



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**İSTANBUL İLİ HAVA KALİTESİNİN
MEKÂNSAL VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

Seda ÖZGÜR OĞURTANI

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL İLİ HAVA KALİTESİNİN
MEKÂNSAL VE MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ
Seda ÖZGÜR OĞURTANI

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: 23/08/2019

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

ÇANAKKALE

Seda ÖZGÜR OĞURTANI tarafından Doç. Dr. Sibel MENTEŞE yönetiminde hazırlanan ve **23/08/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**İstanbul İli Hava Kalitesinin Mekânsal ve Mevsimsel Değişimi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Akın ALTEN

Üye

Doç. Dr. Burcu ONAT

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Seda ÖZGÜR OĞURTANI

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde çalıŐmalarıma yÖn veren, değerli fikirleriyle bu çalışmanın ortaya çıkmasında bÜyÜk emeiği olan, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun anlayıŐını, zamanını ve yardımlarını esirgemeyen, saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Sibel MENTEŞE'ye sonsuz saygı ve teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez hazırlama süresi boyunca bana destek olan ve sabır gösteren sevgili ailem ve eŐime teŐekkürlerimi sunarım.

Seda ÖZGÜR OğURTANI

anakkale, Ağustos 2019



SİMGELER VE KISALTMALAR

CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
PM	Partiküler madde
PM _{2,5}	Çapı 2.5 mikrondan küçük veya ona eşit olan parçacıklar
PM ₁₀	Çapı 10 mikrondan küçük veya ona eşit olan parçacıklar
SO ₂	Kükürt dioksit
NO _x	Azot oksitler
NO	Azot monoksit
NO ₂	Azot dioksit
O ₃	Ozon
µm	Mikrometre
µg/m ³	Mikrogram/metreküp
%	Yüzde oranı
VOC	Uçucu organik bileşikler
AB	Avrupa Birliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı
MTHM	Marmara Temiz Hava Merkezi
Max.	Maksimum
Min.	Minimum

ÖZET

İSTANBUL İLİ HAVA KALİTESİNİN MEKÂNSAL VE MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ

Seda ÖZGÜR OĞURTANI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

23/08/2019, 121

Bu tez çalışmasının amacı 2007 – 2017 yılları arasında, İstanbul ilinin havasındaki Karbon monoksit (CO), Kükürt dioksit (SO₂), Partikül madde (PM_{2,5} ve PM₁₀), Azot oksitler (NO, NO₂ ve NO_x) ile Ozon (O₃) hava kirleticilerinin mekânsal ve mevsimsel değişimlerinin araştırılmasıdır.

İstanbul ilinin hava kalitesine etkisi olabilecek hava kirleticilerine ait veriler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından Anadolu Yakası ve Avrupa Yakası olmak üzere toplam 31 adet istasyonun verileri kullanılarak temin edilmiştir. Belirtilen hava kirleticilerinin aylık ve yıllık ortalamaları, minimum, maksimum seviyeleri ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Hava kirleticilerinin değişimleri istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmiştir (p<0,05). Ayrıca, hava kirletici parametrelerinin kendi aralarında ve mekansal değişimlerini belirlemek için korelasyon tabloları hazırlanmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına göre; Ozon hariç tüm parametrelerin ısınma dönemlerinde diğer dönemlere göre daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. 2007 – 2017 yılları arasında ölçüldükleri tüm istasyonlarda yıllık ortalama değerleri CO, PM₁₀, SO₂, O₃ ve NO₂ (NO₂ için 2017 yılı hariç) konsantrasyonları Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliğine (HKDYY) göre sınır değerlerin altındadır, NO_x yıllık ortalama konsantrasyonları ise sınır değerlerin üzerinde kalmaktadır. İstatistiksel olarak yıllara göre artış görülen istasyonlar CO konsantrasyonu için Yenibosna, PM₁₀ konsantrasyonu için Üsküdar, Kandilli, Mecidiyeköy, Üsküdar ve Silivri, SO₂ konsantrasyonu için Sultangazi, Ümraniye, Kandilli, Kağıthane, NO konsantrasyonu için Şile, NO_x konsantrasyonu için

Ümraniye ve Beşiktaş, PM₁₀ konsantrasyonu için Çatladıkapı, Aksaray ve Beşiktaş, Ozon konsantrasyonu için ise Aksaray ve Alibeyköy'dür.

Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayıları arttırılmalıdır, hava kalitesi ölçüm istasyonların veri alım oranları düzenli olmamakla beraber istasyonlardaki ölçüm cihazlarının da kalibrasyonlarının düzenli yapılması sağlanmalıdır.

Belediyelerin stratejik planlamaları içinde hava kirliliği ile ilgili çalışmalar da yapılmalı ve kentsel planlama, ulaşımın düzenlenmesi, endüstri alanlarının seçimi bu doğrultuda yapılmalıdır.

Anahtar sözcükler: İstanbul, Hava Kirleticileri, Karbon Monoksit, Kükürt Dioksit, Partikül Madde, Azot Oksitler.



ABSTRACT

SPATIAL AND SEASONAL VARIATION OF ISTANBUL AIR QUALITY

Seda ÖZGÜR OĞURTANI

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Environmental Engineering

Advisor: Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

23/08/2019, 121

The aim of this thesis is investigation of spatial and seasonal variations of air pollutants of Carbon monoxide (CO), Sulfur dioxide (SO₂), Particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), Nitrogen oxides (NO, NO₂, and NO_x), and Ozone (O₃) in the atmosphere of Istanbul between 2007 and 2017.

Data on air pollutants that may have an impact on the air quality of the city of Istanbul were obtained from the Air Quality Monitoring Stations data from 31 stations on the Anatolian Side and the European Side. Monthly and annual averages, minimum, maximum levels and standard deviation values of the mentioned air pollutants were calculated. Variations of the air pollutants were assessed by statistical methods ($p < 0.05$). Also, correlation tables both among the air pollutant parameters and for spatial variations were prepared.

According to the results of this study, all parameters except ozone were found to be higher in heating periods than in other periods. The annual average values of CO, PM₁₀, SO₂, O₃ and NO₂ (except NO₂ in 2017) concentrations in all stations between 2007 and 2017 are below the limit values according to the National Air Pollution Control Regulation (HKDYY) and annual average concentrations of NO_x were above the limit values. Statistically significant increases were observed in the stations of Yenibosna for CO, PM₁₀ for Üsküdar, Kandilli, Mecidiyeköy, Üsküdar and Silivri, SO₂ concentration for Sultangazi, Ümraniye, Kandilli, Kağıthane, NO concentration for Sile, NO_x concentration for Ümraniye and Beşiktaş, PM₁₀ concentration for Çatladıkapı, Aksaray and Beşiktaş, Ozone concentration for Aksaray and Alibeyköy.

Keywords: İstanbul, Air Pollutants, Carbon Monoxide, Sulfur Dioxide, Particulate Matter, Nitrogen Oxides.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı.....	1
1.2. Çalışmanın Yöntemi	1
1.3. Hava Kirliliği.....	2
1.4. Hava Kirliliği Kontrolüne Yönelik Yasal Düzenlemeler	3
1.5. Hava Kirleticileri ve Etkileri	4
1.5.1. Karbonmonoksit (CO)	4
1.5.2. Partikül Madde (PM)	4
1.5.3. Kükürt Dioksit (SO ₂).....	7
1.5.4. Azot Dioksit (NO ₂).....	8
1.5.5. Ozon (O ₃).....	8
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar.....	11
2.2. Dünyada Yapılan Çalışmalar	20
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Çalışma Alanının Önemi	25
3.2. Materyal ve Yöntem.....	25
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistik Yöntemler.....	31
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	32
4.1. CO Seviyelerinin Değişimi.....	32
4.1.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul’un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık CO Seviyelerinin Değişimi.....	32
4.1.2. CO Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim.....	37

4.1.3. CO Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	38
4.1.4. CO Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişim	39
4.2. PM _{2,5} Seviyelerinin Değişimi	42
4.2.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık PM _{2,5} Seviyelerinin Değişimi	42
4.2.2. PM _{2,5} Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	43
4.2.3. PM _{2,5} Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	44
4.2.4. PM _{2,5} Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	45
4.3. PM ₁₀ Seviyelerinin Değişimi	46
4.3.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık PM ₁₀ Seviyelerinin Değişimi	46
4.3.2. PM ₁₀ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	50
4.3.3. PM ₁₀ Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	51
4.3.4. PM ₁₀ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	52
4.4. SO ₂ Seviyelerinin Değişimi	58
4.4.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık SO ₂ Seviyelerinin Değişimi	58
4.4.2. SO ₂ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	62
4.4.3. SO ₂ Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	63
4.4.4. SO ₂ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	64
4.5. NO Seviyelerinin Değişimi	68
4.5.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık NO Seviyelerinin Değişimi	68
4.5.2. NO Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	72
4.5.3. NO Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	73
4.5.4. NO Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	73
4.6. NO _x Seviyelerinin Değişimi	79
4.6.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık NO _x Seviyelerinin Değişimi	79
4.6.2. NO _x Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	83
4.6.3. NO _x Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	84
4.6.4. NO _x Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	85
4.7. NO ₂ Seviyelerinin Değişimi	90
4.7.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık	

NO ₂ Seviyelerinin Değişimi	90
4.7.2. NO ₂ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	93
4.7.3. NO ₂ Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	94
4.7.4. NO ₂ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi	95
4.8. Ozon Seviyelerinin Değişimi.....	100
4.8.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık Ozon Seviyelerinin Değişimi.....	100
4.8.2. Ozon Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim	104
4.8.3. Ozon Seviyelerinin Aylara Göre Değişim	104
4.8.4. Ozon Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi.....	105
4.9. İstanbul Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi	108
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	109
KAYNAKLAR	116
EKLERİ	I
EK1. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarının Konumları	I
ÖZGEÇMİŞ	XIII

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. İstanbul il sınırlarında 2007 - 2017 yılları arasında çalışma kapsamındaki istasyonlar	27
Şekil 3.2. Hava kalitesi istasyonlarının mevcut konumu (Numara verilen istasyonlar 2017 yılına kadar olan ve çalışma kapsamındaki 31 adet istasyondur. 2017'den sonra İstanbul il sınırlarına dâhil edilen ancak bu tez çalışmasına dâhil edilmeyen 7 hava kalitesi ölçüm istasyonuna numara verilmemiştir).	28
Şekil 4.1. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi (X 1000,0)	37
Şekil 4.2. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi (X 1000,0)	38
Şekil 4.3. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyon bazında değişimi (X 1000,0)	39
Şekil 4.4. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	42
Şekil 4.5. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi	43
Şekil 4.6. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	44
Şekil 4.7. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM_{10} konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	50
Şekil 4.8. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM_{10} konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişiminin	51
Şekil 4.9. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM_{10} konsantrasyonunun istasyonlara göre değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	52
Şekil 4.10. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	62
Şekil 4.11. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi	63
Şekil 4.12. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	64
Şekil 4.13. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	71
Şekil 4.14. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi	72
Şekil 4.15. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	73
Şekil 4.16. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO_x konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	83
Şekil 4.17. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_x konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi	84
Şekil 4.18. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_x konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	85
Şekil 4.19. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi	92
Şekil 4.20. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi	93
Şekil 4.21. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_2 konsantrasyonunun	

($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	94
şekil 4.22. 2007 – 2017 yılları arasındatüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi.....	102
şekil 4.23. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi (X 1000)	103
şekil 4.24. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Hava Kalitesi Limit Değerleri ile AB, WHO ve EPA Limit Değerlerinin Karşılaştırılması (HKDY, 2008; EPA, 2019; İBB, 2019).....	5
Çizelge 1.2. Hava kirleticilerinin kaynağı ve etkileri (Michelic ve Zimmerman, 2010)....	10
Çizelge 3.1. 2007 – 2017 yılları arasındaki hava kalitesi verilerinin alındığı, İstanbul’da yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait bilgiler	29
Çizelge 4.1. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık CO seviyelerinin değişimi *	33
Çizelge 4.2. 2007 – 2017 yılları arasında CO parametresinin ölçüldüğü tüm istasyonlardaki ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri.....	35
Çizelge 4.3. CO’in ölçüldüğü tüm istasyonlardaki yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	36
Çizelge 4.4. CO’in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	39
Çizelge 4.5. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık $\text{PM}_{2.5}$ seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41
Çizelge 4.6. 2007 – 2017 yılları arasında $\text{PM}_{2.5}$ parametresinin ölçüldüğü tüm istasyonlardaki ortalama ve standart sapma değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	41
Çizelge 4.7. $\text{PM}_{2.5}$ 'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	44
Çizelge 4.8. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık PM_{10} seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	46
Çizelge 4.9. 2007 - 2017 Yılları arasında PM_{10} 'un ölçüldüğü istasyonlarda PM_{10} 'un ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri	48
Çizelge 4.10. PM_{10} 'un ölçüldüğü tüm istasyonlarda yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	49
Çizelge 4.11. PM_{10} 'un Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	53
Çizelge 4.12. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık SO_2 seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	58
Çizelge 4.13. 2007 - 2017 Yılları arasında SO_2 'in ölçüldüğü istasyonlarda PM_{10} 'un ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri	60
Çizelge 4.14. SO_2 'nin istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	61
Çizelge 4.15. SO_2 'nin Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	65
Çizelge 4.16. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	68
Çizelge 4.17. 2007 - 2017 Yılları arasında NO'in ölçüldüğü istasyonlarda NO'in ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri	70
Çizelge 4.18. NO'in İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	71
Çizelge 4.19. NO'in Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	73
Çizelge 4.20. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO_x seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	79
Çizelge 4.21. 2007 - 2017 Yılları arasında NO_x 'in ölçüldüğü istasyonlarda PM_{10} 'un ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri	81

Çizelge 4.22. NO _x 'in İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	82
Çizelge 4.23. NO _x 'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	85
Çizelge 4.24. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO _x seviyelerinin değişimi (µg/m ³) *	90
Çizelge 4.25. 2007 - 2017 Yılları arasında NO _x 'in ölçüldüğü istasyonlarda NO _x 'un ortalama (µg/m ³) ve standart sapma değerleri	91
Çizelge 4.26. NO ₂ 'in istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	92
Çizelge 4.27. NO ₂ 'nin Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	94
Çizelge 4.28. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık Ozon seviyelerinin değişimi (µg/m ³) *	99
Çizelge 4. 29. 2007 - 2017 Yılları arasında Ozon'un ölçüldüğü istasyonlarda Ozon'un ortalama (µg/m ³) ve standart sapma değerleri	101
Çizelge 4.30. Ozonun istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	101
Çizelge 4.31. Ozonun ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p).....	105
Çizelge 4.32. Hava kirleticilerin aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	107
Çizelge 4.33. Hava kirleticilerin yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	107
Çizelge 4.34. Hava kirleticilerinin aylık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	108
Çizelge 4.35. Hava kirleticilerinin istasyonlara göre değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)	108

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı

İstanbul ilinde ölçülen hava kirletici parametreleri; karbonmonoksit (CO), partikül madde 2,5 (PM_{2.5}), partikül madde 10 (PM₁₀), kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂) ve ozon'dur (O₃). Ancak bu parametreler her istasyonda ölçülmemekle beraber, istasyon sayıları da yeterli değildir ve zamanla istasyon sayıları da kademeli olarak arttırılmaktadır.

Tez çalışmasının amacı genel olarak;

Hava kirletici parametrelerinin seviyelerinin tespit edilmesi ve mevzuata göre sınır değerlere uygunluğunun tespit edilmesi

İstanbul ili havasını olumsuz etkileyen hava kirletici kaynaklarının; evsel ve endüstriyel ısınma, trafik vb., kaynaklarının belirlenmesi,

Hava kirleticilerinin ölçüldüğü istasyonlara, yıllara ve aylara göre değişiminin istatistiksel olarak incelenmesi,

Hava kirleticileri mevsimsel ve mekânsal olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmadan, istasyonlardan alınan ölçüm sonuçlarının, mevcuttaki sorunlar ile ilişkisi olup olmadığı ve ilerleyen süreçte bu sorunların çözümünde bir klavuz niteliğinde olması beklenmektedir.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

İstanbul ilinin hava kalitesinin incelenmesi için farklı birçok konumda yer alan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı - Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na bağlı hava kalitesi izleme istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Çalışmada 2007 – 2017 yılları aralığında İstanbul'da hava kalitesi istasyonlarının sayısı toplamda 31 olup, 18 tanesi Avrupa Yakası'nda, 13 tanesi ise Anadolu Yakası'na bulunmaktadır. Bu istasyonlardan PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO, NO_x, NO₂, Ozon hava kirleticilerinin konsantrasyonları temin edilmiştir. Bu parametrelerin tamamı her istasyonda ölçülmemiştir.

PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO, NO₂, NO_x, ve O₃ hava kirleticilerinin aylık ve yıllık ortalamaları, minimum, maksimum seviyeleri ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada istatistiksel analizlere tabi tutulan veri setlerinin %70 doluluk oranında olması gerekliliği kabul edilmiştir.

Bu çalışmada hava kirleticilerinin değişim grafiklerinin oluşturulmasında SPSS istatistik programı kullanılmıştır. İstatistik programı ile CO, PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO, NO_x, NO₂ ve O₃ kirleticilerinin 2007 - 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık seviyelerinin değişimi, bu kirleticilerin seviyelerinin yıllara, aylara göre değişimleri ve ölçümün yapıldığı her bir istasyon bazındaki değişimleri ile ilgili grafikler oluşturulmuştur. Ayrıca hava kirletici parametrelerinin korelasyon tabloları hazırlanmıştır. Bu tablolarda hava kirleticilerinin mekansal, aylık ve yıllık değişimleri ile aralarındaki ilişkiler istatistiksel güven seviyesinde ($p < 0,05$) belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3. Hava Kirliliği

18. yüzyılın ortalarında yaşanan sanayi devrimi ile fosil yakıtların bilhassa kömürün kullanımı artış göstermiştir. Sanayileşme günümüzdeki gibi şehirlerden uzakta değil şehir içinde artış göstermekteydi. 20. yüzyılın ortalarına doğru ise sanayileşme ile doğru orantılı olarak fosil yakıtların kullanımı da hızla artmıştır. Tarihte birçok şehirde hava kirliliği yaşanmış ve bu kirliliklere bağlı ölümler meydana gelmiştir (ÇMO, 2017). Yaşanan hava kirliliklerinin neden olduğu ölümlere tarihsel örnekler aşağıda verilmiştir.

ABD'de 28 Ekim 1948'de Pennsylvania eyaletinin, Donora kasabasına öldürücü bir pus çökmüş, caddeler kalın gri duman örtüsü altında kalmıştır. Demir, çinko ve sülfürik asit fabrikalarından atmosfere verilen ağır metal parçacıkları, antisiklonik şartlar sebebiyle kasabada hava kirliliği oluşmuş ve beş gün boyunca etkileri sürmüştür. Havanın karışımındaki kükürt dioksit miktarı 5.500 µg/m³'e kadar yükselmiştir. Kasabanın 14.000 sakininin yaklaşık yarısı ciddi solunum veya kardiyovasküler problemler yaşamıştır. Ölüm oranı neredeyse % 40'a yükselmiş; 20 kişi ölmüş, 7000 kişi hasta olmuştur. (US EPA, 2019a; Kırımhan, 2006).

5-9 Aralık 1952 tarihinde İngiltere, Londra'da meydana gelen partikül madde ve kükürt dioksitin neden olduğu hava kirliliği birkaç gün içinde 4000 kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Bazı araştırmacılara göre gerçekte ölen kişi sayısının belirtilen sayının çok üzerinde olduğunu ve ilerleyen günlerde 10.000 kişinin hayatını kaybetmiş olacağını bildirmişlerdir. İngiliz parlamentosu bu olaydan sonra 1956'da Temiz Hava Kanunu'nu onaylamış ve kömür kullanımına sınırlandırma getirmişlerdir.

Dünyada görülen hava kirliliği olaylarına baktığımızda, Sümer'in de belirttiği gibi hava kirliliği, sanayileşmenin yoğun olduğu ülkelerde ve sanayi kentlerinde oluşan bir sorundur. Bu sebeple Türkiye'de de sanayi kentleri hava kirliliğinin ana sebebi olarak görülmektedir. Türkiye'de hava kirliliğini oluşturan en önemli iki etken kentleşme ve

sanayileşmedir. Sanayi alanlarında yer seçiminin önemsenmemesi, kentleşme hızının artmasıyla birlikte ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar ve sanayi bacalarından önlem alınmadan salınan kirleticiler, gerekli tedbirlerin de alınmamasıyla birleşince ciddi düzeyde hava kirliliğine neden olmaktadır (Sümer, 2014).

Yavuz (1975)'a göre, Türkiye'de sanayi kaynaklı oluşan hava kirliliğine ilk örnek Murgul Bakır Fabrikasıdır. 1951 yılında tekrar işletilmeye başlanan ve 1961 yılına kadar fabrika gazları hiçbir önlem alınmadan atmosfere verilmiştir (Sümer, 2014).

17 Ağustos 1999, Kocaeli'nde olan 7,4 şiddetindeki depremde Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.'nin (TÜPRAŞ) İzmit Rafinerisi'nde 115 metrelik bir baca devrilmiş ve tanklarda yangın çıkmıştır. Yangın 5 gün devam etmiş ve 3 günde kontrol altına alınmıştır (Sarı ve Korkmaz, 2007).

Yatağan Termik Santrali, Muğla yöresinde bulunmakta linyitin değerlendirilerek elektrik enerjisi üretilmesi amacı ile kurulmuş bir santraldir. Santralin bacaları 120 metre yüksekliğindedir ve bacalardan atmosfere verilen emisyonların rüzgarla beraber çevreye yayıldığı ve çevrede sorun yarattığı tespit edilmiştir. Bacalardan çevreye kül ve toz dağılmasının yanı sıra yanma sonucu kömürün yapısında bulunan ağır metaller de açığa çıkmaktadır (Haktanır ve ark., 2010). 26 Mayıs 2001 tarihinde termik santral bacalarından çıkan ükürtdioksitin kentin üzerine çökmesi yüzünden bölge halkı zehire boğulmuştur, havadaki kükürtdioksit oranı, 3000 mikrogram/metreküp olarak tespit edilmiştir. Belediye halkın zorunlu kalmadıkça dışarı çıkmaması anons etmiştir (Kırımhan, 2006).

Bütün bu olaylar kapsamında, Türkiye'de gözlenen hava kirliliğinin büyük bir kısmı kış döneminde yakıt tüketimi sebebiyle meydana gelmekte, bunun yanında egzozlardan çıkan kirlilik de giderek artan bir tehlikedir. Termik santraller ise noktasal kirletici kaynak olarak dikkati çekmektedir. Bunlara ilave olarak organize sanayi bölgeleri, fabrikalar, dağınık katı atık yığınları ve petrol rafinerileri hava kirliliğine büyük oranda katkı sağlamaktadırlar (Kırımhan, 2006).

1.4. Hava Kirliliği Kontrolüne Yönelik Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde hava kirliliği ve kontrolüne yönelik doğrudan bir yasal düzenleme yapılmadan önce, konuyla ilgili düzenlemelerin yer aldığı çeşitli yasalar bulunmaktadır. İlk olarak Umumi Hıfzıssıhha Kanunu'nda (24 Nisan 1930) ve bu kanuna bağlı Gayrisıhhi Müesseseler Nizamnamesi'nde hava kirliliği ve kontrolü ele alınmıştır. 1982 anayasasına bağlı olarak 1983 yılında 2872 Sayılı Çevre Kanununun yürürlüğe girmesiyle yasal tanımlamalar yapılmıştır (Müezzinoğlu, 2000).

Sonraki yıllarda Avrupa Birliği'ne paralellik göstermek adına aşağıda belirtilen yönetmelikler yürürlüğe girmiştir. Bu yasal düzenlemler aşağıda listelenmiştir:

07.10.2004, "Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği",

11.06.2004, "Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği",

13.01.2005, "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği",

08.07.2005, "Trafikte Seyreden Motorlu Kara Taşıtlarından Kaynaklanan Egzoz Emisyonlarının Kontrolüne Dair Yönetmelik" (yürürlükten kaldırılmıştır),

22.07.2006, "Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" ((yürürlükten kaldırılmıştır),

06.06.2008, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği",

04.04.2009, "Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği"

03.07.2009, "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği"

06.10.2009, "Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik",

04.06.2010, "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği" vb. yönetmelikleri düzenlenmiştir (ÇŞB; ÇMO).

Bu yasal düzenlemeler içerisinde tez kapsamında dikkate alınan yasal düzenleme "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" dir.

Türkiye, hava kalitesi sınır değerlerinin uygulanmasında Avrupa Birliği (AB) limit değerlerine ulaşmak için planlama yapmış, bu hedef değerlerine ise kademeli olarak geçilmesi hedeflenmiştir. Bu çerçevede SO₂ yıllık ekosistem ve NO_x kirleticilerinin AB limit değerlerine erişeceği tarih 1 Ocak 2014, SO₂ ve PM₁₀ kirleticilerinin AB limit değerlerine erişeceği tarih 1 Ocak 2019, Ozonun AB limit değerlerine erişeceği tarih 1 Ocak 2022, en son azot dioksit limit değerlerine 2024 tarihinde ulaşacaktır. Belirlenen bu tarihlerden itibaren Türkiye tüm kirletici parametreler için AB mevzuatını uygulayacaktır (İBB, 2019).

Hava Kalitesi Limit Değerleri ile AB, WHO ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) Limit Değerlerinin Karşılaştırılması Çizelge 2.1'verilmiştir.

AB, WHO ve ulusal sınır değerlerimizin karşılaştırması Çizelge 2.1'de verilmiştir. Ulusal sınır değerlerimizin (PM_{2,5} hariç) 2024'e kadar kademeli olarak AB sınır değerlerine ulaşılması hedeflenmiştir (ÇMO, 2018).

Çizelge 1.1. Hava Kalitesi Limit Değerleri ile AB, WHO ve EPA Limit Değerlerinin Karşılaştırılması (HKDY, 2008; EPA, 2019; İBB, 2019)

Kirlenici	Ortalama Süre	Sınır Değer $\mu\text{g}/\text{m}^3$																					
		AB	WHO	EPA	HKKY	HKDYY																	
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SO ₂	saat	350	-	200	900	900	900	900	900	900	500	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350	
	24 saat	125	-	-	400	375	350	325	300	275	250	250	225	200	175	150	125	125	125	125	125	125	
	yıl	20	20	-	60	60	60	52	44	36	28	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	kiş dönemi				250	250	250	225	200	175	150	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂	saat	200	200	190	300	300	300	300	300	300	300	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	
	yıl	40	40	997	100	100	100	92	84	76	68	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	
NO _x	yıl	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
PM ₁₀	24 saat	50	50	150	300	300	300	260	220	180	140	100	90	80	70	60	50	50	50	50	50	50	
	yıl	40	20	-	150	150	150	132	114	96	78	60	56	52	48	44	40	40	40	40	40	40	
PM _{2,5}	24 saat	-	25	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	yıl	25	10	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CO	8 saat	10000	10000	10310	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	14000	12000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	
	1 saat	-	-	40100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O ₃	8 saat	120	-	140	hedef değer															120	120	120	
		hedef değer	-	-																			
	1 saat	180 (bilgi eşiği)	-	-	bilgi eşiği															180	180	180	
		240 (uyarı eşiği)	-	-	uyarı eşiği															240	240	240	

1.5. Hava Kirleticileri ve Etkileri

1.5.1. Karbon Monoksit (CO)

Karbonmonoksit, çok miktarda bulunduğunda zararlı olabilecek renksiz, kokusuz bir gazdır. Yakma işlemi sonucu atmosferde CO açığa çıkar. Havadaki en büyük CO kaynağı fosil yakıt kullanan araçlardır.

Yüksek CO konsantrasyonlu havanın solunması, kan dolaşımı sisteminde taşınan oksijeni kalp ve beyin gibi organlara indirger. Kapalı ortamlarda yüksek seviyede oluşan CO, baş dönmesi, algıda karışıklık, bilinç kaybı ve ölüme sebep olabilirken, dışarda çok yüksek seviyelerde CO teşekkül etmesi mümkün değildir. Ancak CO konsantrasyonu dış ortamlarda yüksek seviyelere ulaşır ise, bilhassa bazı kalp hastalığı görülen kişiler için dikkat edilmelidir. Böyle zamanlarda, yüksek CO'ya kısa zamanlı maruz kalma, göğüs ağrısı ile birlikte anjina olarak da bilinen kalpte oksijenin azalmasına neden olabilir (US EPA, 2019b).

CO kirliliğine karşı en tehlikede olan grup; kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler ile bebeklerdir. (ÇMO, 2017)

1.5.2. Partikül Madde (PM)

Partikül madde, hava kirliliği için ortak bir kirletici göstergesidir. Diğer kirleticilerden daha fazla insanı etkiler. PM' in ana bileşenleri, sülfat, nitratlar, amonyak, sodyum klorit, siyah karbon, mineral tozu ve sudur. Askıda organik ve inorganik maddelerin katı ve sıvı parçacıklarının karmaşık bir karışımından oluşur. 10 mikron veya daha küçük bir çapa sahip olan partiküller ($\leq PM_{10}$) akciğerlerin derinliklerine nüfuz edip bırakabilirken, daha sağlığa zarar veren partiküller çapı 2.5 mikron veya daha düşük olanlardır ($\leq PM_{2.5}$).

$PM_{2.5}$, akciğer bariyerine nüfuz edebilir ve kan sistemine girebilir. Parçacıklara kronik maruz kalma, akciğer kanserinin yanı sıra kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarının oluşması riskine de katkıda bulunur.

Hava kalitesi ölçümleri, genellikle PM_{10} günlük veya yıllık ortalama konsantrasyonları cinsinden belirtilmiştir. Rutin hava kalitesi ölçümleri tipik olarak bu gibi PM konsantrasyonlarını metre-küp başına mikrogram ($\mu g/m^3$) cinsinden tanımlar. Yeterince hassas ölçüm araçları mevcut olduğunda, ince parçacıkların ($PM_{2.5}$ veya daha küçük) konsantrasyonları da rapor edilir.

Yüksek konsantrasyonlarda küçük partiküllere (PM_{10} ve $PM_{2.5}$) maruziyet ile hem günlük hem de zaman içerisinde artan mortalite veya morbidite arasında yakın ve nicel bir

ilişki vardır. Tersine, küçük ve ince parçacıkların konsantrasyonları azaldığında, ilgili ölümlerin de azalacağı diğer faktörlerin aynı kaldığı varsayılmaktadır. Bu, politika yapıcıların partikül hava kirliliği azaltılırsa beklenebilecek nüfus sağlığı iyileştirmelerini öngörmelerini sağlamaktadır.

Küçük partikül kirliliğinin çok düşük konsantrasyonlarda bile sağlık üzerinde etkileri vardır (WHO, 2018).

PM₁₀'un meydana geldiği en önemli kaynak: cadde ve sokaklardan havalanan tozlardır. Trafik, inşaat alanları, kömür - maden ve taş ocakları dahi diğer mühim kaynaklar arasındadır.

PM₁₀ sağlık açısından solunum sisteminde birikip, solunum hastalıklarını daha ileri seviyelere taşıyabilir. Tozun içinde bulunan kurşun vb. gibi diğer kirleticiler ve ince partiküllerin büyük bir kısmı PM₁₀ yardımıyla akciğerlerin derinlerine alveollere kadar inebilirler ve buradan da zehirli maddeler kana karışabilir. PM₁₀ maruziyetine duyarlı olan grup yaşlılar ve çocuklardır (ÇŞB, 2018)

WHO'nun bir öngörüsü; hava kalitesi yönergeleri, PM₁₀'un 70 µg/m³'ten 20 µg/m³'e düşürülmesiyle, hava kalitesi ile ilişkili ölümlerde %15 oranında azalma olacaktır. (WHO, 2005).

1.5.3. Kükürt Dioksit (SO₂)

SO₂ daha büyük gaz halindeki sülfür oksit grubunun göstergesi olarak kullanılmaktadır. Diğer gazlar SO_x (SO₃ gibi) atmosferde SO₂'den çok daha düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. SO₂'yi azaltan kontrol önlemlerinin genellikle insanların tüm gaz SO_x'larına maruz kalmasını azaltması beklenebilir. Bu, ince sülfat partikülleri gibi partikül sülfür kirleticilerin oluşumunun azaltılmasında önemli bir yardımcı olabilir. Yüksek SO₂ konsantrasyonlarına neden olan emisyonlar genellikle diğer SO_x oluşumlarına da yol açar. En büyük SO₂ emisyon kaynakları, enerji santrallerinde ve diğer endüstriyel tesislerde fosil yakıt yanmasından kaynaklanmaktadır. Atmosferdeki en büyük SO₂ kaynağı, enerji santrallerinin ve diğer endüstriyel tesislerin fosil yakıtları yakmasıdır. Daha düşük SO₂ emisyon kaynakları şunları içermektedir: cevherden metal çıkarmak gibi endüstriyel işlemler; volkanlar gibi doğal kaynaklar; ve lokomotifler, gemiler ve diğer araçlardır. SO₂'ye maruziyet insanlarda nefes almada güçlük ve solunum sisteminde hasar yaratabilir. Astımı olan insanlar, özellikle çocuklar, SO₂'nin bu etkilerine duyarlıdır. SO_x, küçük parçacıklar oluşturmak için atmosferdeki diğer bileşiklerle reaksiyona girebilir. Küçük partiküller akciğerlere etki edebilir ve sağlık sorunlarına katkıda bulunabilir.

Yüksek seviyelerde bulunan kükürt oksitler ve SO₂ hassas ekosistemleri olumsuz etkiler ve asit yağmurlarına katkıda bulunabilir. (EPA, 2019c).

1.5.4. Azot Dioksit (NO₂)

Azot Dioksit (NO₂) azot oksitleri veya azot oksitleri (NO_x) olarak bilinen yüksek oranda reaktif gaz grubundan biridir. Diğer azot oksitler azot asidi ve nitrik asidi içerir. NO₂, daha büyük azot oksit grubu için gösterge olarak kullanılır.

NO₂ öncelikle yakıtın yanmasından havaya girer. NO₂, arabalardan, kamyonlardan ve otobüslerden, enerji santrallerinden ve arazi ekipmanlarından kaynaklanan emisyonlardan oluşur.

NO₂ antropojenik emisyonlarının ana kaynakları yanma prosesleridir (ısıtma, elektrik üretimi ve taşıt ve gemilerdeki motorlar).

Yüksek konsantrasyonda NO₂ içeren havanın solunması, insan solunum sistemindeki havayollarını tahriş edebilir. NO₂ diğer NO_x ile birlikte havadaki diğer kimyasallarla reaksiyona girerek hem partiküllü hem de ozon oluşturur. Bunların her ikisi de solunum sistemi üzerindeki etkileri nedeniyle solunduğunda zararlıdır.

NO₂ ve diğer NO_x, asit yağmuru oluşturmak için atmosferdeki su, oksijen ve diğer kimyasallarla etkileşime girer. Asit yağmuru göller ve ormanlar gibi hassas ekosistemlere zarar verir. NO_x'ten kaynaklanan nitrat partikülleri havayı puslu ve zor görmesini sağlar. Aynı zamanda atmosferdeki NO_x, kıyı sularındaki besin kirliliğine katkıda bulunur (EPA, 2019d).

1.5.5. Ozon (O₃)

Atmosferde bulunan ozon troposfer ve stratosfer tabakasında yoğun olarak ve ayrı şekilde bulunur. Stratosferik ozon, stratosfer tabakasında bulunur. Stratosferik ozona iyi huylu ozon da denir. Troposferik ozon ise; yer seviyesi ozonu olarak bilinmektedir (ÇŞB, 2014).

Troposferik ozon direk havada dağılmaz, lakin azot oksitleri (NO_x) ve uçucu organik bileşikler (VOC) arasındaki kimyasal reaksiyonlarla meydana gelir. Ozonun, kentsel ortamlarda sıcak güneşli günlerde sağlıksız seviyelere ulaşması en muhtemeldir, ancak soğuk aylarda hala yüksek seviyelere ulaşabilir. Ozon ayrıca rüzgârla uzun mesafelerde taşınabilir, böylece kırsal alanlarda bile yüksek ozon seviyeleri yaşayabilir.

Ozonlu havanın solunması durumunda riski en yüksek olan kişiler içinde astımlı insanlar, çocuklar, yaşlı yetişkinler ve açık havada aktif olanlar, özellikle de açık hava

Çalışanları yer alır. Ayrıca, belirli genetik özelliklere sahip insanlar ve bazı besin maddelerinin alımını azaltmış kişiler çok fazla risk altındadır.

Ozonun solunması solunum yolu hastalıklarını tetikleyebilir. Bunun yanında akciğerlerle ilgili sağlık etkisi de bulunmaktadır.

Aynı zamanda ozon, ormanlar, parklar hassas bitki örtüsü ve ekosistemlere tesir edebilir (EPA, 2019e).

zet olarak hava kirleticilerinin kaynağı ve etkileri izelge 1.2'de verilmektedir.



Çizelge 1.2. Hava kirleticilerinin kaynağı ve etkileri (Michhecic ve Zimmerman, 2010)

Kirleticiler	Kaynak	Etkileri
<i>Nitrojen Oksit (NO_x)</i>	Havadaki azotun (N ₂) yakıt yanması sırasında O ₂ ile reaksiyona girmesi ile oluşur.	Atmosfere kahverengimsi pus uygular. Solunumu tahriş edici olan küçük parçacıklardan oluşabilir, böylece hassas kişilerde solunum problemleri ortaya çıkmaktadır. Ozon oluşumunda kritik maddedir. Bazı NO ₂ 'ler nitrik asit oluşturmak için su buharı ile reaksiyona girerek asidik yağmur, kar veya sis oluşturur.
<i>Kükürt Dioksit (SO₂)</i>	Sülfür içeren yakıtlar yakıldığında veya sülfür içeren cevherden metaller çıkarıldığında üretilir. Sülfür okside olur ve SO ₂ oluşur. ABD'de emisyonların yaklaşık üçte ikisi elektrik üretmek için yanan kömürden gelmektedir.	Su buharında kolayca çözülür, sülfürik asit olur, böylece asidik çöküntü oluşturur. Özellikle çocuklarda ve yaşlılarda, solunum hastalığı ve ölüm oranlarını yükselten küçük sülfat partikülleri oluşturabilir. Sülfat parçacıkları tarafından oluşturulan bulanıklığa ilaveten, SO ₂ , tarihi heykeller ve mimari de dahil olmak üzere yapı malzemelerinin bozulmasını hızlandırabilir.
<i>Karbon Monoksit (CO)</i>	Yakıtların eksik yakılmasından üretilir. ABD' de emisyonların yarısından daha fazlası yoldaki araçlardan oluşmaktadır.	Kolayca kana karışır. Düşük seviyelerde, en ciddi sağlık tehdidi kardiyovasküler problemleri olanlar içindir. Tek bir maruz kalma, bu kişinin işlevselliğini bozabilir ve diğer kardiyovasküler sorunlara yol açabilir. Ortam atmosferinde yüksek seviyelere nadiren rastlanırken, genellikle iyi çalışmayan ısıtma sistemleri ve yetersiz havalandırma kombinasyonlarının olduğu iç mekanlarda boğulma meydana gelebilir.
<i>Ozon (O₃)</i>	Ozonun direkt kaynağı bulunmamaktadır. Güneş ışığından kaynaklanan karmaşık bir kimyasal reaksiyon dizisi ile oluşur.	Güçlü bir solunum tahriş edici olduğu bilinmektedir. Özellikle solunum sistemi zayıflamış kişiler risk altındadır. Buna akciğer hastalığı olan insanlar, çocuklar, büyük yetişkinler ve aktif insanlar dahildir. Spesifik etkiler, akciğer iltihabı, solunum güçlüğü, ağırlaştırılmış astım, zatürree gibi solunum yolu hastalıklarına karşı artan hassasiyet ve tekrarlanan maruz kalmadan kalıcı akciğer hasarıdır.
<i>Partikül Madde (PM)</i>	Parçacıklar, tekdüze bileşiklerin kombinasyonu değildir; bazıları asit, organik kimyasal, metal veya topraktır. Bazı parçacıklar, kükürt dioksit ya da azot dioksit durumunda olduğu gibi gazların atmosferik reaksiyonları yoluyla oluşturulur. Toplu olarak, 10µm ve daha küçük çapta olan tüm parçacıklar PM ₁₀ olarak kabul edilir. 2,5µm ve daha küçük çapta olan tüm parçacıklar ise PM _{2,5} olarak kabul edilir.	Sağlık araştırması, çapı <10 µm olan parçacıkların solunum sistemi için sorunlu olduğunu göstermektedir. Birincil parçacıklar bu boyutta olabilir, fakat çoğu daha büyüktür. Sekonder parçacıkların çoğu <10 µm 'dir, çoğu bundan daha küçüktür.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de hava kirliliği ana başlığı altında birçok şehirde farklı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda hava kirlleticilerinin dağılımlarının analizi ya da kirliticilerin birbiriyle ilişkileri farklı istatistik yöntemlerle incelenmiş, bazıları ise şehirlerin hava kalitesi değerlendirmesi ve modellemeleri yapılmış ve daha birbirinden farklı birçok konular incelenmiştir. Bu bölümde bunlardan birkaçına aşağıda yer verilmiştir.

İstanbul’da yapılan bir diğer çalışmada, 1985-1991 yıllarında oluşan yoğun hava kirliliği episotları araştırılmıştır. Araştırmada birleşik SO₂ ve toplam askıda partikül (TSP) yoğunlukları kullanılmıştır. Yoğun episotların 1989 Kasım ayından itibaren oluştuğu ve yüksek basınç sistemleri, inversiyon ve düşük hızdaki rüzgârlarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. İstanbul’un Avrupa yakasındaki dağılımın daha az olması ve düşük kaliteli yakıtların daha çok kullanılmasından dolayı Asya yakasına göre daha kirli olduğu tespit edilmiştir (İncecik, 1996).

Bu makale, Türkiye’deki hava kalitesinin değerlendirilmesi ve ulusal ölçekte hava kirlitici emisyonlarının Avrupa ülkelerindekilerle karşılaştırması amaçlanmıştır ve bu sebeple 1985 ile 2005 arasındaki PM, SO_x, NO_x, metan harici uçucu organik bileşenler ve CO’dan oluşan beş başlıca kirlitici için ulusal emisyon envanteri hazırlanmıştır. Bulunan sonuçlar Türkiye’nin büyük bir emisyon kaynağı olduğunu, ancak birim alan ve kişi başı emisyon göstergelerinin biraz daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Sonuçların Türkiye’de yürürlükte olan hava kalitesi limitleriyle, Dünya Sağlık Örgütü (Avrupa) kurallarıyla ve ilgili A.B. direktifleriyle karşılaştırılmıştır ve kış aylarında hava kalitesi limitlerine uyulmadığı belirlenmiştir. Türkiye’nin şehirlerinde SO₂ ve PM haricindeki diğer hava kirliticileri, bu şehirlerde sistematik olarak izlenmediği için değerlendirilememiştir (Elbir ve ark, 2000).

