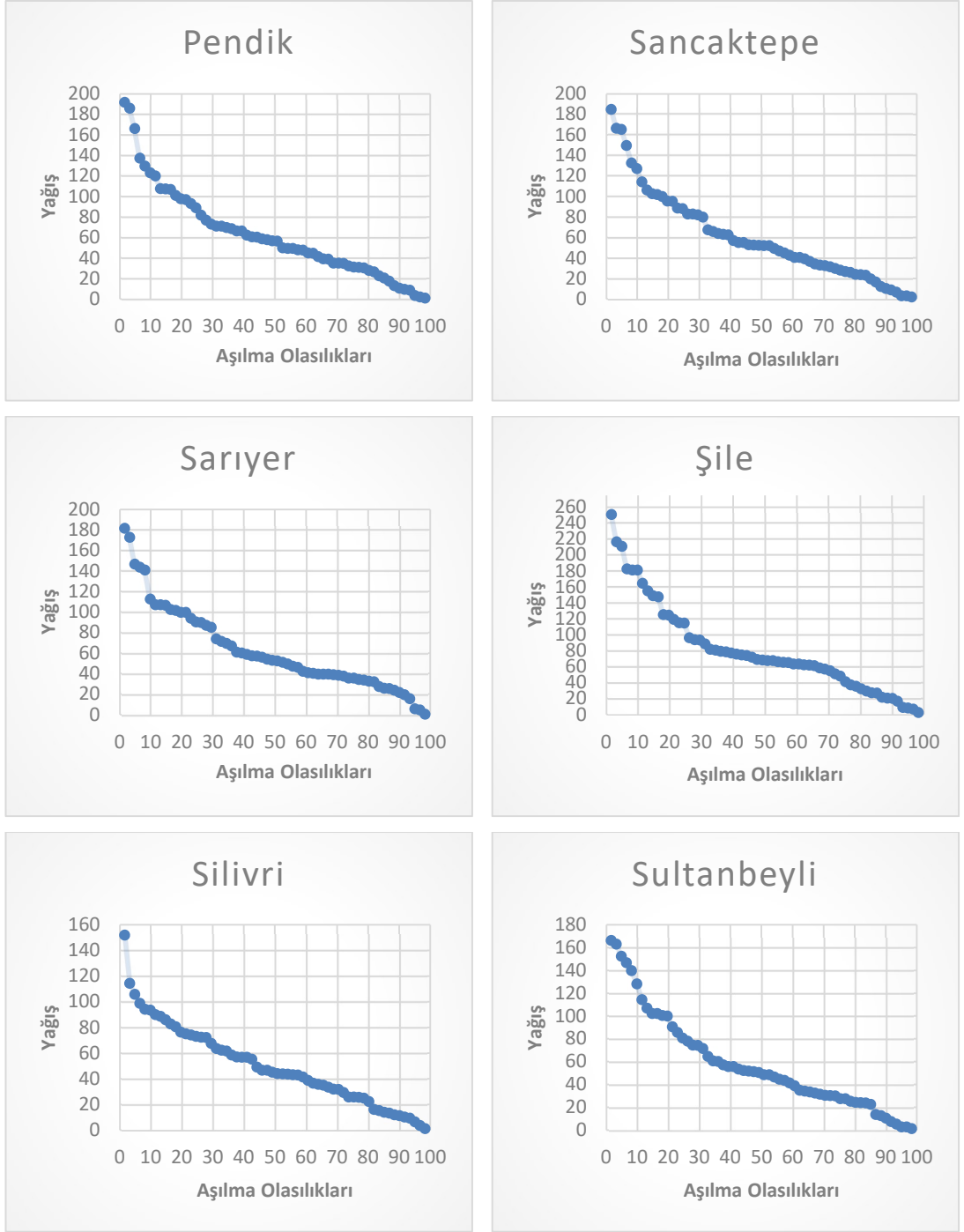
Şekil 4.13. (Devam ediyor).



