

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MARMARA BÖLGESİNDEKİ İZLEME İSTASYONLARI  
ÇEVRESİNE İLİŞKİN HAVA KALİTESİNİN İSTATİSTİKSEL  
METODLARLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

**SELİN YAMAN VARHAN**

**KOCAELİ 2018**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA BÖLGESİNDEKİ İZLEME İSTASYONLARI  
ÇEVRESİNE İLİŞKİN HAVA KALİTESİNİN İSTATİSTİKSEL  
METODLARLA DEĞERLENDİRİLMESİ

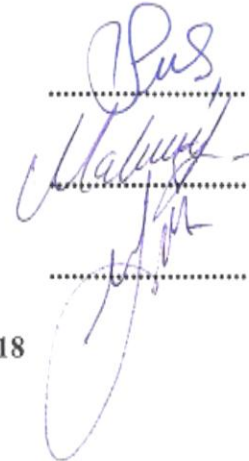
SELİN YAMAN VARHAN

Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK  
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT  
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Mihriban CİVAN  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 27.07.2018



Handwritten signatures of the jury members and supervisor, including the name 'Selin Yaman Varhan'.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında; Türkiye'nin sanayi bakımından en gelişmiş bölgesi olan Marmara Bölgesinin hava kalitesi, partikül madde (PM<sub>10</sub>) ve kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) kirleticileri bakımından Principal Component Analysis (PCA) ve Fuzzy C-Means (FCM) analiz yöntemleri kullanılarak incelenmek istenmiştir.

Tez konunun belirlenmesinde ve çalışmamın her aşamasında bilgisini, tecrübesini ve değerli zamanını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi saygıdeğer hocam Doç.Dr.Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca üniversite hayatım boyunca bana kazandırdıkları her şey için diğer Kocaeli Üniversitesi Öğretim Üyesi saygıdeğer hocalarıma da teker teker teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak bu çalışmada yardımlarından dolayı sınıf arkadaşım, meslektaşım ve dostum Güney CAN'a, benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen biricik eşim Nuri VARHAN'a ve her zaman yanımda olan sevgili annem Muteber YAMAN ve sevgili babam Mustafa YAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2018

Selin YAMAN VARHAN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	4
1.1. Hava Kirliliği .....	4
1.1.1. Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> ).....	7
1.1.2. Partikül madde (PM) .....	10
1.2. Hava Kalitesi İzleme Ağı .....	17
1.2.1. Marmara Bölgesi hava kalitesi izleme ağı .....	19
1.2.1.1. İstanbul .....	25
1.2.1.2. Kocaeli.....	31
1.2.1.3. Bursa.....	35
1.2.1.4. Yalova.....	37
1.2.1.5. Edirne.....	40
1.2.1.6. Tekirdağ.....	43
1.2.1.7. Kırklareli.....	47
1.2.1.8. Bilecik.....	49
1.2.1.9. Balıkesir .....	51
1.2.1.10. Sakarya .....	54
1.2.1.11. Çanakkale .....	57
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	61
2.1. Araştırma Alanı.....	61
2.2. Araştırma Yöntemi.....	63
2.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA) .....	63
2.2.1.1. SPSS istatistik programı ile Temel Bileşenler Analizi .....	65
2.2.2. Bulanık Kümeleme Analizi (FCM).....	71
3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	76
3.1. Analiz Sonuçları.....	76
3.1.1. PCA .....	76
3.1.2. FCM.....	78
3.2. Marmara Bölgesi'nde SO <sub>2</sub> ve PM <sub>10</sub> Varyasyonları.....	83
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	89
KAYNAKLAR .....	90
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	96
ÖZGEÇMİŞ .....	97

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Çevresel Kuznet Eğrisi .....	6
Şekil 1.2.	Ülkelerin gelişmişliği ile hava kirliliği arasındaki ilişki.....	6
Şekil 1.3.	Cadde kenarında örneklenen PM filtre kağıdına ait SEM görüntüsü .....	11
Şekil 1.4.	Partikül maddelerin boyut karşılaştırması .....	13
Şekil 1.5.	Partikül madde şekil örnekleri .....	14
Şekil 1.6.	Partikül maddelerin boyutuna göre akciğerde birikme yerleri .....	15
Şekil 1.7.	Türkiye Temiz Hava Merkezleri.....	19
Şekil 1.8.	MTHMM görev alanına giren iller .....	20
Şekil 1.9.	MTHMM bağlı hava izleme istasyonları.....	24
Şekil 1.10.	İstanbul İli ve ilçeleri .....	25
Şekil 1.11.	İstanbul’da bulunan hava izleme istasyonları .....	27
Şekil 1.12.	İstanbul-Esenyurt Hava İzleme İstasyonu .....	28
Şekil 1.13.	İstanbul-Üsküdar Hava İzleme İstasyonu .....	28
Şekil 1.14.	İstanbul-Şile Hava İzleme İstasyonu .....	29
Şekil 1.15.	İstanbul-Kağıthane Hava İzleme İstasyonu .....	29
Şekil 1.16.	İstanbul-Ümraniye Hava İzleme İstasyonu.....	29
Şekil 1.17.	İstanbul MTHMM Hava İzleme İstasyonu .....	30
Şekil 1.18.	İstanbul-Şirinevler Hava İzleme İstasyonu.....	30
Şekil 1.19.	İstanbul-Mecidiyeköy Hava İzleme İstasyonu .....	30
Şekil 1.20.	Kocaeli’nde bulunan hava izleme istasyonları .....	33
Şekil 1.21.	İzmit-Doğukışla Hava İzleme İstasyonu.....	34
Şekil 1.22.	Dilovası Hava İzleme İstasyonu .....	34
Şekil 1.23.	Bursa’da bulunan hava izleme istasyonları .....	36
Şekil 1.24.	Bursa Hava İzleme İstasyonu .....	37
Şekil 1.25.	Yalova’da bulunan hava izleme istasyonları .....	39
Şekil 1.26.	Yalova Hava İzleme İstasyonu .....	39
Şekil 1.27.	Edirne’de bulunan hava izleme istasyonları .....	41
Şekil 1.28.	Edirne-Merkez Hava İzleme İstasyonu.....	42
Şekil 1.29.	Edirne-Karaağaç Hava İzleme İstasyonu.....	42
Şekil 1.30.	Edirne-Keşan Hava İzleme İstasyonu .....	43
Şekil 1.31.	Tekirdağ’da bulunan hava izleme istasyonları .....	45
Şekil 1.32.	Tekirdağ İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	46
Şekil 1.33.	Kırklareli’nde bulunan hava izleme istasyonları .....	48
Şekil 1.34.	Kırklareli Hava İzleme İstasyonu .....	49
Şekil 1.35.	Bilecik’te bulunan hava izleme istasyonları .....	50
Şekil 1.36.	Bilecik-Merkez Hava İzleme İstasyonu.....	51
Şekil 1.37.	Balıkesir’de bulunan hava izleme istasyonları .....	53
Şekil 1.38.	Balıkesir Hava İzleme İstasyonu .....	54
Şekil 1.39.	Sakarya’da bulunan hava izleme istasyonları.....	56
Şekil 1.40.	Sakarya Hava İzleme İstasyonu .....	56
Şekil 1.41.	Çanakkale’de bulunan hava izleme istasyonları.....	59

Şekil 1.42.	Çanakkale İlindeki hava izleme istasyonları .....	60
Şekil 2.1.	Çalışma alanı ve bu alandaki izleme istasyonları .....	62
Şekil 2.2.	Faktör Analizinin şekilsel ifadesi .....	64
Şekil 2.3.	SPSS paket programında temel bileşenler analizi .....	66
Şekil 2.4.	SPSS paket programında değişkenlerin atanması.....	66
Şekil 2.5.	“Descriptives” butonundaki seçenekler .....	67
Şekil 2.6.	Temel bileşenler analizinde “Extraction” butonu .....	68
Şekil 2.7.	Temel bileşenler analizinde “Rotation” butonu.....	69
Şekil 2.8.	Temel bileşenler analizinde “Scores” butonu.....	69
Şekil 2.9.	Temel bileşenler analizinde “Options” butonu .....	70
Şekil 2.10.	Hava kalitesi .....	72
Şekil 2.11.	Matlab çalışma sayfasında görünen toplam üyelik sonuçları.....	75
Şekil 3.1.	Marmara Bölgesi’ndeki PM <sub>10</sub> verilerinden elde edilen yıllık ortalamaların 2008-2011 ve 2017 yıllarındaki değişimi.....	85
Şekil 3.2.	Marmara Bölgesi’ndeki SO <sub>2</sub> verilerinden elde edilen yıllık ortalamaların 2008-2011 ve 2017 yıllarındaki değişimi.....	85

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Temiz havanın bileşimi.....	4
Tablo 1.2.	Doğal ve antropojenik kükürtdioksit kaynakları.....	7
Tablo 1.3.	SO <sub>2</sub> sınır değerleri.....	8
Tablo 1.4.	Partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişkisi.....	15
Tablo 1.5.	PM <sub>10</sub> sınır değerleri.....	15
Tablo 1.6.	Türkiye Temiz Hava Merkezi istasyonları .....	19
Tablo 1.7.	Hava izleme istasyonlarının türlerine göre dağılımları.....	21
Tablo 1.8.	İllere göre kurulan istasyon sayısı .....	24
Tablo 1.9.	İstanbul İlinde bulunan hava izleme istasyonları.....	28
Tablo 1.10.	Kocaeli İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	33
Tablo 1.11.	Bursa İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	37
Tablo 1.12.	Yalova İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	39
Tablo 1.13.	Edirne İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	41
Tablo 1.14.	Tekirdağ İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	45
Tablo 1.15.	Kırklareli İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	48
Tablo 1.16.	Bilecik İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	50
Tablo 1.17.	Balıkesir İlinde bulunan hava izleme istasyonları .....	53
Tablo 1.18.	Sakarya İlinde bulunan hava izleme istasyonları.....	56
Tablo 1.19.	Çanakkale İlinde bulunan hava izleme istasyonları.....	60
Tablo 2.1.	Çalışma alanındaki hava izleme istasyonlarının özellikleri.....	62
Tablo 2.2.	KMO değerleri ve yorumları .....	71
Tablo 3.1.	SO <sub>2</sub> için PCA sonuçları.....	76
Tablo 3.2.	PM <sub>10</sub> için PCA sonuçları.....	77
Tablo 3.3.	SO <sub>2</sub> için FCM sonuçları .....	79
Tablo 3.4.	PM <sub>10</sub> için FCM sonuçları .....	80
Tablo 3.5.	2008-2011 yılları arasındaki PM <sub>10</sub> kirlilik seviyesi.....	86
Tablo 3.6.	2008-2011 yılları arasındaki SO <sub>2</sub> kirlilik seviyesi.....	86
Tablo 3.7.	2017 yılı PM <sub>10</sub> kirlilik seviyesi.....	86
Tablo 3.8.	2017 yılı SO <sub>2</sub> kirlilik seviyesi.....	86

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CO	: Karbonmonoksit
DMS	: Dimetil Sülfid
NO <sub>2</sub>	: Nitrojendioksit
NO <sub>x</sub>	: Azotoksitler
O <sub>3</sub>	: Ozon
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PM <sub>10</sub>	: Aerodinamik çapı 10 µm ve altındaki küçük partikül
PM <sub>2,5</sub>	: Aerodinamik çapı 2,5 µm ve altındaki küçük partikül
ppm	: Milyonda bir birime verilen isim
SO <sub>2</sub>	: Kükürtdioksit
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
µm	: Milimetrenin binde biri, (mikron)

### Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
CA	: Content Analysis (İçerik Analizi)
CASA	: Clean Air Strategic Alliance (Temiz Hava Stratejik Topluluğu)
FCM	: Fuzzy C-Means (Bulanık Kümeleme Analizi)
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MTHMM	: Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PCA	: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
SEM	: Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistik Programı)
US EPA	: United States Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)



# MARMARA BÖLGESİNDEKİ İZLEME İSTASYONLARI ÇEVRESİNE İLİŞKİN HAVA KALİTESİNİN İSTATİSTİKSEL METODLARLA DEĞERLENDİRİLMESİ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Marmara Bölgesi'ndeki hava izleme istasyonlarından alınan  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  için benzer özellik gösteren istasyonlarının PCA ve FCM ile gruplandırılarak emisyon kaynaklarının noktasal, alansal ve çizgisel olarak tanımlanması, kullanılan analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi ve bu bölgede yaşayan insanların maruz kaldıkları kirletici seviyelerinin ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırmasını yapmaktır. Çalışma iki açıdan önemlidir: Birincisi benzer hava kirliliği özelliğine sahip istasyonlarda bulunan cihazlardan birinin, ihtiyaç duyulması halinde başka bir bölgeye aktararak bu iş için harcanan maliyetin azalmasına katkı sağlayabilmek. İkincisi, herhangi bir istasyonda ölçüm yapılamadığında bölgeye ait kirliliği tahmin edebilmektir. Çalışmada, 2008-2011 yıllarındaki 24 saatlik veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda PCA yöntemiyle  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  için sırasıyla 5 ve 3 sınıf elde edilmiştir. İndirgenen sınıflar incelendiğinde kaynak tipi açısından net bir ayrımın yapılamadığı görülmüştür. FCM yönteminde ise; PCA ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla ölçüm istasyonları yine  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  için 5 ve 3 sınıfa ayrılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında FCM'nin PCA'ya göre daha belirgin sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Veriler, ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırıldığında  $PM_{10}$ 'nun sadece bazı yıllarda sınır değerinin altında olduğu;  $SO_2$ 'nin ise, birkaç istasyon haricinde diğer tüm istasyonlarda sınır değeri sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Kümeleme Analizi, Hava Kirliliği, Kükürt Dioksit, Partikül Madde, Temel Bileşenler Analizi.

## **EVALUATING THE AIR QUALITY RELATED TO THE MONITORING STATIONS IN MARMARA REGION WITH STATISTICAL METHODS**

### **ABSTRACT**

The aim of this study is to identify the emission sources in terms of point, area and line by grouping air monitoring stations in Marmara Region with PCA and FCM which shows similar results for PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub>, to evaluate analyses methods, to evaluate and compare pollutants levels-which inhabitants are exposed-with national and international threshold values. The study is important in two aspects: in similar air pollution characteristics, devices can be transferred to another station to lower operation costs. Second is to estimate the pollution of the area without measurement data. 24-hour data from 2008-2011 were used. As a result, 5 and 3 classes for SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> were obtained respectively by PCA method. When the reduced classes are examined, no clear distinction can be made regarding type of resource. To be able to compare with PCA, monitoring stations again divided into 5 and 3 classes for SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in FCM method. In conclusion, FCM gave more significant results than PCA. When compared to national and international threshold values, the data show that PM<sub>10</sub> is just below limits in some years; SO<sub>2</sub>, on the other hand, provided threshold values at all other stations except a few.

**Keywords:** Fuzzy C-Means, Air Pollution, Sulphur Dioxide, Particulate Matter, Principal Component Analysis.

## GİRİŞ

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de ciddi bir düzeyde sağlık ve çevre sorunu olarak kabul edilen hava kirliliği; fosil yakıt kullanımının artması, hızlı endüstrileşme, nüfus artışı ve buna karşılık planlama ile çevresel düzenlemelerdeki yetersizlikler sonucu her geçen gün artmaktadır. Türkiye'deki hava kirliliği çoğunlukla ısınma ve trafik kaynaklı olup, sanayi tesislerinden kaynaklanan kirleticiler bu kirliliğe eklenmektedir. Son zamanlardaki hızlı ve çarpık kentleşme, endüstri tesislerinin yanlış yer seçimi ve bu tesislerden kaynaklanan emisyonların etkili bir yöntemle azaltılmaması, dünyada 1960'lı yıllarda çözülmüş olan lokal hava kirlilik sorunlarının Türkiye'de hızla artmasına neden olmuştur [1].

Türkiye'nin yaklaşık %8,5'una karşılık gelen Marmara Bölgesi, sanayileşmenin ve buna bağlı olarak kara yolu bağlantılarının çok olduğu önemli bir yerleşim bölgesi olduğu için incelenmeye değer durumdadır. Marmara Bölgesi, olanakları, coğrafi durumu ve ekolojik özellikleri nedeniyle, sanayileşme, ulaşım ve yerleşim yeri için sürekli ilgi odağı olmuştur. Bölgenin çevre sorunlarından biri sanayi tesisleri, konutlar ve trafikten atmosfere salınan kirletici emisyonlarıdır. Bu emisyonların zaman, uzaklık ve meteorolojik koşulların etkisi ile miktarlarının ve özelliklerinin nasıl değişiklik gösterdiği, takip edilmesi gereken bir unsurdur. Bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Marmara Bölgesi'nde toplam 11 ilde 60 adet hava izleme istasyonu kurularak 'Hava Kalitesi İzleme Ağı' oluşturulmuştur. İstasyonlar; sanayi, ısınma, trafik ve kırsal olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflara göre ölçülen parametreler değişiklik gösterse de Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve Partikül Madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>) ölçümleri bahse konu istasyonlar da tam otomatik cihazlarla ölçülmektedir. Çünkü bu kirleticiler hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

SO<sub>2</sub>'nin en önemli kaynakları; volkan ve okyanuslardır. Bunun dışında başlıca antropojenik kaynakları ise; kükürt içeren cevherlerin eritme yoluyla yanması, özellikle kömür, madeni yağ gibi fosil yakıtların ve biokütlenin yakılmasıdır. SO<sub>2</sub> oksidasyonu sonucu oluşan asit yağmurları başlıca toprak ve yüzey sularını etkileyerek bitki yaşamı ve su faunası için ciddi sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca bu asit

yağmurları bina ve kültürel anıtlara zarar verirken; oluşan sis de görüş alanını azaltmaktadır. Sınır ötesi kirliliğe neden olan kirleticilerin başında gelen SO<sub>2</sub>, tahriş edici özelliği nedeniyle özellikle solunum sistemi ve akciğer fonksiyonlarını etkilemekte ayrıca gözlerde de tahrişe neden olmaktadır. Öte yandan PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> atmosferin yapısı içinde süspansiyon halde bulunan katı ve sıvı parçacıklardan oluşan bir sistemdir. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal yollarla oluşabildiği gibi yanma ve endüstriyel proseslerin bir sonucu olarak antropojenik olarak da oluşabilmektedir. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> toprak ve su ekosistemini olumsuz yönde etkilemekte, SO<sub>2</sub>'de olduğu gibi görüş alanını azaltmaktadır. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> uzun süre maruz kalan insanlarda solunum ve kardiyovasküler hastalıklar gözlenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Marmara Bölgesi'ndeki hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçüm sonuçlarının bilimsel metotlarla değerlendirilmesidir. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında çok değişkenli istatistik yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada Principal Component Analysis (PCA) and Fuzzy C-Means (FCM) gibi farklı iki analiz yöntemi kullanılmış ve bu yöntemler sayesinde benzer hava kirliliği davranışı sergileyen izleme istasyonları kendi içlerinde sınıflandırılarak kirletici kaynakları tanımlanmaya çalışılmıştır. Çalışma esnasında kullanılan istasyon verileri 2008-2011 yılları için olup 4 yıl boyunca 24 saatlik verileri kapsamaktadır. Çalışmada PCA analizleri için SPSS 18 istatistik programı, FCM analizi için MATLAB R2010b kullanılmıştır. Çalışma; bu iki yöntemin performansının değerlendirilmesi, benzer hava kirliliği karakteristiğine sahip istasyonlardan birindeki cihazların, ihtiyaç duyulması halinde hava kalitesi izleme ağı içinde istasyon kurulması planlanan başka bir bölgeye aktarılması ve böylelikle bu iş için harcanan maliyetin azaltılmasına katkı sağlayabilmesi, herhangi bir istasyonda bazı aksaklıklardan ötürü ölçüm yapılamadığında benzer özelliğe sahip istasyon verilerinin kullanılarak bölgeye ait kirlilik değerlerinin tahmin edilebilmesine imkan sağlayabilmesi bakımından son derece önemlidir.

Çalışma kapsamında ayrıca, 2008-2011 ve 2017 yıllarına ait ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası düzenlemelerdeki sınır değerlerle karşılaştırılarak, bölgede yaşayan kişilerin maruz kaldıkları kirletici seviyeleri de belirlenmiştir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı; diğer çalışmalardan farklı olarak yöntem olarak PCA ve FCM'nin seçilmesidir. Aralarındaki fark PCA ile yapılan sınıflandırmada ölçüm istasyonları direkt olarak bir sınıfa dahil edilirken; FCM yönteminde bir ölçüm istasyonu hem kendi sınıfına hem de diğer sınıflara ne oranda dahil olduğu belirlenmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda böyle bir karşılaştırma çalışmasına daha önce rastlanılmamıştır.

Aynı zamanda bu çalışma ile; emisyon kaynakları ile metotların performansları belirlenmiş ve çalışma alanının kirlilik bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Hava Kirliliği

Hava kirliliği; doğal veya antropojenik kaynaklı oluşan ve atmosferdeki konsantrasyonları belli bir seviyenin üstüne çıkan kirleticilerin, meteorolojik olaylar ile yeryüzüne yayılması böylece canlı ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmasına denilmektedir. Çevre kirliliği açısından hava kirliliği, bir kez kaynaktan dağıldıktan sonra geri dönüşünün olmaması, alıcı ortamda arıtımının yani azaltımının yapılamaması ve kısa sürede geniş alanlara yayılarak canlı-cansız büyük bir kitleyi etkilemesi yüzünden son derece önemlidir [2].

Temiz havanın çok açık bir tarifi olmamasına rağmen çoğu araştırmacı temiz havanın bileşimini Tablo 1.1'de verildiği gibi kabul etmiştir.

Tablo 1.1. Temiz havanın bileşimi [3]

Bileşen	Konsantrasyon (ppm)
Azot	780900,0
Oksijen	209400,0
Argon	9300,0
Karbondioksit	315,0
Neon	18,0
Helyum	5,2
Metan	1,0-1,2
Kripton	1,0
Azot Oksidal	0,5
Hidrojen	0,5
Ksenon	0,08
Azot Dioksit	0,08
Ozon	0,01-0,04

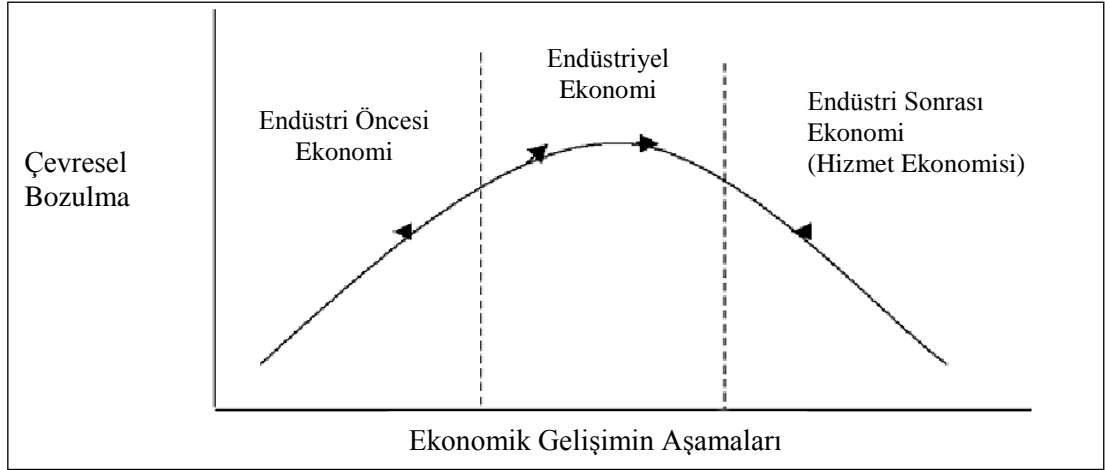
Bu tablodaki gazların temiz bir havayı ifade ettiği kabul edilirse, bu tabloda bulunmayan herhangi bir maddenin atmosferde bulunmasını kirletici olarak kabul etmek gerekir. Bununla beraber bu şekilde ideal bir havayı hiç kimse hiçbir yerde bulamayacağı için kirletici maddelerin havada bulunmasını değil 'çevrede arzu edilmeyen bir etki yaratacak konsantrasyonda bulunmasını' hava kirliliği olarak ifade etmek daha doğru olacaktır [3].

Buna bağlı olarak endüstrisi gelişmiş şehir merkezlerinde yaşayan toplumlar; hem modern yaşamın konfor ve rahatlığını sağlayan motorlu araç sayısındaki artışı hem de sağlıklı bir hava beklentisini beraberinde getirir. Bu durum sonucu hava kirliliği modern yaşamın kaçınılmaz bir parçası haline gelmektedir. Temiz Hava Stratejik Topluluğu (Clean Air Strategic Alliance-CASA) gibi topluluklar; 'Hava; kokusuz, tatsız, temiz görünen ve uzun ya da kısa dönemde insan, hayvan ve çevre sağlığına zararsız olmalıdır' misyonunu benimseyerek hava kirliliği ile savaşmaktadır [4].

Hava kirliliğine neden olan kirleticilerin çoğu günümüzde atmosfere insan faaliyetleri sonucu yani antropojenik olarak yayılmaktadır. Bu faaliyetler çoğunlukla insanların yaşam standartlarıyla yakından ilişkili olduğu için birçok endüstrisi gelişmiş şehirde, bu aktivitelerin devamı ve hava kirletici emisyonlarının kontrolü için çözümler aranmaktadır [5].

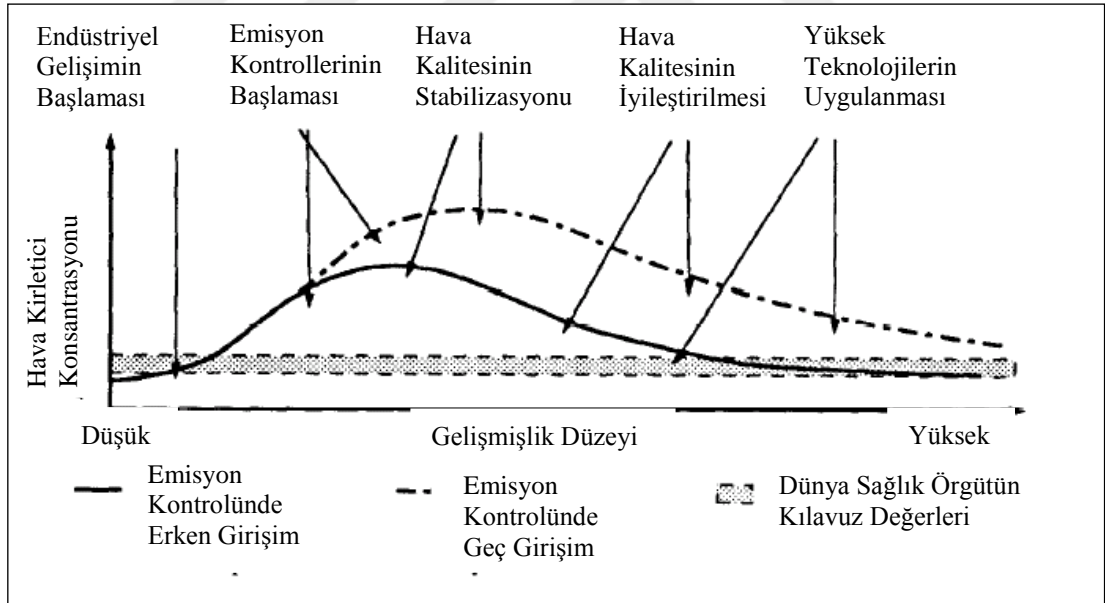
Modern olmayan şehirlerde; su, konutların temizliği ve yakıt kalitesi ciddi sorunlar olarak görülmektedir. Sanayi gelişiminden önce; bu bölgelerde başlıca hava kirletici kaynakları, konutlar ve düşük ölçekli ticari faaliyetler olarak kabul edilmiştir. Bu tip yerlerde hava kirliliği konsantrasyonu ise genellikle düşüktür ve nüfus arttığı zaman bu kirlilikte paralel olarak artmaktadır. Kentler geliştikçe ve sanayi devrimi sürecine girildikçe; kentleşme, motorlu araç sayısında artış ve kentsel yaşam faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliği de aynı oranda artmaktadır. Ülkeler geliştikçe, çevre kontrolleri daha sıkılaşmakta ve hava kirliliği de aynı oranda azalmaktadır. Ekonomik düzeyi yüksek şehirlerde, sağlık için gerekli değerlerin karşılanması için katı kurallar getirilmekte bu da hava kirliliğinin kontrolünü sağlamaktadır [6].

Çevresel bozulma ve ekonomik gelişim arasındaki ters 'U' ilişkisi 'Çevresel Kuznet Eğrisi' olarak bilinmektedir. Buna göre çevresel bozulma, endüstri öncesi ekonomide ve endüstri sonrası ekonomide yani hizmet ekonomisinde azalırken endüstriyel ekonomide artmaktadır. Bu durum Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Çevresel Kuznet Eğrisi [7]

Hızlı kentleşme, motorlu araç sayısındaki artış ve ekonomik gelişmeler özellikle gelişmekte olan büyük kent merkezlerindeki başlıca hava kirliliği etkenleridir. Ülkelerin gelişmişliği ile hava kirliliği arasındaki ilişki Şekil 1.2'de verilmiştir [7].



Şekil 1.2. Ülkelerin gelişmişliği ile hava kirliliği arasındaki ilişki [7]

Bangkok, Kahire, Meksika, Santiago, Orta ve Doğu Avrupa gibi birçok şehirde karşılaştırmalı risk değerlendirmesi ve sağlık çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucu, insan sağlığına en büyük zararın aerodinamik çapı 10 mikrondan daha küçük olan partikül maddelerden kaynaklı olduğu görülmüştür. Diğer önemli kirlenitçiler ise, küçük çaplı partiküllerin oluşmasına katkıda bulunan SO<sub>2</sub>, özellikle ılık ve güneşli



günlerde uygunsuz topoğrafik koşulların bulunduğu bölgelerde oluşan ozon (O<sub>3</sub>), bir kısmı kanserojenik olarak bilinen uçucu organik bileşikler (VOC), ozon oluşumuna katkıda bulunan azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve küresel ısınmayla bağlantılı olan karbonmonoksit (CO)'tir [8]. Bu çalışma kapsamında SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM<sub>10</sub>) kirleticileri incelenecektir.

### 1.1.1. Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>)

Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>); atmosfer basıncında gaz halde, basınç altında ise sıvı halde bulunan boğucu, renksiz ve asidik bir gazdır. O=S=O kimyasal yapısına sahip, 64,054 gr/mol molekül ağırlığında olan ve yoğunluğu 2,551 g/L olan bir gazdır. Kaynama noktası; -10 °C, erime noktası -72,4 °C olarak kabul edilmektedir [6].

Atmosferde bulunan SO<sub>2</sub>'in yaklaşık yarısı volkanik patlamalar, sismik hareketler sonucu doğal olarak oluşmaktadır. Doğal kükürt emisyonlarının en önemli kaynağı, deniz planktonları tarafından üretilen dimetil sülfid (DMS)'tir. DMS'nin atmosferde oksitlenmesiyle doğal kökenli SO<sub>2</sub> meydana gelmektedir. Antropojenik kaynaklı SO<sub>2</sub> ise; fosil yakıtların yani başlıca kömür ve fuel-oil'in yanması sonucu oluşur. Antropojenik kaynakların başında; termik santraller, evsel yakıtlar, dizel yakıtlı araçlar ve endüstriyel prosesler gelmektedir. Termik santrallerden atmosfere salınan SO<sub>2</sub> miktarı, 16,8 milyon ton/yıl olarak hesaplanmış olup buda atmosfere salınan toplam SO<sub>2</sub> miktarının %50' sine tekabül etmektedir. Doğal ve antropojenik SO<sub>2</sub> kaynakları; Tablo 1.2'de gösterilmiştir [9].

Tablo 1.2. Doğal ve antropojenik kükürtdioksit kaynakları [9]

Kaynak	Global Emisyon (Mt S yıl <sup>-1</sup> )
<b>Doğal Kaynaklar</b>	
Dimetil sülfid (DMS)	16
Toprak ve Bitkiler	2
Volkanlar	8
Toplam Doğal Kaynaklar	<b>26</b>
<b>Antropojenik Kaynaklar</b>	
Biyokütle Yakılması	3
Fosil Yakıtların Yakılması	70
Toplam Antropojenik Kaynaklar	<b>73</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>99</b>

SO<sub>2</sub> öksürtücü ve boğazı tahriş edici, renksiz bir gaz olup başlıca sağlık üzerine etkisi solunum yolunda gözükmetedir [9]. SO<sub>2</sub> havada yarılanma süresi 24 saattir. SO<sub>2</sub>; uzun ve kısa vadeli maruziyetlerde en fazla tahriş edici özelliği bulunan kirletici olarak kabul edilmektedir. 400 ppm'in üzerinde ani ölümlere neden olmaktadır [10].

