



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MARMARA BÖLGESİ HAVA KALİTESİNİN ZAMANSAL ve  
MEKANSAL DEĞİŞİMİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

**Onur GÜMÜŞ**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Mühendisliği Programı**

**İSTANBUL-2019**

Bu çalışma 09.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliğı Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliğı Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ



Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Burcu ONAT  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakülte



Doç. Dr. Burçak KAYNAK TEZEL  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince ilk günden son ana kadar bana yardımcı olan tüm bilgi birikimini aktaran, ilgi ve sabırla tezimin tamamlanması için çalışan, kendisi ile çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum sayın danışman hocam **Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN**'e, ders aşamasında tüm bilgi birikimlerini bizimle paylaşan **fakülte**deki **çok değerli hocalarıma**, üniversitenin her bir taşında emeği olan **tüm personele** çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamda kullandığım tüm verileri temin etmiş olduğum ve bu süreçte benden yardımlarını esirgemeyen **Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü, Müdürlük Makamına** ve bu verilerin elde edilmesinde büyük özverileri bulunan çok sevdiğim **Müdürlükteki tüm mesai arkadaşlarıma**, en büyük yoldaşım **Eylül Sıla ÜRKMEZ**'e, ve tabii ki tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve bugünlere gelmemi sağlamış olan annem **Necla GÜMÜŞ** ve babam **Mehmet GÜMÜŞ**'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019

Onur GÜMÜŞ

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR .....</b>	<b>3</b>
2.1 HAVA KİRLİTİCİ PARAMETRELER VE ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1.1 Partikül Madde (PM <sub>10</sub> -PM <sub>2.5</sub> ) .....	3
2.1.2 Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ).....	3
2.1.3 Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ).....	3
2.1.4 Ozon (O <sub>3</sub> ).....	4
2.1.5 Karbon monoksit (CO) .....	4
2.2 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI.....	4
2.2.1 Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği.....	4
2.2.2 Isınma Kaynaklı Hava Kirliliği .....	5
2.2.3 Motorlu Taşıtlı Kaynaklı Hava Kirliliği .....	5
2.2.4 Doğal Kaynaklı Hava Kirliliği.....	5
2.3 ŞEHİRLERDE HAVA KALİTESİ TAKİBİ .....	5
2.4. KENTSEL HAVA KALİTESİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>10</b>
3.1 HAVA KALİTESİ VERİ TEMİNİ.....	10
3.2 HAVA KİRLİTİCİ PARAMETRELERİN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	11
3.2.1 Partikül Madde (PM <sub>10</sub> -PM <sub>2.5</sub> ) .....	13
3.2.2 Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ).....	14
3.2.3 Azot oksitler (NO <sub>x</sub> ).....	14
3.2.4 Ozon (O <sub>3</sub> ).....	14
3.2.5 Karbon monoksit (CO) .....	15

3.2.6 Meteorolojik Veriler .....	15
3.3 ÖLÇÜM VERİLERİNİN VALİDASYONU .....	15
3.4 ÖLÇÜMLERİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	16
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>18</b>
4.1 HAVA KİRLETİCİLERİNİN ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ ORTALAMALARI.....	18
4.2 KİRLETİCİLERİN YILLIK KONSANTRASYON DEĞİŞİMLERİ.....	20
4.2.1. Partikül Madde .....	20
4.2.2. Kükürt Dioksit.....	23
4.2.3 Azot dioksit ve Ozon .....	26
4.2.4 Karbonmonoksit .....	28
4.3. KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ .....	29
4.4 ÇÖL TOZU TAŞINIMI VE HAVA KALİTESİNE ETKİSİ .....	34
4.5 KİRLETİCİ KONSANTRASYONUNA RÜZGARIN ETKİSİ.....	39
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>49</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>52</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>57</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1: Marmara Bölgesi hava kalitesi izleme istasyonlarının konumları.....	11
Şekil 3.2: Hava kalitesi izleme istasyonu.....	13
Şekil 3.3: Partikül madde ve gaz ölçüm cihazları.....	13
Şekil 3.4: Envista ARM programı ekran görüntüsü.....	16
Şekil 3.5: SPSS 20'ye ait ekran görüntüleri.....	17
Şekil 3.6: RStudio'ya ait ekran görüntüsü.....	17
Şekil 4.1: Marmara Bölgesi PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.....	22
Şekil 4.2: Kandıra hava kalitesi istasyonu inşaat faaliyeti dönemi partikül madde günlük... ortalama değişimi	23
Şekil 4.3: Marmara Bölgesi SO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.....	24
Şekil 4.4: İstanbul ilinin 1988-2012 yılları arası SO <sub>2</sub> değerleri .....	25
Şekil 4.5: İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayısı ve Kandilli istasyonu SO <sub>2</sub> değerleri arasındaki ilişki.....	26
Şekil 4.6: Marmara Bölgesi NO <sub>2</sub> ve O <sub>3</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.....	27
Şekil 4.7: Marmara Bölgesi CO konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.....	28
Şekil 4.8: Marmara Bölgesindeki hava kirleticilerinin 2013-2017 yılları arası mevsimsel ortalaması.....	32
Şekil 4.9: 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşınımı uydu görüntüleri .....	35
Şekil 4.10: 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşınımı dönemlerine ait saatlik ortalama PM <sub>10</sub> değişimi.....	37
Şekil 4.11: 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşınımı dönemlerine ait saatlik ortalama PM <sub>2.5</sub> değişimi.....	38
Şekil 4.12: Rüzgarın etkisine göre istasyonlardaki kirletici konsantrasyon değişimi.....	39

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 2.1:</b> HKDY Yönetmeliği EK-I A, Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım tablosu.....	6
<b>Tablo 3.1:</b> Hava kalitesi izleme istasyonlarının tipi, konumları ve ölçülen parametreler.....	12
<b>Tablo 4.1:</b> Marmara Bölgesinde 2013-2017 yılları arasında ölçülen hava kirletici parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri.....	18
<b>Tablo 4.2:</b> Marmara Bölgesi hava kirleticilerinin kış/yaz ortalama oranları.....	33

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\mu\text{g}$	: mikrogram
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	: mikrogram/metreküp
$\mu\text{gCi}$	: mikro curie
$\text{C}^{14}$	: Karbon 14 izotopu
$\mu\text{m}$	: mikron

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
$\text{PM}_{10}$	: EN 12341 ile tanımlanan 10 $\mu\text{m}$ aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partiküler madde
$\text{PM}_{2.5}$	: EN 12341 ile tanımlanan 2.5 $\mu\text{m}$ aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partiküler madde
$\text{SO}_2$	: Kükürt dioksit
$\text{NO}_x$	: Azot oksit
$\text{NO}_2$	: Azot dioksit
$\text{NO}$	: Azot monoksit
$\text{CO}$	: Karbon monoksit
<b>Met</b>	: Meteorolojik veriler
<b>UV</b>	: Ultraviyole
$\text{O}_3$	: Ozon
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>HKDYY</b>	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
<b>MTHM</b>	: Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü

## ÖZET

### MARMARA BÖLGESİ HAVA KALİTESİNİN ZAMANSAL ve MEKANSAL DEĞİŞİMİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

#### YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Onur GÜMÜŞ**

**İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN**

Sanayileşme, nüfus artışı, kentsel yapılaşma ve ekonominin merkezi olması sebebi ile Türkiye’de Marmara bölgesi önemli bir yere sahiptir. Bu etkenler Marmara Bölgesinin içinde bulunan kentsel alanlarda hava kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Marmara Bölgesinde kömürden doğalgaza geçiş süreci son 20 yılda önemli bir kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) azalması sağlamıştır. Buna karşın atmosferdeki Partikül Madde konsantrasyonlarının 2019 hedef sınır değerini yakalaması güç gözükmemektedir. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) tarafından Marmara Bölgesinde PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO parametreleri hava kalitesi ölçüm istasyonlarında online olarak ölçülmektedir. Bu çalışmada 2013-2017 yılları arasındaki tüm ölçüm sonuçlarının SPSS programı ile istatistiksel analizi yapılmış, RStudio ile kirletici kaynakların meteorolojik faktörlerle ilişkisi belirlenmiş ve çöl tozu, sanayi, ısınma, kentsel dönüşüm vb kaynakların Marmara Bölgesi’ndeki hava kalitesine etkisi incelenmiştir.

Haziran 2019, 68 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Kentsel Hava kalitesi, İstatistiksel Analiz, Marmara Bölgesi

## **SUMMARY**

### **THE STATISTICAL ANALYSIS OF TEMPORAL and SPATIAL VARIATIONS OF MARMARA REGION AIR QUALITY**

#### **M.Sc. THESIS**

**Onur GÜMÜŞ**

**Istanbul University-Cerrahpasa**

**Institute of Graduate Studies**

**Department of Environmental Engineering**

**Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN**

Industrialization, population growth, the Marmara region in Turkey because it is the center of urban construction and the economy has an important place. These factors cause deterioration of air quality in urban areas in the Marmara Region. The transition from coal to natural gas in the Marmara Region has led to a significant reduction in sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) over the past 20 years. However, it is difficult for the particulate matter concentrations in the atmosphere to reach the target limit value for 2019. T. C. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO parameters are measured online in the Marmara Region by the Ministry of Environment and Urbanization, Marmara Clean Air Center (MTHM). In this study, the statistical analysis of all measurement results between 2013-2017 was made with SPSS program, the relationship between meteorological factors and pollutant sources was determined by RStudio and the effect of sources of desert dust, industry, heating, urban transformation etc. on air quality in Marmara Region was examined.

..June 2019, 68 pages.

**Keywords:** Urban Air Quality, Statistical Analysis, Marmara Region

## 1. GİRİŞ

Özellikle son yıllarda artış gösteren çağımızdaki ekonomik ve teknolojik gelişme çabası çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Artan enerji ihtiyacı, dünya nüfusunun artması, çarpık şehirleşmeler zaten kısıtlı kaynaklara sahip olan dünyamızda geri dönüşü olmayan tahribata yol açmaktadır. Bu tahribat bazen yerel bir kirlilik bazen de küresel ısınma veya mevsim değişikliği gibi global bir soruna dönüşebilmektedir. İnsanoğlunun ve tüm doğanın yaşamını borçlu olduğu hava, su ve toprağın kirlilik ile mücadelesi günümüzün başlıca problemini oluşturmaktadır. Soluduğumuz havayı oluşturan atmosferde bu kirlilikten fazlasıyla etkilenmektedir (Müezzinoğlu 2000). En genel tanımı ile hava kirliliği, doğal veya insan faaliyetleri sonucu atmosferin kimyasının bozulmasıdır ve çevresel sorunların başında gelmektedir. Endüstri, ısınma ve motorlu taşıtlar en temel hava kirliliği kaynaklarıdır.

Ülkemiz de değişen dünya koşullarından fazlasıyla etkilenmektedir. Ekonomik kalkınmanın ve artan nüfusun beraberinde getirdiği çevre sorunları her geçen gün kendisini biraz daha hissettirmektedir. Özellikle büyükşehirlerdeki ısınma maksatlı kullanılan fosil yakıtlar ve motorlu taşıtların artması sonucu hava kirliliği hissedilir boyutlara ulaşmış ve çözüm üretilmesi gereken öncelikli sorunlar arasına girmiştir (Tosun, 2017).

Bu kapsamda 06.06.2008 tarih 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği yürürlüğe girmiş ve hava kalitesi sınır değerlerinin AB ile uyumlu hale gelmesi amacıyla kademeli olarak azaltım hedeflenmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bu hedeflere ulaşılması amacıyla ülkemizde geniş bir hava kalitesi izleme ağı kurmuş ve şehirlerdeki hava kalitesi takibini online olarak izleme yoluna gitmiştir. Bu kapsamda ülkemizde 8 adet temiz hava merkezi kurulmuştur (URL1).

Bu tez çalışmasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Marmara Temiz Hava Merkezine bağlı Marmara Bölgesindeki illerdeki hava kalitesi izleme istasyonlarının Mart 2013-Aralık 2017 dönemindeki ölçüm verileri temin edilmiş ve değerlendirilmiştir. Veriler istatistiksel olarak incelenmiş, ortalamalar ulusal hava kalitesi sınır değerleri ile karşılaştırılmış, zaman zaman ülkemizi etkisi altına alan çöl tozlarının hava kalitesine etkisi incelenmiş ve hava kalitesinin mevsimsel ve rüzgara bağlı değişimleri analiz edilmiştir.

Bu alışmalar sırasında istatistik analizler Excel, SPSS 20, RStudio programları ile yapılmıştır. Bulgular değerlendirilmiş ve hava kalitesi ölçüm araçlarının prensiplerine, lm sonuçlarının validasyonunun (veri doğrulama) nemine ve yöntemine değinilmiştir.



## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1 HAVA KİRLETİCİ PARAMETRELER VE ÖZELLİKLERİ

#### 2.1.1 Partikül Madde (PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub>)

Partikül madde ifadesi, havada bulunan katı taneleri ve sıvı damlacıklar olarak tanımlanır. Hava kirliliği izleme parametresi olarak baz alınan PM<sub>10</sub>, partiküllerin boyutu çapları 10 µm'den küçük olan, PM<sub>2.5</sub> ise çapları 2,5 µm'den küçük olan partiküllerdir. Antropojenik kaynaklı olduğu gibi sanayi ve doğal kaynaklı olarak da oluşabilir. Enerji veya yakma tesisleri, inşaat faaliyetleri, ısınma amaçlı fosil kaynak tüketimi, araçların egzozlarından çıkan tanecikler veya yoldan kalkan tozlar, çöl tozu taşınımları partikül madde değerlerine doğrudan etki eder. Partikül maddeler solunum yolu hastalıkları ile doğrudan ilişkilidir ve uzun süre maruz kalınımı çeşitli akciğer hastalıklarına sebebiyet verir. Bilhassa çapları 2,5 µm'dan küçük olan PM<sub>2.5</sub> sağlık için daha tehlikelidir. Bunun altında yatan sebep, PM<sub>2.5</sub>'un akciğerlerin derinlerine kadar nüfuz edebilmesidir. Bu parçacıklar genellikle zehirli veya kanserojen yanma ürünleri de içerebilmesidir (URL2).

#### 2.1.2 Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)

Temel kaynağı kükürt oranı yüksek fosil yakıtların özellikle kömür, linyit ve yağların yanması ile ortaya çıkan kükürt dioksitin büyük bir kısmı antropojenik faaliyetler sonucunda oluşur. Bu faaliyetlerin en başında ısınma amaçlı kullanım ve enerji çevrim santralleridir. Bilhassa düşük kalitede kömür kullanımı kükürt dioksit değerlerini en çok etkileyen faktördür. Kükürt dioksit, partikül madde gibi akciğer hastalıklarının yaşanmasına ve kronik solunum ve kalp hastalıklarına yol açar (Tosun, 2017).

#### 2.1.3 Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)

Hava kalitesini ve insan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olan azot dioksit kentsel bölgelerdeki önemli hava kirleticilerinden biridir. NO<sub>2</sub>, azot monoksitin (NO) atmosferde oksijen ile birleşmesi sonucu oluşur. Azotun bazı oksitleri doğal olarak meydana gelirken bazıları ise insan faaliyetleri sonucu oluşmaktadır. Azot dioksitin en önemli kaynakları

motorlu ulaşım araçları ve başta termik santraller olmak üzere sanayi tesisleridir. Azot dioksitte maruz kalınımı ile birlikte solunum yolu hastalıklarına neden olur (URL2).

#### **2.1.4 Ozon (O<sub>3</sub>)**

Yer seviyesinde (troposfer) ve de üst atmosferde (stratosfer) oluşabilen ozon, bulunduğu yere göre faydalı veya zararlı olmaktadır. Üst atmosferde doğal olarak oluşan ozon, koruyucu bir tabaka görevi görerek atmosferi güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından korurken yer seviyedeki ozon, motorlu taşıtlar, termik santraller, kimyasal fabrikalardan atmosfere verilen azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve uçucu organik bileşikler (UOB) kirleticileri, güneş ışınlarına maruziyetinde reaksiyona girerek ozonu oluştururlar. Zararlı bir kirletici olan yer seviyesindeki ozon, özellikle güneşli havalarda ve yüksek sıcaklıkta oluşmaktadır. Ozon gazı da vücutta akciğer hastalıklarının yaşanmasına sebebiyet vermektedir (URL2).

#### **2.1.5 Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit karbon içeren yakıtların tam yanamaması neticesinde oluşur. Hem motorlu taşıtlardan hem de ısınma ve sanayi faaliyetlerindeki eksik yanma sonucuna dayanan antropojenik kaynaklı açığa çıkabilmektedir. Karbon monoksit, doğal olarak olarak, soğuk mevsimde en yüksek değere ulaşır. Bunun sebebi düşük sıcaklıklar eksik yanmaya neden olması ve kirleticilerin yer seviyesinde çökmesine sebebiyet vermesidir. Karbon monoksit maruz kalınması ile birlikte kandaki hemoglobine bağlanarak kandaki oksijen seviyesinin düşmesine neden olarak, kalp, damar ve akciğer hastalıklarına yol açar (URL2).

## **2.2 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI**

### **2.2.1 Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği**

Sanayi tesislerinde enerji ihtiyacı için yakılan yakıtlar ve tesiste yapılan işlemden oluşan kirleticiler baca ile havaya atılarak kirliliğe neden olmaktadır. Sanayi tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinde sanayi tesisinin kurulacağı yer, yakma sistemlerinin özellikleri ile kullanılan yakıt türü, proses ve teknoloji, baca gazı artıma üniteleri gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Sanayi kaynaklı hava kirletici parametreleri yakma ünitelerinde kullanılan yakıt türüne göre karbon monoksit, kükürt dioksit, azot dioksit, ve partikül maddedir (URL3).

### **2.2.2 Isınma Kaynaklı Hava Kirliliği**

Şehirlerimizdeki ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği özellikle kış döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; ısınmada kükürt, kül ve nem oranı yüksek kalori değeri düşük olan kalitesiz diye adlandırılan kömürlerin kullanımınıdır. Isınma kaynaklı hava kirletici parametreleri yakma ünitelerinde kullanılan yakıt türüne göre karbon monoksit, kükürt dioksit, azot dioksit, ve partikül maddedir (URL3).

### **2.2.3 Motorlu Taşıt Kaynaklı Hava Kirliliği**

Motorlu karayolu taşıtları havaya verdikleri kirletici gaz ve taneciklerle havayı kirliliğine neden olmaktadır. Motorlu Taşıtlardan kaynaklı hava kirliliğinde aracın yaşı, motor gücü, yakıt türü ile yol durumu önemli unsurlardır. Egzoz gazı içerisindeki karbonmonoksit, partikül madde ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Benzinli taşıtlarda ise kurşun bileşikleri önemli kirleticidir (URL4).

### **2.2.4 Doğal Kaynaklı Hava Kirliliği**

Çöl tozları, yanardağların patlaması sonucu açığa çıkan kül, toz ve gazlar, orman yangınları sonucu ortaya çıkan dumanlar doğal kaynaklı hava kirliliğidir. Kuzey Afrika'daki Sahra Çölü'nde ve Arabistan Yarımadası üzerindeki çöl tozları rüzgarlar ile taşınarak zaman zaman ülkemizde de partikül madde değerlerinin artışına neden olmaktadır (URL4).

## **2.3 ŞEHİRLERDE HAVA KALİTESİ TAKİBİ**

Hava kalitesinin iyileştirilebilmesi amacıyla, tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de çeşitli yasal düzenlemeler yürürlükte. Bunların bir kısmı sanayi, ısınma, trafik gibi kirletici kaynakların kontrolüne yönelik, bir kısmı da soluduğumuz havanın kalitesine ilişkindir. Kirliliğin kontrolüne ilişkin düzenlemelerle hedeflenen, hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için belirlenmiş hava kalitesi hedeflerini sağlamaktır (URL2).

Sınır değerlerin üzerinde konsantrasyona sahip olan kirleticilerin, insanlar ve çevre üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu kirleticilerden insanların olumsuz yönde etkilenmemesi için en

kısa sürede kirlilik seviyesinin bilinerek eyleme geçilmesi gereklidir. Bu da ancak hava kirliliğini ölçen otomatik cihazlarla, sürekli olarak hava kalitesinin izlenmesi ile mümkündür.

6 Haziran 2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren ve bir yıl sonra Ek-IA'sında değişiklik yapılmasıyla 5 Mayıs 2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak revize edilen Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ile Avrupa Birliği'nin hava kalitesi alanındaki mevzuatının, Türkiye hava kalitesi mevzuatına uyumlaştırılması hedeflenmiştir (URL2).

96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı kardeş direktifleri paralelinde hazırlanan bu yönetmelik, 13 farklı kirletici için mevzuat uyumu ve uygulama aşamalarında uygulama takvimlerini belirleyerek hava kirliliğinin kontrolü ve hava kalitesi alanlarında izleme, yaptırım ve kurumsal güçlendirmeyi amaçlamaktadır (URL2).

Şehirlerde uygulanan hava kalitesi sınır değerlerinin yer aldığı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği kademeli azaltım tablosu Tablo 2.1'de verilmiştir.

**Tablo 2.1:** HKDY Yönetmeliği EK-I A, Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerlerinde kademeli azaltım tablosu. (URL5)

Kirletici	Ortalama süre	SINIR DEĞER $\mu\text{g}/\text{m}^3$							UYARI EŞİĞİ
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
SO <sub>2</sub>	Saatlik -insan sağlığının korunması için-	500	500	470	440	410	380	350	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	250	250	225	200	175	150	125	
	Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart'a kadar) - ekosistemin korunması-	20	20	20	20	20	20	20	
NO <sub>2</sub>	saatlik -insan sağlığının korunması için-	—	300	290	280	270	260	250	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
NO <sub>x</sub>	Yıllık -vegetasyonun korunması için-	—	30	30	30	30	30	30	—
PM <sub>10</sub>	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	100	100	90	80	70	60	50	—
	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
Pb	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	—
Benzen	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	10	10	10	10	9	8	7	—
CO	maksimum günlük 8 saatlik ortalama -insan sağlığının korunması için-	16	16	14	12	10	10	10	—

\* Arsenik(As), Kadmium(Cd), Nikel(Ni) ve Benzo(a)piren kirleticileri için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde hedef değerler ve hedef değere ulaşılabilecek tarih bulunmaktadır.

\* Ozon(O<sub>3</sub>) kirleticisi için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde bilgilendirme ve uyarı eşiği ile hedef değer ve uzun vadeli hedef bulunmaktadır.