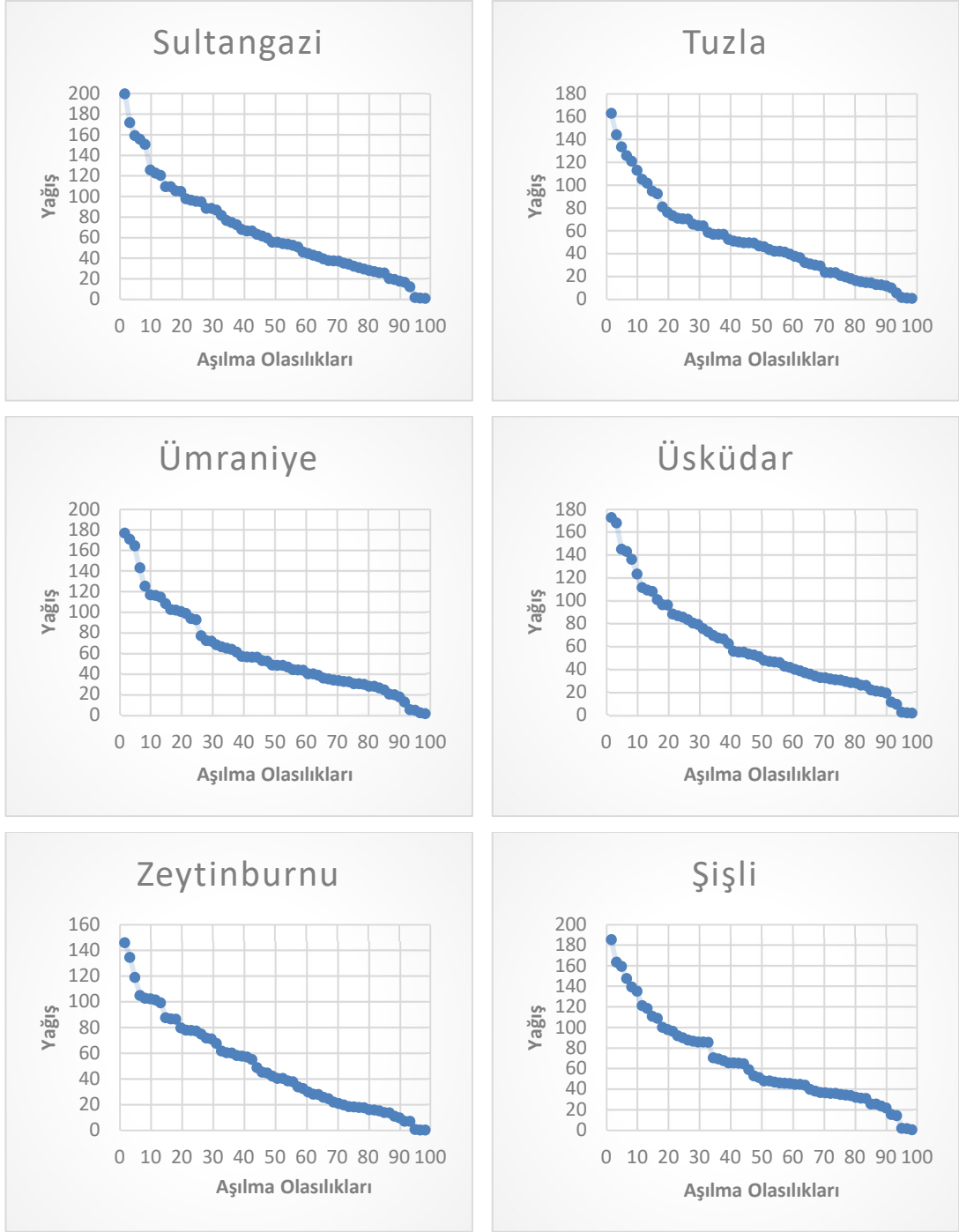
Şekil 4.13. (Devam ediyor).