Tablo 1.3. SO<sub>2</sub> sınır değerleri [11]

Kirletici	Periyot	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		Ülkemiz	AB	
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Saatlik	380	350	01.01.2019
	Günlük	150	125	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	500	500	
	Saatlik Aşım Sayısı	-	24/Yıl	
	Günlük Aşım Sayısı	-	3/Yıl	
	Yıllık (Ekosistem)	20	20	01.01.2014

Türkiye genelinde 2008 yılı sonunda ortalama kentleşme yaklaşık %69 olup İstanbul, Ankara ve İzmir'de toplam nüfusun %30'sundan fazlası yaşamaktadır. Yapılan bir çalışmada 1995 ile 2003 yılları arasındaki havadaki SO<sub>2</sub> miktarı ile 2002 ile 2004 yılları arasındaki özellikle sinüzit, bronşit, larenjit, farenjit ve bademcik iltihabı gibi üst solunum yolu hastalık sayıları arasındaki ilişki karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada 60 il incelenmiş olup 50 ilde yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu tespit edilmiştir. Mevcut durumdaki 10 şehrin hava kalitesinde iyileşme görüldüğünden temiz havalı olarak kabul edilmiştir. 1995-2004 yılları arasında kışın yapılan hava kalitesi ölçümlerinde 21 il merkezinde yıllık SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 60mg/m<sup>3</sup> 'ten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yerel kömür madenleri yüksek oranda SO<sub>2</sub> içerdiğinden bazı kentlerdeki örneğin Çanakkale, Kütahya ve Erzurum'daki hava kalitesinin bozulmasının nedeni olarak gösterilmiştir. Buna ek olarak bazı illerde örneğin Muğla ve Kütahya'da önemli termik santraller bulunduğu için atmosfere azot, karbon, partikül madde, kükürtdioksit ve bazı toksik elementlerin bölgeye daha çok yayıldığı bildirilmiştir [12].

İstanbul'da trafik ve sanayi kentsel başlıca hava kirliliği kaynağı olsa da 1990'lı yılların başından itibaren doğal gazlı halk otobüsleri gibi temiz hava ulaşım araçları kullanılmaya başlanmıştır. İstanbul gibi sanayinin yoğun olduğu Kocaeli ve İzmir'de de atmosferde yüksek oranda SO<sub>2</sub> rapor edilmiştir. Ankara ülkenin toplam SO<sub>2</sub> üretiminin %4,3 sağlayarak nispeten temiz havalı bir şehir kabul edilebilirken, İstanbul'da bu oran %42,4 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca tüm karayolu araçlarının

sadece %11,4'ü Ankara'da kayıtlıyken %15,7'si İstanbul'da kayıtlı olduğu belirtilmiştir. Tüm bu durumlar incelendiğinde sadece trafik yoğunluğunun, morbidite oranlarını (belirli bir nüfusta belirli bir zaman dilimi içerisinde hastalığa yakalananların sayısının sağlıklı kalmış nüfusa oranı) etkileyen önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Eğer gelecek yıllarda fosil yakıtlara oranla doğalgaz gibi daha temiz yakıtların kullanımı artarsa farenjit, bademcik iltihabı ve bronşit gibi solunum yolu hastalıklarının sayısında azalma görüleceği tahmin edilmektedir [13]. Türkiye'de yapılan çalışmalarda da SO<sub>2</sub> kirliliğinin mortalite yani ölüm üzerine etkilerinde pozitif bir ilişki gözlenmiştir [14].

Türk Tabipler Birliği'nin verdiği bilgiye göre 24 saatten kısa süreli SO<sub>2</sub> maruz kalımlarında ilk birkaç dakika içinde nefes darlığı, hırıltılı solunum gibi solunum fonksiyonlarında akut değişimlerin ortaya çıktığı belirtilmiştir. 24 saatin üzerinde SO<sub>2</sub> maruz kalımlarında ise, kalp ve solunum sistemi hastalıklarına bağlı ölümler, KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) nedenli hastane başvurularında artış gözlemlendiği tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlara göre; çevre mevzuatında SO<sub>2</sub> için sınır değeri belirtilmiş olsa da bu eşik değerin altında bile sağlık sorunlarının yaşanabileceği belirtilmiştir [15].

Kuzey Çin'in Liaoning bölgesindeki 6 il ve 18 ilçe üzerinde 3 ile 12 yaş arası toplam 11.860 çocuk üzerinde (katılım oranı %89,9) çalışma yapılmıştır. Çalışmada toplam partikül madde (188-689 mg/m<sup>3</sup>); kükürtdioksit (14-140 mg/m<sup>3</sup>) ve azot dioksit (29-94 mg/m<sup>3</sup>) için geniş bir aralık alınmıştır. Çalışma sonucunda Kuzey Çin'de dış hava kirliliğinin yüksek düzeyde olması ile çocuk solunum yolu hastalıkları arasında olumlu bir ilişki olduğu tespit edilmiştir [16].

Yapılan çalışmalar sonucunda SO<sub>2</sub> kirleticisinin başlıca kaynakları; termik santraller, endüstriyel faaliyetler, özellikle kalitesi düşük kömür gibi ısınma amaçlı fosil yakıt ile dizel yakıtlı araçların kullanımı olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş'ta yapılan bir araştırmada yaz aylarında elde edilen SO<sub>2</sub> kirletici miktarının diğer mevsimlere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu düşüşün en büyük sebebinin kullanılan fosil yakıtların yani kömürün yazın kullanılmaması olduğu bildirilmiştir. Sonbahar aylarında SO<sub>2</sub> kirletici miktarının giderek artış göstermesinin sebebinin eğitim-öğretim döneminin başlamasıyla motorlu taşıt kullanımının sıklığının artması olarak

belirlenmiştir. Aralık-Ocak aylarındaki SO<sub>2</sub> kirletici miktarının en yüksek seviyesine çıkmasının sebebi ise, ilin genelinde ısınma amaçlı kömür kullanımının çok fazla olmasına bağlanmıştır. Çalışma sonucunda kentte ısınmadan kaynaklanan SO<sub>2</sub> kirliliği kadar motorlu taşıt kullanımının da havadaki SO<sub>2</sub> kirletici miktarını etkilediği belirtilmiştir [17].

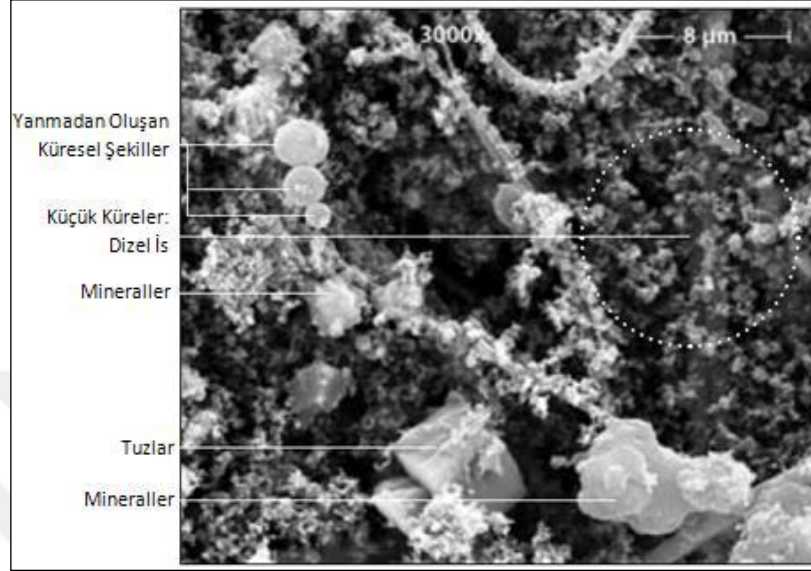
Marmara Bölgesinin 2015-2016 yılları arasındaki kış mevsimi hava kalitesi incelenmiş ve SO<sub>2</sub> kirleticisi bakımından Edirne ilinin Keşan ilçesi en sağlıksız nokta olarak belirlenmiştir. Bunun temel nedeni olarak ısınma amacıyla kullanılan fosil yakıtların yani kömür miktarının fazla olması, ilçedeki trafik yoğunluğunun gün geçtikçe artması, şehrin topoğrafik yapısıyla uyumlu olmayan çarpık kentleşme gösterilmiştir [18]. Keşan ilçesinin topoğrafik yapısına bakıldığında hakim rüzgarın şehre inemediği çünkü kuzey ve kuzey doğuda bulunan tepelik alanlar tarafından rüzgarın hapsedildiği yapılan çalışma ile bildirilmiştir. Bu durumun en iyi göstergesi olarak da fosil yakıtların en yoğun olarak kullanıldığı kış aylarında rüzgar hızı fazla olmasına rağmen bölgede SO<sub>2</sub> kirliliğinin de yüksek çıkması gösterilmiştir [19].

Türkiye genelinde SO<sub>2</sub> kirlilik dağılımına bakıldığında, özellikle kış aylarında yaşanan bu kirliliğinin en belirgin ve yaygın nedeninin; ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımı olduğu bir kez daha görülmüştür. Bu sebeple illerde yakıt tüketimleri ile ilgili kısıtlama ve düzenlemeler getirilmesi gerekliliği, yapılan düzenlemelerin sonuçlarıyla birlikte gözden geçirilerek, özellikle yüksek kirliliğe maruz kalan iller başta olmak üzere, gerekli düzenlemelerin yapılması ve altyapı ihtiyaçlarının kömür yerine doğal gaz gibi daha temiz yakıt kaynaklarına uygun hale getirilmesi gerektiği bir kez daha bildirilmiştir [20].

### **1.1.2. Partikül madde (PM)**

Partikül maddeler (PM), atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan, birleşmemiş su dışındaki maddelerdir. Bu maddeler; dış ortamda kimyasal yapısı ve büyüklük bakımından çeşitlilik gösteren parçacıkların heterojen karışımlarından meydana gelir [21].

Cadde kenarında örneklenen PM'nin filtre kağıdına ait SEM görüntüsü Şekil 1.3'de verilmiştir. Bu örnekte gri olan dizel parçacıklarının baskın olduğu görülmektedir [22].



Şekil 1.3. Cadde kenarında örneklenen PM filtre kağıdına ait SEM görüntüsü [22]

PM; kaynaklarına göre doğal veya antropojenik olabilir. Başlıca doğal kaynaklar; volkanlar, deniz spreyleri ve karasal tozlardır. Antropojenik kaynaklar ise, ziraat, ulaşım, yanma prosesleri, yapı ve madencilik faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerden oluşanlar genellikle ince partikül olup, insan sağlığına daha zararlı olduğu kabul edilmektedir [23].

PM'ler atmosferde birçok formda bulunabilir:

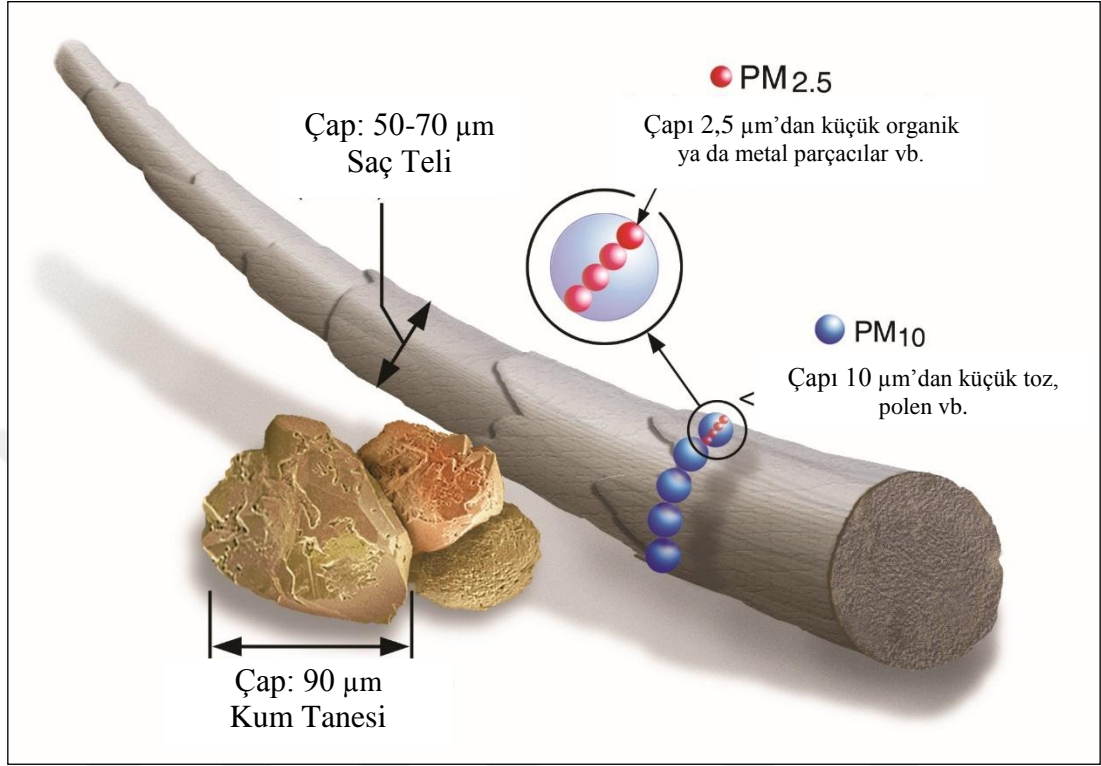
- Toz: Endüstri veya ısınma tesislerinde oluşan ve atık gazlarla havaya atılan kömür, kül, kum, çimento tozu, toprak gibi katı maddelerdir.
- Duman: Yapısında yüksek oranda atık gaz bulunan ve karbonlu maddelerin tam yanmaması sonucu oluşan, katı tanecikler de içeren kirleticilerdir.
- Uçucu Kül: Yapısında yanmamış karbon bulunan ve baca gazları içinde ince kül partikülleri olarak kabul edilen kirleticilerdir.
- Füme: Genellikle sigara dumanı, metalürjik proseslerden çıkan füme gibi küçük partiküllerden oluşan ve yoğuşma, süblimasyon veya kimyasal reaksiyon neticesinde meydana gelen kirleticilerdir.

- Aerosol: Boyutları çok küçük olduğundan atmosferde asılı halde bulunan ve gaz ortamında katı veya sıvı halde bulunan mikroskobik partiküllerdir.
- Mist: Atmosferde kendi özgül ağırlığı ile düşebilecek büyüklükte olan sıvı moleküler damlacıklarının karışımıdır.
- Sis: Gözle görülebilen ve mikroskobik su damlacıklarından oluşan aerosol kirleticilerdir.
- Kurum: Tam olarak yanma gerçekleşmediği için yapısında katran içeren partiküllerdir [24].

Sıvı veya katı halde bulunabilen PM'lerin önemli bir özelliği de onlarca mikrometreden nanometre boyutuna kadar değişebilen büyüklükleridir. Bu özellik solunum sistemine olan etkisinin yanında PM atmosferde kalış süresini ve çökme hızını da etkiler. PM'ler boyutları açısından iki ana grupta incelenebilir. Çapları 2,5 µm'den küçük partiküller 'ince partikül' olarak adlandırılır ve (PM<sub>2,5</sub>) olarak gösterilir. Çapları 2,5 µm'den büyük olanlar ise 'kaba partikül' olarak isimlendirilir. Burada belirtilen çap, gerçek parçacık gibi aynı çökme hızına sahip küre şeklindeki su damlacığının çapı olarak da bilinen aerodinamik çaptır. Özellikle PM<sub>2,5</sub> solunum sisteminde aşığılara kadar inebildiği için insan sağlığı için daha tehlikeli kabul edilmektedir. Ayrıca bu partiküller rüzgarla kilometrelerce uzaklığa taşınabilmekte ve atmosferden çıkış süreleri diğer kirleticilere göre daha uzun süre de olmaktadır [25]. PM'lerin boyut karşılaştırması Şekil 1.4'de verilmiştir.

Solunabilir yapıda olan PM'ler optik veya elektron mikroskobu altında incelendiğinde özellikle katı toz halinde olanların daha düzensiz bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bazı mineral tozlar, örneğin, asbest parçacıkları gibi kristal şekilleri iğne şeklinde olduğundan ve uzunlukları çapından birkaç kat büyük olduğundan diğerlerine göre daha kolay belirlenebilmektedir. Eğer partiküllerin boyutu birkaç mikrondan fazla ise onların rengini de belirlemek daha kolay olabilmektedir. Böylece şeffaf olan mineral tozları şeffaf olmayan kömür parçacıklarından daha kolay ayrılabilir. Duman parçacıkları, kondensasyon yolu ile oluştuğundan toz taneciklerinin şekilleri birbirinden farklıdır. Bununla beraber elektrik yüklü olan partikül maddeler kristal ve zincirler oluşturabilirken yükü olmayan tanecikler daha düzensiz kabul edilebilmektedir. Bazı durumlarda duman, şekilsiz gibi görüldüğü zaman yapışmış

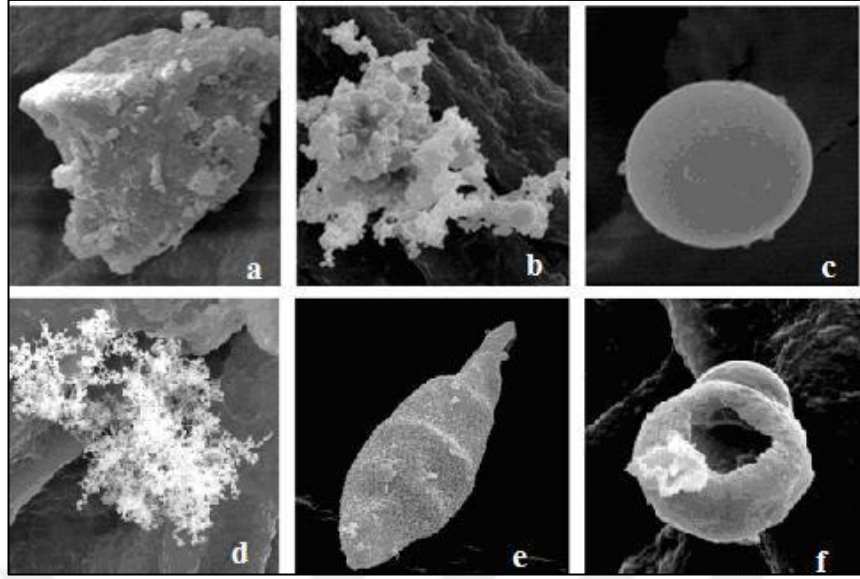
mikronaltı boyutta olan birkaç kristallerden oluşmuş olabilir. Mist ve spreylerde bulunan sıvı partikül maddeler ise, genelde küre şeklinde görülmektedir [26].



Şekil 1.4. Partikül maddelerin boyut karşılaştırması [23]

Şekil 1.5'de görüldüğü gibi atmosferdeki partikül maddeler; biçimlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

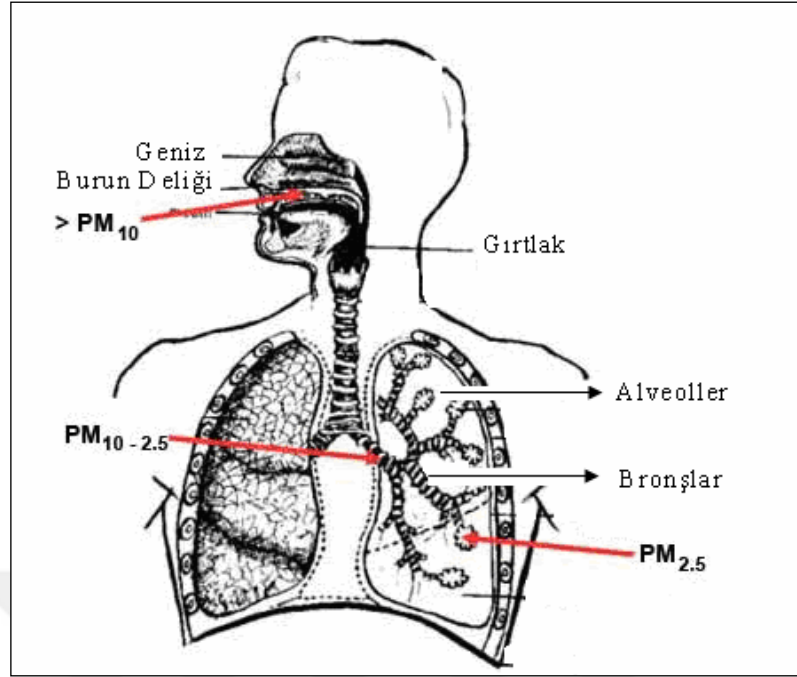
- Düzensiz kare
- Küme
- Küre
- Yoğunlaşmış flok
- Çubuk
- Belirtisiz [27]



Şekil 1.5. Partikül madde şekil örnekleri [27]

Havadaki PM ile bu kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerine ait çalışmalar şunu göstermiştir ki kent nüfusunun yoğunluğuyla paralellik göstermektedir. Bu kirleticinin sağlık üzerine özellikle solunum ve kardiyovasküler sistem üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır [28]. Bu kirleticinin solunum sistemi üzerindeki etkisi; PM büyüklüğüne, yoğunluğuna, şekline ve reaktif özelliğine bağlıdır. Kaba partikül maddeler, üst solunum yolu sisteminde depolanırken ince ve ultra ince partikül maddeler, alveollere kadar ulaşabilmektedir [29]. Şekil 1.6'da görüldüğü gibi partikül maddelerin solunum yolu sisteminde birikme yerleri ve buradaki kalma süreleri; PM boyutu ve fiziksel faktörleriyle doğrudan ilişkilidir [24].





Şekil 1.6. Partikül maddelerin boyutuna göre akciğerde birikme yerleri [24]

Partikül maddelerin irilik dağılımları, insan sağlığı üzerine etkisi açısından çok önemlidir (Tablo 1.4.) [24].

Tablo 1.4. Partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişkisi [24]

11 $\mu\text{m}$ ve yukarısı	Solunum sistemine girmez
7-11 $\mu\text{m}$ arası ve yukarısı	Burun içinde tutulur
4,7-7 $\mu\text{m}$	Boğazda (yutak) tutulur
3,3-4,7 $\mu\text{m}$	Nefes borusu ve ön broşlarda tutulur
2,1-3,3 $\mu\text{m}$	Orta kısımdaki broşlarda tutulur
1,1-2,1 $\mu\text{m}$	En uç broşlarda tutulur
0,65-1,1 $\mu\text{m}$	Solunum borusunda tutulur
0,43-0,65 $\mu\text{m}$	Akciğer alveollerinde tutulur

Ülkemiz ve Avrupa Birliğindeki  $\text{PM}_{10}$  için verilen sınır değerler Tablo 1.5’de verilmiştir.  $\text{PM}_{2,5}$  için ülkemizde şu anda bir sınırlandırma bulunmamaktadır.

Tablo 1.5.  $\text{PM}_{10}$  sınır değerleri [11]

Parametre	Ölçüm Periyodu	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		Ülkemiz	AB	
$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Günlük	60	50	01.01.2019
	Yıllık	44	40	
	Günlük Aşım sayısı	-	35/Yıl	

Farklı boyutlardaki partikül maddelere maruz kalınması ve bu durumda oluşan hastalıklar arasında pek çok araştırma yapılmıştır. Kaba partikül maddeler, astım gibi solunum rahatsızlıklarını kötüleştirirken ince partikül maddeler, erken ölümü de içeren daha şiddetli etkilere sebep vermektedir. Fransa' da yapılan bir çalışmada kırsal bölgeler ile ince ve çok ince partikül maddelerin yoğun olarak bulunduğu kentsel bölgeler insan solunum sistemini etkilemesi açısından karşılaştırılmıştır [30]. Gene Fransa'nın Bordeaux bölgesinde çalışan 65 yaş ve üstü 2104 birey arasında yapılan çalışma sonucu PM<sub>10</sub> ile öksürük arasında bir ilişki bulunmuştur [31]. İtalya'da yapılan iki bağımsız çalışma ise, özellikle kış mevsiminde yoğunluğu artan ince partikül maddeler (PM<sub>2,5</sub>) ile o dönemde ortaya çıkan akciğer hastalıklarında artış olduğunu göstermiştir [32]. Partikül maddeden kaynaklanan hava kirliliğine maruz kalanların kalp rahatsızlığı varsa nefes darlığı yaşayabileceği, normal sağlıklı bireylerin ise solunum yolu enfeksiyonlarına yakalanma riskini artacağı bildirilmiştir [33]. Hindistan'da bulunan Mumbai, (Bombay) 12 milyondan fazla bir nüfusa sahip mega bir şehir olarak tarif edilmiştir. Burada yapılan bir çalışma ile partikül madde (PM<sub>10</sub>) ve azotdioksit (NO<sub>2</sub>) sağlık üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda bu kirleticilerin öksürük, nefes darlığı, hırıltılı solunum, soğuk algınlığı, alerjik rinit, kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi çeşitli hastalıklara neden olduğu bildirilmiştir [34]. İngiltere'nin kuzey kesiminde kentsel hava kirliliğinin neden olduğu sağlık sorunları, o bölgede yaşayanların yaş grupları açısından analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda özellikle 70-79 yaş grubu kişilerin, PM<sub>10</sub> ve O<sub>3</sub> kirleticileri yüzünden hastaneye gittikleri bildirilmiştir [35].

Yapılan çalışmalar sonucunda PM kirleticisinin esas kaynakları; yakıtların yanması, dizel motorlar, endüstri tesisleri, enerji ve yakma tesisleri, inşaat faaliyetleri, yangınlar ve rüzgarlar olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş'ta yapılan araştırmada PM<sub>10</sub> emisyonunu oluşturan en büyük etkenin endüstriyel kuruluşlar olduğu belirlenmiştir. Çünkü bölgede mevsimlere göre kirletici konsantrasyonunda büyük değişimler görülmemiş; yaz ve sonbahar aylarında birbirine yakın sonuçları elde edilmiş, kışın ise az da olsa bir miktar artış görülmüştür. Bu durumun sebebi olarak da endüstriyel kuruluşlara ek olarak ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımının artması gösterilmiştir [17].

Marmara Bölgesinin 2015-2016 yıllarındaki kış sezonu hava kalitesi değerlendirilmiş ve PM<sub>10</sub> kirleticisi bakımından Bursa ili en sağlıksız nokta olarak belirlenmiştir. Bu

bölgede görülüne kirliliğin nedeni; ilde bulunan yoğun sanayi ve kalabalık nüfus gösterilmiştir. İldeki hakim rüzgar yönü ve rüzgarın hızı şehirdeki partikül madde yoğunluğunun azalmasında ne yazık ki etkili olmadığı sonucuna varılmıştır [18].

Bir diğer yapılan çalışmada ise, Doğu illerine ait 2014 yılı günlük PM<sub>10</sub> verileri analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre; Doğu Anadolu Bölgesinde kışın PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek değerine ulaşırken Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yazın PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Analiz sonucunda Doğu Anadolu Bölgesinde PM<sub>10</sub> kirletici konsantrasyonunun yüksekliğinin ısınma kaynaklı olabileceği buna karşın Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yazın görülen PM<sub>10</sub> kirletici konsantrasyonunun yüksekliğinin güneyden gelen toz taşınımının neden olduğu bildirilmiştir [36].

Aynı şekilde Türkiye genelinde PM kirlilik dağılımına bakıldığında, bu çalışmayı destekler nitelikte doğu bölgelerinde PM kirletici konsantrasyonunun ülke genelinden biraz daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeni olarak da yaz aylarında artan sıcaklıkla birlikte nem oranının düşük olduğu bu kurak bölgelerde özellikle rüzgarında etkisiyle partikül maddelerin havada taşınımı daha kolay ve daha yüksek miktarda gerçekleşmesi gösterilmiştir [20].

Partikül maddeler (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>); civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metalleri bünyelerinde taşıdıkları için kanserojen madde olarak kabul edilmektedir. Başta PM<sub>2.5</sub> konusunda AB limit değeriyle uyumlu bağlayıcı yasal mevzuat oluşturulması ve PM<sub>2.5</sub> ölçümlerinin tüm ülke genelinde yapılmaya başlanması gerekmektedir. PM kaynaklanan hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri olan kömüre dayalı enerji üretimi yerine yenilenebilir enerji üretimi teşvik edilmeli aynı şekilde kömürle ısınma yerine doğal gazla ısınma yolu yaygınlaştırılmalıdır. Ulaşımında toplu taşımaya ağırlık verilerek trafikten kaynaklı emisyon azaltılmalı; şehir genişlerken hakim rüzgar yönü ve diğer şehirlerden gelebilecek olan kirletici taşınımı dikkate alınarak planlı ve sürdürülebilir şehirleşme yapılmalıdır.

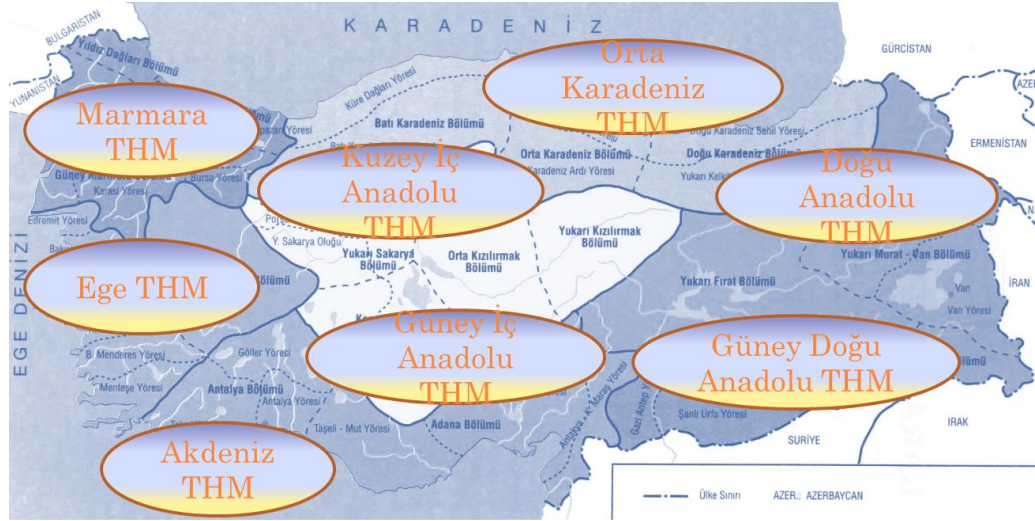
## **1.2. Hava Kalitesi İzleme Ağı**

Hava kalitesi hakkında insanların doğru bilgilendirilmesi ile sağlıklı bir çevrede yaşayabilmesi için alınması gereken önlemlerin tespit edilmesi, çevre mevzuatı

kapsamında hava kalitesinin korunması ve yönetimi ile ilgili yükümlülüklerin yerine getirilebilmesi ve yetkili mercilerin doğru karar oluşturmaları için hava kalitesinin doğru bir şekilde ölçülmesi gereklidir. Bu da bütün illerimizde hava kirliliği politikalarının oluşturulması ile sağlanabilir. Hava kirleticilerinin canlı ve cansız çevre üzerinde olumsuz etki oluşturmaması için en kısa sürede kirlilik seviyesinin tespit edilmesi ve bunun içinde doğru ölçüm yapılması gerekir ki bu da ancak hava kalitesinin tam otomatik cihazlarla izlenmesi ile sağlanabilir. İşte bu yaklaşımdan yola çıkarak hava kalitesi izleme istasyonları ülkemizde kurulmaya başlanmıştır.

2005 yılından önce hava kalitesi ölçümleri yarı otomatik cihazlarla Sağlık Bakanlığı tarafından yapılmıştır. Daha sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından öncelikle hava kirliliğinin yoğun olduğu iller dikkate alınarak 2005 yılında 36 ilde, 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava izleme istasyonu kurulmuş ve böylece ‘Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’ oluşturmuştur. Bu istasyonlara ek olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesine ait 10, İzmir Büyükşehir Belediyesine ait 6 ve Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi’ne ait 1 adet olmak üzere toplamda 17 istasyon daha sisteme dahil edilmiştir. 16 Mart 2009 tarihinde imzalanan protokol kapsamında Ankara’da bulunan 8 adet istasyon Sağlık Bakanlığında Çevre ve Şehircilik Bakanlığına geçmiştir. Bugün itibarıyla ‘Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’ toplamda 195 sabit ve 4 adet mobil istasyona sahiptir. Mevcuttaki istasyonların hepsinde SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> parametreleri bazılarında ek olarak azotoksitler (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), CO ve O<sub>3</sub> ölçümleri yapılabilmektedir [11].

Hava kalitesi izleme istasyonlarının tek elden yönetilmesi yerine etkin ve verimli bir yönetim için Türkiye genelinde İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Erzurum, Samsun, Konya ve Diyarbakır olmak üzere 8 adet ‘Temiz Hava Merkezi’ kurulması ve toplamda 330 adet istasyona ulaşılması hedeflenmektedir. Türkiye Temiz Hava Merkezleri; Şekil 1.7’de ve istasyon bilgileri Tablo 1.6’da verilmiştir [37].