Şehirlerde hava kalitesi ölçümleri otomatik ölçüm yöntemiyle anlık olarak veri alınabilen hava kalitesi izleme istasyonları ile yapılmaktadır. Bu istasyonların daha sağlıklı işletilebilmesi ve veri alım yüzdelerinin arttırılabilmesi için istasyonların tek bir merkezden yönetilmesi yerine etkin ve verimli bir hava kalitesi izleme ağı yönetimi için bölgesel temiz hava merkezleri oluşturulmuştur. Türkiye genelinde İstanbul, Samsun, Erzurum, İzmir, Adana, Konya, Ankara, Diyarbakır merkez olmak üzere 8 Temiz Hava Merkezi kurulması ve 330 istasyon sayısına ulaşılması hedeflenmektedir. (Tosun, 2017)

Bu istasyonlardan alınan saatlik ortalama ham veriler veri tabanına aktararak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait hava izleme resmi sitesinde ([www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr)) yayımlanarak kamuoyu ile paylaşılır. Ayrıca aylık olarak veri validasyonu yapılmış veriler ve kış sezonu olarak iki şekilde hazırlanan hava kalitesi raporları yetkili birimlere sunulur.

#### **2.4. KENTSEL HAVA KALİTESİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Dünya'da kentsel hava kalitesinin izlenmesi, sağlık etkilerinin belirlenmesi ve azaltım politikalarının oluşturulmasına yönelik yapılmış oldukça çok sayıda çalışmaya literatürde rastlanmaktadır. Özellikle hava kirleticilerinin zamansal ve mekânsal değişimini inceleyen çalışmalara son yıllarda daha çok önem verildiği görülmektedir (Henschel ve diğ., 2015; Song ve diğ., 2017; Squizzato ve diğ., 2018; E.Alonso-Blanco ve diğ., 2018; Tian ve diğ., 2019). Bunun yanında çalışmaların önemli çoğunluğunda hava kirleticiler ile sağlık etkileri ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Birçok çalışmada kentsel hava kirleticilerine maruziyetin ölüm ve hastalık riskini önemli oranda artırdığı belirtilmektedir (Cao ve diğ., 2011; Chen ve diğ., 2016; Guan ve diğ., 2016; Song et al., 2017; West ve diğ., 2016; Zhang ve diğ. 2014a; Zhou ve diğ., 2014). Dünyadaki hastalıkları araştıran bir projeye göre (Global Burden of Diseases (GBD) Project) hava kirliliği dünyadaki 4.2 milyon ölümlle doğrudan ilişkilidir (Forouzanfar ve diğ., 2016; Landrigan, 2016).

Türkiye'de hava kirliliği konusunda birçok çalışma ve proje hem üniversitelerde hem de kamusal alanda yürütülmektedir. Türkiye'nin farklı kentlerinde yapılmış ve literatürde yayımlanmış birçok makale mevcuttur (Tayanç, 2000; Elbir ve diğ., 2000, Demirci ve diğ., 2000; Akkoyunlu ve Ertürk 2002; Elbir ve diğ., 2003; Özdilek, 2006; Özden ve diğ., 2008; Şahin ve diğ., 2012; Büke ve Köne 2016; Yurtseven ve diğ., 2018; Çetin ve diğ., 2018; Erener ve diğ., 2019). Hava kirliliğinin sağlık etkileri ise son yıllarda ülkemizde üzerinde

çalışma yapılan bir alandır ve kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur (Hapçioğlu ve diğ., 2006; Çapraz ve diğ., 2016). Çapraz ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada İstanbul'da ölçülen 6 yıllık hava kirliliği verisi ile günlük sağlık parametrelerini kıyaslamışlar ve hava kirleticileri ile solunum yolu hastalıklarına bağlı günlük ölüm arasında anlamlı bir ilişki belirlemişlerdir (Çapraz ve diğ., 2017). Hapçioğlu ve diğ., (2006) 1997 ve 2001 arasındaki parametreleri incelemişler ve kronik akciğer hastalığı ile SO<sub>2</sub> arasında 0,64, NO arasında 0,40, CO arasında 0,57, PM<sub>10</sub> arasında 0,27 seviyesinde anlamlı bir korelasyon tespit etmişlerdir.

Marmara Bölgesinde hava kalitesi değerlendirmesi konusunda oldukça kısıtlı çalışma yapıldığı görülmüş ve literatürde sadece bu bölgeye özgü üç adet çalışmaya rastlanmıştır (Gümüş ve diğ., 2015; Aslan ve Akyürek, 2018; Kahya, 2017; Kasparoğlu ve diğ., 2018). Aslan ve Akyürek (2018) yaptıkları çalışmada bu bölgede bulunan tüm istasyonlarda ölçülen PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> değerlerini Coğrafi Bilgi Sistemi ile kirlilik dağılımı kış dönemi için çalışmışlardır. PM<sub>10</sub> kirliliğinin özellikle Aralık ve Ocak aylarında Sakarya Bölgesi, Bursa bölgesi, Çanakkale-Çan bölgesi, Edirne-Keşan ve Tekirdağ bölgesinde yoğunlaştığını kirlilik dağılım haritalarında göstermişlerdir. SO<sub>2</sub> kirliliğinde ise en belirgin yoğunluk bölgelerinin Edirne-Keşan ve Çanakkale-Çan olduğu gösterilmiştir. Kasparoğlu ve diğ. (2018) 2013 ve 2014 yıllarında ölçülen O<sub>3</sub>, NO ve NO<sub>2</sub> sonuçlarını incelemişler ve geri yörünge modeli ile kaynaklarını belirlemişlerdir. O<sub>3</sub> parametresinin en yüksek değerlerinin Şile ve Yalova'da görüldüğünü ve bu yüksek değerlerin yaklaşık %80 oranda endüstriyel bölge olan kuzeydoğu ve kuzey yönlerinden geldiğini ve yaklaşık %18 gibi az bir kısmının ise güneyden geldiğini belirtmişlerdir. Kahya ve diğ., (2017) yaptığı çalışmada ise Marmara Bölgesinde 2013-2014 arasında ölçülen bir yıllık PM<sub>2,5</sub> değerleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre Keşan, Ozanlar, Umraniye ve Kagithane istasyonlarında PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonları uluslararası limit değerleri aşmıştır. Ancak Kandira, Lapseki, Silivri, Karaagac ve Armutlu istasyonlarında PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonları uluslararası limit değerleri aşmamıştır.

Gümüş ve diğ.'nin 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada Marmara Bölgesindeki PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonlarının Mart 2013-Haziran 2015 arasındaki değerlerini incelemişlerdir. PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçümlerinin aynı anda yapıldığı 6 istasyonda PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> oranı 0,49 ile 0,66 aralığında hesaplanmıştır. En yüksek PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> korelasyonu Keşan'da ve Çerkezköy'de (0,90-0,89) hesaplanmıştır. En yüksek değerlerin kaydedildiği Esenyurt ortalama PM<sub>10</sub> değeri ve Keşan ve Ozanlar ortalama PM<sub>2,5</sub> değerleri %5 anlamlılık düzeyinde diğer tüm

istasyonlardan farklıdır. Kırsal kategorisindeki ölçüm istasyonları arasında benzerlik oluşurken trafik, sanayi ve kentsel istasyonlardan farklı oldukları görülmüştür. Buna karşın kentsel, trafik ve sanayi istasyonlarında kendi içlerinde bir benzerlik olmadığı belirlenmiştir. Tüm Marmara bölgesinde ortalama  $PM_{10}$  değerlerinin hafta içi ve hafta sonunda anlamlı bir farklılık gösterdiği, buna karşın ortalama  $PM_{2.5}$  değerlerinin farklılık göstermediği belirlenmiştir.



### 3. MALZEME VE YÖNTEM

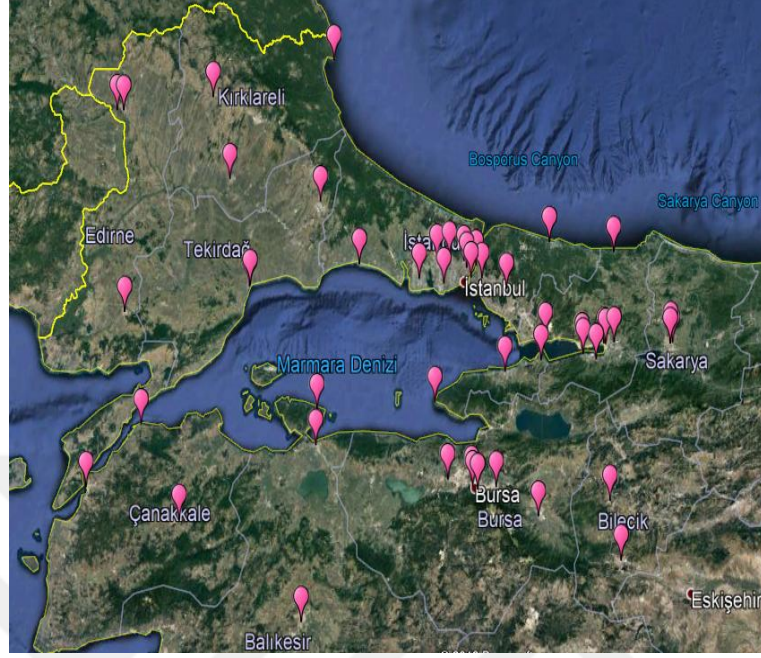
#### 3.1 HAVA KALİTESİ VERİ TEMİNİ

Bu tez çalışmasında Marmara Bölgesi'nde 11 adet ilde (İstanbul, Tekirdağ, Kırklareli, Edirne, Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik, Yalova, Sakarya, Kocaeli) bulunan toplam 49 adet hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen verilerin istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla 2013 (Mart)-2017 (Aralık) tarihleri arasında ölçülen günlük ortalama ve saatlik ortalama hava kirleticileri (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO) ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, basınç, bağıl nem, rüzgar yönü ve hızı) kullanılmıştır. Bu verilerin tamamı Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü (MTHM)'nden temin edilmiştir.

MTHM, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini önlemek veya azaltmak, hava kalitesi ile ilgili bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamak amacıyla, Avrupa Birliği ile Ülkemizin ortak finanse ettiği TR/07/IB/EN/02 "Marmara Bölgesinde Hava Kalitesi Alanında Kurumsal Yapılanma Projesi" kapsamındaki Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü, 10 Mayıs 2008 Tarih ve 26872 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla İstanbul'da kurulmuştur. 04.07.2011 tarih ve 27984 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 644 Sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında faaliyetlerine devam etmektedir. (URL1)

Bu tez çalışmasında verilerin kullanıldığı 49 adet hava kalitesi izleme istasyonlarına ait konumlar ve koordinatlar Şekil 3.1'de, ölçülen kirletici parametreleri, istasyon tipi gibi bilgiler Tablo 3.1'de verilmiştir.

2017 yılı sonrasında MTHM, hava kalitesi izleme ağındaki hem mevcut istasyonlardaki kirletici parametreleri ölçüm cihazı, hem de hava kalitesi izleme istasyonları sayısını arttırmıştır ve bu sayı Mayıs 2019 tarihi ile bir adeti seyyar hava kalitesi ölçüm aracı olmak üzere toplam 62 adet istasyon sayısına ulaşılmıştır. Tez çalışmasında kirletici parametrelerin veri devamlılığı kapsamında kirletici parametreler bazında 49 adet izleme istasyonu, meteorolojik veriler bazında 30 adet izleme istasyonu verileri alınmıştır. MTHM'ye bağlı hava kalitesi izleme istasyonuna ait görsel Şekil 3.2'de verilmiştir.



**Şekil 3.1:** Marmara Bölgesi hava kalitesi izleme istasyonlarının konumları.

### 3.2 HAVA KİRLETİCİ PARAMETRELERİN ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Tez çalışmasında toplamda 38 noktada  $PM_{10}$ , 13 noktada  $PM_{2.5}$ , 39 noktada  $NO_x$ , 42 noktada  $SO_2$ , 23 noktada  $O_3$ , 12 noktada CO ve 30 noktada meteorolojik parametre ölçümlerine ait veriler alınmıştır. Ölçümü gerçekleştiren tüm cihazlar otomatik ve anlık veri ölçümü gerçekleştirmektedir. Partikül Madde ölçümleri Metone BAM1020 marka cihazı ile, gaz ölçümleri ise Teledyne API, Horiba ve Environnement S.A. marka cihazlar ile gerçekleştirilmektedir. Partikül madde ve gaz analizörlerinin dıştan görünümü Şekil 3.3'de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Hava kalitesi izleme istasyonlarının tipi, konumları ve ölçülen parametreler.

NO	İSTASYON	TİP	ŞEHİR	Enlem	Boylam	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	Met
1	SİLİVRİ	İSINMA	İSTANBUL	41°04'23.45"N	28°15'19.96"E	1	1	1		1		1
2	ESENYURT	İSINMA	İSTANBUL	41°01'09.66"N	28°40'07.82"E	1		1	1	1		1
3	BAŞAKŞEHİR	SANAYİ	İSTANBUL	41°05'43.86"N	28°47'23.49"E	1		1	1	1	1	1
4	SULTANGAZİ	İSINMA	İSTANBUL	41°06'28.00"N	28°52'27.60"E			1	1	1		1
5	ŞİRİNEVLER	TRAFİK	İSTANBUL	41°00'08.81"N	28°50'19.18"E	1		1	1		1	
6	KAĞITHANE	İSINMA	İSTANBUL	41°05'32.41"N	28°58'29.20"E		1	1	1	1		1
7	MECİDİYEKÖY	TRAFİK	İSTANBUL	41°03'57.44"N	28°59'40.04"E	1		1			1	
8	ÜSKÜDAR	TRAFİK	İSTANBUL	41°01'37.36"N	29°01'29.32"E	1		1			1	
9	KANDİLLİ	GEMİ TRAFİĞİ	İSTANBUL	41°04'28.55"N	29°03'32.38"E	1		1	1		1	1
10	ÜMRANIYE	TRAFİK	İSTANBUL	41°01'27.92"N	29°05'59.01"E	1	1	1	1		1	
11	SULTANBEYLİ	İSINMA	İSTANBUL	40°59'04.08"N	29°16'07.70"E			1	1	1		1
12	ŞİLE	KIRSAL	İSTANBUL	41°10'13.47"N	29°33'46.68"E	1		1		1		1
13	TEKİRDAĞ MERKEZ	TRAFİK	TEKİRDAĞ	40°58'38.16"N	27°30'11.67"E	1		1	1		1	
14	ÇERKEZKÖY	SANAYİ	TEKİRDAĞ	41°19'06.05"N	27°58'48.63"E	1	1	1	1		1	1
15	TEKİRDAĞ	İSINMA	TEKİRDAĞ	40°58'15.25"N	27°29'58.47"E	1			1			
16	LÜLEBURGAZ	SANAYİ	KIRKLARELİ	41°23'54.24"N	27°20'45.26"E	1		1	1			1
17	LİMANKÖY	KIRSAL	KIRKLARELİ	41°53'06.56"N	28°03'21.55"E	1		1	1	1		1
18	KIRKLAERLİ	İSINMA	KIRKLARELİ	41°43'27.96"N	27°12'53.31"E	1			1			
19	KARAAĞAÇ	KIRSAL	EDİRNE	41°39'32.89"N	26°32'14.37"E		1	1	1	1		1
20	KEŞAN	İSINMA	EDİRNE	40°51'04.35"N	26°38'07.03"E	1	1	1	1	1		1
21	EDİRNE	İSINMA	EDİRNE	41°39'28.13"N	26°35'05.06"E	1			1			
22	LAPSEKİ	KIRSAL	ÇANAKKALE	40°24'11.06"N	26°46'14.28"E		1	1	1	1		1
23	ÇAN	İSINMA	ÇANAKKALE	40°01'45.47"N	27°02'59.67"E	1		1	1	1		1
24	ÇANAKKALE	İSINMA	ÇANAKKALE	40°08'29.14"N	26°23'57.91"E	1			1			
25	ERDEK	KIRSAL	BALIKESİR	40°29'23.38"N	27°58'43.77"E			1	1	1		1
26	BANDIRMA	İSINMA	BALIKESİR	40°20'52.64"N	27°58'29.85"E	1		1	1			1
27	BALIKESİR	İSINMA	BALIKESİR	39°38'20.98"N	27°53'35.59"E	1			1			
28	ULUDAĞ ÜNİV.	İSINMA	BURSA	40°13'19.24"N	28°52'34.33"E		1	1	1	1		1
29	KÜLTÜR PARK	İSINMA	BURSA	40°11'44.70"N	29°02'46.28"E			1	1	1		1
30	BEYAZIT CAD.	TRAFİK	BURSA	40°11'08.34"N	29°04'49.78"E	1		1	1		1	
31	KESTEL	SANAYİ	BURSA	40°11'43.85"N	29°12'19.70"E	1		1	1			1
32	İNEGÖL	SANAYİ	BURSA	40°04'39.24"N	29°29'31.86"E	1		1	1			1
33	BURSA	İSINMA	BURSA	40°12'56.55"N	29°02'18.51"E	1			1			
34	ALTINOVA	İSINMA	YALOVA	40°42'02.10"N	29°30'28.25"E		1	1	1	1		1
35	ARMUTLU	KIRSAL	YALOVA	40°31'45.66"N	28°47'04.53"E	1	1	1	1	1		1
36	YALOVA	İSINMA	YALOVA	40°39'12.03"N	29°15'42.04"E	1			1			
37	BOZÜYÜK	İSINMA	BİLECİK	39°54'14.70"N	30°03'11.17"E	1		1	1			1
38	BİLECİK	İSINMA	BİLECİK	40°08'29.02"N	29°58'40.32"E	1			1			
39	SAKARYA MERKEZ	TRAFİK	SAKARYA	40°46'09.47"N	30°24'35.65"E	1		1			1	
40	OZANLAR	İSINMA	SAKARYA	40°47'26.59"N	30°23'48.92"E		1	1	1	1		1
41	SAKARYA	İSINMA	SAKARYA	40°46'01.13"N	30°23'37.67"E	1			1			
42	GÖLCÜK	İSINMA	KOCAELİ	40°43'34.97"N	29°47'42.90"E		1	1	1	1		1
43	YENİKÖY	İSINMA	KOCAELİ	40°42'15.00"N	29°53'04.12"E	1		1	1	1		1
44	ALİKAHYA	İSINMA	KOCAELİ	40°46'15.63"N	30°00'27.71"E	1		1	1			1
45	İZMİT	TRAFİK	KOCAELİ	40°46'05.45"N	29°56'18.07"E	1		1			1	
46	KÖRFEZ	SANAYİ	KOCAELİ	40°44'46.10"N	29°47'19.99"E	1		1	1	1		1
47	KANDIRA	KIRSAL	KOCAELİ	41°07'51.76"N	30°00'23.89"E	1	1	1		1		1
48	KOCAELİ	İSINMA	KOCAELİ	40°45'52.29"N	29°56'57.41"E	1			1			
49	DİLOVASI	İSINMA	KOCAELİ	40°47'19.63"N	29°32'13.74"E	1		1	1	1	1	
<b>TOPLAM CİHAZ SAYISI</b>						<b>38</b>	<b>13</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>30</b>



**Şekil 3.2:** Hava kalitesi izleme istasyonu.



**Şekil 3.3:** Partikül madde ve gaz ölçüm cihazları.

### 3.2.1 Partikül Madde (PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub>)

BAM-1020 PM<sub>10</sub> ölçüm cihazı, Beta ışını zayıflatma prensibini kullanarak, kütle konsantrasyonunu tayin eder. Beta radyasyon ışın kaynağı olarak C<sup>14</sup> izotopunu kullanır. C<sup>14</sup>, 60µCi'den daha düşük bir radyoaktiviteye sahip olup insan sağlığına zararsızdır. Başlık ile ayrılan ve şerit filtre üzerinde toplanan çapları 10 mikrona kadar olan partiküller, pompa vasıtasıyla şerit filtre üzerinde toplanır. Şerit filtre üzerindeki toplanmış toz, Beta ışın kaynağı (C<sup>14</sup>) ve dedektör arasına yerleştirilir. Beta ışın kaynağından gönderilen beta partiküllerinin bir kısmı şerit filtre üzerinde toplanan toz tarafından absorbe edilerek sayıları azalır. Kaynaktan gönderilen ve dedektör tarafından tespit edilen Beta partikülleri arasındaki farktan yararlanılarak toz konsantrasyonu tespit edilir. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> arasındaki tek fark başlığa takılan ve çapı daha düşük mikrondaki partiküllerin geçişine izin veren bir adaptördür(URL1).

### 3.2.2 Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)

SO<sub>2</sub> analizörü ölçüm metodunun dayandığı fiziki prensip, sülfür dioksidin, 190 nm – 230 nm dalga boyları arasındaki ultraviyole ışığıyla uyarılmış duruma geçtiğinde ortaya çıkan ışımadır. Hidrokarbonlardan arındırılmış örnek tepkime odasına ulaşır. Burada, 214 nm'ye odaklanmış mor ötesi ışınlarla örnek radyasyona tabi tutulur. Bu dalga boyu SO<sub>2</sub> moleküllerinin emilimi için özeldir. Bu moleküller morötesi spektrumda özel bir flüoresan ortaya çıkarır, çıkışta da optik olarak filtreden geçirilir (URL6).

### 3.2.3 Azot oksitler (NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub> analizörü ölçüm metodunun prensibi, azot oksit (NO) ile ozon (O<sub>3</sub>) reaksiyona girdiğinde oluşan kemilüminesansın tespitidir. Havada NO, ozonla reaksiyona girdiği zaman, uyarılma aşamasında NO<sub>2</sub> nin normal formu ve uyarılmış formu oluşur. Uyarılmış NO<sub>2</sub>, yer seviyesine döndüğü zaman ışın (kemilüminesans) yayar. NO konsantrasyonu, bu ışımının yoğunluğu ölçülerek tayin edilebilir. Eğer hava örneği, bir dönüştürücüden geçirilerek, NO<sub>2</sub> NO'ye dönüştürülürse; NO<sub>x</sub>'lerin (NO<sub>2</sub> ve NO) konsantrasyonu, bu ışımının yoğunluğu ölçülerek tayin edilebilir. Örneklem havasındaki NO<sub>2</sub> konsantrasyonu; iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanarak bulunur (URL6).

### 3.2.4 Ozon (O<sub>3</sub>)

O<sub>3</sub> analizörü, Lambert-beer prensibiyle UV ışığın O<sub>3</sub> moleküllerince absorblanmasına dayalı bir ölçüm metodu kullanır. Lambert-beer kanuna göre, bir çözeltilen geçen ışık miktarı, ışığın çözelti içinde kat ettiği yol ve çözelti konsantrasyonu ile logaritmik olarak ters orantılı, emilen ışık miktarı ise doğru orantılıdır. Bu yöntemle gelen hava örneğini iki akıma ayırmaktadır. Birinci akım değişmemekte, ikinci akım ise ozonu örnekten ayırmak üzere şartlandırılmaktadır. Bu iki akım bir UV kaynağından geçirilmekte ve fotometre ile ozona özgü (254nm) ışığın dalga boyu ölçülmektedir. Daha sonra bu iki ölçüm kullanılarak hava içindeki ozon konsantrasyonu hesaplanmaktadır (URL6).

### 3.2.5 Karbon monoksit (CO)

CO analizörü, bilinen bir yoğunlukla IR ışığını geliştirmek için yüksek enerjili ısıtılmış element kullanır. Bu ışın, numune gazı ile dolu olan çoklu geçiş hücresine yönlendirilir. Ölçüm hücresi sonunda bulunan detektörün absorplanan CO gazı oranı ile hesapladıkları konsantrasyon değeri ppm cinsindedir (URL6).