İstanbul’da, ısınma mevsimlerinde SO₂ seviyeleri kullanılarak arazi kullanımı ve nüfus arasındaki ilişkiye bakılmış, 1992 – 2000 döneminde SO₂ konsantrasyonlarının zamansal değişimi incelenmiştir. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmış ve mekânsal analizler yapılmıştır. 1995-1996 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinde Avrupa yakasında 2; Anadolu yakasında 3 olmak üzere 5 istasyonda SO₂ konsantrasyonlarının dağılımları karşılaştırılmış ve SO₂ seviyelerinde azalma olduğu görülmüştür. İki yakanın

karşılaştırması sonucunda ise Avrupa yakasında yüksek düzeylerin daha çok meydana geldiği görülmüştür (Daylan, 2002).

Ozonun İstanbul'da yer seviyesi ozon konsantrasyonunun artmasına sebep olabilecek kimyasal parametreler ve meteorolojik parametrelerle olan ilişkisine bakılarak, farklı saatlerdeki durumu incelenmiştir. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Göztepe İstasyonu ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre, ozon değerlerinin yaz döneminde yüksek olduğunu, ozonun maksimum seviyelerinin öğlen saatlerinde olduğu, akşam saatlerinde ise ozon seviyesinin tekrar düşüş gösterdiği ve hafif rüzgârlı ve açık havalarda O₃ konsantrasyonunun maksimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Rüzgâr hızının özellikle yaz aylarında düşük değerler alması, ozon kirleticisinin birikmesine ve ozon piklerinin daha yüksek konsantrasyonlarda olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca trafik yoğunluğu ve sıcaklığın artmasıyla, yaz aylarında, ozon oluşumunu motorlu araç emisyonu desteklediği belirtilmiştir (Tozsın, 2003).

Sokak tozunda Zn, Mn, Cu, Ni ve Cd gibi ağır metallerin bulunduğu ve bu tozların genelde motorlu araçların egzoz gazı kökenli partiküllerden ve rüzgârla taşınan partiküllerden oluştuğu bu sebeple bileşenlerine ve miktarına bakıldığında çevre kirliliği açısından önemli olduğu belirtilmiştir. Bu metallerde biyo birikme özelliği bulunması da insan sağlığı açısından önemlidir. İstanbul'da Topkapı'dan Avcılar'a kadar E-5 karayolunun yaklaşık 18 km olan bölümünden sokak tozları toplanmış ve bunlarda Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni yoğunlukları tespit edilmiştir. Leeds Resmi Analist yöntemi ile analizler yapılmış olup bu analizlere göre; E-5 karayolunun İstanbul'da Topkapı'dan Avcılar'a kadar olan bölümünde Pb, Cu ve Zn yoğunlukları, normal toprakta bulunan maksimum ağır metal yoğunluk düzeylerinden daha fazla bulunmuştur. Araştırma incelenen bölümde ağır metal kirlenmesi bulunduğunu göstermiştir (Sezgin ve ark., 2003).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait 10 adet hava kalitesi izleme istasyonuna ait PM₁₀ verileri ile uzun mesafeli ve/veya bölgesel PM₁₀ taşınımı olaylarının etkilerine bakılmış ve İstanbul atmosferinin solunabilir partikül madde profili incelenmiştir. Uzun mesafeli PM₁₀ taşınımının (UMPMT) etkisinde meydana gelen episot dönemleri, 2008 yılı için 96 gün olarak belirlenmiş ve bu günlerde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)'ye göre günlük ortalama limit değer (50 µg/m³) genelde aşıldığı belirlenmiştir. Hava hareketlerinin episot dönemlerini etkilemesi sebebiyle HYSPLIT modeli kullanılarak her bir episot döneminde PM₁₀ taşınım yörüngeleri tespit edilmiştir.

Kıtalar arası PM10 taşınımı olayının mevsimlere göre değiştiği sonucu bulunmuştur (Karaca ve ark.,2004).

Bulanık mantık değerlendirme teknikleri uygulayarak İstanbul Avrupa Yakası'nda kent hava kalitesi için bir yöntem bilim sunulmuştur. Veri olarak SO₂, CO, NO₂, O₃ ve toplam askıda partikül maddesi (PM) gibi hava kirleticileri kullanılmıştır. Bu veriler İstanbul'un batı bölgesinden beş ayrı hava kalitesi izleme istasyonundan temin edilmiştir. Sonuçlar, EPA hava kalitesi endeksine uygulanan sonuçlarla karşılaştırılmış ve bulanık sentetik değerlendirme tekniklerinin hava kalitesi yönetimi için çok uygun teknikler oldukları tespit edilmiştir. (Engin ve ark., 2004).

İstanbul'da yapılan bu araştırmada kullanılmak üzere; İstanbul Belediyesi tarafından ölçülen Solunabilir Partikül Madde (PM₁₀) kullanılmış, İstanbul atmosferinde bulunan ince aerosoller (PM_{2.5}) ile ilgili bilgi verilmemiş ve Temmuz 2002 ile Temmuz 2003 tarihleri arasında 86 adet günlük aerosol örneği alınmıştır. İnce, kaba ve solunabilir partiküllerin istatistikleri ve ilişkileri ile PM₁₀ ve PM_{2.5} verileri incelenmiştir. PM₁₀ ve PM_{2.5} verilerinin aylık ortalama yoğunluklarının çevrimsel davranışı incelenmiş, ölçülen verilere uymak için çeşitli frekans dağılım işlevleri kullanılmıştır. PM_{2.5} ve PM₁₀ verilerinin frekans dağılımlarının log-lojistik işlevlere uygun olduğunu belirtilmiştir (Karaca ve ark., 2004).

Bursa atmosferindeki hava kirleticilerin konsantrasyonları, hava kirleticilerinin mekana ve zamana bağlı değişimleri, meteorolojik parametrelerle ve birbirleriyle ilişkileri değerlendirilmiştir. 1988 – 2003 yılları arasında 7 semtte günlük PM ve SO₂ değerlerine, 2001-2003 yılları arasında 2 ölçüm istasyonunda SO₂, PM, CO, hidrokarbonlar (HK), O₃ ve NO_x konsantrasyonları incelenmiştir. 1988 – 2003 yılları arasında kış aylarında SO₂ ve PM seviyelerinin ortalaması, yaz ayları ortalamasının yaklaşık 5 katı olduğu ve bunun sebebinin ısınma amaçlı yakmalardan kaynaklandığı belirtilmiştir. SO₂ ve PM konsantrasyonları ile meteorolojik parametreler arasında modeller oluşturulmuştur ve aralarında kuvvetli korelasyon bulunmamıştır ve kirletici konsantrasyonları basınç ve nem ile doğru orantılı değişirken; sıcaklık ve rüzgar hızı ile ters olarak değiştiği tespit edilmiştir (Erbaşlar, 2005).

Genelleştirilmiş doğrusal modeller kullanarak ve 6 yıllık dönemde (2007-2012) zaman trendlerini ve meteoroloji faktörlerini farklı sürelerde (10 gün) kontrol edilmiş hava kirliliğinin günlük değişimleri ile İstanbul nüfusu ölüm sayıları arasındaki bağlantılar incelenmiştir. Kirleticilerin bulunulan gün ile ilk on gün arasındaki dönem üzerindeki etkileri (Göreceli Risk-RR) belirlenmiştir. Bu araştırmada İstanbul'un günlük ölüm sayıları verileri, hava kirleticileri PM₁₀, SO₂ ve NO₂'nin günlük ortalama yoğunlukları ve günlük

ortalama sıcaklık ve nem değerleri kullanılmıştır. İstanbul'da hava kirliliği ile kalp-damar hastalıkları, solunum hastalıkları ve tüm kaza harici olaylar nedeniyle ölüm olayları arasında önemli bağlantılar saptanmıştır. Sonuç olarak, araştırmanın 2007-2012 döneminde bu şehirde hava kirliliğine kısa süre maruz kalmanın kalp-damar hastalıkları, solunum hastalıkları ve tüm kaza harici olaylar nedeniyle ölümlerle bağlantılı olduğunu göstermiştir. Bu bulguların yerel, çevresel ve sosyal politikalara etkisi olabileceği belirtilmiştir (Çapraz ve ark., 2006).

Türkiye'nin kuzey ve batı bölgelerinde sık sık hava kirliliği episotları meydana gelmektedir. Avrupa'dan bu bölgelere hava kirleticileri taşınması yeterince araştırılmamıştır. Avrupa'da havaya bırakılan kirleticilerin önemli bir oranının Türkiye'ye taşındığını ve biriktiğini göstermektedir. Uzun mesafeli aerosol taşıma simülasyonları, Avrupa ile Türkiye arasında kaynak/ alıcı bağıntılarını kanıtladı ve miktar tayini yaptı. Seçilen episotta model simülasyonları yapılarak İstanbul'da geri plandaki PM₁₀ düzeylerinin münferit Avrupa ülkelerindeki emisyonlara yanıtının %0.5 ile %13 arasında olabileceğini gösterdi. Hassaslık analizinin sonuçlarına göre, Avrupa genelindeki antropojenik emisyonlar %50 değiştiğinde İstanbul'da geri plandaki PM₁₀ yoğunluklarının yanıtı %26 gibi yüksek olabilmektedir. Bu sonuç, İstanbul'da geri plandaki PM₁₀'nun yarısı gibi büyük bir bölümüne yurt dışındaki kaynakların yol açtığını önermektedir (Kindap ve ark., 2006).

Bu araştırmada 1997-2001 döneminde İstanbul Üniversitesi Hastanesi acil servisine başvuran kronik obstrüktif akciğer (COPD) hastaları ile meteorolojik parametreler ve hava kirliliği parametreleri arasındaki bağıntı analiz edilmiştir. Her ay başvuran hasta sayısı hesaplanmış ve bu sayı ile aynı ayın meteorolojik parametreleri (basınç, sıcaklık, nem oranı) ve ortalama kirlenme değerleri (CO, SO₂, NO, NO₂, PM₁₀) arasındaki bağıntı belirlenmiştir. Bu araştırma kapsamına 1586 hasta alınmıştır. Hava kirliliği parametreleri ve meteorolojik parametreler yaygın bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilmesi gerektiği ve bu problem COPD hastalığına ve hatta o hastalık nedeniyle ölüme yol açabileceği belirtilmiştir (Hapçioğlu ve ark., 2006).

Bu çalışmada ise İstanbul İli'ndeki trafik sebebiyle oluşan solunabilen askıda parçacık maddeler araştırılmıştır. 19.10.2006 – 02.07.2007 tarihleri arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Kampüsünde, 24 saatlik örnekleme süresi boyunca PM_{2.5} ve PM₁₀ olmak üzere 84 adet numune toplanmıştır. Yıldız bölgesine ait olan meteoroloji verileri ve trafik verileri ilgili kurumlardan, kriter hava kirleticileri CO, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve TSP'lerin saatlik konsantrasyonları Yıldız Teknik Üniversitesi'ndeki sürekli hava kalitesi izleme

istasyonundan temin edilmiştir. Tüm verilerin dağılımları incelenmiş, çoklu korelasyon istatistiğine göre korelasyon sıralamaları yapılmıştır (Anıl, 2007).

Samsun şehir merkezindeki Organize Sanayi Bölgesi'nde hava kalitesi parametreleri ile meteorolojik parametrelerin ilişkileri incelenmiştir. SO₂, NO_x, CO, O₃ ve partikül madde hava kalite ve kirletici parametreleri ölçülmüş, emisyon kaynakları ve envanterleri hazırlanmıştır. SO₂ konsantrasyonunun ortalamasının Samsun Organize Sanayi Bölgesi'nde çok düşük olduğu, ancak ulusal standartların 6 kez ve Avrupa Birliği standartlarının ise 18 kez aşıldığı tespit edilmiş, en yüksek korelasyon ise azot dioksit ile rüzgâr hızı arasında bulunmuştur. Partikül madde seviyesinin genel olarak çok düşük olduğu ve ulusal standardın 3 kez, Avrupa Birliği standardının 43 kez aşıldığı belirlenmiş, Nisan ayında partikül madde ile meteorolojik ölçümler arasında pozitif ilişki belirlenmiş ve basıncın etkisinin diğerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Ozon konsantrasyonu ise Haziran ve Temmuz 2006 aylarında yüksek olduğu, maksimum ozon değerine (160,1 µg/m³ olarak) Temmuz ayında ulaşıldığı, kış aylarında ozon değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ozon ile meteorolojik ölçümler arasında en yüksek pozitif ilişki Haziran ayında belirlenmiş ve ozon ile sıcaklık arasında diğer meteorolojik ölçümlere göre daha yüksek korelasyon bulunmuştur. NO₂ maksimum seviyesi ise 1073,2 µg/m³ olarak Temmuz ayında ölçülmüştür (Akdemir, 2007).

Bu çalışmada Marmara Üniversitesi Göztepe Kampüsü önünde Fahrettin Kerim Gökay Caddesi'nde taşıt istatistiği yapılmış ve Marmara Üniversitesi Gezici Ölçüm İstasyonu ile azot oksit, karbon monoksit, azot monoksit, kükürt dioksit, azot dioksit ve ozon konsantrasyonları ölçülerek aralarında korelasyon oluşturulmuştur. Ölçüm sonuçları HKKY sınır değerleri ile karşılaştırılmış, Taşıt sayısının SO₂ konsantrasyonu ve mevsimsel değişikliklerin birbiri ile etkileşimi incelenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre belirtilen hava kirleticilerinin, değerlendirme süresi boyunca Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nde koyulmuş olan sınır değerleri aşmamıştır. Taşıt sayısı ile SO₂ seviyesi arasındaki ters orantılı bir değişim söz konusu olup, havaların soğuması ile SO₂ yükselse de, bu artış trafikle ilişkilendirilmemiştir. CO emisyonu, birim zamanda geçen araç sayısına göre negatif korele olurken, düşük hızda az miktarda araç sayısına bağlı olarak artış göstermektedir. Azot oksitler aylık ortalamalarda Haziran ayında minimum değerde olduğu, Mayıs'da en yüksek değerini aldığı belirlenmiştir. Ozonun en yüksek değeri taşıt sayısının düştüğü yaz ayında özellikle Ağustos'da, her ne kadar trafik yoğunluğu artsa da Eylül'ün ikinci yarısı itibari ile en düşük değerini gördüğü belirlenmiştir (Coşkun, 2008).

Bu çalışmada İstanbul için bir çevrim içi hava kirliliği tahmin sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, yapay sinir ağları kullanarak önümüzdeki üç gündeki üç hava kirlilik göstergesini (SO₂, PM₁₀ ve CO) tahmin etmiştir. Basit bir yapay sinir ağı kullanıldığında hava kirleticisi gösterge değerlerinin oldukça doğru tahmin edildiğini ve ayrıca farklı giriş parametreleri ve farklı deney kurulumları kullanılarak bu modelin daha çok optimize edilebileceği gösterilmiştir. Hafta günü giriş parametresi olarak etkisi araştırılmıştır. Haftanın günü giriş parametresi olarak kullanıldığında daha doğru sonuçlar tahmin edilmiştir (Kurt ve ark., 2008).

İstanbul'un Asya ve Avrupa yakalarında yerleşik Kadıköy ve Sarıyer semtlerinde 2001-2005 döneminde saat başı ölçülen ozon, nitrojen oksit ve hidrokarbon düzeyleri analiz edilmiştir. Bu araştırma özellikle 3 gün veya daha uzun süreli episotlara odaklanmıştır. En yüksek ozon yoğunlukları, yazları maksimum sıcaklığın 25°C'den fazla olduğu güneşli günlerde ölçülmüş ve bu episotlar genelde yüzey rüzgârları gündüzleri güneybatıdan ve geceleri kuzeydoğudan eserken meydana gelmiştir. Ozon düzeyinin yüksek olduğu tüm günler dikkate alınarak ozonun nitrojen oksit (NO_x) ve uçucu organik karbon (VOC) ile korelasyonunun Kadıköy ve Sarıyer için hesaplanmıştır. Yüksek ozon günleri genelde ikinci saatlerinde maksimum yoğunluğa ulaşmış ve trafiğin yoğun olduğu saatlerde minimum yoğunluğa inmiştir, bunun nedeninin trafik emisyonlarının yol açtığı NO_x titrasyonu olduğu belirtilmiştir. Genelde Karadeniz'den ve İstanbul'un kırsal kesimlerinden yapıldığı için adveksiyonun şehirdeki maksimum ozon değerlerine katkısının az olduğu belirtilmiştir (İm ve ark., 2008).

Kentsel alanları sosyo-ekonomik, altyapı ve çevre ile ilgili parametreler açısından ölçmek ve sıralamak için çeşitli kavramlar ve göstergeler mevcuttur. Dünya Bankası düzenli olarak Dünya Kalkınma Göstergeleri'ni (WDI) yayımlar ve Birleşmiş Milletler Şehir Kalkınma Endeksi'ni (CDI) bildirir ve ayrıca nüfus büyüklükleri bazında mega şehirleri sıralar. Burada mega şehirler, atmosferde küçük miktardaki gaz karışımları, partikül emisyonları ve ortam havası kalitesi açısından değerlendirmiştir ve sıralanmıştır. Mega şehirler yüzey alanlarına ve nüfus yoğunluğuna göre sıralamanın yanı sıra, bunlar kişi başına, yıllık ve birim yüzey başına düşen karbon monoksit emisyonlarına dayanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, mega şehirler çevre kirliliği özellikle de toplam süspansiyon halindeki partiküller, kükürt dioksit ve azot dioksit ortamının atmosferik konsantrasyonlarına göre sıralanmıştır. WHO'nun Hava Kalitesi Kılavuzuna göre üç kriterli kirleticinin (yani, TSP, SO₂ ve NO₂) kombine düzeyini göz önüne alarak çok kirleticili bir endeks (MPI) önerilmiştir. Burada dikkate alınan 18 mega şehirden 5'i

"temiz" hava kalitesi, 13'ü "kötü" olarak sınıflandırılmıştır. En yüksek MPI'nın olduğu mega kentlerin; Dakka, Pekin, Kahire ve Karacı; acilen hava kirliliğini azaltması gerekmektedir (Gurjar ve ark., 2008).

İstanbul'da iki daimi istasyonda elde edilen verilere göre saat başı ölçülen SO₂ ve NO₂ yoğunlukları analiz edilmiş ve gelecekteki 12 ayın en büyük SO₂ ve NO₂ yoğunlukları tahmin edilmiştir. Alibeyköy istasyonunda beklenen maksimum SO₂ ve NO₂ yoğunlukları saptanmıştır. Hava kalitesi, Avrupa Birliğinin saatlik SO₂ yoğunluğunu yılda iki kere veya 5.77 ay dönüş döneminde aşmaktadır, saat başı NO₂ yoğunluğunu ise yılda bir kere veya 2.6 ay dönüş döneminde aşmaktadır. Aynı şekilde Ümraniye istasyonunda beklenen maksimum SO₂ ve NO₂ yoğunlukları ve dönüş dönemleri saptanmıştır. Yapılan bu tahmin, en sıkı hava kalitesi standartlarını yerine getirmek için gelecekte önleyici önlemler alınması gerektiğini önermiştir (Ercelebi ve Toros, 2009).

İstatistik yöntemleri uygulayarak ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini (GIS) kullanarak İstanbul'u hava kirliliği açısından değerlendirmiştir. Bu bağlamda havadaki sülfür dioksit (SO₂) ve toplam askıda partikül (TSP) yoğunlukları, 1994-1998 arası 5 yıllık dönemde İstanbul'da yapılan hava kalitesi ölçümlerine dayanarak incelenmiştir. Bayrampaşa, Şişli ve Gaziosmanpaşa semtlerinin 5 yıllık dönemde en yüksek ortalama SO₂ değerlerini içerdiği ve aynı dönemde en yüksek ortalama TSP değerinin Bayrampaşa'da bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca aynı dönemde SO₂ ve TSP yoğunluklarının azalma trendinde olduğu gözlenmiştir. Bu araştırmada şehrin mevcut durumunu gösteren bu sonuçlara ek olarak İstanbul'da partikül tipi hava kirliliği ile ölüm sayısı arasındaki bağıntı da sunulmuştur (Alkoy ve ark., 2009).

İstanbul büyük şehir bölgesinde kent hava kalitesini yönetmek için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu model CALMET/CALPUFF yayılma modelleme sistemine, dijital haritalara ve ilgili veri tabanlarına dayanmakta ve bir GIS yazılımı yardımıyla hava kirliticilerin emisyonlarını ve uzamsal dağılımlarını tahmin etmiştir. Harita ve senaryo sonuçları, hava kalitesi limitleriyle karşılaştırılmıştır. Hava kirliliği azaltma önlemlerinin etkisi de değerlendirilmiştir (Elbir ve ark., 2009).

Doğu Akdeniz bölgesinde atmosfer kirlenme kaynakları, taşınması, dönüşmesi ve düzeylerine ilişkin mevcut bilgileri ayrıntılı olarak incelemiştir. Mega şehir İstanbul ve Kahire, genişleyen şehir Atina'da hem geri plan atmosfere, hem de son yıllarda önemli ölçüde şehirleşme yaşanan kentler arasındaki benzerliklere ve farklara odaklanılmıştır. Yerde yapılan gözlemler, uydudan elde edilen verilerle ve atmosfer modellemesiyle birleştirilmiştir. Genel değerlendirme sonucunda, doğal ve antropojenik kirlenme

kaynaklarının uzun mesafede ve bölgeler arasında taşınmasının bölgedeki geri plan hava kirlenme düzeyleri açısından yerel kaynaklarla benzer önem taşıdığını göstermiştir (Kanakidou ve ark., 2010).

Dünyadaki en büyük mineral toz kaynağı olan Sahra Çöl tozlarının Türkiye ve Anadolu Yarımadası üzerine potansiyel taşınabilirliği ve İstanbul'un ölçümlenen yüksek partikül madde konsantrasyonlarının önemli bir sebebi olup olmadığı incelenmiştir. İstanbul'da 4 ciddi hava kirliliği episodunun 2008 Nisan ayında olması sebebiyle Nisan ayı baz alınarak, Sahra Çölü ve Anadolu Yarımadası'nı kapsayan bir çalışma alanını içeren bir model ile yatay ve düşey atmosferde rüzgar dağılımları, geri yörünge analizleri, yağış haritaları oluşturulmuştur. 2008 Nisan ayında, meteorolojik koşulların Sahra Çöl tozlarının Anadolu Yarımadasına taşınmasına çoğunlukla uygun olduğu belirtilmiştir (Akinç, 2010).

İstanbul ili için Yapay Zekâ Tekniklerinden Bulanık Mantık modeli dört giriş ve bir çıkıştan oluşan Mamdani tipi bir model olarak hazırlanarak hava kirliliği indeksi tahmin edilmiştir. Hava kirliliği modellenmesi yapılarak kirliliğin olumsuz etkilerinin azaltılması veya gerekli önlemlerin alınmasında etkili olması beklenmektedir. Modelde hava kirliliği parametrelerinden SO₂, PM₁₀ ve CO giriş verileri olarak, veri tabanı olarak da kirlenici parametrelerin EPA standartları kullanılmıştır. Yapay zeka ile hava kirliliği modellenmesinden başarılı sonuçlar alınmıştır (Bıyık, 2010).

İstanbul Belediyesi Hava Kalitesi Bölümünün 2005-2009 döneminde 10 istasyonda topladığı PM₁₀ yoğunluk verilerini analiz etmiştir. İstanbul'da PM₁₀ yoğunlukları, şehir genelinde önemli farklar göstermektedir, çeşitli yoğun trafik noktalarında ve sanayi bölgelerinde PM₁₀ düzeyleri, Avrupa Birliği hava kalitesi limitini aşmaktadır. Genel zamansal model, kışın yüksek yoğunluklar ve yazın düşük yoğunluklar göstermiştir. Avrupa Birliğinin izin verdiği aşma sayısı, analizin kapsadığı yıllarda tüm izleme istasyonlarında aşılmıştır, bu durum şehirde ciddi bir kirlenme problemi bulunduğunu göstermiştir (Ünal ve ark., 2011).

Bu çalışma İstanbul Küçükçekmece'de Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde toplam askıda partikül madde hava örneklerinde kimyasal bileşenler; ağır metal, suda çözünbilir inorganik iyonlar ve toplam alfa-beta yayıcılar incelenmiştir. Yıllık ortalama partikül konsantrasyonu AB ve WHO'nun PM₁₀ için belirlediği sınır değerleri ile karşılaştırılması yapılmış, yağış miktarı ve partikül konsantrasyonu ilişkisi değerlendirilmiştir (Uzun, 2011).

İstanbul 2009 - 2010 yılı kış mevsiminde evsel ısınma sebebiyle oluşan hava kirlenici emisyonları için emisyon envanteri hazırlanmıştır. PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO_x, CO, karbon

dioksit (CO₂), nitroz oksit (N₂O), metan harici uçucu organik bileşikler (NMVOCs) ve metan (CH₄) hava kirleticileri envanterde kullanılmış ve emisyon faktörleri ile hesaplama yapılmıştır. Emisyon hesaplamasında yakıt türü olarak doğalgaz ve linyit kullanılmış, kış ayı için mevsimlik toplam tüketim miktarları tespit edilmiş ve PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, SO₂, CO, CO₂, VOC, CH₄ ve N₂O için toplam kış mevsimi emisyonları hesaplanmıştır (Sabit, 2012).

2002 – 2010 yılları için Asya ve Avrupa yakalarında yerleşik hava kalitesi ölçüm istasyonları verileri kullanılarak, İstanbul atmosferindeki hava kirleticilerinde (SO₂, CO, NO, NO₂, NO_x) uzun vadede meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Araştırma sonucunda SO₂ ve CO seviyelerinin 2002 – 2010 yılları arasında azaldığı, NO_x seviyesinin ise bu dönemde zaman içerisinde dalgalandığı düzgün bir şekilde azalmadığı belirtilmiştir (Özcan, 2012).

Samsun Organize Sanayi Bölgesinde, Mobil Hava Kalitesi Ölçüm aracıyla yapılan ölçümler sonucu meteorolojik parametreler ve hava kirletici parametreler birlikte değerlendirilerek troposferik ozon konsantrasyonunun tahmini yapılmıştır. Ölçümlerde kirletici parametre olarak; NO_x, NO₂, PM ve CO, meteorolojik parametre olarak ise; rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık, basınç, nispi nem ve güneş radyasyonu kullanılmıştır. Mobil Hava Kalitesi Ölçüm Aracı'ndan alınan veriler ile Yapay Sinir Ağlarında, Çok Katmanlı Algılama Modelinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağı analizlerinin hava kalitesi değerlendirmesinde etkin bir yöntem olduğu da tespit edilmiştir (Filiz, 2013).

İstanbul'da yapılan bu çalışmada, 2007-2012 yılları arasında 10 adet hava kalitesi ölçüm istasyonunda ölçülen hava kirleticileri (PM₁₀, NO₂ ve SO₂) ve bu süreçte yaşanan ölüm vakaları arasındaki ilişki genelleştirilmiş lineer model yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Ölüm verileri kalp damar hastalıkları, solunum sistemi hastalıkları ve kaza dışı tüm ölümler olmak üzere üç sınıfa ayrılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, ölümler ile hava kirletici seviyelerinin yükselmesi arasında pozitif bir ilişki görülmüştür (Çapraz, 2013).

14 hava kalitesi istasyonu için Mart 2013 ile Şubat 2014 periyodunda, enterpolasyon tekniğiyle PM_{2.5} dağılım haritaları oluşturulmuştur. Tüm istasyonlarda ölçülen PM_{2.5} değerleri WHO ve AB standartları sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada Marmara Bölgesi'nin tamamı için bulunan değerler baz alınarak hem istasyonların bulunduğu noktalar, hem de diğer alanlar için PM_{2.5} değerlerinin ölçülmesi ve standartlarla karşılaştırılmasının mümkün olduğu belirtilmiştir (Öztaner ve ark., 2014).

Çalışma Marmara Bölgesi ve Türk Boğazları' nı içine alan bölgede yapılmış, hava kirliliği ile ilgili çalışmalar değerlendirilmiştir ve hazırlanan envanterlerin bu bölge için

yeterli olmadığı tespit edilmiştir, bu çalışmalara ilave olarak denizcilik ve havacılık sektörleri ile ilgili de envanter çalışması yapılmıştır. Marmara Bölgesi'ndeki kirletici kaynakları belirlenerek bölgeye ait meteorolojik şartlara göre kirletici konsantrasyonları tahmin edilerek, etkileri değerlendirilmiştir ve deniz taşımacılığında sebepli hava kirliliğinin diğer sektörlerden daha önemli olduğu belirtilmiştir (Kılıç ve ark., 2014).

Ana hava kirletici emisyon kaynaklarını modellemek üzere, üç boyutlu Eulerian atmosfer kimyası ve taşıma modeli olan The US EPA Community Multiscale Air Quality (CMAQ v5.2) modeli kullanılarak Türkiye'deki partikül madde problemi ve kaynakları 2015 kış ayları için belirlenmiştir. Weather Research and Forecasting (WRF v3.8.1) modelinin çıktıları ise meteoroloji girdileri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda konsantrasyonların temsiliyetinde miktar olarak iyileştirme yapıldığı gibi emisyon kaynaklarının mekansal olarak temsiliyetinde iyileştirilmiştir (Baykara, 2018).

İstanbul'da yapılan bir çalışmada; evlerin ısıtılmasının hava kirletici zararlı maddelerin emisyonuna sebep olan başlıca sektörlerden olduğu ve yerel kaynakların da partikül madde düzeylerine katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Ortam partikül madde yoğunluklarına evsel ısıtma sektörünün katkılarının miktarını belirlemek için yerel etkinlik verilerine göre uzamsal dağılımlı yüksek çözünürlüklü emisyon envanteri yapılmış, hava kalitesi simülasyonları ise CMAX (5.2 sürümü) kullanılarak hazırlanmıştır. Sonuçlar, İstanbul'da kışın evsel ısıtmadan kaynaklı yerel hava kirliliğini uzamsal dağılan yüksek çözünürlüklü envanterin en çok etkilediğini ve gerçekçi sonuçları ürettiği belirtilmiştir (Baykara ve ark., 2018).

2.2. Dünyada Yapılan Çalışmalar

Amerikan Kanser Derneği'nin (ACS) geçmiş analizine ve yeniden analizine genel bir bakışını ve 2000 yılına kadar ek takip bilgileriyle birlikte derneğin mevcut devam eden analizlerinin bir göstergesidir. Pope ve ark. (1995) tarafından yapılan ilk analizin sonuçları, daha yüksek ortalama sülfat seviyelerinin, özellikle kardiyopulmoner hastalıktan, artan mortalite ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Krewski ve ark. (2000) tarafından üstlenilen ACS kohortunun yeniden analiz edilmesi, ince partikül ve sülfat hava kirliliğinin alternatif istatistiksel tekniklere ve mekansal modelleme yaklaşımlarına karşı oldukça sağlam olduğu orijinal risk tahminlerini bulmuştur. Değişken etkilerin ayrıntılı bir araştırması, eğitimin artmasıyla azalan ince parçacıklarla ilişkili ölüm riskiyle birlikte eğitimin önemli bir değiştirici etkisi olduğunu bulmuştur. Pope ve ark. (2002) daha sonra ACS'nin 10 yıllık bir ek takibini kullanan bir sonraki çalışmanın sonuçlarını bildirmişlerdir. İnce partikül hava

kirliliği ile artmış kardiyopulmoner ve akciğer kanseri mortalite riskleri arasındaki güçlü ilişkiler net bir şekilde ortaya çıkmıştır ve ince partiküllere uzun süre maruz kalmanın önemli bir sağlık riski olduğunu ortaya koyan en güçlü kanıtı sağlamıştır. Genişletilmiş takip bilgisini kullanan mevcut devam eden analiz, ekolojik, ekonomik ve demografik değişkenlerin partikül hava kirliliği ve ölüm birlikteliğindeki rolünü araştırmıştır. Değişkenlerin çoklu ölçeklerdeki etkisi ve kritik maruz kalma süresi pencereleri hakkındaki bilgiler, politika yapıcılarının, nüfus sağlığını en üst düzeye çıkaran düzenleyici müdahaleler için zaman çizelgeleri oluşturmasına yardımcı olabileceği düşünülmüştür (Krewski ve ark., 2005)

São Paulo, Brezilya'nın büyükşehir bölgesinde, ozon ve partikül madde araç emisyonlarından kaynaklanan başlıca hava kirliliği kaynağı olduğundan., hava kalitesi için en büyük tehdidi teşkil eden hava kirletici maddelerdir. Bu çalışmada, São Paulo'da bulunansJânio Quadros ve Maria Maluf karayolu tünellerinde, 2004 Mart ve Mayıs aylarında ölçülen ince partiküller, kaba partiküller, solunabilir partikül madde ve siyah karbon için emisyon faktörü verileri ve solunabilir partikül madde için boyut dağılım verileri sunulmaktadır. Ağır hizmet araçlarının kara karbon, solunabilir partikül madde, kaba partikül ve ince partikül emisyonlarına ortalama katkısı, hafif görevli araçlardan daha yüksek bulunmuştur. Ağır hizmet araçları için solunabilir partikül madde emisyon faktörü, dinamometre testi sırasında bulunandan 1.2 kat daha yüksek ölçülmüştür. Genel olarak, São Paulo tünellerinde partikül emisyonları, dünyanın diğer şehirlerinde bulunanlardan daha yüksek bulunmuştur (Sánchez-Ccoyllo ve ark., 2009)

Mexico City'deki altı bölgede bulunan başlıca ince parçacık madde (PM_{2.5}) kaynaklarının katkısını belirlemek üzere alıcı modelleme teknikleriyle kaynak dağıtma analizleri yapılmıştır. Mexico City'de, partikül madde kaynaklarının parmak izlerini oluşturmak için otuz altı kaynak profili belirlenmiştir. Ek olarak, aynı kaynak kategorisindeki profillerin küme analizi kullanılarak ortalaması alınmış ve 10 kaynağın parmak izleri dahil edilmiştir. Ortalamada, 24 saatlik PM_{2.5} konsantrasyonları mobil kaynak emisyonları (% 45), ardından ikincil inorganik aerosoller (% 16) ve jeolojik malzeme (% 17) hakim oldu. Petrolün yanmasını ve yakılmasını temsil eden endüstriyel emisyonlar % 5'ten daha az katkıda bulunmuştur ve Tlalnepantla (% 11) ve Xalostoc (% 8) sanayi bölgelerinde katkıları daha yüksektir. Yemek pişirme, biyokütle yakma ve yağ yakma gibi diğer kaynaklar daha düşük seviyelerde tespit edilmiştir. İkinci bir alıcı modeli (temel bileşen analizi (PCA)) daha sonra karşılaştırma amacıyla üç izleme alanına uygulanmıştır. Kaynak katkıları arasında farklar elde edilmesine rağmen, sonuçlar,

sonuçlarının tamamlayıcı niteliği göz önüne alındığında, kaynak dağıtma için farklı alıcı modelleme tekniklerinin birleşik kullanımının avantajlarını kanıtlamaktadır. Partikül madde kütesine tahmini kaynak katkıları arasında daha iyi bir anlaşmaya varmak için bu yönde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Vega ve ark., 2009).

Çin Halk Cumhuriyeti'nde üç yıllık günlük veriler kullanılarak (2005–2007) yapılan bir çalışmada dış hava kirleticilerinin (PM_{10} , SO_2 ve NO_2) Şangay'daki hem toplam hem de neden spesifik hastane girişiyle olan ilişkisini incelemek için bir zaman serisi analizi yapılmıştır. Hastane kabul ve hava kirliliği verileri Şangay Sağlık Sigorta Bürosu ve Şangay Çevre İzleme Merkezi'nden toplanmıştır. Verilerin analizinde doğal spline modeli kullanılmıştır. Dış hava kirliliğinin Shanghai'daki toplam ve kardiyovasküler hastaneye giriş riskindeki artışla ilişkili olduğunu bulunmuştur. PM_{10} düzeltilmesi sonrasında gaz halindeki kirleticilerin (SO_2 ve NO_2) önemli etkilerini bulunmuştur. Çin'deki mevcut hava kirliliği seviyesinin hastane girişini etkilediğine ve Şangay'daki hava kirliliği seviyelerinin daha da sınırlandırılmasına yönelik gerekçeyi güçlendirdiğine dair kanıtları sunulmuştur (Chen ve ark., 2010).

Bu çalışma, mega şehirlerde sağlık risklerini hava kirliliğine bağlı ölüm ve morbidite açısından değerlendirmiştir. Aşırı ölüm ve hastalık sayısını tahmin etmek için Hava Kirliliğinden (Ri-MAP) Mortalite/Morbidite Riski olan yeni bir elektronik tablo modeli kullanılmıştır. Hava kirleticileri SO_2 , NO_2 ve toplam askıya alınmış partiküller (TSP) için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kılavuz konsantrasyonlarını benimseyerek, konsantrasyon-tepki ilişkileri ve bir popülasyona bağlı risk oranı kavramı kullanılır. Sonuçlar New York, Los Angeles, Sao Paulo, Osaka, Kobe ve Tokyo gibi bazı megacitelerin, bu kirleticilerden kaynaklanan ölümlerin toplamında çok düşük vakalara sahip olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, yaklaşık olarak yüksek sayıda TSP ($w670 \text{ mgm}^3$) ile karakterize edilen Karaçi'de (15.000/yıl) yaklaşık vaka sayısı en yüksek olduğu belirtilmiştir. Dakka (7000/yıl), Pekin (5500/yıl), Karaçi (5200/yıl), Kahire (5000/yıl) ve Delhi (3500/yıl), kardiyovasküler mortalite ile en üst sırada yer almıştır. Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı'na (KOA) bağlı morbidite (hastane kabulleri), kardiyovasküler mortalite eğilimini izlemiştir. Hava kirliliği birçok megaplasta arttığından ve ölçülen kirletici veri tabanı 2000 yılına kadar sınırlı olduğundan ve ilgili tüm bileşenleri (örneğin, O_3) içermediğinden, bu sayılar düşük limitler olarak yorumlanması gerektiği belirtilmiştir. Güney Asya'daki mega şehirler, olağanüstü derecede yüksek hava kirliliği nedeniyle aşırı ölüm ve morbiditeyi önlemek için hava kalitesinin iyileştirilmesine acil olarak ihtiyaç duyduğu ifade edilmiştir. Ri-MAP'tan elde edilen risk tahminleri, ortam hava kirliliğinin sonuçları için basit hava kalitesi

endekslerine kıyasla gerçekçi bir temel değerlendirme sunmuştur ve hava kirliliği izleme ağlarının geliştirilmesine paralel olarak genişletilebileceği ve geliştirilebileceği belirtilmiştir (Gurjar ve ark., 2010).

Kötü hava kalitesi episodları genellikle Georgia eyaletinin başkenti Atlanta'da meydana gelmektedir. Bu araştırmanın amacı, Atlanta'da hava kalitesini karakterize etmede bir aracı olarak uyduların özelliklerini değerlendirmektir. Sonuçlar, kent içi PM_{2.5} konsantrasyonlarının, şehir içinde meydana gelen en yüksek konsantrasyonlara sahip diğer ABD kentsel alanları ile benzer desenleri gösterdiğini göstermiştir. PM_{2.5} ve MODIS (Orta Çözünürlük Görüntüleme Spektrometre) aerosol optik derinliği (AOD) yaz aylarında ilkbahardan daha yüksek değerlere sahip olduğu, ancak MODIS AOD PM_{2.5}'ten farklı olarak yaz aylarında ikiye katlandığı belirtilmiştir. Ozon İzleme Cihazı aerosol endeksinin (AI) çoğu (%80) ilkbahar ve yaz arasındaki küçük farklarla 0,5'in altında olduğunu ve bu değeri kentsel alanda karbonlu aerosol sinyalinin bir kısıtlaması olarak kullanarak, daha yüksek pozitif AI değerleriyle ilişkili orman yangını dumanı gibi aerosol taşıma olayları tanımlanabilir. Sonuçlar MODIS AOD'nin yıllık bazda ve mevsimsel bazda PM_{2.5} ile, Terra için 0.8 ve Aqua için 0.7 gibi yüksek korelasyon katsayılarıyla iyi korele olduğunu göstermektedir (Alston ve ark., 2011).

Montreal ve Quebec City'nin (Kanada) metropol bölgelerindeki hava kirliliği uyarı sistemi için göstergeler ve eşikler önerilmiştir. Düzenlenmiş standartlar ve rehberlik önemini korurken, şehirlerin hava kirliliği ile ilgili yerel uyarı sistemlerinin bulunması önemli olduğu belirtilmiştir. Bu uyarı sistemi, ince tanecikli maddeyi (PM_{2.5}) ve aynı zamanda ozon ve azot dioksit (NO_x) kombine oksidan kapasitesini ve çevresel riskleri dikkate almaktadır. Göstergeleri ve eşikleri belirlemek için kullanılan metodoloji, verilerdeki aşırı ölüm olaylarını tespit etmeyi ve daha sonra bu bölümlerin tespitini optimize etmek için göstergeleri ve eşikleri seçmeyi içermektedir. Yaz ve kış mevsimleri için Montreal ve Quebec'de eşik değerleri tespit edilmiştir ve bulunan sonuçların, hava kalitesi ile ilgili mevcut olan farklı kurallar ile aynı çizgide olduğu ancak incelenen şehirlere daha fazla uyarlanmıştır. Ek olarak, aşırı ölüm episodlarını tespit etmekte Ox'in PM_{2.5}'ten daha belirleyici olduğunu gösteren bir hassasiyet analizi de yapılmıştır (Masselot ve ark., 2019).

İran'ın başkenti Tahran'da, hava kirliliği uzun süre yaşanmıştır ve hava kirliliğini azaltan meşru bir düzenleme bulunmamaktadır. En önemli konu kentin alanı ve ek olarak kentin yoğunluğuna karar veren kentin uzantısıdır. Büyük çoğunluğun şehir içinde ev satın alamaması Tahran yakınlarındaki uydu kasabalarını yaratmıştır. Ayrıca, Tahran çevresinde

muazzam yerel yerleşimlerin ve şehir merkezindeki işyerlerinin mevcudiyeti, bu çalışmada öne sürülen alternatif konular arasında bulunmuştur. Tahran'ın baskısının ve morfolojisinin bir kısmını ve bunun hava kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiş ve havanın kirlenmesini ve hareketini azaltmak için öneriler belirtilmiştir (Oshrieh ve Valipour, 2019).