Şekil 1.7. Türkiye Temiz Hava Merkezleri [37]

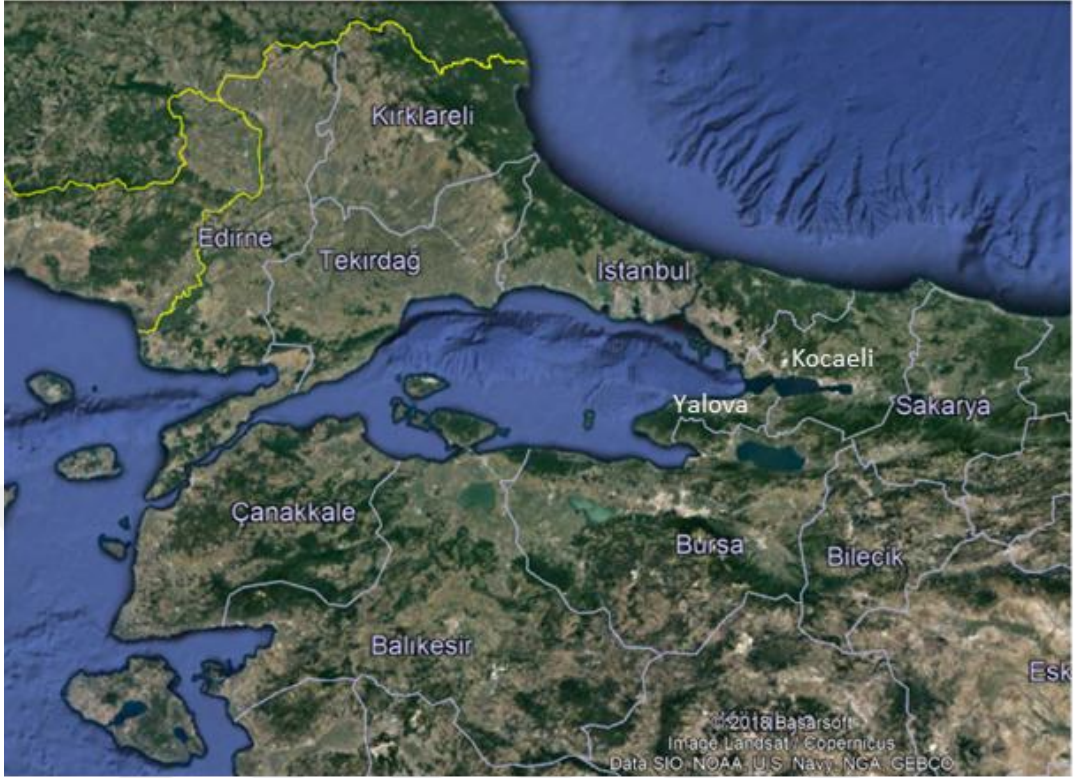
Tablo 1.6. Türkiye Temiz Hava Merkezi istasyonları [37]

Marmara Bölgesi	Ege Bölgesi	Kuzey İç Anadolu Bölgesi	Güney İç Anadolu Bölgesi	Orta Karadeniz Bölgesi	Doğu Anadolu Bölgesi	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	Akdeniz Bölgesi
1. Balıkesir	1. Aydın	1. Ankara	1. Afyon	1. Amasya	1. Ağrı	1. Adıyaman	1. Adana
2. Bilecik	2. Denizli	2. Kırıkkale	2. Aksaray	2. Çorum	2. Ardahan	2. Batman	2. Gaziantep
3. Bursa	3. İzmir	3. Kırşehir	3. Antalya	3. Giresun	3. Artvin	3. Bingöl	3. Hatay
4. Çanakkale	4. Manisa	4. Yozgat	4. Burdur	4. Ordu	4. Bayburt	4. Bitlis	4. K. Maraş
5. Edirne	5. Muğla	5. Kütahya	5. Isparta	5. Samsun	5. Erzincan	5. Diyarbakır	5. Kilis
6. İstanbul	6. Uşak	6. Eskişehir	6. Karaman	6. Sinop	6. Erzurum	6. Elazığ	6. Mersin
7. Kırklareli		7. Bolu	7. Kayseri	7. Sivas	7. Gümüşhane	7. Hakkâri	7. Osmaniye
8. Kocaeli		8. Düzce	8. Konya	8. Tokat	8. Iğdır	8. Malatya	
9. Sakarya		9. Zonguldak	9. Nevşehir		9. Kars	9. Mardin	
10. Tekirdağ		10. Karabük	10. Niğde		10. Rize	10. Muş	
11. Yalova		11. Bartın			11. Trabzon	11. Siirt	
		12. Kastamonu				12. Şanlıurfa	
		13. Çankırı				13. Şırnak	
						14. Tunceli	
						15. Van	

### 1.2.1. Marmara Bölgesi hava kalitesi izleme ağı

Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü (MTHMM), 10 Mayıs 2008 tarih ve 26872 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla AB ile Ülkemizin ortak finanse ettiği ‘Marmara Bölgesinde Hava Kalitesi Alanında Kurumsal Yapılanma Projesi kapsamında İstanbul’da kurulmuştur. Amacı; hava kalitesi ile ilgili bilgileri toplamak ve uyarı eşikleri hakkında halkın bilgilendirilmesini sağlamak, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak/önlemektir. Kurum, Marmara Bölgesinde bulunan tüm hava kalitesi izleme istasyonlarının kurulumundan bakımına, onarımından işletilmesine kadar her şeyinden sorumludur. Kurumun görev alanına giren iller; İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Edirne, Tekirdağ, Kırklareli, Bilecik, Balıkesir, Sakarya ve Çanakkale'dir [38].

MTHMM görev alanına giren iller Şekil 1.8’de verilmiştir



Şekil 1.8. MTHMM görev alanına giren iller [11]

Marmara Bölgesi, Türkiye'nin %8,5 karşılık gelmektedir. İklim ve bitki örtüsü bakımından hem Akdeniz hem Karadeniz hem de karasal iklim görülmektedir. Bölgede Akdeniz yağış rejiminin hafif hali görülür. Kıyılarda belli bir yüksekliğe kadar maki varken daha yükseklerde ormanlar yer alır. Marmara Bölgesinde dağlık alanlar fazla yer kaplamadığı için sade bir yapıya sahiptir. Bölgedeki dağlar, devamlı sıra dağlar olmadığı için Balkanlardan gelen soğuk ve sıcak hava akımları bölgeyi oldukça etkiler. Bu özellikleri yüzünden benzersiz bir coğrafi yapıya sahiptir [38].

Marmara Bölgesi, Türkiye'deki kentleşme oranı en yüksek bölge olup; Türkiye nüfusunun yaklaşık dörtte biri burada bulunmaktadır. Bu yüzden nüfus yoğunluğu, Türkiye ortalamasının çok üzerindedir. Bölge nüfusunun hızla artmasının en önemli nedeni bölgeye Anadolu'dan gelen göçlerdir. İstanbul, Kocaeli ve Bursa bölgenin en kalabalık şehirleridir.

Marmara Bölgesinde boğazların bulunması, özel coğrafi konumu, ulaşımın kolay ve yer şekillerinin yaşamaya elverişli olması yüzünden güçlü bir ekonomik yapıya ve kalabalık bir nüfusa sahiptir. Bölge başlıca ekonomik kaynaklar; sanayi ve ticarettir. Bölgede ekili-dikili alan ve tarımsal üretim fazla olmasına rağmen kalabalık nüfus yüzünden diğer bölgelerden önemli ölçüde tarım ürünü alır.

Marmara Bölgesinin başlıca çevre sorunlarından biri; hava kirliliğidir. Hava kirliliği kaynakları konutlar, sanayi tesisleri ve trafiktir. Bu emisyonların zaman, uzaklık ve meteorolojik koşulların etkisi ile miktarının ve özelliğinin nasıl değiştiği takip edilmesi gereken bir unsur olduğu için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Marmara Bölgesi'nde toplam 11 ilde (İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Edirne, Tekirdağ, Kırklareli, Bilecik, Balıkesir, Sakarya ve Çanakkale) 2018 yılı itibariyle toplam 60 adet hava izleme istasyonu kurulmuştur. Bu istasyonlar; trafik, sanayi, ısınma ve kırsal olarak 4 farklı gruba ayrılmıştır. Gruplara göre ölçülen hava kirlleticileri farklılık gösterse de çoğu istasyonda PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçümü yapılmaktadır.

Marmara Bölgesi'nde bulunan istasyonların türleri Tablo 1.7'de verilmiştir [38].

Tablo 1.7. Hava izleme istasyonlarının türlerine göre dağılımları [38]

NO	İL	İSTASYON	TİP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	BTX	LoVol	Met	
1	Balıkesir	BANDIRMA	ISINMA	1		1	1					1	
2		ERDEK	KIRSAL			1	1	1				1	
3		BALIKESİR (UHKİA)	ISINMA	1			1						
4		BALIKESİR TRAFİK	TRAFİK	1		1			1				
5		EDREMİT	ISINMA	1		1	1	1				1	
6	Bilecik	BOZÜYÜK	ISINMA	1		1	1					1	
7		BİLECİK (UHKİA)	ISINMA	1			1				1	1	
8	Bursa	KÜLTÜRPARK	ISINMA			1	1	1				1	
9		BEYAZIT CAD.	TRAFİK	1		1	1		1	1			
10		ULUDAĞ ÜNİV.	ISINMA		1	1	1	1				1	
11		KESTEL	SANAYİ	1		1	1					1	1
12		İNEGÖL	SANAYİ	1		1	1					1	1
13		BURSA (UHKİA)	ISINMA	1			1					1	1
14	Çanakkale	LAPSEKİ	KIRSAL		1	1	1	1				1	
15		ÇAN	ISINMA	1		1	1	1				1	
16		ÇANAKKALE (UHKİA)	ISINMA	1			1						

Tablo 1.7. (Devam) Hava izleme istasyonlarının türlerine göre dağılımları [38]

NO	İL	İSTASYON	TİP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	BTX	LoVol	Met
17	Edirne	KARAAĞAÇ	KIRSAL		1	1	1	1				1
18		KEŞAN	ISINMA	1	1	1	1	1				1
19		EDİRNE (UHKİA)	ISINMA	1			1					
20	İstanbul	MTHM	EĞİTİM	1	1	1	1	1	1	1	2	
21		ŞİLE	KIRSAL	1		1		1				1
22		SİLVİRİ	ISINMA	1	1	1		1				1
23		SULTANGAZİ	ISINMA			1	1	1				1
24		KAĞITHANE	ISINMA		1	1	1	1		1		1
25		SULTANBEYLİ	ISINMA			1	1	1		1		1
26		ESENYURT	ISINMA	1		1	1	1				1
27		BAŞAKŞEHİR	SANAYİ	1		1	1	1	1		1	1
28		ÜMRANİYE	TRAFİK	1	1	1	1		1	1		
29		MECİDİYEKÖY	TRAFİK	1		1			1	1		
30		ŞİRİNEVLER	TRAFİK	1		1	1		1	1		
31		ÜSKÜDAR	TRAFİK	1		1			1	1		
32		KANDİLLİ	GEMİ TRAFİĞİ	1		1	1		1	1		1
33		Mobil Araç	İSTANBUL		1	1	1	1	1	1		1
34	Kırklareli	LİMANKÖY	KIRSAL	1		1	1	1				1
35		LÜLEBURGAZ	SANAYİ	1		1	1				1	1
36		KIRKLAERLİ (UHKİA)	ISINMA	1			1				1	1
37	Kocaeli	İZMİT	TRAFİK	1		1			1	1		
38		KÖRFEZ	SANAYİ	1		1	1	1		1	1	1
39		ALİKAHYA	ISINMA	1		1	1				1	1
40		GÖLCÜK	ISINMA		1	1	1	1				1
41		YENİKÖY	ISINMA	1		1	1	1				1
42		KANDIRA	KIRSAL	1	1	1		1				1
43		KOCAELİ (UHKİA)	ISINMA	1			1				1	1
44		GEBZE	ISINMA	1		1	1	1				1
45		GEBZE OSB	SANAYİ		1	1	1	1		1		1
46	Kocaeli-Dilovası	DİLOVASI (UHKİA)	ISINMA	1		1	1	1				
47		İMES OSB1	TESİS ETKİ ALANI	1		1			1			1
48		İMES OSB2	TESİS ETKİ ALANI	1		1			1			1



Tablo 1.7. (Devam) Hava izleme istasyonlarının türlerine göre dağılımları [38]

NO	İL	İSTASYON	TİP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	BTX	LoVol	Met
49	Sakarya	MERKEZ	TRAFİK	1		1			1	1		
50		OZANLAR	ISINMA		1	1	1	1				1
51		SAKARYA (UHKİA)	ISINMA	1			1				1	1
52		HENDEK OSB	SANAYİ		1	1	1	1		1		1
53	Tekirdağ	MERKEZ	TRAFİK	1		1	1		1	1		
54		ÇERKEZKÖY	SANAYİ	1	1	1	1		1		1	1
55		TEKİRDAĞ (UHKİA)	ISINMA	1			1					
56		ÇORLU	ISINMA	1		1	1	1				1
57		ÇORLU OSB	SANAYİ		1	1	1	1		1		1
58	Yalova	ALTINOVA	ISINMA		1	1	1	1				1
59		ARMUTLU	KIRSAL	1	1	1	1	1				1
60		YALOVA (UHKİA)	ISINMA	1			1				1	1
61	KALİBRASYON LABORATUVARI					1	1	1	1			
TOPLAM				46	18	51	51	32	17	16	16	45

Ülkemizde hava kirliliği ile ilgili olarak 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan ‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’ geçerlidir. Yönetmelik gereğince hava kirleticileri 2019 yılına kadar kademeli olarak azaltılacak ve en sonunda AB hava limit değerlerine ulaşılması sağlanacaktır.

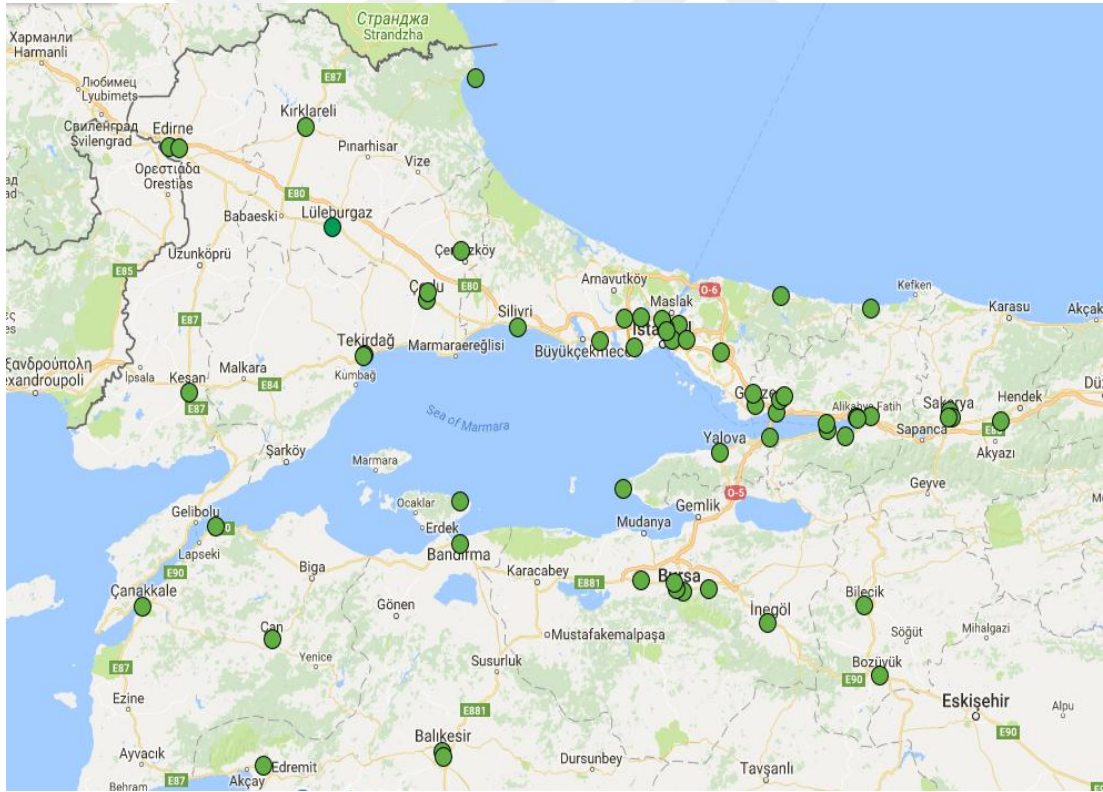
Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 09.09.2013 tarihinde yayınladığı 2013/37 sayılı ‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi’ ile ülkemizde bulunan şehirlerin ‘Temiz Hava Eylem Planlarının’ hazırlanması ve illerdeki hava kirliliğinin azaltılması sorumluluğu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine verilmiştir. Genelgenin eki olan EK-III’e göre yüksek kirlilik potansiyeline sahip olan 60 ilin ‘Temiz Hava Eylem Planlarını’ Bakanlığa göndermeleri ve kamuoyu ile paylaşmaları gerekmektedir.

İllere göre kurulan istasyon sayısı Tablo 1.8’de verilmiştir [38].

Tablo 1.8. İllere göre kurulan istasyon sayısı [38]

No	İstasyonun Bulunduğu İl	İstasyonun Kurulduğu Yer	İstasyon Sayısı
1	İstanbul	Müdürlük binası, Başakşehir, Kağıthane, Silivri, Sultanbeyli, Sultangazi, Esenyurt, Şile, Ümraniye, Mecidiyeköy, Şirinevler, Üsküdar, Kandilli	13
2	Kocaeli	Kocaeli, Dilovası (3 adet), Alikahya, Körfez, Gölcük, Yeniköy, Kandıra, İzmit-Trafik, Gebze, Gebze OSB	12
3	Bursa	Bursa, İnegöl, Uludağ Üniversitesi, Kestel, Kültür Park, Beyazıt Cd.	6
4	Yalova	Yalova, Armutlu, Altınova	3
5	Edirne	Edirne, Karaağaç, Keşan	3
6	Tekirdağ	Tekirdağ, Çerkezköy, Trafik, Çorlu, Çorlu OSB	5
7	Kırklareli	Kırklareli, Lüleburgaz, İğneada, Vize	4
8	Bilecik	Bilecik, Bozüyük	2
9	Balıkesir	Balıkesir, Bandırma, Erdek, Edremit, Merkez Trafik	5
10	Sakarya	Sakarya, Ozanlar Mah., Trafik., Hendek OSB	4
11	Çanakkale	Çanakkale, Lapseki, Çan	3

MTHMM bağlı istasyonların haritada gösterimi Şekil 1.9'da verilmiştir [38].

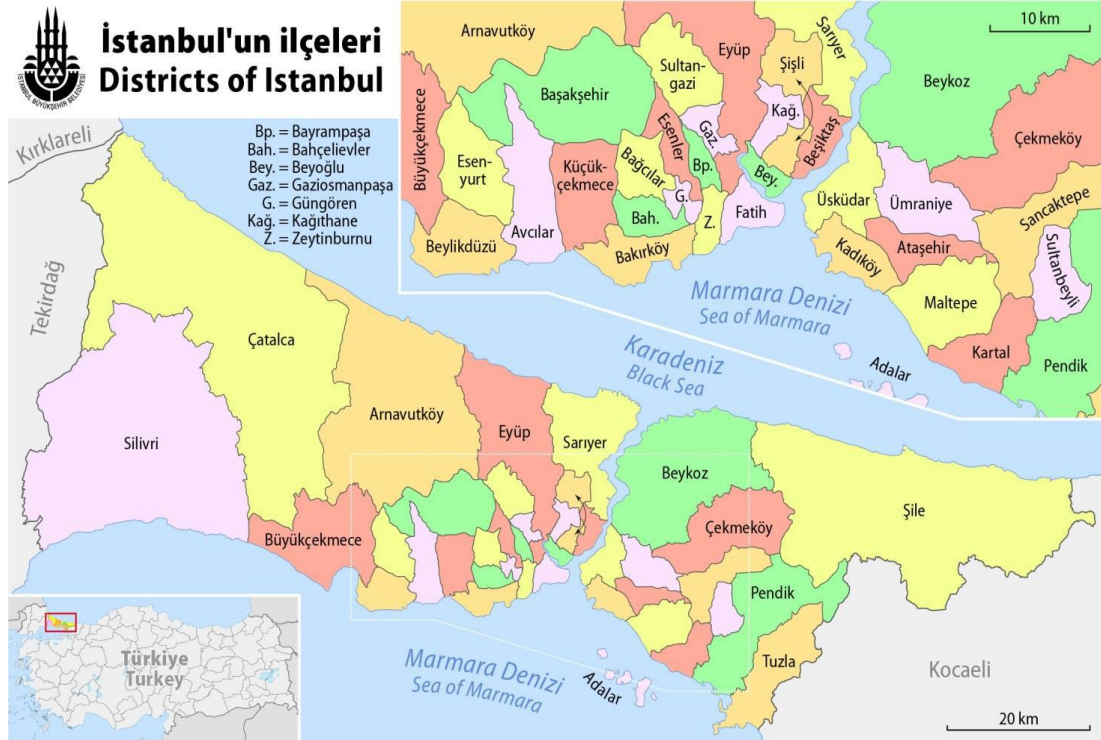


Şekil 1.9. MTHMM bağlı hava izleme istasyonları [38]

### 1.2.1.1. İstanbul

İstanbul; ticaret, ulaşım ve turizm açısından en önemli noktalardan biri olup üç tarafını Marmara Denizi, Boğaziçi ve Haliç'in sardığı bir yarımada üzerinde yer alır. Konumu itibariyle 28°01' ve 29°55' doğu boylamları ile 41°33' ve 40°28' kuzey enlemleri arasında bulunur. Şehrin yüzölçümü; 5712 km<sup>2</sup>'dir [39].

İlin kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Kocaeli Sıradağları, güneyinde Marmara Denizi ve batısında ise Ergene Havzası bulunmaktadır. İstanbul; Türkiye'nin en fazla ve hızlı artan nüfusuna sahiptir. İstanbul'da idari açıdan 14'ü Anadolu, 25'i Avrupa tarafında olmak üzere toplam 39 ilçesi vardır [40]. 2016 yılı il nüfusu yaklaşık; 14.804.116 kişi olup nüfus yoğunluğu 2.849 kişi/km<sup>2</sup>'dir. [41].



Şekil 1.10. İstanbul İli ve ilçeleri [41]

İstanbul'un gelişmesi daha çok doğu-batı yönünde görülmektedir. Bunun temel nedeni, ilin kuzey rüzgarlarından korunarak ısı ve iklim farklılığını en aza indirmek istemesidir. Bu şekilde yerleşim alanları Boğaz ve güney sahilleri boyunca genellikle güneye yönelerek genişlemiştir [39].

İstanbul şehrinin gelişmesi daha çok yayılma ve saçaklanma şeklinde olmuştur. Bu gelişim yer yer su havzalarını yer yer de ormanlık alanları tehdit eder duruma getirmiştir. Anadolu yakasında başlayan kuzeydeki Sarıgazi, Alemdar, Samandıra, Sultançiftliği, Sultanbeyli, Yenidoğan, Çavuşbaşı köyü gibi yerleşim yerleri İstanbul'un çevre kirliliğine neden olmaya başlamıştır. Avrupa yakasında da Çatalca yolu üzerindeki yerleşimler ile Arnavutköy ve civarı İstanbul'un çevresi için aynı şekilde olumsuz bir etkiye sahiptir [40].

İstanbul ili kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak geçen ılıman iklim kuşağındadır. Kuzeyinde Karadeniz iklimi hakimken diğer kesimlerinde Akdeniz iklimi görülür. İstanbul'un hakim rüzgarı; Poyraz'dır. İstanbul'da yıllık ortalama nem oranı %68 olup en sıcak aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos; en soğuk aylar ise Aralık, Ocak ve Şubat'tır [39].

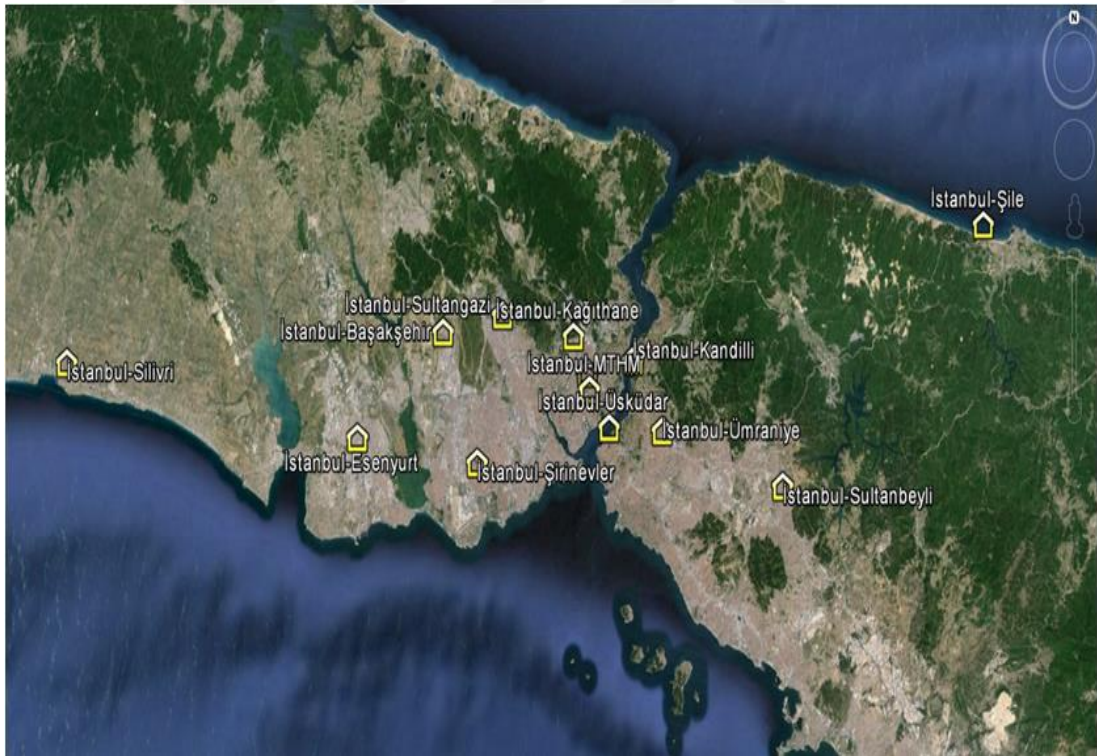
İstanbul'da çoğunlukla küçük sanayi tesisleri ve OSB'ler bulunmaktadır. Yalnız bunların bir kısmı çarpık kentleşme nedeniyle yerleşim alanlarının arasında kalmıştır. Bu bakımdan İstanbul'da; Avrupa bölgesinde 2 ve Anadolu bölgesinde 6 olmak üzere toplam 8 adet OSB ile Avrupa bölgesinde 5 ve Anadolu bölgesinde 4 olmak üzere toplam 9 adet Küçük Sanayi Sitesi yer almaktadır. Avrupa yakasında başta sanayi Küçükçekmece olmak üzere Büyükçekmece ve Bağcılarda; Anadolu yakasında ise Ümraniye ve Tuzla'da gelişmiştir. Toplam sanayi sektörünün; %26'sı Anadolu ve %74'ü Avrupa yakasında yer almaktadır. Tuzla, İkitelli ve Dudullu OSB ilin en önemli sanayi merkezleridir.

İstanbul'da hava kirliliğinin başlıca sebepleri şu şekilde sıralanabilir: Anadolu'dan aldığı göçle beraber nüfusun her geçen gün artması, çarpık kentleşmesi, fosil yakıtların kullanımı, binalarda ve konutlarda ısı izolasyonunun olmayışı, endüstride enerji kaynağı olarak eski tip cihazların kullanılması ve buna paralel olarak kirleticilerin havaya kontrollü bir şekilde salınmaması, trafiğe çıkan araç sayısının her geçen gün artmasıdır [40].

İstanbul özellikle 1980'li yılların sonlarından itibaren, ısınma ve sanayide fosil yakıt kullanımının artması sonucu PM ve SO<sub>2</sub> kirleticilerine maruz kalmıştır. Özellikle 1990'lı yılların başında kış döneminde ilde sokağa çıkma yasakları uygulanmış, yayın kanallarından zehir raporları halka verilmiştir. Bunların içinde en önemlisi 1993 Ocak

ayında şehrin Avrupa bölgesinde acil durum ilan edilerek okulların kapanmasıdır. Çevre Kanunu ve beraberinde yürürlüğe giren ilk Hava Kirliliğini Kontrol Yönetmeliği ile ilde düşük kaliteli kömür kullanımı kısıtlanmıştır. 1992 yılında doğalgaz dağıtımına başlaması beraber birincil PM ve SO<sub>2</sub> seviyelerinde önemli bir düşüş görülmüştür. Fakat aynı zamanda 1980'lerde 0,3 milyon civarında olan kayıtlı araç sayısının her geçen gün artmasıyla beraber havadaki trafikten kaynaklı PM ve NO<sub>2</sub> kirletici seviyelerinde artışlar yaşanmaya başlanmıştır [40].

İstanbul'un 2017 yılındaki verilerine göre; trafikte 3 milyon 571 bin kayıtlı araç bulunmaktadır [41]. Günümüzde hızlı artan bu araç sayısı yüzünden trafik kaynaklı hava kirliliği artmış, bu emisyonları azaltmak için yapılması gereken çalışmalara ağırlık verilmiş; toplu taşımaya yönelik altyapı yatırımları önem kazanmıştır. İstanbul'da MTHMM bağlı 13 adet istasyon bulunmaktadır [40].



Şekil 1.11. İstanbul'da bulunan hava izleme istasyonları [40]

Tablo 1.9. İstanbul İlinde bulunan hava izleme istasyonları [41]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	Met	LoVol
1	41°3'15.06"K	28°59'50.36"D	MTHM	1	1	1	1	1	1		2
2	41°10'13.65"K	29°33'20.11"D	Şile	1		1		1		1	
3	41°4'23.58"K	28°15'20.11"D	Silivri	1	1	1		1		1	
4	41°6'27.78"K	28°52'27.54"D	Sultangazi			1	1	1		1	
5	41°5'32.48"K	28°58'29.27"D	Kağıthane		1	1	1	1		1	
6	40°59'4.25"K	29°16'7.82"D	Sultanbeyli			1	1	1		1	
7	41°1'12.72"K	28°40'10.27"D	Esenyurt	1		1	1	1		1	
8	41°5'43.82"K	28°47'23.46"D	Başakşehir	1		1	1	1	1	1	1
9	41°1'27.95"K	29°5'59.05"D	Ümraniye	1	1	1	1		1		
10	41°3'57.57"K	28°59'39.58"D	Mecidiyeköy	1		1			1		
11	41°0'8.81"K	28°50'19.21"D	Şirinevler	1		1	1		1		
12	41°1'37.41"K	29°1'29.67"D	Üsküdar	1		1			1		
13	41°4'28.66"K	29°3'32.37"D	Kandilli	1		1	1		1	1	
Toplam Cihaz Sayısı				10	4	13	9	8	7	8	3



Şekil 1.12. İstanbul-Esenyurt Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.13. İstanbul-Üsküdar Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.14. İstanbul-Şile Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.15. İstanbul-Kağıthane Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.16. İstanbul-Ümraniye Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.17. İstanbul MTHMM Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.18. İstanbul-Şirinevler Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.19. İstanbul-Mecidiyeköy Hava İzleme İstasyonu [11]



### 1.2.1.2. Kocaeli

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde, 40°31'-41°13' kuzey enlemi, 29°22'-30°21' doğu boylamı arasında yer almakta olup; doğu ve güneydoğuda Sakarya, güneyde Bursa, batıda Yalova, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. İlin toplam yüzölçümü 3626 km<sup>2</sup>'dir [39]. Biri Büyükşehir diğerleri İlçe Belediyesi olmak üzere toplam 13 Belediyesi bulunmaktadır [42]. 2016 yılı il nüfusu 1.830.772 kişi olup nüfus yoğunluğu 507 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %28,3'dir [41].

İlin İstanbul gibi büyük bir metropole yakın olması, Marmara Denizi ve Karadeniz'e bağlantısının bulunması; ulaşım, ticaret, sanayi ve lojistik merkezi olarak gelişmesinin başlıca nedenleri olarak sıralanabilir. İlde demiryolu ulaşımının yanı sıra D-100 ve TEM otoyolu bağlantıları da bulunmaktadır.

Kocaeli'nde Akdeniz ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi görülmektedir. İlde yazlar sıcak ve az yağışlı; kışlar yağışlı, zaman zaman karlı ve soğuk geçer. Yıllık ortalama sıcaklık; 14,8°C' olarak kabul edilmektedir. İlde daha ziyade Haziran ile Eylül ayları arasında sıcaklık yükselir. Yıllık ortalama yağış miktarı Karadeniz kıyısında 1.000 mm'yi aşarken güneye doğru gidildikçe bu miktar azalır ve İzmit'te 800 mm'nin altına düşer. Rüzgârlar kışın kuzey ve kuzeydoğudan, yazları ise kuzeydoğudan eser. Genellikle ilde dağların yukarısında iğne, aşağılarında ise geniş yapraklı ağaçlar görülmektedir. Denize yaklaştıkça daha çok makiye cinsine rastlanılmaktadır [39].