### 3.2.6 Meteorolojik Veriler

Meteorolojik veriler, istasyonda belirli bir yüksekliğe kadar uzanan meteorolojik direk üzerine konumlandırılır ve 2 adet dış ortam sensör vasıtası ile ölçüm sonuçları yazılıma aktarılır. Bu 2 adet sensörden bir tanesi sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), bağıl nem (rh) ve basınç (p), diğeri ise rüzgar yönü (wd) ve rüzgar şiddeti (ws) ölçümü gerçekleştirir.

## 3.3 ÖLÇÜM VERİLERİNİN VALİDASYONU

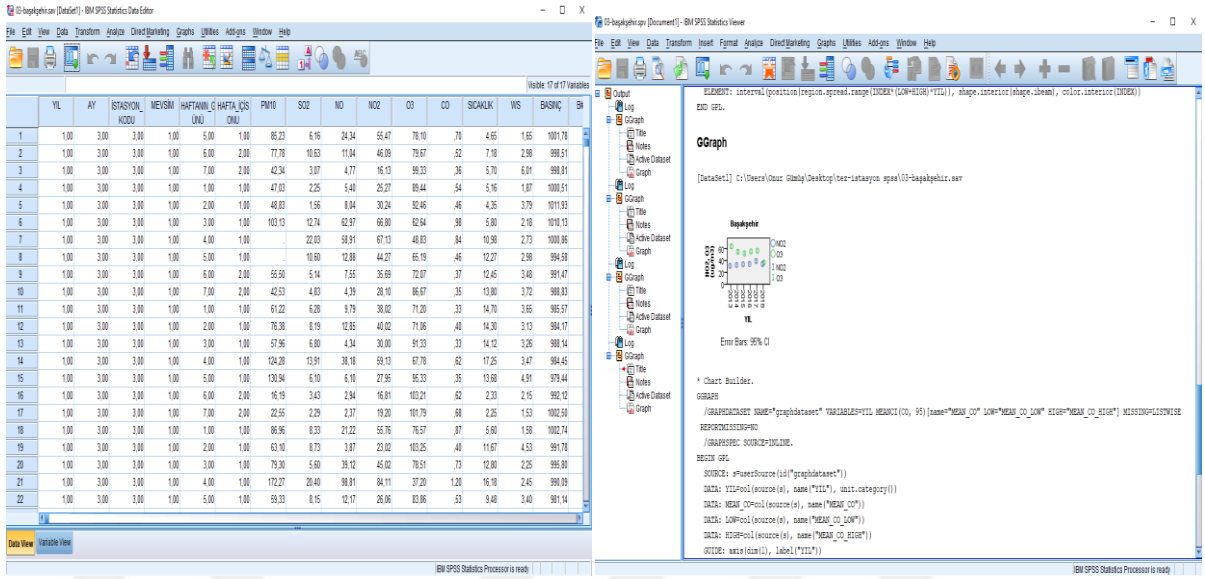
Tez çalışmasındaki tüm veriler MTHM personellerince validasyonu yapılmış ve raporlanmaya gönderilen verilerdir. Cihazlardan ölçülen ilk veriler ham verilerdir ve validasyona (doğrulamasının yapılmasına) ihtiyaç duyarlar. Ölçüm cihazları belirli sebeplerden dolayı çok yüksek değer atama, sıfır ölçme, otomatik kalibrasyon değerini yansıtma ve elektrik kesintisi gibi arızalardan dolayı beklenenden farklı bir değer ölçmesi yüzünden, ölçülen değerlerin kamuoyuna paylaşılmadan önce aynı hassasiyetle validasyon işlemine tabi tutulur. Bir değer geçerli olabilmesi için ön koşul, saatlik ortalaması alınan ölçümlerin 60 dk.'lık periyotta %75 ile yani en az 45 dk. geçerli ölçüm yapması gerekmektedir. Veri validasyonu işlemi Envista ARM programı vasıtasıyla yapılmıştır. (Şekil 3.4)

Date & Time	PM10	Status	PM10 debi	Status	PM2.5	Status	PM2.5 debi	Status	SO2	Status	NO	Status	NO2	Status	NOX	Status	O3	Status	CO	Status	Hava Sıcaklığı	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Bağıl Nem	Hava Basıncı		
01.10.2017 00:00	25,055	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,952	-	2,225	-	13,545	-	16,94625	-	62,343	-	270	-	14,85						
01.10.2017 01:00	26,76448	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,581	-	1,733	-	7,297	-	9,94849	-	66,824	-	250	-	14,4						
01.10.2017 02:00	24,037	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,901	-	1,934	-	10,444	-	13,40302	-	63,485	-	250	-	14,5						
01.10.2017 03:00	23,108	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,749	-	1,405	-	7,265	-	9,41465	-	67,78	-	240	-	14,4						
01.10.2017 04:00	24,842	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,338	-	1,235	-	6,962	-	7,95195	-	65,813	-	240	-	14,5						
01.10.2017 05:00	23,459	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,115	-	1,155	-	3,39	-	5,32655	-	63,401	-	240	-	14,2						
01.10.2017 06:00	24,586	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,893	-	1,102	-	3,482	-	5,17806	-	69,512	-	230	-	14,6						
01.10.2017 07:00	25,007	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,403	-	1,724	-	7,209	-	9,84672	-	67,237	-	240	-	14,5						
01.10.2017 08:00	24,15	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,527	-	3,034	-	11,84	-	16,48202	-	65,066	-	240	-	14,36						
01.10.2017 09:00	27,862	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,54	-	3,23	-	17,156	-	22,0979	-	60,683	-	250	-	14,84						
01.10.2017 10:00	39,151	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,641	-	5,707	-	25,891	-	34,62271	-	54,951	-	300	-	14,91						
01.10.2017 11:00	53,086	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,458	-	6,867	-	26,109	-	35,61951	-	62,778	-	340	-	15,1						
01.10.2017 12:00	55,074	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,953	-	7,678	-	25,544	-	38,29134	-	52,967	-	340	-	15,24						
01.10.2017 13:00	48,139	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,207	-	8,206	-	31,228	-	43,78318	-	50,425	-	370	-	15,22						
01.10.2017 14:00	55,341	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,315	-	8,446	-	29,229	-	42,15138	-	52,347	-	360	-	15,8						
01.10.2017 15:00	53,37	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,686	-	8,52	-	36,033	-	49,0686	-	50,918	-	340	-	15,9						
01.10.2017 16:00	50,897	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	6,088	-	13,246	-	45,36	-	51,25344	-	44,246	-	400	-	16,9						
01.10.2017 17:00	67,458	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,227	-	11,622	-	40,844	-	69,81746	-	41,632	-	400	-	15,9						
01.10.2017 18:00	74,737	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,584	-	9,243	-	46,152	-	60,25379	-	36,917	-	430	-	15,0						
01.10.2017 19:00	68,297	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,837	-	11,371	-	55,331	-	72,72863	-	36,718	-	430	-	14,9						
01.10.2017 20:00	40,829	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,656	-	4,59	-	47,72	-	54,7427	-	40,751	-	430	-	14,17						
01.10.2017 21:00	37,506	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,785	-	4,956	-	38,421	-	45,39168	-	47,036	-	370	-	14,0						
01.10.2017 22:00	36,014	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,937	-	3,147	-	45,965	-	50,78991	-	40,653	-	340	-	13,9						
01.10.2017 23:00	39,332	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,651	-	4,094	-	49,306	-	55,56982	-	39,955	-	300	-	14,2						
02.10.2017 00:00	37,888	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,688	-	3,62	-	34,74	-	40,2796	-	49,781	-	300	-	14,8						
02.10.2017 01:00	33,25932	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,749	-	3,208	-	28,501	-	33,40204	-	48,895	-	290	-	14,8						
02.10.2017 02:00	27,611	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,235	-	1,36	-	16,234	-	18,3148	-	57,979	-	240	-	14,8						
02.10.2017 03:00	24,518	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,149	-	1,417	-	12,907	-	16,09901	-	60,607	-	250	-	14,9						
02.10.2017 04:00	27,848	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,227	-	1,279	-	5,965	-	7,32267	-	70,218	-	250	-	13,96						
02.10.2017 05:00	30,851	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,711	-	1,211	-	8,242	-	10,09483	-	66,942	-	300	-	13,1						
02.10.2017 06:00	33,878	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,939	-	1,941	-	18,579	-	21,54873	-	55,004	-	340	-	13,7						
02.10.2017 07:00	34,146	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,211	-	3,583	-	33,038	-	38,51899	-	43,065	-	300	-	13,8						
02.10.2017 08:00	31,773	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,346	-	21,154	-	58,903	-	91,26982	-	28,816	-	350	-	14,02						
02.10.2017 09:00	34,529	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,229	-	23,504	-	54,998	-	90,95912	-	34,79	-	350	-	14,54						
02.10.2017 10:00	42,991	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,755	-	17,938	-	40,391	-	60,61914	-	59,256	-	330	-	15,1						
02.10.2017 11:00	60,171	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,078	-	15,477	-	29,728	-	53,45781	-	49,65	-	260	-	16,1						
02.10.2017 12:00	61,765	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,135	-	12,831	-	23,773	-	43,45443	-	56,638	-	260	-	15,77						
02.10.2017 13:00	54,087	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,568	-	10,352	-	24,566	-	40,45496	-	56,41	-	270	-	17,5						
02.10.2017 14:00	51,429	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	2,829	-	11,603	-	21,475	-	39,22759	-	58,731	-	250	-	17,81						
02.10.2017 15:00	46,044	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	3,574	-	17,311	-	36,574	-	63,15963	-	53,636	-	250	-	18,1						
02.10.2017 16:00	47,748	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	2,956	-	13,68	-	30,342	-	49,6124	-	66,82	-	230	-	17,8						
02.10.2017 17:00	50,592	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	4,105	-	16,082	-	38,958	-	63,56346	-	52,073	-	310	-	17,17						
02.10.2017 18:00	51,784	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,597	-	17,078	-	47,549	-	73,67634	-	45,678	-	340	-	16,8						
02.10.2017 19:00	44,253	-	16,7	-	-9999	NoData	-9999	NoData	5,386	-	12,928	-	60,029	-	79,80884	-	34,775	-	380	-	15,42						

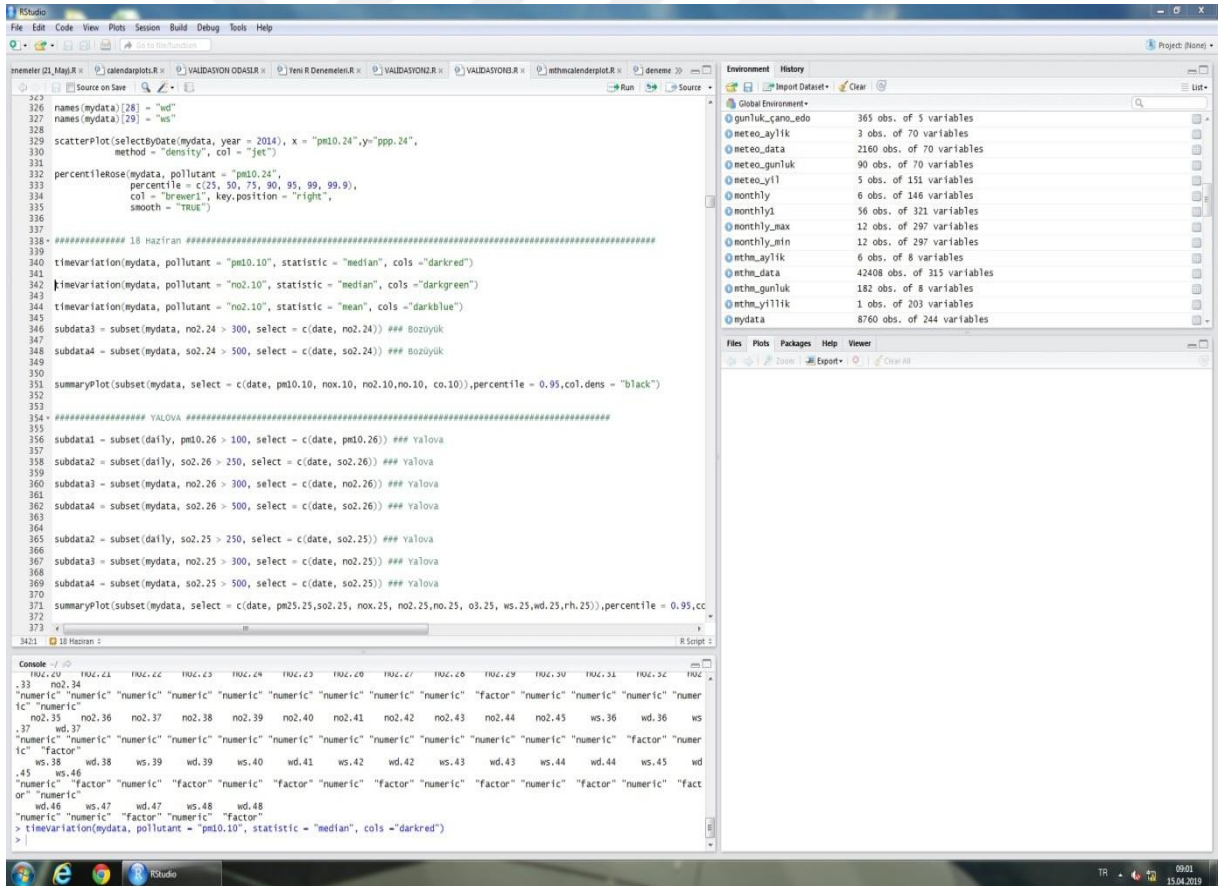
Şekil 3.4: Envista ARM programı ekran görüntüsü.

### 3.4 ÖLÇÜMLERİN İSTATİKSEL ANALİZİ

Tez çalışmasında istatistiksel analizler, grafikler ve diğer veri grupları için Microsoft Excel, SPSS 20 ve RStudio programları kullanılmıştır. Bölüm 4.1’de çalışma süresindeki ortalama değerler için MTHM veri raporlama biriminden günlük, aylık ve yıllık ortalama değerler excelde karşılaştırma yoluyla hesaplanarak elde edilmiştir. Bölüm 4.2’de Kandıra ve Kandilli istasyonlarının veri grafikleri, Bölüm 4.3’te mevsimsel değişim tablosu, Bölüm 4.4’de çöl tozu taşınım grafikleri Excel’de hazırlanmıştır. Bölüm 4.2’de yıllık değişim grafikleri, Bölüm 4.3’te mevsimsel değişim verileri SPSS 20’de yapılmıştır. Bölüm 4.5’de ki polar pilot görselleri RStudio programında Open Air paketi içinde çizdirilmiştir. Kullanılan programlara ait görüntüler Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ‘da verilmiştir



Şekil 3.5: SPSS 20'ye ait ekran görüntüleri.



Şekil 3.6: RStudio'ya ait ekran görüntüsü.

## 4. BULGULAR

### 4.1 HAVA KİRLETİCİLERİNİN ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ ORTALAMALARI

Bu tez çalışması kapsamında Marmara Bölgesinde bulunan 49 adet hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen 6 farklı hava kirlenici parametrenin 2013-2017 yılları arasında ölçülen ortalama değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Marmara Bölgesinde 2013-2017 yılları arasında ölçülen hava kirlenici parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri.

NO	İSTASYON	TİP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
1	SİLVİRİ	İSINMA	38,8± 20,2	20,7± 11,4		25,2± 13,6	54,8± 20,3	
2	ESENYURT	İSINMA	88,3± 51,7		6,7± 4,58	30,2± 15,4	40,6± 19,9	
3	BAŞAKŞEHİR	SANAYİ	58,9± 33,2		6,1± 5,7	34,0± 20,3	56,4± 25,5	0,5± 0,2
4	SULTANGAZI	İSINMA			4,3± 3,8	39,2± 18,3	37,5± 18,6	
5	ŞİRİNEVLER	TRAFİK	56,3± 32,7		6,1± 5	63,5± 24,6		0,8± 0,4
6	KAĞITHANE	İSINMA		31,4± 19,5	6,6± 5,2	46,8± 23,1	38,5± 20,4	
7	MECİDİYEKÖY	TRAFİK	52,9± 25,6			78,0± 17,4		0,7± 0,3
8	ÜSKÜDAR	TRAFİK	41,7± 23,9			51,9± 18,5		0,7± 0,3
9	KANDILLI	GEMİ TRAFİĞİ	44,5± 24,7		11,0± 7,2	40,0± 20,4		0,6± 0,4
10	ÜMRANİYE	TRAFİK	57,5± 27,3	28,3± 14,1	5,8± 3,7	82,6± 18,7		1,1± 0,3
11	SULTANBEYLİ	İSINMA			6,0± 5,4	23,4± 17,3	60,4± 23,2	
12	ŞİLE	KIRSAL	27,9± 14,9			6,5± 6,8	74,7± 22,7	
13	TEKİRDAĞ MERKEZ	TRAFİK	83,6± 39		36,7± 49,5	47,1± 10,4		1,2± 0,6
14	ÇERKEZKÖY	SANAYİ	44,0± 26,4	25,6± 15,8	17,9± 20,7	23,0± 14,8		0,4± 0,2
15	TEKİRDAĞ	İSINMA	62,4± 31,5		34,3± 50,8			
16	LÜLEBURGAZ	SANAYİ	40,1± 20,7		21,9± 25,4	16,4± 6,5		
17	LİMANKÖY	KIRSAL	24,1± 12,8		3,4± 2,1	3,7± 3,3	76,3± 18,4	
18	KIRKLAERLİ	İSINMA	57,0± 29,5		15,6± 21,1			
19	KARAAĞAÇ	KIRSAL		21,4± 13,8	7,2± 6,2	11,6± 6,2	51,1± 18,4	
20	KEŞAN	İSINMA	76,1± 40,9	59,8± 41,6	261,4± 330,9	22,6± 13,5	45,9± 26,4	
21	EDİRNE	İSINMA	52,7± 24,4		28,1± 26,5			
22	LAPSEKİ	KIRSAL		17,6± 9,2	7,7± 4,7	9,6± 5,9	72,7± 23,1	
23	ÇAN	İSINMA	69,6± 39,7		85,4± 119,1	21,0± 9,8	47,4± 26,3	
24	ÇANAKKALE	İSINMA	23,7± 14,2		10,8± 8,7			
25	ERDEK	KIRSAL			6,2± 5,1	9,4± 6,4	74,8± 24,1	

Tablo 4.1: (devam)

26	BANDIRMA	ISINMA	51,8± 24,9		7,3± 13,9	30,1± 14,9		
27	BALIKESİR	ISINMA	47,1± 33,5		7,8± 8,9			
28	ULUDAĞ ÜNİV.	ISINMA		27,8± 14,8	5,4± 3,5	25,9± 12,8	50,8± 24,4	
29	KÜLTÜRPAK	ISINMA			9,2± 8,3	40,7± 16	42,7± 24,1	
30	BEYAZIT CAD.	TRAFİK	78,2± 44,6		13,0± 11,6	69,4± 18,7		1,5± 0,9
31	KESTEL	SANAYİ	70,1± 34,2		26,8± 28,8	31,5± 13,6		
32	İNEGÖL	SANAYİ	77,4± 55,1		21,8± 15,5	31,9± 15,8		
33	BURSA	ISINMA	92,8± 53,3		7,1± 6,4			
34	ALTINOVA	ISINMA		22,6± 10,6	8,5± 7,5	22,3± 14,7	58,1± 21,5	
35	ARMUTLU	KIRSAL	29,6± 15,6	19,2± 8,8	6,4± 4,1	10,7± 6,5	81,6± 26,4	
36	YALOVA	ISINMA	46,7± 29,4		4,6± 3,5			
37	BOZÜYÜK	ISINMA	59,9± 33,4		9,4± 6,4	29,5± 12,7		
38	BİLECİK	ISINMA	45,0± 16,3		8,0±9			
39	SAKARYA MERKEZ	TRAFİK	64,4± 36,6			32,5± 14,8		1,1± 0,7
40	OZANLAR	ISINMA		36,1± 25,7	12,8± 14,2	29,5± 12,3	43,3± 19,6	
41	SAKARYA	ISINMA	72,6± 40,1		14,6± 15,8			
42	GÖLCÜK	ISINMA		22,3± 14,3	12,8± 11,3	33,7± 16,3	51,4± 24,4	
43	YENİKÖY	ISINMA	40,0± 21,6		8,9± 10,7	30,0± 14,9	48,1± 22,1	
44	ALİKAHYA	ISINMA	52,6± 28,6		11,1± 14,3	23,7± 16,7		
45	İZMİT	TRAFİK	63,8± 39,6			53,9± 16,6		1,2± 0,8
46	KÖRFEZ	SANAYİ	51,2± 24,9		18,6± 19,3	41,6± 23,4	46,8± 22,7	
47	KANDIRA	KIRSAL	42,2± 35,8	17,0± 9,8		5,9± 4,6	72,9± 16,9	
48	KOCAELİ	ISINMA	58,2± 32,1		5,2± 5,9			
49	DİLOVASI	ISINMA	71,6± 42,1		19,2± 15,8	34,6± 20,3	36,7± 19,7	0,7± 0,4

Tüm istasyonların çalışma süresindeki hava kalitesi konsantrasyon değerlerinin ortalamasına bakıldığında; en yüksek PM<sub>10</sub> değerinin 92,8 µg/m<sup>3</sup> ile Bursa, en yüksek PM<sub>2.5</sub> µg/m<sup>3</sup> değerinin 59,8 µg/m<sup>3</sup> ile Keşan, en yüksek SO<sub>2</sub> değerinin 26,4 µg/m<sup>3</sup> ile Keşan, en yüksek NO<sub>2</sub> değerinin 82,6 µg/m<sup>3</sup> ile Ümraniye, en yüksek O<sub>3</sub> değerinin 81,6 µg/m<sup>3</sup> ile Armutlu, en yüksek CO değerinin 1,5 µg/m<sup>3</sup> ile Beyazıt Cad. istasyonu olduğu görülmüştür. En düşük konsantrasyon değerlerinin ortalamasına bakıldığında ise en düşük PM<sub>10</sub> değerinin 23,7 µg/m<sup>3</sup> ile Çanakkale, en düşük PM<sub>2.5</sub> değerinin 17 µg/m<sup>3</sup> ile Kandıra, en düşük SO<sub>2</sub> değerinin 3,4 µg/m<sup>3</sup> ile Limanköy, en düşük NO<sub>2</sub> değerinin 3,7 µg/m<sup>3</sup> ile Limanköy, en düşük O<sub>3</sub> değerinin 36,7 µg/m<sup>3</sup> ile Dilovası, en düşük CO değerinin 0,4 µg/m<sup>3</sup> ile Çerkezköy olduğu görülmüştür.