Bir dizi acil servis departmanı çalışması, ortamdaki hava kirliliği ve solunum sonuçlarının birliği ile ilgili ölüm ve hastane giriş çalışmalarından elde edilen bulguları destekledi. Daha ayrıntılı değerlendirme çalışma büyüklüğü ve mevcut hava kalitesi verileri ile sınırlandırılmıştır. 25 ay boyunca 5 kirletici maddenin (PM, O₃, NO₂, CO ve SO₂) ölçümleri detaylı partikül madde ölçümleri yapılmıştır. Atlanta'daki 31 hastaneden 4 milyon acil servis ziyareti hakkında veri aldık. Astım ziyaretleri, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, üst solunum yolu enfeksiyonu ve zatürree, Poisson genelleştirilmiş tahmin denklemleri kullanılarak hava kirleticilerine ilişkin olarak değerlendirildi. Atlanta'daki 31 hastaneden 4 milyon acil servis ziyareti hakkında veri alınmış, astım ziyaretleri, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, üst solunum yolu enfeksiyonu ve zatürree, Poisson genelleştirilmiş tahmin denklemleri kullanılarak hava kirleticilerine ilişkin olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, ozon, NO₂, CO, PM ve organik karbon dahil olmak üzere çeşitli ilişkili gaz ve partikül kirleticilerin spesifik solunum koşullarıyla bir ilişkisinin kanıtlarına katkıda bulunmuştur (Peel ve ark., 2019).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Önemi

2010 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre, İstanbul ilinin nüfusu 13255685 kişidir. Nüfusu en yüksek ilçeler Bağcılar, Küçükçekmece, Ümraniye, Bahçelievler, Pendik, Kadıköy, Üsküdar ve Gaziosmanpaşa iken; en küçük nüfuslu ilçe Adalar'dır. İstanbul'un şehirleşme oranı Türkiye ortalamasının üzerindedir. İstanbul'un sanayi, finans, ticaret, inşaat vb. hizmet sektörleriyle Türkiye ekonomisine katkısı büyüktür. Büyük girişimciler 1980'li yıllara kadar gelişmelerini sanayi yatırımlarından sağlarken, 1970'lerden itibaren yeni yatırımlarını İstanbul'un dışına taşımaları; İstanbul'da mevcutta bulunan imalat sanayiinin de ilerleyen süreçte sökülerek İstanbul dışına taşınması, imalat sanayiinin İstanbul'daki büyümesini bir ölçüde azaltmıştır. Sanayi gelişimine rağmen para piyasaları İstanbul'da yer almaktadır. İstanbul sanayi ve finans merkezi olmasının yanında ihracat ve ithalatta da merkezi bir konumdadır. Bunun yanında İstanbul turizm yönüyle de önemli bir şehirdir (TUİK, 2010).

3.2. Materyal ve Yöntem

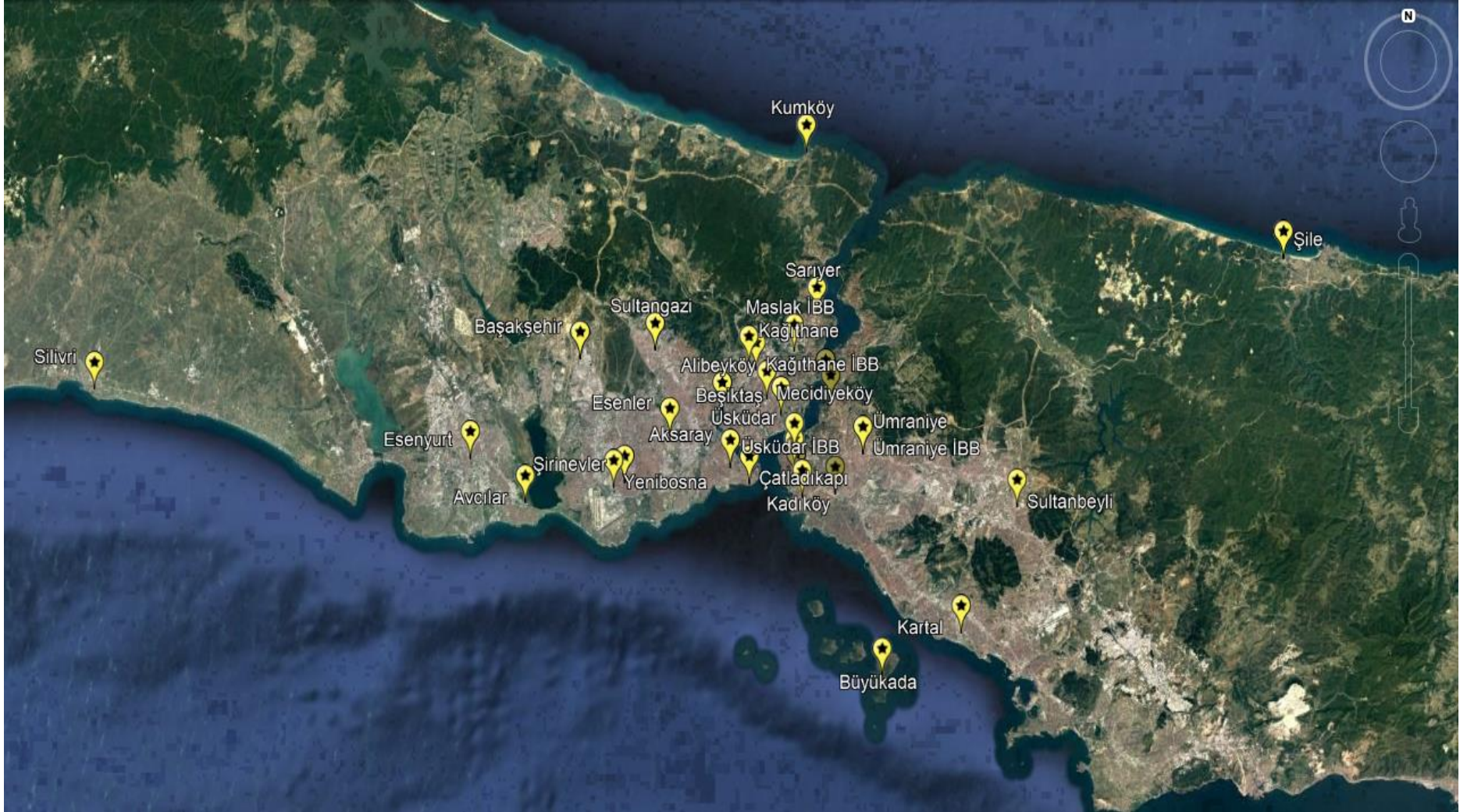
Çalışmada kullanılan hava kalitesi değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın hava kalitesi izleme istasyonlarından 2017 yılında alınmıştır. 2017 yılından sonra web siteleri güncellenmiştir ve hava kalitesi izleme istasyonu sayısı artırılmıştır (ÇŞB, 2018).

Çalışma süresince (2007 – 2017) kullanılan istasyonlar Şekil 4.1 de verilmektedir. Ayrıca her bir istasyonun lokasyonu Ek-1'de gösterilmiştir. İstanbul'da hava kalitesi istasyonlarının sayısı toplam 31 adet olup, 18 tanesi Avrupa Yakası'nda, 13 tanesi ise Anadolu Yakası'na bulunmaktadır. Şekil 4.2' de ise 2019 yılı için halihazırda İstanbul'da mevcut durumda aktif olan hava kalitesi izleme istasyonlarının yerleri verilmiştir. Çalışmamızdan sonra ise İstanbul'a 7 adet hava kalitesi istasyonu daha eklenmiştir. Bunlar: Arnavutköy-İBB (01.02.2018), Bağcılar - İBB (01.02.2018), Sultangazi 1 – İBB (06.04.2017), Sultangazi 2 – İBB (06.04.2017), Sultangazi 3 – İBB (01.04.2017), Tuzla İBB (01.02.2018), Sancaktepe - İBB (01.08.2018)'dir.

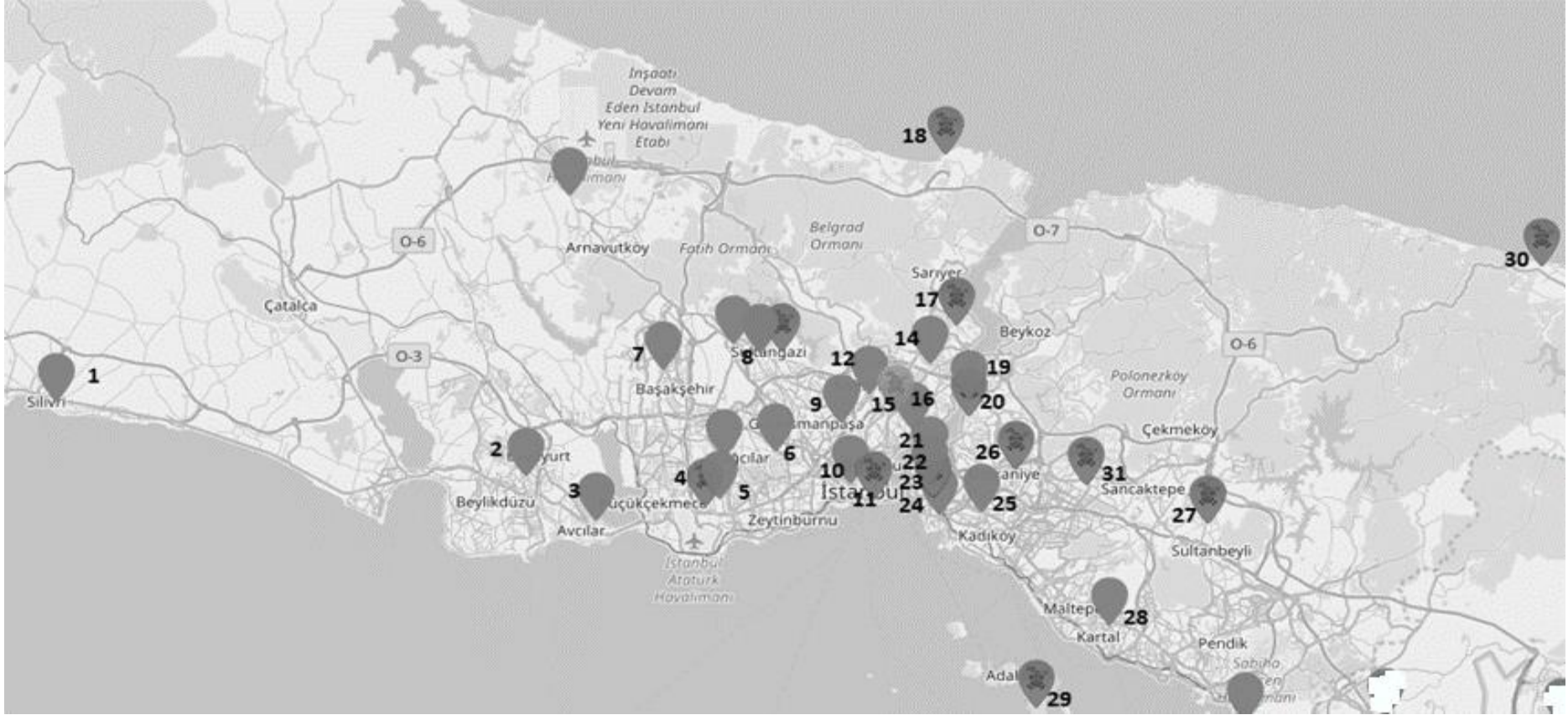
2007 – 2017 yılları arasındaki hava kalitesi verilerinin alındığı, İstanbul'da yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait bilgiler Çizelge 4.1.'de verilmektedir, Çizelgeden de

görüldüğü gibi istasyonlar farklı tarihlerde kurulmuş ve kirletici parametrelerinin tamamı her istasyonda ölçülmemiştir.





Şekil 3.1. İstanbul il sınırlarında 2007 - 2017 yılları arasında çalışma kapsamındaki istasyonlar



Şekil 3.2. Hava Kalitesi istasyonlarının mevcut konumu (Numara verilen istasyonlar 2017 yılına kadar olan ve çalışma kapsamındaki 31 adet istasyondur. 2017'den sonra İstanbul il sınırlarına dâhil edilen ancak bu tez çalışmasına dâhil edilmeyen 7 hava kalitesi ölçüm istasyonuna numara verilmemiştir).

Çizelge 3.1. 2007 – 2017 yılları arasındaki hava kalitesi verilerinin alındığı, İstanbul’da yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonlarına ait bilgiler

No	İstasyon	Bölge	İstasyon Sahibi	İstasyon Kuruluş Tarihi	Koordinatlar		Ölçülen Hava Kirlenmecileri							
					Enlem	Boylam	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO	NO ₂	NO _x	O ₃
1	Silivri	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 04' 23"	28° 15' 19"		X	X		X	X	X	X
2	Esenyurt	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 01' 13"	28° 40' 10"	X	X			X	X	X	X
3	Avcılar	Avr. Yakası	İBB	01.06.2016	40° 59' 14"	28° 43' 47"	X	X		X	X	X	X	X
4	Yenibosna	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	40° 59' 56"	28° 49' 36"	X	X		X				
5	Şirinevler	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 00' 08"	28° 50' 19"	X	X		X	X	X	X	
6	Esenler	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	41° 02' 17"	28° 53' 17"	X	X		X	X	X	X	X
7	Başakşehir	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 05' 43"	28° 47' 23"	X	X		X	X	X	X	X
8	Sultangazi	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 06' 07"	28° 52' 19"	X				X	X	X	X
9	Alibeyköy	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	41° 03' 27"	28° 56' 44"	X	X		X	X	X	X	X
10	Aksaray	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	41° 00' 52"	28° 57' 16"	X	X		X	X	X	X	X
11	Çatladıkapı	Avr. Yakası	İBB	01.12.2015	41° 00' 08"	28° 58' 31"	X	X		X	X	X	X	X
12	Kağıthane	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 05' 32"	28° 58' 29"	X		X		X	X	X	X
13	Kağıthane	Avr. Yakası	İBB	01.06.2014	41° 05' 15"	28° 58' 57"	X	X		X	X	X	X	X
14	Maslak	Avr. Yakası	İBB	01.04.2016	41° 06' 04"	29° 01' 28"	X	X		X	X	X	X	X
15	Mecidiyeköy	Avr. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 03' 57"	28° 59' 40"		X		X	X	X	X	
16	Beşiktaş	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	41° 03' 14"	29° 00' 36"	X	X		X	X	X	X	X
17	Sarıyer	Avr. Yakası	İBB	01.01.1998	41° 07' 44"	29° 02' 58"	X	X		X				
18	Kumköy	Avr. Yakası	İBB	01.04.2016	41° 15' 04"	29° 02' 17"		X		X	X	X	X	X
19	Kandilli	Anad. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 04' 28"	29° 03' 32"	X	X		X	X	X	X	
20	Kandilli	Anad. Yakası	İBB	01.02.2015	41° 03' 47"	29° 03' 52"		X						X
21	Üsküdar	Anad. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 01' 37"	29° 01' 29"		X			X	X	X	X
22	Üsküdar	Anad. Yakası	İBB	01.02.2015	41° 00' 55"	29° 01' 29"	X	X						X
23	Selimiye - Üsküdar	Anad. Yakası	İBB	01.12.2015	41° 00' 13"	29° 01' 36"	X	X		X	X	X	X	X

Çizelge 3.1'in devamı

24	Kadıköy	Anad. Yakası	İBB	01.01.1998	40° 59' 30"	29° 02' 00"	X	X		X	X	X	X	X
25	Göztepe	Anad. Yakası	İBB	01.05.2014	40° 59' 39"	29° 04' 10"		X						X
26	Ümraniye	Anad. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 01' 27"	29° 05' 59"	X	X	X	X	X	X	X	
27	Sultanbeyli	Anad. Yakası	MTHM	01.03.2013	40° 59' 04"	29° 16' 07"	X				X	X	X	X
28	Kartal	Anad. Yakası	İBB	01.01.1998	40° 53' 24"	29° 12' 26"	X	X						
29	Büyükdada	Anad. Yakası	İBB	01.10.2013	40° 51' 28"	29° 07' 15"		X			X	X	X	X
30	Şile	Anad. Yakası	MTHM	01.03.2013	41° 10' 13"	29° 33' 48"		X			X	X	X	X
31	Ümraniye	Anad. Yakası	İBB	01.01.1998	29° 16' 18"	41° 01' 26"	X	X				X		X

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistik Yöntemler

İstanbul ilinin hava kalitesine etkisi olabilecek parametrelere ait veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi ve Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan temin edilmiştir. Çizelge 3.1.'de belirtilen hava kirleticilerinin aylık ve yıllık ortalamaları, minimum, maksimum seviyeleri ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada veri setlerinin %70 doluluk oranında olması gerekliliği kabul edilmiştir.

Bu çalışmada hava kirleticilerinin değişim grafiklerinin oluşturulmasında SPSS 19.0 istatistik programı kullanılmıştır. İstatistik programı ile CO, PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO, NO_x, NO₂, Ozon kirleticilerinin, 2007 - 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık seviyelerinin değişimi, bu kirleticilerin seviyelerinin yıllara, aylara göre değişimleri ve ölçümün yapıldığı her bir istasyon bazındaki değişimleri ile ilgili grafikler oluşturulmuştur. Ayrıca hava kirletici parametrelerinin korelasyon tabloları hazırlanmıştır. Bu tablolarda hava kirleticilerinin aylık ve yıllık değişimleri ve aralarındaki ilişkiler istatistiksel güven seviyesinde ($p < 0,05$) tespit edilmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. CO Seviyelerinin Değişimi

4.1.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık CO Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan 18 tanesinde CO ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.1'den de görüldüğü gibi Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy istasyonlarında 2007 – 2017 yılları arasında ölçüm yapılmış, bunların dışındaki istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıp, belirli yıllarda yapılmamıştır.

2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'daki hava kalitesi ölçüm istasyonlarında genel olarak CO açısından HKDYY'nin sınır değerleri aşılmamıştır. Ancak, 2007 yılında Ümraniye istasyonunda CO seviyesi $26081,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüş ve bu seviye HKDYY'e göre 2007 yılı için yıllık CO sınır değerini max günlük 8 saatlik ortalama olarak $16 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($16000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) değerinin çok üzerindedir. Bu durumun ölçüm hatası mı yoksa CO emisyonlarının artmasına sebep olabilecek çeşitli kaynaklardan mı ortaya çıktığı tam olarak anlaşılmasa da söz konusu istasyondaki o yıla ait (2007) CO verilerinin standart sapmasının çok yüksek olması ölçüm veya kayıt hatası olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.1. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık CO seviyelerinin değişimi *

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
KHDY Limit Değerler													
Max günlük 8 saatlik ort. (µg/m ³)			16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	14000	12000	10000
10	Aksaray	İBB	887,5 ± 440,7 (26- 4800)	743,1 ± 416,3 (34-3301)	826,5 ± 401,8 (131-2914)	897,5 ± 398,8 (340-2988)	620 ± 316 (74-1866)	645,3 ± 225,8 (92-1534)	892,8 ± 560,7 (10-2893)	847,8 ± 373,4 (103-2573)	596 ± 90,7 (365 - 985)	986,8 ± 747,6 (258 - 3606)	759,4 ± 224,5 (302-1567)
9	Alibeyköy	İBB	707,1 ± 425,1 (69-2749)	581,7 ± 432,7 (7-2587)	542,8 ± 465,5 (1-2559)	596,8 ± 294,6 (164-1892)	632,4 ± 421,8 (54-2013)	773,2 ± 425 (167-2190)	564,9 ± 369,1 (27-2275)	471,5 ± 234,1 (134-1515)	524,5 ± 310,2 (39-1564)	406,7 ± 186,9 (134 - 1202)	445,2 ± 181,1 (190-1076)
7	Başakşehir	MTHM						470,9 ± 228 (160-1622)	496 ± 234,2 (143-1706)	513,7 ± 313,2 (162 - 2146)	485,2 ± 423,5 (1-2979)	926,2 ± 426,1 (142-1941)	
16	Beşiktaş	İBB	778 ± 244,9 (284-1582)	763 ± 433 (71-3402)	907,1 ± 812,7 (142-13943)	764,1 ± 214,4 (194-1886)	713,8 ± 248,7 (219 - 2567)	617,4 ± 185,2 (258-1268)	704,2 ± 320,3 (8-4288)	522,1 ± 490,1 (7- 3539)	989,2 ± 737,7 (1 - 3873)	573,2 ± 506,1 (2 - 4807)	485,9 ± 166,6 (138 - 945)
11	Çatladıkapı	İBB									893,1 ± 382,4 (390 - 1561)	1487,6 ± 627,6 (505 - 3317)	1318 ± 463,6 (486-2151)
6	Esenler	İBB	639,1 ± 390,1 (43-2255)	572,8 ± 403,3 (26 - 2391)	619,9 ± 390,6 (21 - 2984)	713,8 ± 394 (31 - 2488)	759,6 ± 407,5 (86 - 2519)	685,2 ± 384,9 (55 - 4572)	721 ± 527 (83-5227)	467,5 ± 265 (163-1714)	439,1 ± 268,8 (16 - 2055)	366,9 ± 242 (7 - 1529)	416,1 ± 227 (34-1015)
24	Kadıköy	İBB	834,4 ± 546,7 (33-4250)	764,5 ± 647,6 (14-6996)	621,2 ± 478,5 (59 - 3319)	495,5 ± 339,6 (122-2535)	635 ± 413,9 (66-2824)	670,9 ± 411 (2 - 2370)	940,3 ± 440,2 (122 - 2060)	980,6 ± 534,5 (183 - 3171)	126,3 ± 126,2 (21 - 843)	144,7 ± 140,3 (25-634)	505,5 ± 328,4 (110-1430)
13	Kağıthane	İBB							2687,8 ± 1063,4 (1193 - 4215)	2357 ± 1224,4 (238 - 5495)	3095,9 ± 2704,2 (141 - 8076)	1172,8 ± 491,7 (533 - 2063)	
19	Kandilli	MTHM						709,2 ± 572,8 (122 - 2960)	568,3 ± 408,1 (118 - 2447)	626,9 ± 452,3 (171 -2584)	1078± 810,7 (1 -3715)	2381,7 ± 445,9 (1714 -3925)	

Çizelge 4.1'in devamı

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
15	Mecidiyeköy	MTHM							779,7 ± 340,8 (58,3-2970,7)	733,4 ± 331,4 (237,4 - 2178,3)	782,6 ± 355,5 (225 - 2722)	1503 ± 1684 (1-7967)	664,8± 243 (263,7 - 1342,2)
17	Sarıyer	İBB	459,1 ± 351,3 (43-3035)	470,8 ± 389,3 (34-2503)	453,8 ± 551,7 (19-8504)	404 ± 203,3 (40 - 1420)	901,1 ± 415,7 (389-1639)						
23	Selimiye - Üsküdar	İBB									1,7 ± 0,7 (1 - 3)	3287,6 ± 2201,7 (3 - 6975)	5187,6± 3307,6 (363 - 9835)
5	Şirinevler	MTHM							838,3 ± 463,9 (204-2883)	816,6 ± 476,2 (141 - 3025)	747 ± 436 (200 - 2915)	744,4 ± 582,6 (1 - 2570)	2047,4 ± 365,6 (1460-3457)
26	Ümraniye	MTHM								1072,8 ± 406,9 (328 - 2939)	1035,7 ± 361,2 (412 - 2708)	1237,7 ± 1070 (64-6023)	3036,9 ± 2880,1 (21-7978)
31	Ümraniye	İBB	26081,2 ± 232791,2 (74-2826124)	582,3 ± 401,9 (23-2402)	666,1 ± 392,5 (9-2333)	863,1 ± 819,2 (101-5746)	10917,8 ± 16642,4 (474-47098)						
21	Üsküdar	MTHM							826,8 ± 471,8 (117-3251)	730,8 ± 323,7 (213 - 2469)	661,5 ± 325,5 (208 - 2320)	1227,1 ± 508,9 (80 - 3413)	1604,3 ± 528,5 (709-3330)
22	Üsküdar	İBB	763 ± 404,4 (35-2240)	645,2 ± 381,7 (23-2231)	626,7 ± 386,8 (33-2903)	667 ± 317,9 (8-2196)	713,4 ± 345,3 (26-2317)	703,3 ± 260,3 (124-1912)	510,9 ± 438,1 (5-2092)	427,3 ± 209,3 (168 - 1279)	328,3 ± 206,7 (64 - 647)		
4	Yenibosna	İBB	580,8 ± 328,8 (172-2364)	440,1 ± 286,9 (2-1873)	600,8 ± 407,7 (72-4118)	1216,5 ± 842,5 (78-3485)	582,7 ± 345,2 (47-2295)	691,9 ± 368,6 (2-3274)	841,4 ± 429,7 (205-3235)	812,3 ± 274,9 (142 - 2022)	861,1 ± 361,3 (278 - 5023)		

* (ort ± sd (min - max))

2007 – 2017 yılları arasında en yüksek ortalama CO konsantrasyonu Çizelge 4.2’den de görüldüğü gibi sırasıyla Ümraniye (5487,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Selimiye (3495 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kâğıthane (2615,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çatladıkapı (1435,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında ölçülmüştür. Ümraniye’deki 2007 yılında ölçülen ekstrem değer, bu istasyonun ortalama değerini yükseltmektedir. Ölçülmüş yüksek değerler olmasına karşın, HKDYY limit değeri max günlük 8 saatlik ortalaması olan 16 mg/m^3 (16000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)’ü aşmamıştır.

Çizelge 4.2. 2007 – 2017 yılları arasında CO parametresinin ölçüldüğü tüm istasyonlardaki ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri

İstasyon Adı	Ortalama	Standart Sapma
Ümraniye	5487,5	100330,9
Selimiye	3495	2740,7
Kağıthane	2615,3	1885,3
Çatladıkapı	1435,4	608,9
Ümraniye-MTHM	1264,9	1057,2
Mecidiyeköy-MTHM	936,9	935
Üsküdar-MTHM	897,2	501,4
Şirinevler-MTHM	865,6	575,4
Kandilli-MTHM	843,6	720,4
Aksaray	787,9	435,3
Kadıköy	736	507,9
Besiktaş	728,5	481
Yenibosna	676,8	400,9
Üsküdar	633,2	357,3
Esenler	595,9	395,1
Alibeyköy	578,7	377,2
Başakşehir-MTHM	519,6	338,1
Sarıyer	453,2	397,6

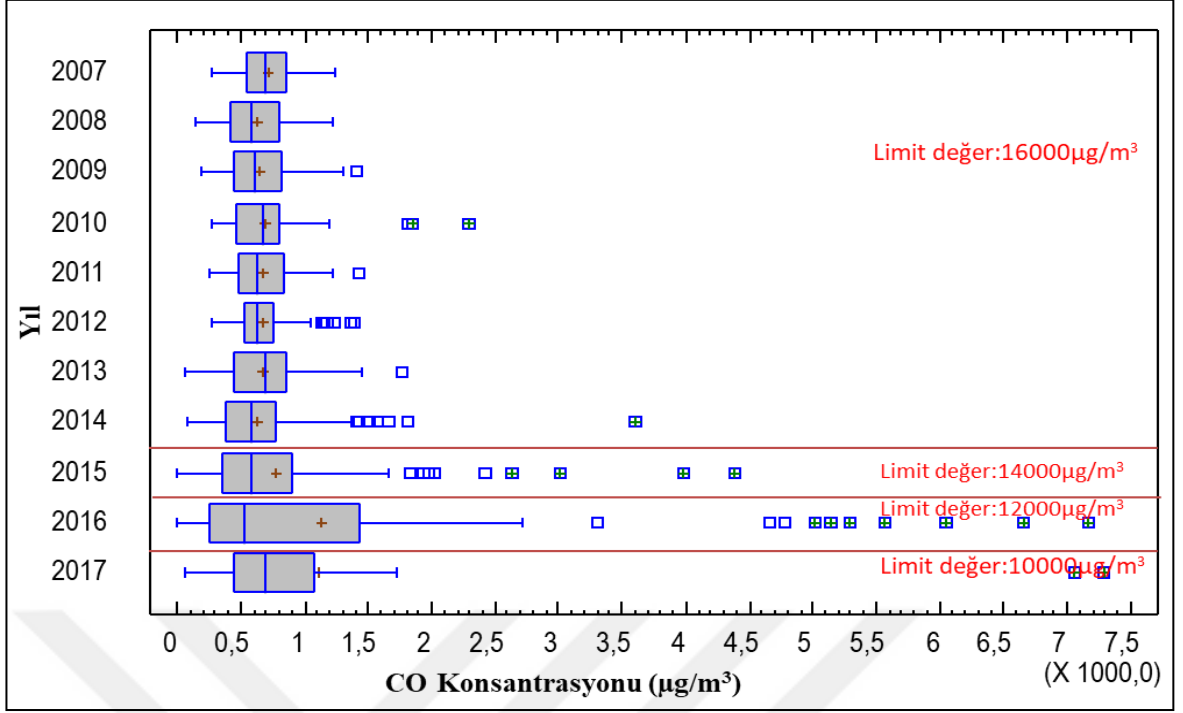
CO’in ölçüldüğü tüm istasyonlardaki yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.3’de verilmektedir. Bu çizelgeye göre Yenibosna istasyonunda, CO seviyesinin 2007 yılından 2017 yılına kadar aratarak değiştiği görülmüştür ($p<0,001$). Buna karşın, Üsküdar, Beşiktaş ve Esenler istasyonlarında 2007 yılından 2017 yılına kadar CO konsantrasyonunda azalma eğilimi görülmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.3. CO'in ölçüldüğü tüm istasyonlardaki yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

CO	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Yenibosna - Yıl	0,44	96	< 0,001
Ümraniye - Yıl	0,12	35	0,4972
Sarıyer - Yıl	0,00	48	0,9991
Alibeyköy - yıl	-0,29	119	0,0019
Üsküdar - Yıl	-0,31	92	0,0027
Beşiktaş - Yıl	-0,33	122	0,0003
Esenler - Yıl	-0,35	122	0,0003

4.1.2. CO Seviyelerinin Yıllara Göre Değişimi

CO ölçümü yapılan tüm istasyonlarda CO konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. CO seviyelerinin 2007 – 2014 yılları arasında birbirlerine benzer dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu yıllarda CO seviyesinin genel olarak 400 – 900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği, ortalama değer açısından da 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde olduğu gözlenmiştir. Ancak 2015 yılından sonra özellikle 2016 yılında CO seviyesinin diğer yıllara göre daha geniş bir aralıkta değiştiği (200 – 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ortalama değer olarak da yaklaşık 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerine ulaştığı, ayrıca çok sayıda ekstrem yüksek seviyelerin de (max 7300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçüldüğü belirlenmiştir. 2016 yılındaki bu durumun ölçüm hatası mı yoksa CO emisyonlarının artmasına sebep olabilecek çeşitli kaynaklardan mı ortaya çıktığı belirlenmelidir. 2017 yılında HKDYY 'e göre, yıllık CO sınır değeri max günlük 8 saatlik ortalama olarak 10 mg/m^3 (10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) belirlenmiştir. Hiçbir ölçüm sonucu bu sınır değerini üzerine çıkmamıştır. Bu nedenle CO açısından HKDYY kapsamında herhangi bir kirlilik sorunundan bahsedilemez. Benzer olarak, EPA'nın CO için 8 saatlik ortalama değeri 9 ppm (10,31 mg/m^3) dir. 2007 yılında Ümraniye'de ölçülen 26000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yıllık ortalama CO seviyesinin, İstanbul'daki tüm istasyonlar dikkate alındığında outlier olduğu Çizelge 4.1'e bakıldığında anlaşılmaktadır.



Şekil 4.1. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi (X 1000,0)

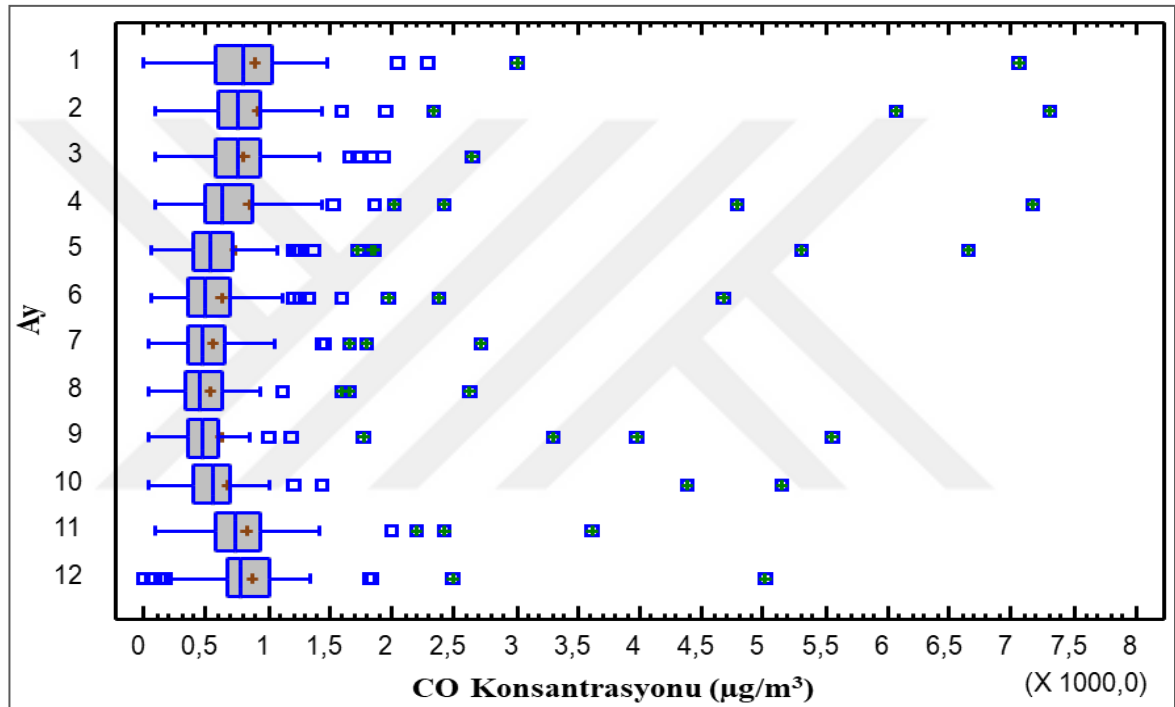
4.1.3. CO Seviyelerinin Aylara Göre Değişimi

CO ölçümü yapılan tüm istasyonlarda, CO konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. CO seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Isınma döneminde, Ekim - Nisan arası CO seviyesinde genel olarak $600 - 900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim gözlenirken, ilkbahar – yaz döneminde $550 - 750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim görülmektedir. Bu nedenle, ısınma döneminde diğer dönemlere göre daha yüksek CO seviyeleri gözlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Ocak ve Şubat aylarında (yaklaşık $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$); en düşük değerlerin ise Ağustos ayında (yaklaşık $550 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olduğu tespit edilmiştir. CO konsantrasyonunun aylara göre değişim tablosuna baktığımızda, en yüksek değerlerin HKDYY 'e göre CO sınır değeri max günlük 8 saatlik ortalama olarak $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 'den ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve EPA'nın CO için 8 saatlik ortalama değeri 9 ppm'den ($10,31 \text{ mg}/\text{m}^3$) aşağı olduğu görülmektedir.

İstanbul 2017 Çevre Durum Raporu'nda belirtildiği gibi, CO değerleri genellikle soğuk mevsimlerde en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bunun sebebi de inversiyon durumu olarak gösterilmiştir (ÇŞB, 2018). Kirlilik olaylarının sıcaklık inveriyonu koşullarında ortaya çıkması daha olasıdır. Kış aylarında yüksek basınç süreleri boyunca güneş ışınımı toprağa ulaşarak ısınır. Geceleri, bulut örtüsünün olmaması, toprağın hızla ısı kaybedeceği

ve toprağa temas eden havanın soğuduğu anlamına gelir. Sıcak hava yükselir ve soğuk havayı zemine yakın tutan bir kapak görevi görür. Kapana kısılan karayolu trafiğinden kaynaklanan kirlilik de dâhil olmak üzere toprağa en yakın hava katmanı daha fazla kirlenmektedir. Bu durum meteorolojik koşullar değişene kadar devam etmektedir (EEA, 2016).

Coşkun (2018), yaptığı çalışmada CO emisyonunun araçların hızına bağlı olarak ters orantılı olarak değiştini ve birim zamanda geçen araç sayısına bağlı olarak negatif korelasyon olduğunu bulmuştur.

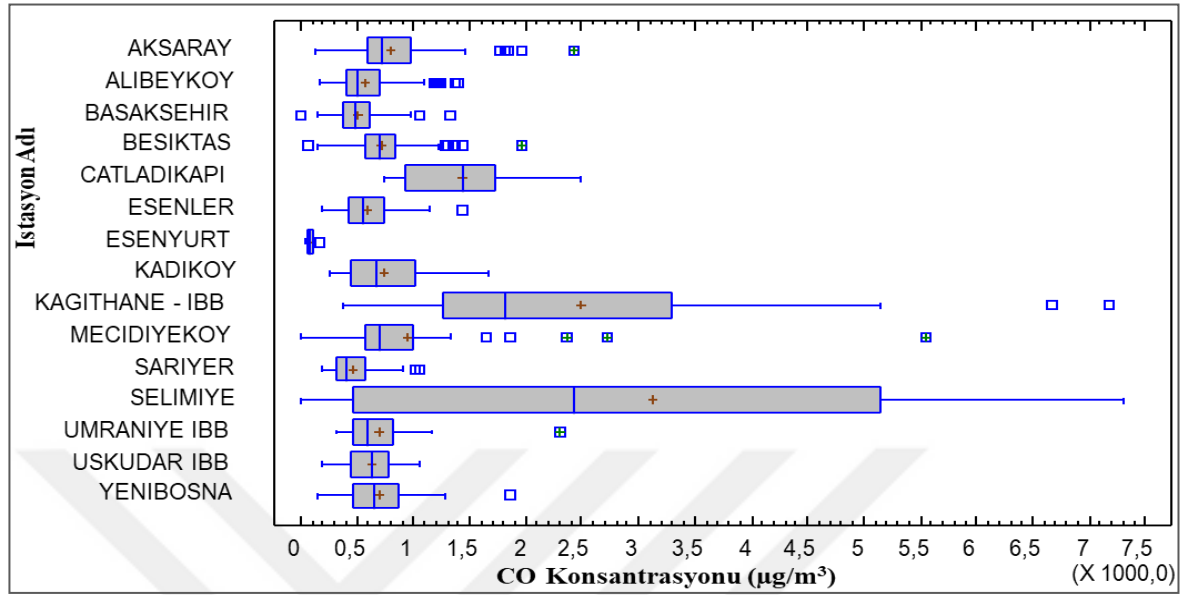


Şekil 4.2. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi (X 1000,0)

4.1.4. CO Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişim

CO ölçümü yapılan tüm istasyonlarda, CO konsantrasyonunun istasyonlar bazında değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. CO ortalama değerlerinin en yüksek olduğu üç lokasyon sırasıyla Anadolu Yakası'nda bulunan Selimiye ($3494 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Avrupa Yakası'nda bulunan Kâğıthane – İBB ($2615 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çatladıkapı ($1435 \mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarıdır. Selimiye istasyonunda CO konsantrasyonu çok geniş aralıkta ölçülmüştür ($450 - 5150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). HKDYY 'e göre CO sınır değeri max günlük 8 saatlik ortalama olarak $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 'den ve EPA'nın CO 8 saatlik ortalama değeri 9 ppm ($10,31 \text{ mg}/\text{m}^3$)'den yüksek olduğu görülmektedir. Avrupa Yakası'nda Esenyurt (yaklaşık 100

$\mu\text{g}/\text{m}^3$), Anadolu Yakası'nda ise Üsküdar (yaklaşık $650 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en düşük CO seviyelerinin görüldüğü istasyonlardır.



Şekil 4.3. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen CO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyon bazında değişimi (X 1000,0)

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki hava kirletici seviyeleri dikkate alındığında, CO konsantrasyonunun istasyonlara göre değişimi Çizelge 4.4.'de verilmektedir. Buna göre CO seviyesinin istasyonlara göre değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,001$). İstasyonlar arası en yüksek ilişki Ümraniye - Aksaray, Ümraniye - Üsküdar, Üsküdar - Esenler ve Esenler - Alibeyköy istasyonları arasında görülmektedir.

Çizelge 4.4. CO'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

CO	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Ümraniye - Aksaray	0,75	31	< 0,001
Ümraniye - Üsküdar	0,74	35	< 0,001
Üsküdar - Esenler	0,73	92	< 0,001
Esenler - Alibeyköy	0,73	119	< 0,001
Ümraniye - Kadıköy	0,67	35	0,0001
Üsküdar - Alibeyköy	0,65	89	< 0,001
Ümraniye - Beşiktaş	0,63	35	0,0002
Ümraniye - Esenler	0,63	35	< 0,001

Çizelge 4.4'ün devamı

Ümraniye - Alibeyköy	0,63	33	0,0004
Yenibosna - Kadıköy	0,62	85	< 0,001
Sarıyer - Üsküdar	0,61	48	< 0,001
Sarıyer - Esenler	0,58	48	0,0007
Yenibosna - Sarıyer	0,57	40	0,0004
Sarıyer - Kadıköy	0,53	48	0,0003
Sarıyer - Ümraniye	0,51	35	0,0029
Sarıyer - Beşiktaş	0,49	48	0,0007
Sarıyer - Aksaray	0,48	44	0,0017
Aksaray - Alibeyköy	0,47	112	< 0,001
Yenibosna - Ümraniye	0,47	34	0,0071
Yenibosna - Esenler	0,46	96	< 0,001
Esenler - Yenibosna	0,46	96	< 0,001
Üsküdar - Beşiktaş	0,46	92	< 0,001
Kadıköy - Alibeyköy	0,44	93	< 0,001
Sarıyer - Alibeyköy	0,44	46	0,0034
Esenler - Kadıköy	0,43	96	< 0,001
Kadıköy - Aksaray	0,42	92	0,0001
Beşiktaş - Esenler	0,41	122	< 0,001
Alibeyköy - Yenibosna	0,39	93	0,0002
Esenler - Aksaray	0,38	115	< 0,001
Beşiktaş - Alibeyköy	0,37	119	0,0001
Üsküdar - Kadıköy	0,36	90	0,0006
Üsküdar - Aksaray	0,35	88	0,0012
Aksaray - Yenibosna	0,33	91	0,0017
Yenibosna - Üsküdar	0,31	83	0,0054
Beşiktaş - Aksaray	0,27	115	0,0044
Yenibosna - Beşiktaş	0,25	96	0,0131
Beşiktaş - Yenibosna	0,25	96	0,0131
Beşiktaş - Kadıköy	0,23	96	0,0275

4.2. PM_{2,5} Seviyelerinin Değişimi

4.2.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık PM_{2,5} Seviyelerinin Değişimi

PM_{2,5} yalnızca 3 istasyonda; Kâğıthane, Silivri ve Ümraniye'de, 2013 yılından itibaren ölçülmeye başlanmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Ulusal mevzuatımızda PM_{2,5} için sınır değerleri belirlenmemiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) PM_{2,5} limit değerini günlük 25 µg/m³ ve yıllık 10 µg/m³ olarak belirlemiştir. Avrupa Birliği (AB) sınır değeri ise PM_{2,5} için yıllık 25 µg/m³'tür. WHO ve AB sınır değerlerine göre 2013 – 2017 yılları arasında Kâğıthane istasyonundaki yıllık ölçüm sonuçları Çizelge 4.5.'de görüldüğü gibi sınır değerlerin üzerinde, Silivri istasyonundaki ölçüm sonuçları ise sınır değerinin altındadır.