Kocaeli ili, İzmit Körfezi gibi doğal bir limana sahip olduğu için deniz ulaşımı bakımından oldukça gelişmiştir. Ülke sanayisinin %20'lik bir bölümünün bu bölgede olmasının nedeni budur. Aynı zamanda ilin İstanbul gibi büyük metropol ve ticaret merkezine yakın olması, Marmara'ya ve Karadeniz'e kıyısının bulunması yüzünden transit karayolu taşımacılığının da gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu yüzden ülkemizde bulunan toplam üretim sanayisinin %13'ü bu şehirde yapılmaktadır.

Bölgede yoğun olarak metal endüstrisi bulunmaktadır. Bununla birlikte kimya ve kağıt endüstrisi de diğer gelişen sanayi dallarıdır. Sanayileşmenin başlangıcında sanayi kuruluşları Yarımca, Merkez ve Körfez'in doğu kesimini tercih ederken, son yıllarda

Dilovası ve Gebze'ye doğru bir yayılma başlanmıştır. Dilovası'nda özellikle demir-çelik izabe tesisleri ile boya ve kimya sanayilerinin bulunması bölgenin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı yüzünden ciddi bir hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca bu bölgede sanayileşmenin bir sonucu olarak göç akını ve çarpık kentleşmede çok fazla görülmektedir.

2016 yılı itibari ile, ildeki Sanayi Siciline kayıtlı sanayi kuruluşlarının sayısı 2787 olmuştur. Kocaeli ilinde toplamda 12 adet OSB, 7 adet Küçük Sanayi Sitesi, 2 adet Serbest Bölge ve 4 adet Teknoloji Geliştirme Bölgesi yer almaktadır. Bölgede bulunan TÜPRAŞ, Ortadoğu'nun en büyük rafinerisidir. Bunun haricinde ilde tehlikeli atık yakma, tekstil, makine, maden, metal, gıda, ahşap, kömür tesisleri, 2 çimento, 2 demir-çelik, 2 otomotiv, 5 kereste, 3 deterjan, 2 gübre, 3 araba lastiği fabrikası bulunmaktadır. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği gereği şikayetin yoğun olduğu bölgelerde bulunan tesislerin bacalarına sürekli ölçüm cihazı takılarak takip edilmektedir. İlde doğal gaz kullanımını yaygın olmasına karşın ithal kömürün %60'ı ülkemize Kocaeli'nden girmektedir [42]. Kocaeli'nde 2017 yılındaki en son verilere göre trafikte 379 bin 932 kayıtlı araç sayısı bulunmaktadır [41].

Kocaeli'ndeki hava kirliliğinin en büyük nedeni antropojenik kaynaklıdır. Bu kaynaklar daha çok sabit olup ısınma, sanayi ve madencilik faaliyetleri sonucu oluşmaktadır. İlin konumu gereği trafik kaynaklı kirlilik de oldukça fazla görülmektedir.

Kocaeli'nde Dilovası ve İzmit'te 3; İzmit, Alikahya, Gölcük, Kandıra, Körfez ve Yeniköy de 6; İMES OSB 2 ve 1 adet seyyar ölçüm cihazı olmak üzere toplamda 12 adet istasyon bulunmaktadır.

Kocaeli'nde bulunan istasyonlar Şekil 1.20'de verilmiştir [42].



Şekil 1.20. Kocaeli’nde bulunan hava izleme istasyonları [42]

Kocaeli ilinde bulunan istasyonlarının yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.10’da verilmiştir [42].

Tablo 1.10. Kocaeli İlinde bulunan hava izleme istasyonları [42]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°46'13.39"K	30°00'25.75"D	Alikahya	x		x	x			x
2	40°46'01.57"K	29°56'04.69"D	İzmit/Çınarlı	x		x			x	x
3	41°07'52.06"K	30°00'23.83"D	Kandıra	x	x	x		x		x
4	41°44'46.11"K	29°47'21.21"D	Körfez	x		x	x	x		x
5	40°42'14.93"K	29°53'03.83"D	Yeniköy	x		x	x	x		x
6	40°43'33.62"K	29°47'40.75"D	Gölcük		x	x	x	x		x
7	40°45'57.20"K	29°57'04.58"D	İzmit/Doğukışla	x			x			
8	40°47'19.40"K	29°32'13.80"D	Dilovası	x		x	x	x	x	x
9	40°47'18.82"K	29°31'31.01"D	Dilovası OSB	x		x	x	x	x	x
10	40°49'34.00"K	29°33'40.00"D	Dilovası İMES OSB 1	x		x			x	x
11	40°50'17.00"K	29°34'49.00"D	Dilovası İMES OSB 2	x		x			x	x



Şekil 1.21. İzmit-Doğukışla Hava İzleme İstasyonu [11]



Şekil 1.22. Dilovası Hava İzleme İstasyonu [11]

### 1.2.1.3. Bursa

Bursa 40<sup>0</sup> boylam ve 28–30<sup>0</sup> enlem daireleri arasında Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. İlin doğusunda Bilecik, kuzeydoğusunda Sakarya, kuzeyinde İzmit ve Yalova, güney ve güneybatısında Balıkesir, güneydoğusunda Kütahya illeri bulunmaktadır. Denizden yüksekliği 155m olan Bursa'da genelde ılıman bir iklim görülmektedir. Kuzeyde Marmara Denizi'nin yumuşak ve ılık iklimine karşılık güneyde Uludağ'ın sert iklimi ile karşılaşmaktadır. İlin en sıcak ayları temmuz–eylül, en soğuk ayları ise şubat–marttır. İlin yıllık ortalama yağış miktarı 706 mm'dir [39].

2016 yılı il nüfusu 2.901.396 kişi; nüfus yoğunluğu 278 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %12,1 olarak kabul edilmektedir [41]. Toplam yüzölçümü 10.819 km<sup>2</sup> olan Bursa'da toprakların %17'sini ovalar oluşturmaktadır. İlin yüzey şekilleri çoğunlukla dağlıktır. İlin sahip olduğu 135 km kıyı bandının sadece 22 km'lik kısmı kullanıma uygun olup, diğer kısmı yaşamaya elverişli değildir [39].

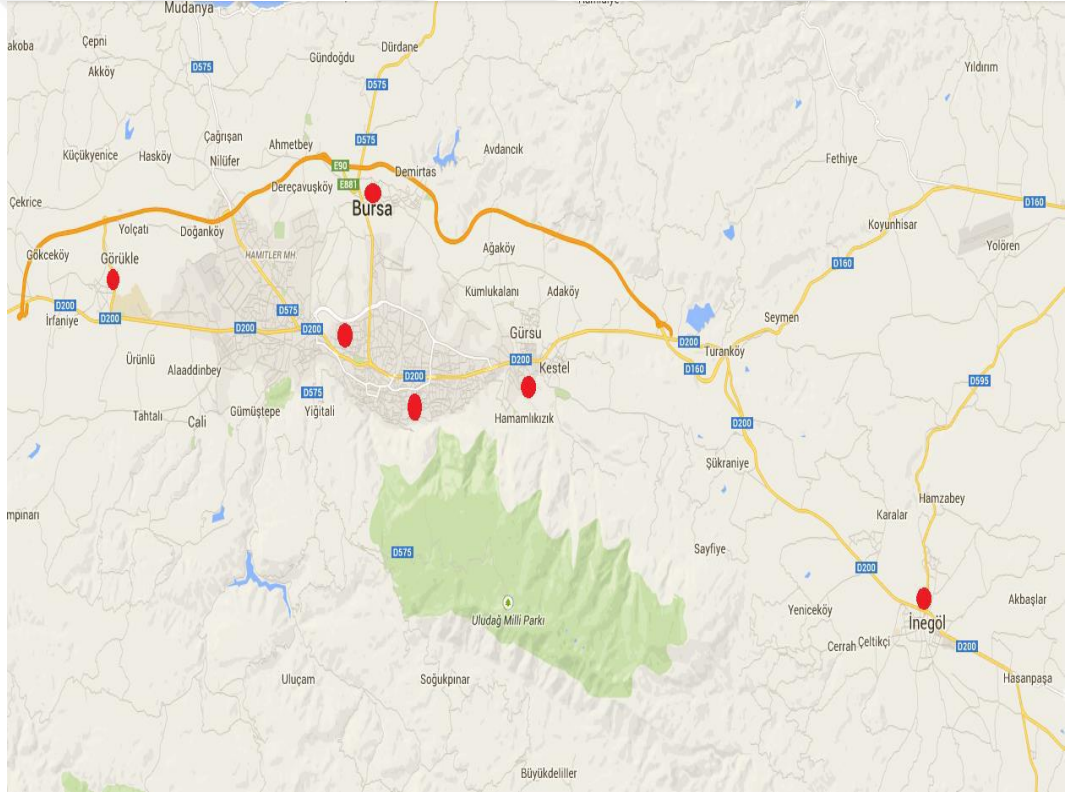
Bursa ili İstanbul'dan sonra Marmara Bölgesi'nin ikinci büyük şehridir. Coğrafi konumu nedeniyle büyük bir transit merkezi haline gelmiştir. Bursa kenti güneyde Uludağ ve kuzeyde verimli tarım alanları ile sınırlandırıldığından büyüme doğu-batı eksenini boyunca görülmekte, yeni kentsel alan 40 km kadar uzunlukta bir eksen etrafında yayılmaktadır. Bursa, Türkiye'nin ekonomik bakımdan en gelişmiş beşinci ili olarak kabul edilmektedir. Bursa'nın ekonomisi tarım, ticaret ve turizme dayanır [39]. Türkiye'nin 500 büyük firmasının 32'si Bursa'da bulunmaktadır. Büyüklü küçüklü 7.000 iş yeri ilde yer alır. Türkiye'nin üç otomobil fabrikasından 2'si olan Renault ve Tofaş burada bulunur. Deri ve plastik sanayisinde de oldukça gelişmiştir. Tekstil sektöründe öncü olan ilde 13 adet OSB bulunmaktadır [43].

Bursa'da 2017 yılındaki en son verilere göre trafikte kayıtlı olarak 788 bin 377 araç bulunmaktadır [41]. Bursa'da Çınarcık ve Boğazköy Hidroelektrik Santrali ile Çelikler-Orhaneli Termik Santrali bulunmaktadır.

Bursa'daki hava kirliliğinin; sanayi, trafik ve ısınma olmak üzere üç temel kaynağı vardır. Fiyat avantajı nedeniyle ısınma ve sanayi amaçlı kullanılan doğalgazın dışındaki fosil yakıtların yaygın kullanımı, sanayi tesisleri için alınması gerekli

tedbirlerin maliyetlerinin yüksek oluşu, araç sayısının her yıl artması sonucu egzoz gazı emisyonlarının artması, yenilenebilir enerji kaynaklarının yetersiz kullanımı, yapılardaki yetersiz yalıtım ve mobilya, tekstil üretim atıklarının ısınma amaçlı ve/veya açık alanlarda yakılarak bertaraf edilmesi bölgedeki hava kirliliği sorununun başlıca nedenleridir.

Bursa'da 6 adet hava izleme istasyonu bulunmaktadır. Bursa, Beyazıt, Kestel, Kültürpark, Uludağ Üniversitesi ve İnegöl istasyonları Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait olup, Bursa Büyükşehir Belediyesine ait olan Nilüfer ve Yıldırım istasyonları ise kapatılmıştır. Bursa'da bulunan istasyonları Şekil 1.23'de verilmiştir [43].



Şekil 1.23. Bursa'da bulunan hava izleme istasyonları [43]

Bursa'da bulunan istasyonların yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.11'de verilmiştir [43].

Tablo 1.11. Bursa İlinde bulunan hava izleme istasyonları [43].

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°14'03"	29°02'17"	Bursa	x			x			
2	40°13'24"	28°52'17"	Uludağ Üni.	x		x	x	x		
3	40°11'44"	29°02'45"	Kültürpark			x	x	x		
4	40°11'08"	29°04'49"	Beyazıt			x	x		x	
5	40°11'43"	29°12'19"	Kestel	x			x			
6	40°04'51"	29°30'00"	İnegöl	x		x	x			



Şekil 1.24. Bursa Hava İzleme İstasyonu [11]

#### 1.2.1.4. Yalova

Yalova 28°45' ve 29°35' doğu boylamları, 40°28' ve 40°45' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. İlin denizden yüksekliği 2m, en yüksek noktası 921m'dir. Toplam yüzölçümü 839 km<sup>2</sup>'lik olup ülkemiz yüzölçümünün %0,11'lik bölümünü oluşturmaktadır. Anadolu'nun kuzeybatısında bulunan Yalova'nın kuzeyinde Karadeniz, batısında Marmara Denizi, güneyinde Sakarya nehri, doğusunda Kocaeli yer almaktadır. Yalova'da makro-klima tipi olarak Akdeniz ve Marmara iklim özelliği görülmektedir. Bu farklılığın nedeni coğrafi özelliklerdir. Kışları ılık ve bol yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçer. Deniz yüzünden oldukça nemli bir havası olan Yalova'nın yıllık ortalama sıcaklığı 14.3°C olarak kabul edilmektedir [39].

2016 yılı il nüfusu 241.665 kişi; nüfus yoğunluğu 285 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %38,7 olarak kabul edilir [41]. Toplam nüfusunun 120.605'i erkek, 121.060'ı ise kadındır. Nüfusun en yoğun olduğu ilk üç yerleşim merkezi; Yalova, Çiftlikköy ve Çınarcık olarak sıralanmıştır. İle göç ile gelen nüfus miktarı her geçen yıl artmaktadır. Ayrıca Yalova; İstanbul'un turistik merkezi olması nedeniyle de yazın şehre gelen insan sayısı oldukça fazladır [44].

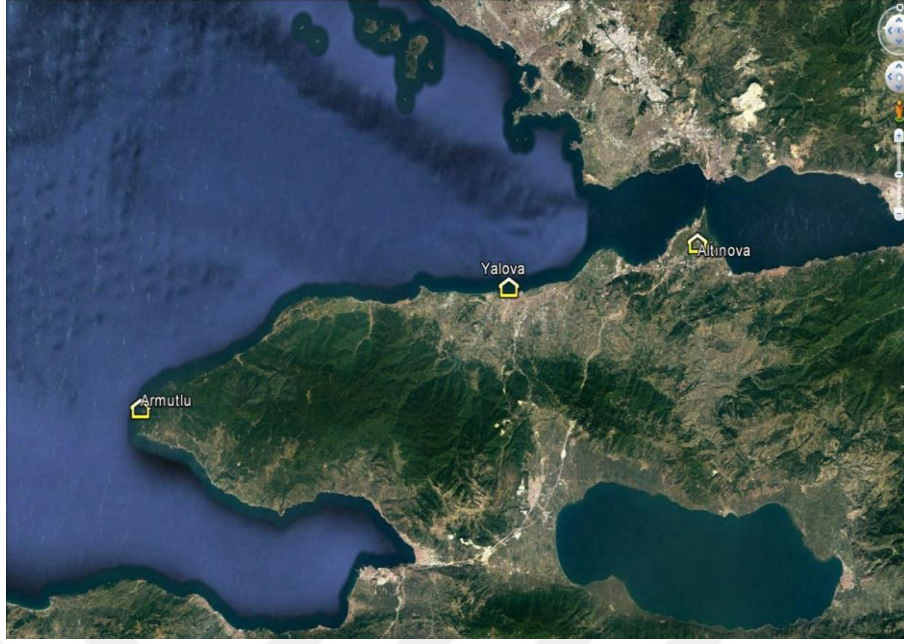
Bölgenin başlıca ekonomik kaynakları; turizm, sulu tarım ve sanayidir. İlde; tersane, elyaf, enerji, akrilik, kimya, temizlik kâğıdı ürünleri, tekstil, ambalaj, mermer, plastik, otomotiv yedek parçası, dondurulmuş gıda sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Yalova'da başlıca altı adet küçük sanayi sitesi bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla Kaytazdere, Taşköprü, Çiftlikköy, Kirazlı, Yalova-Hersek Sanayi Siteleri ve S.S. Yalova Orta Ölçekli Sanayiciler K.S.Sitesi olarak sıralanabilir. Bu alanda yaklaşık olarak toplam 1300 adet küçük sanayi işletmesi yer almaktadır. Altınova'da bulunan Tersaneler Bölgesinde yaklaşık 4 km'lik bir sahil şeridinde toplam 40 adet tersane bulunmaktadır [44].

Yalova'da 2017 yılı itibariyle trafikte kayıtlı araç sayısı 59 bin 44 çıkmıştır [41]. Bu araç yoğunluğunun sebebinin feribot trafiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yalova'da hidroelektrik santrali bulunmamasıyla beraber bir adet kömürle çalışan termik Santrali bulunmaktadır. Rüzgar enerji santrallerinin çalışmasına elverişli olan Armutlu bölgesinde bu santrallerin yapımına başlanmıştır [44].

Yalova'daki hava kirliliğinin temel kaynakları başlıca trafik, ısınma ve sanayidir. Sanayi kuruluşları ile konutların büyük bir kısmı doğalgaz kullanmaya başlamıştır. İlde trafikten kaynaklanan hava kirliliğinin artmasının sebebi olarak özellikle yaz aylarında bölgeden geçen araç sayısının artması gösterilmektedir. Bunun önüne geçebilmek amacıyla İzmir-İstanbul yolunun tamamlanmasıyla ilde seyreden araç yoğunluğunun azalacağı düşünülmektedir.

Yalova'da Merkez, Altınova ve Armutlu ilçelerinde olmak üzere toplam 3 adet istasyon bulunmaktadır [44]. Yalova'da bulunan istasyonlar Şekil 1.25'de verilmiştir.





Şekil 1.25. Yalova’da bulunan hava izleme istasyonları [44]

Yalova ilinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarının yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.12’de verilmiştir [44].

Tablo 1.12. Yalova İlinde bulunan hava izleme istasyonları [44]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°39'11.72"K	29°15'35.85"D	Yalova	x			x			
2	40°42'1.9"K	29°30'28.1"D	Yalova-Armutlu	x	x	x	x	x		
3	40°31'45.0"K	28°47'4.25"D	Yalova-Altınova		x	x	x	x		



Şekil 1.26. Yalova Hava İzleme İstasyonu [11]

### 1.2.1.5. Edirne

Edirne; 41°40' kuzey enlemleri ile 26°30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyinde Istranca Dağları, GÜneyinde Kuru Dağları ve Ege Denizi-Saroz KÖrfezi, Batısında Meriç Nehri ve Meriç Ovası, Doğusunda ise Ergene Ovasını içine alan Ergene ve Meriç ovaları bulunmaktadır. İlin geneli tarıma elverişli olarak kabul edilmektedir. Toplam yüzölçümü 6276 km<sup>2</sup>'dir. Edirne, D-100 kara yolu ile Avrupa'ya bağlanan, Yunanistan ve Bulgaristan ile sınır komşusu olan, coğrafi yapısı ile özel bir konuma sahip olan Edirne'de Kapıkule ve Pazarkule sınır kapıları da bulunmaktadır.

Edirne'de koyu bir kara iklimi görölmektedir. Kışları soğuk ve uzun, yazları ise sıcak geçmektedir. Yağmur en fazla ilkbaharda görölmektedir. Yıllık yağış ortalaması 452,95 kg/m<sup>2</sup>'dir. Sıcaklık en çok Temmuz ve Ağustos aylarında yüksekken; en soğuk aylar ocak ve Şubat'tır [39].

2016 yılı il nüfusu 401.701 kişi; nüfus yoğunluğu 67 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı; %12,7 olarak kabul edilmektedir. Bunun yaklaşık 115,000 kişisi merkezde yaşamaktadır. 2017 yılı Nisan ayı sonu itibariyle Edirne'de trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 151 bin 691 olarak bildirilmiştir [41]. Edirne'nin biri merkez olmak üzere 8 ilçesi bulunmaktadır [45].

Edirne'nin başlıca ekonomik kaynağı; tarımdır. alışan nüfusun büyük çoğunluğu avcılık, balıkçılık, tarım ve ormancılıkla uğraşmaktadır. Edirne'nin sanayisi yakın zamana kadar tarıma dayalıyken son zamanlarda hızla gelişerek dokuma, deri sanayisi, sıhhi tesisat malzemeleri, imalat, tarım ve gıdaya yönelmiştir. İlde 1 adet OSB, 1 adet imento fabrikası ve Lalapaşa'da 8 adet sanayi tesisi bulunmaktadır. Bölgede hidroelektrik ve kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır [45].

Edirne'de hava kirliliğinin en önemli kaynakları; ısınma, trafik ve sanayidir. Bu kaynakların en büyük bölümünü ısınma oluşturduğu için hava kirliliği en çok kış aylarında görölmektedir. İlde bulunan hanelerde ısınma amacıyla ve sanayinin büyük çoğunda fosil yakıt kullanımı tercih edilmektedir. Bu bakımdan Edirne'de bulunan hava kirliliğinin en kolay çözüm yolu olarak doğalgaz kullanımının yaygınlaşması kabul edilmektedir. Ayrıca ilin genelinde madencilik işletmeleri bulunduğunda

bunlardan kaynaklı toz oluşumu da şehirde her geçen gün artmaktadır. İlin merkezinde de en çok trafik kaynaklı hava kirliliği görülmektedir. Edirne’de merkez ve Karaağaç ve Keşan’da olmak üzere toplam 3 adet istasyon bulunmaktadır [45].

Edirne’de bulunan istasyonlar Şekil 1.27’de verilmiştir [11].



Şekil 1.27. Edirne’de bulunan hava izleme istasyonları [11]

Edirne ilinde bulunan istasyonların yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.13’de verilmiştir [11].

Tablo 1.13. Edirne İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	41°39'33"	26°35'06"	Merkez	x			x			
2	41°39'32"	26°32'14"	Karaağaç		x	x	x	x	x	x
3	40°51'04"	26°38'07"	Keşan	x	x	x	x	x	x	x



Şekil 1.28. Edirne-Merkez Hava İzleme İstasyonu [45]



Şekil 1.29. Edirne-Karaağaç Hava İzleme İstasyonu [45]



Şekil 1.30. Edirne-Keşan Hava İzleme İstasyonu [45]

#### 1.2.1.6. Tekirdağ

Tekirdağ 41°34'52"- 40°52'53"-41°35'28"-40°32'23" kuzey enlemleri ile 28°09'14"-26°42'42"-28°08'34"-26°54'24" doğu boylamları arasında yer almaktadır. İİ güneyden Marmara Denizi ve Çanakkale, doğudan İstanbul, kuzeyden Kırklareli ile çevrilidir. Toplam yüzölçümü; 6.313 km<sup>2</sup> olup denizden yüksekliği 0–200 m arasındadır. Kuzeydoğudan Karadeniz'e 1,5 km'lik bir sahil şeridi bulunmaktadır. Tekirdağ geniş ve gelişmiş bir ulaşım ağına sahiptir. Ayrıca büyük bir dış ticaret limanı olarak kabul edilmektedir. Bunlara ek olarak İstanbul-Avrupa demiryolu hattıyla başta İstanbul gibi büyük bir metropole ve sonra komşu Avrupa ülkelerine bağlanmış durumdadır [39]. 2016 yılı itibariyle ilin nüfusu 972.875 kişi olup; nüfus yoğunluğu 154 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı ise %32,9 olarak kabul edilmektedir [41].

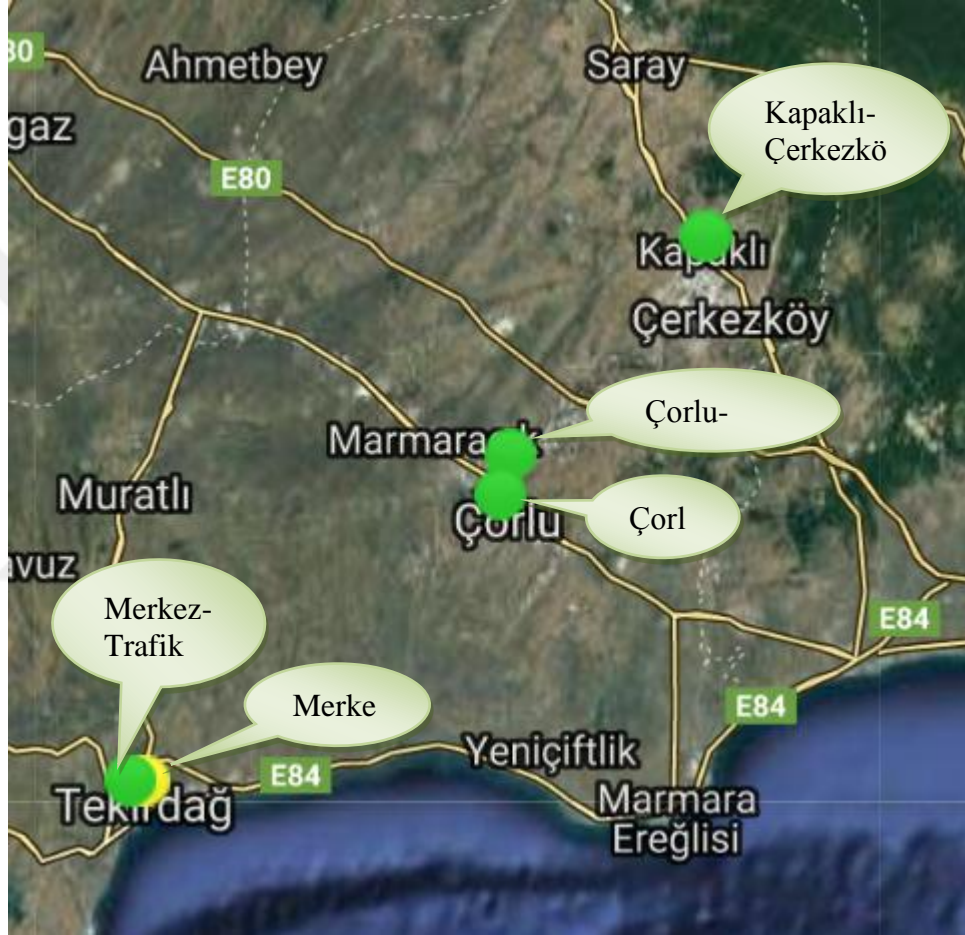
Tekirdağ'da iklim yarı nemli, ılıman olarak isimlendirilebilir. Kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru denizden uzaklığın ve yükseltinin artmasıyla yağış ve sıcaklık miktarında farklılaşma görülmektedir. İlde Akdeniz yağış rejimi yaşanmaktadır. Tekirdağ'ın sahil şeridinde yazları sıcak, kışları ılık geçen Akdeniz iklimi hakimdir. Kıyı şeridinde ise daha çok karasal iklim görülmektedir [39].

1970'li yıllara kadar tarıma dayalı bir ekonomiye sahipken günümüzde ilin temel ekonomik kaynağı sanayi olmuştur. İlde bulunan Çorlu, Çerkezköy ve Tekirdağ merkez ilçeleri başlıca sanayi merkezleri haline gelmiştir. İlin İstanbul'a yakın olması, ulaşım, pazarlama imkânlarının kolay olması sanayinin gelişmesinde başlıca nedenler olarak sıralanabilir. Tekirdağ'da 5 adet Ticaret ve Sanayi Odası, 4 adet Ticaret Borsası bulunmaktadır. İl genelinde bulunan 13 adet küçük sanayi sitesi bulunmakta olup toplam iş yeri sayısı 1.714'dür. Sektörel olarak en başta tekstil ve sonrasında deri, gıda, tarım aletleri, metal eşya ve enerji sektörleri gelmektedir. İlde toplam 13 adet OSB ve 1 adet serbest bölge bulunmaktadır. İlde hidroelektrik ve kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır. İlin sanayi olarak gelişmesiyle beraber il Anadolu'dan göç almaya başlamış ve il merkezinin sahil bandında yeni yapılaşmalar görülmeye başlamıştır. Bu durum özellikle Çorlu ve Çerkezköy İlçelerinde çarpık kentleşmeyi ve beraberinde yol, su, kanalizasyon, elektrik gibi altyapı ihtiyaçlarının uygun şartlarda oluşmamasını beraberinde getirmiştir. Mevcut haliyle şu anda şehirde çevre kirliliği her geçen gün artmakta, bu kirliliğin önüne geçmek için gerekli önlemlerin alınmasını zorlaştırmaktadır.

Tekirdağ'ın geneli tarıma dayalı toprak yapısına sahipken gelişmekte olan sanayinin etkisiyle tarım alanlarının büyük bir kısmı, sanayi alanı olarak kullanılmaya başlanmış bu durum sonucunda da tarım arazilerinin büyük bir çoğunluğu yok olmuştur. Bu bölgelerde tekstil sanayisinin en çok gelişmesinin sebebi; çevrenin İstanbul'a yakın olması, E-80, E-90 Avrupa Karayolunun bu bölgeden geçmesi, ayrıca yer altı suyunun bu alanda yoğun olarak bulunmasıdır. Özellikle Çerkezköy ve Çorlu İlçelerinde her geçen gün deri, tekstil ve gıda sanayi sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerin sayısı artmaktadır [46]. Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Tekirdağ'da 2017 Kasım ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 263 bin 630 olarak bildirilmiştir [41].

Tekirdağ ilinde hava kirliliğinin temel kaynağı hem ısınmada hem de sanayide fosil yakıtların özellikle kalitesiz kömürün kullanımınıdır. İlin hakim rüzgar yönü, kuzey olmasına rağmen sahilin hemen arkasında denize paralel olarak uzanan dağlar, Tekirdağ ilini kuzey rüzgarlarından korur ve yerel hava sirkülasyonunu azaltır. Bu da ilde bulunan kirleticilerin ilin üzerindeki havada kalmasına ve şehir üzerinde yoğunlaşmasına neden olur. [46].

Tekirdağ'da hava kalitesini kontrol etmek amacıyla 5 adet istasyon bulunmaktadır. Bunlardan iki tanesi merkezde, iki tanesi Çorlu ve Çorlu-OSB'de bir tanesi de Kapaklı-Çerkezköy'de yer almaktadır. Merkezde bulunanlardan biri trafik diğeri kentsel kirliliği, Kapaklı-Çerkezköy'de bulunan ise Kentsel/Endüstriyel kirliliği ölçmektedir [38]. Tekirdağ'da bulunan istasyonlarının yerleri Şekil 1.31'de verilmiştir [11].



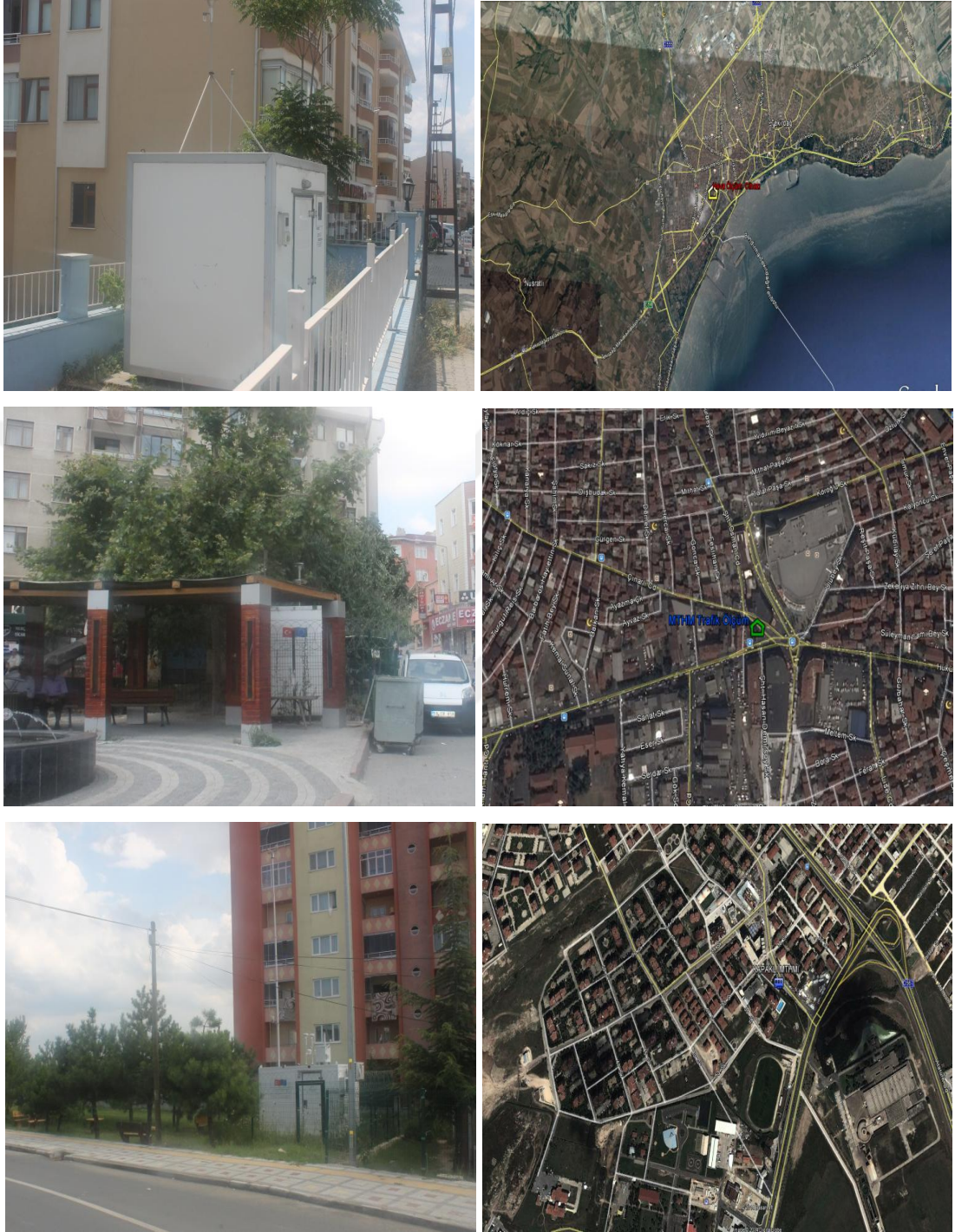
Şekil 1.31. Tekirdağ'da bulunan hava izleme istasyonları [11]

Tekirdağ ilinde bulunan istasyonlarının yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.14'de verilmiştir [11].