Ortalama değerler 2013-2017 yılları arası değerleri kapsar. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde hedef sınır değer olan 2019 yılı ve sonrası için yıllık sınır değerler ile istasyonların parametre bazında konsantrasyon değerlerini karşılaştırdığımızda PM<sub>10</sub> ölçümü yapılan 38 istasyondan 32'sinin 40 µg/m<sup>3</sup>'ün üzerinde olduğu (%92), SO<sub>2</sub> ölçümü yapılan 42 istasyondan 7'sinin 20 µg/m<sup>3</sup>'ün üzerinde olduğu (%16), NO<sub>2</sub> ölçümü yapılan 39 istasyondan 10'unun 40 µg/m<sup>3</sup>'ün üzerinde olduğu (%25) görülmüştür. Ancak Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiye niteliğinde tanımladığı PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için yıllık ortalama 20 ve 10 µg/m<sup>3</sup>'ün tüm ölçüm noktalarında aşıldığı görülmektedir.

## 4.2 KİRLETİCİLERİN YILLIK KONSANTRASYON DEĞİŞİMLERİ

Mart 2013- Aralık 2017 tarihleri arasında günlük ortalama hava kirletici konsantrasyonları Marmara Bölgesindeki 49 hava kalitesi ölçüm istasyonundan temin edilmiştir. Çalışma süresince alınan dönemdeki yıllık ortalama değişimler incelenmiştir.

### 4.2.1. Partikül Madde

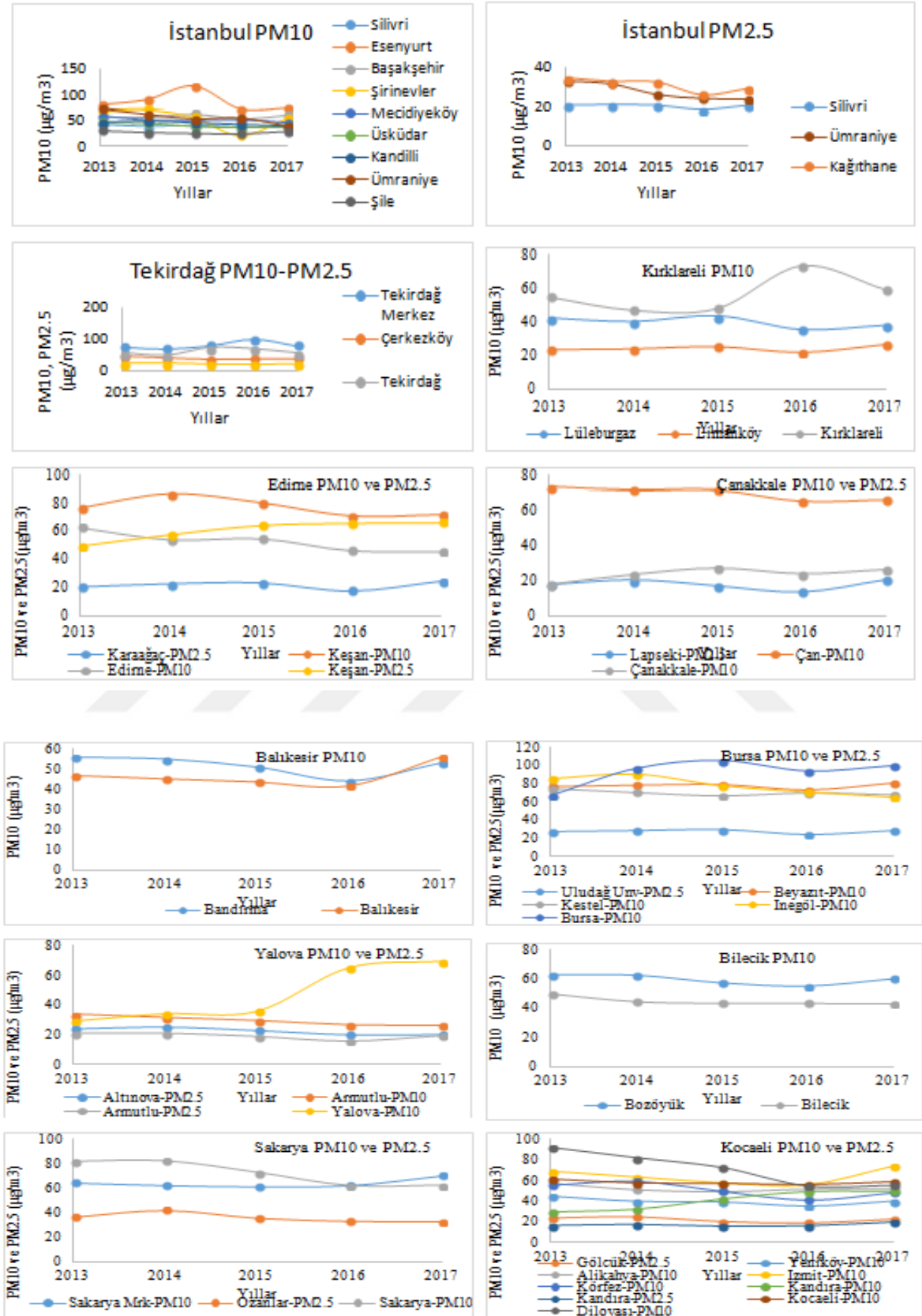
Şekil 4.1'de 2013 ve 2017 yıllarına ait yıllık ortalama PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> değerleri verilmiştir. 38 adet Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda kaydedilen PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalamaları incelendiğinde, yalnızca Armutlu, Çanakkale, Limanköy ve Şile istasyonlarının çalışma süresindeki periyotta her yıl yıllık ortalamasının 2019 hedef sınır değeri olan 40 µg/m<sup>3</sup>'ün altında kaldığı gözlenmiştir. Bu istasyonlardan yalnızca Çanakkale istasyonu ısınma istasyonu olup, diğer 3 istasyon kırsal tipi istasyonlardır. Kırsal istasyonlarda beklendiği gibi sınır değerler aşılmamakta ve yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri yaklaşık 25 µg/m<sup>3</sup> değerlerini almaktadır. Özellikle Armutlu kırsal istasyonunda 2013'den 2017'ye kadar kademeli olarak

yıllık PM<sub>10</sub> konsantrasyon ortalamasının yaklaşık 10 µg/m<sup>3</sup> azalış gösterdiği görülmektedir. Benzer azalış Armutluda PM<sub>2.5</sub> ölçümlerinde de görülmektedir. Yıllık PM<sub>10</sub> konsantrasyonun sınır değerinin üzerinde olduğu kırsal istasyon ise Kandıra istasyonudur. Kandıra kırsal hava kalitesi istasyonunda Armutlu istasyonunun tersi bir durum oluşmuş ve 2013’de yaklaşık 25 µg/m<sup>3</sup> olan değer 2017 yılında kademeli yıllık artışla yaklaşık 45 µg/m<sup>3</sup> ‘e yükselmiştir. Ancak Kandıra’daki PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalaması incelendiğinde sabit bir değişim olduğu ve genel olarak 20 µg/m<sup>3</sup>’ün altında yıllık ortalama kaydedildiği görülmektedir. Armutlu kırsal istasyonunda antropojenik partikül madde kaynakları yıldan yıla azalma trendi gösterirken Kandıra kırsal istasyonunda sadece kaba partiküller için bir artış trendinin olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebi Kandıra bölgesinde son yıllarda özellikle yazın artış gösteren inşaat ve yol yapım çalışmalarısıdır. Şekil 4.2’de Kandıra’da 2017 yılı Mart döneminde başlayıp Ağustos ayında sona eren inşaat faaliyeti etkisi ile oluşan partikül madde günlük ortalama değişimi verilmiştir. Bu dönemde PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> oranının ortalama 0,26±0,16 (Ortanca=0,21) olduğu ve kaba tozların genel partikül madde kütlelerinde etkili olduğu görülmektedir.

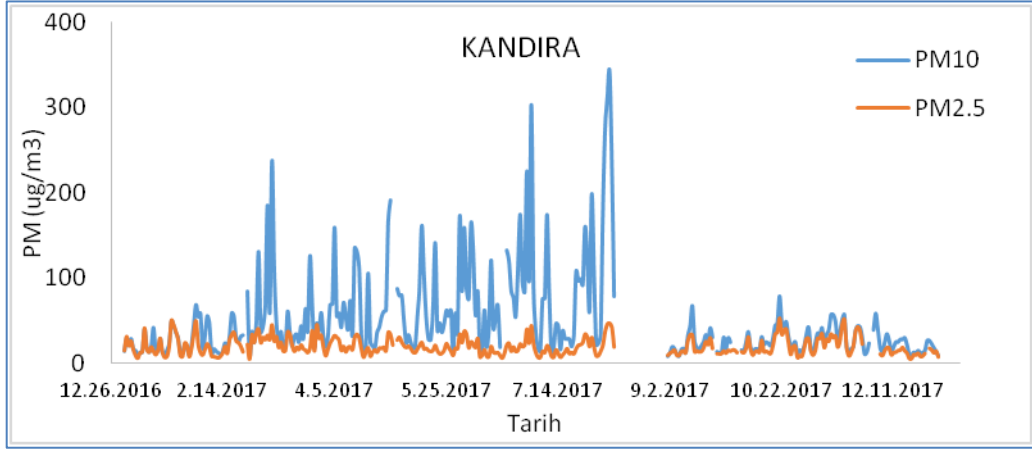
Bunun yanında, PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında Esenyurt, Üsküdar, Ümraniye, Tekirdağ, Keşan, Sakarya istasyonlarında bir önceki yıllara göre azalma görülürken; Balıkesir, Bursa, Yalova, İzmit istasyonlarında bir önceki yıllara göre artış tespit edilmiştir. Yine de diğer istasyonlar gibi, her bir ölçüm yılı ortalama değerleri ortalamasının 2019 hedef sınır değeri olan 40 µg/m<sup>3</sup>’ün üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Ülkemiz, İodosunda etkisiyle yıl boyu güneyinde bulunan Sahra Çölü’nden toz taşımına maruz kalmaktadır. Bu taşınım zaman zaman etkisini daha fazla gösterir. Çalışma süresindeki periyot içerisinde mevcut hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçülen en yüksek toz değerleri 01.02.2015 ve 24.03.2016 tarihlerinde ölçülmüş olup, ortalama değerlerin 20-25 misli değerlere ulaşılması, yıllık ortalamaları da etkilemektedir. Bölüm 4.4’te çöl tozu taşınımı dönemlerine ait veriler detaylı incelenmiştir.

PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının yıllık değişimi incelendiğinde, Keşan istasyonundaki artış trendi hariç tüm istasyonlardaki ortalama değerlerin bir önceki yıllara göre herhangi bir değişiklik göstermeyip stabil bir durum gözlenmiştir. Bununla birlikte Keşan, Ümraniye, Kağıthane, Ozanlar ve Uludağ Üni. İstasyonlarındaki değerlerin diğer istasyonlara göre daha yüksek seyrettiği, bunda antropojenik sebeplerden kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.1: Marmara Bölgesi PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.



**Şekil 4.2:** Kandira hava kalitesi istasyonu inşaat faaliyeti dönemi partikül madde günlük ortalama değişimi

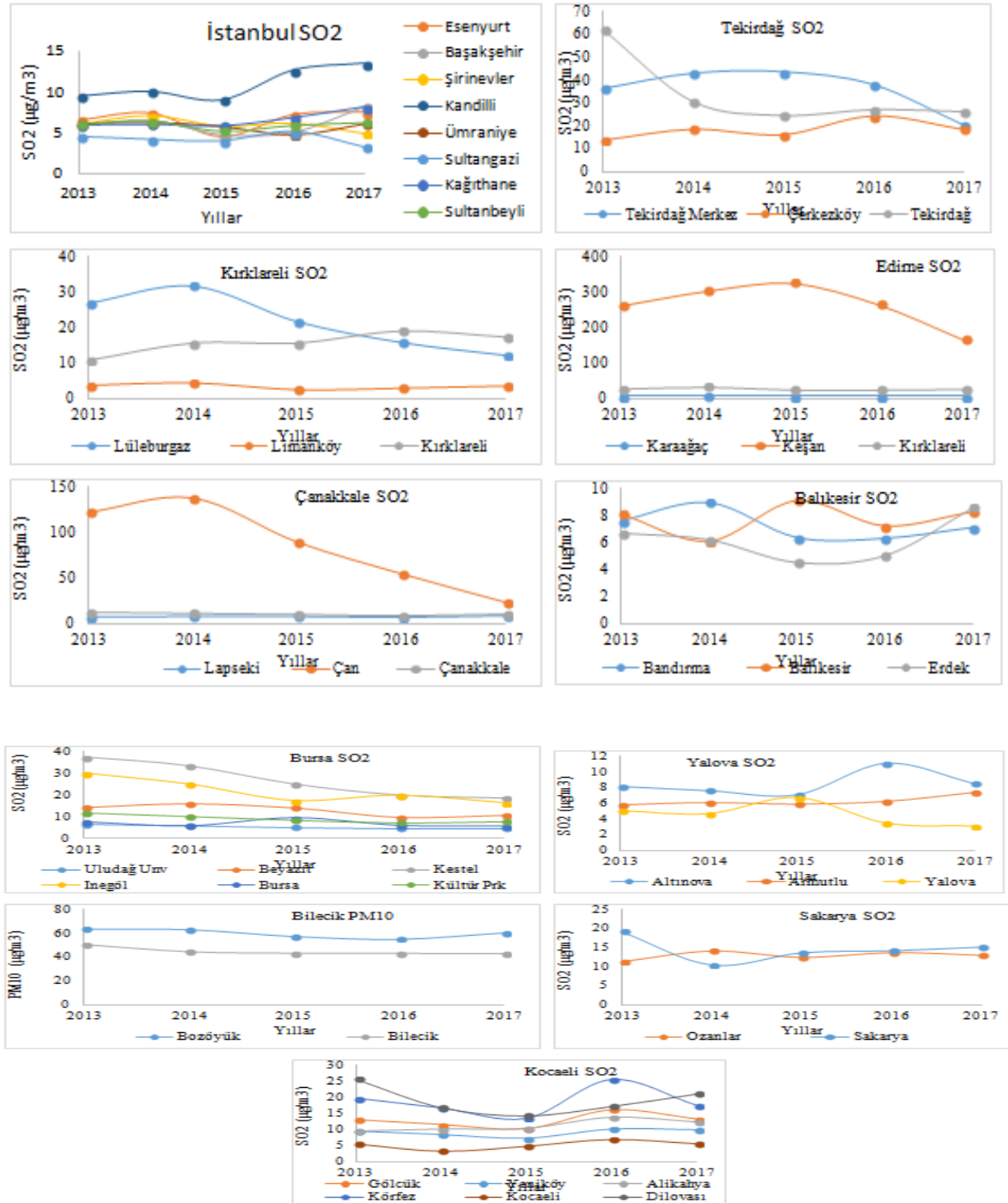
#### 4.2.2. Kükürt Dioksit

Şekil 4.3'te 2013 ve 2017 yıllarına ait yıllık ortalama SO<sub>2</sub> değerleri verilmiştir. 42 adet Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda SO<sub>2</sub> parametresi ölçülmektedir. Tekirdağ Merkez, Tekirdağ, Edirne ve Keşan istasyonlarında yıllık ortalama değerinin 2019 yılı hedef sınır değer olan 20 µg/m<sup>3</sup> değerinin aşıldığı ve yüksek konsantrasyon değerlerinin ölçüldüğü görülmüştür. Özellikle Keşan istasyondaki yıllık ortalamaların 100 µg/m<sup>3</sup>'ün çok üstünde olduğu ve sınır değerinin yaklaşık 15 katına ulaştığı görülmüştür. Lüleburgaz, Çerkezköy Kırklareli, Körfez ve Dilovası istasyonlarında yıl yıl ortalama sınır değerler aşımı görülmüştür. Çan, Kestel ve İnegöl istasyonlarında ise yıllık ortalama değerlerin azalma eğilimi gösterdiği görülmüştür. 2017 yılında son beş yılın en düşük ortalama SO<sub>2</sub> değeri kaydedilmiştir. Bu ölçüm noktaları kentsel alanlar içersindedir ve evsel ısınma ihtiyacında çoğunlukla kömür kullanımının yaygın olduğu bölgelerdir. Son yıllarda SO<sub>2</sub> değerindeki azalma bu bölgede ısınma için doğalgaz kullanımının söz konusu olmasına bağlanabilecektir.

Kırsal hava kalitesi istasyonları olan Limanköy, Karaağaç, Lapseki, Erdek ve Armutlu istasyonlarında yıllık ortalama SO<sub>2</sub> değerleri çoğunlukla 8 µg/m<sup>3</sup> değerinin altındadır ve yıllar arasında önemli bir değişim oluşmamaktadır.

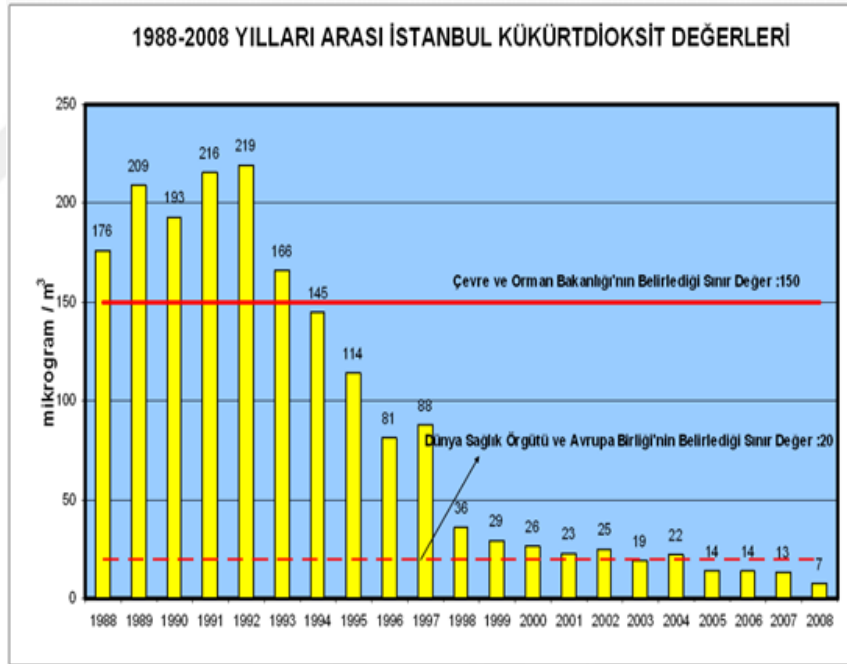
Sanayi istasyonlarından Kestel, İnegöl, Körfez, Lüleburgaz, Çerkezköy istasyonlarında yıllık ortalama SO<sub>2</sub> değerleri çoğunlukla 15 µg/m<sup>3</sup> değerinin üzerinde iken yalnızca Başakşehir istasyonunda bu değer tüm yıllarda 10 µg/m<sup>3</sup> değerinin altında olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.4'te görüleceği gibi, İstanbul'da 1995 öncesinde SO<sub>2</sub> değerleri yıllık ortalama 125 µg/m<sup>3</sup> 'ün üstünde ölçülmekte idi. Ancak 1995 yılı sonrasında doğalgaz kullanımının İstanbul genelinde yaygınlaşması ve günümüzde neredeyse tamamında doğalgaz kullanılması nedeni ile SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ölçüm yapılan hiçbir istasyonda 10 µg/m<sup>3</sup> 'ü aşmamaktadır.

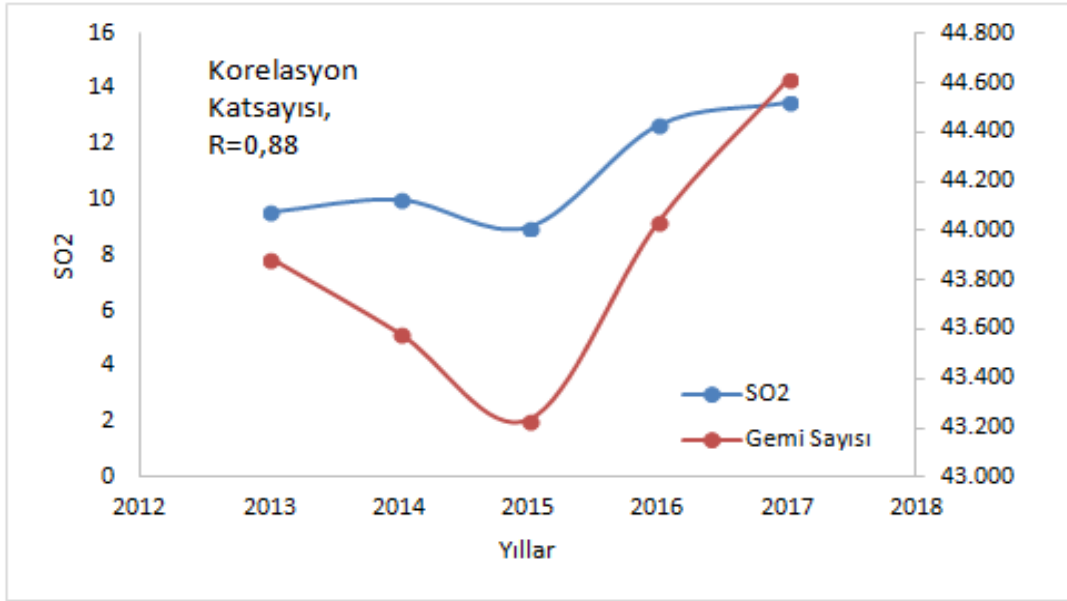


Şekil 4.3: Marmara Bölgesi SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.

Kandilli istasyonunda ortalama yıllık konsantrasyonun 2013-2015 yılları arasında yaklaşık  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seviyesinde olduğu 2016-2017'de ise  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seviyesine yükseldiği görülmektedir. Kandilli hava kalitesi istasyonu İstanbul Boğazı gemi trafiği kaynaklı emisyonların takibi amacı ile kurulmuş bir ölçüm noktasıdır. 2013-2017 yılları arası İstanbul Boğazı'ndan geçen yıllık toplam gemi sayısı Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü'nden alınan resmi rakamlar ile (URL7) Kandilli istasyonu  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu değerleri karşılaştırılmış ve korelasyon katsayısı 0,88 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.5'da 2013-2017 yıllarına ait ortalama  $\text{SO}_2$  ve toplam yıllık boğazdan geçen gemi sayıları gösterilmiştir. Gemi kaynaklı emisyonların Kandilli hava kalitesi istasyonunda en belirgin etkisi  $\text{SO}_2$  değişimi üzerinde görülmektedir. Diğer kirleticilerin yıllık ortalama konsantrasyon değişimi ile toplam gemi sayısı arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir.



Şekil 4.4: İstanbul ilinin 1988-2012 yılları arası  $\text{SO}_2$  değerleri (URL8).