Ümraniye'deki ölçüm sonuçları 2016 yılı hariç ($24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) WHO ve AB sınır değerlerinden yüksektir. Ayrıca ölçüm yapılan istasyonlardaki bütün değerler EPA yıllık sınır değerinin ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerinde kalmaktadır. Ümraniye MT istasyonunda 2007 – 2017 yılları aralığında azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık $\text{PM}_{2,5}$ seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2013	2014	2015	2016	2017
12	Kâğıthane	MTHM	$33,9 \pm 22,6$ (10-157)	$32,6 \pm 19,6$ (6-128)	$31,7 \pm 22,1$ (1-140)	$26,4 \pm 16,6$ (7-121)	$27 \pm 9,3$ (13-47)
1	Silivri	MTHM	$21,2 \pm 12$ (6-79)	$21,3 \pm 12,9$ (3-69)	$20,8 \pm 12,4$ (2-75)	$18,7 \pm 9,6$ (6-63)	$24,3 \pm 10,1$ (8-54)
26	Ümraniye	MTHM	$33,5 \pm 14,9$ (13-136)	$32 \pm 14,1$ (12-88)	$26,4 \pm 14,2$ (8-90)	$24,8 \pm 11,4$ (9-97)	$27 \pm 9,3$ (13-47)

* (ort \pm sd (min - max))

2007 – 2017 yılları arasında ölçümü yapılan istasyonlarda Çizelge 4.6'dan görüldüğü gibi $\text{PM}_{2,5}$ parametresinin en yüksek ortalama değeri Kağıthane MTHM ($31,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonunda görülmektedir.

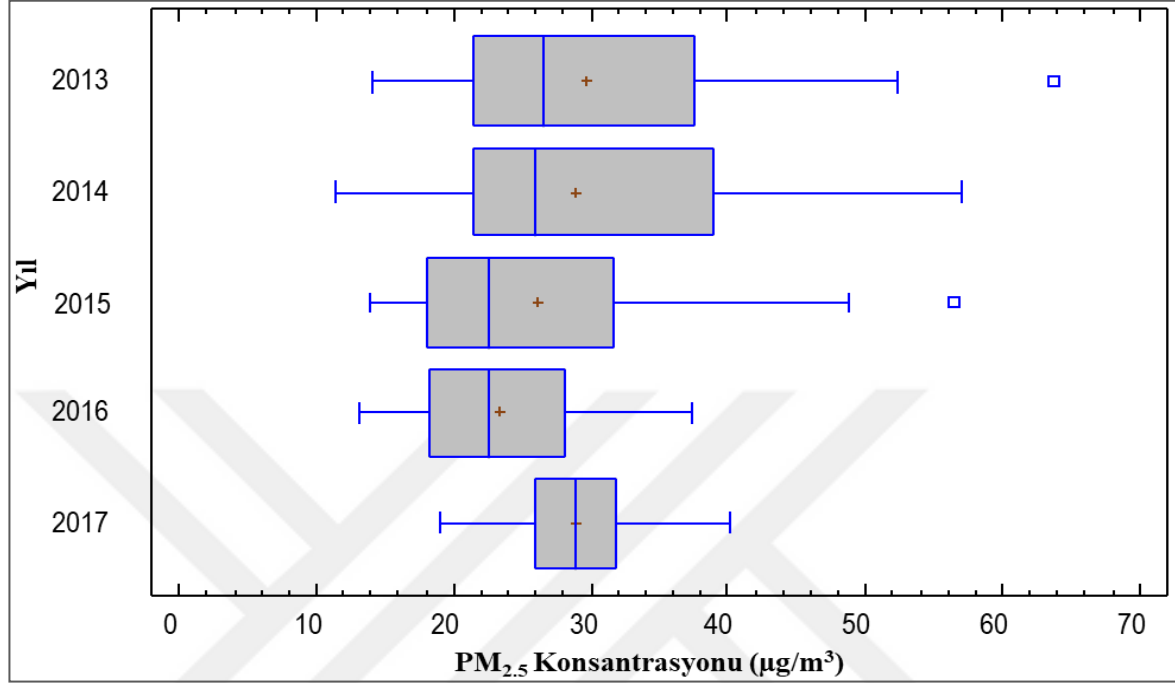
Çizelge 4.6. 2007 – 2017 yılları arasında $\text{PM}_{2,5}$ parametresinin ölçüldüğü tüm istasyonlardaki ortalama ve standart sapma değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Kağıthane-MTHM	31,3	20,3
Ümraniye-MTHM	28,9	14,1
Silivri-MTHM	20,7	11,8

4.2.2. $\text{PM}_{2,5}$ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişimi

$\text{PM}_{2,5}$ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda, $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. $\text{PM}_{2,5}$ seviyelerinin 2013 – 2014 yılları arasında birbirlerine benzer ve geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu yıllarda $\text{PM}_{2,5}$ seviyesinin ortalama $29 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ civarında olduğu gözlenmiştir. 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla yaklaşık 26 ve $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak azalma eğilimi göstermektedir. 2017 yılında ise $\text{PM}_{2,5}$ ortalama $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesine çıktığı gözlenmektedir. 2013 – 2017 yılları

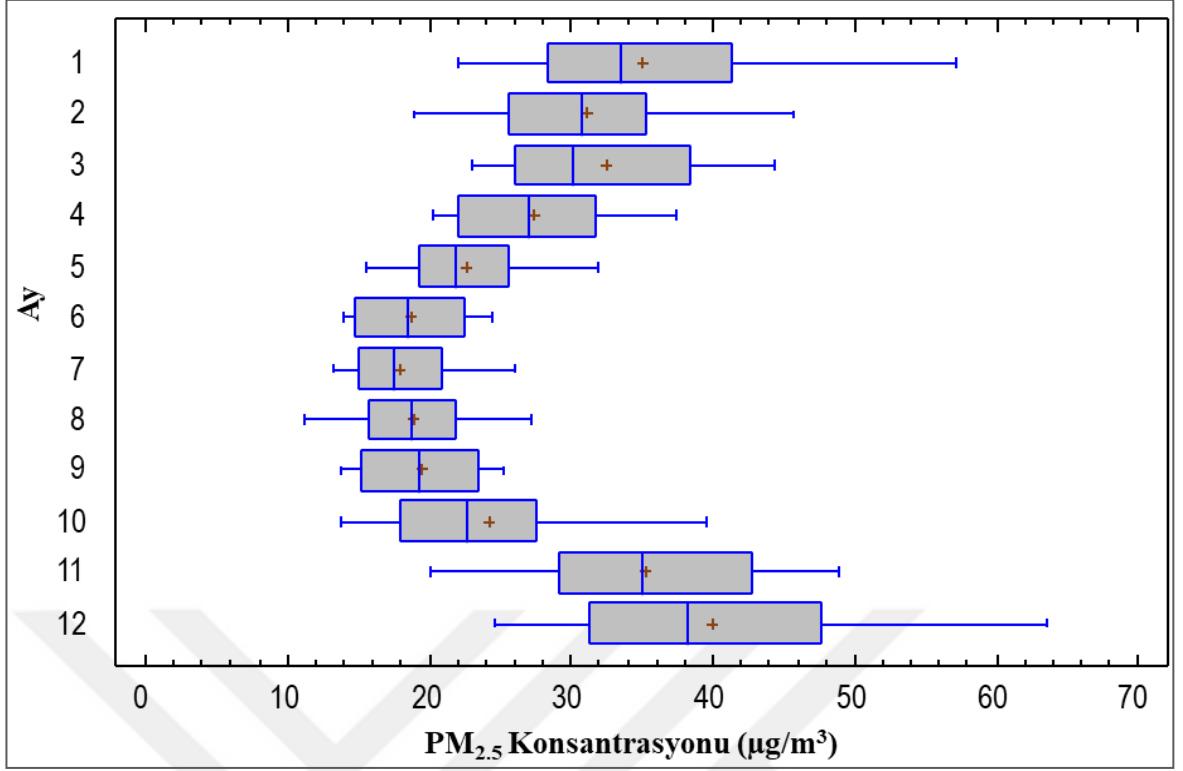
arasındaki tüm yıllık ortalama değerler, WHO'nun PM_{2,5} yıllık ortalama sınır değerinin (10 µg/m³) üzerindedir. Aynı zamanda, 2016 yılı hariç (23 µg/m³) diğer tüm yıllarda AB'nin PM_{2,5} yıllık ortalama sınır değerinin (25 µg/m³) de üzerinde kalmaktadır.



Şekil 4.4. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM_{2,5} konsantrasyonunun (µg/m³) yıllara göre değişimi

4.2.3. PM_{2,5} Seviyelerinin Aylara Göre Değişimi

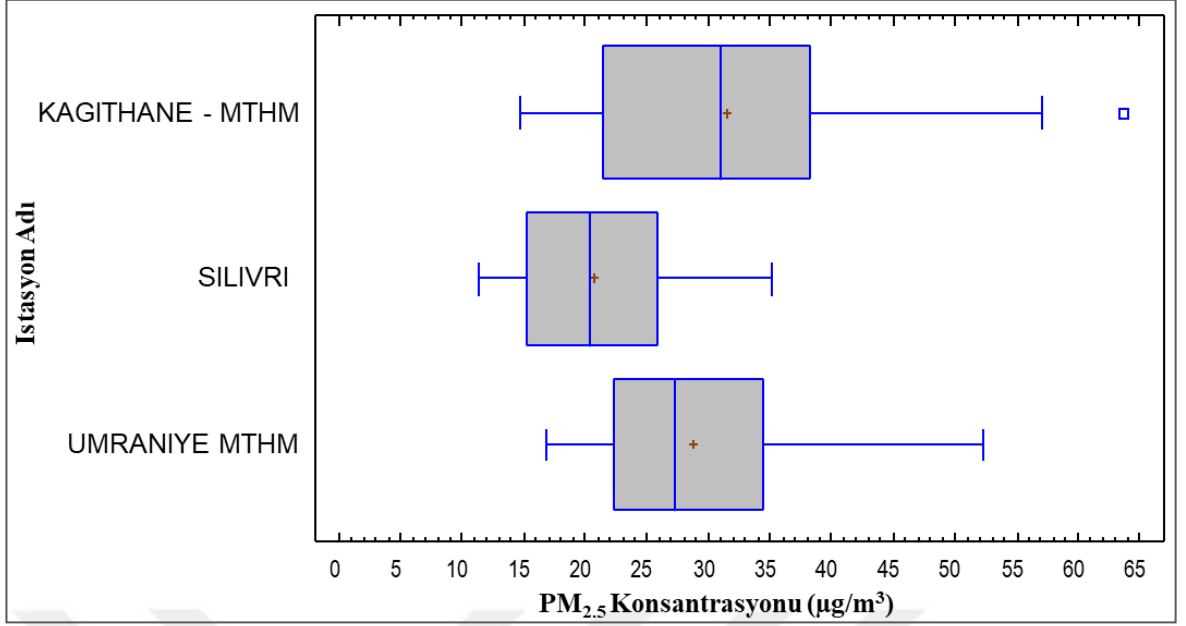
PM_{2,5} ölçümü yapılan tüm istasyonlarda, PM_{2,5} konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.5'de gösterilmiştir. PM_{2,5} seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği anlaşılmaktadır. Isınma döneminde (Ekim - Mart arası), PM_{2,5} seviyesinde genel olarak 31 – 40 µg/m³ aralığında değişim gözlenirken; ilkbahar – yaz döneminde 18 - 27 µg/m³ aralığında değişim görülmektedir. Bu nedenle ısınma döneminde, diğer dönemlere göre daha yüksek PM_{2,5} seviyeleri gözlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım, Aralık ve Ocak aylarında 35 - 40 µg/m³ aralığında; en düşük değerlerin ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında (18 – 19 µg/m³) olduğu tespit edilmiştir. PM_{2,5} konsantrasyonunun aylara göre değişim tablosuna göre; Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarındaki ortalama konsantrasyonlar, AB (25µg/m³) yıllık ortalama PM_{2,5} sınır değerinden yüksektir.



Şekil 4.5. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM_{2,5} konsantrasyonunun (µg/m³) aylara göre değişimi

4.2.4. PM_{2,5} Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi

PM_{2,5} ölçümü yapılan tüm istasyonlarda PM_{2,5} konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Kâğıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarında ölçüm yapılmıştır ve ölçüm yapılmayan istasyonlar ise değerlendirmeye alınmamıştır. Bu 3 istasyondan en yüksek PM_{2,5} değeri Kâğıthane'de 31 µg/m³ olarak görülmekte, diğer istasyonlardaki PM_{2,5} değerleri ise sırasıyla Ümraniye'de 29 µg/m³ ve Silivri'de 21 µg/m³ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.6. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun ($\mu g/m^3$) istasyonlara göre değişimi

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki $PM_{2.5}$ seviyesi dikkate alındığında, istasyonlara göre değişimi Çizelge 4.7'de verilmektedir. Buna göre, $PM_{2.5}$ seviyesinin istasyon bazında değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,001$). $PM_{2.5}$ açısından Kâğıthane MTHM - Silivri MTHM, Kâğıthane MTHM - Ümraniye MTHM, Silivri MTHM - Ümraniye MTHM istasyonlarının birbirleri ile pozitif yönde kuvvetli ilişkisinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. $PM_{2.5}$ 'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Kağıthane MTHM - Silivri MTHM	0,92	49	< 0,001
Kağıthane MTHM - Ümraniye MTHM	0,88	49	< 0,001
Silivri MTHM - Ümraniye MTHM	0,83	49	< 0,001

4.3. PM₁₀ Seviyelerinin Değişimi

4.3.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık PM₁₀ Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan 19 tanesinde PM₁₀ ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.8'den de görüldüğü gibi, 2007 – 2017 yılları arasında Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Kartal, Sarıyer, Ümraniye (İBB), Üsküdar (İBB) ve Yenibosna istasyonlarında ölçüm yapılmıştır. Bunların dışındaki istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıлып, belirli yıllarda yapılmadığı tablodan da görülmektedir. HKDYY'ne göre yıllık ortalama limit değerler 2009 yılından sonra, her yıl kademeli olarak değişmektedir ve bu limit değerlerin üzerinde kalan konsantrasyonlar Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık PM₁₀ seviyelerinin değişimi (µg/m³) *

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
HKDYY Limit Değerler (µg/m³)			150	150	150	132	114	96	78	60	56	52	48
10	Aksaray	İBB	74,4 ± 84,5 (1-814)	58,3 ± 24,5 (19-163)	46,1 ± 23,5 (17-204)	46,8 ± 19,7 (12-150)	47,8 ± 22,7 (12-163)	65,3 ± 30,7 (18-202)	73,9 ± 32,7 (5-226)	56,6 ± 23,3 (3-180)	55,1 ± 23,6 (18-210)	65,3 ± 44,6 (16-297)	57,5 ± 44 (21-397)
9	Alibeyköy	İBB	57,7 ± 38,9 (4-523)	68,6 ± 44,4 (13-346)	64,7 ± 41,9 (11-292)	49,5 ± 25,7 (12-178)	47,6 ± 30,4 (9-174)	45,5 ± 27,6 (3-229)	52,9 ± 34,9 (4-277)	60,6 ± 23,3 (13-176)	44,8 ± 21,1 (12-118)	59 ± 21,1 (12-118)	34,2 ± 24,9 (5-157)
7	Başakşehir	MTHM							58,1 ± 33 (12-229)	57,3 ± 28,4 (13-166)	60,3 ± 32,8 (6-177)	54,2 ± 31,9 (11-327)	61,8 ± 38,9 (14-124)
16	Beşiktaş	İBB	121 ± 513,1 (1-4184)	52,1 ± 23 (11-197)	50,6 ± 26,4 (10-256)	45,8 ± 20,5 (6-180)	44,1 ± 20,9 (2-135)	52,3 ± 21,9 (12-168)	51,4 ± 24,5 (11-164)	46,7 ± 48,8 (10-890)	46,7 ± 28,2 (7-365)	46,7 ± 64,7 (7-842)	40,7 ± 20,8 (8-85)
6	Esenler	İBB	87,9 ± 174,3 (19-2917)	85 ± 84,5 (15-989)	67,9 ± 38,2 (14-299)	50,4 ± 24,7 (9-169)	55,2 ± 29,8 (12-177)	59,9 ± 30,4 (12-270)	63,3 ± 36,8 (12-270)	53,3 ± 27 (10-178)	55,6 ± 32,7 (8-288)	51,6 ± 32,4 (12-321)	45,1 ± 23,9 (14-123)
2	Esenyurt	MTHM							84,5 ± 49,6 (13-365)	90,9 ± 44,5 (17-286)	114,8 ± 61,4 (19-395)	74,3 ± 54,9 (21-462)	77,4 ± 43,4 (29-244)
24	Kadıköy	İBB	54,9 ± 244 (2-4068)	45,8 ± 33,1 (7-254)	42,3 ± 40,3 (8-300)	42,7 ± 29,8 (5-197)	46,4 ± 37,8 (8-314)	49,6 ± 29,8 (10-169)	51,9 ± 32,9 (8-203)	53,4 ± 39,4 (6-263)	53,4 ± 42,8 (7-247)	52,1 ± 47,3 (1-417)	47,4 ± 36,7 (3-185)
19	Kandilli	MTHM							45,1 ± 23,5 (13-129)	48,2 ± 25 (12-163)	44,9 ± 27,9 (6-303)	42,8 ± 25,8 (10-287)	40,9 ± 21,2 (13-116)
28	Kartal	İBB	76,1 ± 44,9 (1-363)	69,7 ± 39,8 (9-339)	72,4 ± 51,4 (13-331)	75,3 ± 40,4 (12-266)	59,7 ± 32,4 (11-195)	79,1 ± 36,1 (12-232)	80,8 ± 43,7 (15-275)	52,2 ± 32,4 (2-235)	46,4 ± 26 (2-321)	45,3 ± 36,9 (2-520)	37,8 ± 15,3 (2-76)
15	Mecidiyeköy	MTHM							58,9 ± 26,8 (21-204)	52,2 ± 21,3 (14-148)	51,2 ± 25,5 (3-306)	52,5 ± 30,5 (12-401)	50,9 ± 22,2 (14-184)
17	Sarıyer	İBB	37 ± 32,6 (3-473)	50,3 ± 30,8 (10-168)	55,1 ± 37,1 (7-245)	45,7 ± 27,2 (5-206)	35,5 ± 25,5 (5-136)	38,4 ± 21,6 (9-120)	38,8 ± 26,1 (6-137)	34,9 ± 21,7 (5-118)	54,2 ± 35,3 (6-339)	37,6 ± 25,4 (6-219)	25 ± 18,8 (3-91)
1	Silivri	MTHM							42 ± 20 (11-125)	38,3 ± 17,6 (5-101)	39,9 ± 24,7 (5-336)	36,3 ± 21 (9-260)	42,2 ± 21,6 (14-184)

Çizelge 4.8'in devamı

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
30	Şile	MTHM							31 ± 14,3 (9-144)	27,6 ± 9,4 (10-65)	25,4 ± 17,9 (4-275)	24,9 ± 19,6 (9-324)	25,4 ± 10,1 (9-62)
5	Şirinevler	MTHM							69,6 ± 29,3 (25-171)	73,5 ± 32,7 (18-220)	58,2 ± 32 (7-314)	23,6 ± 18,1 (7-152)	58,7 ± 21,3 (26-121)
26	Ümraniye	MTHM							71,4 ± 24,2 (23-172)	62,4 ± 26,8 (19-165)	52,8 ± 29,5 (13-339)	56 ± 25,1 (18-283)	34,6 ± 13,6 (9-73)
31	Ümraniye	İBB	46,8 ± 26,1 (9-180)	46,3 ± 24,1 (11-152)	36,8 ± 25,9 (8-211)	44,7 ± 27 (6-184)	47,6 ± 28,6 (9-174)	50,1 ± 24,9 (9-134)	54,4 ± 33 (4-238)	56,7 ± 88,5 (7-1567)	37,3 ± 24,2 (4-287)	42,5 ± 23 (6-185)	45,8 ± 43,2 (8-341)
21	Üsküdar	MTHM							46,7 ± 24,3 (10-172)	46,3 ± 24,9 (8-135)	38,8 ± 25,2 (6-282)	36,7 ± 23 (8-258)	41,6 ± 21,1 (10-124)
22	Üsküdar	İBB	59,8 ± 161,1 (6-2131)	43,8 ± 22,3 (14-137)	38,4 ± 22,9 (5-186)	41,3 ± 19,7 (7-112)	40,8 ± 22,2 (8-176)	38,6 ± 17,3 (10-95)	41,2 ± 24,6 (10-168)	39,7 ± 21,7 (5-138)	38,2 ± 26 (2-250)	46 ± 30,8 (13-251)	50,1 ± 24,2 (13-119)
4	Yenibosna	İBB	57,6 ± 32,4 (19-201)	70,2 ± 32,4 (19-201)	62,2 ± 45,1 (5-310)	58,7 ± 35,4 (13-238)	56,3 ± 32,8 (2-245)	52,8 ± 25,2 (17-178)	58,9 ± 40,7 (15-301)	56,3 ± 32,8 (2-245)	63,3 ± 40,6 (20-330)	60 ± 55,9 (2-494)	52,5 ± 25,3 (20-142)

* (ort ± sd (min - max))

2007 - 2017 Yılları arasında PM₁₀'un ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.9'da verilmektedir. Buna göre en yüksek ortalama PM₁₀ konsantrasyonu Esenyurt istasyonunda (90,1 µg/m³) görülmektedir. 2007 – 2017 yılları arasında HKDYY Limit Değerlerinde değişmektedir (bkz. Çizelge 4.8). Ancak, bugünkü HKDYY limit değeri dikkate alınır (2019 yılı), 40 µg/m³ değerinin üzerinde kalmaktadır.

Çizelge 4.9. 2007 - 2017 Yılları arasında PM₁₀'un ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama (µg/m³) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Esenyurt-MTHM	90,1	54,4
Kartal	65,3	40,8
Esenler	62,5	66,6
Yenibosna	60	38,2
Ümraniye-MTHM	58,7	27,5
Aksaray	58,6	38,2
Başakşehir-MTHM	57,7	32,1
Şirinevler-MTHM	55,7	34,2
Besiktaş	54,9	158,7
Alibeyköy	54,5	34,3
Mecidiyeköy-MTHM	53,3	26,1
Kadıköy	49,1	78,1
Ümraniye	46,4	38,4
Kandilli-MTHM	45	25,5
Üsküdar	42,4	52,4
Sarıyer	42,1	29,5
Üsküdar-MTHM	42	24,5
Silivri-MTHM	39,3	21,1
Şile-MTHM	27	15,7

PM₁₀'un ölçüldüğü tüm istasyonlarda PM₁₀ yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.10'da verilmektedir. Buna göre Kadıköy istasyonunda 2007 – 2017 yılları arasında PM₁₀ seviyesi artarak değişirken; Alibeyköy ve Üsküdar MT istasyonlarında 2007 yılından 2017 yılına kadar azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir.

Kadıköy'deki PM₁₀ konsantrasyonundaki artışı, kentsel dönüşüm ile açıklayabiliriz. İnşaatların yapılması, inşaat malzemelerinin kamyonlar ile yoğun bir şekilde taşınması toz miktarını attırmaktadır. Karademir (2018), Kadıköy'ün 2007 – 2017 yılları arasında

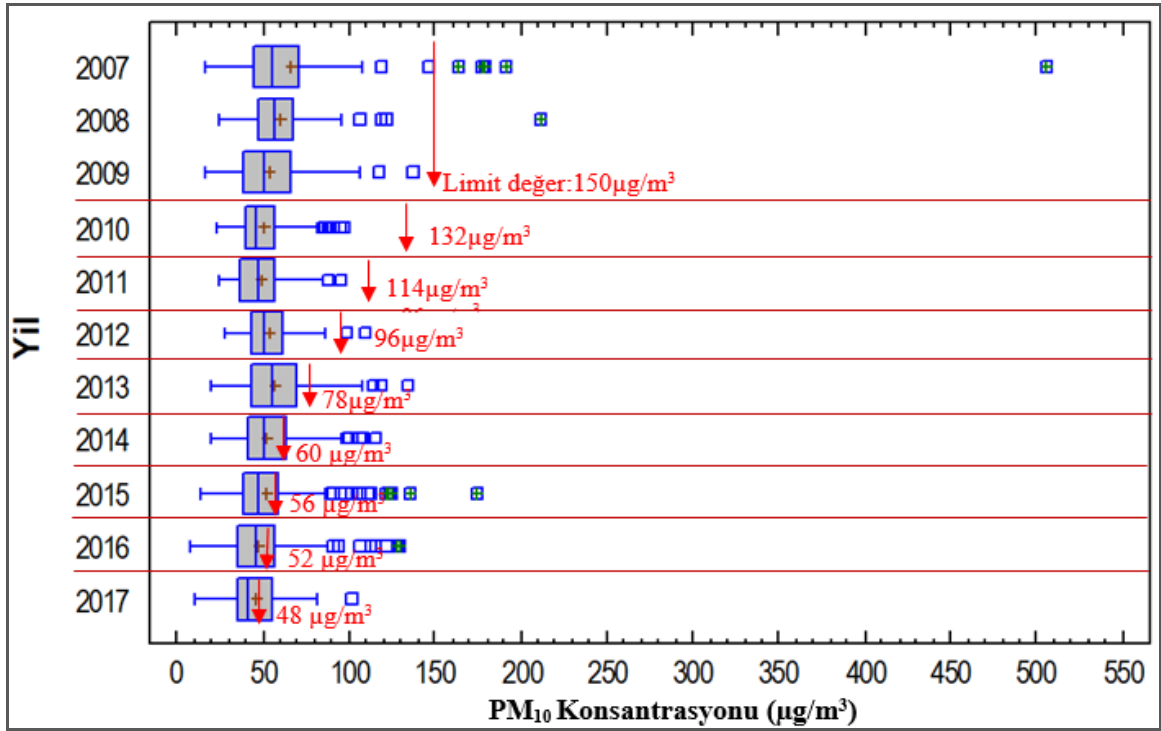
kentsel dönüşüme girmesi ile oluşan çevresel kirliliğini araştırmıştır. Bu çalışmaya göre kentsel dönüşüm faaliyetlerinin olduğu bölgelerde PM₁₀ konsantrasyonunun yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. PM₁₀'un ölçüldüğü tüm istasyonlarda yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

PM ₁₀	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Kadıköy - Yıl	0,19	122	0,0329
Alibeyköy - Yıl	-0,21	115	0,0242
Üsküdar MT - Yıl	-0,29	49	0,046
Şile MT - Yıl	-0,39	49	0,0075
Esenler - Yıl	-0,40	122	< 0,001
Kartal - Yıl	-0,46	122	< 0,001
Ümraniye MT - Yıl	-0,55	49	0,0001
Şirinevler MT - Yıl	-0,59	49	< 0,001

4.3.2. PM₁₀ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim

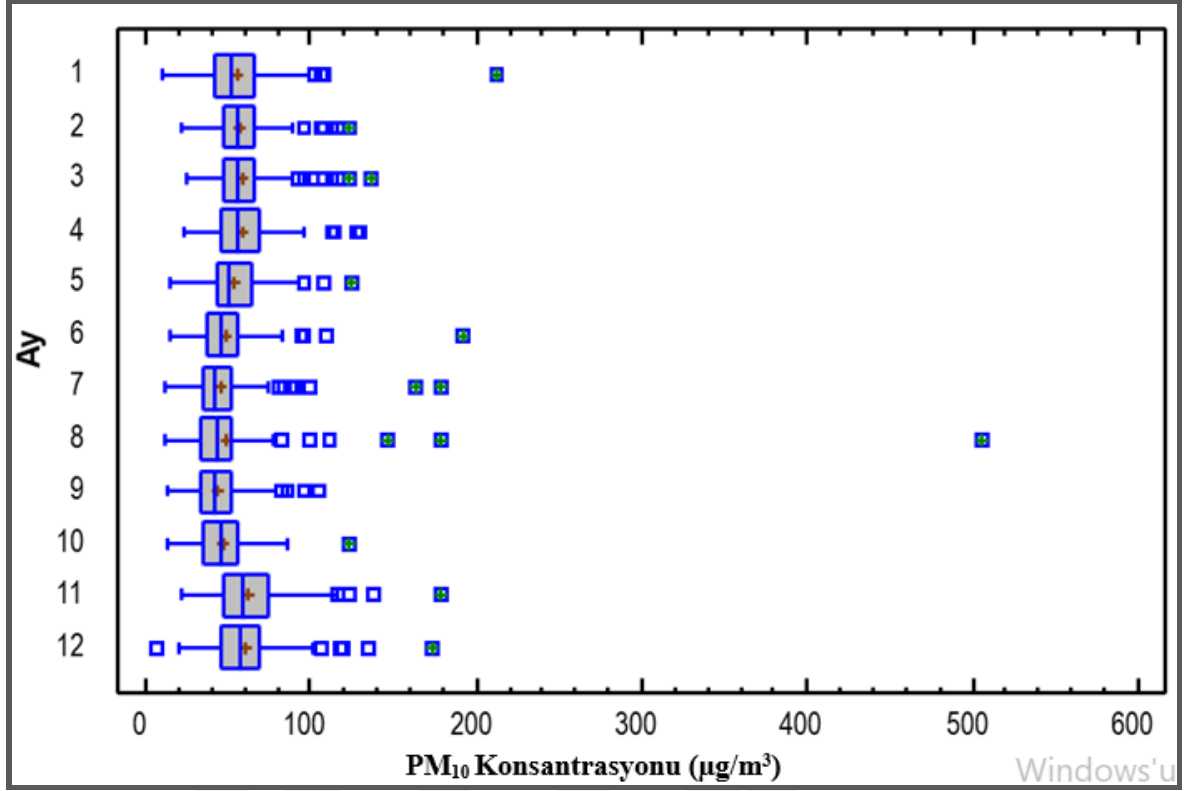
PM₁₀ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda PM₁₀ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.7'de gösterilmiştir. PM₁₀ seviyelerinin 2010 – 2017 yılları arasında 2013 yılı hariç birbirlerine benzer dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu yıllarda PM₁₀ seviyesinin 35 – 60 µg/m³ aralığında değiştiği, PM₁₀ seviyesinin ortalama değer açısından 50 µg/m³ seviyelerinde olduğu gözlenmiştir. Ancak 2007 – 2009 ve 2013 yıllarında PM₁₀ seviyesinin, diğer yıllara göre 39 – 70 µg/m³ aralığında değiştiği ve ortalama değer olarak da birbirine yakın değerlerde olmadığı görülmektedir. 2007 yılında ekstrem yüksek bir değer (505 µg/m³) ölçüldüğü belirlenmiştir. HKDYY'ne göre yıllık ortalama PM₁₀ sınır değerlerine göre, hiçbir ölçüm sonucu sınır değerleri üzerine çıkmamıştır. Bu nedenle, PM₁₀ açısından HKDYY kapsamında herhangi bir kirlilik sorunundan bahsedilemez. Ancak bütün ölçüm sonuçları, AB'nin yıllık PM₁₀ sınır değerinin (40 µg/m³) ve WHO'nun yıllık PM₁₀ sınır değerinin (20 µg/m³) üzerindedir.



Şekil 4.7. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM₁₀ konsantrasyonunun (µg/m³) yıllara göre değişimi

PM₁₀ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda PM₁₀ konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında değerler 40 – 75 µg/m³ aralığında değişmekte ve genel ortalamaları 60 µg/m³'tür. Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları benzer dağılım göstermektedir ve genel ortalamaları 43 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak kış döneminde PM₁₀ değerlerinin, yaz dönemine göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, PM₁₀ seviyelerindeki artışın yanma sonucu meydana geldiğini açıklamaktadır.

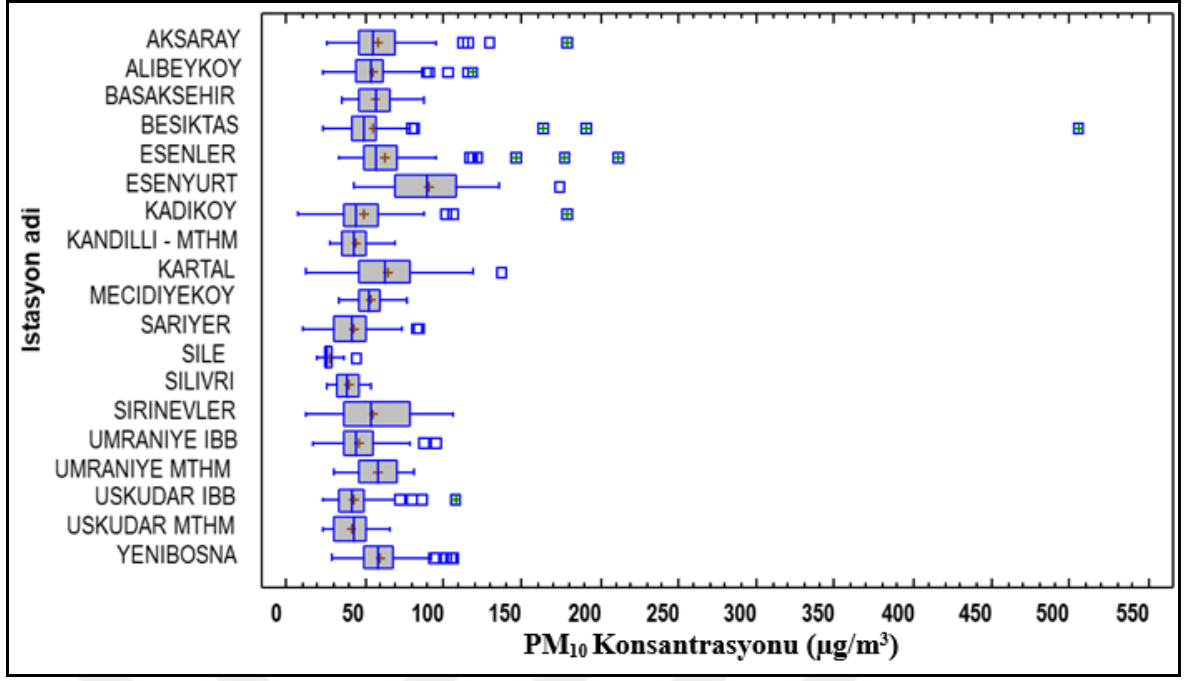
Benzer bir çalışmayı Menteşe (2011) Zonguldak şehir merkezi için yapmıştır. Bu çalışmada PM₁₀ konsantrasyonunun en yüksek olduğu ayların Aralık ve Ocak ayları olduğu; Kasım, Şubat, Mart ve Nisan aylarında da yüksek düzeyde ancak Aralık ve Ocak aylarındaki kadar olmadığı tespit edilmiştir. Temmuz ayında ise en düşük PM₁₀ seviyesi belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar ile Menteşe (2011)'in bulguları uyumluluk göstermektedir.



Şekil 4.8. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM₁₀ konsantrasyonunun (µg/m³) aylara göre değişiminin

4.3.4. PM₁₀ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi

PM₁₀ konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.9'de gösterilmiştir. En yüksek PM₁₀ ortalama değeri Avrupa Yakası'nda Esenyurt'ta 90,1 µg/m³ ve Anadolu Yakasında ise Kartal'da 65 µg/m³ olarak ölçülmüştür. En düşük PM₁₀ ortalama değerleri ise Avrupa Yakası'nda Silivri'de 50 µg/m³ ve Anadolu Yakası'nda Şile'de 29 µg/m³ olarak ölçülmüştür. PM₁₀ ölçümü yapılan istasyonlarda, Şile istasyonu hariç, diğer tüm istasyonlardaki ortalama değerler, AB'nin PM₁₀ ortalama yıllık sınır değerinin (40 µg/m³) üzerinde kalmaktadır.



Şekil 4.9. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen PM₁₀ konsantrasyonunun istasyonlara göre değişimi (µg/m³)

Esenyurt Belediyesi 2015 – 2019 Stratejik Plan'ında da belirtildiği gibi, Esenyurt Türkiye ortalamasının üzerinde nüfus artış hızına sahiptir ve nüfusun bu kadar hızlı bir şekilde artmasının en önemli nedeni bu bölgeye olan göçlerdir. Toplu konut alanları için bölgede boş alanların da olmasıyla, göçler beraberinde hızlı kentleşmeyi getirmektedir. Esenyurt, konum olarak E-5, TEM, havaalanı ve gümrüğe yakın olması sebebiyle de sanayiciler tarafından tercih edilen bir bölge olup; 1. ve 2. sınıf fabrikalar burada bulunmakta ve bu fabrikaların üretim alanları tekstil, gıda, oto sanayi, ayakkabı, alüminyum, mutfak gereçleri, plastik, kimyasallar ve kâğıt sanayi üzerindedir (Esenyurt Belediye Başkanlığı). Esenyurt'ta yüksek PM₁₀ ortalama değerinin olması İstanbul İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu'na göre; bu bölgedeki meydana gelen yoğun yapılaşma, trafik, evsel ısınma ve sanayi bölgelerinden kaynaklanan kirlilik olarak gösterilmektedir. Avrupa Yakası'nda ölçülen en düşük PM₁₀ değerleri ise şehir merkezinden uzakta bulunması sebebiyle Silivri İstasyonu olarak gösterilmiştir (ÇŞB, 2018).

Kartal Belediyesi 2015 – 2019 Stratejik Planı'nında da açıklandığı üzere, Kartal ilçesi ulaşımında merkezi bir noktada olma özelliğindedir. Karayolu (E-5 karayolu, sahil yolu, Tem otoyolu, Minibüs Caddesi önemli karayolu bağlantılarıdır.), havayolu (Sabiha Gökçen Havaalanına 15 dakika mesafede), deniz yolu (deniz otobüsü ve yolcu motorları) ve raylı sistem (banliyö treni ve metro) ulaşım akslarında bulunmaktadır (Kartal

Belediyesi). İstanbul ili 2017 Çevre Durum Raporu'na göre ulaşım araçlarının yoğun olarak bulunduğu bu konum partikül madde konsantrasyonunun bölgedeki etkisini ortaya koymaktadır. Anadolu Yakası'nda en düşük PM₁₀ ortalama değeri ise şehrin etkisinden uzak ve kırsal bir konumda olması ile bilinen Şile'dir (ÇŞB, 2018).

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki PM₁₀ seviyesi dikkate alındığında PM₁₀ seviyesinin istasyonlara göre değişimi Çizelge 4.11.'de verilmektedir. Buna göre, PM₁₀ seviyesinin istasyonlara göre değişim gösterdiği belirlenmiştir (p<0,001). En yüksek pozitif ilişki Üsküdar MTHM - Kandilli MTHM, Mecidiyeköy MTHM - Kandilli MTHM, Üsküdar - Mecidiyeköy MTHM ve Üsküdar MTHM - Silivri istasyonlarında görülmektedir.