Tablo 1.14. Tekirdağ İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11].

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°58'16"	27°29'59"	Merkez	x			x			
2	40°58'38"	27°30'10"	Merkez-Trafik	x		x	x		x	x
3	41°18'49"	27°58'48"	Kapaklı-Çerkezköy	x	x	x	x		x	
4	41°09'21"	27°48'39"	Çorlu	x		x	x	x		
5	41°10'54"	27°49'00"	Çorlu-OSB		x	x	x	x		x

Tekirdağ'da bulunan istasyonlarının resimleri Şekil 1.32'de verilmiştir [46].



Şekil 1.32. Tekirdağ İlinde bulunan hava izleme istasyonları [46]



### 1.2.1.7. Kırklareli

Kırklareli, 41°13'34" ve 42°05'03" kuzey enlemleri ile 26°54'14" ve 28°06'15" doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin kuzeyinde Bulgaristan, doğusunda Karadeniz, güney-doğusunda İstanbul, güneyinde Tekirdağ, batısında Edirne yer alır. Toplam yüzölçümü 6650 km<sup>2</sup> olup denizden yüksekliği 203 m'dir. İlin kuzey ve doğusu dağ ve ormanlık, diğer bölümleri ise genelde düz arazi şeklindedir [39].

Kırklareli'nin kuzeye bakan kesimlerinde yazları serin, kışlar ise soğuk geçen Karadeniz iklimi görülür. Denizden uzak iç kesimlerde ise yaz ve kış mevsimleri arasında sıcaklık farkı yüksek olan karasal iklim görülmektedir. İç kesimler, her mevsim yağış almasına rağmen yıllık yağış miktarı kıyıya göre oldukça azdır. İlin genel bitki örtüsü ormanlık olup step özelliği göstermektedir [39].

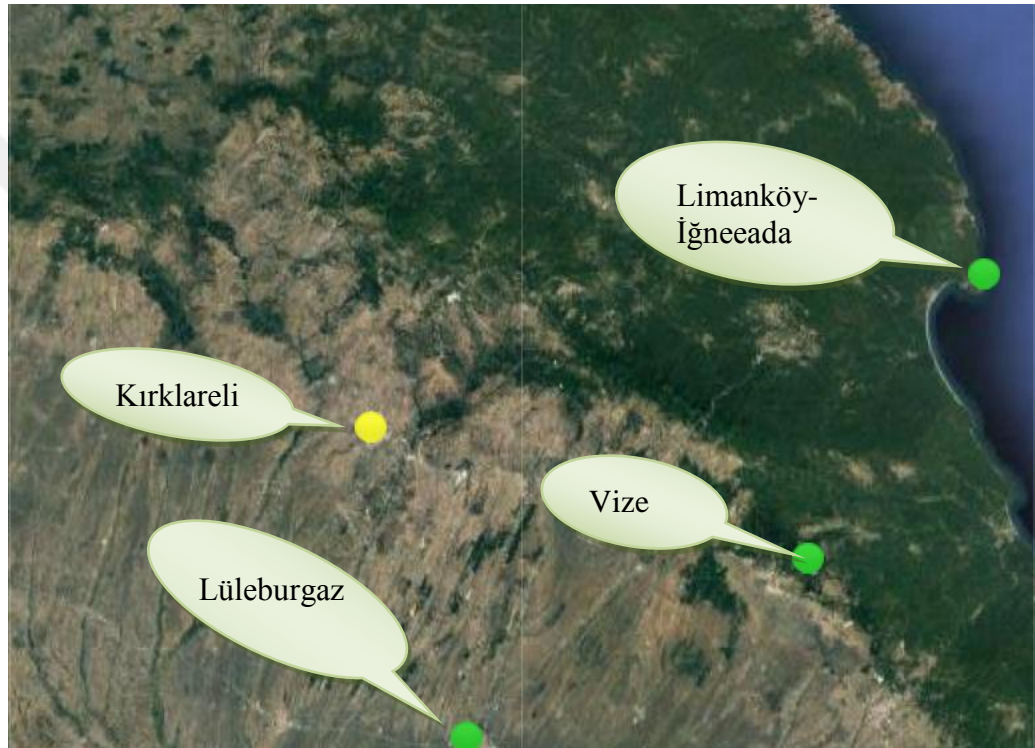
Kırklareli'nde Babaeski, Demirköy, Kofçaz, Lüleburgaz, Pehlivanköy, Pınarhisar ve Vize ve Merkez dahil sekiz ilçesi bulunmaktadır [47]. 2016 yılı il nüfusu 351.684 kişi; nüfus yoğunluğu 56 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı ise %12,3 olarak kabul edilmektedir [41].

İlde genel olarak Ergene Havzasında kentleşme görülmektedir. Bunun temel nedeni bu bölgenin yer şekillerinin daha sade olması ve bu bakımdan ulaşımının kolay olmasıdır. Lüleburgaz sanayinin geliştiği bir bölge olduğu için ilin en hızlı büyüyen ilçesidir. Ancak nüfusla birlikte artan işgücü ihtiyacı, Lüleburgaz ilçesinde çarpık kentleşmeyi de beraberinde getirmiştir. Lüleburgaz'ın daha düz bir yapıya sahip olması ve İstanbul'a yakın olması nedeniyle sanayi artan bir hızla gelişmektedir. İlde toplam 790 sanayi tesisi, 1'i özel 4 OSB, 6 küçük sanayi sitesi bulunmaktadır. Başlıca tesisler; gıda, ilaç, metali taş-toprak sanayisi ve tekstil olarak sıralanmıştır. İlde hidroelektrik ve kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır. [47]. Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Kırklareli'nde trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 2017 Nisan ayı sonu itibariyle 125 bin 470 olarak bildirilmiştir [41].

Kırklareli'nde nüfusun fazla olduğu yerlerde ısınma ve endüstriyel amaçlı kullanım olmak üzere doğalgaz kullanımı oldukça yüksek oranlarda görülmektedir. İlde genellikle hava kirliliği yaşanmamakla birlikte sanayi ve nüfusun artmasıyla beraber özellikle meteorolojik olayların etkisiyle bölgede hava kirliliği görülmeye

başlanmıştır. İlin merkezinde, OSB'nin dışında, küçük sanayi siteleri, ağır sanayi bölgesi, marangozlar sitesi, şehrin içerisinde kalan işletmeler bulunmaktadır. Bu işletmeler özellikle şehir merkezinin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Şehrin muhtelif bölgelerinde bulunan taş ocakları da faaliyetleri sonucunda oluşan toz partiküllerini şehir merkezinin üzerine gelmesine neden olmaktadır [47].

Kırklareli'nde Merkez, Lüleburgaz, vize ve Limanköy-İğneada'da toplam 4 adet istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonların konumları Şekil 1.33'de verilmiştir [11].



Şekil 1.33. Kırklareli'nde bulunan hava izleme istasyonları [11]

Kırklareli ilinde bulunan istasyonlarının yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.15'de verilmiştir [11].

Tablo 1.15. Kırklareli İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	41°43'28"	27°12'52"	Kırklareli	x			x			
2	41°23'54"	27°20'45"	Lüleburgaz	x		x	x			x
3	41°35'11"	27°48'48"	Vize			x	x			x
4	41°53'06"	28°03'21"	Limanköy-İğneada	x		x	x	x		x

Kırklareli’nde bulunan istasyonlarından birinin resmi Şekil 1.34’de verilmiştir [11].



Şekil 1.34. Kırklareli Hava İzleme İstasyonu [11]

#### 1.2.1.8. Bilecik

Bilecik, 39° ve 40°31' kuzey enlemleri ile 29°43' ve 30°41' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlin doğusunda Bolu ve Eskişehir, güneyinde Kütahya, batısında Bursa ve kuzeyinde Sakarya bulunmaktadır. İlin toplam yüzölçümü 4.321 km<sup>2</sup> olup; deniz seviyesinden yüksekliği 500m’dir. Bilecik’in başlıca yeryüzü şekilleri; tepelik alanlar, dik ve derin vadilerle yarılmış düzlükler oluşturmaktadır [39].

Bilecik; Merkez ilçe dahil toplam 8 ilçeden oluşmaktadır [48]. 2016 yılı il nüfusu 218.297 kişi; nüfus yoğunluğu 51 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %15,4 olarak kabul edilmektedir [41].

Bilecik’in iklimi mikro klima iklim tipi olarak ifade edilebilir. Yıllık yağış miktarı 450 kg/m<sup>2</sup> olup, en çok ocak ve mayıs aylarında yağmaktadır. Bu iklim nedeniyle Bilecik’te başlıca ekonomik kaynak; tarım ve hayvancılık olarak belirlenmiştir. Ayrıca ilde ormancılık, mermer, madencilik, seramik ve tahta işlemciliği de görülmektedir. Bilecik’te bulunan zengin mermer ocakları ve Bozüyük ilçesindeki sanayi tesisleri şehrin ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır [39].

Bilecik ilinde toplam 6 adet OSB bulunmakta olup mermer, kil ve kaolin mermer, seramik ve refrakter başlıca sanayi dallarıdır. Bu bakımdan sanayi tekstil, seramik ve mermer olarak üç ayrı kategoride toplanabilir [48].

Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Bilecik'te trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 2017 Aralık ayı sonu itibariyle 67 bin 466 olarak belirtilmiştir [41]. Bilecik'te faaliyet gösteren 3 adet hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Buna karşın ilde kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır. Bilecik'te hava kirliliğinin öncelikli çevre sorunlarının başında gelmemesinin temel nedenleri; kentin topoğrafik yapısı, az trafik olması ve doğalgaz kullanımınıdır [48].

Bilecik merkezde ve Bozüyük'te olmak üzere iki adet istasyon bulunmaktadır. Bilecik'te bulunan istasyonların konumları Şekil 1.35'de verilmiştir [11].



Şekil 1.35. Bilecik'te bulunan hava izleme istasyonları [11]

Bilecik ilinde bulunan istasyonların yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.16'da verilmiştir [11].

Tablo 1.16. Bilecik İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°09'27"	29°58'39"	Bilecik-Merkez	x			x			
2	39°54'14"	30°03'10"	Bilecik-Bozüyük	x		x	x			x

Bilecik-Merkez’de bulunan istasyon Şekil 1.36’da verilmiştir [11].



Şekil 1.36. Bilecik-Merkez Hava İzleme İstasyonu [11]

#### **1.2.1.9. Balıkesir**

Balıkesir; 39°20'-40°30' kuzey paralelleri ve 26°30'-28°30' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Toplam yüzölçümü; 14.299 km<sup>2</sup>'dir. İlin doğusunda Bursa ve Kütahya, güneyinde Manisa ve İzmir, batısında ise Çanakkale bulunmaktadır. Balıkesir'in biri merkez olmak üzere 19 ilçesi vardır [39]. 2016 yılı il nüfusu 1.196.176 kişi; nüfus yoğunluğu 84 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %7,2 olarak belirtilmiştir [41].

Balıkesir'de üç iklim bir arada görülür. Ege kıyılarında Akdeniz, kuzeyde Marmara ve iç bölgelerde kara iklimi hakimdir. Kıyılarda yaz ve kış arasındaki ısı farkı azken iç kısımlarda bu fark oldukça fazla yaşanmaktadır. Senelik yağış miktarı 540-740 mm arasında değişmektedir. Şehir kuzey ve güney istikametlerine doğru gelişim göstermektedir. Şehrin başlıca kent formunu etkilen faktörler; askeri alanlar, OSB, fabrikalar, çevre yolları ve arazi topoğrafyalar şeklinde sıralanabilir [39].

Balıkesir'in başlıca ekonomik kaynağını tarım ve tarıma dayalı sanayi oluşturmaktadır. İlde bulunan sanayi tesisleri homojen ve sektörel olarak diğer ilçelere dağılmış durumdadır. Başlıca tarıma dayalı sanayi dalları ise; zeytin, zeytinyağı, un, yem, konserve, salça, şeker ve nebatî yağ şeklinde sıralanabilir. Ayrıca bölgede bir diğer gelişen sektör ise tavukçuluk, yumurta, süt ve süt mamulleridir. İlde 100'e yakın

büyük sanayi ve 5.000'ne yakın küçük sanayi işletmesi bulunmaktadır. Balıkesir'de bulunan başlıca ağır sanayi dalı; haddehanelerdir.

Balıkesir Merkezde daha çok sentetik dokuma, elektrik teçhizatları üretimi, tarıma dayalı sanayi görülmektedir. Bandırma ise limanı ve İstanbul'a yakın olması yüzünden sanayi merkezi haline gelmiştir. İlde kimyasal ürünler ile bor üretimi ön plana çıkarken; Körfezde zeytinyağı ve balıkçılık sektörleri ön plana çıkmıştır. İldeki en modern fabrikalar Balıkesir ve Bandırma'da bulunmaktadır [49].

Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Balıkesir'de trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 2017 Aralık ayı sonu itibariyle 441 bin 123 olarak ifade edilmiştir [41]. İlde hidroelektrik ve kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır. İlin hakim rüzgar yönü kuzeyden güneye esmektedir. İl bir çanak içinde yer alıp ters dağılım koşullarına sahiptir. Kuzeyi 500–600m yüksek tepelerle çevrilidir. Havanın karışması genellikle etrafındaki tepelerce engellenmektedir. Nüfusun büyük bir kısmı ısınma amacıyla doğalgaz kullanmaktadır [49].

Balıkesir'deki hava kirliliği mevsimsel değişiklik göstermektedir. Özellikle kış ayları, ilkbaharın erken dönemleri ile sonbaharın geç dönemlerinde tespit edilen bir hava kirliliği yaşanmaktadır. Bu bakımdan yaşanan bu kirliliğin ısınma kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir. Bunun dışında özellikle sabah ve akşam saatlerinde trafik yoğunluğu yüzünden de kentte hava kirliliği görülebilmektedir. İlin genelinde faaliyet gösteren haddehaneler, tabakhaneler, fırınlar gibi sanayi tesislerinin kuruluş teknolojilerinin güncelliğini kaybetmiş olması ve bu sebeple fosil yakıt kullanımı sonucu tesislerinden oluşan kirleticiler yeterli seviyede teknik önlem almadan atmosfere verilmekte bunun sonucunda da ilde hava kirliliği yaşanabilmektedir [49].

İlde Balıkesir, Balıkesir-Merkez, Balıkesir-Bandırma, Balıkesir-Erdek, Balıkesir-Erdemit olmak üzere 5 adet istasyon bulunmaktadır. Balıkesir'deki bulunan istasyonlar Şekil 1.37'de verilmiştir [11].



Şekil 1.37. Balıkesir’de bulunan hava izleme istasyonları [11]

Balıkesir’de bulunan istasyonların yerleri ile ölçülen parametreler Tablo 1.17’de verilmiştir [11].

Tablo 1.17. Balıkesir İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	39°38'01"	27°53'45"	Balıkesir	x			x			
2	39°38'55"	27°53'25"	Balıkesir-Merkez	x		x	x		x	x
3	40°20'52"	27°58'29"	Balıkesir-Bandırma	x		x	x			x
4	40°29'22"	27°58'42"	Balıkesir-Erdek			x	x	x		x
5	39°35'58"	27°00'14"	Balıkesir-Erdemit	x		x	x			x

Balıkesir’de bulunan istasyon Şekil 1.38’de verilmiştir [11].



Şekil 1.38. Balıkesir Hava İzleme İstasyonu [11]

#### **1.2.1.10. Sakarya**

Sakarya, 29°57' ve 30°53' doğu boylamları ile 40°17' ve 41°13' kuzey enlemleri arasında bulunur. İlin doğusunda Düzce, güneydoğusunda Bolu, güneyinde Bilecik, batısında Kocaeli ve kuzeyinde Karadeniz bulunmaktadır. Toplam yüzölçümü, 5.015 km<sup>2</sup> olup denizden yüksekliği 31m’dir [39].

Karadeniz kıyılarında Karadeniz iklimi ile Marmara bölgesine kadar uzanan alanda Akdeniz iklimi etkili olmakla birlikte, il iklimlerin geçiş alanı olarak kabul edilmektedir. Sakarya; çoğunlukla yağışlı, ılıman ve rutubetli bir iklime sahiptir. Kışlar az soğuk ve bol yağışlı, yazlar ise sıcak geçer. Ocak ve Şubat en soğuk, Haziran ve Ağustos en sıcak aylardır. İlin hakim rüzgar yönü; kuzeybatıdır [50].

2016 yılı il nüfusu 976.948 kişi; nüfus yoğunluğu 202 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %13,5 olarak kabul edilir [41]. İlin nüfusu; coğrafi yapısı, elverişli iklim ve bitki örtüsü, büyük şehirlere yakın olması, sanayi ve iş gücü ihtiyacının fazla olması yüzünden her geçen gün artmaktadır. İl nüfusunun hızlı artışında, göç başlıca neden olarak kabul edilmektedir [39].



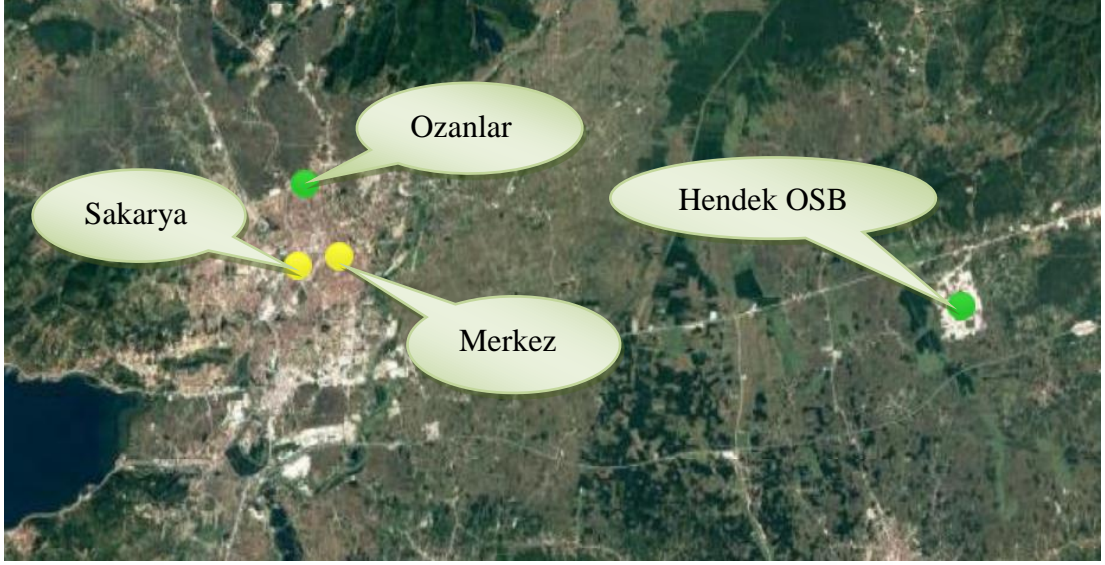
Sakarya'nın topoğrafik yapısı yüzünden kentleşme şehir merkezinde görülmektedir. Sakarya'nın yapısı ova olduğundan şehrin gelişmesinde coğrafi bir engel yoktur. Özellikle son yıllarda İstanbul, Kocaeli gibi metropollerde yeni alanlar bulamayan sanayi kuruluşları hem bu alanlara yakın olması hem de arazinin uygun olması nedeniyle yeni yerleşim yeri olarak Sakarya'yı tercih etmeye başlamıştır.

Sakarya'nın uygun bir konumda olması, hammadde ve mamul kaynaklarına ulaşım kolaylığı, uygun yatırım alanlarının bulunması, nitelikli insan gücünün kolay bulunması gibi nedenlerle özellikle dış yatırımcılar için Sakarya ili cazip hale gelmiş ve son yıllarda özellikle otomotiv, tekstil ve gıda sanayileri önemli gelişmeler yaşamıştır. İlde 13 adet Küçük Sanayi Sitesi ve 3 büyük OSB alanı bulunmaktadır [50].

Gıda sektöründe özellikle süt ürünleri ve tavukçuluk gelişmiş; tekstilde ise önemli yatırımlar yapılmıştır. İlde başlıca elektrik-elektronik, otomotiv ve yan sanayi, gıda, tekstil, orman ürünleri, süs bitkiciliği ve yapı-inşaat malzemeleri gibi alanlarda yatırım yapma imkanı bulunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Sakarya'da 2017 Aralık ayı sonu itibariyle trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 280 bin 965 olarak ifade edilmiştir. İlde hidroelektrik ve kömürle çalışan termik santral bulunmamaktadır.

Sakarya ilinde hava kirliliğinin temeli; trafik kaynaklı olduğu kabul edilmektedir. İstanbul-Ankara karayolu şehir merkezinin 7-8 km güneyinden geçmektedir. İlin hakim rüzgar yönü kuzey-kuzey batı yönünde estiği için hava kirliliği şehir merkezine doğru toplanmakta bu da şehir merkezinde hava kirliliği yaşanmasına neden olmaktadır. İldeki konutların yarısından fazlası ve sanayi tesislerinin büyük bir çoğunluğu doğal gaz kullandığı için ısınma kaynaklı hava kirliliği ilin genelinde pek yaşanmamaktadır [50].

İlde Sakarya, Sakarya-Merkez, Sakarya-Ozanlar ve Hendek OSB olmak üzere 4 adet istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonların konumları Şekil 1.39'da verilmiştir [11].



Şekil 1.39. Sakarya’da bulunan hava izleme istasyonları [11]

Sakarya ilinde bulunan istasyonların yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.18’de verilmiştir [11].

Tablo 1.18. Sakarya İlinde bulunan hava izleme istasyonları [11]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°46'00"	30°23'37"	Sakarya	x			x			
2	40°46'09"	30°24'35"	Sakarya-Merkez	x		x			x	x
3	40°47'26"	30°23'48"	Sakarya-Ozanlar		x	x	x	x		x
4	40°45'17"	30°39'00"	Sakarya-Hendek OSB		x	x	x	x		x

Sakarya’da bulunan istasyon Şekil 1.40’da verilmiştir [11].



Şekil 1.40. Sakarya Hava İzleme İstasyonu [11]

### 1.2.1.11. Çanakkale

Çanakkale; 25°40'-27°30' doğu boylamları ve 39°27'-40°45' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çanakkale'nin çevresinde Edirne, Tekirdağ ve Balıkesir bulunmaktadır. İlin sınırları içine Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adaları'da girmektedir. İl toplam yüzölçümü 9.933 Km<sup>2</sup> olup, kıyı uzunluğu 671 km'dir. Toprak yapısı; çoğunlukla dağ ve tepelerle kaplı alanların vadilerle yarılması sonucu oluşan engebeli bir yapıya sahiptir. İl'de ovalık alanlar az yer kaplar. İl'in Merkez İlçe dahil 12 İlçesi vardır [39]. 2016 yılı il nüfusu; 519.793 kişi; nüfus yoğunluğu 52 kişi/km<sup>2</sup> ve nüfus artış hızı %20,2 olarak kabul edilmektedir [41].

Çanakkale'de sonbahar ve ilkbaharda olmak üzere bütün yıl yağışlı, kışlar soğuk, yazlar sıcak ve bütün olarak esintinin yoğun görüldüğü Akdeniz ile Karadeniz iklimlerinin geçiş iklimi görülmektedir. Günlük hava sıcaklığı yaz sezonunda maksimum 35°C ve minimum 25°C olmaktadır. Sonbaharda yağmurlar genelde biraz fazla, ilkbaharda ise daha az görülmektedir. Kışın en belirgin özelliği kuzeyden esen sert rüzgarlardır. Yaz ve sonbaharda ise; bölgeye Akdeniz iklimi hakim olur [39].

Çanakkale, Çanakkale Boğazı ayrımı yüzünden stratejik bir konuma sahiptir. İl İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi metropollere fazla uzak olmamasına rağmen, ilin toprakları Türkiye'nin karayollarına dayalı ana ulaşım ve gelişme akslarının dışında kalmaktadır. Bu yüzden Çanakkale konum açısından öneme ve doğal kaynaklar açısından gelişme potansiyeline sahipken diğer batı illerine göre gelişimi daha geride kalmıştır.

Çanakkale'nin 1km'nin üzerinde sahil şeridi bulunmaktadır. Kent, tarihi gelişimini ve kentsel dokusunu bu sahil şeridi üzerine oluşturmuştur. Bu doku özellikle boğazın korunması ve geçiş yeri olmanın tehlikesini azaltmak amacıyla yapılan Çimenlik ve Kilitbahir olmak üzere iki kale ile oluşmaya başlamış ve kale çevresinde, bugün tarihsel özelliklere sahip olması nedeniyle sit alanı olarak belirlenen yerleşimle yavaş yavaş genişlemeye başlamıştır. Böylece kentsel doku sahil şeridinde oluşurken yerleşim de deniz kenarında ilerlemiştir. Kentin makro formuna ve gelişimine bakıldığında kentin birçok faktör tarafından sınırlandırıldığı görülmektedir. Kentin güneyinde topoğrafik yapı gereği engellerin bulunması, doğusunda havaalanı ve sanayi alanlarının yer alması ve kuzey kıyı boyunca uzanan askeri alan sınırları, kentin

bu yönlerdeki makro form sınırlarının oluşmasına ve kentin gelişmesine engel olmuştur. İl'in tek gelişme yönü Merkez ilçe yönünde olmaktadır. Çanakkale'nin arazi kullanımını etkileyen diğer bir faktör ise kent yerleşimi ile birlikte oluşmuş zaman içinde yerleşim alanları içinde kalmış havaalanıdır. Çanakkale Havaalanı İzmir-Bursa karayolu boyunca konumlanmış olup, pist uzunluğunun artması ve havaalanı güvenlik bölgelerinin genişlemesi ile kentsel gelişme üzerinde önemli bir kısıtlayıcı etken haline gelmiştir. Kent gelişimini etkileyen bir diğer bir unsur ise bölgenin stratejik öneminin bir getirisi olan askeri alanlardır. İlde bulunan askeri alanların varlığı, havaalanı ve uçuş konisinin kente getirdiği kısıtlamalar da eklenince kent gelişimine yapılacak müdahale alanları oldukça daralmıştır [51].

Çanakkale'de genelde boğazın her iki yakasında yerleşim alanı gelişmiştir. İl içinde yerleşme düzenini ve dağılımını büyük ölçüde yüzey şekilleri belirlemiştir. Yerleşimler, kuzey ve batıda kıyı kesimlere yakın olarak ovalarda ve akarsu boylarında, tarım yapılabilecek alanlarda toplanmıştır. Dağlık ve yüksek kesimlerde ise yerleşmelerin daha dağınık olduğu görülmüştür. İlin güney ve güneydoğusunda bulunan orman alanları, bu bölgelerdeki yerleşimleri önemli ölçüde kısıtlamaktadır [51].

Çanakkale'de sanayi 1973 yılında kalkınmada öncelikli iller arasına yer alması sonucu gelişmeye başlamıştır. İlde, özellikle gıda ve taş-toprağa dayalı orta ölçekte sanayi yatırımı yapılmıştır. Madencilik sektöründe ise linyit işletmesi ve termik santral ilde bulunmaktadır. İlde daha çok tarıma dayalı sanayi tesisi bulunmaktadır. Büyük işletmelerin yanında bazı ilçelerde zeytinyağı ve süt işleyen küçük tesislerde yer almaktadır. Ayrıca ilin genelinde çeşitli kapasitede 26 adet un fabrikası da bulunmaktadır. Çanakkale'nin taş ve toprağa dayalı işletmeleri ikinci en önemli sanayi dalıdır. Bozcaada'da küçük şarap işletmeleri; ilin genelinde salça ve konserve üretimi yapılmaktadır.

Çanakkale'de sanayi tesisleri genelde merkez ilçelerin çevrelerinde, hammaddelerin üretildiği ve ulaşımın rahatça sağlandığı bölgelerde kurulmuşlardır. Sanayi ağırlıklı olarak Biga ve Çan ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Seramik fabrikaları ilin istihdamına ve ülke ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır. Biga'da ve Ezine'de deri sanayi, Gelibolu'da ise tersane, deniz, tarım ve hayvancılığa dayalı gıda ile tekstil sanayisi

gelişmiştir. Bozcaada'da şarap; Gökçeada'da ise zeytinyağı üretimi yapılmaktadır. Bölgede 1adet OSB vardır. Kepez'de balık işletmesi üzerine büyük bir sanayi kuruluşu vardır. Ezine'de bir çimento fabrikası ve Çan'da açık kömür madenleri vardır [39].

İlde hidroelektrik santrali bulunmamasına rağmen ve kömürle çalışan 3 adet termik santral bulunmaktadır. Bunlar; 18 Mart Çan, İçdaş Değirmencik ve İçdaş Bekirli termik santralleridir. İlde hakim rüzgar yönü, kuzey–güney ve doğudur [51]. Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgiye göre, Çanakkale'de 2017 Aralık ayı sonu itibariyle trafiğe kayıtlı toplam araç sayısı 222 bin 374 olarak bildirilmiştir [41].

Çanakkale'de yaşanan hava kirliliği mevsimsel değişiklik göstermektedir. Buna göre ilde kış aylarında ve ilkbaharın erken dönemlerinde hava kirliliği yaşanmaktadır. Bu durum Çanakkale'de yaşanan kirliliğin ısınma kaynaklı olabileceğini göstermektedir. Şehirde trafik kaynaklı hava kirliliği de yaşanmaktadır. Özellikle sabah ve akşam saatlerinde yaşanan trafik yoğunluğu şehrin havasını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca il sınırları içerisinde bulunan termik santraller, Çimento Fabrikası ve Demir Çelik Fabrikaları da ithal ve yerli kömür kullandığı için hava kirliliğinin oluşmasında en önemli kaynakların başında gelmektedir. İlde Çanakkale, Çanakkale-Biga, Çanakkale-Çan ve Çanakkale-Lapseki olmak üzere 4 adet istasyon vardır. Bu istasyonlar Şekil 1.41'de verilmiştir [51].



Şekil 1.41. Çanakkale'de bulunan hava izleme istasyonları [51]

Çanakkale ilinde bulunan istasyonların yerleri ve ölçülen parametreler Tablo 1.19'da verilmiştir [51].

Tablo 1.19. Çanakkale İlinde bulunan hava izleme istasyonları [51]

No	KOORDİNATLAR		YER	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	NO
1	40°08'12"	26°24'20"	Çanakkale	x			x			
2	40°25'02"	27°06'26"	Çanakkale-Biga	x		x	x		x	x
3	40°01'45"	27°02'59"	Çanakkale-Çan	x		x	x	x		x
4	40°24'11"	26°46'14"	Çanakkale-Lapseki		x	x	x	x		x

Çanakkale'de bulunan istasyonlar Şekil 1.42'de verilmiştir [51].



Şekil 1.42. Çanakkale İlindeki hava izleme istasyonları [51]

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Araştırma Alanı

Bu çalışmada araştırma alanı olarak Marmara Bölgesi seçilmiştir. Marmara Bölgesi ülkemizin kuzeybatı köşesinde yer alan, yaklaşık olarak 67.000 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip bir bölgemizdir. Karadeniz, Marmara ve Ege denizleriyle bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca bu bölgede Çanakkale ve İstanbul ve boğazları da bulunmaktadır. Hem Asya hem de Avrupa kıtasında yer alan Marmara Bölgesinde; İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Edirne, Tekirdağ, Kırklareli, Bilecik, Balıkesir, Sakarya ve Çanakkale olmak üzere toplam 11 il bulunur. Bilecik denize kıyısı olmayan tek ildir. Diğer tüm illerin denizle bağlantısı bulunmaktadır [52]. Bu çalışmada araştırma alanı olarak Marmara Bölgesi seçilmiştir.