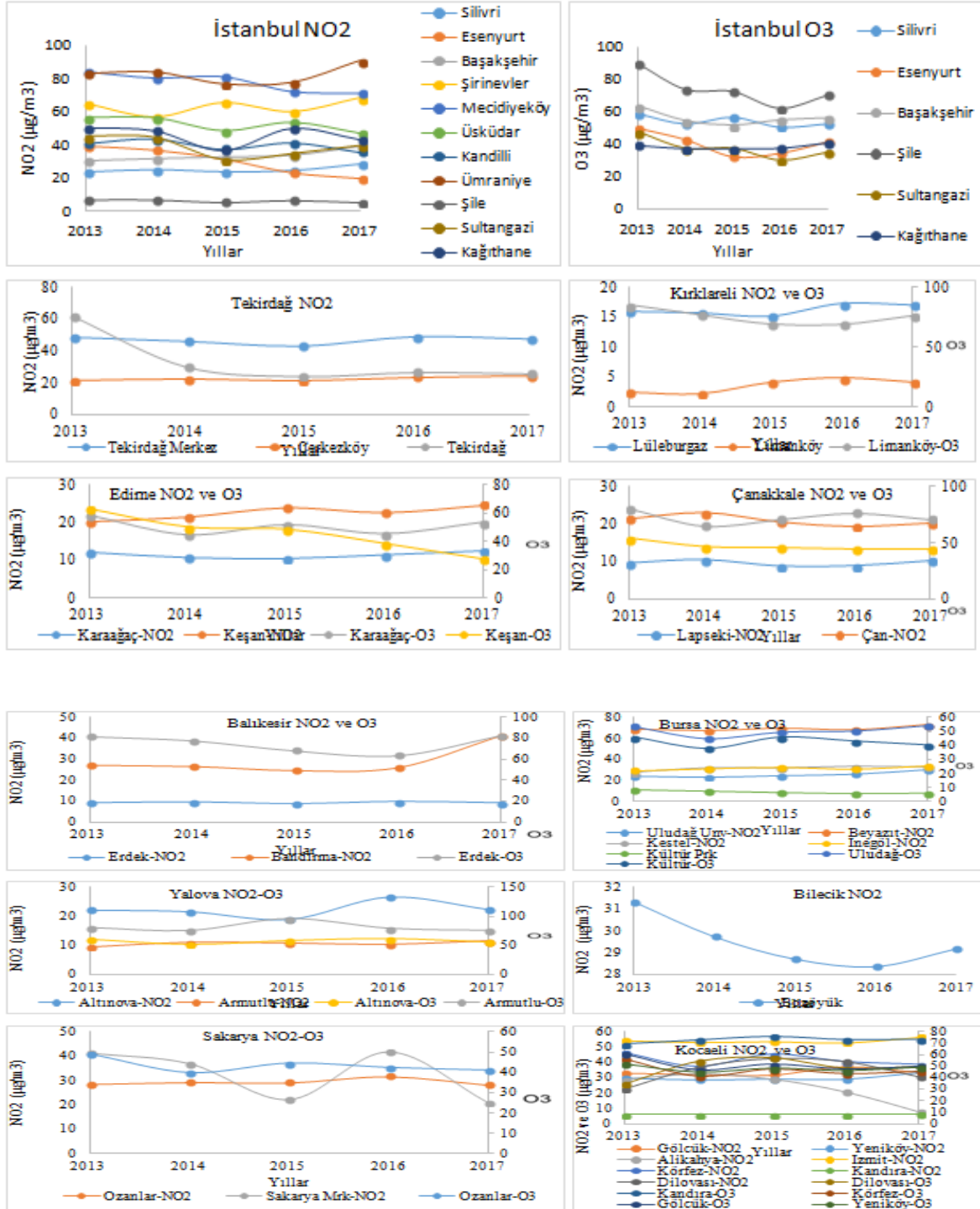
Şekil 4.5: İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayısı ve Kandilli istasyonu SO<sub>2</sub> değerleri arasındaki ilişki.

#### 4.2.3 Azot dioksit ve Ozon

Şekil 4.6'de 2013 ve 2017 yıllarına ait yıllık ortalama NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> değerleri verilmiştir. 39 adet Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> parametresi ölçülmektedir NO<sub>2</sub> için 2019 yılı yıllık ortalama hedef sınır değeri 40 µg/m<sup>3</sup> ve O<sub>3</sub> için ise 2022 yılı uzun vadede hedef sınır değeri 120 µg/m<sup>3</sup>'dür. Bu kapsamda Şirinevler, Kağıthane, Mecidiyeköy, Üsküdar, Ümraniye, Tekirdağ Merkez, Kültürpark, Beyazıt Caddesi, İzmit istasyonlarında yıllık ortalama NO<sub>2</sub>'nin sınır değerinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu istasyonlardan Kağıthane ve Kültürpark ısınma tipi istasyonu iken diğer tüm istasyonlar trafik istasyonlarıdır ve NO<sub>2</sub> trafik kaynaklı kriter bir hava kirletici parametredir. Bunun yanında Sultangazi, Körfez, Bandırma, trafik istasyonlarından Sakarya Merkez ve gemi trafiği istasyonu olan Kandilli istasyonlarında çalışma süresindeki periyotta bazı yıllar sınır değeri aşımı görülmüştür. Esenyurt ve Alikahya istasyonlarında NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yıldan yıla düştüğü görülmüştür.

23 adet Ozon ölçümü yapılan istasyonlarda Keşan istasyonunda yıllık bazda azalma görülmektedir. Bununla birlikte beklenildiği gibi kırsal tipte olan istasyonlardan Şile, Limanköy, Karaağaç, Lapseki, Erdek, Armutlu ve Kandıra istasyonlarındaki NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub>

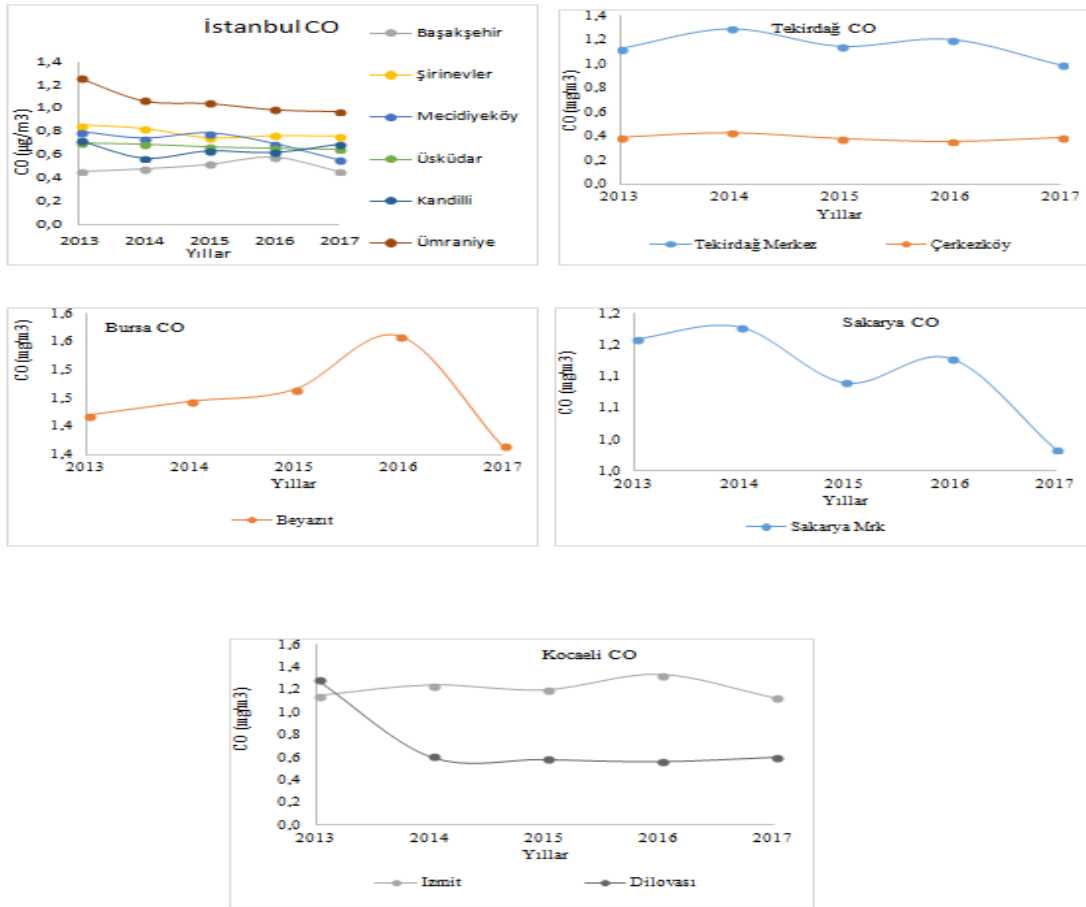
konsantrasyonları arasındaki fark diğer istasyonlara göre fazladır. Hedef sınır değeri aşımı ise gözlenmemiştir.



Şekil 4.6: Marmara Bölgesi NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.

#### 4.2.4 Karbonmonoksit

Şekil 4.7’de 2013 ve 2017 yıllarına ait yıllık ortalama CO değerleri verilmiştir. 12 adet Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda CO parametresi ölçülmektedir. CO için 2019 yılı yıllık ortalama hedef sınır değeri  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’dür. Ölçüm yapılan tüm istasyonlarda yıllık ortalamaların 0,5 ile  $2 \text{ mg}/\text{m}^3$  aralığında değiştiği ve sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür. Ortalaması en yüksek olan Beyazıt Caddesi istasyonu olmakla beraber, son beş yılda genelde tüm ölçüm noktalarında yıllık ortalamalarda yüksek bir değişimin olmadığı söylenebilir. Mecidiyeköy istasyonunda yıllara göre bir azalış olduğu görülmüştür. Mecidiyeköy istasyonu Mecidiyeköy meydanında ve yol kenarı bir istasyondur. Ancak son yıllarda bölgede yapılan değişiklik ile otobüs durakları uzakta bir noktaya taşınmıştır. Bunun etkisi ile son yıllarda CO seviyesinin azaldığı değerlendirilmektedir. Benzeri küçük bir azalma Mecidiyeköy’de  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{NO}_2$  değerlerinde de görülmektedir.



Şekil 4.7: Marmara Bölgesi CO konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi.

### 4.3. KİRLLETİCİ KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

Marmara Bölgesinde 49 adet hava kalitesi ölçüm istasyonunda tüm kirletici parametrelerin çalışma süresindeki mevsimsel (ilkbahar, sonbahar, kış ve yaz) ortalama değerleri hesaplanarak Şekil 4.8’de gösterilmiş ve kış/yaz oranları Tablo 4.2’de verilmiştir. Ayrıca hava kirleticilerinin mevsimsel ortalamalarının farklılık gösterip göstermediği ANOVA istatistiksel çalışması ile belirlenmiştir.

PM<sub>10</sub>’nin Keşan, Çan, Sakarya Merkez, Balıkesir, İnegöl ve İzmit istasyonlarında kış ortalamasının yaz ortalamasına oranı 2 kat ve üzeridir. Yaz ve kış ortalamalarındaki bu farklılık kışın ısınmadan kaynaklı bir kirliliğin olduğunu göstermektedir. Bursa, İnegöl, Keşan, Çan gibi en yüksek PM<sub>10</sub> ölçülen alanlarda PM<sub>10</sub> kış ortalamasının 95-118 µg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Anova testi sonucuna göre ve Şekil 4.8’de de görüleceği gibi bahar dönemlerinde ölçüm noktalarının çoğunda PM<sub>10</sub> açısından anlamlı farklılık oluşmamaktadır (p>0,05). Şile, Armutlu ve Kandıra kırsal tip istasyonlarda kış/yaz ortalama PM<sub>10</sub> oranının 1’in altında kaldığı görülmüştür. Şile’de yapılan PM<sub>10</sub> ölçümlerinde yaz ve kış ortalamaları arasında %95 anlam düzeyine göre istatistiksel bir farklılık oluşmamaktadır. Şile dışındaki tüm ölçüm noktalarında ise kış yaz ortalamalarının farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır. Armutlu ve Kandıra kırsal istasyonları dışındaki tüm ölçüm noktalarında kış ortalaması yazdan yüksektir. Kandıra istasyonundaki yazın kışa oranla PM<sub>10</sub> ortalama değerlerinin yüksek olması Bölüm 4.2.1. de bahsedildiği gibi ve Şekil 4.2’de görüleceği gibi yaz döneminde artan inşaat faaliyetlerine bağlıdır.

PM<sub>2.5</sub> için tüm istasyonlarda ölçülen kış/yaz oranı 1’in üstündedir. Ancak Keşan ve Ozanlar istasyonlarındaki kış/yaz oranının diğer istasyonlara oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Lapseki istasyonundaki oran ise 1 olup Anova Testi sonuçlarına göre ortalama değerlerin yaz ve kış mevsimi için aynı olduğu görülmektedir (p>0,05). Armutlu’da ise kış değerleri yazdan sadece 1,1 kat fazladır ve yazın ortalama 17 µg/m<sup>3</sup> diğer mevsimlerin hepsinde benzer ve ortalama 19 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2.5</sub> kaydedilmiştir. Lapseki ve Armutlu’da PM<sub>2.5</sub> oluşturan kaynakların mevsimsel farklılık göstermediği söylenebilir.

SO<sub>2</sub>’nin Tekirdağ Merkez, Tekirdağ, Çerkezköy, Lüleburgaz, Kırklareli, Keşan, Çan, Edirne, Bandırma, Bilecik, Ozanlar, Sakarya ve Dilovası istasyonlarındaki oranın daha fazla olduğu görülmüştür. Bu oran özellikle kömür kullanımına bağlı ısınma kaynaklı kirliliğin bu

istasyonların civarında diğerlerine oranla daha fazla olduğunu göstermektedir. Keşan'da bu oran 106,1'e ulaşmıştır ve kışın ortalama SO<sub>2</sub> değeri 573 µg/m<sup>3</sup> yazın ise 5 µg/m<sup>3</sup>'dür (Şekil 4.9). İlkbahar ve Sonbaharda ise Keşan'da ortalama 240 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> değeri ısınma için yakıt kullanımının devam etmesi etkisi ile görülmektedir ve bahar dönemleri arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Keşan'da 2018 yılı itibarı ile doğalgaza geçiş süreci başlatılmıştır. Isınma için neredeyse Keşan'ın tamamında kömür kullanılmaktadır.

Yalnızca PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> parametrelerinin bulunduğu İl merkezlerindeki (İstanbul İli Hariç) ısınma tipi istasyonları ele alındığında (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Yalova, Bilecik, Sakarya ve Kocaeli) Çanakkale ilinin bu parametreler için kış ve yaz ortalamalarının birbirine en yakın olan istasyon olduğu görülmüştür. Tablo 4.1'de verildiği üzere Çanakkale istasyonu endüyük PM<sub>10</sub> konsantrasyonuna sahip istasyondur.

NO<sub>2</sub>'nin en yüksek kış değerlerinin 4 trafik istasyonunda (Beyazıt cd, Şirinevler, Ümraniye, Mecidiyeköy) gözlemlendiği görülmektedir. Beyazıt Cd ve Şirinevler'de ısınma kaynaklı kirlenme etkisi ile kış değerleri yazdan yüksektir. Ancak Ümraniye, Mecidiyeköy, Trakya Merkez, Sakarya Merkez gibi trafik istasyonlarında ısınma kaynaklı NO<sub>2</sub> varlığı görülmemekte ve kış/yaz oranı 1 ve 1'in altındadır. NO<sub>2</sub>'nin kış/yaz oranının Keşan istasyonunda en fazla olduğu görülmüştür.

CO için bu oranın İzmit ve Sakarya Merkez istasyonlarında en fazla, Ümraniye istasyonunda ise en az seviyede olduğu tespit edilmiştir. CO ölçümleri çoğunlukla trafik istasyonlarında yapılmaktadır. Ancak kış/yaz oranlarının yüksek olması trafik yanında kentsel alanlarda ısınma için veya sanayi enerji ihtiyacı için fosil yakıt kullanımına bağlı olarak kış değerlerinde yaza kıyasla artış oluşabilmektedir.

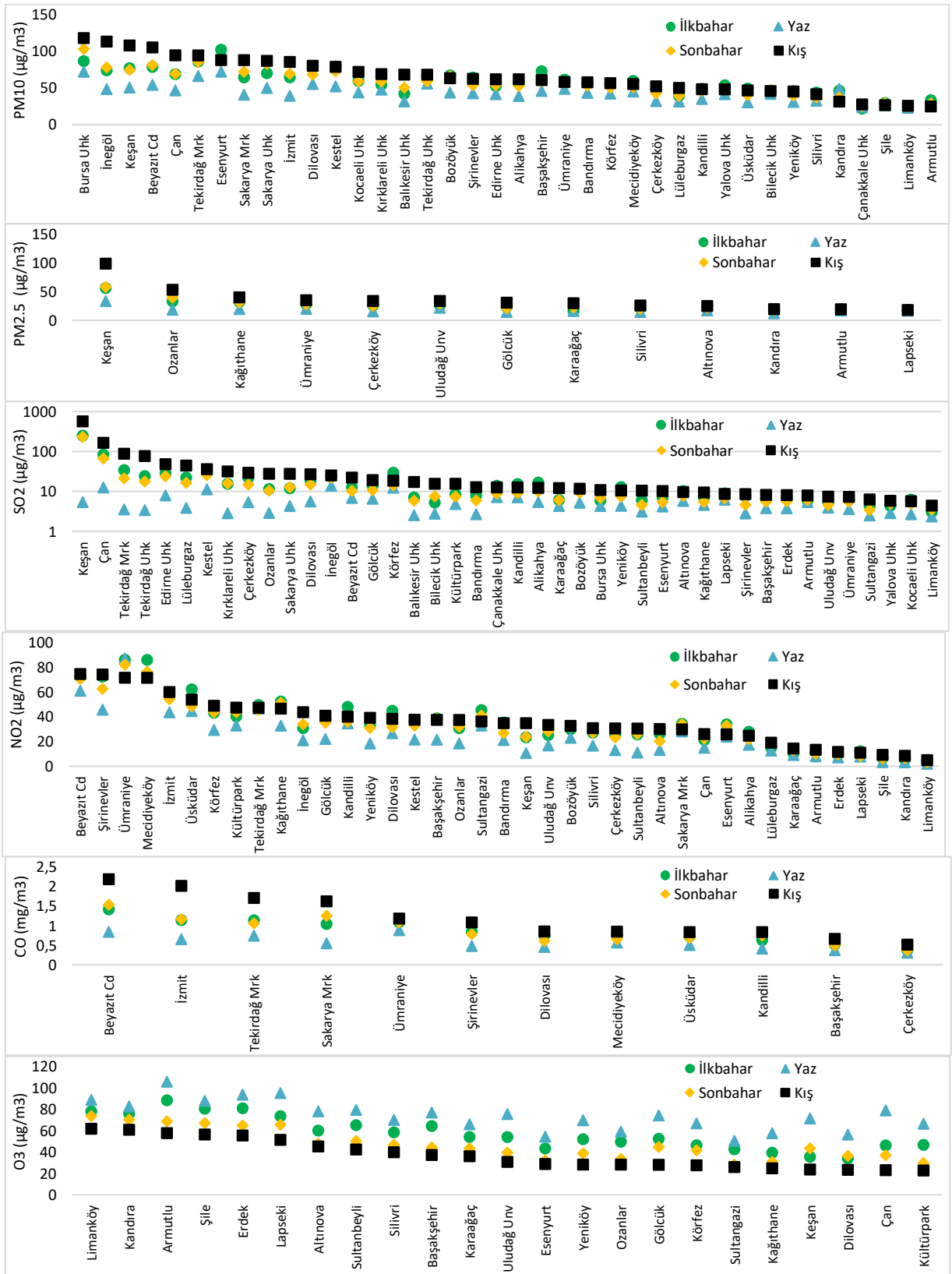
O<sub>3</sub>'ü ele alındığında tüm istasyonlar için beklenildiği gibi kış/yaz oranının 1'in altında kaldığı yani kış ortalamalarının yazdan daha az olduğu görülmüştür. Güneş ışınları etkisi altında Ozon oluşumu mümkündür. Doğal olarak yaz değerleri kıştan çok daha yüksektir.

Tablo 4.2'de verilen oranlardan sarı boyalı kutu içinde olanlar Anova testi sonuçlarına göre mevsimsel farklılığın bulunmadığı ölçümleri göstermektedir. Bu durum bize bu istasyonlardaki bu parametrelerin herhangi bir mevsimsel değişiklikten etkilenmediğini göstermektedir. Bunlar PM<sub>10</sub> için Şile, PM<sub>2,5</sub> için Lapseki ve NO<sub>2</sub> için Esenyurt, Tekirdağ Merkez ve Sakarya Merkez istasyonlarıdır.

Trafik istasyonları içerisinde Tekirdağ Merkez istasyonun kış ve yaz ayları için NO<sub>2</sub> oranının 1 olmasına rağmen SO<sub>2</sub> oranının 25 olması ısınma kaynaklı hava kirliliğinden etkilendiğini göstermektedir. Bu durum kendisine çok yakın olan Tekirdağ istasyonunun SO<sub>2</sub> oranının fazla olması ile de görülebilir. Yine Sakarya Merkez istasyonunda NO<sub>2</sub> oranının 1 olmasına rağmen toz oranının 2 kat fazla olması, kendisine yakın olan istasyonlardan Ozanlar ve Sakarya istasyonlarındaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> oranlarının da fazla olduğu dikkat edildiğinde bu trafik istasyonunun ısınma ve kentsel faaliyetler sonucu oluşan kirlilikten de etkilendiği görülmüştür.

Sanayi istasyonları içerisinde Çerkezköy ve Lüleburgaz istasyonlarının diğer sanayi tip istasyonlarına oranla kışın yazaya göre PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ortalamalarının arttığı görülmüştür. Yine bu durum bu sanayi istasyonlarının ısınma ve kentsel faaliyetler sonucu oluşan kirlilikten de etkilendiği söylenebilir.

Kırsal istasyonlar içerisinde ise Karaağaç istasyonunun SO<sub>2</sub> kış/yaz oranının diğer istasyonlar arasında en fazla olduğu tespit edilmiştir. Yakınında bulunan ısınma tipli Edirne istasyonundaki bu oranının yüksek olması bu kırsal tip istasyonunun ısınmadan kaynaklı hava kirliliğine maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4.8: Marmara Bölgesindeki hava kirleticilerinin 2013-2017 yılları arası mevsimsel ortalaması.

Tablo 4.2: Marmara Bölgesi hava kirleticilerinin kış/yaz ortalama oranları.