Çizelge 4.11. PM₁₀'un Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Üsküdar MTHM - Kandilli MTHM	0,90	49	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Kandilli MTHM	0,88	49	< 0,001
Üsküdar - Mecidiyeköy MTHM	0,85	45	< 0,001
Üsküdar MTHM - Silivri MTHM	0,85	49	< 0,001
Silivri MTHM - Kandilli MTHM	0,84	49	< 0,001
Üsküdar - Kandilli MTHM	0,83	45	< 0,001
Üsküdar MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,83	49	< 0,001
Yenibosna - Kandilli MTHM	0,81	49	< 0,001
Üsküdar - Üsküdar MTHM	0,80	45	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Kadıköy	0,78	49	< 0,001
Silivri MTHM - Kadıköy	0,78	49	< 0,001
Silivri MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,78	49	< 0,001
Kadıköy - Kandilli MTHM	0,77	49	< 0,001
Silivri MTHM - Esenler	0,75	49	< 0,001
Silivri MTHM - Başakşehir MTHM	0,74	49	< 0,001
Üsküdar MTHM- Kadıköy	0,74	49	< 0,001
Üsküdar - Silivri MTHM	0,74	45	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Başakşehir MTHM	0,73	49	< 0,001
Yenibosna - Mecidiyeköy MTHM	0,73	49	< 0,001
Kandilli MTHM - Başakşehir MTHM	0,72	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Başakşehir MTHM	0,72	49	< 0,001
Silivri MTHM - Kartal	0,72	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Kartal	0,72	49	< 0,001
Üsküdar - Yenibosna	0,72	118	< 0,001

Çizelge 4.11'in devamı

Ümraniye MTHM - Kartal	0,71	49	< 0,001
Kadıköy - Başakşehir MTHM	0,69	49	< 0,001
Kandilli MTHM - Esenler	0,69	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Şile MTHM	0,68	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Şirinevler MTHM	0,68	49	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Beşiktaş	0,67	48	< 0,001
Üsküdar - Başakşehir MTHM	0,67	45	< 0,001
Kartal - Mecidiyeköy MTHM	0,66	49	< 0,001
Yenibosna - Silivri MTHM	0,66	49	< 0,001
Yenibosna - Üsküdar MTHM	0,66	49	< 0,001
Esenyurt MTHM - Başakşehir MTHM	0,66	49	< 0,001
Sarıyer - Esenyurt MTHM	0,65	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Üsküdar MTHM	0,65	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Esenler	0,63	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Esenler	0,63	49	< 0,001
Kartal - Kandilli MTHM	0,63	49	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM- Aksaray	0,63	46	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Esenler	0,62	49	< 0,001
Yenibosna - Başakşehir MTHM	0,62	49	< 0,001
Ümraniye MTHM- Kandilli MTHM	0,62	49	< 0,001
Şile MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,62	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Şile MTHM	0,62	49	< 0,001
Sarıyer - Başakşehir MTHM	0,61	49	< 0,001
Yenibosna - Sarıyer	0,61	121	< 0,001
Kandilli MTHM - Beşiktaş	0,61	48	< 0,001
Başakşehir MTHM - Beşiktaş	0,60	48	< 0,001
Sarıyer - Kandilli MTHM	0,60	49	< 0,001
Silivri MTHM - Esenyurt MTHM	0,60	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,60	49	< 0,001
Esenyurt MTHM - Kandilli MTHM	0,59	49	< 0,001
Şile MTHM - Kandilli MTHM	0,59	49	< 0,001
Şile MTHM - Kartal	0,59	49	< 0,001
Şile MTHM - Silivri MTHM	0,59	49	< 0,001
Ümraniye - Şile MTHM	0,59	48	< 0,001
Üsküdar - Şile MTHM	0,59	45	0,0001
Silivri MTHM - Beşiktaş	0,57	48	0,0001
Yenibosna - Esenler	0,57	122	< 0,001
Esenyurt MTHM - Kadıköy	0,57	49	0,0001
Üsküdar - Kadıköy	0,57	118	< 0,001
Yenibosna - Esenyurt MTHM	0,57	49	0,0001
Ümraniye MTHM - Silivri MTHM	0,57	49	0,0001
Ümraniye - Üsküdar MTHM	0,57	48	0,0001
Silivri MTHM - Aksaray	0,57	46	0,0001
Kartal - Esenler	0,55	122	< 0,001

Çizelge 4.11'in devamı

Üsküdar MTHM - Beşiktaş	0,55	48	0,0001
Yenibosna - Kadıköy	0,54	122	< 0,001
Ümraniye - Mecidiyeköy MTHM	0,54	48	0,0002
Ümraniye MTHM - Ümraniye	0,54	48	0,0002
Üsküdar - Esenler	0,53	118	< 0,001
Şirinevler MTHM- Kandilli MTHM	0,53	49	0,0002
Silivri MTHM - Sarıyer	0,53	49	0,0002
Şirinevler MTHM - Silivri MTHM	0,53	49	0,0003
Şile MTHM - Şirinevler MTHM	0,52	49	0,0004
Ümraniye - Şirinevler MTHM	0,52	48	0,0004
Üsküdar - Ümraniye	0,52	118	< 0,001
Şile MTHM - Aksaray	0,52	46	0,0005
Şile MTHM - Kadıköy	0,51	49	0,0004
Ümraniye MTHM- Kadıköy	0,51	49	0,0004
Mecidiyeköy MTHM - Sarıyer	0,51	49	0,0004
Şirinevler MTHM - Kartal	0,51	49	0,0004
Mecidiyeköy MTHM - Esenyurt MTHM	0,50	49	0,0005
Ümraniye - Kadıköy	0,50	121	< 0,001
Üsküdar MTHM - Sarıyer	0,50	49	0,0006
Kandilli - Aksaray	0,49	46	0,0009
Başakşehir MTHM - Aksaray	0,49	46	0,001
Üsküdar MTHM - Aksaray	0,49	116	0,0009
Başakşehir MTHM - Esenler	0,49	49	< 0,001
Beşiktaş - Esenler	0,49	121	< 0,001
Üsküdar - Beşiktaş	0,49	118	< 0,001
Üsküdar - Ümraniye MTHM	0,49	45	0,001
Yenibosna - Ümraniye	0,49	121	< 0,001
Yenibosna - Alibeyköy	0,48	115	< 0,001
Ümraniye - Kandilli MTHM	0,48	48	0,0011
Esenyurt MTHM - Esenler	0,48	49	0,001
Ümraniye - Aksaray	0,47	118	< 0,001
Kartal - Beşiktaş	0,47	121	< 0,001
Ümraniye MTHM - Şirinevler MTHM	0,47	49	0,0011
Şile MTHM - Başakşehir MTHM	0,46	49	0,0013
Üsküdar MTHM - Esenyurt MTHM	0,45	49	0,0019
Ümraniye - Beşiktaş	0,44	120	< 0,001
Üsküdar - Aksaray	0,44	116	< 0,001
Kartal - Başakşehir MTHM	0,44	49	0,0025
Şirinevler MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,44	49	0,0022
Üsküdar - Sarıyer	0,44	117	< 0,001
Esenler - Alibeyköy	0,43	115	< 0,001
Esenler - Aksaray	0,43	119	< 0,001
Sarıyer - Esenler	0,43	121	< 0,001
Kartal - Sarıyer	0,43	121	< 0,001

Çizelge 4.11'in devamı

Yenibosna - Ümraniye MTHM	0,43	49	0,0026
Sarıyer - Alibeyköy	0,43	114	< 0,001
Kadıköy - Esenler	0,43	122	< 0,001
Üsküdar - Alibeyköy	0,42	111	< 0,001
Sarıyer - Beşiktaş	0,42	120	< 0,001
Şirinevler MTHM - Esenler	0,42	49	0,004
Beşiktaş - Aksaray	0,42	118	< 0,001
Kadıköy - Aksaray	0,42	119	< 0,001
Şirinevler MTHM - Başakşehir MTHM	0,41	49	0,0041
Ümraniye - Esenler	0,41	121	< 0,001
Ümraniye - Kartal	0,41	121	< 0,001
Yenibosna - Şile MTHM	0,41	49	0,0042
Ümraniye MTHM - Aksaray	0,40	118	0,0081
Şile MTHM - Esenler	0,40	49	0,0053
Üsküdar - Esenyurt MTHM	0,40	45	0,0078
Esenyurt MTHM - Beşiktaş	0,39	48	0,0073
Kartal - Esenyurt MTHM	0,39	49	0,0076
Şirinevler MTHM- Kadıköy	0,39	49	0,0065
Yenibosna - Beşiktaş	0,38	121	< 0,001
Yenibosna - Kartal	0,37	122	< 0,001
Ümraniye - Silivri MTHM	0,37	48	0,0107
Kadıköy - Beşiktaş	0,36	121	0,0001
Yenibosna - Aksaray	0,36	119	0,0001
Sarıyer - Kadıköy	0,36	121	0,0001
Şile MTHM- Alibeyköy	0,36	44	0,0194
Kadıköy - Alibeyköy	0,35	115	0,0002
Şile MTHM - Beşiktaş	0,35	48	0,0151
Ümraniye MTHM - Beşiktaş	0,35	48	0,0163
Üsküdar - Şirinevler MTHM	0,35	45	0,0203
Ümraniye - Alibeyköy	0,34	114	0,0004
Esenyurt - Aksaray	0,33	46	0,0255
Şirinevler MTHM - Esenyurt MTHM	0,33	49	0,0232
Üsküdar - Kartal	0,33	118	0,0004
Kandilli - Alibeyköy	0,33	44	0,0331
Yenibosna - Şirinevler MTHM	0,31	49	0,0309
Kartal - Kadıköy	0,29	122	0,0017
Beşiktaş - Alibeyköy	0,28	114	0,0033
Kartal - Aksaray	0,27	119	0,0033
Kartal - Alibeyköy	0,26	115	0,0049
Aksaray - Alibeyköy	0,23	112	0,0164
Ümraniye - Sarıyer	0,20	120	0,0272

4.4. SO₂ Seviyelerinin Değişimi

4.4.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık SO₂ Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan 18 tanesinde SO₂ ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.12'den de görüldüğü gibi 2007 – 2017 yılları arasında Aksaray, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Sarıyer, Ümraniye (İBB), Yenibosna istasyonlarında ölçüm yapılmıştır En yüksek yıllık ortalama SO₂ değerlerinin 2016 yılında Kandilli MTHM istasyonunda 31,1 µg/m³ ve Ümraniye (İBB) istasyonunda 138,2 µg/m³ 2017 yılında ise Sultangazi MTHM istasyonunda 50,6 µg/m³ olduğu görülmektedir. Bu değerler HKDYY yıllık sınır değeri (20 µg/m³) ve AB yıllık sınır değerinin (20 µg/m³) üzerindedir.

Çizelge 4.12. 2007 - 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık SO₂ seviyelerinin değişimi (µg/m³) *

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
HKDYY Limit Değerler (µg/m ³)			60	60	60	52	44	36	28	20	20	20	20
10	Aksaray	İBB	13,1 ± 5,3 (3-27)	12,5 ± 10,6 (1-49)	12 ± 12,3 (1-116)	8,9 ± 6,1 (1-35)	11,9 ± 9 (1-46)	7,6 ± 7,3 (1-36)	8,9 ± 6 (1-31)	8 ± 6 (1-32)	10,2 ± 6,1 (2-51)	12,3 ± 11,9 (2-179)	9,6 ± 3 (5-18)
7	Başakşehir	MTHM							5,9 ± 5 (1-44)	7,4 ± 4,9 (2-33)	4,8 ± 4,8 (1-35)	14,3 ± 11,4 (1-46)	11,8 ± 6 (1-30)
16	Beşiktaş	İBB	13,1 ± 9,2 (1-52)	9,5 ± 7,8 (1-45)	9,1 ± 6,8 (1-44)	5,8 ± 3,2 (1-20)	8,7 ± 5,9 (1-41)	5,8 ± 5,6 (1-36)	7,5 ± 6,2 (1-51)	4,3 ± 2,8 (1-19)	4,3 ± 4,2 (1-23)	6,3 ± 5,5 (1-34)	6,2 ± 3,4 (2-17)
6	Esenler	İBB	13,9 ± 10,4 (1-57)	10 ± 11,2 (1-133)	12,7 ± 10,4 (1-64)	5,1 ± 3,3 (1-26)	10 ± 5,9 (2-32)	7,7 ± 8,4 (1-45)	6 ± 4 (1-24)	4,3 ± 2,3 (1-20)	4,8 ± 3 (1-17)	5,9 ± 4,5 (1-33)	6,2 ± 3,4 (2-17)
2	Esenyurt	MTHM							6,4 ± 3,4 (1-19)	7,4 ± 4,9 (2-33)	4,6 ± 3,6 (1-22)	6,5 ± 6,6 (1-46)	9,8 ± 4,9 (3-22)
24	Kadıköy	İBB	12 ± 14,7 (1-107)	7 ± 5,5 (1-33)	7,3 ± 5,9 (1-38)	5,9 ± 6 (1-83)	7,8 ± 5 (1-30)	5,8 ± 4 (1-26)	7,9 ± 3,9 (1-24)	5,3 ± 4,1 (1-37)	11,4 ± 7,7 (2-50)	6,5 ± 7,1 (2-57)	4,1 ± 1,9 (1-12)
12	Kağıthane	MTHM							5,9 ± 4 (1-35)	6 ± 5,9 (1-69)	6,7 ± 6,8 (1-39)	13,6 ± 13,6 (1-78)	13,3 ± 7,7 (1-34)
13	Kağıthane	İBB								14,5 ± 14,8 (1-67)	15 ± 12,5 (1-50)	2,7 ± 2,3 (1-10)	2 ± 0 (2-2)
19	Kandilli	MTHM							9,3 ± 6,3 (1-33)	9,7 ± 6,2 (1-35)	9,6 ± 6,6 (1-61)	31,1 ± 18,9 (1-90)	10,8 ± 7,3 (1-43)
28	Kartal	İBB	17,9 ± 14,9 (1-105)	10,4 ± 8,4 (1-52)	11,9 ± 9,9 (1-73)	6,1 ± 4,3 (1-30)	7,9 ± 5,3 (1-31)	8,5 ± 5,9 (1-33)	6 ± 4,2 (1-24)	4,9 ± 4,5 (1-24)	6,7 ± 2,2 (3-17)		3,9 ± 2,4 (1-10)

Çizelge 4.13'ün devamı

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
17	Sarıyer	İBB	7,2 ± 8,8 (1-56)	5,5 ± 6 (1-67)	8,9 ± 6,4 (1-34)	7,1 ± 4,7 (1-28)	8,6 ± 5,9 (1-34)	6,4 ± 5,1 (1-36)	6,3 ± 3,6 (1-24)	6,5 ± 3,4 (1-25)	7,8 ± 5 (1-29)	10,4 ± 9,2 (1-140)	14 ± 6,4 (5-31)
27	Sultanbeyli	MTHM							5,9 ± 5,7 (1-42)	6,3 ± 5,1 (1-36)	5,3 ± 5 (1-30)	6,8 ± 5,3 (1-34)	11,9 ± 7,5 (3-31)
8	Sultangazi	MTHM							4 ± 4,2 (1-37)	4,1 ± 3,4 (1-22)	4,2 ± 3,3 (1-29)	7,7 ± 6 (1-44)	50,6 ± 35,2 (1-96)
5	Şirinevler	MTHM							5,8 ± 5,5 (1-36)	6,9 ± 5,7 (1-30)	5,9 ± 5 (1-32)	15,4 ± 11,2 (1-46)	14,2 ± 12,6 (1-37)
26	Ümraniye	MTHM							6,7 ± 3,9 (2-30)	6,5 ± 3,9 (1-23)	5,9 ± 4,1 (1-26)	18,2 ± 13,7 (1-66)	11,4 ± 6,2 (1-28)
31	Ümraniye	İBB	11,5 ± 10,2 (1-60)	4,7 ± 3,9 (1-27)	7,5 ± 6 (1-34)	6,3 ± 5,3 (1-31)	8,6 ± 5,3 (1-33)	4,8 ± 4,2 (1-27)	6,9 ± 4 (1-29)	5,9 ± 3,5 (1-23)	8,5 ± 4,2 (2-39)	138,2 ± 1314,9 (1-13484)	10,1 ± 2,8 (3-16)
22	Üsküdar	İBB	11,5 ± 18,6 (1-188)	6,1 ± 5,7 (1-28)	7,7 ± 5,9 (1-28)	8,3 ± 6,2 (1-30)	9,4 ± 8,5 (1-109)	7 ± 6,6 (1-34)	7,5 ± 4 (1-28)	2,7 ± 2,5 (1 - 24)	10,2 ± 4,3 (1 - 25)		2,5 ± 1,8 (1 - 10)
4	Yenibosna	İBB	15,9 ± 10,4 (1-56)	10,6 ± 8,1 (1-45)	10,1 ± 12,5 (1-116)	4,5 ± 3,2 (1-22)	8,5 ± 4,9 (1-25)	5,6 ± 4,9 (1-26)	7,8 ± 4,3 (1-20)	4,7 ± 4,1 (1-49)	7,2 ± 4,3 (1-26)	5,5 ± 3,6 (1-23)	4,7 ± 3,9 (1-19)

*(ort ± sd (min - max))

2007 - 2017 Yılları arasında SO₂'in ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.13'de verilmektedir. Buna göre en yüksek SO₂ ortalamaları sırasıyla Kandilli MTHM (14,5 µg/m³), Ümraniye (11,8 µg/m³), Aksaray (10,2 µg/m³) ve Kağıthane (10,1 µg/m³) istasyonlarında görülmektedir.

Çizelge 4.13. 2007 - 2017 Yılları arasında SO₂'in ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama (µg/m³) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Kandilli-MTHM	14,5	13,9
Ümraniye	11,8	250,2
Aksaray	10,2	8,6
Kağıthane	10,1	11,7
Ümraniye-MTHM	9,6	9,3
Şirinevler-MTHM	8,9	8,7
Kartal	8,8	8,5
Kağıthane-MTHM	8,5	9,2
Başakşehir-MTHM	8,3	8,5
Esenler	8,2	8,0
Yenibosna	7,9	7,5
Sarıyer	7,6	6,3
Kadiköy	7,6	7,1
Üsküdar	7,6	8,3
Besiktaş	7,4	6,5
Sultangazi-MTHM	6,9	12,3
Esenyurt-MTHM	6,5	5,0
Sultanbeyli-MTHM	6,4	5,7

SO₂ istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.14'de verilmektedir. Buna göre, SO₂ seviyeleri 2007 yılından 2017 yılına kadar en kuvvetli artışı sırasıyla Sultangazi MTHM, Ümraniye MTHM, Kandilli MTHM, Kağıthane MTHM istasyonlarında görülmüştür (p<0,05). Sultangazi, Ümraniye ve Kağıthane ilçelerinde nüfusun fazla olması, kömür kullanımının hala devam etmesi; Kandilli ilçesinde ise vapur ve gemi trafiğinin olması bu ilçelerdeki SO₂ konsantrasyonu artışını açıklamaktadır. Buna karşın, SO₂ seviyesinin 2007 yılından 2017 yılına kadar bazı istasyonlarda azalma eğilimi gösterdiği de belirlenmiştir (p<0,05). Azalma eğilimi gösteren başlıca istasyonlar: Üsküdar, Yenibosna ve Kartal'dır.

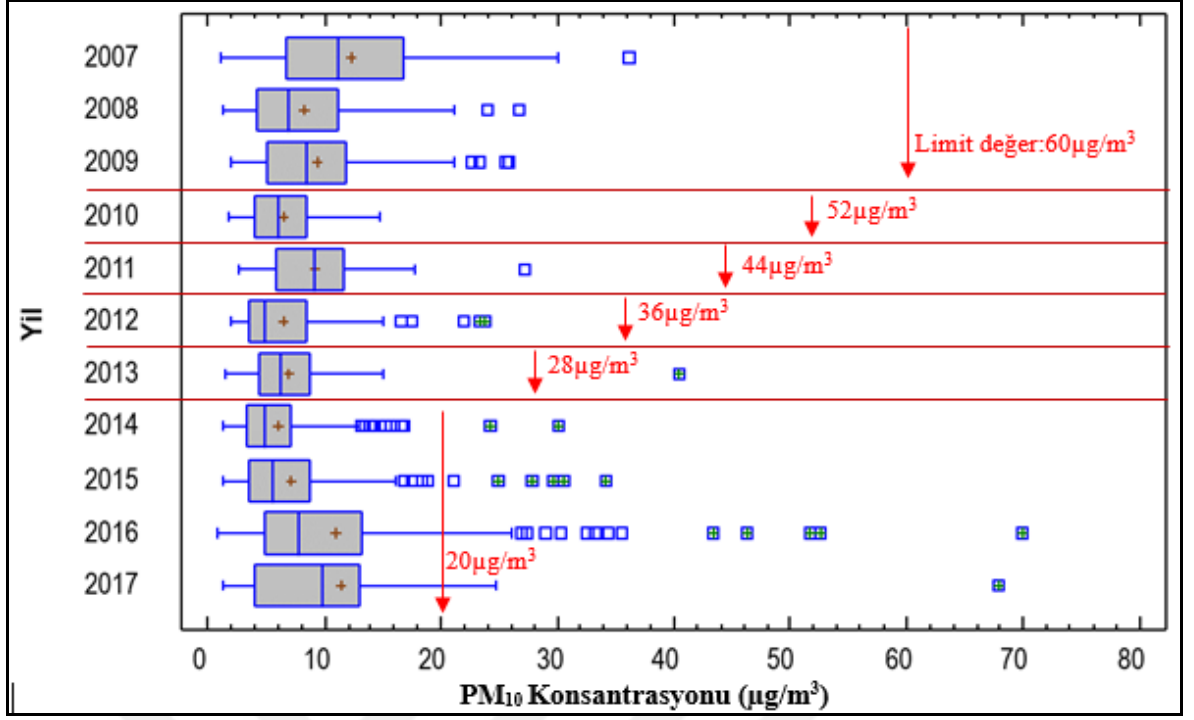
Çizelge 4.14. SO₂'nin istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Sultangazi MTHM - Yıl	0,48	50	0,0007
Ümraniye MTHM - Yıl	0,48	49	0,0009
Kandilli MTHM - Yıl	0,48	49	0,0009
Kağıthane MTHM - Yıl	0,47	49	0,001
Başakşehir MTHM - Yıl	0,32	49	0,0274
Şirinevler MTHM - Yıl	0,31	49	0,0306
Sarıyer - Yıl	0,27	122	0,0027
Üsküdar - Yıl	-0,21	102	0,0339
Yenibosna - Yıl	-0,38	119	< 0,001
Kartal - Yıl	-0,47	101	< 0,001
Beşiktaş - Yıl	-0,47	122	< 0,001
Esenler - Yıl	-0,51	118	< 0,001
Kağıthane - Yıl	-0,56	28	0,0036

4.4.2. SO₂ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim

SO₂ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda SO₂ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir. En yüksek SO₂ ortalama yıllık değer 2007 yılında 12 µg/m³, en düşük SO₂ yıllık ortalama değer 2014 yılında 6 µg/m³ olarak gözlemlenmiştir. En geniş SO₂ dağılımı 2007 yılında görülmekte (1 - 30 µg/m³). Uç değerlerin en fazla görüldüğü zaman ise 2016 yılıdır.

2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlardaki ölçüm sonuçları HKDYY'ne göre limit değerlerin altında kalmaktadır. Bu durumu İstanbul'da doğalgaz kullanımının geçmiş yıllara göre daha fazla olması ve dolayısıyla fosil yakıt tüketiminin azalması ile açıklayabiliriz (Özdemir, 2008).

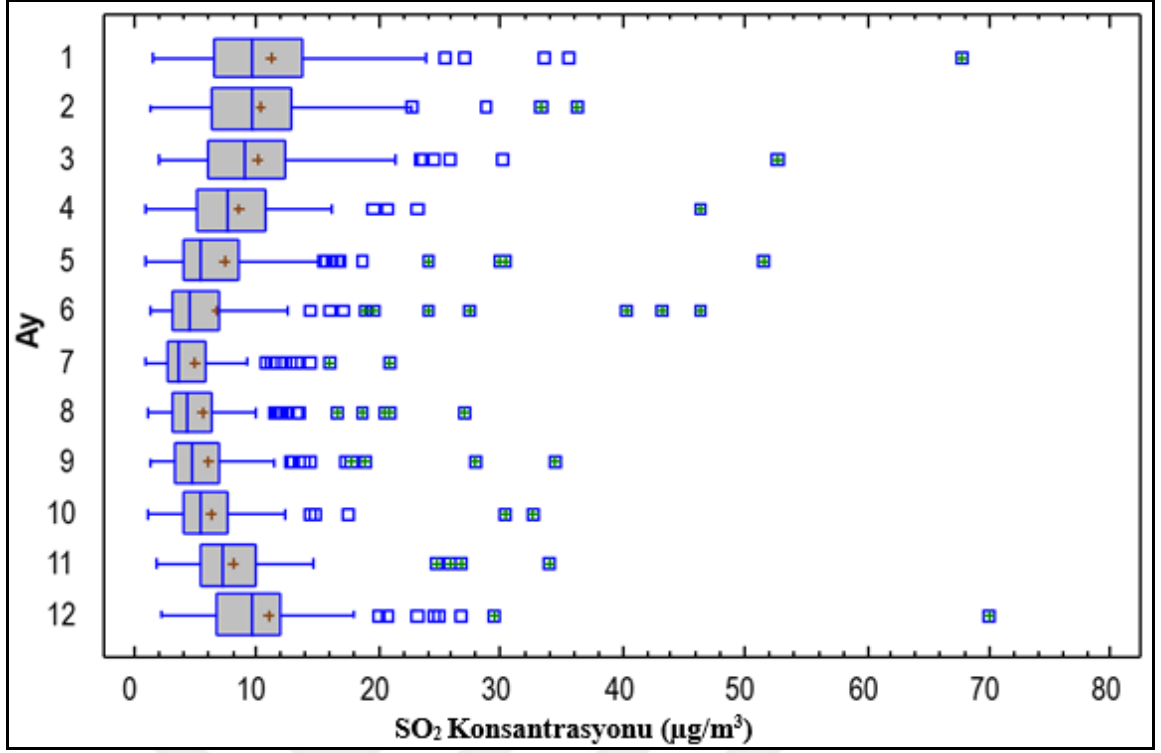


Şekil 4.10. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) yıllara göre değişimi

4.4.3. SO₂ Seviyelerinin Aylara Göre Değişimi

SO₂ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda SO₂ konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Isınma döneminde (Ekim - Nisan arası) SO₂ ortalaması genel olarak 8 – 12 µg/m³ aralığında değişim gözlenirken; ilkbahar – yaz döneminde 5 – 6,5 µg/m³ aralığında değişim görülmektedir. SO₂ seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Bu nedenle ısınma döneminde diğer dönemlere göre kısmen daha yüksek SO₂ seviyeleri gözlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Aralık - Ocak – Şubat - Mart aylarında (11 - 12 µg/m³) ve birbirine yakın seviyelerde olduğu gözlenmekte, en düşük değer ise Temmuz ayında (5 µg/m³) olduğu tespit edilmiştir. Uç değerlerin ise bütün aylarda ölçüldüğü gözlenmektedir. SO₂ konsantrasyonunun aylara göre değişim tablosuna baktığımızda en yüksek değer (12 µg/m³) HKDYY ve AB standartlarına göre SO₂ sınır değeri ortalama yıllık olarak 20 µg/m³'den aşağı olduğu görülmektedir.

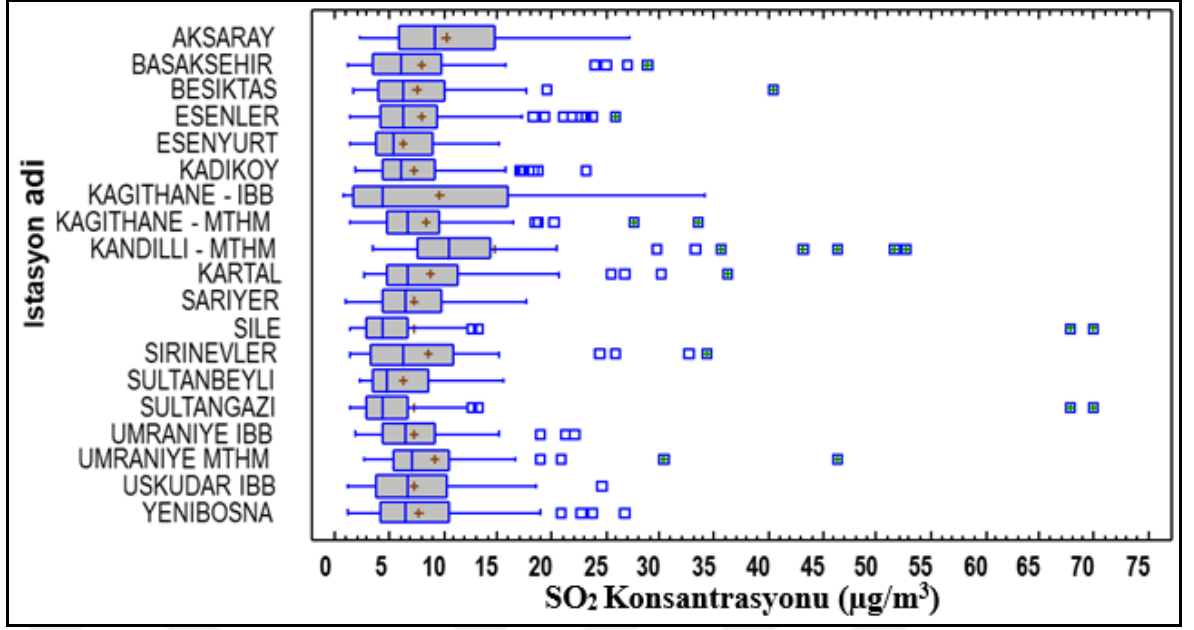
Akyüz (2015)'ün Adana şehir merkezinde yaptığı çalışmasında korelasyon analizleri sonucunda sıcaklık artışında SO₂ konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. Bu durumla ilgili olarak SO₂ kirleticisinin ısınma kaynaklı olduğu ve mevsimsel olarak değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.11. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) aylara göre değişimi

4.4.4. SO₂ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi

SO₂ konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Ölçüm yapılmış tüm istasyonlara baktığımızda ortalama olarak en düşük SO₂ seviyesi Avrupa Yakası'nda Esenyurt'ta 6 µg/m³, Anadolu Yakası'nda Sultanbeyli'de 6 µg/m³'tür. En yüksek ortalama SO₂ seviyesi Avrupa Yakası'nda Aksaray istasyonunda 6 µg/m³, Anadolu Yakası'nda ise 15 µg/m³ Kandilli istasyonunda ölçülmüştür. SO₂ dağılımının en geniş olduğu istasyon Kağıthane İBB istasyonudur (1- 34 µg/m³). En yüksek ekstrem ölçümler ise 70 µg/m³ olarak Sultangazi ve Şile istasyonlarındadır. Tüm istasyonlardaki ortalama değerler ise HKDYY ve AB standartlarına göre SO₂ ortalama yıllık sınır değerinin (20 µg/m³) altındadır ve ölçüm sonuçlarına göre kirlilik görülmemektedir.



Şekil 4.12. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen SO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) istasyonlara göre değişimi

İstanbul İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu'nda da açıklandığı üzere, Anadolu Yakası'nda Kandilli ilçesindeki SO₂ seviyesinin yüksek olması gemi trafiğinden kaynaklanmaktadır (ÇŞB, 2018). Avrupa Yakası'nda Aksaray semtinde oluşan yüksek SO₂ seviyesinin nedeni olarak trafik ve ısınmadan kaynaklı kirlilik gösterilebilir.

İstanbul'da doğalgaz kullanımının yaygınlaşarak ısınma ve sanayide kullanılmasıyla SO₂ değerlerinin düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Şekil 5.12'den de görülebileceği gibi en yüksek değerler bile sınır değerlerinin altında kalmaktadır.

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki SO₂ seviyeleri dikkate alındığında, SO₂ seviyesinin istasyonlara göre değişimi Çizelge 4.15'de verilmektedir. Buna göre SO₂ seviyesinin istasyon bazında değişim gösterdiği ve en yüksek pozitif atış Ümraniye MTHM - Kandilli MTHM, Kağıthane MTHM – Başakşehir MTHM, Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM istasyonlarında görülmektedir.

Çizelge 4.15. SO₂'nin Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyonlar	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Ümraniye MTHM - Kandilli MTHM	0,84	49	< 0,001
Kağıthane MTHM - Başakşehir MTHM	0,82	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM	0,81	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM	0,79	49	< 0,001
Sultangazi MTHM - Başakşehir MTHM	0,78	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Başakşehir MTHM	0,77	49	< 0,001
Beşiktaş - Esenler	0,76	118	< 0,001
Sultangazi MTHM - Kağıthane MTHM	0,76	49	< 0,001
Ümraniye MTHM - Sultangazi MTHM	0,74	49	< 0,001
Üsküdar - Kadıköy	0,74	102	< 0,001
Ümraniye MTHM - Kağıthane MTHM	0,72	49	< 0,001
Şirinevler MTHM - Sultangazi MTHM	0,72	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Sultangazi MTHM	0,72	49	< 0,001
Kartal - Esenler	0,71	100	< 0,001
Yenibosna - Beşiktaş	0,71	119	< 0,001
Kartal - Beşiktaş	0,68	101	< 0,001
Yenibosna - Esenler	0,68	115	< 0,001
Kandilli MTHM - Başakşehir MTHM	0,68	49	< 0,001
Kandilli MTHM - Kağıthane MTHM	0,67	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane MTHM	0,66	49	< 0,001
Ümraniye - Kadıköy	0,66	109	< 0,001
Yenibosna - Kadıköy	0,66	119	< 0,001
Şirinevler MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,66	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Şirinevler MTHM	0,66	49	< 0,001
Yenibosna- Kartal	0,65	98	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kandilli MTHM	0,65	49	< 0,001
Esenyurt MYHM - Başakşehir MTHM	0,65	49	< 0,001
Sarıyer - Sultanbeyli MTHM	0,65	49	< 0,001
Kartal - Kadıköy	0,65	101	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Sarıyer	0,65	49	< 0,001
Üsküdar - Kartal	0,65	100	< 0,001
Beşiktaş - Aksaray	0,64	111	< 0,001
Sultangazi MTHM - Kandilli MTHM	0,64	49	< 0,001
Kadıköy - Aksaray	0,64	111	< 0,001
Esenler - Aksaray	0,64	107	< 0,001
Ümraniye MTHM - Şirinevler MTHM	0,63	49	< 0,001
Ümraniye - Üsküdar	0,62	97	< 0,001
Ümraniye - Sarıyer	0,61	109	< 0,001

Çizelge 4.15'in devamı

Üsküdar - Beşiktaş	0,60	102	< 0,001
Sarıyer - Şirinevler MTHM	0,59	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Esenler	0,59	46	0,0001
Şirinevler MTHM - Sarıyer	0,59	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Beşiktaş	0,58	49	0,0001
Kartal - Aksaray	0,58	93	< 0,001
Sarıyer - Başakşehir MTHM	0,58	49	0,0001
Üsküdar - Sarıyer	0,58	102	< 0,001
Sarıyer - Aksaray	0,57	111	< 0,001
Şirinevler MTHM - Başakşehir MTHM	0,57	49	0,0001
Ümraniye - Aksaray	0,57	100	< 0,001
Kadıköy - Beşiktaş	0,56	122	< 0,001
Şirinevler MTHM - Esenler	0,56	46	0,0002
Esenyurt MTHM - Beşiktaş	0,55	49	0,0001
Sultangazi MTHM - Sarıyer	0,55	50	0,0001
Ümraniye MTHM - Sarıyer	0,55	49	0,0001
Üsküdar- Aksaray	0,55	94	< 0,001
Beşiktaş - Esenyurt MTHM	0,55	49	0,0001
Sarıyer - Sultangazi MTHM	0,55	50	0,0001
Sarıyer - Kandilli MTHM	0,55	49	0,0002
Yenibosna - Aksaray	0,55	108	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kağıthane MTHM	0,54	49	0,0002
Yenibosna - Üsküdar	0,53	99	< 0,001
Şirinevler MTHM - Esenyurt MTHM	0,53	49	0,0003
Ümraniye MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,52	49	0,0003
Yenibosna - Ümraniye	0,52	106	< 0,001
Kadıköy - Esenler	0,51	118	< 0,001
Kağıthane MTHM - Esenyurt MTHM	0,51	46	0,0004
Ümraniye - Beşiktaş	0,49	109	< 0,001
Sultangazi MTHM - Esenyurt MTHM	0,48	49	0,0009
Sarıyer - Kadıköy	0,47	122	< 0,001
Sarıyer - Esenyurt MTHM	0,47	49	0,0011
Ümraniye - Kartal	0,47	95	< 0,001
Beşiktaş - Başakşehir MTHM	0,44	49	0,0025
Kandilli MTHM - Aksaray	0,43	46	0,0037
Sultanbeyli MTHM - Kandilli MTHM	0,43	49	0,0032
Ümraniye MTHM - Aksaray	0,43	46	0,0042
Ümraniye - Esenler	0,42	108	< 0,001
Sultangazi MTHM - Aksaray	0,42	47	0,004
Üsküdar - Esenler	0,42	101	< 0,001
Ümraniye MTHM - Esenler	0,41	46	0,0063
Ümraniye - Başakşehir MTHM	0,41	42	0,0093
Sultangazi MTHM - Esenler	0,41	47	0,0059

Çizelge 4.15'in devamı

Şirinevler MTHM - Aksaray	0,40	46	0,0066
Sarıyer - Esenler	0,40	118	< 0,001
Kadıköy - Kağıthane	0,40	28	0,0395
Aksaray - Başakşehir MTHM	0,39	46	0,0084
Sarıyer - Beşiktaş	0,39	122	< 0,001
Şirinevler MTHM - Beşiktaş	0,39	49	0,0074
Esenler - Başakşehir MTHM	0,38	46	0,011
Ümraniye - Sultanbeyli MTHM	0,37	42	0,018
Esenler - Esenyurt MTHM	0,37	46	0,0138
Sultanbeyli MTHM - Aksaray	0,35	46	0,0187
Ümraniye MTHM - Ümraniye	0,34	42	0,031
Kağıthane MTHM - Aksaray	0,34	46	0,0229
Kağıthane MTHM - Beşiktaş	0,32	49	0,0257
Kağıthane MTHM - Esenler	0,32	46	0,0321
Yenibosna - Sarıyer	0,31	119	0,0008
Ümraniye MTHM - Esenyurt MTHM	0,29	49	0,0418
Kandilli MTHM - Esenler	0,24	46	0,0154
Ümraniye MTHM - Kağıthane	-0,50	28	0,0099
Kandilli MTHM - Kağıthane	-0,57	28	0,003

4.5. NO Seviyelerinin Değişimi

4.5.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Günlük NO Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan yalnızca 21 tanesinde NO ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.16'den de görüldüğü gibi 2007 – 2017 yılları arasında Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Ümraniye (İBB) istasyonlarında ölçüm yapılmıştır. Diğer istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıp, belirli yıllarda yapılmadığı tablodan görülmektedir.

Çizelge 4.16. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10	Aksaray	İBB	59,2 ± 37,8 (2-254)	61,3 ± 54,1 (2-362)	74,1 ± 59,7 (8-478)	91,5 ± 66,8 (6-400)	92,3 ± 72,1 (3-414)	70,7 ± 47 (3-299)	79,6 ± 64,2 (2-442)	81,3 ± 58,5 (4 - 465)	92,4 ± 54,7 (4 - 409)	84,9 ± 56,2 (4 - 409)	93,1 ± 58,8 (13 - 351)
9	Alibeyköy	İBB	40,4 ± 48,4 (1-295)	63,6 ± 76,2 (1-430)	67 ± 74,4 (2-307)	43 ± 50,4 (2-338)	44,2 ± 57,2 (1-333)	36,5 ± 46,2 (1-320)	37,1 ± 46,9 (1-316)	38,1 ± 54,3 (1 - 384)	82 ± 97,5 (1 - 402)	48,7 ± 58,7 (1 - 319)	47,2 ± 56,1 (2 - 287)
7	Başakşehir	MTHM							11,3 ± 6,1 (6-20)	18,7 ± 23,1 (3 - 75)	14,4 ± 22,6 (1 - 160)	15,9 ± 18,3 (1 - 102)	19 ± 22,6 (1 - 93)
16	Beşiktaş	İBB	69,4 ± 35,6 (2-205)	82,1 ± 42 (23-294)	70,8 ± 35 (9-221)	61,4 ± 35,6 (11-174)	63,3 ± 32,4 (13-218)	65,4 ± 28,8 (16-185)	110,2 ± 109,1 (12-1366)	95 ± 51,6 (2-315)	81,5 ± 47,2 (19 - 234)	77,6 ± 41,3 (14 - 205)	96,9 ± 51,4 (21 - 222)
11	Çatladıkapı	İBB									95,6 ± 68,4 (19 - 207)	54,7 ± 45,8 (4 - 267)	98 ± 54 (17 - 279)
6	Esenler	İBB	29 ± 30,5 (2-209)	41,8 ± 47,6 (3-336)	47,9 ± 68,3 (1-426)	48,2 ± 54,3 (4-298)	37,6 ± 56,1 (1-361)	30,8 ± 35,4 (2-260)	48,7 ± 60,2 (1-418)	42,1 ± 58,1 (2-480)	48,7 ± 49,1 (2 - 305)	37,6 ± 53,9 (1 - 319)	39,8 ± 41,8 (4 - 194)
2	Esenyurt	MTHM							28,8 ± 17,4 (20-186)	24,4 ± 1,6 (18 - 27)	37,3 ± 54,4 (1 - 339)	38,4 ± 43 (4 - 280)	43,1 ± 39,5 (1 - 196)
24	Kadıköy	İBB	36,1 ± 46,2 (1 - 331)	37,8 ± 58,1 (1 - 370)	50,4 ± 71,7 (2 - 417)	68,6 ± 72,1 (3 - 455)	51,3 ± 81 (2 - 511)	34,3 ± 49,9 (1 - 292)	38,1 ± 56,4 (1 - 346)	39,4 ± 64,2 (1 - 473)	44,8 ± 69,5 (1 - 466)	49 ± 67,2 (1 - 372)	44 ± 52,9 (5 - 287)
12	Kağıthane	MTHM								31,2 ± 2,4 (26 - 55)	34,3 ± 38,6 (4 - 247)	49,8 ± 64,4 (1 - 557)	61,2 ± 41,4 (4 - 222)
13	Kağıthane	İBB								104,2 ± 121,1 (5 - 478)	81,8 ± 103,3 (2 - 1284)	39,4 ± 53,8 (1 - 268)	195,5 ± 164,5 (3 - 488)
19	Kandilli	MTHM									42 ± 55,3 (1 - 322)	40,1 ± 43,8 (1 - 274)	27,3 ± 32,4 (1 - 210)
15	Mecidiyeköy	MTHM									72 ± 33,8 (12 - 236)	60,7 ± 33,9 (13 - 219)	59,2 ± 29,3 (18 - 159)
23	Selimiye - Üsküdar	İBB									151,6 ± 88,9 (40 - 322)	74,4 ± 83,6 (1 - 513)	57,3 ± 45,2 (3 - 234)

Çizelge 4.16'nın devamı

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Silivri	MTHM								3,5 ± 0,7 (3 - 4)	13,6 ± 24 (1 - 144)	14,3 ± 21,1 (0 - 129)	14,6 ± 20,5 (1 - 126)
27	Sultanbeyli	MTHM							65 ± 64,2 (1 - 201)		20,1 ± 46,1 (1 - 334)	20,1 ± 28,6 (1 - 192)	16,7 ± 21,5 (1 - 118)
8	Sultangazi	MTHM									21,8 ± 18,6 (1 - 104)	26,3 ± 23,6 (1 - 201)	33,3 ± 27,2 (3 - 121)
30	Şile	MTHM									3,9 ± 5,7 (1 - 42)	4,9 ± 3,5 (1 - 18)	3,7 ± 2,4 (1 - 12)
5	Şirinevler	MTHM									41,7 ± 47,8 (3 - 316)	43,8 ± 45,7 (2 - 316)	62,1 ± 41,4 (9 - 172)
26	Ümraniye	MTHM									91,9 ± 63,6 (11 - 424)	105,5 ± 59 (16 - 328)	127,8 ± 54,3 (16 - 286)
31	Ümraniye	İBB	20,2 ± 23,3 (2 -159)	24,4 ± 35,6 (1 -246)	18,5 ± 23 (1 -145)	17,7 ± 25,6 (1 - 218)	14,3 ± 23,6 (1 - 133)	14,2 ± 18,2 (1 - 102)	16,5 ± 22,4 (1 - 154)	22,1 ± 25,9 (1 - 156)	32 ± 36,3 (1 - 179)	40,7 ± 105,8 (1 - 1029)	29,6 ± 30,9 (2 - 117)
21	Üsküdar	MTHM									48,2 ± 49,1 (4 - 298)	55,4 ± 51,7 (1 - 353)	44,8 ± 37,8 (4 - 217)

* (ort ± sd (min - max))

2007 - 2017 Yılları arasında NO'in ölçüldüğü istasyonlarda NO'in ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.17'de verilmektedir. Buna göre en yüksek NO konsantrasyonu Ümraniye MTHM (102,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonunda görülmektedir.