Bu çalışma kapsamında bu illerde bulunan hava kalitesi izleme istasyonları verileri kullanılmıştır. İstasyonlardan elde edilen ortalama saatlik veriler özel bir ağ üzerinden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğüne bağlı Laboratuvar, Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı'na bağlı Veri İşletim Merkezine aktarılarak izlenmektedir. Bu merkezde cihazların kalibrasyon ve alarm bilgileri göz önüne alınarak veriler üzerinde doğrulama (validasyon) çalışması yapılmaktadır. Buna göre değerlendirilen verilerle aylık ve yıllık raporlar hazırlanmakta ve izleme ağından elde edilen ham veriler [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinde eşzamanlı olarak yayınlanmaktadır. Her ayın bitiminde yapılan veri doğrulama (validasyon) çalışmalarının ardından, doğrulanmış veriler, web sitesine aktarılmaktadır. Bölgede 2018 yılı itibariyle 60 adet hava izleme istasyonu olmasına rağmen 2008-2011 yılları arasında sürekli SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçümlerinin yapıldığı sadece 22 istasyon tespit edilmiş ve bu istasyonların verileri kullanılmıştır. Çalışma alandaki hava kalitesi izleme istasyonları Şekil 2.1'de verilmiştir [11].



Şekil 2.1. Çalışma alanı ve bu alandaki izleme istasyonları [11]

Çalışma alanındaki istasyonların özellikleri; Tablo 2.1’de verilmiştir [11].

Tablo 2.1. Çalışma alanındaki hava izleme istasyonlarının özellikleri [11]

İstasyon	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Ana Yola Yaklaşık Mesafe (m)	Yerleşim Alanına Yaklaşık Mesafe (m)	Sanayiye Yaklaşık Mesafe (m)
İstanbul-Aksaray	41	40	190	-
İstanbul-Alibeyköy	6	30	100	-
İstanbul-Beşiktaş	98	10	120	-
İstanbul-Esenler	55	30	210	-
İstanbul-Kadıköy	13	100	10	-
İstanbul-Kartal	31	25	150	276
İstanbul-Sarıyer	105	42	75	-
İstanbul-Ümraniye	154	170	250	-
İstanbul-Üsküdar	70	45	50	-
İstanbul-Yenibosna	30	47	70	-
Kocaeli-Merkez	4	135	252	3631
Kocaeli-Dilovası	47	336	30	552
Kocaeli-OSB	30	135	100	421
Sakarya	42	10	30	806
Yalova	5	112	140	12751
Balıkesir	142	115	126	2705
Bilecik	534	156	25	3334
Bursa	91	158	425	484
Çanakkale	9	17	25	-
Edirne	41	20	35	-
Kırklareli	204	102	76	-
Tekirdağ	26	25	25	800



## 2.2. Araştırma Yöntemi

Çalışma kapsamında, hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> konsantrasyonları günlük ortalamalar şeklinde olup, değerlendirme 2008-2011 aralığı için yapılmıştır. Hava kalitesi izleme istasyonlarındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının ölçüm yöntemi UV lamba prensibi, PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının ölçüm yöntemi ise β-ışın absorpsiyonudur. İstasyondaki cihazların kalibrasyon ve alarm durumları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 24 saat süreyle takip edilmekte ve kayıt altına alınmaktadır.

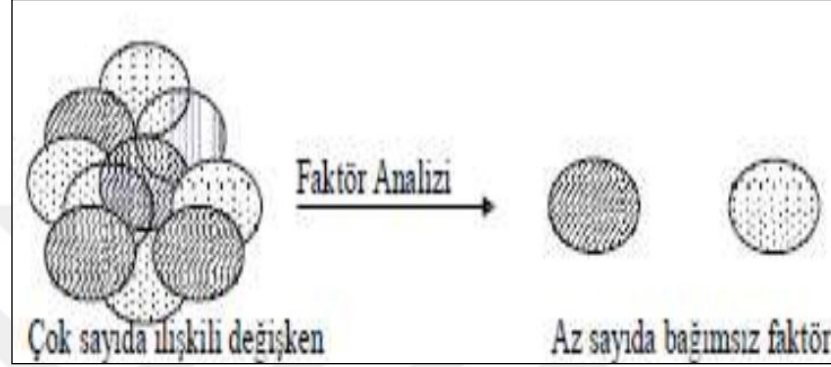
Araştırmacılar için bilimsel verilerin analiz edilmesi en önemli aşamadır. İstatistik alanında her geçen gün yeni programların yazılması; veri analizlerinin daha kısa zamanda daha az maliyetle ve daha çok enerji tasarrufuyla yapılmasına yol açmaktadır. Ayrıca analiz sonucunda elde edilen veriler belli bir düzen içinde olmakta ve en önemlisi de hesaplamalardan kaynaklanan hata oranları oldukça düşmektedir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak çalışmada, PCA ve FCM gibi farklı iki analiz yöntemi kullanılmış ve bu yöntemler sayesinde benzer hava kirliliği davranışı sergileyen izleme istasyonları kendi içlerinde sınıflandırılarak kirletici kaynakları tanımlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu iki yöntemin performansı değerlendirilmiştir.

### 2.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

1900'lü yıllarda Karl Pearson tarafından kullanılan Temel Bileşenler Analizi (PCA); daha sonra 1933'de Hotelling ve 1964'de Rao tarafından kullanılmıştır. Temel bileşenler analizi; veriler arasındaki benzerlikleri minimize ettiği için tek başına ya da başka analizlerde veri oluşturma amacıyla kullanılabilir. Eğer değişkenler arasında bir benzerlik bulunuyorsa PCA tercih edilir. PCA'da;  $p$  değişken ve  $n$  bireyden oluşan veri matrisi  $X$ 'in  $p$  boyutlu uzaydaki durumu olarak kabul edilirse veri matrisi çok sayıda noktadan oluşan bir topluluk olarak kabul edilmektedir. Eğer bu matriste ham veri kullanılıyorsa, varyans-kovaryans matrisinden, standart bir veri kullanılıyorsa korelasyon matrisinden yararlanılmaktadır. Bu iki yoldan hangisinin kullanılacağını verilerin ölçü birimleri karşılaştırmaktadır. Eğer eldeki değişkenler benzer birimse varyans-kovaryans matrisinden, değilse korelasyon matrisi tercih edilmektedir [53].

PCA'nın genel olarak dört amacı bulunmaktadır:

- Verilerdeki benzerlikleri indirgemek.
- Sonuçlar üzerinde tahminde bulunmak.
- Verileri diğer analiz yöntemleri için uygun şekle dönüştürmek.
- Birbirleriyle ilişkili değişken setlerden ana bileşen skorlarını hesaplamak ve sıralamak [54].



Şekil 2.2. Faktör Analizinin şekilsel ifadesi [54]

Temel bileşenler analizinin kullanım amaçları veri grubundaki benzerlikleri belirlemek ve ifade etmek; benzerlik ve farklılıkları belirgin hale getirmektir. Bununla birlikte temel bileşenler analizi, kendi arasında da ilişkili çok sayıda değişkenden oluşan veri setlerini sıkıştırmakta da kullanılmaktadır. Bu işlemin sonunda birbiri ile korelasyon olmayan temel bileşenler oluşur. Böylece sistemdeki çoklu doğrusal bağlantılar (multikolineerlik) elimine edilir. Oluşan temel bileşenler orijinal veri setindeki olası maksimum varyansı yitirmez. Temel bileşenler analizinde kovaryans matrisindeki özdeğerler kullanılır. Analizde kullanılan özdeğerler denklemlerdeki doğrusal sistemle birleşmiş özel sayısal değerlerdir ve karakteristik değerler olarak ifade edilir [55].

PCA, öncesinde ortaya çıkarılmamış ilişkileri ortaya çıkarma ve sıradan sonuçlar şeklinde nitelendirilemeyecek tahminler yapmaya yarayan bir yöntemdir. PCA, bizzat kendisi bir sonuç olmaktan ziyade sonuç almayı sağlayan bir özelliğe sahiptir. Çünkü ana bileşenler daha kapsamlı incelemeler için bir ara adım özelliği taşır. PCA ilk başlarda daha çok su kirliliğinin modellenmesinde kullanırken ilk kez 2006 yılında hava kirlleticilerinin analizinde kullanılmıştır [56].

Bu teknik daha çok bir kentte ve/veya ana yollarda bulunan hava izleme istasyonlarında ölçülen kirleticilerin ve bu bölgedeki hava kalitesinin belirlenmesinde kullanılır [57]. Çalışmada PCA analizi, orijinal datalarla SPSS 18 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

#### **2.2.1.1. SPSS istatistik programı ile Temel Bileşenler Analizi**

SPSS'in kullanım kolaylığı, menü yönetimli olması, içerdiği istatistiksel analiz modellerinin sıklıkla güncelleştirilmesi ve kolay bulunabilirliği gibi avantajları vardır. SPSS paket programı WINDOWS tabanlı bir pakettir ve SPSS sürümleri arasında temel istatistiksel analiz özellikleri bakımından önemli farklar bulunmamaktadır. SPSS programı sadece literatür araştırmalarında değil başlıca finans, gıda, sağlık, finans, sigorta, pazar ve insan araştırmaları gibi çeşitli sektörlerde de kullanılabilir. Böylece kullanıldığı her alanda hem kullanıcıya hem de ilgili kurum-kuruluşlara stratejik karar verilmesinde yardımcı olmaktadır. [58].

Temel Bileşenler Analizi (PCA), birbiri ile ilişkili olan değişkenleri birleştirerek daha az sayıda ortak olmayan değişken bulan ve dolayısıyla veri gruplarını azaltan bir yöntemdir. Faktör analizi olarak da bilinen temel bileşenler analizi çoğunlukla SPSS paket programı ile hesaplanır. Bu çalışmada temel bileşenler analizi (PCA) için, SPSS 18 istatistik programı kullanılmıştır.

Bu amaçla öncelikle Analyze menüsünden Data Reduction ve Factor seçenekleri seçilir (Şekil 2.3).

Figure 2.3 shows the SPSS software interface. The 'Analyze' menu is open, and 'Dimension Reduction' is selected. The data table below shows 27 variables and 22 rows of data.

	Aksaray	Alibeyköy	Kadıköy	Kartal	Sarıyer	Ümraniye	Üsküdar	Yenibosna	Kocaeli	Kocaeli/Dilova sı	Kocaeli/OSB	Sakarya	Yalova	Ba
1	13,00	8,00	4,00	12,00	11,00	7,00	3,00	13,00	10,00	31,00	5,00	13,00	15,00	
2	8,00	22,00	7,00	10,00	12,00	7,00	5,00	15,00	17,00	37,00	4,00	49,00	9,00	
3	21,00	34,00	11,00	18,00	13,00	15,00	11,00	23,00	37,00	55,00	6,00	67,00	23,00	
4	25,00	27,00	10,00	21,00	13,00	12,00	13,00	21,00	45,00	57,00	5,00	68,00	18,00	
5	17,00	9,00	11,00	24,00	14,00	12,00	10,00	17,00	23,00	48,00	7,00	45,00	23,00	
6	9,00	5,00	4,00	9,00	12,00	5,00	1,00	9,00	14,00	29,00	3,00	12,00	4,00	
7	12,00	2,00	4,00	13,00	10,00	5,00	3,00	15,00	5,00	33,00	3,00	22,00	12,00	
8	12,00	4,00	8,00	17,00	12,00	3,00	7,00	14,00	5,00	48,00	5,00	19,00	9,00	
9	8,00	7,00	6,00	9,00	10,00	1,00	10,00	10,00	10,00	41,00	5,00	20,00	9,00	
10	5,00	1,00	2,00	5,00	3,00	7,00	3,00	10,00	7,00	22,00	4,00	7,00	2,00	
11	2,00	1,00	5,00	2,00	1,00	11,00	7,00	35,00	4,00	7,00	4,00	7,00	4,00	
12	5,00	0,00	7,00	0,00	0,00	2,00	2,00	12,00	4,00	47,00	2,00	14,00	8,00	
13	2,00	2,00	12,00	25,00	12,00	10,00	13,00	14,00	17,00	44,00	6,00	10,00	4,00	
14	9,00	5,00	13,00	14,00	2,00	9,00	12,00	19,00	39,00	23,00	5,00	8,00	6,00	
15	9,00	5,00	7,00	7,00	2,00	3,00	9,00	10,00	37,00	16,00	4,00	11,00	2,00	
16	9,00	3,00	9,00	10,00	2,00	5,00	12,00	9,00	64,00	14,00	6,00	10,00	4,00	
17	16,00	4,00	10,00	8,00	3,00	6,00	13,00	14,00	28,00	13,00	5,00	6,00	6,00	
18	17,00	2,00	5,00	6,00	1,00	2,00	7,00	7,00	17,00	15,00	5,00	3,00	3,00	
19	4,00	2,00	6,00	9,00	21,00	4,00	6,00	13,00	47,00	18,00	3,00	3,00	5,00	
20	7,00	2,00	2,00	3,00	13,00	1,00	2,00	3,00	8,00	1,00	1,00	2,00	2,00	
21	5,00	2,00	0,00	6,00	0,00	2,00	15,00	1,00	2,00	17,00	5,00	1,00	2,00	2,00
22	6,00	2,00	4,00	2,00	2,00	0,00	17,00	3,00	2,00	17,00	5,00	1,00	2,00	0,00

Şekil 2.3. SPSS paket programında temel bileşenler analizi

Parametreler (emisyon ölçüm istasyonları), değişkenler (variables) bölümüne atanır (Şekil 2.4).

Figure 2.4 shows the SPSS software interface with the 'Factor Analysis' dialog box open. The dialog box has 'Variables:' checked, and the following variables are listed: Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Kartal, Sarıyer. The 'Descriptives...', 'Extraction...', 'Rotation...', 'Scores...', and 'Options...' buttons are visible.

	Aksaray	Alibeyköy	Beşiktaş	Esenler	Kadıköy	Kartal	Sarıyer	Ümraniye	Üsküdar	Yenibosna	Kocaeli	Kocaeli/Dilova sı	Kocaeli/OSB	Sakarya	Yalova	Ba
1	13,00	8,00	7,00	6,00	4,00	12,00	11,00	7,00	3,00	13,00	10,00	31,00	5,00	13,00	15,00	
2	8,00	22,00	12,00	7,00	7,00	10,00	12,00	7,00	5,00	15,00	17,00	37,00	4,00	49,00	9,00	
3	21,00	34,00	22,00	7,00	11,00	18,00	13,00	15,00	11,00	23,00	37,00	55,00	6,00	67,00	23,00	
4	25,00	27,00	24,00	9,00	10,00	21,00	13,00	12,00	13,00	21,00	45,00	57,00	5,00	68,00	18,00	
5	17,00	9,00	18,00	6,00	11,00	24,00	14,00	12,00	10,00	17,00	23,00	48,00	7,00	45,00	23,00	
6	9,00	5,00	6,00	3,00	4,00	9,00	12,00	5,00	1,00	9,00	14,00	29,00	3,00	12,00	4,00	
7	12,00	2,00	5,00	2,00	4,00	13,00	10,00	5,00	3,00	15,00	5,00	33,00	3,00	22,00	12,00	
8	12,00	4,00	8,00	3,00	8,00	17,00	12,00	3,00	7,00	14,00	5,00	48,00	5,00	19,00	9,00	
9	8,00	7,00	12,00	4,00	7,00	9,00	10,00	1,00	10,00	10,00	10,00	41,00	5,00	20,00	9,00	
10	5,00	0,00	5,00	2,00	2,00	5,00	3,00	7,00	3,00	10,00	7,00	22,00	4,00	7,00	2,00	
11	2,00	1,00	5,00	2,00	5,00	2,00	1,00	11,00	7,00	35,00	4,00	7,00	4,00	7,00	4,00	
12	5,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	0,00	2,00	2,00	12,00	4,00	47,00	2,00	14,00	8,00	
13	2,00	2,00	25,00	24,00	12,00	25,00	12,00	10,00	13,00	14,00	17,00	44,00	6,00	10,00	4,00	
14	9,00	5,00	23,00	20,00	13,00	14,00	2,00	9,00	12,00	19,00	39,00	23,00	5,00	8,00	6,00	
15	9,00	5,00	20,00	24,00	7,00	7,00	2,00	3,00	9,00	10,00	37,00	16,00	4,00	11,00	2,00	
16	9,00	3,00	21,00	14,00	9,00	10,00	2,00	5,00	12,00	9,00	64,00	14,00	6,00	10,00	4,00	
17	16,00	4,00	16,00	13,00	10,00	8,00	3,00	6,00	13,00	14,00	28,00	13,00	5,00	6,00	6,00	
18	17,00	2,00	8,00	8,00	5,00	6,00	1,00	2,00	7,00	7,00	17,00	15,00	5,00	3,00	3,00	
19	4,00	2,00	18,00	16,00	6,00	9,00	21,00	4,00	6,00	13,00	47,00	18,00	3,00	3,00	5,00	
20	7,00	2,00	5,00	3,00	2,00	3,00	13,00	1,00	2,00	3,00	8,00	1,00	1,00	2,00	2,00	
21	5,00	2,00	6,00	0,00	0,00	2,00	15,00	1,00	2,00	1,00	17,00	5,00	1,00	2,00	2,00	

Şekil 2.4. SPSS paket programında değişkenlerin atanması

Bu atamadan sonra, factor analiz menüsünde olan; Descriptives, Extraction, Rotation, Scores ve Options seçeneklerinden bazıları işaretlenmelidir. Descriptives basıldığında karşımıza çıkan aşağıdaki pencereden, initial solution, KMO and Barlett's test of sphericity seçenekleri işaretlenmelidir. (Şekil 2.5).

1	Aksaray	Alibeyköy	Besiktas	Esenler	Kadiköy	Kartal	Sarıyer	Ümraniye	Üsküdar	Yenibosna	Kocaeli	KocaeliDilova si	KocaeliOSB	Sakarya	Yalova	Balkesir	i
1	28,00	41,00	35,00	81,00	10,00	67,00	18,00	48,00	27,00	60,00	100,00	168,00	54,00	84,00	109,00	248,00	
2	28,00	55,00	61,00	81,00	11,00	107,00	57,00	107,00	27,00	68,00	140,00	161,00	54,00	61,00	68,00	196,00	
3	28,00	39,00	81,00	81,00	35,00	43,00	38,00	41,00	27,00	58,00	59,00	84,00	54,00	27,00	30,00	101,00	
4	28,00	27,00	46,00	81,00	67,00	29,00	21,00	36,00	27,00	72,00	32,00	76,00	54,00	15,00	33,00	61,00	
5	24,00	40,00	49,00	102,00	28,00	34,00	24,00	38,00	27,00	72,00	45,00	98,00	92,00	12,00	46,00	46,00	
6	40,00	56,00	58,00	121,00	83,00	114,00	39,00	86,00	27,00	72,00	83,00	105,00	88,00	37,00	69,00	181,00	
7	40,00	70,00	78,00	956,00	71,00						2,00	115,00	128,00	23,00	31,00	269,00	
8	40,00	50,00	73,00	610,00	56,00						7,00	98,00	91,00	48,00	65,00	189,00	
9	40,00	37,00	71,00	245,00	35,00						7,00	95,00	76,00	46,00	61,00	97,00	
10	40,00	51,00	41,00	97,00	34,00						7,00	72,00	68,00	46,00	50,00	88,00	
11	52,00	65,00	38,00	138,00	88,00						11,00	100,00	114,00	64,00	83,00	166,00	
12	63,00	98,00	56,00	187,00	105,00						6,00	174,00	176,00	45,00	125,00	161,00	
13	95,00	137,00	88,00	317,00	171,00						11,00	172,00	204,00	16,00	85,00	178,00	
14	114,00	177,00	114,00	421,00	179,00						5,00	251,00	198,00	36,00	122,00	363,00	
15	101,00	132,00	110,00	221,00	120,00						0,00	250,00	177,00	17,00	48,00	279,00	
16	42,00	118,00	99,00	206,00	113,00						5,00	151,00	131,00	53,00	76,00	179,00	
17	54,00	127,00	85,00	262,00	83,00						9,00	203,00	259,00	28,00	61,00	282,00	
18	114,00	130,00	104,00	286,00	140,00						12,00	153,00	243,00	37,00	88,00	254,00	
19	61,00	35,00	48,00	58,00	42,00						9,00	111,00	124,00	36,00	83,00	184,00	
20	49,00	58,00	47,00	73,00	56,00						14,00	113,00	160,00	21,00	83,00	116,00	
21	67,00	80,00	73,00	128,00	46,00		99,00	79,00	68,00	57,00	101,00	189,00	123,00	149,00	17,00	72,00	256,00
22	66,00	108,00	68,00	124,00	41,00		85,00	66,00	40,00	41,00	94,00	192,00	141,00	87,00	15,00	59,00	301,00
23	57,00	87,00	69,00	102,00	70,00		81,00	50,00	38,00	47,00	77,00	119,00	161,00	182,00	19,00	53,00	234,00
24	48,00	22,00	36,00	46,00	24,00		32,00	9,00	15,00	48,00	46,00	20,00	41,00	60,00	8,00	26,00	25,00
25	46,00	37,00	29,00	73,00	37,00		57,00	35,00	21,00	48,00	57,00	59,00	86,00	33,00	52,00	33,00	
26	68,00	60,00	47,00	114,00	52,00		111,00	61,00	35,00	49,00	74,00	125,00	112,00	170,00	59,00	90,00	60,00
27	43,00	47,00	58,00	100,00	35,00		70,00	50,00	25,00	35,00	34,00	103,00	114,00	127,00	20,00	49,00	220,00
28	40,00	14,00	35,00	100,00	26,00		34,00	31,00	14,00	18,00	37,00	20,00	44,00	93,00	10,00	18,00	90,00

Şekil 2.5. “Descriptives” butonundaki seçenekler

Extraction butonuna basıldığında ise, faktör elde etme metodu olarak principal components seçeneği işaretlenir. Ardından sırasıyla correlation matrix seçilir. Buradaki kovaryans; iki rastgele değişkenin beraber değişimlerini incelemektedir. Kovaryans matrisi ise, istatistik ve olasılık kuramları arasındaki kovaryansların matematiksel ifadesidir. Korelasyon matrisi ise, analizde yer alan tüm değişkenlerin arasındaki ilişkiyi gösteren bir tablodur. Özdeğer (eigenvalue), matris özellikleri ile ilgili önemli bilgiler sağladığından matris faktörlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Her bir faktörün faktör yüklerinin kareleri toplamı, her bir faktör tarafından açıklanan varyansın oranının hesaplanmasında ve önemli faktör sayısına karar vermede kullanılan bir katsayıdır. Özdeğer yükseldikçe, faktörün açıkladığı varyans da yükselir. Bu yüzden eigenvalues over 1 seçilir. İsterse araştırmacı işaretleyeceği number of factors seçeneğini ile faktör sayısını kendisi belirleyebilir. ancak bu yöntem önerilmemektedir. Şekil 2.6’ dan da görüldüğü gibi çalışmada temel bileşenlerin ekstrakte edilmesinde 1’den büyük özdeğerler kullanılmıştır. Scree plot seçeneği de işaretlenecek diğer seçenektir [59]. Scree Plot tablosu, faktör yapısını belirlerken fikir verir. İki nokta arası bir faktörü ifade eder. Bu tabloda eğrinin düzleşerek devam ettiği nokta bulunur ve kaç faktör olduğu sayılır [60].



1	Aksaray	Alibeyköy	Beşiktaş	Esenler	Kadıköy	Kartal	Sarıyer	Ümraniye	Üsküdar	Yenibosna	Kocaeli	KocaeliDilova sı	KocaeliOSB	Sakarya	Yalova	Balıkesir
1	28,00	41,00	35,00	81,00	10,00	67,00	18,00	48,00	27,00	60,00	100,00	168,00	54,00	84,00	109,00	248,00
2	28,00	55,00	61,00	81,00	11,00	107,00	57,00	107,00	27,00	68,00	140,00	181,00	54,00	61,00	68,00	196,00
3	28,00	39,00	81,00	81,00	35,00	43,00	38,00	41,00	27,00	58,00	59,00	84,00	54,00	27,00	30,00	101,00
4	28,00	27,00	46,00	81,00	67,00	29,00	21,00	36,00	27,00	72,00	32,00	76,00	54,00	15,00	33,00	61,00
5	24,00	40,00	49,00	102,00	28,00	34,00	24,00	38,00	27,00	72,00	45,00	98,00	92,00	12,00	46,00	46,00
6	40,00	56,00	58,00	121,00	83,00	114,00	38,00	86,00	27,00	72,00	83,00	105,00	88,00	37,00	69,00	181,00
7	40,00	70,00	78,00	956,00	71,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
8	40,00	50,00	73,00	610,00	56,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
9	40,00	37,00	71,00	245,00	35,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
10	40,00	51,00	41,00	97,00	34,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
11	52,00	65,00	38,00	138,00	88,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
12	63,00	98,00	56,00	187,00	105,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
13	95,00	137,00	88,00	317,00	171,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
14	114,00	177,00	114,00	421,00	179,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
15	101,00	132,00	110,00	221,00	120,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
16	42,00	118,00	99,00	206,00	113,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
17	54,00	127,00	85,00	262,00	83,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
18	114,00	130,00	104,00	298,00	140,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
19	61,00	35,00	48,00	58,00	42,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
20	49,00	58,00	47,00	73,00	56,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
21	67,00	80,00	73,00	128,00	46,00	99,00	79,00	68,00	57,00	101,00	189,00	123,00	149,00	17,00	72,00	256,00
22	66,00	108,00	68,00	124,00	41,00	85,00	66,00	40,00	41,00	94,00	192,00	141,00	87,00	15,00	59,00	301,00
23	57,00	87,00	69,00	102,00	70,00	81,00	50,00	38,00	47,00	77,00	119,00	161,00	162,00	19,00	53,00	234,00
24	48,00	22,00	35,00	46,00	24,00	32,00	9,00	15,00	48,00	46,00	20,00	41,00	60,00	8,00	26,00	25,00
25	46,00	37,00	29,00	73,00	37,00	57,00	35,00	21,00	48,00	57,00	72,00	59,00	86,00	33,00	52,00	33,00
26	68,00	60,00	47,00	114,00	52,00	111,00	61,00	35,00	49,00	74,00	125,00	112,00	170,00	59,00	90,00	60,00
27	43,00	47,00	58,00	100,00	35,00	70,00	50,00	25,00	35,00	34,00	103,00	114,00	127,00	20,00	49,00	220,00
28	40,00	14,00	35,00	100,00	26,00	34,00	31,00	14,00	18,00	37,00	20,00	44,00	93,00	10,00	18,00	90,00
29	38,00	11,00	33,00	95,00	16,00	26,00	12,00	19,00	18,00	37,00	15,00	47,00	93,00	7,00	19,00	23,00

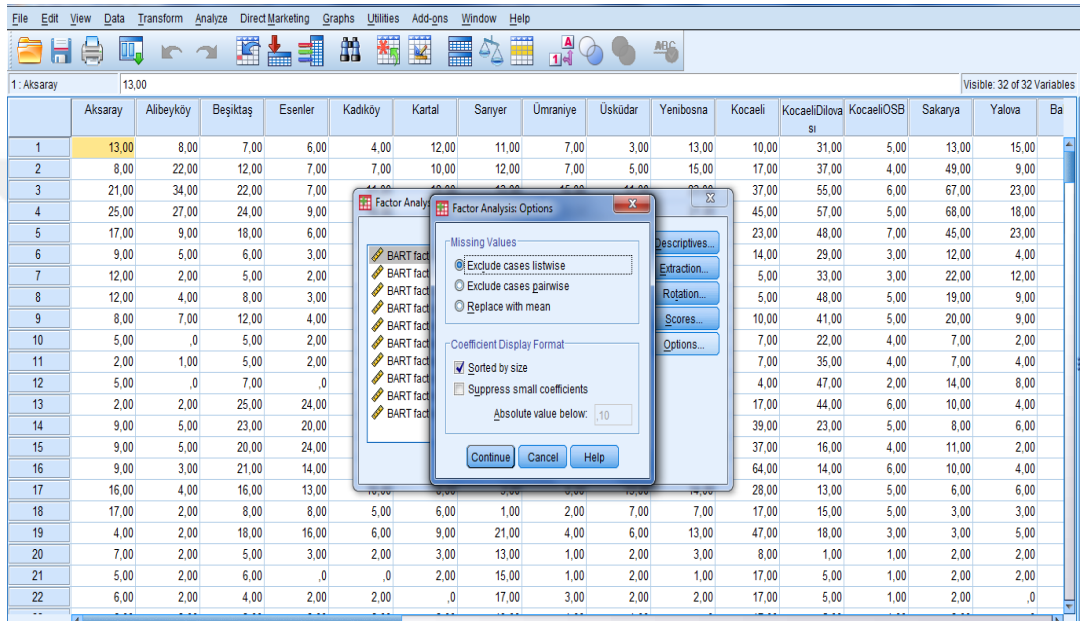
Şekil 2.7. Temel bileşenler analizinde “Rotation” butonu

Scores seçeneği altında bulunan, Bartlett testi; korelasyon matrisinde değişkenlerin en azından bir kısmı arasında yüksek orantılı korelasyonlar olduğu olasılığını test eder. Örneklerin varyans eşitliklerini test etmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Örneklerde eşit varyansların görülmesi varyans homojenliği olarak isimlendirilir. Temel bileşenler analizi içinde Bartlett testi bu homojenliği değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. SPSS programında Bartlett testi “Factor Analysis” menüsünden sırasıyla “Factor Scores” ve “Bartlett” yöntemi seçilerek gerçekleştirilir (Şekil 2.8).

1	Aksaray	Alibeyköy	Beşiktaş	Esenler	Kadıköy	Kartal	Sarıyer	Ümraniye	Üsküdar	Yenibosna	Kocaeli	KocaeliDilova sı	KocaeliOSB	Sakarya	Yalova	Balıkesir
1	28,00	41,00	35,00	81,00	10,00	67,00	18,00	48,00	27,00	60,00	100,00	168,00	54,00	84,00	109,00	248,00
2	28,00	55,00	61,00	81,00	11,00	107,00	57,00	107,00	27,00	68,00	140,00	181,00	54,00	61,00	68,00	196,00
3	28,00	39,00	81,00	81,00	35,00	43,00	38,00	41,00	27,00	58,00	59,00	84,00	54,00	27,00	30,00	101,00
4	28,00	27,00	46,00	81,00	67,00	29,00	21,00	36,00	27,00	72,00	32,00	76,00	54,00	15,00	33,00	61,00
5	24,00	40,00	49,00	102,00	28,00	34,00	24,00	38,00	27,00	72,00	45,00	98,00	92,00	12,00	46,00	46,00
6	40,00	56,00	58,00	121,00	83,00	114,00	38,00	86,00	27,00	72,00	83,00	105,00	88,00	37,00	69,00	181,00
7	40,00	70,00	78,00	956,00	71,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
8	40,00	50,00	73,00	610,00	56,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
9	40,00	37,00	71,00	245,00	35,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
10	40,00	51,00	41,00	97,00	34,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
11	52,00	65,00	38,00	138,00	88,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
12	63,00	98,00	56,00	187,00	105,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
13	95,00	137,00	88,00	317,00	171,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
14	114,00	177,00	114,00	421,00	179,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
15	101,00	132,00	110,00	221,00	120,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
16	42,00	118,00	99,00	206,00	113,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
17	54,00	127,00	85,00	262,00	83,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
18	114,00	130,00	104,00	298,00	140,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
19	61,00	35,00	48,00	58,00	42,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
20	49,00	58,00	47,00	73,00	56,00	11,00	30,00	60,00	42,00	44,00	34,00	113,00	150,00	21,00	83,00	116,00
21	67,00	80,00	73,00	128,00	46,00	99,00	79,00	68,00	57,00	101,00	189,00	123,00	149,00	17,00	72,00	256,00
22	66,00	108,00	68,00	124,00	41,00	85,00	66,00	40,00	41,00	94,00	192,00	141,00	87,00	15,00	59,00	301,00
23	57,00	87,00	69,00	102,00	70,00	81,00	50,00	38,00	47,00	77,00	119,00	161,00	162,00	19,00	53,00	234,00
24	48,00	22,00	35,00	46,00	24,00	32,00	9,00	15,00	48,00	46,00	20,00	41,00	60,00	8,00	26,00	25,00
25	46,00	37,00	29,00	73,00	37,00	57,00	35,00	21,00	48,00	57,00	72,00	59,00	86,00	33,00	52,00	33,00
26	68,00	60,00	47,00	114,00	52,00	111,00	61,00	35,00	49,00	74,00	125,00	112,00	170,00	59,00	90,00	60,00
27	43,00	47,00	58,00	100,00	35,00	70,00	50,00	25,00	35,00	34,00	103,00	114,00	127,00	20,00	49,00	220,00
28	40,00	14,00	35,00	100,00	26,00	34,00	31,00	14,00	18,00	37,00	20,00	44,00	93,00	10,00	18,00	90,00
29	38,00	11,00	33,00	95,00	16,00	26,00	12,00	19,00	18,00	37,00	15,00	47,00	93,00	7,00	19,00	23,00

Şekil 2.8. Temel bileşenler analizinde “Scores” butonu

Options butonu tıklandığında ise, Exclude cases listwise seçeneği işaretlenirse değişkenlerdeki kayıp değerlerin göz önüne alınmayacağı kabul edilmektedir. Exclude cases pairwise seçeneği işaretlenir ise, verileri tam olan değişkenleri ile kabul etmektedir. Replace with mean seçeneği işaretlendiğinde değişkenlerdeki aritmetik ortalama değerleri kullanmaktadır. Sorted by ile de, döndürülmüş faktör matrisinde değişkeni ilgili faktördeki faktör yüklerine göre sıralamaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Temel bileşenler analizinde “Options” butonu

Tüm bu seçimlerden sonra temel bileşenler analizi ile faktör indirgenmesi gerçekleştirilir. Veri setinin faktör analizi için uygunluğunun değerlendirilmesi çalışmadaki önemli adımlardan biridir. Bunun için:

- Değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde katsayılar 0,30 ve üzerinde ise, bu değişkenlerin yüksek ihtimalle faktörler oluşturabileceği değerlendirilmektedir. Bu yüzden değişkenler arasında yüksek korelasyon olması arzu edilir. Çünkü değişkenler arasındaki korelasyon ne kadar yüksek ise, değişkenlerin ortak faktör oluşturma olasılıkları o derece yüksek olacaktır. Değişkenler arasındaki düşük korelasyon değeri ise, değişkenlerin ortak faktörler oluşturamayacağını kanıtı olarak düşünülmektedir.