		KIŞ/YAZ					
İSTASYON		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
SİLİVRİ	ISINMA	1,2	1,7		1,8		0,5
ESENYURT	ISINMA	1,2		2,4	1,0		0,5
BAŞAKŞEHİR	SANAYİ	1,3		2,1	1,7	2,0	0,4
SULTANGAZİ	ISINMA			2,5	1,1		0,5
ŞİRİNEVLER	TRAFİK	1,4		3,0	1,6	2,5	
KAĞITHANE	ISINMA		2,0	2,0	1,4		0,4
MECİDİYEKÖY	TRAFİK	1,2			0,9	1,6	
ÜSKÜDAR	TRAFİK	1,5			1,2	1,6	
KANDİLLİ	GEMİ TRAFİĞİ	1,3		1,7	1,1	2,0	
ÜMRANİYE	TRAFİK	1,1	1,7	2,0	0,8	1,3	
SULTANBEYLİ	ISINMA			3,3	2,7		0,5
ŞİLE	KIRSAL	0,9			2,8		0,6
TEKİRDAĞ MERKEZ	TRAFİK	1,4		25	1,0	2,4	
ÇERKEZKÖY	SANAYİ	1,6	2,0	5,4	2,3	1,6	
TEKİRDAĞ	ISINMA	1,2		22,8			
LÜLEBURGAZ	SANAYİ	1,5		11,4	1,5		
LİMANKÖY	KIRSAL	1,1		1,9	2,5		0,6
KIRKLARELİ	ISINMA	1,4		11,4			
KARAAĞAÇ	KIRSAL		1,8	2,8	1,5		0,5
KEŞAN	ISINMA	2,0	2,9	106,1	3,3		0,3
EDİRNE	ISINMA	1,4		6,0			
LAPSEKİ	KIRSAL		1,0	1,4	1,4		0,5
ÇAN	ISINMA	2,0		13,1	1,7		0,2
ÇANAKKALE	ISINMA	1,1		1,7			
ERDEK	KIRSAL			2,1	1,6		0,5
BANDIRMA	ISINMA	1,3		4,7	1,6		
BALIKESİR	ISINMA	2,1		6,9			
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ	ISINMA		1,5	1,8	1,9		0,4
KÜLTÜRPAK	ISINMA			3,2	1,4		0,3
BEYAZIT CADDESİ	TRAFİK	1,9		3,2	1,2	2,6	
KESTEL	SANAYİ	1,5		3,2	1,7		
İNEGÖL	SANAYİ	2,3		1,8	2,0		
BURSA	ISINMA	1,6		2,5			
ALTINOVA	ISINMA		1,4	1,6	2,3		0,5
ARMUTLU	KIRSAL	0,8	1,1	1,4	1,6		0,5
YALOVA	ISINMA	1,1		2,1			
BOZÜYÜK	ISINMA	1,4		2,0	1,4		
BİLECİK	ISINMA	1,0		5,6			
SAKARYA MERKEZ	TRAFİK	2,1			1,0	3,2	

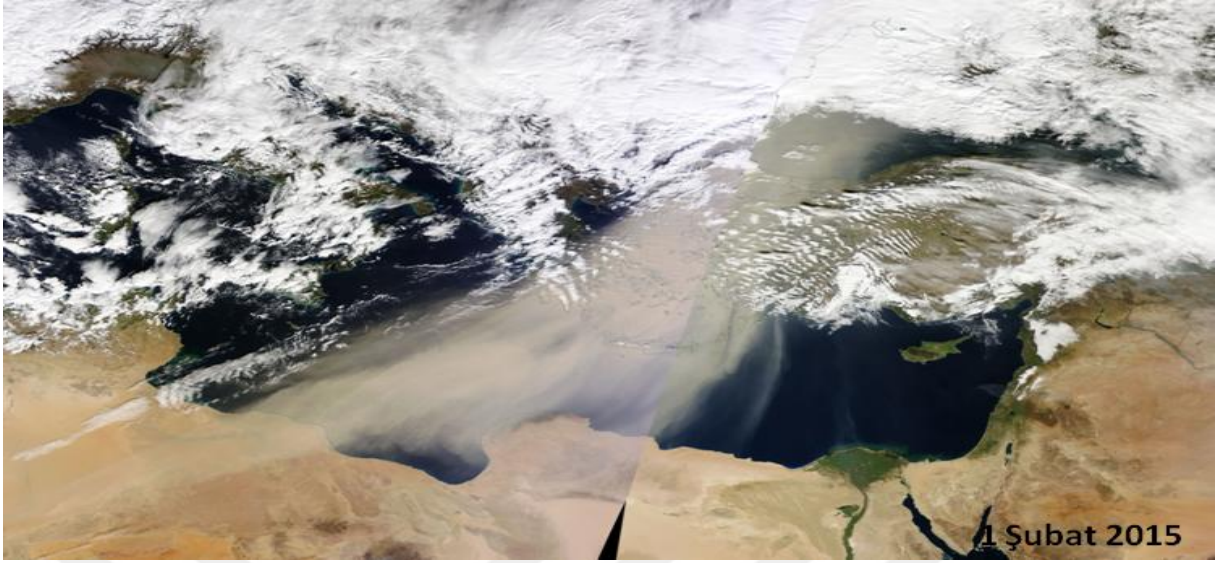
Tablo 4.2: (devam)

<b>ÖZANLAR</b>	<b>ISINMA</b>		2,8	9,6	2,0		0,4
<b>SAKARYA</b>	<b>ISINMA</b>	1,7		6,4			
<b>GÖLCÜK</b>	<b>ISINMA</b>		2,0	2,9	1,8		0,3
<b>YENİKÖY</b>	<b>ISINMA</b>	1,4		2,4	2,1		0,4
<b>ALİKAHYA</b>	<b>ISINMA</b>	1,5		2,2	1,4		
<b>İZMİT</b>	<b>TRAFİK</b>	2,1			1,3	3,3	
<b>KÖRFEZ</b>	<b>SANAYİ</b>	1,3		1,4	1,6		0,4
<b>KANDIRA</b>	<b>KIRSAL</b>	0,6	1,5		2,7		0,7
<b>KOCAELİ</b>	<b>ISINMA</b>	1,6		2,1			
<b>DİLOVASI</b>	<b>ISINMA</b>	1,4		4,8	1,4	2,0	0,4

#### 4.4 ÇÖL TOZU TAŞINIMI VE HAVA KALİTESİNE ETKİSİ

Ülkemiz yıl boyu güneybatıdan Sahra ve güneydoğudan Arabistan çöl tozlarına maruz kalmaktadır. Bu çalışmada 2013-2017 dönemlerinde gerçekleşen çöl tozu taşınımı olduğu dönemler araştırılmıştır. Anlık artışların yaşandığı dönemlerde meteoroloji ve uydu görüntülerinden de yararlanılarak çöl tozu taşınımlarına bakıldığında Marmara Bölgesindeki hava kalitesi verilerinin sadece 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016'da Partikül Madde konsantrasyonlarında çok daha önemli bir artış olduğu görülmüştür. Bu tarihlere ait uydu görüntüleri Şekil 4.9 'da verilmiştir.

Agacayak ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada 2004-2010 yılları arasında sahra tozu taşınımı episodları incelenmiş ve modellenmesi yapılmıştır. 21-24 Mart 2008 tarihlerinde Marmara bölgesinde  $PM_{10}$  konsantrasyonlarının günlük ortalama  $180 \mu g/m^3$  değerlerine ulaştığı belirtilmiştir. Literatürde 24 Mart 2016 tarihli toz taşınım dönemine ait Türkiye'deki hava kalitesinin detaylı incelendiği bir çalışma mevcuttur (Baltacı, 2017). Bu çalışmada bu tarihteki toz taşınımının Marmara Bölgesindeki tüm hava kalitesi istasyonlarında  $PM_{10}$  konsantrasyonlarının normal değerlerinin çok üstünde kaydedildiği ancak Karadeniz bölgesindeki hava kalitesi ölçüm istasyonlarının %87'sinde normal değerlerin üzerinde  $PM_{10}$  kaydedildiği görülmüştür. Bunun sebebi ve Marmara bölgesinde daha yüksek pik  $PM_{10}$  ölçülmesinin sebebi olarak meteorolojik koşullar gösterilmiş ve Marmara bölgesindeki kuru atmosferik koşullar ile yere daha yakın inversiyonun gözlenmesi gösterilmiştir.



**Şekil 4.9:** 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşımını uydu görüntüleri (URL9).

Kaydedilen bu tarihlerdeki saatlik ve günlük  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon değerleri, yıl içindeki saatlik ve günlük ortalama değerlerinin saatlik ortalamada yaklaşık 25-30 katına günlük ortalamalarda ise 5-15 katına çıktığı görülmektedir. Gün içinde ulaştığı maksimum değeri belirlemek için 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016'daki saatlik  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  değerleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.

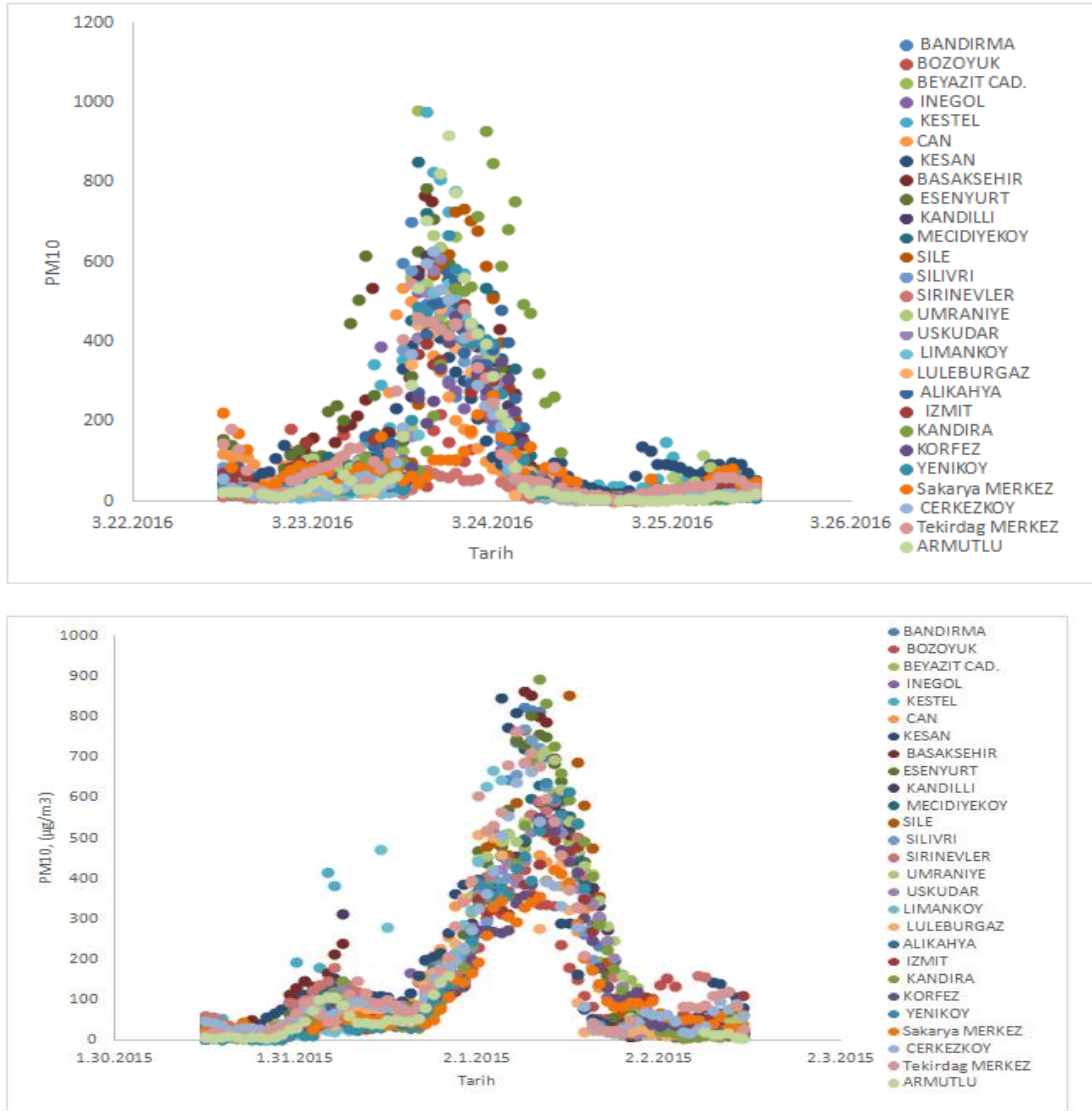
Bu tarihlerdeki saatlik  $PM_{10}$  konsantrasyon değerleri incelendiğinde, 24 Mart 2016 tarihinde Beyazıt Caddesi istasyonundaki değeri  $980,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu değer 02:00' de ölçülmüştür. 1 Şubat 2015 tarihinde Kandıra istasyonundaki değer  $894,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu değer 20:00' de ölçülmüştür.

Bu tarihlerdeki saatlik  $PM_{2,5}$  konsantrasyon değerleri incelendiğinde, 24 Mart 2016 tarihinde Keşan istasyonundaki değeri  $208,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu değer 04:00' te ölçülmüştür. 1 Şubat 2015 tarihinde Lapseki istasyonundaki değer  $327,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu değer 19:00' da ölçülmüştür.

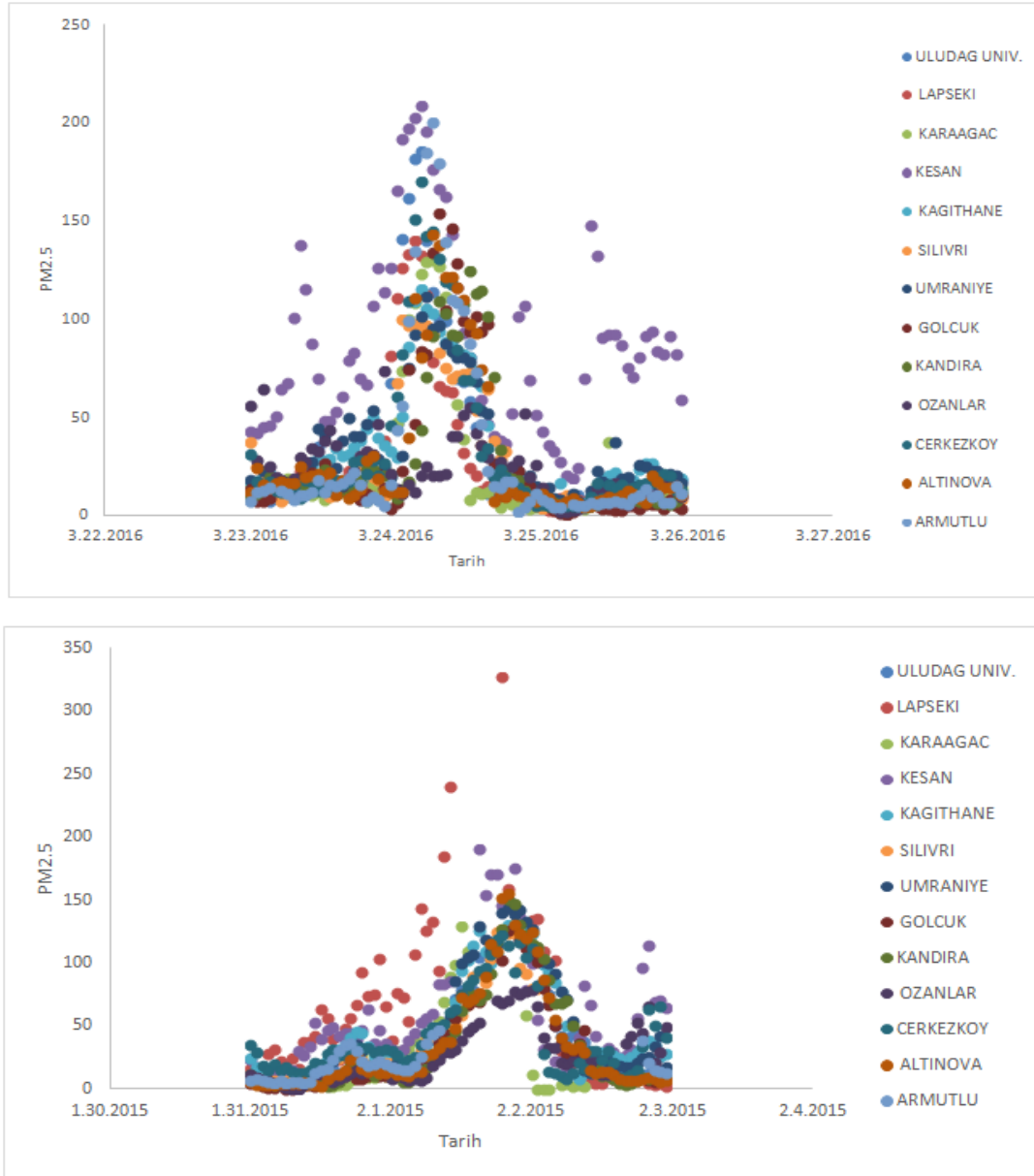
Şekil 4.9'da uydu görüntülerinde çöl tozu taşınımlarının rüzgarın etkisiyle geliş yönüne göre istasyonları konumlarına göre etkilemiştir. Bu kapsamda partikül maddelerin maksimum değerlere ulaşması 2015 yılında önce Lapseki bir saat sonra Kandıra, 2016 yılında önce Beyazıt Caddesi iki saat sonrada Keşan istasyonları olmuştur.

Bu tarihlerdeki günlük  $PM_{10}$  konsantrasyon değerleri incelendiğinde, 1 Şubat 2015 tarihinde ölçülen günlük max. ortalama  $771,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Başakşehir istasyonudur. Bu istasyonun 2015 yılı günlük  $PM_{10}$  konsantrasyonu ortalaması  $63,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'tür. 24 Mart 2016 tarihinde ölçülen günlük max. ortalama  $249 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Mecidiyeköy istasyonudur. Bu istasyonun 2016 yılı günlük  $PM_{10}$  konsantrasyonu ortalaması  $52,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'tür.

Bu tarihlerdeki günlük  $PM_{2,5}$  konsantrasyon değerleri incelendiğinde, 1 Şubat 2015 tarihinde ölçülen günlük max. ortalama  $135,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Lapseki istasyonudur. Bu istasyonun 2015 yılı günlük  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu ortalaması  $16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'tür. 24 Mart 2016 tarihinde ölçülen günlük max. ortalama  $116,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Keşan istasyonudur. Bu istasyonun 2016 yılı günlük  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu ortalaması  $65,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'tür.



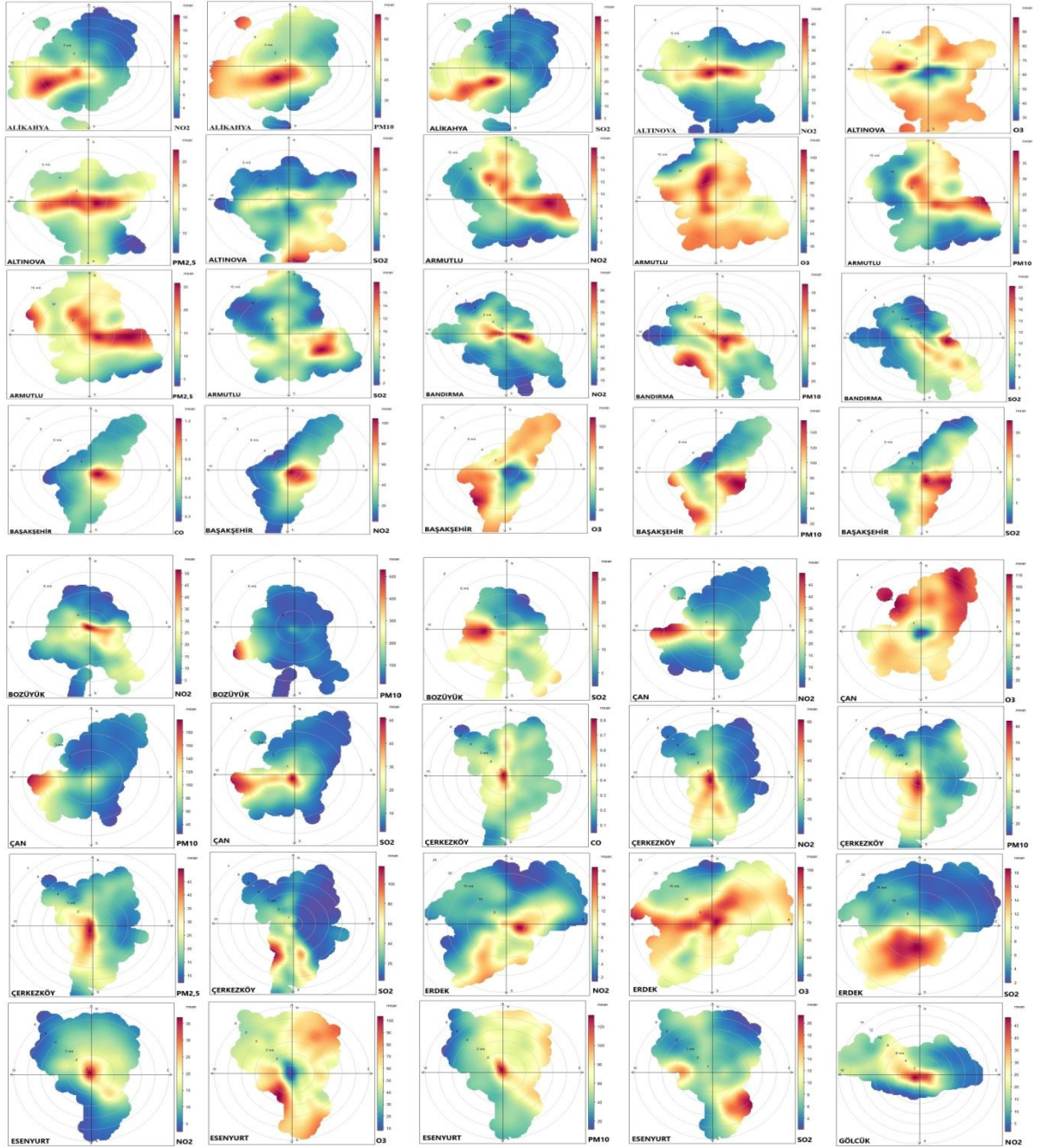
**Şekil 4.10:** 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşınımı dönemlerine ait saatlik ortalama PM<sub>10</sub> değişimi.



**Şekil 4.11:** 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri arasında Marmara Bölgesinin etkileyen toz taşınımı dönemlerine ait saatlik ortalama PM<sub>2.5</sub> değişimi.