Çizelge 4.17. 2007 - 2017 Yılları arasında NO'in ölçüldüğü istasyonlarda NO'in ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Ümraniye-MTHM	102,7	61,0
Kağıthane	82,7	109,2
Aksaray	79,2	59,3
Besiktaş	77,9	52,5
Selimiye	76,3	79,9
Mecidiyeköy-MTHM	64,9	33,7
Çatladıkapı	64,4	51,9
Üsküdar-MTHM	51,5	49,4
Alibeyköy	47,6	61,1
Şirinevler-MTHM	45,5	46,4
Kadiköy	45,3	65,0
Kâğıthane-MTHM	43,4	50,0
Esenler	40,8	52,4
Kandilli-MTHM	39,3	47,8
Esenyurt-MTHM	35,3	41,0
Sultangazi-MTHM	25,4	22,5
Sultanbeyli-MTHM	21,5	38,8
Ümraniye	21,3	37,4
Başakşehir-MTHM	16,0	20,3
Silivri-MTHM	14,1	22,2
Şile-MTHM	4,4	4,2

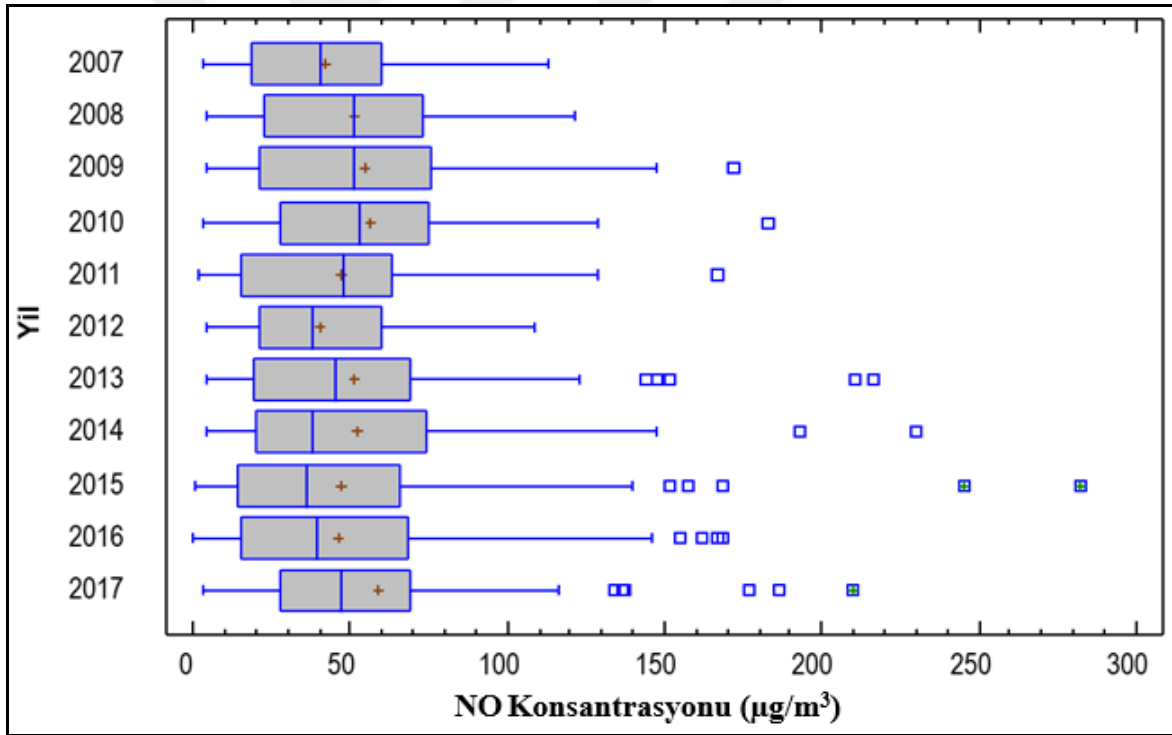
NO istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.18'de verilmektedir. Buna göre, NO seviyesinde 2007 yılından 2017 yılına kadar en kuvvetli artış Şile MTHM istasyonunda görülmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.18. NO'nun İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Şile MTHM - Yıl	0,47	25	0,0211
Aksaray - Yıl	0,27	115	0,0041
Beşiktaş - Yıl	0,19	120	0,0361

4.5.2. NO Seviyelerinin Yıllara Göre Değişimi

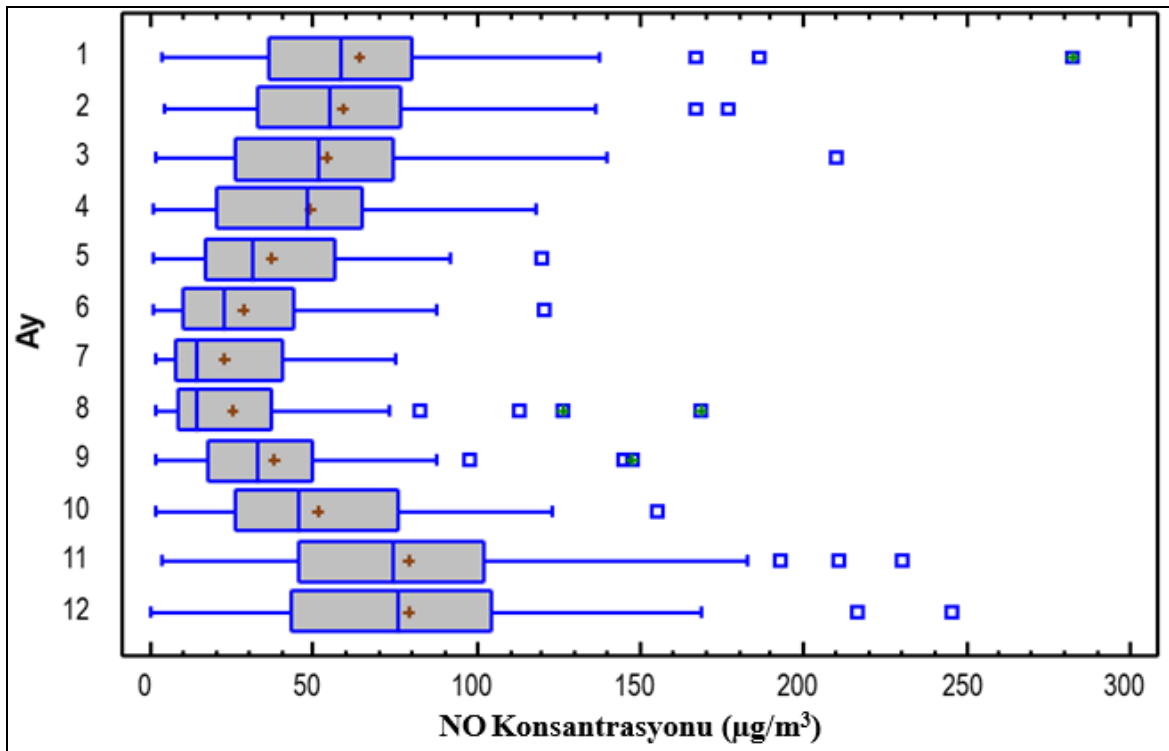
NO ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir. 2007 – 2017 yılları arasında NO konsantrasyonu en yüksek 2017 yılında $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. En yüksek ekstrem ölçüm ise 2015 yılında yapılmıştır.



Şekil 4.13. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi

4.5.3. NO Seviyelerinin Aylara Göre Değişim

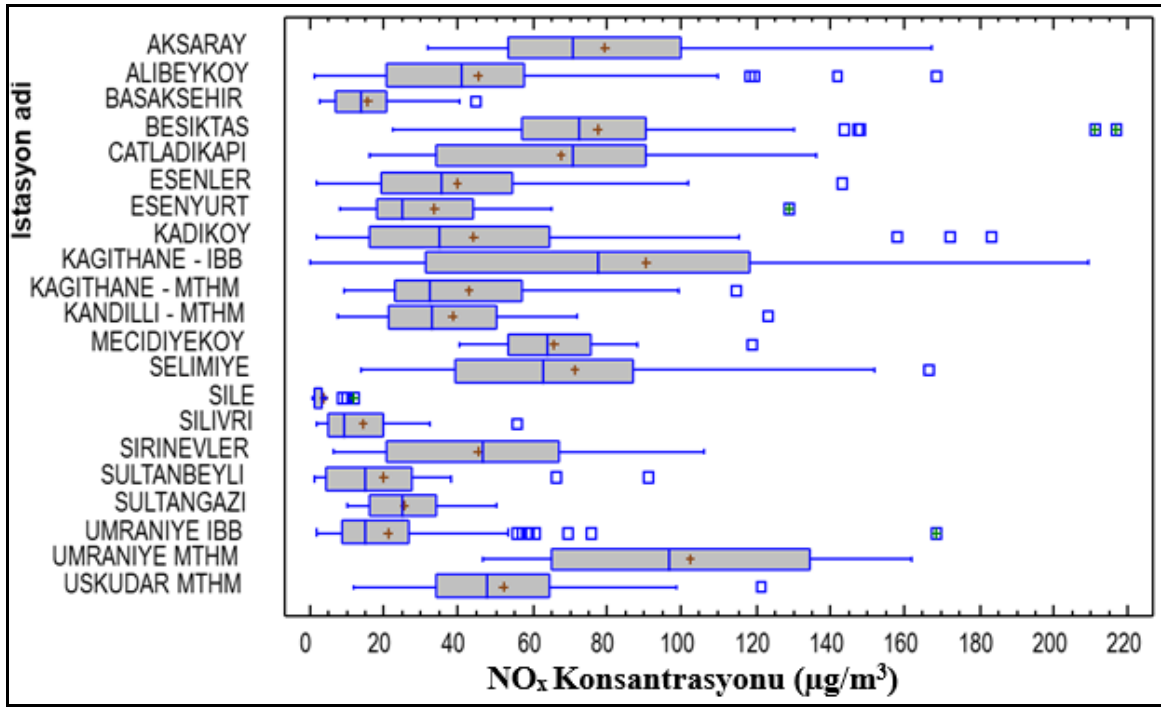
NO ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Ekim – Nisan ayları arasında NO seviyesi ortalaması 50 - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak değişim gösterirken, Mayıs – Eylül ayları arasında 20 - 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim görülmektedir. NO seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Isınma amaçlı yakıtların yakılmaya başlanmasıyla yani ısınma döneminde diğer dönemlere göre daha yüksek NO seviyeleri gözlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım ve Aralık aylarında (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en düşük değerlerin ise Temmuz ayında (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.14. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi

4.5.4. NO Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişimi

NO konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.15'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama Anadolu Yakası'nda Ümraniye istasyonunda 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Avrupa Yakası'nda Kağıthane İBB istasyonunda 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak görülmekte aynı zamanda en geniş aralık ve en yüksek değerler Kağıthane İBB istasyonunda 0 – 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. En düşük değerler ise Anadolu Yakası'nda 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Şile, Avrupa Yakası'nda 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Silivri istasyonunda görülmektedir.



Şekil 4.15. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi

NO'nin ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.19'da verilmektedir. Buna göre, en kuvvetli pozitif ilişkinin gözlemlendiği istasyonlar: Şirinevler MTHM – Kağıthane ($r = 0,96$), Silivri MTHM - Şirinevler MTHM ($r = 0,96$) ve Silivri MTHM – Kağıthane'dir ($r = 0,95$).

Çizelge 4.19. NO'nin Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyonlar	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Şirinevler MTHM - Kağıthane	0,96	16	0,0002
Silivri MTHM - Şirinevler MTHM	0,96	25	< 0,001
Silivri MTHM - Kağıthane	0,95	16	0,0002
Üsküdar MTHM - Kandilli MTHM	0,94	25	< 0,001
Silivri MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,94	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Alibeyköy	0,94	24	< 0,001
Silivri MTHM - Esenyurt	0,93	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Esenyurt	0,93	26	< 0,001
Şirinevler MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,93	25	< 0,001
Silivri MTHM - Başakşehir MTHM	0,93	25	< 0,001
Kağıthane - Başakşehir MTHM	0,92	17	0,0002

Çizelge 4.19'un devamı

Silivri MTHM - Alibeyköy	0,92	23	< 0,001
Şirinevler MTHM - Esenyurt	0,92	25	< 0,001
Esenyurt MTHM - Başakşehir MTHM	0,92	25	< 0,001
Silivri MTHM - Selimiye	0,91	16	0,0014
Şirinevler MTHM - Alibeyköy	0,90	22	< 0,001
Kadıköy - Başakşehir MTHM	0,89	28	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Selimiye	0,89	16	0,0006
Selimiye - Başakşehir MTHM	0,89	16	0,0006
Kağıthane - Beşiktaş	0,88	23	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kağıthane MTHM	0,88	25	< 0,001
Başakşehir MTHM - Alibeyköy	0,88	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM	0,88	26	< 0,001
Kağıthane - Alibeyköy	0,88	20	0,0001
Üsküdar MTHM - Başakşehir MTHM	0,87	25	< 0,001
Şirinevler MTHM - Başakşehir MTHM	0,87	25	< 0,001
Başakşehir MTHM - Şirinevler MTHM	0,87	25	< 0,001
Üsküdar MTHM - Kadıköy	0,87	25	< 0,001
Şirinevler MTHM - Beşiktaş	0,86	25	< 0,001
Beşiktaş - Şirinevler MTHM	0,86	25	< 0,001
Kağıthane MTHM - Esenler	0,86	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane	0,86	16	0,0008
Selimiye - Aksaray	0,86	16	0,0009
Kağıthane - Çatladıkapı	0,86	7	0,0358
Kağıthane - Esenler	0,86	18	0,0004
Kağıthane - Kadıköy	0,85	23	0,0001
Selimiye - Kandilli MTHM	0,85	16	0,001
Sultanbeyli MTHM - Selimiye	0,85	16	0,0001
Kağıthane MTHM - Esenyurt	0,85	30	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane MTHM	0,84	25	< 0,001
Kandilli MTHM - Alibeyköy	0,84	22	0,0001
Kağıthane - Esenyurt	0,84	19	0,0004
Kandilli MTHM - Başakşehir MTHM	0,83	25	< 0,001
Esenler - Kadıköy	0,83	10	< 0,001
Kağıthane MTHM - Kağıthane	0,83	25	0,0004
Silivri MTHM - Kağıthane MTHM	0,83	25	< 0,001
Selimiye - Beşiktaş	0,82	16	0,0014
Beşiktaş - Çatladıkapı	0,82	16	0,0015
Selimiye - Esenler	0,82	15	0,0022
Sultanbeyli MTHM - Esenler	0,82	21	0,0003
Selimiye - Kağıthane	0,82	7	0,0442
Selimiye - Şile MTHM	0,82	16	0,0015
Şirinevler MTHM - Selimiye	0,82	16	0,0014

Çizelge 4.19'un devamı

Selimiye - Esenyurt	0,81	16	0,0017
Selimiye - Kadıköy	0,81	16	0,0018
Silivri MTHM - Kandilli MTHM	0,81	25	0,0001
Kadıköy - Alibeyköy	0,81	110	< 0,001
Silivri MTHM - Beşiktaş	0,80	26	0,0001
Beşiktaş - Silivri MTHM	0,80	26	0,0001
Kandilli MTHM - Kadıköy	0,80	25	0,0001
Üsküdar MTHM - Alibeyköy	0,80	22	0,0003
Başakşehir MTHM - Beşiktaş	0,80	28	< 0,001
Beşiktaş - Başakşehir MTHM	0,80	28	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kadıköy	0,79	25	0,0001
Şirinevler MTHM - Kandilli MTHM	0,79	25	0,0001
Şirinevler MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,79	25	0,0001
Üsküdar MTHM - Selimiye	0,79	16	0,0022
Üsküdar MTHM - Silivri MTHM	0,79	25	0,0001
Sultanbeyli MTHM - Beşiktaş	0,79	27	0,0001
Beşiktaş - Sultanbeyli MTHM	0,79	27	0,0001
Esenler - Alibeyköy	0,79	97	< 0,001
Silivri MTHM - Çatladıkapı	0,79	16	0,0024
Şirinevler MTHM - Esenler	0,78	19	0,0009
Silivri MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,78	25	0,0001
Ümraniye MTHM - Ümraniye	0,78	24	0,0002
Mecidiyeköy MTHM - Esenler	0,78	20	0,0007
Kandilli MTHM - Beşiktaş	0,78	25	0,0001
Kandilli MTHM - Esenyurt	0,77	19	0,0002
Şile MTHM - Esenyurt	0,77	25	0,0002
Üsküdar MTHM - Esenyurt	0,77	25	0,0002
Sultanbeyli MTHM - Kandilli MTHM	0,77	25	0,0002
Esenyurt MTHM - Alibeyköy	0,77	36	< 0,001
Kağıthane MTHM - Başakşehir MTHM	0,77	25	0,0002
Kağıthane MTHM - Alibeyköy	0,76	28	0,0001
Silivri MTHM - Kadıköy	0,76	26	0,0001
Sultanbeyli MTHM - Kadıköy	0,76	27	0,0001
Üsküdar MTHM - Kağıthane	0,76	16	0,0033
Sultanbeyli MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,76	25	0,0001
Üsküdar MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,76	25	0,0002
Üsküdar MTHM - Beşiktaş	0,75	25	0,0002
Şirinevler MTHM - Çatladıkapı	0,74	16	0,004
Çatladıkapı - Şirinevler MTHM	0,74	16	0,004
Mecidiyeköy MTHM - Esenyurt	0,74	25	0,0003
Mecidiyeköy MTHM - Başakşehir MTHM	0,74	26	0,0002
Kağıthane - Aksaray	0,74	22	0,0007

Çizelge 4.19'un devamı

Ümraniye MTHM - Esenyurt	0,74	25	0,0003
Mecidiyeköy MTHM - Kağıthane	0,74	16	0,004
Kağıthane MTHM - Beşiktaş	0,74	31	0,0001
Mecidiyeköy MTHM - Kandilli MTHM	0,73	25	0,0003
Şile MTHM - Alibeyköy	0,73	22	0,0008
Kağıthane MTHM - Kadıköy	0,72	31	0,0001
Şirinevler MTHM - Aksaray	0,72	22	0,001
Mecidiyeköy MTHM - Alibeyköy	0,72	23	0,0008
Esenler - Beşiktaş	0,72	101	< 0,001
Üsküdar MTHM - Şirinevler MTHM	0,72	25	0,0004
Mecidiyeköy MTHM - Alibeyköy	0,72	23	0,0008
Esenler - Çatladıkapı	0,71	15	0,0075
Esenyurt - Kadıköy	0,71	39	< 0,001
Ümraniye - Esenler	0,71	101	< 0,001
Başakşehir MTHM - Çatladıkapı	0,71	60	0,006
Ümraniye - Alibeyköy	0,71	109	< 0,001
Esenler - Esenyurt	0,70	33	0,0001
Kağıthane MTHM - Çatladıkapı	0,70	16	0,0067
Selimiye - Kağıthane MTHM	0,70	16	0,0067
Sultanbeyli MTHM - Çatladıkapı	0,70	16	0,0069
Ümraniye MTHM - Kağıthane MTHM	0,69	25	0,0008
Silivri MTHM - Şile MTHM	0,69	25	0,0011
Sultanbeyli MTHM - Şile MTHM	0,69	25	0,0007
Ümraniye MTHM - Şile MTHM	0,69	25	0,0007
Kandilli MTHM - Kağıthane MTHM	0,68	25	0,0009
Çatladıkapı - Alibeyköy	0,68	16	0,0085
Selimiye - Çatladıkapı	0,68	16	0,0085
Esenler - Aksaray	0,68	100	< 0,001
Esenler - Başakşehir MTHM	0,67	22	0,002
Kandilli MTHM - Esenler	0,67	19	0,0044
Kandilli MTHM - Kağıthane	0,67	16	0,0094
Ümraniye MTHM - Şirinevler MTHM	0,67	25	< 0,001
Sultangazi MTHM - Alibeyköy	0,67	23	0,0017
Mecidiyeköy MTHM - Kadıköy	0,66	26	0,0009
Şile MTHM - Başakşehir MTHM	0,66	25	0,0011
Sultangazi MTHM - Kağıthane	0,66	16	0,0104
Üsküdar MTHM - Kağıthane MTHM	0,66	25	0,0011
Şirinevler MTHM - Şile MTHM	0,66	25	0,0011
Ümraniye - Kadıköy	0,65	115	< 0,001
Üsküdar MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,65	25	0,0015
Ümraniye MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,65	26	0,0013
Mecidiyeköy MTHM - Beşiktaş	0,65	26	0,0012

Çizelge 4.19'un devamı

Kadıköy - Aksaray	0,65	112	< 0,001
Esenyurt MTHM - Çatladıkapı	0,64	16	0,0189
Esenyurt MTHM - Beşiktaş	0,64	36	< 0,001
Ümraniye - Aksaray	0,64	113	< 0,001
Sultangazi MTHM - Çatladıkapı	0,64	16	0,0139
Selimiye - Alibeyköy	0,63	14	0,0229
Ümraniye MTHM - Silivri MTHM	0,63	25	0,002
Beşiktaş - Alibeyköy	0,62	111	< 0,001
Silivri MTHM - Esenler	0,62	20	0,0071
Silivri MTHM - Aksaray	0,62	23	0,0037
Sultanbeyli MTHM - Aksaray	0,62	24	0,0031
Sultangazi MTHM - Esenyurt	0,61	25	0,003
Başakşehir MTHM - Aksaray	0,61	25	0,003
Kadıköy - Çatladıkapı	0,61	16	0,0189
Ümraniye - Şirinevler MTHM	0,60	23	0,0052
Ümraniye MTHM - Alibeyköy	0,60	23	0,0049
Şile MTHM - Kağıthane MTHM	0,59	25	0,0039
Kağıthane MTHM - Aksaray	0,59	28	0,0022
Üsküdar MTHM - Esenler	0,58	19	0,0146
Mecidiyeköy MTHM - Kağıthane MTHM	0,58	25	0,0044
Ümraniye MTHM - Kağıthane	0,58	16	0,0256
Sultangazi MTHM - Silivri MTHM	0,58	25	0,0044
Sultangazi MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,58	25	0,0044
Sultangazi MTHM - Başakşehir MTHM	0,57	25	0,0052
Kandilli MTHM - Çatladıkapı	0,56	16	0,0296
Ümraniye - Esenyurt	0,56	37	0,0008
Ümraniye - Kağıthane	0,56	21	0,0129
Ümraniye - Beşiktaş	0,56	116	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Çatladıkapı	0,56	16	0,0313
Aksaray - Alibeyköy	0,56	106	< 0,001
Esenyurt MTHM - Aksaray	0,55	36	0,001
Ümraniye MTHM - Başakşehir MTHM	0,55	26	0,0057
Sultangazi MTHM - Şirinevler MTHM	0,54	25	0,0082
Kadıköy - Beşiktaş	0,54	118	< 0,001
Üsküdar MTHM - Aksaray	0,53	22	0,0149
Şile MTHM - Çatladıkapı	0,53	16	0,0396
Üsküdar MTHM - Çatladıkapı	0,51	16	0,0462
Kandilli MTHM - Aksaray	0,51	22	0,0187
Şile MTHM - Kadıköy	0,51	25	0,0118
Ümraniye - Silivri MTHM	0,51	24	0,0144
Ümraniye - Sultangazi MTHM	0,50	24	0,0163
Üsküdar MTHM - Şile MTHM	0,49	25	0,0162

Çizelge 4.19'un devamı

Ümraniye - Sultanbeyli MTHM	0,49	25	0,016
Sultangazi MTHM - Kadıköy	0,48	26	0,0165
Ümraniye MTHM - Kadıköy	0,48	26	0,0162
Şile MTHM - Beşiktaş	0,47	25	0,0201
Şile MTHM - Kandilli MTHM	0,47	25	0,0224
Sultangazi MTHM - Kağıthane MTHM	0,47	25	0,0252
Ümraniye MTHM - Sultangazi MTHM	0,46	25	0,0238
Ümraniye MTHM - Beşiktaş	0,46	26	0,0219
Ümraniye - Başakşehir MTHM	0,45	26	0,0231
Mecidiyeköy MTHM - Aksaray	0,45	23	0,0334
Mecidiyeköy MTHM - Şile MTHM	0,45	25	0,0292
Ümraniye - Kağıthane MTHM	0,43	29	0,0218
Ümraniye - Mecidiyeköy MTHM	0,41	24	0,0467
Ümraniye - Şile MTHM	0,41	23	0,0523
Ümraniye MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,40	26	0,0442
Beşiktaş - Aksaray	0,40	114	< 0,001
Ümraniye - Çatladıkapı	0,35	14	0,2135
Sultangazi MTHM - Beşiktaş	0,34	26	0,0852
Ümraniye MTHM - Çatladıkapı	0,25	16	0,3273

4.6. NO_x Seviyelerinin Değişimi

4.6.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık NO_x Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan yalnızca 20 tanesinde NO_x ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.20'den de görüldüğü gibi 2007 – 2017 yılları arasında Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Ümraniye (İBB) istasyonlarında ölçüm yapılmıştır. Diğer istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıp, belirli yıllarda yapılmadığı görülmektedir. NO_x için HKDYY'de 2014 yılı ve sonrasında 30 µg/m³ olarak yıllık sınır değer belirtilmiş ve Şile istasyonu hariç tüm istasyonlarda ölçülen değerler HKDYY ve AB (30 µg/m³) standartlarından yüksektir.

Çizelge 4.20. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO_x seviyelerinin değişimi (µg/m³) *

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
KHDY Limit Değerler (µg/m³)			-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30
10	Aksaray	İBB	97,7 ± 58 (7 - 324)	134 ± 73,4 (19 - 506)	182,3 ± 117,6 (46 - 1071)	183 ± 88 (50 - 565)	195,4 ± 94,1 (55 - 597)	189,3 ± 89,5 (38 - 637)	195,8 ± 102,9 (38 - 750)	199 ± 97,9 (33 - 814)	206,3 ± 94,7 (35 - 760)	186,5 ± 84,6 (36 - 585)	222,5 ± 107,3 (51 - 707)
9	Alibeyköy	İBB	85,2 ± 77,5 (4 - 485)	115,4 ± 113 (9 - 829)	114,1 ± 89,8 (15 - 393)	92,8 ± 70,4 (7 - 466)	105,5 ± 80,4 (16 - 444)	106,6 ± 87,1 (11 - 600)	110 ± 87,9 (22 - 605)	113 ± 91,6 (19 - 627)	168,5 ± 162,3 (19 - 715)	125,1 ± 106,2 (17 - 633)	138,9 ± 109,1 (19 - 637)
7	Başakşehir	MTHM							20,2 ± 13,9 (5 - 40)		56,1 ± 51,8 (8 - 318)	57,2 ± 44,1 (5 - 230)	64,3 ± 51,7 (10 - 226)
16	Beşiktaş	İBB	104 ± 45,9 (17 - 291)	154,3 ± 54,6 (57 - 426)	162,7 ± 65,5 (1 - 541)	164,2 ± 58,8 (68 - 373)	157,9 ± 52,9 (69 - 351)	179 ± 60,8 (71 - 469)	273 ± 185,3 (68 - 2420)	229,6 ± 84,5 (85 - 566)	225,7 ± 94,2 (86 - 550)	201,8 ± 79,8 (59 - 449)	240,5 ± 105,8 (77 - 493)
11	Çatladıkapı	İBB									113,6 ± 64,3 (37 - 217)	78,2 ± 46,2 (18 - 256)	131,3 ± 54,4 (51 - 306)
6	Esenler	İBB	87,7 ± 69,9 (2 - 499)	113,2 ± 73 (1 - 519)	117,6 ± 95,6 (15 - 599)	114,4 ± 76,4 (32 - 467)	111,4 ± 93,1 (35 - 741)	115,6 ± 80 (25 - 557)	150,3 ± 114,2 (35 - 812)	125,2 ± 101,3 (26 - 787)	142,3 ± 88,8 (28 - 536)	119 ± 104,1 (25 - 634)	142,1 ± 87 (30 - 410)
2	Esenyurt	MTHM							41,2 ± 19,4 (34 - 183)	54 ± 24 (37 - 71)	86,2 ± 86,8 (7 - 533)	80,6 ± 71,7 (14 - 454)	72,8 ± 66,5 (5 - 332)
24	Kadıköy	İBB	81 ± 60,2 (6 - 407)	115,5 ± 111,4 (14 - 733)	104,9 ± 91 (21 - 538)	128,5 ± 92,4 (21 - 601)	104,5 ± 98,6 (25 - 603)	96,9 ± 89,9 (17 - 578)	125,8 ± 125,5 (19 - 845)	112 ± 143 (1 - 944)	126,3 ± 126,2 (21 - 843)	144,7 ± 140,3 (20 - 834)	112 ± 71,1 (43 - 421)
12	Kağıthane	MTHM									105,9 ± 86,8 (14 - 499)	124,9 ± 122,2 (8 - 1042)	131 ± 72,9 (26 - 402)
13	Kağıthane	İBB								176,3 ± 170,6 (8 - 727)	166,2 ± 161,5 (24 - 1960)	101,9 ± 92,2 (21 - 490)	291,6 ± 120 (69 - 467)
19	Kandilli	MTHM									98,9 ± 86,1 (11 - 480)	101,5 ± 82,7 (6 - 486)	69,3 ± 63,8 (6 - 402)

Çizelge 4.20'nin devamı

15	Mecidiyeköy	MTHM									344,5 ± 146,4 (241 - 448)	191,8 ± 58,6 (56 - 449)	164,7 ± 58,6 (56 - 449)	162,5 ± 55,6 (56 - 340)
23	Selimiye - Üsküdar	İBB										185,8 ± 93,9 (61 - 360)	163,3 ± 132,4 (22 - 759)	140,9 ± 80,2 (30 - 446)
1	Silivri	MTHM										43,8 ± 48,2 (3 - 282)	46,7 ± 44,5 (7 - 266)	54,4 ± 44,5 (13 - 264)
27	Sultanbeyli	MTHM										49,1 ± 78,4 (1 - 520)	51 ± 55,8 (1 - 366)	45,8 ± 45,9 (0 - 239)
8	Sultangazi	MTHM									39 ± 0 (39 - 39)	65,3 ± 35,9 (9 - 206)	75 ± 52,6 (10 - 406)	98,7 ± 57,6 (31 - 274)
30	Şile	MTHM										9,6 ± 16,6 (1 - 161)	13,2 ± 10,9 (1 - 55)	11,8 ± 8,4 (1 - 42)
5	Şirinevler	MTHM										127,2 ± 89,3 (30 - 590)	128,3 ± 93,1 (18 - 608)	174,6 ± 82,8 (57 - 392)
26	Ümraniye	MTHM									26,8 ± 32 (5 - 125)	217,4 ± 98 (41 - 719)	239,8 ± 98,6 (62 - 624)	283,3 ± 95,4 (64 - 540)
31	Ümraniye	İBB	58,7 ± 38,5 (13 - 234)	65,9 ± 68,6 (1 - 438)	2253,3 ± 9875,7 (1 - 94908)	69,8 ± 49,6 (17 - 324)	50,1 ± 39,8 (14 - 230)	63,4 ± 47,5 (14 - 248)	80,4 ± 61,2 (16 - 441)	86,1 ± 52,4 (25 - 308)	102,8 ± 75,6 (22 - 405)	110,7 ± 194,9 (15 - 2061)	60,9 ± 41,5 (18 - 175)	
21	Üsküdar	MTHM										121,5 ± 86,1 (22 - 515)	138,4 ± 92,7 (23 - 593)	123,6 ± 72,4 (25 - 442)

* (ort ± sd (min - max))

2007 - 2017 Yılları arasında NO_x'in ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.21'de verilmektedir. En yüksek ortalamalar Ümraniye (308 µg/m³) ve Ümraniye MTHM (229,4 µg/m³) istasyonlarında ölçülmüştür.

Çizelge 4.21. 2007 - 2017 Yılları arasında NO_x'in ölçüldüğü istasyonlarda PM₁₀'un ortalama (µg/m³) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Ümraniye	308,0	3295,2
Ümraniye-MTHM	229,4	105,1
Besiktaş	186,9	98,4
Aksaray	180,9	97,9
Mecidiyeköy-MTHM	175,2	62,8
Selimiye	160,3	120,5
Kağıthane	155,1	150,9
Şirinevler-MTHM	134,0	91,7
Üsküdar-MTHM	130,3	88,3
Esenler	120,9	92,9
Kağıthane-MTHM	118,9	105,6
Kadıköy	114,6	111,8
Alibeyköy	112,1	97,9
Kandilli-MTHM	96,7	82,5
Çatladıkapı	89,1	52,9
Esenyurt-MTHM	74,2	71,8
Sultangazi-MTHM	73,7	48,4
Başakşehir-MTHM	57,9	47,4
Sultanbeyli-MTHM	49,8	64,8
Silivri-MTHM	46,6	46,1
Şile-MTHM	11,6	13,3

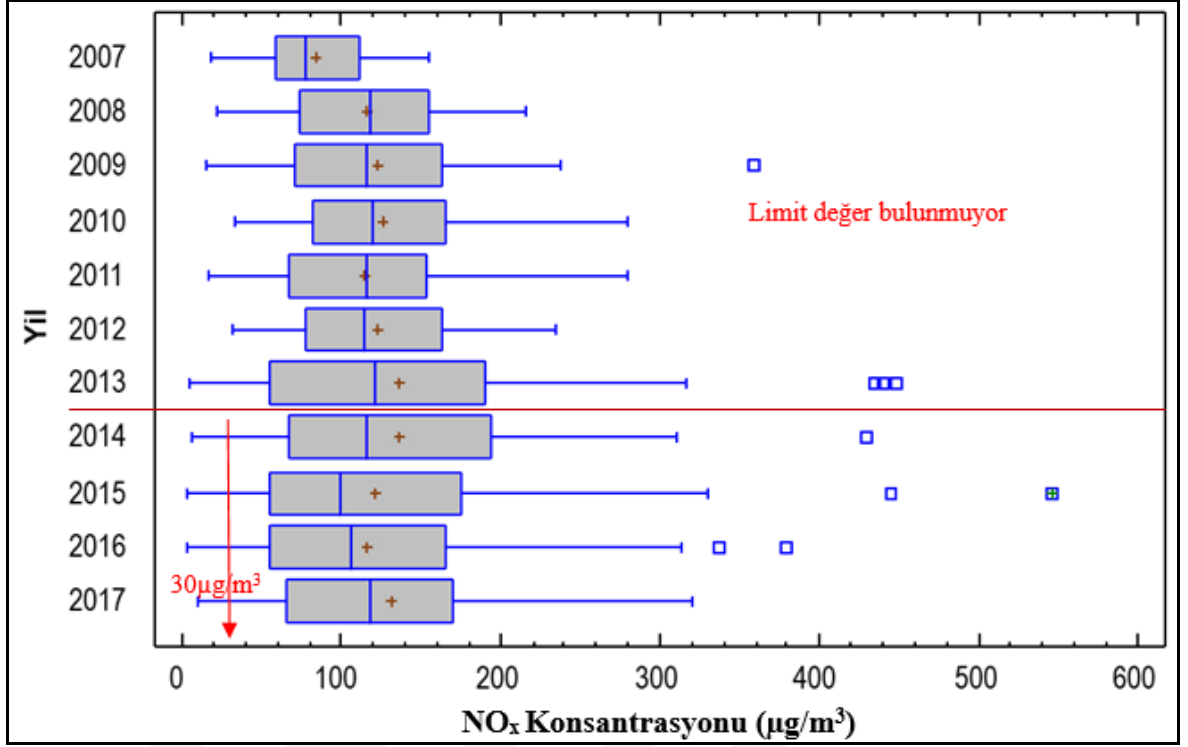
NO_x'in İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.22'de verilmektedir. 2007 – 2017 yıllarında en kuvvetli artış Ümraniye MTHM (r = 0,78) ve Beşiktaş (r = 0,63) istasyonlarında görülmüştür.

Çizelge 4.22. NO_x'in İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Ümraniye MTHM - Yıl	0,78	36	< 0,001
Beşiktaş - Yıl	0,63	120	< 0,001
Aksaray - Yıl	0,46	115	< 0,001
Esenyurt MTHM - Yıl	0,44	35	0,0109
Şile MTHM - Yıl	0,44	25	0,0325
Sultangazi MTHM - Yıl	0,41	26	0,0382
Başakşehir MTHM - Yıl	0,40	28	0,0376
Ümraniye - Yıl	0,30	118	0,001
Esenler - Yıl	0,24	103	0,0165
Mecidiyeköy MTHM - Yıl	-0,58	27	0,0032

4.6.2. NO_x Seviyelerinin Yıllara Göre Değişimi

NO_x ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO_x konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir. En yüksek değerler 2014 yılında ölçülmüştür. En düşük ortalamanın 2007 yılında 82 µg/m³ olduğu görülmekte ve sonraki yıllarda ortalama değerlerde artış görülmekte ve 2008 – 2017 yılları arasında ortalama 118 µg/m³ – 138 µg/m³ aralığında değişmektedir. NO_x seviyelerinin 2008 – 2011 yılları arasında birbirlerine benzer dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu yıllarda NO_x seviyesinin genel olarak 63 – 162 µg/m³ aralığında değiştiği, ortalama değer açısından da 120 µg/m³ seviyelerinde olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde 2012 yılından sonra 2013 – 2017 yılları arasında da NO_x seviyeleri benzer dağılım göstermekte, 57 – 198 µg/m³ aralığında değişmekte ve ortalama değer olarak da yaklaşık 130 µg/m³'tür. Ekstrem yüksek seviyelerin ise (2015 yılı, max 550 µg/m³) ölçüldüğü belirlenmiştir. 2014 yılından itibaren HKDY standartlarına göre yıllık NO_x sınır değeri 30 µg/m³'tür. Tüm ölçüm sonuçları bu sınır değerinin üzerinde çıkmıştır.

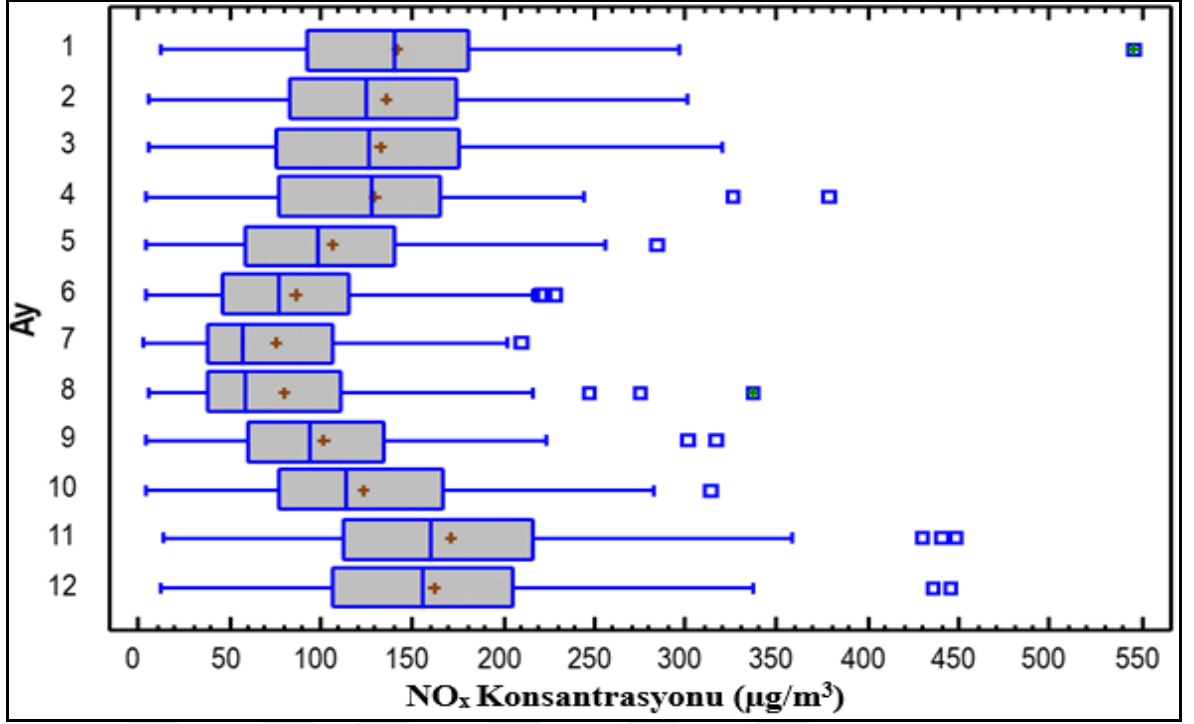


Şekil 4.16. 2007 – 2017 yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen NO_x konsantrasyonunun (µg/m³) yıllara göre değişimi

4.6.3. NO_x Seviyelerinin Aylara Göre Değişim

NO_x ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO_x konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.17'de gösterilmiştir. NO_x seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Kış ve bahar döneminde, Eylül - Mayıs arası NO_x seviyesinde genel olarak 100 – 170 µg/m³ aralığında değişim gözlenirken, yaz döneminde 75 - 85 µg/m³ aralığında değişim görülmektedir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım ve Aralık aylarında (160 - 170 µg/m³), en düşük değerlerin ise Temmuz ayında (75 µg/m³) olduğu tespit edilmiştir. Ocak ayında ise 445 µg/m³ olarak uç ölçüm yapılmıştır. NO_x konsantrasyonunun aylara göre değişim tablosuna baktığımızda tüm aylarda ölçülen değerler HKDYY ve AB standartlarına göre yıllık NO_x sınır değeri 30 µg/m³'den yüksek olduğu görülmektedir.

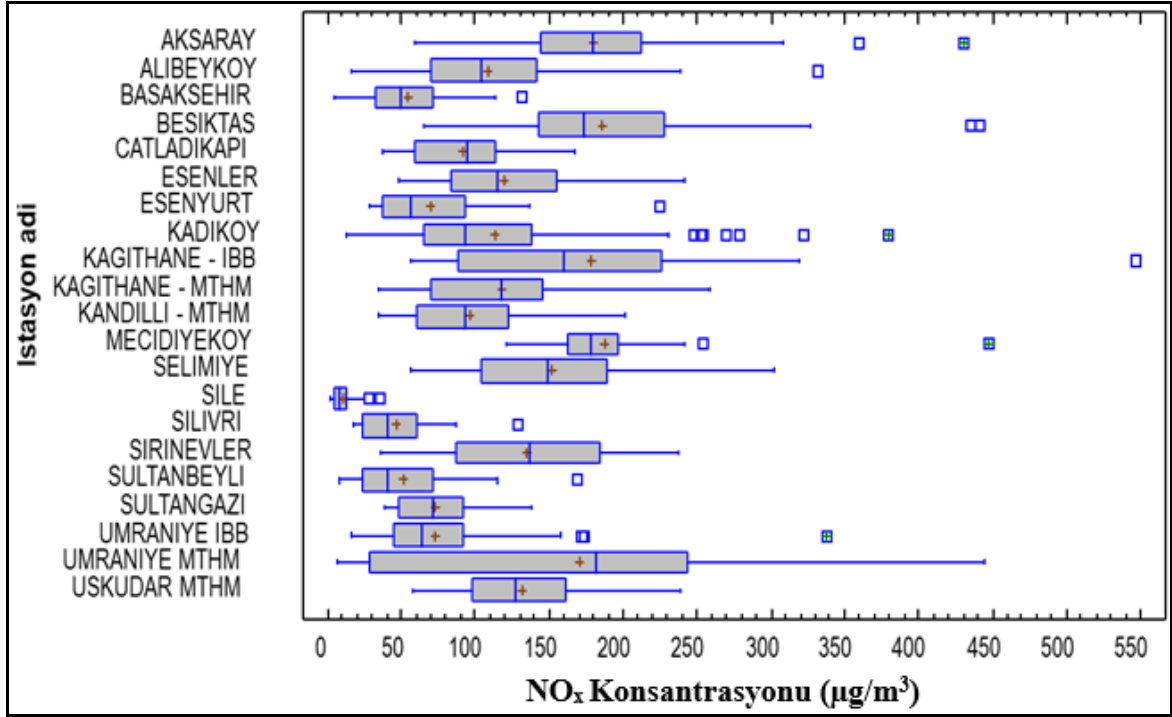
İstanbul genelinde yaz aylarında araç sayısı azalırken kış aylarında araç sayısı artış göstermektedir. NO_x değişimi trafik yoğunluğuna bağlı olarak Şekil 4.17'de görüldüğü gibi kış aylarında artarken, yaz döneminde azalmaktadır (Coşkun, 2008).



Şekil 4.17. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_x konsantrasyonunun (µg/m³) aylara göre değişimi

4.6.4. NO_x Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişim

NO_x konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.18’de gösterilmiştir. En yüksek NO_x seviyesi Avrupa Yakası’nda Beşiktaş ve Mecidiyeköy istasyonlarında 188 µg/m³, Anadolu Yakası’nda Ümraniye MTHM 170 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Beşiktaş, Mecidiyeköy ve Ümraniye ilçeleri trafik yoğunluğunun yüksek olduğu ilçelerdir. En düşük NO_x seviyesi Anadolu Yakası’nda Şile istasyonunda 12 µg/m³, Avrupa Yakası’nda Silivri istasyonunda 48 µg/m³ olduğu görülmektedir. En geniş aralık ise Ümraniye istasyonunda 30 – 245 µg/m³ ölçülmüştür. Şile ve Silivri ilçeleri İstanbul’un diğer ilçelerine göre trafik yoğunluğu düşük ilçelerdir.