- KMO ve Barlett's testinin anlamlılığına bakılır. KMO, kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüğünü gözlenen korelasyon katsayıları büyüklüğü ile karşılaştıran bir indekstir. KMO oranının; 0,5'in üzerinde olmalıdır ki veriler faktör analizi için geçerli kabul edilebilsin. KMO değerleri ve yorumları aşağıda verilen tablodaki gibidir. Bartlett sig<0.05 olmalıdır.

Tablo 2.2. KMO değerleri ve yorumları

KMO DEĞERİ	YORUM
0,90	Mükemmel
0,80	Çok iyi
0,70	İyi
0,60	Orta
0,50	Zayıf
0,50'nin altı	Kabul Edilemez

Verilerin faktör analizi için uygun olduğunun değerlendirilmesinden sonra, faktör sayısı belirlenir. Bu sayıyı belirlemede değişik yöntemler mevcuttur. Yöntemlerden biri Özdeğer istatistiği 1'den büyük olan faktörlerin anlamlı olarak belirlenmesidir.

### 2.2.2. Bulanık Kümeleme Analizi (FCM)

Kümeleme Analizi, bir veri matrisindeki gruplamaları bilinmeyen birimlerin birbirleriyle benzer alt kümelere ayrılmasını sağlayan bir yöntemdir. Kümeleme analizinin temelini; verilerde bulunan değişkenlerle, bireyler arasındaki uzaklık baz alınarak, benzer bireylerin aynı kümede gruplanması ve yeni bir bireyin hangi kümeye dahil olduğunun tahmin edilmesi oluşturmaktadır.

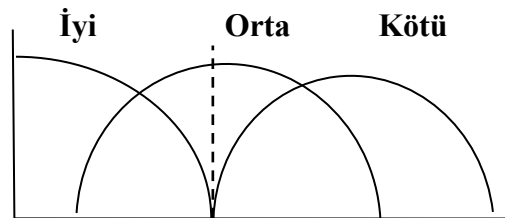
Kümeleme analizi; katı, bulanık ve olasılıklı olmak üzere üç farklı grupta olabilir. Booleca (boolean); katı kümelemede kümeye üyelik kaydını ifade eder. Bulanık kümelemede, üyelik kaydı 0 ile 1 arasında değişebilir ve veriler aynı anda birden fazla kümeye üye olabilmektedir. Olasılıklı kümelemede ise üyelik yine booleca olarak kabul edilir ama bu yöntemde üyelerin kümelere atanmasında bir olasılık söz konusudur.

Bulanık kümeleme yönteminde üyelik olasılıklarının toplamı daima 1 olmak üzere, bir üyenin her bir kümede olma olasılığı 0-1 arasındadır. Bu durum, verilerin aynı anda birden fazla kümede olabileceğini göstermektedir. Verilerin hangi kümeye ait

olduğunu gösteren tek bir değer yoktur, bunun yerine bir değerler kümesi vardır. Bu yüzden birim en yüksek olasılığa sahip olduğu kümede yer alır [60].

Bulanık Kümeleme Analizi (FCM), bulanık bölünmeli kümeleme teknikleri arasında en çok kullanılan ve en iyi bilinen yöntemdir. Bulanık kümeleme analizi, 1973'de Dunn tarafından bulunmuş ve 1981'de Bezdek tarafından geliştirilmiştir. Bulanık Kümeleme Analizi; fonksiyon temeli olan bir analiz yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemle nesnelere iki ya da daha fazla kümeye atanabilir. Bu yöntemde veriler,  $[0,1]$  arasında değişen bir küme üyelik değerine sahiptir. Verilerin küme üyelik değerleri toplamda '1' olmalıdır. Nesne hangi kümeye yakınsa o kümeye ait olma üyeliği diğerlerine göre daha büyük olacaktır [61].

FCM, hava kalitesi üzerinde anlatmak istersek Şekil 2.10. üzerinden anlatılabilir. FCM'de nesnelere iki ya da daha fazla kümeye girebilir. Burada her veri, kümelerin her birine  $[0,1]$  arasında değişen birer üyelik değerine sahiptir. Bir verinin tüm sınıflara olan üyelik değerleri toplamı '1' olmalıdır. Nesne hangi kümeye yakınsa o kümeye üyeliği diğerlerine göre daha yüksek olacaktır. Amaç fonksiyonun belirlenen minimum değere yakınsamasıyla kümeleme işlemi tamamlanır. Kabul edilebilir konsantrasyonlar açısından şekilden de görüldüğü üzere yatay eksen iyi, orta ve kötü olmak üzere 3 tür çevre kalitesini göstermektedir. Dikey eksen ise, üyelik fonksiyonunu temsil etmektedir. Üyelik fonksiyonları belirtilen konsantrasyon kümesine ait olduğunu ve o kümedeki dereceyi temsil eder. Bu durumda konsantrasyonda üyelik fonksiyonları 0 ile 1 arasında bir değer alır. Klasik küme teorisinde üyelik fonksiyonları açısından bir üye kümenin sınırları içinde 1, dışında 0 kabul edilir. Üyelik fonksiyonu hangi kümeye yakın ise o kümeye ait olacaktır [62].



Şekil 2.10. Hava kalitesi [60]

Alışılmış kümeleme yöntemleri her bir veriyi tek bir kümede sınırlamaktadır. Zadeh küme üyelerinin kısmen kümede yer aldığı bulanık bir kümeleme yöntemini

önerdiğinden beri, bulanık kümeleme yöntemi birçok farklı alanda çalışılmakta ve uygulamaktadır [63].

Temel olarak FCM kümeleme, çok boyutlu bir uzayda yer alan farklı örnekler arasındaki uzaklığa bağlıdır. Çoğu durumda, FCM her bir varlığın eşit öneme sahip olduğu bildik Öklid metodunu kullanır [64]. FCM algoritması her bir küme arasında yer alan veriler arasındaki değişkenliği en aza indirmeye çalışmaktadır [65]. Diğer kümeleme yöntemlerinden farklı olarak FCM daha esnek bir yöntemdir, çünkü her bir nesnenin birden fazla kümede yer alabilecek ara yüzlere sahip olduğunu gösterir [66].

FCM’de kümeler, küme numarasına göre gruplandırılmıştır (c) ve girdi vektörüne göre öncelikli değerlere sahiptir. Küme üyelikleri ilgili üyelik değerlerine göre tanımlanmaktadır. Ayrıca algoritmada kümeler, küme merkezini tanımlayan prototipler olarak tanımlanmaktadır. Bu algoritma, eşitlikte yer alan nesnel fonksiyonun tekrarlanan minimizasyonuna dayalı en uygun algoritma olup Denklem (2.1)’de gösterildiği gibi;

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ki}^m \|x_k - v_i\|^2 \quad (2.1)$$

olacaktır.

Denklem (2.1)’de n verilmiş olan bir veri setindeki veri vektörlerinin toplam sayısı ve c kümelerin sayısıdır.  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset R^s$  ve  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_c\} \subset R^s$  mevcut veri ve küme merkezleridir.  $U = (u_{ki})_{nc}$  her i kümesinde üyeliği yer alan  $x_k$  vektörünün bütününden oluşan bulanık bir matrisler bölümüdür. Burada  $u_{ki}$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  için  $\sum_{i=1}^c u_{ki} = 1$ ’i sağlamalı ve  $i = 1, 2, \dots, c$  ile  $k = 1, 2, \dots, n$  için  $u_{ki} \geq 0$  olmalıdır. Birinci denklemde yer alan  $m > 1$  ifadesi bulanıklaştırıcı olarak anılmaktadır. Denklem (2.1)’i minimize etmek için, küme merkezleri olan  $v_i$  ve üyelik matrisi olan U’nun aşağıda yer alan ve tekrarlanan formül uyarınca denklem (2.2) ve (2.3)’e göre hesaplanması gerekir:

$$u_{ki} = \begin{cases} \left( \sum_{j=1}^c \left( \frac{\|x_k - v_j\|}{\|x_k - v_i\|} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right)^{-1} & \text{if } \|x_k - v_j\| > 0, \\ 1, & \text{if } \|x_k - v_i\| = 0, \\ 0, & \text{if } \exists j \neq i \|x_k - v_j\| = 0 \end{cases} \quad \text{için } k = 1, \dots, n \text{ ve } i = 1, \dots, c \quad (2.2)$$

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ki}^m \cdot x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ki}^m}, \quad i = 1, 2, \dots, c \quad (2.3)$$

FCM Algoritmasının prosedürü aşağıda görüldüğü gibidir:

Adım 1: Kümelerin sayısını  $c$ , bulanıklaştırıcı  $m$  değerlerini ve uzaklık fonksiyonunu girin.

Adım 2: Küme merkezlerini tanımlamaya başlayın  $v_i^0$  ( $i = 1, 2, \dots, c$ )

Adım 3: Denklem (2.2)'yi kullanarak  $u_{ki}$  ( $k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, c$ ) hesaplayın.

Adım 4: Denklem (2.3)'ü kullanarak  $v_i^1$  ( $i = 1, 2, \dots, c$ ) hesaplayın.

Adım 5:  $\max_{1 \leq i \leq c} (\|v_i^0 - v_i^1\| / \|v_i^1\|) \leq \epsilon$  ise 6.adıma geçin yoksa  $v_i^0 = v_i^1$  ( $i = 1, 2, \dots, c$ ) olmasını sağlayıp 3.adıma dönün.

Adım 6: Küme değerlerinin çıktılarını alın: Küme merkezleri  $v_i^1$  ( $i = 1, 2, \dots, c$ ), üyelik matrisi olan  $U$  ve bazı uygulamalarda her bir küme elemanı olan  $i$ , örneğin tüm  $J=k$  durumlarında  $u_{ki} > u_{kj}$  olması halinde  $x_k$ 'lardır.

Adım 7: Durun [67].

FCM analizi, orijinal datalar ile MATLAB R2010b kullanılarak yapılmıştır. FCM'de izleme istasyonlarının sınıf sayısı, PCA analizi ile karşılaştırma yapabilmek için PCA'da elde edilen faktör sayıları kadar seçilmiştir. FCM metodu verinin toplam üyeliği 1 olacak şekilde eldeki bütün kümelere ne oranda ait olduğunu belirtmektedir (Şekil 2.11)



### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Analiz Sonuçları

##### 3.1.1. PCA

Bu çalışma kapsamında Marmara Bölgesi'nde bulunan 22 farklı istasyondan alınan değerlerin PCA ile kümelenmesi ile elde edilen faktörler; SO<sub>2</sub> için Tablo 3.1'de, PM<sub>10</sub> için ise Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1. SO<sub>2</sub> için PCA sonuçları

İstasyon	1.Faktör	2.Faktör	3.Faktör	4.Faktör	5.Faktör
Esenler	<b>0,863</b>	0,128	0,110	0,231	0,036
Yenibosna	<b>0,817</b>	0,199	0,029	0,304	-0,182
Beşiktaş	<b>0,806</b>	0,255	0,166	-0,081	0,109
Kartal	<b>0,768</b>	0,114	0,267	0,340	-0,090
Sarıyer	<b>0,644</b>	0,262	0,097	0,189	0,400
Kadıköy	<b>0,615</b>	0,161	0,067	0,231	0,067
Aksaray	<b>0,478</b>	0,021	0,426	0,059	0,092
Çanakkale	0,106	<b>0,846</b>	-0,080	0,247	-0,090
Yalova	0,234	<b>0,781</b>	-0,001	0,212	0,092
Sakarya	0,357	<b>0,704</b>	0,324	0,163	0,175
Balıkesir	0,329	<b>0,604</b>	0,504	0,224	-0,003
Kocaeli-Dilovası	0,087	0,001	<b>0,882</b>	0,211	0,188
Kocaeli-Merkez	0,245	-0,008	<b>0,818</b>	-0,177	0,111
Bilecik	0,098	0,346	<b>0,700</b>	0,297	0,104
Kırklareli	0,238	0,296	-0,039	<b>0,814</b>	-0,214
Edirne	0,205	0,339	0,175	<b>0,759</b>	0,137
Tekirdağ	0,225	0,267	0,080	<b>0,712</b>	0,347
Bursa	0,224	-0,103	0,155	<b>0,439</b>	-0,436
Ümraniye	0,332	0,205	0,242	<b>0,439</b>	0,243
Kocaeli-OSB	-0,029	-0,202	0,424	0,073	<b>0,713</b>
Üsküdar	0,603	0,192	0,229	0,084	<b>0,605</b>
Alibeyköy	0,293	0,431	0,371	0,212	<b>0,545</b>

Tablo 3.2. PM<sub>10</sub> için PCA sonuçları

İstasyon	1.Faktör	2.Faktör	3.Faktör
Üsküdar	<b>0,852</b>	0,361	0,072
Kadıköy	<b>0,780</b>	0,387	0,053
Alibeyköy	<b>0,764</b>	0,239	0,308
Kocaeli-OSB	<b>0,750</b>	0,138	0,394
Ümraniye	<b>0,745</b>	0,431	0,087
Yenibosna	<b>0,740</b>	0,304	0,156
Sarıyer	<b>0,736</b>	0,177	0,296
Kocaeli-Dilovası	<b>0,736</b>	0,209	0,420
Beşiktaş	<b>0,726</b>	0,153	0,188
Kartal	<b>0,682</b>	0,182	0,285
Aksaray	<b>0,681</b>	0,326	0,102
Kocaeli-Merkez	<b>0,676</b>	0,087	0,511
Balıkesir	<b>0,638</b>	0,251	0,447
Bursa	<b>0,605</b>	0,311	0,367
Yalova	<b>0,489</b>	0,312	0,432
Esenler	<b>0,432</b>	0,154	0,405
Sakarya	0,296	<b>0,776</b>	-0,177
Kırklareli	0,176	<b>0,738</b>	0,424
Edirne	0,200	<b>0,671</b>	0,483
Bilecik	0,345	<b>0,624</b>	0,185
Çanakkale	0,137	0,046	<b>0,831</b>
Tekirdağ	0,455	0,434	<b>0,552</b>

Tablo 3.1’de görüldüğü üzere analiz sonucunda indirgenen istasyon sayısı SO<sub>2</sub> için faktör 1 (Esenler, Yenibosna, Beşiktaş, Kartal, Sarıyer, Kadıköy, Aksaray), faktör 2 (Çanakkale, Yalova, Sakarya, Balıkesir), faktör 3 (Kocaeli-Dilovası, Kocaeli-Merkez, Bilecik), faktör 4 (Kırklareli, Edirne, Tekirdağ, Bursa, Ümraniye) ve faktör 5 (Kocaeli-OSB, Üsküdar, Alibeyköy) olarak beş sınıfa ayrılmıştır. Bu faktörler ayrı ayrı incelendiğinde, her bir faktörün içerdiği istasyonların etkilendiği kaynak tipini (noktasal, alansal, çizgisel) belirlemek biraz güç olmasına karşın, genel bir değerlendirme yapılabilir. Faktör 1, 4 ve 5’in içerdiği istasyonların çoğu, alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonlar olarak kabul edilebilir. Bu üç grup içerisinde yer alan Kartal, Tekirdağ, Bursa ve Kocaeli-OSB istasyonları alansal+çizgisel kaynakların yanında noktasal kaynaklara da maruz kalan istasyonlar olarak değerlendirilebilir. Yine bu faktörler incelendiğinde, Bilecik ile Bursa istasyonları haricindeki diğer istasyonların İstanbul ili içerisindeki istasyonlar ya da İstanbul iline yakın istasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Faktör 2 daha çok noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonların bir araya geldiği

grup olarak düşünülebilir. Ayrıca bu gruptaki istasyonlar Marmara Bölgesi'nin güney ve doğu kısmında bulunan istasyonlardır. Faktör 3 de, faktör 2 gibi noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonların bir araya geldiği bir grup oluşturduğu kabul edilebilir. Ancak aralarındaki fark, faktör 3'e dahil olan tüm istasyonlarda kaynakların tümü baskın olmasıdır. Faktör 2'de ise 4 istasyondan biri olan Çanakkale istasyonunda alansal+çizgisel kaynaklar baskın olup noktasal kaynakların etkisi olmadığı değerlendirilebilir. Dolayısıyla tüm bu sonuçlar incelendiğinde etkilendiği kaynak tipi açısından net bir ayırım yapmanın zor olduğu çünkü sınıflandırmada belirsizliklerin mevcut olduğu söylenebilir.

Tablo 3.2.'de görüldüğü gibi analiz sonucunda indirgenen istasyon sayısı PM<sub>10</sub> için faktör 1 (Üsküdar, Kadıköy, Alibeyköy, Kocaeli-OSB, Ümraniye, Yenibosna, Sarıyer, Kocaeli-Dilovası, Beşiktaş, Kartal, Aksaray, Kocaeli-Merkez, Balıkesir, Bursa, Yalova, Esenler), faktör 2 (Sakarya, Kırklareli, Edirne, Bilecik) ve faktör 3 (Çanakkale, Tekirdağ) şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu faktörler ayrı ayrı incelendiğinde, SO<sub>2</sub> de olduğu gibi her bir faktörün içerdiği istasyonların etkilendiği kaynak tipini belirlemek biraz güç olmasına karşın, genel bir değerlendirme yapılabilir. Faktör 1, 2 ve 3 incelendiğinde etkileyen kaynak tipi açısından bir ayırım yapılamayacağı değerlendirilmiştir. Her bir faktör grubunda hem alansal+çizgisel hem de noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan izleme istasyonları mevcut olduğundan belli bir belirsizliğin söz konusu olduğu değerlendirilebilir.

### **3.1.2. FCM**

SO<sub>2</sub> için FCM kullanılarak sınıflandırılan istasyonlar Tablo 3.3'de verilmiştir. PCA analizinde SO<sub>2</sub> için 5 faktör elde edildiğinden, karşılaştırma yapabilmek amacıyla FCM'de de izleme istasyonları 5 farklı küme şeklinde sınıflandırılmıştır. İzleme istasyonlarının etkilendiği kaynak tipini belirlemek biraz güç olmasına karşın, sonuçlar PCA sonuçları ile karşılaştırıldığında belirsizliğin biraz daha azaldığı değerlendirilmiştir. Kümeler ayrı ayrı incelendiğinde küme 2 ve küme 5'de olan istasyonların hepsi noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonlar olduğu görülmüştür. Küme 1 ve küme 4 alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olduğu kabul edilmiştir. Küme 3'de her ne kadar noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonlar bulunsa da alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan



istasyonların sayısının daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca bu kümede İstanbul İl'inin bütün izleme istasyonlarının değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Tablo 3.3. SO<sub>2</sub> için FCM sonuçları

İstasyon	1.Küme	2.Küme	3.Küme	4.Küme	5.Küme	Dahil Olduğu Küme
Aksaray	0,0131	0,0028	0,5229	0,0218	0,4395	3
Alibeyköy	0,0025	0,0006	0,9059	0,0041	0,0870	3
Beşiktaş	0,0022	0,0005	0,9236	0,0037	0,0700	3
Esenler	0,0026	0,0006	0,9114	0,0044	0,0810	3
Kadıköy	0,0040	0,0009	0,8756	0,0068	0,1127	3
Kartal	0,0042	0,0009	0,8452	0,0072	0,1426	3
Sarıyer	0,0022	0,0005	0,9211	0,0037	0,0726	3
Ümraniye	0,0038	0,0008	0,8785	0,0065	0,1104	3
Üsküdar	0,0024	0,0005	0,9060	0,0040	0,0870	3
Yenibosna	0,0053	0,0012	0,8427	0,0093	0,1415	3
Kocaeli	0,0121	0,0025	0,2999	0,0185	0,6670	5
Kocaeli-Dilovası	0,1337	0,0264	0,2581	0,1485	0,4334	5
Kocaeli-OSB	0,0175	0,0038	0,4608	0,0259	0,4919	5
Sakarya	0,0066	0,0014	0,7438	0,0111	0,2371	3
Yalova	0,0044	0,0010	0,8740	0,0074	0,1132	3
Balıkesir	0,0032	0,0007	0,8711	0,0054	0,1195	3
Bilecik	0,0098	0,0020	0,2706	0,0164	0,7012	5
Bursa	0,0784	0,0186	0,3668	0,1427	0,3935	5
Çanakkale	0,1935	0,0346	0,2147	0,3204	0,2367	4
Edirne	0,9890	0,0010	0,0019	0,0059	0,0022	1
Kırklareli	0,0215	0,0025	0,0102	0,9543	0,0115	4
Tekirdağ	8,70x10 <sup>-6</sup>	0,9998	3,89x10 <sup>-6</sup>	6,43x10 <sup>-6</sup>	4,21x10 <sup>-6</sup>	2

PCA analizinde PM<sub>10</sub> için 3 faktör elde edildiğinden, FCM'de de istasyonlar 3 küme şeklinde sınıflandırılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.4'de gösterilmiştir. İzleme istasyonlarının etkilendiği kaynak tipini belirlemek bu analiz yönteminde daha kolay olduğu değerlendirilmiştir. Kümeler ayrı ayrı incelendiğinde küme 3'de yer alan bütün izleme istasyonlarının noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olduğu görülmüştür. Küme 1'de yer alan Esenler, Yenibosna ve Edirne alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olan istasyonlar olarak değerlendirilmiştir. Bu kümede yer alan Sakarya ve Bursa istasyonlarının noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisi altında olduğu kabul edilmiştir. Bu yöntemi klasik sınıflandırma metodlarından ayıran temel özelliğinin klasik sınıflandırma metodlarının bir veriyi o sınıfa ait olup olmadığını göstermesine karşın FCM metodu verinin toplam üyeliği 1 olacak şekilde eldeki bütün kümelere ne oranda ait olduğunu göstermesidir. Bu iki istasyonun küme 1'e üyelikleri Tablo 3.4'e bakıldığında sırasıyla 0,3670 ve 0,3929 küme 3'e üyelikleri ise sırasıyla

0,3470 ve 0,3863 olduğu görülmüştür. Bu noktada karar verici dilerse bu istasyonları küme üyelikleri birbirine çok yakın olduğundan dolayı eldeki veriler ışığında küme 3'e de dahil edebileceği değerlendirilebilir. Bu açıdan bakıldığında küme 1 tamamıyla alansal+çizgisel; küme 3 ise tamamıyla noktasal+alansal+çizgisel kaynakların etkisi altında olduğu kabul edilmiştir. Dolayısıyla PCA ile karşılaştırıldığında kaynakların etkisinin FCM kümeleme metodunda daha belirgin olduğu değerlendirilebilir. Küme 2'de de Yalova ve Bilecik izleme istasyonlarının dışındaki bütün izleme istasyonlarının alansal+çizgisel kaynakların etkisinde olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4. PM<sub>10</sub> için FCM sonuçları

İstasyon	1.Küme	2.Küme	3.Küme	Dahil Olduğu Küme
Aksaray	0,1857	0,6882	0,1260	2
Alibeyköy	0,3340	0,4367	0,2293	2
Beşiktaş	0,2259	0,6150	0,1591	2
Esenler	0,3584	0,2940	0,3476	1
Kadıköy	0,2835	0,5114	0,2051	2
Kartal	0,3686	0,2066	0,4247	3
Sarıyer	0,2299	0,6038	0,1663	2
Ümraniye	0,2035	0,6571	0,1394	2
Üsküdar	0,1426	0,7609	0,0966	2
Yenibosna	0,4026	0,2711	0,3263	1
Kocaeli-Merkez	0,3599	0,1793	0,4608	3
Kocaeli-Dilovası	0,3368	0,1544	0,5088	3
Kocaeli-OSB	0,3423	0,1605	0,4973	3
Sakarya	0,3670	0,2860	0,3470	1
Yalova	0,2445	0,5833	0,1722	2
Balıkesir	0,3531	0,2049	0,4419	3
Bilecik	0,2759	0,5328	0,1913	2
Bursa	0,3929	0,2208	0,3863	1
Çanakkale	0,2727	0,5165	0,2108	2
Edime	0,3942	0,2257	0,3801	1
Kırklareli	0,3031	0,4881	0,2088	2
Tekirdağ	0,3882	0,1768	0,4349	3

PCA ve CA gibi istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde; su izleme ağlarının yönetiminde birçok kez kullanıldığı görülmüştür. Buna karşın hava kalitesi izleme ağlarının yönetiminde ilk kez Gramsch ve arkadaşlarının kullandığı tespit edilmiştir. Onların bu çalışması sonucu Santiago Şili kentinde bulunan partikül madde ve ozon kirleticilerinin mevsimsel eğilimleri ve mekansal dağılımları belirlenerek kentin hava kirliliği bakımından dört büyük sektöre ayrıldığı sonucuna varılmıştır. Kışın tüm istasyonlarda partikül madde değeri, sınır değerden yüksekken;

yazın ozonun değeri sınır değerden yüksek çıkmıştır. Her iki kirleticinin de benzer bir dağılım göstermesi; konsantrasyon seviyelerinin öncelikle bölgenin topoğrafik ve meteorolojik özellikleri ile belirlendiğinin güçlü bir göstergesi olmuştur [68]. Yapılan bu çalışmanın bizim çalışmamızdan farkı ise, mevsimler değişimler hesaba katılarak mekânsal kümelenme yapılmış olmasıdır.

Oporto'nun metropolitan alanında 2003-2005 yılları arasında ölçülen  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ölçümleri, PCA ve CA yöntemleriyle incelenmiştir. Araştırma sonucunda  $SO_2$  için altıdan, partikül madde için ikiden fazla grupta sınıflandırma yapılamamıştır. Bunun temel nedeni grup sayısının, kirletici kaynaklarının bulunduğu coğrafi konumdan etkilenmesidir. Bu nedenle, PCA ve CA'nın hava kalitesi izleme sistemlerinin yöntemi için büyük bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır [69]. Bizim çalışmamızın bu çalışmadan farkı, PCA ve FCM yöntemleri kullanılarak hava kalitesi izleme istasyonları incelenmiş olmasıdır.

1 Ocak-22 Ağustos 2014 tarihlerinde Şanghay hava kalitesi izleme ağından alınan  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve CO verileri; PCA VE CA yöntemleriyle incelenmiştir. Çalışmanın amacı; her bir kirletici kaynak için farklı gruplar oluşturarak hava izleme ağını iyileştirmek ve Şanghay'ın hava kalitesini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Araştırma sonucunda Şanghay'daki hava kirliliği kaynaklarının sadece kentten kaynaklanmadığı; komşu şehirlerdeki hava kirleticilerinin de şehri etkilediği ortaya çıkmıştır [70]. Bizim çalışmamızın bu çalışmadan farkı, daha uzun bir süre için  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  verileri PCA ve FCM analiz yöntemleri ile incelenerek değerlendirme yapılmış olmasıdır.

Partikül maddelerin hava yoluyla şehirden şehire geçtiğini gösteren bir diğer çalışma ise; AB-27'de olan ülkelerde 2002-2011 yılları arasında  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  kirleticileri sırasıyla %14 ve %16 oranında azalmıştır. Kirletici oranının düşürülmesine rağmen AB-27'deki kentsel nüfusunun %20-44'ü, günlük  $PM_{10}$ ; %31'i ise  $PM_{2.5}$  limit değerinin üzerinde konsantrasyona maruz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile Avrupa dışındaki ülkelerden kıtalar arası taşınım ile  $PM$ 'lerin yaklaşık %5'nin  $O_3$ 'ün ise 43'nün Avrupa'ya geldiği ortaya çıkmıştır. Çalışma sonucunda Avrupa dışındaki ülkelerin Avrupa'nın hava kalitesi üzerine etkilerinin daha çok

incelenmesine karar verilmiştir [71]. Bizim çalışmamızın bu çalışmadan farkı, PM<sub>10</sub> verileri haricinde SO<sub>2</sub> verileri de değerlendirilmeye katılmış olmasıdır.

Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş Kampüsünde trafik kaynaklı Partikül Madde dağılımları incelenmiştir. Bir yıl boyunca alınan numune örneklerinden belirlenen iz element ölçümleri yapılmış ve elde edilen ölçüm sonuçları PCA ile analiz edilerek Partikül Madde kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda başlıca PM kaynakları; toprak kaynaklı tozlar ve trafik kaynaklı emisyonlar olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın bizim çalışmamızdan farkı tek bir nokta belirlenerek numuneler alınmış ve tek kirlenici için ölçüm yapılarak değerlendirme yapılmış olmasıdır [72].

Bir diğer çalışmada Düzce’de bulunan PM<sub>10</sub> kirlenicisinin yapısında bulunan suda çözünür inorganik iyonların konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçülen değerler PCA ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Düzce atmosferinde inorganik iyon kaynaklarının trafik, yanma, deniz tuzu ve toprak olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın bizim çalışmamızdan farkı örneklemelerin eş zamanlı olarak kentsel ve yarı kentsel özellikte iki örnekleme noktasında, yaz ve kış olmak üzere iki mevsimde gerçekleşmiş olmasıdır [73].

FCM yöntemi ‘Kentsel Hava Kirliliğini’ tahmin etmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. 2003-2007 yılları arasında İngiltere’nin kuzeybatısındaki Liverpool’daki kentsel hava kirliliğinde nem, sıcaklık ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasındaki ilişki; iki farklı kümeleme yöntemiyle (FCM ve FSC) incelenmiştir. Çalışmadaki sistem hatasını en aza indirmek ve yeni kümeleme teknikleri denemek için gerekli çalışmalar yapılacağı sonucuna varılmıştır [74]. Bizim çalışmamızın bu çalışmadan farkı, kümeleme yöntemlerinden FCM yöntemi kullanılmış olmasıdır.

Kirlenici ve meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak için en iyi uygulanabilecek analiz yöntemi; FCM yöntemi olarak kabul edilebilir. Ayrıca bu ilişkiyi anlamak hava kirliliğinin analizi için kullanılacak ek bilgileri de almaya yardımcı olabilir. Salamanca, Meksika’nın Guanajuato eyaletinde bulunan bir şehirdir. Trafik ve sanayinin yoğun olduğu şehirde iklim özellikleri de eklenince bölgede SO<sub>2</sub> kirliliği yoğun yaşanmaktadır. Yapılan çalışmada, Salamanca’da bulunan SO<sub>2</sub> kirlenici madde konsantrasyonu ile meteorolojik değişkenler (rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık

ve bağıl nem) arasındaki ilişki FCM kümeleme algoritması ile analiz edilmiştir [75]. Bizim çalışmamızdan farklı olarak değerlendirmeye meteorolojik değişkenler eklenmiş; değerlendirme yapılırken bu kirletici madde ile meteorolojik değişkenler arasındaki ilişki ön plan çıkartılmış olmasıdır.

Çin-Pekin'de bulunan aerosol kirleticiler, bizim çalışmamızdan farklı olarak daha uzun bir sürede meteorolojik değişkenler hesaba katılarak FCM yöntemiyle analiz edilmiş olmasıdır. 2001-2014 yılları arasında oluşan 14 yıllık toplamda 6732 kayıttan oluşan veri FCM kümeleme yöntemi ile analiz edilmiş ve altı gruba ayrılmıştır. Çalışmanın amacı Pekin'de baskın bulunan aerosol tipini belirlemektir. Çalışma sonucunda; Pekin'deki aerosol tiplerinin açıkça mevsimsel değişim gösterdiği belirlenmiştir [76].

Bir diğer çalışmada ise, İran-Tahran'da bulunan beş hava izleme istasyonundan CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, benzen, tolüen, etil-benzen, ksilen ve 1,3-butadien dahil olmak üzere toplamda on bir kirletici parametre iki yıl boyunca (2011-2012) incelenmiş ve FCM kümeleme yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Tahran'da söz konusu kirleticilerin halkın sağlığını etkileyecek düzeyde olmadığına karar verilmiştir [77]. Yapılan bu çalışmanın bizim çalışmamızdan farkı, daha kısa bir sürede daha çok kirletici madde sadece FCM analiz yöntemiyle incelenmiş olmasıdır.