Şekil 4.13. (Devam ediyor).



Şekil 4.13. (Devam ediyor).



Şekil 4.13. (Devam ediyor).

İstanbul ili ilçelerindeki %10, 30, 40, 50, 90 aşılma olasılıklarının en düşük ve en yüksek değerleri görülen ilçeler aşağıdaki Çizelgede verilmiştir. %10, 30, 40, 50, 90 aşılma olasılıklarına karşılık gelen verilerin ortalama değerleri de Çizelgede bulunmaktadır.

Çizelge 4.5. İstanbul ili ilçelerindeki %10, 30, 40, 50, 90 aşılma olasılıklarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.

	İlçe İsimleri	Yüksek Değerler	İlçe İsimleri	Düşük Değerler	Ortalama Değerler
%10 AŞILMA OLASILIĞI	Şile	181,06	Beylikdüzü	65,90	111,76
	Çekmeköy	146,29	Bahçelievler	87,08	
	Şişli	135,24	Bakırköy	87,87	
%30 AŞILMA OLASILIĞI	Şile	93,17	Beylikdüzü	40,34	74,74
	Eyüpsultan	89,78	Kartal	58,86	
	Sultangazi	88,3	Esenyurt	62,24	
%40 AŞILMA OLASILIĞI	Şile	76,90	Beylikdüzü	35,52	60,47
	Arnavutköy	74,19	Kartal	44,62	
	Gaziosmanpaşa	70,39	Küçükçekmece	46,58	
%50 AŞILMA OLASILIĞI	Şile	67,83	Beylikdüzü	25,25	48,60
	Arnavutköy	65,17	Kartal	37,02	
	Eyüpsultan	61,11	Esenyurt	40,37	
%90 AŞILMA OLASILIĞI	Beykoz	31,77	Beylikdüzü	2,74	14,37
	Arnavutköy	26,93	Büyükçekmece	6,66	
	Beşiktaş	22,72	Esenyurt	7,77	

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul ili ve çevresindeki meteoroloji gözlem istasyonları çalışma sahasında aynı sıklıkla dağılmamıştır. Ele alınan istasyonlardan Silivri istasyonu 502 km² değeriyle ilin ortalama hesaplarında en yüksek değere, Darıca istasyonu ise 0,13 km² ile en az etkiye sahiptir. Çalışma bölgesindeki 5 istasyonun ifade ettiği alanın 300 km²'den büyük olduğu gözlenmiştir.

2018-2022 yılları arasındaki İstanbul ili ortalama aylık toplam yağış değerlerinin %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılığına sahip olan verileri; 125,47 mm, 54,22 mm, 79,21 mm, 65,38 mm ve 11,77 mm olarak hesaplanmıştır. Ayrı ayrı istasyonlara göre aşılma olasılıkları ele alınırsa, %10 aşılma olasılığında en yüksek değer 207 mm ile Şile Darlık istasyonunda, en düşük değer 65,8 mm ile Beylikdüzü istasyonunda olduğu gözlenmiştir. %30 aşılma olasılığında en yüksek değer 111,9 mm ile Beykoz istasyonunda, en düşük değer 40,3 mm ile Beylikdüzü istasyonunda olduğu gözlenmiştir. %40 aşılma olasılığında en yüksek değer 87,8 mm ile Şile Darlık istasyonunda, en düşük değer 35,4 mm ile Beylikdüzü istasyonunda olduğu gözlenmiştir. %50 aşılma olasılığında en yüksek değer 77,6 mm ile Şile Darlık istasyonunda, en düşük değer 24 mm ile Beylikdüzü istasyonunda olduğu gözlenmiştir. %90 aşılma olasılığında en yüksek değer 26,5 mm ile Beykoz istasyonunda, en düşük değer 0 mm ile Sarıyer Kumköy istasyonunda olduğu gözlenmiştir.