Şekil 4.18. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO_x konsantrasyonunun (µg/m³) istasyonlara göre değişimi

NO_x'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.23'de görülmektedir. Buna göre NO_x'in ölçüm yapıldığı tüm istasyonlarda aralarında kuvvetli bir ilişki olduğu görülmektedir (r = 0,35 – 0,96).

Çizelge 4.23. NO_x'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyonlar	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Şirinevler MTHM - Kağıthane	0,96	16	0,0002
Silivri MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,96	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane MTHM	0,95	25	< 0,001
Silivri MTHM - Kağıthane	0,94	16	0,0003
Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM	0,94	25	< 0,001
Silivri MTHM - Şirinevler MTHM	0,94	25	< 0,001
Silivri MTHM - Kağıthane MTHM	0,92	25	< 0,001
Üsküdar MTHM - Kandilli MTHM	0,92	25	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kağıthane MTHM	0,92	25	< 0,001

Çizelge 4.23'ün devamı

Şirinevler MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,92	25	< 0,001
Silivri MTHM - Başakşehir MTHM	0,91	25	< 0,001
Silivri MTHM - Esenyurt MTHM	0,91	25	< 0,001
Kağıthane MTHM - Kağıthane	0,91	16	0,0004
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane	0,91	16	0,0004
Kadıköy - Üsküdar MTHM	0,91	25	< 0,001
Kağıthane - Başakşehir MTHM	0,91	16	0,0005
Kağıthane MTHM - Esenyurt MTHM	0,90	25	< 0,001
Selimiye - Şile MTHM	0,90	16	0,0005
Esenyurt - Başakşehir MTHM	0,89	26	< 0,001
Kağıthane MTHM - Alibeyköy	0,89	22	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Alibeyköy	0,88	23	< 0,001
Kağıthane - Alibeyköy	0,87	20	0,0001
Silivri MTHM - Alibeyköy	0,87	22	0,0001
Şirinevler MTHM - Esenyurt MTHM	0,87	25	< 0,001
Selimiye - Esenyurt MTHM	0,86	16	0,0008
Kağıthane MTHM - Başakşehir MTHM	0,85	25	< 0,001
Silivri MTHM - Şile MTHM	0,85	25	< 0,001
Kağıthane - Esenyurt MTHM	0,85	17	0,0007
Mecidiyeköy MTHM - Selimiye	0,85	16	0,001
Silivri MTHM - Selimiye	0,85	16	0,001
Üsküdar MTHM - Başakşehir MTHM	0,85	25	< 0,001
Üsküdar MTHM - Kağıthane	0,84	16	0,0011
Şirinevler MTHM - Başakşehir MTHM	0,84	25	< 0,001
Kandilli MTHM - Kadıköy	0,84	25	< 0,001
Selimiye - Başakşehir MTHM	0,84	16	0,0012
Şile MTHM - Başakşehir MTHM	0,83	25	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Şile MTHM	0,83	25	0,0001
Mecidiyeköy MTHM - Esenler	0,82	21	0,0002
Kağıthane - Çatladıkapı	0,82	7	0,0442
Selimiye - Kağıthane	0,82	7	0,0442
Şirinevler MTHM - Alibeyköy	0,82	22	0,0002
Kağıthane MTHM - Esenler	0,82	19	0,0005
Esenler - Alibeyköy	0,82	97	< 0,001
Üsküdar MTHM - Alibeyköy	0,81	22	0,0002
Esenyurt MTHM - Üsküdar MTHM	0,81	25	0,0001
Çatladıkapı - Beşiktaş	0,81	16	0,0017
Üsküdar MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,80	25	0,0001
Şile MTHM - Esenyurt MTHM	0,80	25	0,0001
Üsküdar MTHM - Silivri MTHM	0,80	25	0,0001
Şile MTHM - Alibeyköy	0,80	22	0,0003
Esenyurt MTHM - Alibeyköy	0,79	32	< 0,001
Sultangazi MTHM - Kağıthane	0,79	16	0,0023
Kandilli MTHM - Esenyurt MTHM	0,79	25	0,0001

Çizelge 4.23'ün devamı

Şirinevler MTHM - Şile MTHM	0,79	25	0,0001
Sultanbeyli MTHM - Selimiye	0,79	16	0,0023
Şile MTHM - Kağıthane MTHM	0,77	25	0,0002
Kağıthane - Beşiktaş	0,76	23	0,0003
Selimiye - Esenler	0,76	15	0,0042
Selimiye - Kadıköy	0,76	16	0,0033
Üsküdar MTHM - Kağıthane MTHM	0,76	25	0,0002
Silivri MTHM - Kandilli MTHM	0,75	25	0,0002
Kandilli MTHM - Başakşehir MTHM	0,75	25	0,0002
Selimiye MTHM - Alibeyköy	0,75	16	0,0037
Esenler - Çatladıkapı	0,75	15	0,005
Selimiye - Beşiktaş	0,75	16	0,0037
Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM	0,75	26	0,0002
Kağıthane - Esenler	0,75	18	0,002
Silivri MTHM - Kadıköy	0,75	25	0,0002
Sultanbeyli MTHM - Kandilli MTHM	0,75	25	0,0002
Selimiye - Kandilli MTHM	0,75	16	0,0038
Esenler - Kadıköy	0,74	100	< 0,001
Esenyurt - Kadıköy	0,74	35	< 0,001
Kadıköy - Esenyurt MTHM	0,74	35	< 0,001
Kağıthane MTHM - Kadıköy	0,74	25	0,0003
Silivri MTHM - Çatladıkapı	0,74	16	0,0042
Kadıköy - Başakşehir MTHM	0,74	28	0,0001
Başakşehir MTHM- Alibeyköy	0,74	25	0,0003
Ümraniye - Esenler	0,73	101	< 0,001
Silivri MTHM - Beşiktaş	0,73	25	0,0004
Başakşehir MTHM- Çatladıkapı	0,73	16	0,0049
Kadıköy - Alibeyköy	0,72	110	< 0,001
Kandilli MTHM - Alibeyköy	0,72	22	0,0008
Şirinevler MTHM - Beşiktaş	0,72	25	0,0004
Kağıthane MTHM - Kandilli MTHM	0,72	25	0,0005
Şile MTHM - Kandilli MTHM	0,71	25	0,0005
Ümraniye MTHM - Esenyurt MTHM	0,71	32	0,0001
Ümraniye MTHM - Şirinevler MTHM	0,71	25	0,0005
Ümraniye MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,71	25	0,0005
Şile MTHM - Kağıthane	0,70	16	0,0065
Şirinevler MTHM - Çatladıkapı	0,70	16	0,0067
Şirinevler MTHM - Kadıköy	0,70	25	0,0006
Ümraniye - Esenyurt MTHM	0,70	33	0,0001
Üsküdar MTHM - Şirinevler MTHM	0,70	25	0,0006
Selimiye - Kağıthane MTHM	0,69	16	0,0072
Sultanbeyli MTHM - Esenler	0,69	20	0,0025
Şirinevler MTHM - Kandilli MTHM	0,69	25	0,0007
Ümraniye MTHM - Kağıthane MTHM	0,69	25	0,0007

Çizelge 4.23'ün devamı

Sultanbeyli MTHM - Kadıköy	0,69	26	0,0006
Sultanbeyli MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,69	25	0,0006
Şile MTHM - Kadıköy	0,69	25	0,0008
Şirinevler MTHM - Selimiye	0,68	16	0,0082
Silivri MTHM - Esenler	0,68	19	0,004
Mecidiyeköy MTHM - Kadıköy	0,68	27	0,0005
Kağıthane MTHM - Beşiktaş	0,68	25	0,0009
Mecidiyeköy MTHM - Kandilli MTHM	0,68	25	0,0009
Ümraniye MTHM - Silivri MTHM	0,67	25	0,001
Şirinevler MTHM - Esenler	0,67	19	0,0045
Ümraniye - Alibeyköy	0,66	109	< 0,001
Kağıthane - Kadıköy	0,66	23	0,0019
Esenler - Beşiktaş	0,66	101	< 0,001
Kandilli MTHM - Beşiktaş	0,66	25	0,0013
Çatladıkapı - Alibeyköy	0,65	16	0,0114
Silivri MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,65	25	0,0015
Kağıthane MTHM - Çatladıkapı	0,64	16	0,0126
Üsküdar MTHM - Beşiktaş	0,64	25	0,0017
Sultanbeyli MTHM - Beşiktaş	0,64	26	0,0015
Esenler - Üsküdar MTHM	0,64	19	0,0071
Şile MTHM - Çatladıkapı	0,64	16	0,0134
Mecidiyeköy MTHM - Kağıthane MTHM	0,63	25	0,002
Selimiye - Çatladıkapı	0,62	16	0,0157
Ümraniye MTHM - Şile MTHM	0,62	25	0,0023
Ümraniye - Beşiktaş	0,62	116	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Beşiktaş	0,62	27	0,0017
Mecidiyeköy MTHM - Kağıthane	0,61	16	0,0178
Mecidiyeköy MTHM - Esenyurt MTHM	0,61	26	0,0022
Mecidiyeköy MTHM - Alibeyköy	0,61	24	0,0037
Mecidiyeköy MTHM - Başakşehir MTHM	0,61	26	0,0024
Şirinevler MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,60	25	0,0035
Beşiktaş - Alibeyköy	0,59	111	< 0,001
Kağıthane - Kandilli MTHM	0,59	16	0,0227
Ümraniye - Selimiye	0,58	14	0,0372
Üsküdar MTHM - Selimiye	0,58	16	0,0028
Mecidiyeköy MTHM - Çatladıkapı	0,57	16	0,0263
Kandilli MTHM - Esenler	0,56	19	0,0165
Sultanbeyli MTHM - Çatladıkapı	0,56	16	0,0296
Ümraniye MTHM - Başakşehir MTHM	0,56	25	0,0059
Ümraniye - Kadıköy	0,56	115	< 0,001
Esenler - Başakşehir MTHM	0,56	22	0,0105
Başakşehir MTHM- Beşiktaş	0,56	28	0,0039
Esenler - Esenyurt MTHM	0,55	29	0,0037
Ümraniye - Mecidiyeköy MTHM	0,55	25	0,0074

Çizelge 4.23'ün devamı

Üsküdar MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,55	25	0,0027
Kadıköy - Çatladıkapı	0,53	16	0,0403
Kağıthane - Aksaray	0,52	22	0,0162
Ümraniye - Başakşehir MTHM	0,52	26	0,0094
Esenler - Aksaray	0,52	100	< 0,001
Şile MTHM - Beşiktaş	0,51	25	0,0126
Ümraniye MTHM - Kağıthane	0,50	18	0,0399
Ümraniye - Şile MTHM	0,50	23	0,0202
Üsküdar MTHM - Şile MTHM	0,50	25	0,0001
Beşiktaş - Aksaray	0,48	114	< 0,001
Ümraniye - Kağıthane MTHM	0,48	23	0,0243
Ümraniye - Kandilli MTHM	0,48	23	0,0234
Üsküdar MTHM - Ümraniye	0,47	23	0,0287
Kadıköy - Beşiktaş	0,43	118	< 0,001
Ümraniye - Aksaray	0,43	113	< 0,001
Esenyurt - Beşiktaş	0,41	35	0,0175
Aksaray - Alibeyköy	0,40	106	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Şile MTHM	0,40	25	0,05
Kadıköy - Aksaray	0,35	112	0,0002

4.7. NO₂ Seviyelerinin Değişimi

4.7.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık NO₂ Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan yalnızca 21 tanesinde NO₂ ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.24'den de görüldüğü gibi 2007 – 2017 yılları arasında Aksaray, Alibeyköy, Beşiktaş, Esenler, Kadıköy, Ümraniye (İBB) istasyonlarında ölçüm yapılmıştır. Diğer istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıp, belirli yıllarda yapılmadığı tablodan görülmektedir. 2009 yılından sonra HKDYY limit değerleri değişiklik göstermektedir ve limit değerinin üzerinde kalan ortalama değerler Çizelge 4.24'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.24. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık NO_x seviyelerinin değişimi (µg/m³)*

İst. No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
HKDYY Limit Değerler (µg/m³)			100	100	100	92	84	76	68	60	58	56	54
10	Aksaray	İBB	39,6 ± 26,7 (1 - 135)	72,6 ± 25 (6 - 146)	106,8 ± 63,5 (37 - 593)	91,6 ± 32,3 (34 - 277)	85,1 ± 30,2 (32 - 177)	81,1 ± 27,5 (23 - 193)	73,9 ± 16,9 (35 - 150)	74,5 ± 25,5 (25 - 312)	64,7 ± 26,2 (16 - 193)	71,6 ± 28,8 (19 - 172)	79,7 ± 25,2 (30 - 169)
9	Alibeyköy	İBB	45,9 ± 41,1 (1 - 293)	51,7 ± 65,5 (6 - 706)	48,5 ± 19,1 (12 - 90)	50 ± 27 (5 - 154)	53 ± 20,4 (13 - 120)	50,6 ± 21,2 (9 - 119)	53,2 ± 22 (20 - 133)	74,5 ± 25,5 (18 - 152)	48,7 ± 19,1 (15 - 108)	51,1 ± 23,3 (16 - 143)	70 ± 32,9 (18 - 197)
7	Başakşehir	MTHM							31 ± 18,3 (6 - 94)	32,3 ± 18,2 (6 - 87)	33,1 ± 19,9 (7 - 88)	33,9 ± 18,5 (5 - 100)	36,5 ± 18,4 (8 - 84)
16	Beşiktaş	İBB	34,7 ± 29,3 (2 - 153)	72,2 ± 20,1 (27 - 132)	92,6 ± 47,4 (1 - 410)	102,7 ± 32 (50 - 238)	80 ± 21,2 (41 - 145)	78,7 ± 21,8 (35 - 186)	104,7 ± 30,8 (30 - 325)	84,1 ± 16,3 (47 - 169)	100,8 ± 33,3 (53 - 227)	82,8 ± 20,3 (37 - 151)	92 ± 28,3 (40 - 153)
11	Çatladıkapı	İBB									70,7 ± 19,2 (42 - 102)	65,7 ± 21,9 (28 - 136)	100,7 ± 24,3 (53 - 166)
6	Esenler	İBB	59,3 ± 47 (2 - 339)	72 ± 28,5 (17 - 184)	69,8 ± 33,7 (12 - 230)	66,2 ± 28,3 (24 - 216)	61,3 ± 21,8 (32 - 186)	68,6 ± 30,4 (18 - 171)	75,7 ± 28,7 (24 - 206)	60,8 ± 20,1 (22 - 117)	67,7 ± 20,1 (24 - 111)	61,2 ± 24,7 (22 - 149)	68,8 ± 22,2 (24 - 125)
2	Esenyurt	MTHM							41 ± 15,8 (7 - 88)	37,5 ± 13,7 (11 - 106)	31,4 ± 13,1 (8 - 76)	21,9 ± 9,7 (1 - 55)	10,3 ± 7 (1 - 31)
24	Kadıköy	İBB	44,9 ± 20,6 (5 - 111)	77,7 ± 57,7 (12 - 363)	54,6 ± 26,5 (19 - 175)	60 ± 26,3 (18 - 153)	54,2 ± 28,5 (15 - 155)	54,5 ± 24,9 (14 - 138)	67,6 ± 45,9 (16 - 340)	54,2 ± 59,8 (1 - 427)	57,6 ± 29,9 (8 - 172)	69,7 ± 51,9 (18 - 336)	68 ± 20,6 (31 - 133)
12	Kâğıthane	MTHM								49,9 ± 17,3 (10 - 106)	36,7 ± 17,2 (6 - 86)	49,6 ± 31,7 (7 - 203)	38,4 ± 17,5 (15 - 95)
13	Kâğıthane	İBB							52,1 ± 19 (16 - 111)	40,7 ± 13,7 (3 - 61)	42,2 ± 15,4 (14 - 121)	41 ± 11,3 (19 - 76)	106,3 ± 27,5 (45 - 145)
19	Kandilli	MTHM							44,9 ± 24 (8 - 102)	44,8 ± 18,3 (7 - 96)	37,2 ± 19 (6 - 92)	40,4 ± 20,2 (4 - 96)	30 ± 18,4 (4 - 96)
15	Mecidiyeköy	MTHM							85,6 ± 18,2 (49 - 162)	81,4 ± 16,9 (38 - 129)	81,4 ± 15,7 (37 - 132)	71,9 ± 15,2 (33 - 129)	72,3 ± 13,9 (29 - 112)
23	Selimiye - Üsküdar	İBB									34 ± 7,1 (21 - 50)	49,8 ± 17,9 (9 - 104)	53 ± 13,4 (22 - 86)

* (ort ± sd (min - max))

2007 - 2017 Yılları arasında NO_x'in ölçüldüğü istasyonlarda NO_x'un ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.25'de verilmektedir. HKDYY'ye göre NO_x limit değerleri 2007 – 2017 yılları arasında değişim göstermektedir. Çizelgeye göre ortalama NO_x konsantrasyonu bazı istasyonlarda limit değerinin üzerindeyken bazılarında altında kalmaktadır. En yüksek ortalama NO_x konsantrasyonları ise sırasıyla Beşiktaş (83,7 µg/m³), Ümraniye MTHM (83,1 µg/m³), Mecidiyeköy MTHM (79,4 µg/m³) ve Aksaray (77,5 µg/m³) istasyonlarında görülmektedir.

Çizelge 4.25. 2007 - 2017 Yılları arasında NO_x'in ölçüldüğü istasyonlarda NO_x'un ortalama (µg/m³) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Besiktaş	83,7	34,4
Ümraniye-MTHM	83,1	19,1
Mecidiyeköy-MTHM	79,4	17,1
Aksaray	77,5	36,0
Çatladıkapı	71,6	25,6
Esenler	66,7	29,4
Şirinevler-MTHM	63,2	24,8
Kadiköy	59,7	40,0
Üsküdar-MTHM	54,0	18,4
Alibeyköy	51,6	31,6
Selimiye	49,4	17,0
Kağıthane-MTHM	46,4	22,9
Ümraniye	46,1	32,2
Kağıthane	44,3	19,6
Kandilli-MTHM	41,1	20,6
Sultangazi-MTHM	39,9	19,2
Başakşehir-MTHM	32,9	18,7
Esenyurt-MTHM	31,6	15,5
Silivri-MTHM	24,9	13,7
Sultanbeyli-MTHM	23,2	17,7
Şile-MTHM	6,8	7,5

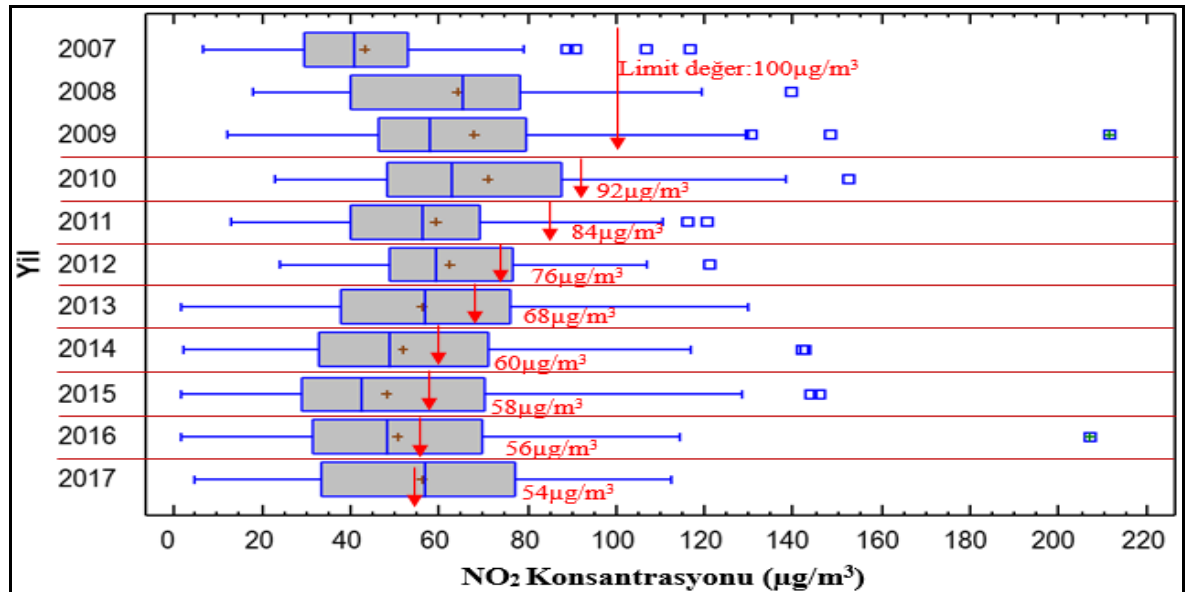
NO₂'in İstasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.26'de verilmektedir. Yıllık değişimin en kuvvetli artış gösterdiği istasyonlar sırasıyla Çatladıkapı, Aksaray ve Beşiktaş iken, yıllara göre NO₂ konsantrasyonunda en fazla azalış görülen istasyon Üsküdar MTHM'dir.

Çizelge 4.26. NO₂'in istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Çatladıkapı - Yıl	0,53	16	0,0401
Aksaray - Yıl	0,46	115	< 0,001
Beşiktaş - Yıl	0,36	120	0,0001
Ümraniye - Yıl	0,29	118	0,0016
Üsküdar MTHM - Yıl	-0,14	49	0,3407
Ümraniye MTHM - Yıl	-0,32	49	0,0253
Kâğıthane MTHM - Yıl	-0,34	49	0,0203
Sultangazi MTHM - Yıl	-0,38	50	0,0075
Mecidiyeköy MTHM - Yıl	-0,56	49	0,0001
Esenyurt MTHM - Yıl	-0,75	49	< 0,001

4.7.2. NO₂ Seviyelerinin Yıllara Göre Değişim

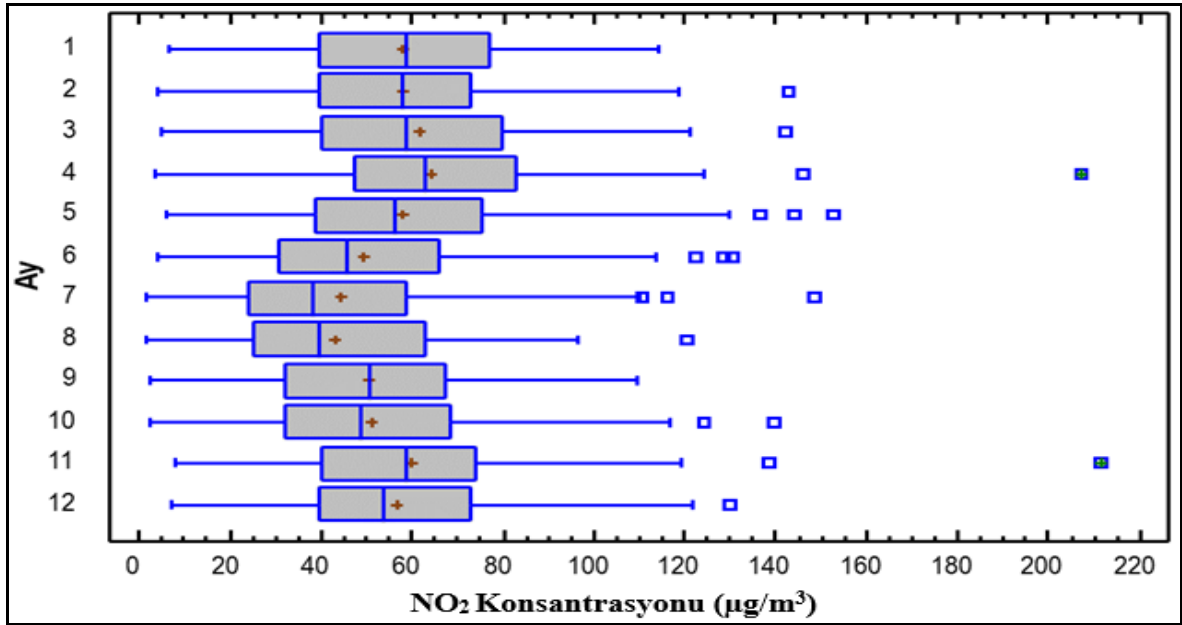
NO₂ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO₂ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.19'da gösterilmiştir. NO₂ seviyesi 2007 yılında 43 µg/m³ olarak en düşük seviye iken, 72 µg/m³ ile en yüksek seviye 2010 yılında görülmektedir. Uç değerler ise 2009 (210 µg/m³) ve 2016 (205 µg/m³) yıllarında ölçülmüştür. HKDYY sınır değeri yıllara göre değişim göstermektedir. Ölçüm sonuçlarına göre tüm yıllık ortalama değerler (2017 yılı hariç) HKDYY'e göre sınır değerlerin altında kalmaktadır.



Şekil 4.19. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) yıllara göre değişimi

4.7.3. NO₂ Seviyelerinin Aylara Göre Değişim

NO₂ ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO₂ konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.20’de gösterilmiştir. Eylül – Nisan döneminde NO₂ seviyesi 50 – 83 µg/m³ aralığında değişmektedir. NO₂ seviyesi Kasım – Şubat ayları 40 – 77 µg/m³ arasında birbirine benzer dağılım göstermekte ve ortalaması 57 µg/m³’tür. Mayıs – Ağustos döneminde 43 – 58 µg/m³ aralığında değişim göstermektedir. Dolayısıyla NO₂ seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiğini grafikten görebiliriz.



Şekil 4.20. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) aylara göre değişimi

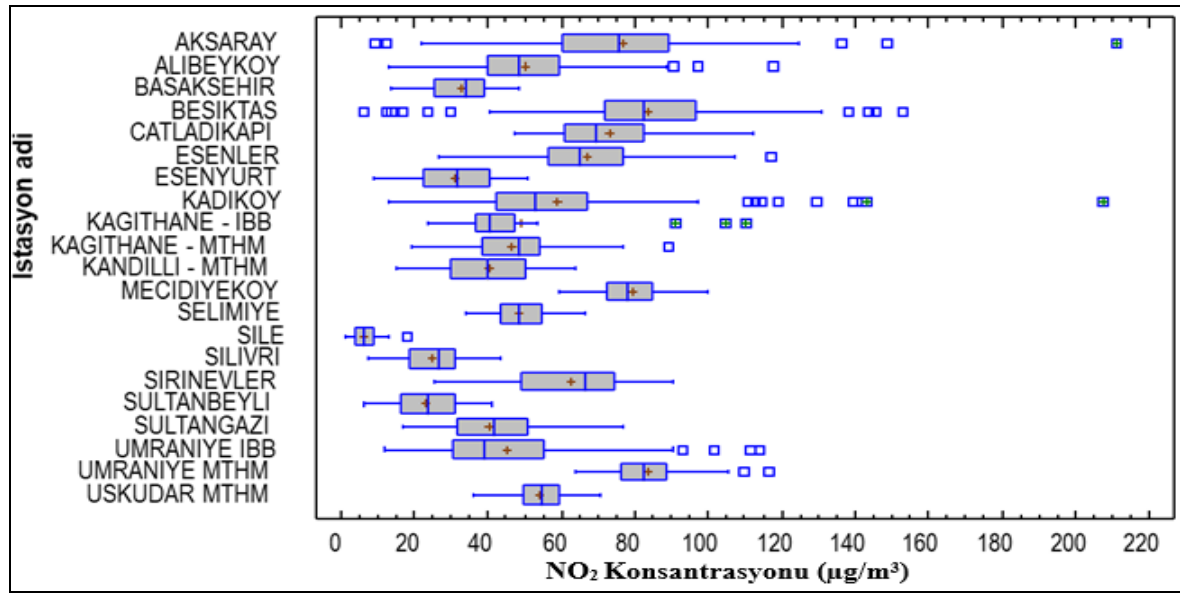
4.7.4. NO₂ Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişim

NO₂ konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Avrupa Yakası’nda en yüksek NO₂ seviyesi Beşiktaş’da (85 µg/m³) ölçülmüş sonraki iki istasyon sırasıyla Mecidiyeköy (80 µg/m³), Aksaray (77 µg/m³) istasyonlarıdır. Anadolu Yakası’nda ise Ümraniye istasyonu en yüksek NO₂ seviyesinin (85 µg/m³) ölçüldüğü istasyon olup sonraki iki istasyon ise Kadıköy (59 µg/m³), Üsküdar MTHM (54 µg/m³)’dir.

NO₂ kirleticisinin araç egzozlarından kaynaklandığını dikkate aldığımızda NO₂ konsantrasyonunun yüksek olduğu istasyonlar; Beşiktaş, Mecidiyeköy, Aksaray, Ümraniye, Kadıköy ve Üsküdar trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerdir.

En düşük NO₂ seviyesinin ise Anadolu Yakası'nda Şile istasyonunda 6 µg/m³ Avrupa Yakası'nda 25 µg/m³ olduğu görünmektedir. İstanbul İli 2017 Çevre Durum Raporu'nda da belirtildiği gibi Şile ve Silivri kırsal ve şehirden uzak tarafların yoğun olmadığı bölgeler olması sebebiyle NO₂ konsantrasyonunun düşük olduğu görülmüştür (ÇŞB, 2018).

Ölçüm yapılan istasyonlar arasında farklı dağılımlar söz konusudur. Uç değerler ise Kadıköy (207 µg/m³) ve Aksaray (210 µg/m³) istasyonlarında görülmektedir.



Şekil 4.21. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen NO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) istasyonlara göre değişimi

NO₂'nin ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.27'de görülmektedir. Buna göre NO₂'nin ölçüm yapıldığı tüm istasyonlarda aralarında kuvvetli bir ilişki olduğu görülmekte en kuvvetli ilişki ise Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM arasındadır (r = 0,88).

Çizelge 4.27. NO₂'nin Ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

NO ₂	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM	0,88	49	< 0,001
Kağıthane - Çatladıkapi	0,86	7	0,0358
Selimiye - Kağıthane	0,86	7	0,0358

Çizelge 4.27'nin devamı

Silivri MTHM - Başakşehir MTHM	0,85	49	< 0,001
Selimiye - Esenler	0,85	15	0,0015
Sultanbeyli MTHM - Şile MTHM	0,85	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Silivri MTHM	0,83	49	< 0,001
Başakşehir MTHM - Alibeyköy	0,81	46	< 0,001
Silivri MTHM - Şile MTHM	0,81	49	< 0,001
Şile MTHM - Başakşehir MTHM	0,80	49	< 0,001
Beşiktaş - Çatladıkapı	0,79	16	0,0021
Ümraniye MTHM - Selimiye	0,78	16	0,0025
Ümraniye MTHM - Çatladıkapı	0,77	16	0,0027
Şile MTHM - Alibeyköy	0,75	46	< 0,001
Şirinevler MTHM - Başakşehir MTHM	0,74	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Esenler	0,74	43	0,0076
Üsküdar MTHM - Alibeyköy	0,72	46	< 0,001
Silivri MTHM - Şirinevler MTHM	0,72	49	< 0,001
Esenler - Başakşehir MTHM	0,72	43	< 0,001
Silivri MTHM - Alibeyköy	0,71	46	< 0,001
Selimiye - Beşiktaş	0,71	16	0,006
Şirinevler MTHM - Çatladıkapı	0,70	16	0,0067
Üsküdar MTHM - Kandilli MTHM	0,70	49	< 0,001
Esenler - Çatladıkapı	0,70	15	0,0092
Üsküdar MTHM - Başakşehir MTHM	0,69	49	< 0,001
Çatladıkapı - Alibeyköy	0,69	16	0,0074
Üsküdar MTHM - Selimiye	0,69	16	0,0074
Selimiye - Üsküdar MTHM	0,69	16	0,0074
Üsküdar MTHM - Kağıthane MTHM	0,68	49	< 0,001
Silivri MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,68	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM- Şirinevler MTHM	0,68	49	< 0,001
Kandilli MTHM - Esenyurt MTHM	0,66	49	0,0006
Sultanbeyli MTHM - Alibeyköy	0,66	46	< 0,001
Kağıthane - Alibeyköy	0,66	20	0,0042
Silivri MTHM - Çatladıkapı	0,66	16	0,0104
Mecidiyeköy MTHM - Esenyurt MTHM	0,66	49	< 0,001
Mecidiyeköy MTHM - Selimiye	0,66	16	0,01
Üsküdar MTHM - Sultangazi MTHM	0,66	49	< 0,001
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane MTHM	0,64	49	< 0,001
Şirinevler MTHM - Esenler	0,63	43	< 0,001
Üsküdar MTHM - Kağıthane	0,63	23	0,0031
Sultangazi MTHM - Çatladıkapı	0,62	16	0,0157
Şirinevler MTHM - Kağıthane	0,62	23	0,0035
Kağıthane MTHM - Esenler	0,62	43	0,0001
Şile MTHM - Kağıthane MTHM	0,62	49	< 0,001

Çizelge 4.27'nin devamı

Sultanbeyli MTHM - Esenler	0,62	43	0,0001
Selimiye - Çatladıkapı	0,62	16	0,0168
Üsküdar MTHM - Sultanbeyli MTHM	0,61	49	< 0,001
Kadıköy - Başakşehir MTHM	0,61	49	< 0,001
Kadıköy - Çatladıkapı	0,60	16	0,0195
Kağıthane MTHM - Kandilli MTHM	0,59	49	< 0,001
Üsküdar MTHM - Şirinevler MTHM	0,59	49	< 0,001
Silivri MTHM - Esenler	0,58	43	0,0002
Üsküdar MTHM - Şile MTHM	0,58	49	0,0001
Şile MTHM - Üsküdar MTHM	0,58	49	0,0001
Silivri MTHM - Kağıthane	0,58	23	0,0066
Mecidiyeköy MTHM - Beşiktaş	0,57	49	0,0001
Esenler - Kadıköy	0,57	100	< 0,001
Ümraniye- Sultanbeyli MTHM	0,57	47	0,0001
Kandilli MTHM - Alibeyköy	0,57	46	0,0001
Sultangazi MTHM - Selimiye	0,56	16	0,0287
Üsküdar MTHM - Silivri MTHM	0,56	49	0,0001
Sultanbeyli MTHM - Kadıköy	0,56	49	0,0001
Şirinevler MTHM - Alibeyköy	0,55	46	0,0002
Silivri MTHM - Kağıthane MTHM	0,55	49	0,0001
Kandilli MTHM - Esenler	0,55	43	0,0001
Kağıthane MTHM - Başakşehir MTHM	0,55	49	0,0001
Mecidiyeköy MTHM - Esenler	0,55	43	0,0004
Şile MTHM - Esenler	0,55	43	0,0004
Kağıthane MTHM - Esenyurt MTHM	0,55	49	0,0002
Kağıthane MTHM - Alibeyköy	0,54	46	0,0003
Kağıthane - Başakşehir MTHM	0,54	23	0,0114
Şirinevler MTHM - Şile MTHM	0,54	49	0,0002
Ümraniye- Şile MTHM	0,54	47	0,0003
Esenler - Alibeyköy	0,54	97	< 0,001
Ümraniye - Başakşehir MTHM	0,54	47	0,0003
Sultangazi MTHM - Kağıthane MTHM	0,54	49	0,0002
Kandilli MTHM - Başakşehir MTHM	0,53	49	0,0003
Sultangazi MTHM - Esenler	0,53	44	0,0005
Selimiye - Kağıthane MTHM	0,52	16	0,0438
Üsküdar MTHM - Kadıköy	0,52	49	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kadıköy	0,51	49	0,0004
Şile MTHM - Kandilli MTHM	0,51	43	0,0005
Kandilli MTHM - Beşiktaş	0,50	49	0,0006
Silivri MTHM - Kadıköy	0,50	49	0,0005
Sultanbeyli MTHM - Kandilli MTHM	0,50	49	0,0006
Üsküdar MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,50	49	0,0006
Şirinevler MTHM - Kağıthane MTHM	0,50	49	0,0006

Çizelge 4.27'nin devamı

Sultangazi MTHM - Ümraniye MTHM	0,49	49	0,0007
Sultangazi MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,49	49	0,0007
Şile MTHM - Kadıköy	0,47	49	0,001
Ümraniye - Silivri MTHM	0,45	47	0,0024
Ümraniye - Esenyurt MTHM	0,45	47	0,0024
Sultangazi MTHM - Kağıthane	0,45	23	0,0358
Sultangazi MTHM - Kandilli MTHM	0,45	49	0,0019
Sultangazi MTHM - Alibeyköy	0,43	47	< 0,001
Ümraniye - Alibeyköy	0,43	109	< 0,001
Şirinevler MTHM - Kandilli MTHM	0,42	49	0,0033
Ümraniye - Esenler	0,42	101	< 0,001
Esenler -Esenyurt MTHM	0,41	43	0,0086
Şirinevler MTHM - Beşiktaş	0,40	49	0,0053
Kadıköy - Alibeyköy	0,40	110	< 0,001
Silivri MTHM - Aksaray	0,40	46	0,0078
Ümraniye MTHM - Mecidiyeköy MTHM	0,40	49	0,0059
Üsküdar MTHM - Esenyurt MTHM	0,39	49	0,0003
Sultangazi MTHM - Silivri MTHM	0,39	49	0,0076
Sultangazi MTHM - Beşiktaş	0,38	50	0,0076
Üsküdar MTHM - Beşiktaş	0,38	49	0,0089
Mecidiyeköy MTHM - Kağıthane MTHM	0,37	49	0,0112
Mecidiyeköy MTHM - Kandilli MTHM	0,37	49	0,0003
Ümraniye - Kadıköy	0,37	115	0,0001
Ümraniye - Beşiktaş	0,36	116	0,0001
Ümraniye - Aksaray	0,36	113	0,0001
Üsküdar MTHM - Ümraniye MTHM	0,36	49	0,0123
Üsküdar MTHM - Ümraniye	0,36	47	0,015
Sultangazi MTHM - Esenyurt MTHM	0,36	49	0,0132
Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM	0,36	49	0,0135
Şile MTHM - Esenyurt MTHM	0,35	49	0,0147
Sultangazi MTHM - Şile MTHM	0,35	49	0,0154
Sultangazi MTHM - Kadıköy	0,34	50	0,0185
Ümraniye MTHM - Kağıthane MTHM	0,32	49	0,0271
Kağıthane MTHM - Kadıköy	0,32	49	0,0289
Sultangazi MTHM - Başakşehir MTHM	0,31	49	0,0304
Beşiktaş - Aksaray	0,31	114	0,0009
Esenyurt MTHM - Beşiktaş	0,31	49	0,0323
Sultangazi MTHM- Şirinevler MTHM	0,31	49	0,0317
Silivri MTHM - Kandilli MTHM	0,30	49	0,0353
Kağıthane MTHM - Beşiktaş	0,30	49	0,0383
Ümraniye - Kağıthane MTHM	0,30	47	0,041
Sultangazi MTHM- Sultanbeyli MTHM	0,30	49	0,0405

Çizelge 4.27'nin devamı

Ümraniye - Kandilli MTHM	0,29	47	0,047
Kadıköy - Beşiktaş	0,27	118	0,0034
Esenler - Beşiktaş	0,26	101	0,009
Beşiktaş - Alibeyköy	0,26	111	0,0063
Esenler - Aksaray	0,25	100	0,0118
Aksaray - Alibeyköy	0,24	106	0,0128
Kandilli MTHM - Kadıköy	0,23	49	0,0425
Kadıköy- Aksaray	0,21	112	0,0249

4.8. Ozon Seviyelerinin Değişimi

4.8.1. 2007 - 2017 Yılları Arasında İstanbul'un Tüm İstasyonlarında Ölçülen Yıllık Ozon Seviyelerinin Değişimi

Hava kirleticilerin ölçümünün yapıldığı tüm istasyonlardan yalnızca 13 tanesinde Ozon ölçümü yapılmıştır (bkz. Çizelge 3.1). Çizelge 4.28'den de görüldüğü gibi 2007 – 2017 yılları arasında Alibeyköy ve Kadıköy istasyonlarında ölçüm yapılmıştır. Diğer istasyonlarda ise belirli yıllarda ölçüm yapıp, belirli yıllarda yapılmadığı Çizelge 4.28'de görülmektedir.