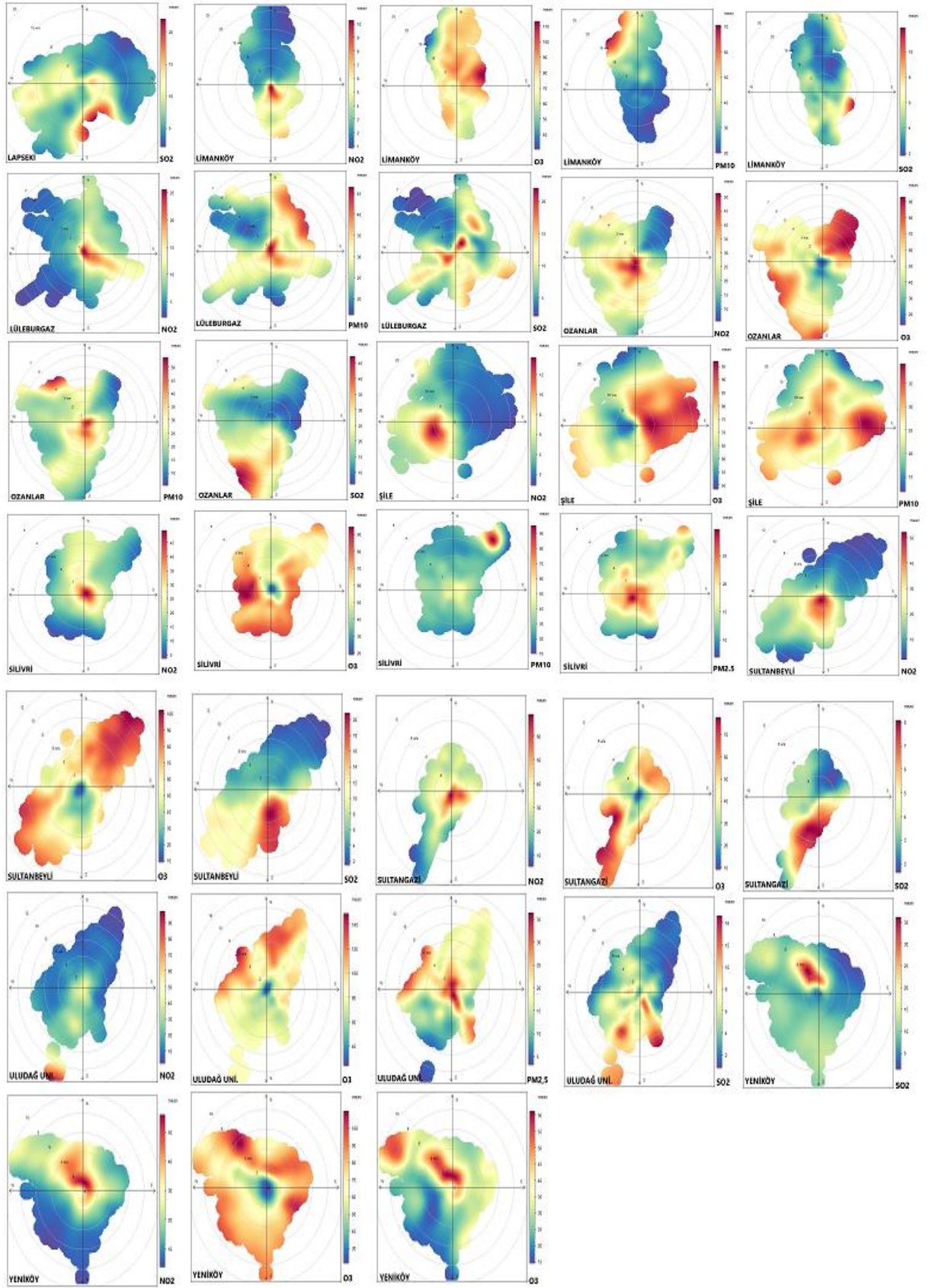
#### 4.5 KİRLETİCİ KONSANTRASYONUNA RÜZGARIN ETKİSİ

Meteorolojik ölçümlerin yer aldığı 30 adet istasyonun yalnızca 2017 yılının saatlik verileri kullanılarak rüzgarın yönü ve hızına göre kirletici konsantrasyon değişimi Polar Plot grafikleri Şekil 4.13'te verilmiştir. İstasyonun konumu ve etrafında bulunan kirletici kaynaklarına göre değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4.12: Rüzgarın etkisine göre istasyonlardaki kirletici konsantrasyon değişimi.





Şekil 4.12: (devam)

Alikahya istasyonunda kirlilik taşınımının güney ve güneybatı yönlerinde yüksek ve düşük rüzgar hızlarında görülmektedir.  $\text{NO}_2$ 'nin bu yönde ve istasyon çevresinde oluştuğu,  $\text{SO}_2$ 'nin istasyonun yakınında bir kaynak olmadığı rüzgar ile taşındığı bunlara ilaveten  $\text{PM}_{10}$ 'nin istasyon çevresinde de oluştuğu, bu yönlerden ve diğer parametrelerden farklı olarak yüksek rüzgar hızında kuzeybatı ve doğu yönünden gelmektedir. Bunların sebebi istasyonun hemen güney ve batı yönlerinden Anadolu otoyolunun geçmesi, güneybatı yönünde büyük bir lastik ve kaplama fabrikasının olması, batı yönünde İzmit, kuzeybatı yönünde ise Alikahya kent merkezlerinin bulunmasıdır.

Altınova istasyonunda  $\text{NO}_2$  ve  $\text{PM}_{2,5}$  kirleticilerinin istasyon konumuna yakın yerlerde ve doğu ve batı yönlerinde düşük rüzgar hızı ile taşındığı,  $\text{SO}_2$  kirleticisinin istasyona güney yönünde yüksek rüzgar hızı ile taşındığı görülmektedir. İstasyonun hemen yakınında doğu-batı yönünde İzmit-Yalova yolu ve bunun güneyinde ise kent merkezinin bulunması bu durumun direk sebebidir. İstasyonun kuzeyinde ise Marmara Denizi ve İzmit körfezi bulunmaktadır ki buralardan herhangi bir kirlilik taşınımı söz konusu değildir.

Armutlu istasyonuna hem istasyon çevresinde hem de doğu ve kuzeyden  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  ve  $\text{PM}_{10}$  taşınımı söz konusudur. Ek olarak yüksek rüzgar hızında kuzeybatı yönünde  $\text{PM}_{2,5}$  taşınımı söz konusudur.  $\text{SO}_2$  için ise istasyon çevresinde oluşmamakla birlikte yüksek rüzgar hızında güneydoğu yönünden bir taşınım vardır. Biraz yüksek bir rakımda ve yerleşim bölgesinden uzakta bulunan Armutlu istasyonun batısında Marmara Denizi bulunmaktadır. Kent merkezinin biraz uzakta ve güneydoğu yönünde bulunması bize  $\text{SO}_2$  kaynağını göstermektedir. İstasyon çevresinde yerleşim az olmasına karşın bölgedeki termal tesisler ve villa yapımı için hafriyat kamyonlarının geçtiği, zeytincilik tarımının yapıldığı ve traktörlerin geçtiği bilinmektedir. Yüksek hızda kuzeybatı yönünden  $\text{PM}_{2,5}$  taşınımı ise bu yönde bulunan İmralı Adası ve İstanbul-Bursa arası feribotlarının geçiş güzergahı olması sebebi ile açıklanabilir.

Bandırma istasyonunda düşük hızlarda doğu ve batı yönlerinde  $\text{NO}_2$ , istasyon çevresinde ve doğu, güney, kuzeybatı yönlerinden düşük hızda rüzgar ve düşük hızdaki rüzgar ile güneybatı yönünden taşınan  $\text{PM}_{10}$ , doğu yönünden de düşük hızdaki rüzgar ile  $\text{SO}_2$  taşınımı olduğu görülmüştür. Bandırma istasyonu tam şehir merkezinde bulunmaktadır ve özellikle batı yönünde işlek bir trafiğe sahip cadde bulunmaktadır. İstasyonun çevresi park, pazar yeri, evler ve Belediye binasının bulunması sebebi ile oldukça işlek bir yerdir. Ayrıca istasyonun hemen

yakınında güneyi ile doğusundan geçen bir demiryolu hattı bulunur. Bu durum bize PM<sub>10</sub> kaynaklarını göstermektedir. Ayrıca ısınma amaçlı fosil yakıt kullanan yapıların kentin ve batı kısmında bulunduğu SO<sub>2</sub> taşınımından kolaylıkla anlaşılabilir.

Başakşehir istasyonunda, istasyon çevresinde ve güneydoğu yönünde CO ve NO<sub>2</sub> kaynağı görülmekte, SO<sub>2</sub>'nin doğu ve güneydoğudan düşük hızdaki rüzgar ile taşındığı yine aynı taşınım ile ve yüksek hızdaki rüzgar ile güneybatı yönünden PM<sub>10</sub> taşındığı görülmektedir. İstasyonun hemen çevresi ve batılı yönlerinde işlek bir bulvar ve araçların dur-kalk yaptıkları benzin istasyonu bulunmaktadır. Bunun yanında istasyonun biraz uzağında doğu ve güneydoğu yönlerinde İkitelli OSB ve çeşitli sanayi siteleri bulunmakta burada döküm ve kaplama işlemleri yapan birçok tesis bulunmaktadır. Ayrıca istasyonun güneybatı yönünde Atatürk Olimpiyat Stadının arkasında kalabalık bir yerleşim bulunmaktadır. Bu durum da bize SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> kaynaklarını açıklamaktadır.

Bozüyük istasyonu çevresinde ve yakın konumdaki güneyinde NO<sub>2</sub> oluşumu, düşük rüzgar hızı ile batı yönünden, yüksek hızlı rüzgar ile de güneybatı yönünden PM<sub>10</sub> taşınımı gözlenmektedir. Kent merkezinde bulunan bu istasyona baktığımızda etrafında bir sanayi tesisinin bulunmadığı, seyrek ve çok işlek caddelere yakın bulunduğu, yerleşimin ise istasyona yakın olarak ağırlıklı batı yönünde bulunduğu, uzağında kalmakla birlikte güney ve güneybatı yönünde Bursa-Eskişehir otobanının bulunduğu ve yine bu yönde yolun güneyinde istasyonun ise güneybatı yönünde yerleşimin olduğu görülür. Bu durum ise kirleticilerin bu yönden geldiğini açıklar.

Çan istasyonunda SO<sub>2</sub>'nin istasyon çevresinde oluşmasının yanında SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve NO<sub>2</sub>'nin hem yüksek hem de düşük rüzgar hızında dahi tam doğu yönünden taşınımı söz konusudur. Kent merkezinde bulunan istasyonun doğusunda yönlerinde seramik fabrikaları bulunmaktadır.

Çerkezköy istasyonunda CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonlarının istasyon çevresinde kaynaklarının olmasının yanı sıra; NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> kirleticilerinin güney yönünden düşük rüzgar hızı ile taşındığı, CO için bir taşınım olmadığı, SO<sub>2</sub> için ise istasyon çevresinden kaynaklanmadığı ama düşük hızdaki rüzgar ile güney yönünden taşındığı görülmektedir. Sanayi ve yerleşime yakın olan, trafiğe açık bir caddenin yanında bulunan istasyonun hemen güneyinde Organize Sanayinin olması tüm kirliliğin bu yönden gelmesine sebep olmaktadır.

Hemen kuzeyinde bulunan Kapaklı ilçesinden ise herhangi bir kirlilik taşınımı söz konusu değildir.

Erdek istasyonunda doğu yönünde yakın bir noktadan kaynaklı  $\text{NO}_2$  oluştuğu, güney yönünden ise düşük rüzgar hızı ile  $\text{SO}_2$  taşımının olduğu görülmektedir. Kapıdağ Yarımadası'nın uç bir noktasında bulunan istasyonun kuzeyinde Marmara Denizi bulunmaktadır ve herhangi bir kirlilik taşınımı oluşmamaktadır. Bunun yanı sıra istasyona yakın birçok noktada geçimini balıkçılıkla sağlayan köyler bulunmaktadır. İstasyonun hemen doğu kısmında balıkçı tekneleri için küçük bir liman ve güneyli yönlerinde yerleşim bulunan birkaç köy ve yine bu tekneler için limanlar bulunmaktadır. Kirlilik taşınımının bu yönlerden geldiği açıkça görülmektedir.

Esenyurt istasyonunda  $\text{NO}_2$ 'nin istasyon civarında bir oluşumunun olduğu, taşınmadığı  $\text{PM}_{10}$ 'nin yine istasyon çevresinde bir kaynaktan oluştuğu ve kuzeydoğu yönünde düşük konsantrasyonlarda rüzgar ile taşındığı,  $\text{SO}_2$ 'nin ise sadece yüksek rüzgar hızı ile güneydoğu yönünden taşındığı görülmüştür. Kent merkezinde bulunan istasyonun çevresinde inşaat faaliyetleri devam etmektedir.

Gölcük istasyonunda  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  ve  $\text{SO}_2$ 'nin hem istasyon çevresinde oluşumu hem de  $\text{SO}_2$ 'nin düşük rüzgar hızlarında güneyden, özellikle  $\text{PM}_{2,5}$  olmak üzere  $\text{NO}_2$ 'nin de yüksek hızlı rüzgarlar ile kuzeybatı yönünden taşındığı görülmüştür. Kent merkezinin güneyde bulunması  $\text{SO}_2$ 'nin kuzeydoğu yönünde istasyon ile arasında mesafe olarak körfez bulunmasına rağmen rafineri tesisinin bulunması diğer kirliticilerin kaynağını açıklamaktadır. Özellikle yanma kaynaklı olan  $\text{PM}_{2,5}$  konsantrasyon değerlerini etkilediği açıktır.

İnegöl istasyonunda istasyon çevresinde  $\text{NO}_2$  oluşumu, düşük rüzgar hızı ile kuzeyden  $\text{SO}_2$  ve kuzeybatıdan yüksek rüzgar hızı ile  $\text{PM}_{10}$  taşınımı görülmektedir. Kent merkezinde trafiğe yakın yerde olan istasyonun kuzeyin de yerleşim yeri bulunmaktadır. Orman ürünleri OSB ise istasyonun kuzeybatı yönünde ve biraz uzağında bulunmaktadır. PM taşınımı buradan gerçekleşmektedir.

Kağıthane istasyonunun çevresinde  $\text{NO}_2$  ve  $\text{PM}_{2,5}$  oluşumları gözlenirken güneybatı yönünden orta dereceli rüzgar hızları ile bir  $\text{SO}_2$  taşınımı belirlenmiştir. Kent merkezinin içinde ve trafiğe oldukça yakın bir noktada bulunan istasyonun çevresinde oluşan kirliliğin sebebi bu

durum iken çevrede herhangi bir SO<sub>2</sub> kaynağının olmadığı, taşınan SO<sub>2</sub>'nin ise konsantrasyonun yüksek olmadığı görülmüştür.

Kandilli istasyonunda tüm kirleticiler için istasyon çevresinde ve güney ve güneybatı yönlerinde düşük rüzgar hızı ile bir kirlilik taşınımı belirlenmiştir. Buna ilaveten düşük ve rüzgar hızı ile batı yönünden SO<sub>2</sub> taşınımı vardır. İstasyon batısı ve kuzeyinde İstanbul Boğazı vardır ve istasyon boğazın hemen kıyısında bulunmaktadır. Yaşanılan gemi trafiği özellikle batıdan taşınan SO<sub>2</sub>'nin sebebi olmada ön plana çıkmaktadır. Bölüm 4.2.2'de Şekil 4.6 'da da belirtildiği gibi SO<sub>2</sub>'nin kandillide gemi trafiğine bağlı olduğu rüzgar yönü ve hızı analizine dayalı polar pilot grafiklerinde de açıkça gözlenmektedir. Güneybatı yönünde ise Kandilli İskelesi ve yerleşim alanı bulunmaktadır.

Kandıra istasyonunda doğu ve güney yönünde düşük ve yüksek hızlı rüzgarlar ile NO<sub>2</sub> taşınımı, düşük hızlı rüzgarlar ile kuzeyden PM<sub>10</sub> taşınımı ve güney yönünde düşük hızlı rüzgarlar ile PM<sub>2,5</sub> taşınımı belirlenmiştir. İstasyonun kuzeyinde bulunan Bağıranlı Limanı ve ona ulaşan istasyonun batı ve güney yönündeki yolların inşaat çalışmaları ve bu arada bu yollardan geçen kamyonlar özellikle 2017 yılı için böyle bir kirlilik taşınımına neden olmuştur. Bu durum Şekil 4.2'de açıkça görülmektedir. İstasyonun güney yönünde bulunan Bağıranlı Köyü ise ısınmaya dayalı antropojenik kökenli olan PM<sub>2,5</sub> kirliliğine neden olmuştur.

Karaağaç istasyonunda istasyon çevresinden kaynaklı NO<sub>2</sub> ve PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonlarının olduğu, taşınma ile gelmediği ve düşük ve orta hızdaki rüzgarlar ile kuzey yönünden SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2,5</sub> taşınımı görülmüştür. Edirne kent merkezi istasyonun kuzeyinde bulunmakla birlikte istasyonun konsantrasyon değerlerini etkilediği belirlenmiştir.

Keşan istasyonunda NO<sub>2</sub>'nin istasyona yalnızca istasyon civarında bir kaynağının bulunduğu, PM<sub>10</sub>'nin istasyon çevresinde kaynağının olması ile birlikte kuzeyden yüksek hızlı rüzgarlar ile güneybatı yönünden orta hızlı rüzgarlar ve doğu ile kuzeydoğu yönünden düşük ve orta hızlı rüzgarlar ile taşındığı, PM<sub>2,5</sub>'un ise PM<sub>10</sub>'a benzerlik gösterdiği fakat istasyon çevresinde oluşmadığı ve taşınan konsantrasyonun daha düşük olduğu, SO<sub>2</sub>'nin ise ağırlıklı olarak istasyon çevresinde olduğu ve kuzeydoğu ve güneybatı yönlerinden orta hızlı rüzgarlar ile taşındığı görülmüştür. Keşan istasyonu tam olarak kent merkezinde bulunur ve özellikle kış aylarında çoğu yönden bir ısınmaya bağlı kirliliğe maruz kalır. İstasyon çevresinde ara yollar

olmasının yanı sıra kentin batısında Edirne-Çanakkale yolu ile kuzeyinde Tekirdağ-İpsala yolu bulunmaktadır ki oldukça işlek olan bu ana yollarda yol çalışmaları da yıl içinde sıklıkla yaşanmıştır.

Kestel istasyonunda istasyon çevresinde ve güneybatı yönünde yüksek konsantrasyonlu ve batı ve kuzeybatı yönlerinden orta konsantrasyonlu taşınım görülürken  $PM_{10}$  için batı ve kuzeybatı yönlerinden daha yüksek konsantrasyonlu bir taşınım söz konusudur.  $SO_2$  ise güneybatı yönünden orta hızdaki rüzgarlar ile taşınmıştır. İstasyonun güneyinde ve batı kısmında oldukça fazla sanayi tesisi bulunmaktadır. Oldukça işlek bir trafiğe sahip olan Bursa-Ankara yolu da istasyonun kuzeybatısında bulunur. Bu durum  $PM_{10}$  ve civardaki yüksek bir taşınımına sahip olan  $NO_2$ 'nin kaynağıdır. Kent merkezi daha çok istasyonun doğu ve kuzeydoğu yönlerinde bulunur. Buradan bir  $SO_2$  taşınımı olmamakla beraber bu kirleticinin de kaynağının sanayi tesisleri yönünden geldiği belirlenmiştir.

Körfez istasyonunda  $NO_2$  ve  $SO_2$  ağırlıklı batı ve kuzeybatı yönünde düşük ve orta yüksek hızlı rüzgarlar ile taşınırken buna ilaveten  $NO_2$ 'nin istasyonun civarında ve düşük hızlı rüzgar ile birlikte kuzeydoğu yönünden taşındığı belirlenmiştir.  $PM_{10}$ 'un ise düşük hızlı rüzgarlar ile kuzeybatıdan ve yüksek hızlı rüzgarlar ile kuzeydoğudan taşındığı belirlenmiştir. İstasyonun hemen batısında bulunan rafineri tesisinin etkisi Gölcük istasyonunda görüldüğü gibi burada da görülmüştür.  $PM_{10}$  kaynakları olarak da istasyonun kuzeydoğusunda bulunan kent merkezi ve İstanbul-İzmit yolu olarak değerlendirilmiştir.

Kültürpark istasyonunda  $NO_2$  yalnız istasyon çevresinden kaynaklı ölçülmüş iken,  $SO_2$ 'nin hem istasyon çevresinde kaynağının bulunduğu hem de düşük ve orta hızdaki rüzgarlar ile güneydoğu yönünden taşındığı belirlenmiştir. Şehir içinde, trafiğe yakın yerde bulunan istasyonun kirletici konsantrasyon değerleri araçlardan ve güneydoğu yönündeki şehirleşmeden etkilenmiştir.

Lapseki istasyonunda düşük hızlı rüzgarlar batı yönünden ve daha düşük konsantrasyonlu doğu ve güney yönlerinden  $NO_2$  taşınımı görülmektedir.  $SO_2$  ve  $PM_{2,5}$  için de batı ve doğu yönlü düşük konsantrasyonlarda bir taşınım söz konusu iken güney ve güneybatı yönlerinden düşük rüzgar hızlarında taşınım görülmüştür. Çanakkale Boğazı'nın Marmara Denizi'ne açıldığı bir noktada bulunan istasyonun kuzey yönünde boğaz bulunur doğu-batı yönü

gidişatlarında gemi geçişleri vardır. Bunun yanı sıra istasyonun güneyinde Bursa-Çanakkale yolu ve güneydoğusunda Adatepe Köyü vardır.

Limanköy istasyonunda yalnızca istasyon çevresinden kaynaklı NO<sub>2</sub> ölçülmüştür. Yüksek hızdaki rüzgarlar ile kuzeybatı yönünden, düşük hızdaki rüzgarlar ile güneydoğu-doğu arasından bir SO<sub>2</sub> taşınımı söz konusudur. Karadeniz kıyısında Bulgaristan sınırına yakın bir bölgede bulunan istasyonun doğusunda ve kuzeyinde deniz bulunmaktadır. PM<sub>10</sub> taşınımının yazın inşa faaliyetleri olabileceği sanılmakla beraber deniz üzerinden taşınan SO<sub>2</sub> 'nin kaynağının gemiler olabileceği değerlendirilmiştir.

Lüleburgaz istasyonunda NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> istasyon çevresinde ölçülmüştür. Bunun yanında PM<sub>10</sub> ve NO<sub>2</sub>'nin güneydoğu yönünden ilaveten PM<sub>10</sub>'nin yüksek ve orta hızdaki rüzgarlar ile kuzey ve kuzeydoğu yönünden taşındığı SO<sub>2</sub>'nin ise düşük hızdaki rüzgarlar ile güneybatıdan ve kuzeybatı hariç her yönden düşük konsantrasyonlu SO<sub>2</sub> taşınımına bağlı kirlilik tespit edilmiştir. İstasyon konumuna göre kuzey, güney ve doğulu yönlerde şehirleşme bulunduğu ve ısınma kaynaklı kirlilik olduğu belirlenmiştir.

Ozanlar istasyonunda istasyon yakınlarında ve düşük hızlı rüzgarlar ile beraber güneydoğu yönünden taşınan NO<sub>2</sub>, istasyon çevresinde ve orta ve yüksek hızlı rüzgarlar ile taşınan PM<sub>10</sub> ve yüksek hızlı rüzgarlar ile güneybatı yönünden taşınan SO<sub>2</sub> ölçülmüştür. Kent merkezinde bulunan istasyonun bahsi geçen yönlerinde araç trafiği bakımından işlek sokaklar ve yerleşim yerleri bulunmaktadır. Kirlilik kaynaklarını da sadece bu durum oluşturmaktadır.