Günlük toplam değerleri ile de çalışma yapılmış ancak yağışlı gün sayısının bazı aylarda az olması sebebiyle hem süreklilik değerleri düzgün çıkmamış hem de yağmur suyu hasadı gibi işlemlerde, aylık toplanan miktarın depolanmasının planlanması daha doğru olduğundan, günlük değerlerle değil aylıklarla analizler yapılmıştır.

2018-2022 yılları arasındaki İstanbul ili ilçelerinin ortalama aylık toplam yağış değerlerinin %10, %30, %40, %50 ve %90 aşılma olasılığındaki yağış süreklilik değerleri elde edilen 60 değere göre belirlenmiştir.

Ayrı ayrı ilçelere göre aşılma olasılıkları ele alınırsa, %10 aşılma olasılığında en yüksek değerlerin sırasıyla Şile, Çekmeköy ve Şişli ilçelerinde en düşük değerlerin sırasıyla Beylikdüzü, Bahçelievler ve Bakırköy ilçelerinde olduğu gözlenmiştir. %30 aşılma olasılığında en yüksek değerlerin sırasıyla Şile, Eyüpsultan, Sultangazi ilçelerinde ve en düşük değerlerin sırasıyla Beylikdüzü, Kartal, Esenyurt ilçelerinde olduğu gözlenmiştir. %40 aşılma olasılığında en yüksek değerlerin sırasıyla Şile, Arnavutköy, Gaziosmanpaşa ilçelerinde ve en düşük değerlerin sırasıyla Beylikdüzü, Kartal ve Küçükçekmece ilçelerinde olduğu gözlenmiştir. %50 aşılma olasılığında en yüksek değerlerin sırasıyla Şile, Arnavutköy, Eyüpsultan ilçelerinde ve en düşük değerlerin sırasıyla Beylikdüzü, Kartal ve Esenyurt ilçelerinde olduğu gözlenmiştir. %90 aşılma olasılığında en yüksek değerlerin sırasıyla Beykoz, Arnavutköy, Beşiktaş ilçelerinde ve en düşük değerlerin sırasıyla Beylikdüzü, Büyükçekmece ve Esenyurt ilçelerinde olduğu gözlenmiştir.

En yüksek değerlerin gözlendiği ilçelerde, %10 aşılma olasılığındaki yağış değerlerinin taşkın gibi olumsuz durumlara sebep olabileceği dikkate alınarak su yönetimi çalışmaları yürütülebilir. %30, 40 ve 50 aşılma olasılıklarındaki yağış süreklilik değerlerinin yağmur suyu hasadı hesaplamalarında kullanılabileceği düşünülmektedir. %90 aşılma olasılığındaki yağış süreklilik değerinin ise güvenilir yağmur suyu hasadı çalışmaları için uygun olduğu, ve İstanbul'da Beykoz, Arnavutköy, Beşiktaş gibi daha yüksek değerlere sahip ilçelerin ilk planlama alanları olarak belirlenmesinin daha uygun olacağı görülmektedir. Yağmur suyu hasadı işletme çalışmalarının, ortalama değerine ek olarak, %90 güvenilir yağmur değeri ve diğer olasılıklarla da ele alınabileceği önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. UYSAL, Y., “İklim Değişikliği ve Küresel Isınma ile Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Tespitler ve Öneriler”, *Kesit Akademi*, (2022).
2. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, “Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları 2020”, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-SistemiSonuclari-2020-37210> (Erişim Tarihi: 15.01.2024).
3. Çobanyılmaz, P., & Duman Yüksel, Ü., “Kentlerin İklim Değişikliğinden Zarar Görebilirliğinin Belirlenmesi: Ankara Örneği”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 39-50 (2014).
4. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “İklim değişikliği ve mevcut durum”, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>, (2023).
5. Yönten, A., “Küresel Isınmanın Azaltılması Politikaları ve Stratejileri-Türkiye için bir Yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir, (2007).
6. Abdulmawjood, A.A.A., “Al-Adim Havzası Hidrolojik Modelinin Kurulması Ve Al-Adim Baraj Rezervuarının İşletme Çalışması”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, (2019).
7. Önal, S., “Yapay Sınır Ağları Metodu İle Kızılırmak Nehri'nin Akım Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (2009).
8. Bayazıt, M., “Hidroloji.”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (2003).