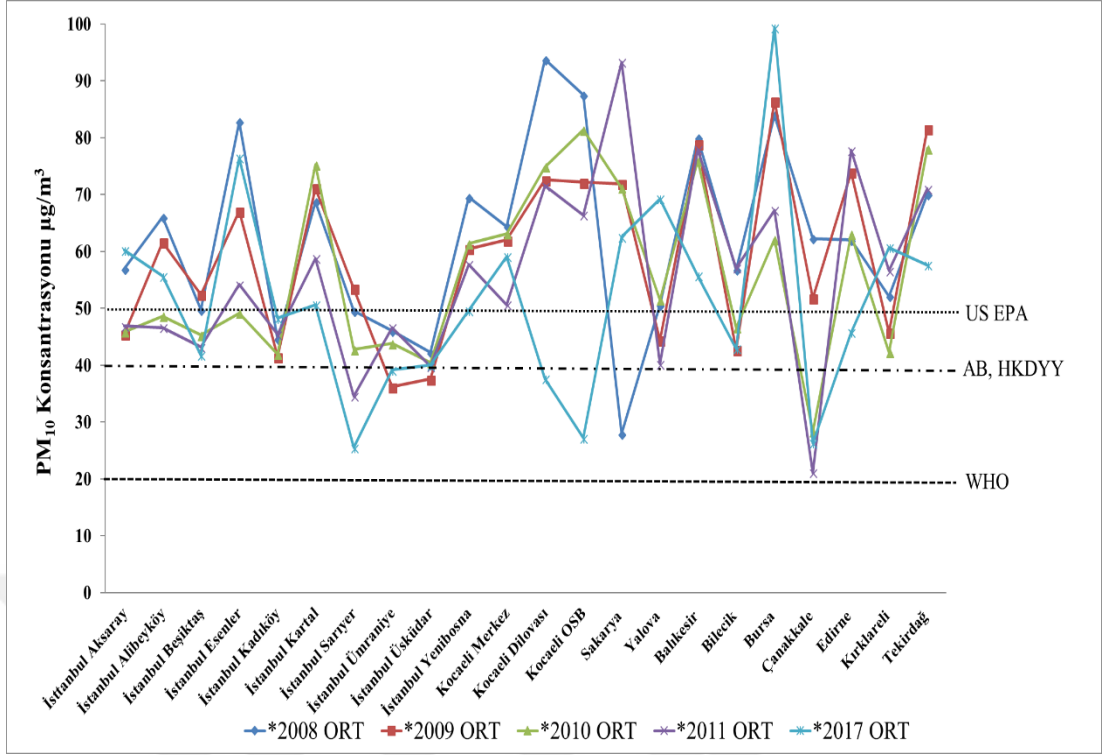
### **3.2. Marmara Bölgesi'nde SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> Varyasyonları**

Bu tez kapsamında Marmara Bölgesi'nde İstanbul (Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Kartal, Sarıyer, Ümraniye, Üsküdar, Yenibosna), Kocaeli (Merkez, Dilovası, Organize Sanayi Bölgesi), Sakarya, Yalova, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ olmak üzere toplamda 22 hava izleme istasyonundan 2008-2011 yılları arasında ve 2017 yılı için temin edilen SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları kullanılarak benzer hava kirliliği davranışı sergileyen izleme istasyonlarının gruplandırılması ile emisyon kaynaklarının (noktasal, alansal, çizgisel) tanımlanması amaçlanmıştır. Gruplandırma, benzer hava kirliliği karakteristiğine sahip istasyonlardan birindeki cihazların, ihtiyaç duyulması halinde Hava Kalitesi İzleme Ağı içinde istasyon kurulması planlanan başka bir bölgeye aktarılması, böylelikle bu iş için harcanan maliyetin azaltılmasına katkı sağlayabilmesi açısından önemlidir. Diğer bir önemi ise, herhangi bir istasyonda bazı aksaklıklardan ötürü

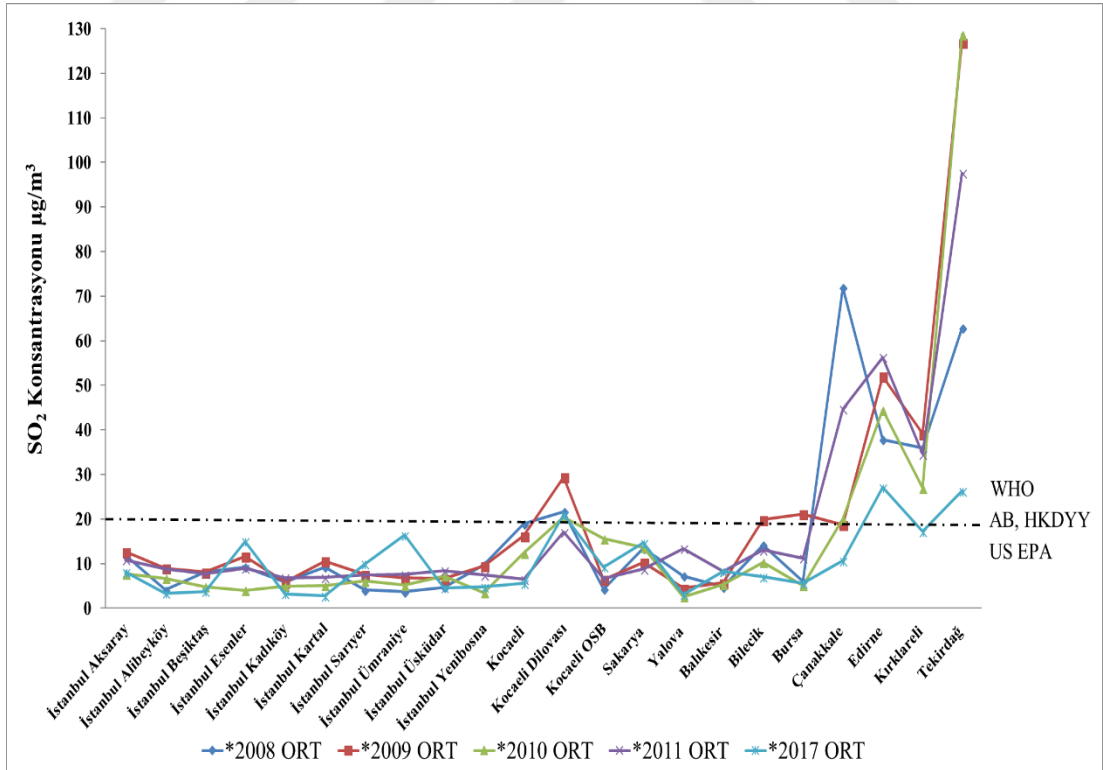
ölçüm yapılamadığında benzer özelliğe sahip istasyon verilerinin kullanılarak bölgeye ait kirlilik değerlerinin tahmin edilebilmesini olanak sağlayabilmesidir.

Bu çalışmada; diğer çalışmalardan farklı olarak yöntem olarak PCA ve FCM analiz yöntemleri kullanılmıştır. Aralarındaki fark PCA ile yapılan sınıflandırmada ölçüm istasyonları direkt olarak bir sınıfa dahil edilirken; FCM yönteminde bir ölçüm istasyonu hem kendi sınıfına hem de diğer sınıflara ne oranda dahil olduğu belirlenebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda böyle bir karşılaştırma çalışmasına daha önce rastlanılmadığı görülmüştür. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri olan PCA sonucunda, SO<sub>2</sub> için toplamda 22 olan izleme istasyonu sayısı 5 sınıfa indirgenmiştir. İndirgenen sınıflar incelendiğinde etkilenen kaynak tipi açısından net bir ayırımın yapılmasının zor olduğu çünkü değerlendirme sonucu sınıflandırmada belirsizlikler meydana geldiği tespit edilmiştir. PM<sub>10</sub> için ise, toplamda 22 olan izleme istasyonu sayısı 3 sınıfa indirgenmiş olup bu sınıflar incelendiğinde, her bir faktör grubunda hem alansal-çizgisel hem de alansal-çizgisel-noktasal kaynakların etkisinde olan izleme istasyonlarının olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla bu açıdan bakıldığında SO<sub>2</sub> kirleticisinde olduğu gibi PM<sub>10</sub> kirleticisinde de benzer bir belirsizlik yaşandığı söylenebilir. Diğer analiz yöntemi olan FCM algoritması, PCA ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla toplamda 22 olan hava izleme istasyonu SO<sub>2</sub> kirleticisi için 5, PM<sub>10</sub> kirleticisi için 3 sınıfa indirgenmiştir. Elde edilen FCM sonuçları PCA ile karşılaştırıldığında, her iki kirletici için de kaynakların etkisinin FCM kümeleme metodunda daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla iki yöntemin performansı değerlendirildiğinde, FCM'nin PCA'ya göre daha belirgin sonuçlar elde edilmesine olanak sağladığı gözlenmiştir.

Çalışma kapsamında bahse konu hava izleme istasyonlarından 2008-2011 yılları için alınan değerlerin PCA ve FCM ile analizi yapılmış ancak ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırma yapmak için bu yıllara ilave olarak 2017 yılı verileri de kullanılmıştır. Verilerden elde edilen yıllık ortalamaların değişimleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de görüldüğü gibidir.





Şekil 3.1. Marmara Bölgesi'ndeki PM<sub>10</sub> verilerinden elde edilen yıllık ortalamaların 2008-2011 ve 2017 yıllarındaki değişimi





Şekil 3.2. Marmara Bölgesi'ndeki SO<sub>2</sub> verilerinden elde edilen yıllık ortalamaların 2008-2011 ve 2017 yıllarındaki değişimi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında hava izleme istasyonlarının 2008-2011 yılları arasındaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirlilik seviyeleri ile 2017 yılı PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirlilik seviyesi karşılaştırması Tablo 3.5, Tablo 3.6, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de verilmiştir.


Tablo 3.5. 2008-2011 yılları arasındaki PM<sub>10</sub> kirlilik seviyeleri

İstanbul-Alibeyköy		Sakarya	
İstanbul-Yenibosna			
Çanakkale			



Tablo 3.6. 2008-2011 yılları arasındaki SO<sub>2</sub> kirlilik seviyeleri

Kocaeli-Merkez		İstanbul-Üsküdar	
----------------	---	------------------	---

Tablo 3.7. 2017 yılı PM<sub>10</sub> kirlilik seviyesi

İstanbul-Beşiktaş		İstanbul-Aksaray	
İstanbul-Kartal		İstanbul-Kadıköy	
İstanbul-Sarıyer		Yalova	
İstanbul-Yenibosna		Bursa	
Kocaeli-Dilovası		Kırklareli	
Kocaeli-OSB			
Balıkesir			
Edirne			
Tekirdağ			

Tablo 3.8. 2017 yılı SO<sub>2</sub> kirlilik seviyesi

İstanbul-Alibeyköy		İstanbul-Esenler	
İstanbul-Beşiktaş		İstanbul-Sarıyer	
İstanbul-Kadıköy		İstanbul-Ümraniye	
İstanbul-Kartal		Sakarya	
Kocaeli-Merkez			
Bilecik			
Çanakkale			
Edirne			
Kırklareli			
Tekirdağ			

2008-2011 yılları arasında PM<sub>10</sub> kirliliği değerlendirildiğinde, Alibeyköy, Yenibosna ve Çanakkale istasyonlarında azalma gözlenirken, Sakarya izleme istasyonunda artış görüldüğü tespit edilmiştir. Bu istasyonlar haricindeki diğer istasyonlarda da yıldan yıla hem artış hem de azalış şeklinde değişimin olduğu tespit edilmiştir. Aynı yıllar arasında SO<sub>2</sub> kirliliği değerlendirildiğinde, Kocaeli-Merkez istasyonunda azalma gözlenirken, Üsküdar istasyonunda artış olduğu görülmüştür. Bu istasyonlar haricindeki diğer istasyonlarda da yıldan yıla hem artış hem de azalış şeklinde değişimin olduğu belirlenmiştir. Kirletici konsantrasyonlarındaki azalmanın, kente



giren kömürlerin denetimlerinin arttırılması sonucu özellikle kış aylarında görülen kirliliğin önüne geçilmesinde etken olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda bazı yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinde yakıt olarak doğal gazın kullanılmaya başlanması ve her yıl bu oranın giderek artması da SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının azalmasının nedeni olarak düşünülebilir. Kirletici konsantrasyonlarındaki artışın ise, kalitesiz kömür kullanımının, olumsuz meteorolojik koşulların ya da lokal kaynakların etkisinden dolayı olabileceği değerlendirilmiştir.

2008-2011 ile 2017 yılları karşılaştırıldığında PM<sub>10</sub> için 2017 yılında Beşiktaş, Kartal, Sarıyer, Yenibosna, Kocaeli-Dilovası, Kocaeli-OSB, Balıkesir, Edirne ve Tekirdağ'da azalma göze çarparken, Aksaray, Kadıköy, Yalova, Bursa, Kırklareli'nde artış gözlenmiştir. SO<sub>2</sub> için bakıldığında Alibeyköy, Beşiktaş, Kadıköy, Kartal, Kocaeli-Merkez, Bilecik, Çanakkale, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ'da azalma görülürken; Esenler, Sarıyer, Ümraniye ve Sakarya'da artış görülmüştür. Bu da alınan önlemlerin bazı bölgeler için yeterli olmasına rağmen bazı bölgeler için yeterli olmadığını göstermektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde Tekirdağ, Kırklareli, Çanakkale, Kocaeli-OSB gibi bazı istasyonlarda ölçüm sonuçları farklılık gösterse de genel olarak diğer istasyonlara ait sonuçlar değişmediği için 2017 yılına ait verilerle yapılacak PCA ve FCM analiz sonuçlarının da 2008-2011 yıllarına ait analiz sonuçlarıyla benzer olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde hava kirliliği ile ilgili olarak 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 'Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği' geçerlidir. Yönetmelik gereğince hava kirleticileri 2019 yılına kadar kademeli olarak azaltılacak ve en sonunda AB limit değerine ulaşılması sağlanacaktır. Bu bakımdan sonuçlar bahse konu Yönetmelikteki geçiş dönemi sınır değerleri ile değil, ulaşılması hedeflenen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu bakımdan ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası düzenlemelerdeki sınır değerlerle karşılaştırıldığında Şekil 3.1'de de açıkça görüldüğü gibi tüm istasyonlardaki 2008-2011 yılları arasındaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonları WHO sınır değeri olan 20 µg/m<sup>3</sup>'ün üzerindedir. AB ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile verilen 40 µg/m<sup>3</sup> ile karşılaştırıldığında, yıl bazında bazı istasyonlarda bu sınır değerinin altına indiği gözlenmiş olsa da her bir istasyon için 2008-2011 yıllarının ortalaması alındığında yine tüm istasyonlardaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının bu sınır değerinin üzerinde olduğu

görülmüştür. US EPA ile verilen  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük sınır değeri ile karşılaştırma yapıldığında ise, bu değeri aşmayan istasyonlar mevcut olsa da çoğunluğunda aşıldığı görülmüştür. 2017 yılı için  $\text{PM}_{10}$  kirliliği WHO belirlediği sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın bazı istasyonlarda AB sınır değerini yakaladığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Marmara Bölgesi'ndeki  $\text{PM}_{10}$  kirliliği için genel bir değerlendirme yapıldığında,  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonlarının sınır değerlerin üzerinde olduğu söylenebilir.

$\text{SO}_2$  konsantrasyonları sınır değerlerle karşılaştırıldığında, 2008-2011 yıllarının sonuçlarının  $\text{PM}_{10}$ 'dan farklı olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.2). 2008-2010 yılı için Kocaeli-Dilovası, 2009 yılı için Bursa ve 2008-2011 yılları için 2008 ve 2010-2011 yılları için Çanakkale, 2008-2011 yılları arası Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonları haricindeki diğer tüm istasyonlarda ölçülen konsantrasyonlar sınır değerlerin altındadır. Sınır değerleri aşan istasyonlara bakıldığında, bunlar içinde en önemlisinin Tekirdağ olduğu tespit edilmiştir. Tekirdağ için ölçümlerin yapıldığı tüm yıllar için hesaplanan ortalama değerler ulusal ve uluslararası tüm sınır değerlerin oldukça üzerinde çıkmıştır. 2017 yılında Tekirdağ'dan alınan sonuç ise; diğer yıllara göre oldukça düşük olmasına rağmen yine sınır değerinin üstünde olmuştur. Genel olarak bölgede kaliteli katı/sıvı yakıt kullanımının artması, şehirde doğal gaz kullanımının yaygınlaşması, yapılardaki yalıtım eksikliğinin giderilmesi gibi alınan önlemlerin kirliliği düzeltici yönde olduğu ve bunun sonucunda da değerlerin bu derece indiği düşünülmektedir. 2017 yılında  $\text{SO}_2$  konsantrasyonunun sınır değeri aştığı başlıca iller; Kocaeli-Dilovası, Edirne ve Tekirdağ olarak sıralanabilir. Bu bölgeler için alınan önlemlerin daha sıkı hale getirilmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Dolayısıyla Marmara Bölgesi'ndeki  $\text{SO}_2$  kirliliği için genel bir değerlendirme yapıldığında,  $\text{SO}_2$  konsantrasyonlarının bazı iller haricinde sınır değerlerin altında olduğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; Türkiye'nin sanayi bakımından en gelişmiş bölgesi olan Marmara Bölgesinin hava kalitesi, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirleticileri bakımından PCA ve FCM analiz yöntemleri kullanılarak incelenmek istenmiştir. Çalışma kapsamında 2008-2011 yılları arası ile 2017 yılı için toplamda 22 tane hava kalitesi izleme istasyonundan temin edilen günlük SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları kullanılarak benzer hava kirliliği davranışı sergileyen izleme istasyonlarının gruplandırılması ile emisyon kaynaklarının (noktasal, alansal, çizgisel) tanımlanması yapılmak istenmiştir. Çalışma sonucunda PCA ve FCM analiz yöntemleri birbiriyle karşılaştırılmış ve bu bölgede yaşayan insanların maruz kaldıkları kirletici seviyeleri ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri olan PCA sonucunda SO<sub>2</sub> için 5; PM<sub>10</sub> içinse 3 sınıfa indirgenmiş olup bu sınıflar incelendiğinde etkilenen kaynak tipi açısından net bir ayırım yapılmasının zor olduğu tespit edilmiştir. Diğer analiz yöntemi olan FCM algoritması, PCA ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla SO<sub>2</sub> kirleticisi için 5, PM<sub>10</sub> kirleticisi için 3 sınıfa indirgenmiştir. Elde edilen FCM sonuçları PCA ile karşılaştırıldığında, her iki kirletici için de kaynakların etkisinin FCM kümeleme metodunda daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla iki yöntemin performansı değerlendirildiğinde, FCM'nin PCA'ya göre daha belirgin sonuçlar elde edilmesine olanak sağladığı gözlenmiştir. Ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırıldığında PM<sub>10</sub>'nun sadece bazı yıllarda sınır değerinin altında olduğu; SO<sub>2</sub> için ise, birkaç istasyon haricinde diğer tüm istasyonlarda sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.

Çalışmanın devamında, meteorolojik değişkenlerin özellikle Marmara Bölgesi'nde bulunan PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonuna etkisi ve bu kirleticilerin kıtalar arası taşınımıyla gelip gelmediğinin bahse konu verilerle ilişkilendirilerek değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın, tüm Türkiye geneli için bir 'hava kirliliği analiz çalışması' haline getirilmesinin ileriye dönük projeler içerisinde yer alabileceği değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Garipağaoğlu N., Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 2003, **8**(9), 55-77.
- [2] Hilmioğlu B., *Hava Kalitesi Kontrolü Laboratuvarında Akreditasyon Uygulamaları Eğitim Notları*, TÜBİTAK MAM Enerji ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, 2004.
- [3] Karpuzcu M., *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*, 13.Baskı, Kubbealtı Neşriyat, İstanbul, 2005.
- [4] Kindzierski W., Volatile Organic Compounds in Alberta, Canada Residences—Evidence from Community Surveys, *Scientific Research*, 2012, **3**(9), 1176-1187.
- [5] De Nevers N., *Air Pollution Control Engineering*, 3rd ed., Waveland Press., Illinois, 2017.
- [6] Ayberk S., *Hava Kirliliği ve Meteorolojik Olaylar*, 2.Baskı, Kocaeli, 2003.
- [7] Panayotou T., Economic Growth and Environment, *Economic Survey of Europe*, E.03.II.E.27, 45-72, 2003.
- [8] Baldasona J. M., Valera, E., Jiménez, P., Air Quality Data From Large Cities, *The Science of The Total Environment*, 2003, **307**(1-3), 141–165.
- [9] Özasan Ü., Kocaeli Kentinde Hava Kirliliğine Neden Olan İnorganik Gaz Kirleticilerin Düzeylerinin, Dağılımlarının ve Kaynaklarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 233492.
- [10] Yeşilyurt C., Akcan, İ., Hava Kalitesi İzleme Metodolojisi ve Örneklem Kriterleri, *Sağlık Bakanlığı*, ISBN 975-590-032-2, 6-9, 2004.
- [11] <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2018).
- [12] Köne A.Ç., Büke T., A Comparison for Turkish Provinces’ Performance of Urban Air Pollution, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, **16**(2), 1300-1310.
- [13] Kavaklı M., Özdilek H., G., Ambient Air Quality and Respiratory Problems in Turkey , *Asian Journal of Chemistry*, 2009, **21**(2), 915-922.
- [14] Bayram H., Dikensoy Ö., Hava Kirliliği ve Solunum Sağlığına Etkileri, *Tüberküloz ve Toraks Dergisi*, 2006, **54**(1), 80-89.

- [15] <http://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/3.html>, (Ziyaret Tarihi: 23 Mart 2012).
- [16] Pan G., Zhang S., Feng Y., Takahashi K., Kagawa J., Yu L., Wang P., Liu M., Liu Q., Hou S., Pan B., Li J., Air Pollution and Children's Respiratory Symptoms in Six Cities of Northern China, *Respiratory Medicine*, 2010, **104**(12), 1903 - 1911.
- [17] Akan D.S., Morcalı M.H., Kahramanmaraş Hava Kirliliği Kaynaklarının İzlenmesi ve Belirlenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2017, **20**(2), 105-115.
- [18] Demirarslan K.O., Akıncı H., CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2018, **4**(1), 11-27.
- [19] Özşahin E., Eroğlu İ., Pektezel H., Keşan'da (Edirne) Hava Kirliliği, *Selçuk Ün.Sos.Bil.Ens.Dergisi*, 2016, **36**(1), 83-100.
- [20] Özdemir F., Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partikül Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 213261.
- [21] Fadel M., Massoud M., Particulate Matter in Urban Areas: Health-based Economic Assessment, *The Science of The Total Environment*, 2000, **257**(2-3), 133– 146.
- [22] Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Health Aspects of Air Pollution Results from the WHO Project 'Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe', WHO, E83080, 1-23, 2004.
- [23] <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2018).
- [24] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Çevre Görevlisi Eğitim Notları*, Antalya, 2015.
- [25] Müezzinoğlu A., *Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 2005.
- [26] Kang S.J., Hwang H.J., Kang S., Park Y.M., Kim H.K., Ro C., Quantitative ED-EDMA Combined with Morphological Information for The Characterization of Individual Aerosol Particles Collected in Incheon, Korea, *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(22-23), 3445-3453.
- [27] Wang Z., Zhang L., Zhang Y., Zhao Z., Zhang S., Morphology of Single Inhabitable Particle in The Air Polluted City of Shijiazhuang, China, *Journal of Environment Sciences*, 2008, **20**(4), 429-435.
- [28] Dünya Sağlık Örgütü (WHO), WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide And Sulfur Dioxide, WHO, OEH-06.02, 5-18, 2006.

- [29] Sağlık Bakanlığı, Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı-Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım, *Sağlık Bakanlığı*, ISBN-978-975-590-342-2(811), 28-31, 2010.
- [30] Saint - Georges F., Garcen G., Escande F., Abbas I., Verdin A., Gosset P., Mulliez P., Shirali P., Role of Air Pollution: Particulate Matter (PM<sub>2,5</sub>) in The Occurrence of Loss of Heterozygosity in Multiple Critical Regions of 3p Chromosome in Human Epithelial Lung Cells, *Toxicology Letters*, 2009, **187**(3), 172-179.
- [31] Bentayep M., Helmer C., Rahension C., Dartigues J.F., Tessier J.F., Annesi I., Bronchitis - like symptoms and proximity air pollution in French elderly, *Respiratory Medicine*, 2010, **104**(6),880-888.
- [32] Gualtieri M., Mantecca P., Corvaia V., Longhin E., Perrone M.G., Bolzacchini E., Camatini M., Winter Fine Particulate Matter From Milan Induces Morphological and Functional Alterations in Human Pulmonary Epithelial Cells, *Toxicology Letters*, 2009, **188**(1), 52-62.
- [33] Roberts J.R., Young S.H., Castranova V., Antonini J.M., Soluble Metals in Residual Oil Fly Ash Alter Innate and Adaptive Pulmonary Immune Responses to Bacterial Infections in Rats, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2007, **221**(3), 306-319.
- [34] Patankar A.M., Triverdi P.L., Monetary Burden of Health Impacts of Air Pollution in Mumbai, India: Implications for Public Health Policy, *Public Health*, 2011, **125**(3), 157-164.
- [35] Namdeo A., Tiwary A., Farrow E., Estimation of Age - Related Vulnerability to Air Pollution: Assessment of Respiratory Health at Local Scale, *Environment International*, 2011, **37**(5), 829-837.
- [36] Dolar A., Saraç H.T.K., Türkiye'nin Doğu İllerindeki Hava Kalitesinin PM<sub>10</sub> Yönüyle İncelenmesi, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Ens. Der.*,2015, **5**(4), 25-32.
- [37] Köksal C.E., Hava Kalitesi Yönetimi, Hava Kirliliği ve Akciğer Sağlığı Sempozyumu, İstanbul, 18-19 Kasım 2017.
- [38] <http://mthmm.csb.gov.tr/mudurlugumuz-genel-tanitim-i-85677>, (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2018).
- [39] Atalay İ., Mortan K., *Türkiye Bölgesel Coğrafyası*, 4.Baskı, İnkılap Yayınları, İstanbul, 2008.
- [40] İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirmesi Şube Müdürlüğü, İstanbul İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-54, 2017.
- [41] <http://www.tuik.gov.tr>, Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2018).

- [42] Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kocaeli İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-20, 2017.
- [43] Bursa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Bursa İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-20, 2017.
- [44] Yalova Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Yalova İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-29, 2017.
- [45] Edirne Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Edirne İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-27, 2016.
- [46] Tekirdağ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü Çevre Yönetimi ve Çevre Denetimi Şube Müdürlüğü, Tekirdağ İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-33, 2017.
- [47] Kırklareli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED, İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kırklareli İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-19, 2017.
- [48] Bilecik Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED; İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Bilecik İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-15, 2017.
- [49] Balıkesir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Balıkesir İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-18, 2017.
- [50] Sakarya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Sakarya İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-24, 2017.
- [51] Çanakkale Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ÇED ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü, Çanakkale İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 1-29, 2017.
- [52] Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Temiz Hava Eylem Planı (2010- 2013), *Çevre ve Orman Bakanlığı*, 16-34, 2010.
- [53] Sangün L., Temel Bileşenler Analizi, Ayırma Analizi, Kümeleme Analizleri ve Ekolojik Verilere Uygulanması Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007, 212503.
- [54] Özdamar K., *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi*, 9. Baskı, Nisan Kitapevi Yayınları, Eskişehir, 2013.
- [55] Özbay B., Dilovası'nda Yer Seviyesindeki Ozon Konsantrasyonlarının Modellenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 323157.

- [56] Pires J.C.M., Sousa S.I.V., Pereira M.C., Alvim-Ferraz M.C.M., Martins F.G., Management of air quality monitoring using principal component and cluster analysis—Part I: SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>, *Atmospheric Environment*, 2008, **42**(6), 1249 - 1260.
- [57] Lau J., Hung W.T., Cheung C.S., Interpretation of air quality in relation to monitoring station's surroundings, *Atmospheric Environment*, 2009, **43**(4), 769 - 777.
- [58] Özdamar K., *SPSS ile Biyoistatistik*, 9. Baskı, Nisan Kitapevi Yayınları, Eskişehir, 2013.
- [59] [http://www.slideshare.net/mitHasanGZKONAN/faktr-analizi?utm\\_source=slideshow02&utm\\_medium=ssemail&utm\\_campaign=share\\_slideshow\\_loggedout](http://www.slideshare.net/mitHasanGZKONAN/faktr-analizi?utm_source=slideshow02&utm_medium=ssemail&utm_campaign=share_slideshow_loggedout), (Ziyaret tarihi:22 Mayıs 2012).
- [60] Yılanıcı V., Bulanık Kümeleme Analizi İle Türkiye'deki İllerin Sosyoekonomik Açından Sınıflandırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2010, **15**(3), 453-470.
- [61] Işık M., Çamurcu A.Y., K-Means, K-Medoids ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2007, **6**(11), 31-45.
- [62] Fisher B., Fuzzy Environmental Decision-Making: Applications to Air Pollution, *Atmospheric Environment*, 2003, **37**(14), 1865-1877.
- [63] Tsekourasa G.E., Sarimveis H., A New Approach for Measuring The Validity of The Fuzzy C-Means Algorithm, *Advances in Engineering Software*, 2004, **35**(8/9), 567-575.
- [64] Corsini P., Lazzerini B., Marcelloni F., A New Fuzzy Relational Clustering Algorithm Based on The Fuzzy C-Means Algorithm, *Soft Computing*, 2005, **9**(6), 439-447.
- [65] Liao T.W., Celmins Aivars K., Hammell II Robert J., A Fuzzy C-Means Variant for The Generation of Fuzzy Term Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 2003, **135**(2), 241-257.
- [66] Mingoti S.A., Lima J.O., Comparing SOM Neural Network with Fuzzy C-Means, K-Means and Traditional Hierarchical Clustering Algorithms, *European Journal of Operational Research*, 2006, **174**(3), 1742-1759.
- [67] Sun H., Wang S., Jiang Q., FCM-Based Model Selection Algorithms for Determining the Number of Clusters, *Pattern Recognition*, 2004, **37**(10), 2027-2037.
- [68] Gramsch E., Cereceda-Balic F., Oyola P., von Baer D., Examination of Pollution Trends in Santiago de Chile with Cluster Analysis of PM<sub>10</sub> and Ozone Data, *Atmospheric Environment*, 2006, **40**(28), 5464-5475.



- [69] Pires J.C.M., Sousa S.I.V., Pereira M.C., Ferraz-Alvim M.C.M., Martins F.G., Management of Air Quality Monitoring Using Principal Component and Cluster Analysis-Part I: SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>, *Atmospheric Environment*, 2008, **42**(6), 1249-1260.
- [70] Zhao L., Xie Y., Wang J., Xu X., A Performance Assessment and Adjustment Program for Air Quality Monitoring Networks in Shanghai, *Atmospheric Environment*, 2015, **122**, 382-392.
- [71] Guerreiro B.B.C., Foltescu V., Leeuw F., Air Quality Status and Trends in Europe, *Atmospheric Environment*, 2014, **98**, 376-384.
- [72] Kuzu S.L., Kentsel Atmosferde Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Bileşen Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010, 295666.
- [73] Bozkurt Z., Düzce İlinde Kentsel ve Yarı Kentsel Örnekleme Noktalarında Atmosferik İnorganik İyonların Kaynaklarının Belirlenmesi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2018, **30**(1), 259-268.
- [74] Collazo-Cuevas J.J., Aceves-Fernandez M.A., Gorrostieta-Hurtado E., Pedraza-Ortega J.C., Sotomayor-Olmedo A., Delgado-Rosas M., Comparison Between Fuzzy C-Means and Fuzzy Clustering Subtractive in Urban Air Pollution, *20<sup>th</sup> International Conference on Electronics Communications and Computers (CONIELECOMP)*, *Atmospheric Environment*, Mexico, 22-24 February 2010.
- [75] Barrón-Adame J.M., Cortina-Januchs M.G., Vega-Corona A., Andina D., Air Unsupervised System to Classify SO<sub>2</sub> Pollutant Concentrations in Salamanca, Mexico, *Expert Systems with Applications*, 2012, **39**(1), 107-116.
- [76] Wenhao Z., Hui X., Fengjie Z., Classifying Aerosols Based on Fuzzy Clustering and Their Optical and Microphysical Properties Study in Beijing, China, *Advances in Meteorology*, 2017, **7**(2), 1-18.
- [77] Hamedian A.A., Javid A., Zarandi S.M., Rashidi Y., Majlesi M., Air Quality Analysis by Fuzzy Inference System and Fuzzy C-Mean Clustering in Tehran, from 2009-2013, *Iranian Journal of Public Health*, 2016, **45**(7), 917-925.

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Doğruparmak Ş.Ç., Keskin G.A., **Yaman S.**, Alkan A., Using Principal Component Analysis and Fuzzy C-Means Clustering for The Assessment of Air Quality Monitoring, *Atmospheric Pollution Research*, 2014, **5**(4), 656-663.



## ÖZGEÇMİŞ

Selin YAMAN VARHAN 1980 yılında Giresun'da doğdu. İlkokul, orta ve lise öğrenimini Kocaeli'nde tamamladı. 2002 yılında başladığı Kocaeli Çevre Mühendisliği Bölümü'nü, 2006 yılında bölüm birincisi olarak bitirdi. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 15 Ekim 2012 yılından itibaren Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda çevre mühendisi olarak çalışmaktadır.