Şile istasyonunda düşük hızdaki rüzgarlar ile doğu, güney ve güneydoğu yönünden NO<sub>2</sub> taşınmaktadır. İstasyona PM<sub>10</sub> taşınımı ise hemen hemen her rüzgar şiddetinde ve yüksek hızdaki kuzey yönünden hariç her yönden taşınım olmaktadır. İstasyonun kuzeyinde Karadeniz bulunmaktadır. NO<sub>2</sub> kaynağı güneyinde bulunan İstanbul-Şile yolu olarak tespit edilmiştir. Doğusunda bulunan Şile kent merkezinden ve istasyonun çevresinde bulunan okullara ve turistik işletmelere dayanan bir PM<sub>10</sub> kaynağı söz konusu olabilir.

Silivri istasyonunda istasyon çevresinde ölçülen ve her yönden düşük rüzgarlar ve kuzeyden tüm rüzgar şiddetlerinde taşınan düşük konsantrasyonlu NO<sub>2</sub> taşınımı tespit edilmiştir. PM<sub>10</sub> yalnızca yüksek hızdaki rüzgarlar ile kuzeydoğu yönünden taşınırken aynı taşınımından daha düşük konsantrasyonda PM<sub>2,5</sub>'ta gelirken istasyon çevresinde de her bir yönde PM<sub>2,5</sub> kaynağı tespit edilmiştir. Kent merkezinde bulunan istasyonun çevresi küçük caddeler ve yerleşim yeri

iken kuzeyinden İstanbul-Tekirdağ yolu geçmektedir. Toz taşınımların olduğu yönde ve uzaklıkta ise katı atık aktarma merkezi bulunduğu ve tali yollarından kamyonların geçtiği bilinmektedir.

Sultanbeyli istasyonunda istasyon çevresinde ve güney yönünde orta ve düşük hızlı rüzgarlar ile istasyona taşınan NO<sub>2</sub> ile güney ve güneydoğu yönünden orta ve düşük hızlı rüzgarlar ile rüzgar hızına bakılmaksızın düşük konsantrasyonlu olarak güneybatı yönünden istasyona taşınan SO<sub>2</sub> kaynakları tespit edilmiştir. Kent merkezinde bulunan istasyonda bu yönde yerleşim ve trafik noktaları bulunmaktadır.

Sultangazi istasyonunda NO<sub>2</sub> yalnızca istasyon çevresinde ölçülmüştür. SO<sub>2</sub> ise tüm güneyli yönlerden düşük ve orta hızlı rüzgarlar ile taşınmaktadır. Kent merkezinde bulunan istasyonun güneyinde yapılaşma ve ısınma kaynaklı kirlilik daha çoktur.

Uludağ Üniversitesi istasyonuna yüksek hızdaki rüzgar ile güneybatı yönünden NO<sub>2</sub> taşındığı belirlenmiştir. İstasyon çevresinde, batı, kuzeybatı ve güneydoğu yönünde PM<sub>2,5</sub> ile güneydoğu ve güneybatı yönlerinden SO<sub>2</sub> taşındığı görülmüştür. Kampüs içerisinde bulunan istasyonun güneybatı yönündeki İzmir-Bursa otobanı NO<sub>2</sub> kaynağı olarak belirlenmiştir. Büyük bir yerleşim alanı olan Görükle mahallesi de istasyonun kuzeybatı yönündedir. Güneydoğu yönündeki SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2,5</sub> kaynağı hakkında tam olarak belirlenememiştir.

Yeniköy istasyonunda kuzeyden ve kuzeybatıdan düşük ve orta yüksekteki hızlar ile birlikte NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> taşınımı olmakla birlikte yüksek hızdaki rüzgarlar ile kuzeybatı yönünden bir PM<sub>10</sub> taşınımı söz konusudur. İstasyonun kuzeyinden İzmit-Yalova yolu geçmekle birlikte kuzeybatısında ise Gölcük kent merkezi bulunmaktadır. İstasyona daha yakın bir konumda ve tüm kirleticilerin geliş yönünde Kocaeli Serbest Bölgesi ve araba fabrikası bulunmaktadır.

Bunun yanında O<sub>3</sub>'ün herhangi bir kaynağı olmadığından tüm istasyonlarda istasyon çevresinde ölçülmeyip rüzgar yönüne ve şiddetine bağımlı olarak taşınım ile gelmektedir. Bu taşınımın yakınlığı ve konsantrasyon değerleri kırsal tip istasyonlarda daha fazla olmakla birlikte NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> taşınım durumları beklendiği üzere birbirine zıt durumda yani NO<sub>2</sub>'nin taşınmadığı veya ölçülmediği noktalarda O<sub>3</sub> taşınımının fazla olduğu belirlenmiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

2013-2017 yılları arası Marmara Bölgesi'ndeki 49 adet hava kalitesi izleme istasyonundaki kirletici parametrelerin verilerinin analiz edildiği bu çalışmada, tüm verilerin parametre bazında ortalamalarına bakıldığında  $PM_{10}$  değerinin  $92,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Bursa, en yüksek  $PM_{2.5}$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  değerinin  $59,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Keşan, en yüksek  $SO_2$  değerinin  $26,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Keşan, en yüksek  $NO_2$  değerinin  $82,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Ümraniye, en yüksek  $O_3$  değerinin  $81,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Armutlu, en yüksek CO değerinin  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Beyazıt Cad. istasyonu olduğu görülmüştür. Bu çalışma süresindeki dilimdeki ortalama değerlerin 2019 yılı hedef sınır değerlerini geçen istasyon sayılarını karşılaştırdığımızda, ölçüm yapılan istasyonlardan  $PM_{10}$  için (%92),  $SO_2$  için (%16) ve  $NO_2$  için (%25) oranlarında hedef sınır değerinin üzerinde bulunan istasyon sayısı oranı görülmüştür.

Hava kalitesi verilerinin çalışma süresindeki süreçte mevsimsel değişimlerinin analizinde partikül madde için Armutlu istasyonunun ölçüm sonuçlarının son yıllara göre azalış trendi gösterdiği, buna karşın Kandıra istasyonunun ölçüm sonuçlarında artış trendi gösterdiği görülmüştür. Bu durum istasyonun yanındaki yazın artan yol çalışması ile açıklanmıştır.  $PM_{10}$  konsantrasyonlarında Esenyurt, Üsküdar, Ümraniye, Tekirdağ, Keşan, Sakarya istasyonlarında bir önceki yıllara göre azalma görülürken; Balıkesir, Bursa, Yalova, İzmit istasyonlarında bir önceki yıllara göre artış tespit edilmiştir.  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarının yıllık değişimi incelendiğinde, tüm istasyonlardaki ortalama değerlerin bir önceki yıllara göre herhangi bir değişiklik göstermeyip stabil bir durum gözlenmiştir.  $SO_2$  için, Tekirdağ Merkez, Tekirdağ, Edirne ve Keşan istasyonlarında yıllık ortalama değerinin 2019 yılı hedef sınır değerinin aşıldığı ve yüksek konsantrasyon değerlerinin ölçüldüğü görülmüştür. Özellikle Keşan istasyondaki yıllık ortalamaların sınır değerinin yaklaşık 15 katına ulaştığı görülmüştür. Çan, Kestel ve İnegöl istasyonlarında ise yıllık ortalama değerlerin azalma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Çan istasyonundaki belirgin azalış ise bölgedeki doğalgazın yaygınlaşması ile açıklanmıştır. Doğalgaz kullanımının İstanbul genelinde yaygınlaşması nedeni ile  $SO_2$  konsantrasyonları ölçüm yapılan hiçbir istasyonda  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'ü aşmamaktadır. Yalnızca İstanbul Boğazı'nın kenarında kurulu Kandilli istasyonunun ölçüm sonuçlarının nispeten yüksekliğinin nedeni, boğazdan geçen gemi sayısı ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Azotoksitler için, Şirinevler, Kağıthane, Mecidiyeköy, Üsküdar, Ümraniye,

Tekirdağ Merkez, Kültürpark, Beyazıt Caddesi, İzmit istasyonlarında daha yüksek yıllık ortalama NO değeri gözlenmiştir. Bu istasyonlardan Kağıthane ve Kültürpark ısınma tipi istasyonu iken diğer tüm istasyonlar trafik istasyonlarıdır. Karbonmonoksit için ise yalnızca Mecidiyeköy istasyonunda son yıllara oranla konsantrasyon değerinde bir azalış görülmüştür.

Kirletici parametrelerin konsantrasyonlarını mevsimsel değişimle beraber analiz edildiğinde PM<sub>10</sub>'nin Keşan, Çan, Sakarya Merkez, Balıkesir, İnegöl ve İzmit istasyonlarında kış ortalamasının yaz ortalamasına oranı 2 kat ve üzeridir. Yaz ve kış ortalamalarındaki bu farklılık kışın ısınmadan kaynaklı bir kirliliğin olduğunu göstermektedir. SO<sub>2</sub>'nin Tekirdağ Merkez, Tekirdağ, Çerkezköy, Lüleburgaz, Kırklareli, Keşan, Çan, Edirne, Bandırma, Bilecik, Ozanlar, Sakarya ve Dilovası istasyonlarındaki oranın daha fazla olduğu görülmüştür. Bu oran özellikle kömür kullanımına bağlı ısınma kaynaklı kirliliğin bu istasyonların civarında diğerlerine oranla daha fazla olduğunu göstermektedir. Keşan'da bu oran 106,1'e ulaşmıştır. Trafik istasyonları içerisinde Tekirdağ Merkez istasyonunun kış ve yaz ayları için NO<sub>2</sub> oranının 1 olmasına rağmen SO<sub>2</sub> oranının 25 olması ısınma kaynaklı hava kirliliğinden etkilendiğini göstermektedir.

Zaman zaman ülkemizi de etkisine alan çöl tozları taşınımının Marmara Bölgesi'ndeki hava kalitesine etkisi incelenmiştir. Bu sebeple çalışma süresindeki ölçüm periyodu döneminde diğerlerinden daha fazla bir taşınım olan 1 Şubat 2015 ve 24 Mart 2016 tarihleri seçilmiş ve hava kalitesi istasyonlarındaki günlük ve saatlik konsantrasyon değişimleri incelenmiştir. Kaydedilen bu tarihlerdeki saatlik ve günlük PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> konsantrasyon değerleri, yıl içindeki saatlik ve günlük ortalama değerlerinin yaklaşık 25-30 katına çıktığı görülmektedir.

Kirletici konsantrasyonlara rüzgarın etkisini incelemek için meteorolojik verilerin olduğu istasyonlar seçilmiş ve bu istasyonların 2017 yılı saatlik ölçüm sonuçları analiz edilmiştir. Bu kapsamda istasyonlara rüzgar hızı ve yönü ile orantılı olarak belirgin düzeyde kirlilik taşınımı gözlenmiş, istasyonların konumları ve çevresindeki kirlilik kaynağı oluşturabilecek etkenler araştırılmıştır. Bu kapsamda söz konusu meteorolojik faktörler ile kirlilik kaynakları beraber düşünüldüğünde, kirletici konsantrasyonlarının etkilendiği hava kalitesi izleme istasyonları Bölüm 4.5'te ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ülkemizdeki en çok nüfusun yaşadığı ve sanayi ile trafik sorunlarının çok olduğu büyük kentleri olan Marmara Bölgesinin ısınma ve trafik kaynaklı hava kirliliğine

maruz kaldığı görülmüştür. Özellikle PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun sınır değerlerinin çok olması bölge için bir sorun oluşturmaktadır ve genel anlamda kademeli olarak azaltım yoluna gidilen hedef sınır değerden çok uzaktadır. Trafiğin yoğun olduğu noktalarda trafik kaynaklı kirleticilerin arttığı görülmüştür.

Hava kirliliği ile mücadele de ve hedef sınır değerlerin ulaşılmasında hava kalitesinin takibi oldukça önemlidir. Bu takibin iyi yapılması, kaynakların belirlenip temiz hava eylem planları oluşturularak, bu planlar mevcut olan en akıllıca yöntemler ile hayata geçirilmeli ve tüm kamu, belediyeler, sivil toplum örgütleri, üniversiteler ve bağımsız kuruluşlar bu amaçla çalışmalı ve halkın da bilgilendirilmesi ve katılımı amaçlanmalıdır.

Isınmada ve sanayi de fosil yakıtların kullanımının yerini tamamen doğalgaz ve yenilenebilir enerjilere bırakmalıdır. Yerleşim yerleri ve yeni endüstri alanları yaratılırken özellikle rüzgar yönü gibi meteorolojik faktörler dikkate alınmalı, rüzgarın akışını kesecek yüksek veya çarpık bir yerleşime izin verilmemelidir. Binalarda ısı yalıtımı yaygınlaştırılmalıdır.

Şehirleşmede ve yol yapımlarında trafiğe yol açmayacak adımlar atılmalı, toplu taşımaya daha fazla önem vermeli ve bisiklet kullanımı teşvik edilerek, bisiklet yolları yapılmalıdır. Araçlarda yakıt cinsi ve taşıtın yaşı gibi faktörler göz önüne alınmalı ve buna göre adımlar atılmalıdır.

Hava kirliliği gibi hem birinci dereceden sağlığımızı, hem yaşam kalitemizi etkileyen hem de gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya bırakmak için önem arz eden bir konuda çalışmak için tüm insanların ve sahip olunan kaynakların ortak çalışmasına ve kullanılmasına ihtiyaç söz konusudur.

## KAYNAKLAR

Ağaçayak, T., Kindap, T., Unal A., Pozzoli, L., Mallet, M., Solmon, F., 2015, A case study for Saharan dust transport over Turkey via RegCM4.1 model, *Atmospheric Research*, 153, 392-403.

Akkoyunlu, A., Ertürk, F., 2002, Evaluation of air pollution trends in Istanbul, *International Journal of Environment and Pollution*, 18, 4.

Alonso-Blanco, E., Gómez-Moreno, F.J., Artíñano, B., Iglesias-Samitier, S., Juncal-Bello, V., Piñero-Iglesias, M., López-Mahía, P., Pérez, N., Brinsec, M., Alastuey, A., García, M.J., Rodríguez, S., Sorribas, M., Del Águila, A., Titos, G., Lyamanif, H., Alados-Arboledas, L., Temporal and spatial variability of atmospheric particle number size distributions across Spain, 2018, *Atmospheric Environment*, 190, 146-160.

Aslan, O., Akyürek, Ö., 2018, Spatial Modelling of Air Pollution from PM10 and SO2 concentrations during Winter Season in Marmara Region: 2013-2014, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5, 1-16.

Baltacı, H., 2017, Spatial and Temporal Variation of the Extreme Saharan Dust Event over Turkey in March 2016, *Atmosphere*, 8, 41.

Büke, T., Köne, A.Ç., 2016, Assessing air quality in Turkey: A proposed, air quality index, *Sustainability*, 8, 73.

Cao, J., Yang, C., Li, J., Chen, R., Chen, B., Gu, D., Kan, H., 2011. Association between long-term exposure to outdoor air pollution and mortality in China: a cohort study. *J. Hazard Mater* 186, 1594-1600.

Chen, X., Zhang, L.W., Huang, J.J., Song, F.J., Zhang, L.P., Qian, Z.M., Trevathan, E., Mao, H.J., Han, B., Vaughn, M., Chen, K.X., Liu, Y.M., Chen, J., Zhao, B.X., Jiang, G.H., Gu, Q., Bai, Z.P., Dong, G.H., Tang, N.J., 2016. Long-term exposure to urban air pollution and lung cancer mortality: a 12-year cohort study in Northern China. *Sci. Total Environ.* 571, 855-861.

Çapraz, Ö., Efe, B., Deniz, A., 2016, Study on the association between air pollution and mortality in İstanbul 2007-2012, *Athmospheric Pollution Research*, 7, 147-154.

Çapraz, Ö., Deniz, A., Doğan, N., 2017, Effects of air pollution respiratory hospital admissions in İstanbul, Turkey, 2013 to 2015, *Chemosphere*, 181, 544-550.

Çetin, M., Onat, A.K., Sevik, H., Şen, B., 2018, Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa, *Air Quality Atmosphere and Health*, 12, 311-316.

Demirci, E., Çuhadaroğlu B., 2000, Statistical analysis of wind circulation and air pollution in urban Trabzon, *Energy and Buildings*, 31, 49-53.

Elbir, T., Müezzinoğlu A., Bayram A., 2000, Evaluation of some air pollution indicators in Turkey, *Environment International*, 26, 5-10.

Erener, A., Sarp, G., Yıldırım, Ö., 2019, Seasonal air pollution investigation and relation analysis of air pollution parameters to meteorological data, *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications*, 355-358.

Forouzanfar, M.H., Afshin, A., Alexander, L.T., Anderson, H.R., Bhutta, Z.A., 2016. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 388, 1659-1724.

Guan, W.-J., Zheng, X.-Y., Chung, K.F., Zhong, N.-S., 2016. Impact of air pollution on the burden of chronic respiratory diseases in China: time for urgent action, *Lancet* 388, 1939-1951.

Gümüş, O., Şahin Ü.A., Onat, B., Özçelik, R., Gedik, E., Solakoğlu, İ., Taş, N., 2015, Marmara Bölgesi Hava Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Analizi, 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.

Hapcıoğlu, B., İşsever, H., Koçyiğit, E., Dişçi, R., Vatansever, S., Özdilli, K., 2006, The effect of air pollution and meteorological parameters on chronic obstructive pulmonary disease at an İstanbul Hospital, *Indoor and Built Environment*, 15, 147-153.

Henschel, S., Le Tertre, A., Atkinson, R.W., Querol X., Pandolfi M., Zeka A., Haluza D., Analitis A., Katsouyanni K., Bouland C., Pascal M., Medina S., Goodman P.G., 2015, Trends of nitrogen oxides in ambient air in nine European cities between 1999 and 2010, *Atmospheric Environment*, 117, 234-241.

Kahya, C., Balcik, F.B., Oztaner, Y.B., Ozcomak, D., Seker, D.Z., 2017, Spatio-Temporal Analysis Of PM<sub>2.5</sub> Over Marmara Region, Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26, 310-317.

Kasparoglu, S., Incecik, S., Topcu, S., 2018, Spatial and temporal variation of O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub> concentrations at rural and urban sites in Marmara Region of Turkey, *Atmospheric Pollution Research*, 9, 1009-1020.

Landrigan, P.J., 2016. Air Pollution and Health. *The Lancet Public Health*.

Müezzinoğlu, A., 2000, *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*, Yapı Kredi Yayınları, ISBN: 9756981369.

Özden, Ö., Döğeroğlu, T., Kara, S., 2008, Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey, *Environment International*, 34, 678-687.

Özdilek, H.G., 2006, An analogy on assessment of urban air pollution in Turkey over the turn of the millennium (1992-2001), *Environmental Monitoring and Assessment*, 122, 203-219.

Song, C., Wu, L., Xie, Y., He, J., Chen, Xi., Wang, T., Lin, Y., Jin, T., Wang, A., Liu, Y., Dai, Q., Liu, B., Wang, Y., Mao, H., 2017, Air pollution in China: Status and spatiotemporal variations, *Environmental Pollution*, 227, 334-347.

Squizzato, S., Masiol, M., Rich D.Q., Hopke, P.K., 2018, *Atmospheric Environment*, 183, 209-224.

Şahin, Ü.A., Scherbekova, K., Onat, B., 2012, Size distribution and seasonal variation of airborne particulate matter in five areas in İstanbul, Turkey, *Environmental Science and Pollution Research*, 4, 1198-1209.

Tayanç, M., 2000, An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over İstanbul, Turkey, *Environmental Pollution*, 107, 61-69.

Tian, Y., Jianga, Y., Liua, Q., Xua, D., Zhaoa, S., Hec, L., Liuc, H., Xud, H., 2019, Temporal and spatial trends in air quality in Beijing, *Landscape and Urban Planning*, 185, 25-43.

Tosun, E., 2017, *Türkiye'nin 2009-2016 Yılları Arasındaki Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü

West, J.J., Cohen, A., Dentener, F., Brunekreef, B., Zhu, T., Armstrong, B., Bell, M.L., Brauer, M., Carmichael, G., Costa, D.L., Dockery, D.W., Kleeman, M., Krzyzanowski, M., Kunzli, N., Liousse, C., Lung, S.C., Martin, R.V., Poschl, U., Pope 3rd, C.A., Roberts, J.M., Russell, A.G., Wiedinmyer, C., 2016. What we breathe impacts our health: improving understanding of the link between air pollution and health. *Environ. Sci. Technol.* 50, 4895-4904.

Yurtseven, E., Vehid, S., Bosat, M., Köksal, S., Yurtseven, C.N., 2018, Assessment of ambient air pollution in Istanbul during 2003-2013, *Iranian Journal of Public Health*, 47, 1137-1144.

Zhang, L.W., Chen, X., Xue, X.D., Sun, M., Han, B., Li, C.P., Ma, J., Yu, H., Sun, Z.R., Zhao, L.J., Zhao, B.X., Liu, Y.M., Chen, J., Wang, P.P., Bai, Z.P., Tang, N.J., 2014a. Long-term exposure to high particulate matter pollution and cardiovascular mortality: a 12-year cohort study in four cities in northern China. *Environ. Int.* 62, 41-47.

Zhou, M., Liu, Y., Wang, L., Kuang, X., Xu, X., Kan, H., 2014. Particulate air pollution and mortality in a cohort of Chinese men. *Environ. Pollution*, 186, 1-6.

(URL1): <https://mthmm.csb.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 23.12.2018]

(URL2): <https://csb.gov.tr>

(URL3): [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) [Ziyaret Tarihi: 09.02.2019]

(URL4): <https://docplayer.biz.tr/24231686-Tekirdag-ili-kis-sezonu-hava-kalitesi-degerlendirme-raporu.html> [Ziyaret Tarihi: 14.04.2019]

(URL5): <http://mthm.havaizleme.gov.tr/secure/index2.htm> [Ziyaret Tarihi: 12.11.2018]

(URL6): <https://cevrekorumu.ibb.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 24.10.2018]

(URL7): [https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi\\_gecis.aspx](https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx) [Ziyaret Tarihi: 10.01.2019]

(URL8): <https://slideplayer.biz.tr/slide/3049561/> [Ziyaret Tarihi: 14.04.2019]

(URL9): [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) [Ziyaret Tarihi: 01.04.2016]

]



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı ONUR GÜMÜŞ  
 Doğum Yeri BURSA  
 Doğum Tarihi 05.09.1987  
 Uyuğu  T.C.  Diğer:  
 Telefon 05056948839  
 E-Posta Adresi gumus\_onur@hotmail.com  
 Web Adresi



### Eğitim Bilgileri

#### Lisans

Üniversite NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
 Fakülte MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
 Bölümü ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
 Mezuniyet Yılı 20.07.2011

#### Yüksek Lisans

Üniversite İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
 Enstitü Adı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
 Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
 Programı Çevre Mühendisliği  
 Mezuniyet Yılı Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.

#### Doktora

Üniversite İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
 Enstitü Adı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
 Anabilim Dalı Anabilim Dalı Adı  
 Programı Program Adı

### Makale ve Bildiriler

Gümüş, O., Şahin Ü.A., Onat, B., Özçelik, R., Gedik, E., Solakoğlu, İ., Taş, N., 2015, Marmara Bölgesi Hava Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Analizi, 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.