9. Bayazıt, M., “Hidroloji.”, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, (1999).
10. Balcı, İ.B., “Antalya Bölgesindeki Yağışların Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (2020).
11. İlker, A., “Akdeniz Bölgesinde Yağışın Alansal Dağılımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (2012).
12. Şen, Z., “Su Bilimi Yöntemleri”, *Su Vakfı Yayınları*, Özener Matbaacılık, İstanbul, (2003).
13. Okman, C., “Hidroloji”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Ankara, (1994).
14. Külekçioğlu, T., “İstasyon bazlı günlük maksimum yağışlar ile büyük ölçekli atmosferik parametreler arasındaki ilişkilerin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2022).
15. Şen, Z., “Su Bilimi Temel Konuları”, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul, (2002).
16. Sarıcan, Y., “Taşkın Tehlikesinin Belirlenmesi Amacı İle Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2013).
17. Türksoy, M., “Kar Gözlemleri El Kitabı”, *EİE Yayını*, 82-7, Ankara, (1981).
18. Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L.W., Applied Hydrology, *McGraw- Hill Book Company*, New York, (1988).
19. TC. Milli Eğitim Bakanlığı & WWF Türkiye, “Su Döngüsünü İyileştirmek İçin: Yağmur Suyu Hasadı”, WWF Türkiye, (2020).

20. Ferguson, B., "Introduction to stormwater", *John Wiley & Sons*, New York, (1998).
21. Gleick, P., "The world's water", *Island Press*, Washington DC, (1998).
22. Selimoğlu, P., & Yamaçlı, R., "Sürdürülebilirlik Sürecinde Yağmur Suyu Hasadı: Sinop Üniversitesi Kuzey Yerleşkesi Örneği.", *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(4), (2023).
23. İncebel, C., "Alternatif Su Kaynaklarının Endüstriyel Kullanıma Kazandırılması İçin Çatı Yağmur Suyu Hasadı (Ostim Örneği)", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2012).
24. Makkonen, L., Pajari, M., Tikanmäki, M., "Discussion on Plotting positions for fitting distributions and extreme value analysis", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40: 927–929 (2013).
25. Vogel, R.M., Fennesey, N., "Flow duration curves 2: A review of applications in water resources planning", *Water Resources Bulletin*, 31(6), (1995).
26. Ağırlioğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, G., Aksoy, H., Toprak F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., Beşiktaş, M. ve Ülken, İ., "Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi.", *Tübitak Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı*, İstanbul, (2009).
27. Stedinger, J.R., Vogel, R.M. and Foufoula-Georgia, E., "Frequency Analysis of Extreme Events", Chapter 18. In Maidment, D.R., Ed., *Handbook of Hydrology*, McGraw Hill, New York, 18.1-18.66, (1993).
28. O. S. University, "Analysis Techniques: Flow Duration Analysis. Streamflow Evaluations for Watershed Restoration Planning and Design", *Oregon State University (OSU)*, (2014).

29. İBB Coğrafi Konum ve Stratejik Önem, “Stratejik Plan”, **İ.B.B.**, İstanbul, (2015-2019).

30. İnternet: <http://www.istanbul.gov.tr/asya-ve-avrupayi-birlestiren-sehir-istanbul>

ÖZGEÇMİŞ

Fatma AĞIRMAN 2016 yılında Çankırı Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2016 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne başlayıp, 2020 yılında mezun oldu. 2021 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.