Çizelge 4.28. 2007 – 2017 Yılları arasında İstanbul'un tüm istasyonlarında ölçülen yıllık Ozon seviyelerinin değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *

No	İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
10	Aksaray	İBB			9,3 ± 5,1 (2- 23)	7,5 ± 5,3 (1- 39)	13 ± 6,1 (4 - 21)			12,5 ± 4,2 (2 - 29)	14,5 ± 8,2 (2 - 50)	26,9 ± 34,3 (1 - 197)	8,1 ± 4,9 (1 - 20)
9	Alibeyköy	İBB	6,1 ± 6,6 (1- 34)	27,4 ± 17,5 (3- 91)	33,2 ± 20,1 (3- 96)	27,1 ± 16 (1-78)	29,6 ± 16 (1 - 73)	35,8 ± 16,8 (4 - 85)	35 ± 18,6 (2 - 87)	30,9 ± 16,1 (2 - 74)	21,6 ± 14,4 (1 - 77)	38,4 ± 21,5 (2 - 105)	24,5 ± 16,5 (2 - 68)
7	Başakşehir	MTHM							64,9 ± 33,3 (5 - 167)	55,2 ± 24,7 (4 - 106)	51,7 ± 22,8 (6 - 156)	54,6 ± 19 (14 - 104)	56,4 ± 20,9 (12 - 109)
29	Büyükkada	İBB								18,6 ± 10,1 (1 - 45)	28,6 ± 11,5 (4 - 68)	8,6 ± 3,7 (2 - 24)	9,2 ± 4,1 (2 - 19)
11	Çatladıkapı	İBB									16,4 ± 11,1 (4 - 36)	23,8 ± 13,3 (1 - 61)	12 ± 8,2 (1 - 32)
2	Esenyurt	MTHM							49,6 ± 24,4 (5 - 107)	42,6 ± 21,3 (4 - 122)	32,4 ± 14,5 (2 - 73)	33,7 ± 13,9 (3 - 98)	34,6 ± 17,4 (1 - 78)
24	Kadıköy	İBB	27,9 ± 91,7 (1- 1113)	21,1 ± 12,6 (3- 60)	27,8 ± 17,4 (1- 196)	11,2 ± 7,2 (1- 30)	25,4 ± 18,3 (2- 75)	25,6 ± 13,7 (1 - 58)	16,2 ± 11,3 (1 - 59)	6,6 ± 7,1 (1 - 44)	28,7 ± 11,9 (10 - 58)	21,5 ± 12,6 (3 - 72)	26,6 ± 16,7 (2 - 123)
12	Kâğıthane	MTHM							32,7 ± 22,1 (1 - 89)	35,7 ± 19,3 (1 - 85)	37,1 ± 21,2 (1 - 89)	36,2 ± 21,1 (4 - 100)	33,7 ± 16,2 (7 - 80)
23	Selimiye - Üsküdar	İBB									8,8 ± 5,2 (3 - 25)	32,3 ± 15,9 (3 - 74)	26,8 ± 12,2 (5 - 53)
1	Silivri	MTHM							59,1 ± 21,7 (6 - 105)	52,8 ± 20,8 (8 - 99)	57,1 ± 20,5 (6 - 101)	49,6 ± 18,4 (1 - 112)	50,8 ± 17,1 (19 - 88)
27	Sultanbeyli	MTHM							66,3 ± 23,7 (9 - 117)	63,3 ± 22,6 (8 - 107)	62,1 ± 23,1 (12 - 117)	56,2 ± 20,1 (5 - 110)	47,3 ± 21,9 (9 - 101)
8	Sultangazi	MTHM							43,2 ± 23,4 (5 - 100)	36 ± 18,9 (3 - 81)	37,7 ± 17,4 (5 - 89)	29,3 ± 14,2 (1 - 72)	34,7 ± 16,1 (4 - 70)
30	Şile	MTHM							90,2 ± 25,1 (23 - 204)	74,5 ± 21,6 (11 - 119)	72,9 ± 18,3 (22 - 111)	62,5 ± 18 (17 - 111)	60,2 ± 18,5 (22 - 105)

* (ort ± sd (min - max))

Çizelge 4.28'in devamı

1	Silivri	MTHM							23,6 ± 14,6 (5 - 76)	25,2 ± 11,9 (5 - 61)	23,7 ± 13,4 (3 - 68)	24,9 ± 14 (6 - 73)	32,4 ± 14,9 (10 - 71)
27	Sultanbeyli	MTHM							23,8 ± 19 (2 - 86)	22,4 ± 17,5 (3 - 75)	22 ± 17,5 (1 - 85)	24,7 ± 17,4 (1 - 73)	22 ± 15,4 (1 - 58)
8	Sultangazi	MTHM							47,3 ± 20,5 (11 - 126)	45,4 ± 18,2 (10 - 97)	31,1 ± 13,5 (5 - 94)	34,8 ± 19,1 (6 - 98)	47,8 ± 17,3 (19 - 92)
30	Şile	MTHM							7,1 ± 7,6 (1 - 48)	7,3 ± 7,2 (1 - 40)	5,8 ± 9,2 (1 - 97)	7 ± 6,1 (1 - 32)	6,6 ± 5,1 (1 - 25)
5	Şirinevler	MTHM							64,7 ± 23 (25 - 132)	57,3 ± 25,4 (12 - 121)	65,9 ± 22,6 (22 - 135)	61,2 ± 26,2 (15 - 143)	79,4 ± 21,6 (42 - 128)
26	Ümraniye	MTHM							84,9 ± 21 (30 - 150)	92,5 ± 21,6 (41 - 142)	76,6 ± 13,5 (20 - 120)	78,1 ± 16 (34 - 139)	87,4 ± 16,1 (40 - 127)
31	Ümraniye	İBB	38,5 ± 19,1 (10 - 89)	41,6 ± 37,6 (1 - 229)	33,2 ± 18,3 (1 - 93)	53 ± 28,8 (15 - 163)	33,4 ± 17 (12 - 104)	41,7 ± 22,6 (12 - 112)	55,3 ± 29,1 (13 - 205)	52,6 ± 25,7 (15 - 152)	59,8 ± 29,1 (20 - 202)	61,2 ± 68,9 (13 - 552)	31,3 ± 13,1 (14 - 64)
21	Üsküdar	MTHM							57,3 ± 19,1 (24 - 113)	56,6 ± 19 (12 - 106)	48,7 ± 17,4 (15 - 105)	53,5 ± 17,7 (19 - 113)	55 ± 16 (19 - 110)

Ozonun 2007 - 2017 yılları arasında ölçüldüğü istasyonlarda ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.29'da verilmektedir. En yüksek ortalama Ozon seviyesi Şile - MTHM istasyonunda $73,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4. 29. 2007 - 2017 Yılları arasında Ozon'un ölçüldüğü istasyonlarda Ozon'un ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve standart sapma değerleri

İstasyon	Ortalama	Standart Sapma
Şile-MTHM	73,5	22,9
Sultanbeyli-MTHM	60,8	22,8
Başakşehir-MTHM	56,4	25,3
Silivri-MTHM	54,2	20,4
Esenyurt-MTHM	39,0	19,9
Sultangazi-MTHM	36,2	19,1
Kâğıthane-MTHM	35,3	20,6
Selimiye	29,3	15,8
Alibeyköy	29,3	18,8
Kadıköy	22,3	27,8
Çatladıkapı	21,1	13,2
Büyükada	19,1	12,7
Aksaray	14,2	19,2

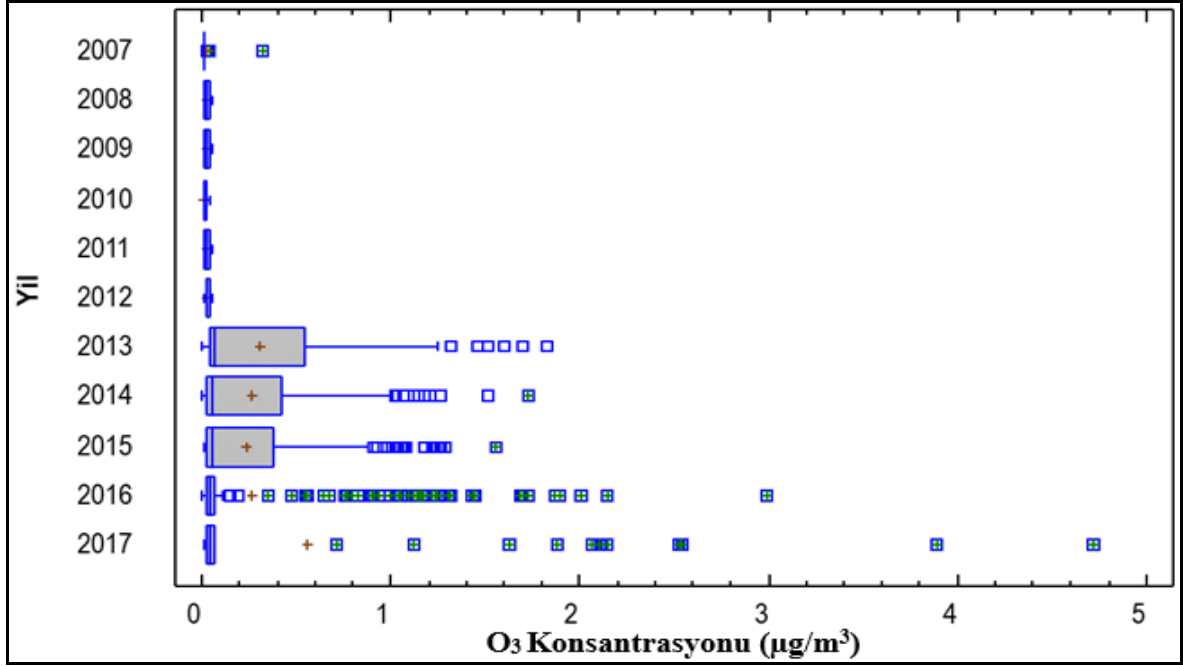
Ozonun istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.30'de verilmektedir. 2007 – 2017 yıllarında yıllık artış Aksaray (r = 0,32) ve Alibeyköy (r = 0,26) istasyonlarında görülmüştür.

Çizelge 4.30. Ozonun istasyonlar bazında yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Aksaray - Yıl	0,32	43	0,0355
Alibeyköy - Yıl	0,26	113	0,0067
Sultangazi MTHM - Yıl	-0,23	50	0,1032
Sultanbeyli MTHM - Yıl	-0,30	49	0,04
Esenyurt MTHM - Yıl	-0,33	49	0,0214
Büyükada -Yıl	-0,59	33	0,0008

4.8.2. Ozon Seviyelerinin Yıllara Göre Değişimi

Ozon ölçümü yapılan tüm istasyonlarda Ozon konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 4.22'de gösterilmiştir. 2007 – 2012 yılları arası, 2016 ve 2017 yıllarındaki benzer dağılım ($6 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göstermektedir. 2012 yılından sonra ozon seviyesinde artış görünmekte ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ancak ozon seviyesi 2014 yılında $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2015 yılında $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ azalma eğilimi göstermekte, 2016 ve 2017 yılında eski seviyesine geri dönmektedir.

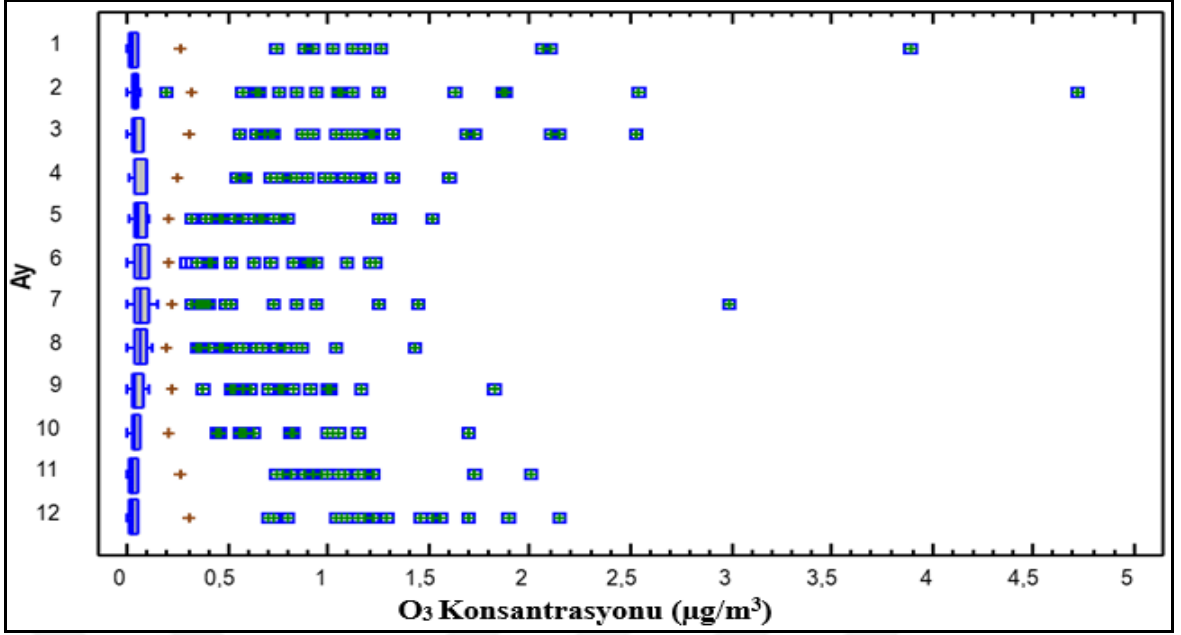


Şekil 4.22. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yıllara göre değişimi

4.8.3. Ozon Seviyelerinin Aylara Göre Değişim

Ozon ölçümü yapılan tüm istasyonlarda Ozon konsantrasyonunun aylara göre değişimi Şekil 4.23'de gösterilmiştir. Ozon konsantrasyonu veri sayısının az olması ve ekstrem ölçümlerin fazla olması sebebiyle ortalamalar kutunun dışında kalmaktadır. Şekil 4.23'de de görüldüğü gibi yaz döneminde kış dönemine göre ozon konsantrasyonu daha yüksektir. Ekstrem ölçümler ise her ay görülmektedir.

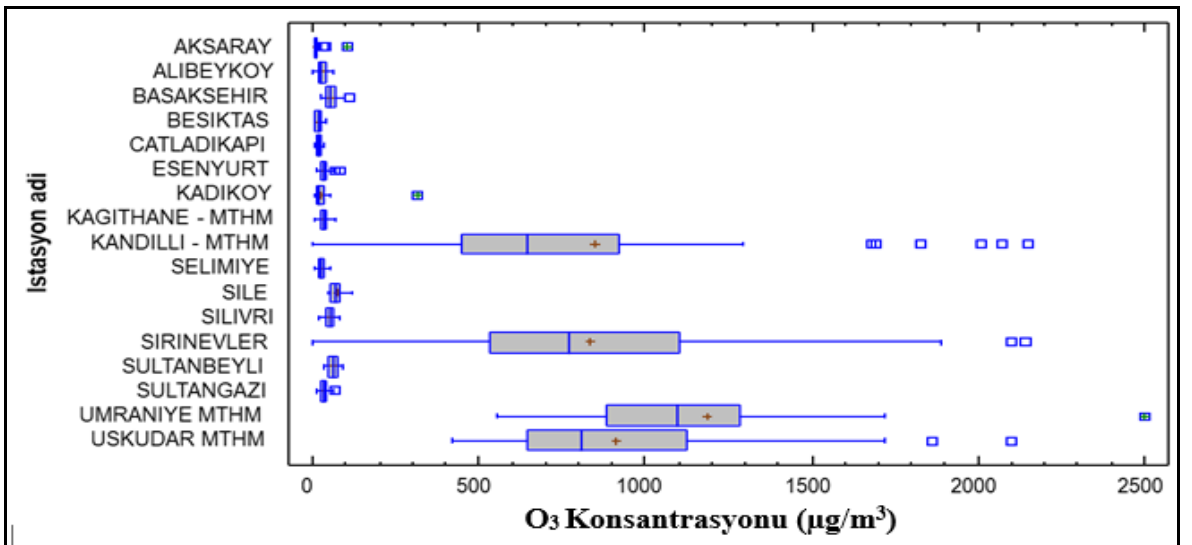
Yaz döneminde güneş ışığının da etkisiyle azot oksitler fotokimyasal reaksiyonlara girerek ozon konsantrasyonunun artmasını sağlamaktadırlar (Coşkun, 2008).



Şekil 4.23. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aylara göre değişimi (X 1000)

4.8.4. Ozon Seviyelerinin İstasyon Bazında Değişim

Ozon konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi Şekil 4.24'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama Ozon seviyesi Anadolu Yakası'nda Ümraniye MTHM istasyonunda $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Avrupa Yakası'nda Şirinevler İstasyonunda $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. En geniş ölçüm aralığı ise $520 - 1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Şirinevler istasyonunda belirlenmiştir. En yüksek uç değer ise $2500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak Ümraniye istasyonunda ölçülmüştür.



Şekil 4.24. 2007 – 2017 yılları arasında tüm istasyonlarda ölçülen Ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlara göre değişimi

Ozonun ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.33'de verilmektedir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan ($p>0,05$) kirlenici çiftleri bu çizelgede gösterilmemiştir. En kuvvetli pozitif ilişki Sultanbeyli MTHM - Silivri MTHM istasyonları arasında görülmektedir ($r = 0,91$).



Çizelge 4.31. Ozonun ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

Ozon	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
Sultanbeyli MTHM - Silivri MTHM	0,91	49	< 0,00,1
Silivri MTHM - Başakşehir MTHM	0,85	49	< 0,00,1
Sultangazi MTHM - Silivri MTHM	0,85	49	< 0,00,1
Kağıthane MTHM - Başakşehir MTHM	0,83	49	< 0,00,1
Sultanbeyli MTHM - Sultangazi MTHM	0,81	49	< 0,00,1
Sultangazi MTHM - Esenyurt MTHM	0,79	49	< 0,00,1
Sultanbeyli MTHM - Başakşehir MTHM	0,79	49	< 0,00,1
Kağıthane MTHM - Silivri MTHM	0,78	49	< 0,00,1
Sultangazi MTHM - Başakşehir MTHM	0,77	49	< 0,00,1
Selimiye MTHM - Alibeyköy	0,77	16	0,0031
Sultanbeyli MTHM - Çatladıkapı	0,76	16	0,0032
Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM	0,75	49	< 0,00,1
Silivri MTHM - Esenyurt MTHM	0,74	49	< 0,00,1
Selimiye - Silivri MTHM	0,74	16	0,0041
Başakşehir MTHM - Alibeyköy	0,74	49	< 0,00,1
Sultanbeyli MTHM - Kağıthane MTHM	0,74	49	< 0,00,1
Esenyurt MTHM - Başakşehir MTHM	0,74	49	< 0,00,1
Sultangazi MTHM - Selimiye	0,74	16	0,0044
Çatladıkapı - Alibeyköy	0,73	16	0,0049
Esenyurt MTHM - Alibeyköy	0,72	49	< 0,00,1
Sultanbeyli MTHM - Alibeyköy	0,72	49	< 0,00,1
Silivri MTHM - Alibeyköy	0,70	49	< 0,00,1
Silivri MTHM - Aksaray	0,68	27	0,0005
Sultanbeyli MTHM - Aksaray	0,68	27	0,0005
Selimiye - Başakşehir MTHM	0,68	16	0,0082
Sultangazi MTHM - Kağıthane MTHM	0,66	49	< 0,00,1
Çatladıkapı - Aksaray	0,63	14	0,0239
Silivri MTHM - Çatladıkapı	0,63	16	0,0154
Kağıthane MTHM - Alibeyköy	0,60	49	< 0,00,1
Sultangazi MTHM - Alibeyköy	0,60	50	< 0,00,1
Kağıthane MTHM - Selimiye	0,60	16	0,0208
Başakşehir MTHM - Çatladıkapı	0,59	16	0,022
Başakşehir MTHM - Aksaray	0,58	27	0,0029
Sultanbeyli MTHM - Selimiye	0,57	16	0,0271
Selimiye - Çatladıkapı	0,55	16	0,0332
Kağıthane MTHM - Esenyurt MTHM	0,55	49	0,0002
Selimiye - Esenyurt MTHM	0,54	16	0,0351
Kağıthane MTHM - Aksaray	0,53	27	0,0068

Çizelge 4.31'in devamı

Sultangazi MTHM - Büyükada	0,51	33	0,004
Sultanbeyli MTHM - Büyükada	0,48	33	0,0064
Silivri MTHM - Büyükada	0,46	33	0,0098
Kadıköy - Aksaray	0,35	35	0,0411
Kadıköy - Alibeyköy	0,26	98	0,0117
Esenyurt MTHM - Kadıköy	-0,29	46	0,0488

4.9. İstanbul Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Hava kirleticilerin aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.32'de verilmektedir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan ($p>0,05$) kirletici çiftleri bu tabloda gösterilmemiştir. Buna göre, aralarında pozitif yönde en kuvvetli ilişki olan kirletici çiftleri sırasıyla; NO_x ve NO, ve NO_x ve NO_2 'dir. Bu üç kirleticinin en önemli kaynakları yanma reaksiyonudur. Bu nedenle kaynak olarak trafiğin bu kirleticilerin aynı anda gözlenmesine sebep olduğu düşünülmektedir. Trafik; NO_x 'lerin en önemli kaynaklarından (Coşkun, 2008). Ayrıca, aralarında güçlü negatif ilişki olan kirletici çiftleri de tespit edilmiştir. Bunlardan en yüksek korelasyon katsayısına sahip olanlar; beklendiği üzere, ozon ve NO_2 , ozon ve NO_x ile ozon ve CO arasında gözlenmiştir. Bilindiği üzere, ozon oluşum reaksiyonlarında NO tüketilmektedir, bu nedenle NO azalırken ozon seviyeleri artışa geçer. Ozon oluşumu için güçlü NO kaynağı gerekmektedir (Tecer, 2000). Biraz önce bahsedilen ozon ve CO ilişkisini de göz önünde bulundurarak, trafikte NO ve CO oluşumunun paralel olması nedeniyle ozon ve CO arasında negatif bir ilişki gözlenmiştir.

Çizelge 4.32. Hava kirleticilerin aralarındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

Hava Kirleticisi	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
NO _x - NO	0,93	138	< 0,001
NO _x - NO ₂	0,83	138	< 0,001
NO - NO ₂	0,68	138	< 0,001
SO ₂ - CO	0,42	138	< 0,001
NO - CO	0,37	138	< 0,001
PM ₁₀ - NO	0,34	138	0,0001
SO ₂ - PM ₁₀	0,33	138	0,0001
SO ₂ - NO	0,31	138	0,0003
NO _x - CO	0,31	138	0,0003
NO _x - PM ₁₀	0,31	138	0,0003
PM ₁₀ - CO	0,28	138	0,0009
NO ₂ - CO	0,27	138	0,0016
SO ₂ - NO _x	0,26	138	0,0024
Ozon - NO ₂	-0,35	138	< 0,001
NO _x - Ozon	-0,47	138	< 0,001
Ozon - CO	-0,50	138	< 0,001
Ozon - NO	-0,54	138	< 0,001

Hava kirleticilerinin yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p) Çizelge 4.33’de verilmektedir. Buna göre, PM₁₀ ve ozon seviyelerinin 2007 yılından 2017 yılına kadar ölçüm yapılan tüm noktalarda artarak değiştiği görülmüştür (p<0,05). Buna karşın, NO₂ seviyesinin ölçüm yapılan tüm noktalarda 2007 yılından 2017 yılına kadar azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.33. Hava kirleticilerin yıllık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

Hava Kirleticisi - Yıl	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
PM ₁₀ - Yıl	0,3790	138	< 0,001
Ozon - Yıl	0,2510	138	0,0033
NO ₂ - yıl	-0,2103	138	0,0138

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki hava kirletici seviyeleri dikkate alındığında, hava kirleticilerin aylık değişimi Çizelge 4.34.'de verilmektedir. Buna göre, PM₁₀ seviyesinin ve SO₂ seviyesinin aylık bazda değişim gösterdiği belirlenmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.34. Hava kirleticilerinin aylık değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

Hava Kirleticisi - Ay	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
PM ₁₀ - Ay	-0,2105	138	0,0138
SO ₂ - Ay	-0,2283	138	0,0075

Ölçüm yapılan tüm istasyonlardaki hava kirletici seviyeleri dikkate alındığında, hava kirleticilerin istasyonlara göre değişimi Çizelge 4.35'de verilmektedir. Buna göre, PM₁₀ seviyesinin ve ozon seviyesinin istasyon bazında değişim gösterdiği belirlenmiştir (p<0,001). PM₁₀ seviyelerinin bazı noktalarda sınır değerinin altında; bazı noktalarda ise sınır değerinin üstünde olduğu bu çalışmada belirlenmiştir. PM₁₀ için kaynak olabilecek trafik, inşaat, endüstri ve yanma gibi aktivitelerin yoğunluğunun her istasyonda farklı olabileceği düşünüldüğünden bu değişim makul olarak değerlendirilmektedir. Ozon temel olarak kentsel ve kırsal lokasyonlarda değişim gösteren bir kirletici türü olduğu için; hava kalitesi ölçüm istasyonlarının kentsel veya kırsal nitelikteki lokasyonlarda bulunuyor olmaları bu değişimi açıklamaktadır.

Çizelge 4.35. Hava kirleticilerinin istasyonlara göre değişimini gösteren korelasyon katsayısı (r) ve anlamlılık düzeyi (p)

İstasyon – Hava Kirleticisi	Korelasyon Katsayısı (r)	Veri Sayısı (n)	Anlamlılık Düzeyi (p)
İstasyon No - NO ₂	0,20	138	0,0191
İstasyon No - CO	0,19	138	0,0259
İstasyon No - SO ₂	-0,20	138	0,0225
İstasyon No - PM ₁₀	-0,29	138	0,0008
İstasyon No - Ozon	-0,38	138	< 0,001

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul ilinin 2007 – 2017 dönemimi kapsayan bu çalışmada, CO, PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO, NO_x, NO₂, O₃ konsantrasyonlarının zamansal değişimleri, mevsimsel değişimleri, mekânsal değişimleri ve birbirleriyle ilişkileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan tespitler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. CO konsantrasyonunda 2007 – 2017 döneminde ölçülen tüm istasyonlarda yıllık CO seviyesinin değişimi HKDYY'e göre limit değerlerin üzerinde ölçüm yapılmamıştır.

Mevsimsel olarak, kış döneminde CO konsantrasyonunda artış olduğu tespit edilmiştir.

Ölçüm yapılan istasyonlardan en yüksek ortalama CO seviyelerinin Ümraniye (5487,5 µg/m³), Selimiye (3496 µg/m³), Kağıthane (2615,3 µg/m³) ve Çatladıkapı'da (1435,4 µg/m³) olduğu görülmektedir. 2007 – 2017 yılları arasında en yüksek CO artışı Yenibosna istasyonunda (r = 0,44) olduğu tespit edilmiştir.

2. PM_{2,5} yalnızca 3 istasyonda 2013 – 2017 yılları arasında ölçüm yapılmıştır. Kağıthane ve Ümraniye istasyonlarında 2013 – 2017 yıllarında (Ümraniye istasyonunda 2016 yılı hariç olmak üzere) yıllık PM_{2,5} konsantrasyonları WHO ve AB sınır değerlerinden yüksektir.

Isınma döneminde, Ekim - Mart arası PM_{2,5} seviyesinde genel olarak 25 – 40 µg/m³ aralığında değişim gözlenirken, ilkbahar – yaz döneminde 19 - 22 µg/m³ aralığında değişim görülmektedir. Bu nedenle ısınma döneminde diğer dönemlere göre daha yüksek PM_{2,5} seviyeleri gözlenmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım, Aralık ve Ocak aylarında 35 - 40 µg/m³ aralığında, en düşük değerlerin ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında (18 -19 µg/m³) olduğu tespit edilmiştir.

3. 2007 - 2017 Yılları arasında PM₁₀'un ölçüldüğü istasyonlarda en yüksek ortalama PM₁₀ konsantrasyonu Esenyurt istasyonunda (90,1 µg/m³) görülmektedir. 2007 – 2017 yılları arasında HKDYY Limit Değerlerinde değişmektedir. Ancak bugünkü HKDYY limit değeri dikkate alınırsa (2019 yılı) 40 µg/m³ değerinin üzerinde kalmaktadır.

PM₁₀ seviyesinin yıllık olarak en fazla artarak değiştiği istasyon Kadıköy'dür.

HKDYY'e göre yıllık ortalama PM₁₀ sınır değerlerine göre hiçbir ölçüm sonucu sınır değerlerinin üzerine çıkmamıştır. Ancak bütün ölçüm sonuçları AB yıllık PM₁₀ sınır değerinin (40 µg/m³) ve WHO yıllık PM₁₀ sınır değerinin (20 µg/m³) üzerindedir. Mevsimsel olarak kış döneminde PM₁₀ değerlerinin yaz dönemine göre biraz daha yüksek

olduğu görülmektedir. Bu durum PM₁₀ seviyelerindeki artışın yanma sonucu meydana geldiğini ve bu bölgedeki yoğun yapılaşma, trafik, evsel ısınma ve sanayi bölgelerinden kaynaklanan kirlilik olarak açıklanabilir.

PM₁₀ seviyesinin istasyonlara göre en yüksek pozitif artış Üsküdar MTHM, Kandilli MTHM, Mecidiyeköy MTHM, Üsküdar ve Silivri bölgelerindedir ($p < 0,001$).

4. 2007 - 2017 Yılları arasında ölçüm yapıldığı istasyonlardan en yüksek yıllık SO₂ değerlerinin 2016 yılında Kandilli istasyonunda 30,8 µg/m³, Sultangazi istasyonunda 43,7 µg/m³ ve Üsküdar (İBB) istasyonunda 138,2 µg/m³ olduğu görülmektedir. Bu değerler HKDYY yıllık sınır değeri (20 µg/m³) ve AB yıllık sınır değerinin (20 µg/m³) üzerindedir.

2007 – 2017 yılları arasında en yüksek ortalama SO₂ konsantrasyonlarının ise Kandilli (14,5 µg/m³), Ümraniye (11,8 µg/m³), Aksaray (10,2 µg/m³) ve Kağıthane (10,1 µg/m³), istasyonlarında olduğu görülmektedir.

En yüksek SO₂ yıllık ortalama değer 2007 yılında 12 µg/m³'tür ve en geniş SO₂ dağılımı bu yılda olmaktadır.

SO₂ seviyeleri 2007 yılından 2017 yılına kadar en kuvvetli yıllık artış sırasıyla Sultangazi MTHM, Ümraniye MTHM, Kandilli MTHM, Kağıthane MTHM istasyonlarında görülmüştür ($p < 0,05$).

SO₂ seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Bu nedenle ısınma döneminde diğer dönemlere göre kısmen daha yüksek SO₂ seviyeleri tespit edilmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerler Aralık - Ocak – Şubat - Mart aylarında (11 µg/m³) görülmektedir.

İstasyon bazında en yüksek ortalama SO₂ seviyesi Aksaray istasyonunda 6 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Aksaray semtinde oluşan yüksek SO₂ seviyesinin nedeni olarak trafik ve ısınmadan kaynaklı kirlilik gösterilebilir. SO₂ seviyesinin istasyon bazında değişim gösterdiği ve en yüksek pozitif artış Ümraniye MTHM - Kandilli MTHM, Kağıthane MTHM – Başakşehir MTHM, Sultanbeyli MTHM - Esenyurt MTHM istasyonlarında görülmektedir.

5. 2007 - 2017 Yılları arasında NO'in ölçüldüğü istasyonlarda en yüksek NO konsantrasyonu Ümraniye MTHM istasyonunda (102,7 µg/m³) görülmektedir.

2007 – 2017 yılları arasında NO konsantrasyonu en yüksek 2017 yılında 60 µg/m³ olarak ölçülmüştür. İstasyonlar bazında NO seviyesinde en kuvvetli yıllık artış Şile MTHM istasyonunda görülmektedir.

Eylül – Ocak aylarında NO seviyesinde genel olarak 39 - 64 µg/m³ aralığında değişim gözlenirken, Şubat – Ağustos aylarında 60 - 25 µg/m³ aralığında değişim

görülmektedir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım ve Aralık aylarında ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olduğu ölçülmüştür. Bu sebeple mevsimsel olarak değiştiği gözlenmektedir. Bu nedenle ısınma döneminde diğer dönemlere göre daha yüksek NO seviyeleri gözlenmiştir.

En yüksek ortalama NO seviyesi Ümraniye istasyonunda $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ görülmekte ancak en geniş aralık ve en yüksek değerler Kağıthane İBB istasyonunda $> 0 - 210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür.

NO konsantrasyonunun ölçüldüğü tüm istasyonlarda en kuvvetli pozitif ilişkinin gözleendiği istasyonlar: Şirinevler MTHM – Kağıthane ($r = 0,96$), Silivri MTHM - Şirinevler MTHM ($r = 0,96$) ve Silivri MTHM – Kağıthane ($r = 0,95$)'dir.

6. NO_x için HKDYY'de 2014 yılı ve sonrasında $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak yıllık sınır değeri belirtilmiş ve ölçülen tüm istasyonlarda 2014 – 2017 yılları arasında, Şile istasyonu hariç tüm istasyonlarda ölçülen değerler HKDYY ve AB ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) standartlarından yüksektir. En yüksek yıllık ortalamalar Ümraniye ($308 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Ümraniye MTHM ($229,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında ölçülmüştür.

2014 yılından itibaren HKDYY standartları yıllık NO_x sınır değeri $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. NO_x konsantrasyonunun yıllara göre değişiminde, tüm ölçüm sonuçları bu sınır değerin üzerinde çıkmıştır.

2007 – 2017 yıllarında NO_x 'in istasyonlar bazında en kuvvetli yıllık artış Ümraniye MTHM ($r = 0,78$) ve Beşiktaş ($r = 0,63$) istasyonlarında görülmüştür.

Eylül - Mayıs arası NO_x seviyesinde genel olarak $100 - 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim gözlenirken, yaz döneminde $75 - 85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim görülmektedir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin Kasım ve Aralık aylarında ($160 - 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olduğu görülmektedir. Bu durumda NO_x seviyelerinin mevsimsel olarak değiştiğinden söz etmek mümkündür.

NO_x konsantrasyonunun istasyon bazında en yüksek ortalama NO_x seviyesi Beşiktaş ve Mecidiyeköy istasyonlarında $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en geniş aralık ise Ümraniye istasyonunda $30 - 245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. NO_x 'in ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişki kuvvetli bir ilişki olduğu görülmektedir ($r = 0,96 - 0,35$).

2007 - 2017 yılları arasında NO_x 'in ölçüldüğü istasyonlarda en yüksek ortalama NO_x konsantrasyonları Beşiktaş ($83,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ümraniye MTHM ($83,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mecidiyeköy MTHM ($79,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Aksaray ($77,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında görülmektedir.

7. NO_2 ölçümü yapılan tüm istasyonlarda NO_2 konsantrasyonunun yıllara göre değişimi $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en yüksek seviye 2010 yılında görülmektedir ancak bu değer HKDYY sınır değerinin ($92 \mu\text{g}/\text{m}^3$) altında kalmaktadır. HKDY sınır değeri yıllara göre

değişim göstermektedir. Ölçüm sonuçlarına göre tüm yıllık ortalama değerler (2017 yılı hariç) HKDYY'e göre sınır değerlerin altında kalmaktadır.

NO₂'in istasyonlar bazında yıllık değişimin en kuvvetli artış gösterdiği istasyonlar sırasıyla Çatladıkapı (r = 0,53), Aksaray (r = 0,46) ve Beşiktaş (r = 0,36)'tır.

NO₂ seviyeleri Eylül – Nisan döneminde 50 – 83 µg/m³ aralığında, Kasım – Şubat ayları 40 – 77 µg/m³ arasında birbirine benzer dağılım göstermekte ve ortalaması 57 µg/m³'tür. Mayıs – Ağustos döneminde ise 43 – 58 µg/m³ aralığında mevsimsel olarak değişim göstermektedir.

NO₂ konsantrasyonunun istasyon bazında değişimi en yüksek NO₂ seviyesi Beşiktaş'da (85 µg/m³) ölçülmüştür. NO₂ kirleticisinin araç egzozlarından kaynaklandığını dikkate aldığımızda Beşiktaş trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerden biridir.

NO₂'nin ölçüldüğü tüm istasyonların aralarındaki ilişki kuvvetli bir ilişki olduğu görülmektedir (r = 0,88 – 0,21).

8. 2007 - 2017 Yılları arasında Ozon'un ölçüldüğü istasyonlarda Ozon'un ortalama en yüksek değeri 73,5 µg/m³ ile Şile istasyonudur.

2007 – 2017 yıllarında istasyonlar bazında yıllık olarak artışı Aksaray (r = 0,32) ve Alibeyköy (r = 0,26) istasyonlarında görülmüştür.

İstasyon bazında en yüksek Ozon seviyesi Ümraniye istasyonunda ortalama 1200 µg/m³olarak ölçülmüştür. En geniş aralık ise 520 – 1100 µg/m³ Şirinevler istasyonunda belirlenmiştir. İstatistiksel olarak en yüksek istasyon ilişkisi ise Sultanbeyli MTHM - Silivri MTHM (r = 0,91) arasında görülmektedir.

Hava kalitesi ölçümlerinin yapılmasına yönelik kurulmuş olan istasyonların veri alım oranları düzenli değildir. İstasyonların hepsinde her parametre ölçülmemekle beraber, ölçülen parametreler de yıllara göre değişkenlik göstermektedir. Ölçüm istasyonlarının bakımı ve periyodik kontrolleri düzenli olarak yapılmalıdır.

Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayıları arttırılmalı, istasyonlardaki ölçüm cihazlarının kalibrasyonlarının düzenli yapılması sağlanmalıdır. 3. Havalimanının bulunduğu bölgeye ve havalimanına giden ulaşım ağlarına, ilerleyen zamanda nüfusun ve trafiğin artacağı düşünülerek, ilave istasyon konmalıdır. Atatürk Havalimanı'nın kaldırılmasıyla birlikte Yeşilköy'de hava kirliliği değişiminin araştırılabilmesi için buraya da istasyon yerleştirilmelidir. İkitelli ilçesinde Organize Sanayi Bölgesi bulunması sebebiyle, Trafik yükü ve vapur seferlerin yoğun olması sebebi ile Bakırköy – Yenikapı – Eminönü – Beşiktaş İskele – Bostancı ilçelerine, Sabiha Gökçen Havalimanı ve İstanbul Deri Organize Sanayi Bölgesi arasında bulunan Orhanlı'ya da istasyon yerleştirilmelidir.

Ülkemizde PM_{2,5} parametresinin sağlık bakımından etkilerini göz önüne alınırsa ve bu parametrenin sadece 3 adet istasyon tarafından ölçüldüğüne dikkat edilirse, PM_{2,5} parametresi mevzuatımızda biran önce yer almalıdır.

Hava kirliliğinin oluşmasına sebep olan kişi/kurum/durumlar için cezai yaptırımların artırılması ve uygulanması gereklidir.

Sanayi alanlarının yer seçimi ve kentleşme bilinçli yapılmalı, yeşil alan düzenlemeleri artırılmalıdır.

Sanayi tesislerinin bacalarına filtre takılması sağlanmalı ve düzenli kontroller yapılmalıdır.

Doğalgaz kullanımı artırılmalıdır. Isınmada kullanılan kömürler yüksek kalorili olmalı ve kömür kullanımı yerine alternatif enerji kaynaklarına yönelmelidir.

Binaların yalıtımları ve bakımları, kazan bakımları düzenli olarak yapılmalıdır.

Toplu taşıma araçları artırılmalı, alternatif enerji kullanan araçların kullanımı artırılmalıdır.

Belediyelerin stratejik planlamaları içinde hava kirliliği ile ilgili çalışmalar da yapılmalı ve kentsel planlama, ulaşımın düzenlenmesi, endüstri alanlarının seçimi bu doğrultuda yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akdemir A., 2007. Samsun Organize Sanayi Bölgesinde Hava Kalite Parametrelerinin İzlenmesi Ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye.
- Akınç G., 2010. Analysis Of Saharan Desert Dust Transport To The Anatolian Peninsula: A Megacity Perspective. Master of Science. Boğaziçi University, Turkey.
- Akyüz B., 2015. Adana Kent Merkezi İçin Kükürt Dioksit Kirlenmesi İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin Mevsimsel Değişiminin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Alkoy S., Doğru O. A., Başaraner M., Şahin Ü., Uluğtekin N., Şeker Z. D., 2009. Determination Of The Epidemiological Aspects Of Air Pollution In Istanbul By Utilizing GIS. Fresenius Environmental Bulletin. by PSP Volume 18 – No 1. 2009
- Alston E. J., Sokolik I. N., Doddridge B. G., 2011. Investigation into the Use of Satellite Data in Aiding Characterization of Particulate Air Quality in the Atlanta, Georgia Metropolitan Area. Journal of the Air & Waste Management Association, 61:2, 211-225.
- Anıl İ., 2007. Investigation Of Traffic Related Inhalable Particulate Matter In Istanbul. Master of Science. Fatih University, Turkey.
- Baykara M., 2018. Understanding The Sources And The Extend Of Atmospheric Particulate Matter Problem Over Turkey Using Mesoscale Chemical Transport Model. Doktora Tezi. Istanbul Technical University, Turkey.
- Baykara M., Im U., Ünal A., 2018. Evaluation of impact of residential heating on air quality of megacity Istanbul by CMAQ. Science of the Total Environment 651: 1688–1697
- Bıyık İ., 2010. Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Teknikleri İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, Türkiye.
- Chen R., Chu C., Tan J., Cao J., Song W., Xu X., Jiang C., Ma W., Yang C., Chen B., Gui Y., Kan H., 2010. Ambient air pollution and hospital admission in Shanghai, China. Journal of Hazardous Materials 181: 234–240

- Coşkun A., 2008. Şehir Atmosferinde Tasıt Emisyonlarından Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Türkiye.
- Çapraz Ö., 2013. İstanbul'da 2007-2012 Yılları Arasında Hava Kirliliğinin Ölümler Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Çapraz Ö., Efe B., Deniz A., 2016. Study on the association between air pollution and mortality in İstanbul, 2007 – 2012. Atmospheric Pollution Research 7: 147 – 154.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2017. 2007 - 2017 yılları arasında İstanbul Hava Kalitesi İstasyon Verileri. <http://havaizleme.gov.tr> (erişim tarihi: 31.12.2017).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2018. İstanbul İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu.
- Daylan Bozyazı G. E., İncecik S., 2002. İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İtü Dergisi, 1 (2): 51-62.
- Daylan Bozyazı G. E., 2002. İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- EPA, 1999, Air Quality Criteria for Carbon Monoxide, United States Environmental Protection Agency, EPA/600/P-99/001, Washington.
- Elbir T., Müezzinoğlu A., Bayram A., 2000. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. Environment International 26 (2000) 5–10.
- Engin O. G., Demir İ., Hiz H., 2004. Assessment of Urban Air Quality in Istanbul Using Fuzzy Synthetic Evaluation. Atmospheric Environment 38 (2004) 3809–3815.
- Erbaşlar T., 2005. Bursa Atmosferindeki Klasik Hava Kirlenici Konsantrasyon Seviyeleri ve Birbirleri ile İlişkilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Türkiye.
- Elbir T., Mangır N., Kara M., Simsir S., Eren T., Özdemir S., 2009. Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul Atmospheric Environment 44 (2010) 441e454.
- Erçelebi G. Ş., Toros H., 2009. Extreme Value Analysis of Istanbul Air Pollution Data. Clean 2009, 37 (2), 122 – 131.

- European Environment Agency (EEA), 2016. Temperature inversion traps pollution at ground level, <https://www.eea.europa.eu/media/infographics/temperature-inversion-traps-pollution-at/view#tab-based-on-data>
- EPA, 2019X, Hava Kalitesi Limit Değerleri ile AB, WHO ve EPA Limit Değerlerinin Karşılaştırılması, <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table#1>
- Esenyurt Belediye Başkanlığı, Stratejik Plan 2015 – 2019.
<http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/5sccK+esenyurt.pdf>
- Fernández-Bremauntz A., 2008. Air Quality Management in Mexico. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 71:1, 56-62.
- Filiz B., 2013. Samsun Organize Sanayi Bölgesinde Troposferik Ozon (O₃) Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağ Yöntemi İle Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye.
- Gurjar B. R., Butler T. M., Lawrence M. G., Lelieveld J., 2008. Evaluation of emissions and air quality in megacities. Atmospheric Environment 42: 1593–1606.
- Gurjar B. R., Jain A., Sharma A., Agarwal A., Gupta P., Nagpure A. S., Lelieveld J., 2010. Human health risks in megacities due to air pollution. Atmospheric Environment 44: 4606 – 4613.
- Hapçioğlu 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 Istanbul Hospital. Indoor Built Environ 2006;15;2:147–153.
- Haktanır K., Ok S. S., Karaca A., Arcak S., Çimen F., Topçuoğlu B., Türkmen C., Yıldız H., 2010. Muğla-Yatağan Termik Santrali Emisyonlarının Etkisinde Kalan Tarım ve Orman Topraklarının Kirlilik Veri Tabanının Oluşturulması ve Emisyonların Vejetasyona Etkilerinin Araştırılması.
- İm U., Tayanç M., Yenigün O., 2008. Interaction patterns of major photochemical pollutants in Istanbul, Turkey. Atmospheric Research 89 (2008) 382–390.
- İncecik S., 1996. Investigation Of Atmospheric Conditions In İstanbul Leading To Air Pollution Episodes. Atmospheric Environment. Vol. 30, No. 15, pp. 2739-2749.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2019. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/turkiye-standartlari> (erişim tarihi: 15.07.2019).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2019. Avrupa Birliği Standartları, <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/avrupa-birligi-standartlari> (erişim tarihi: 15.07.2019).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2019. Dünya Sağlık Örgütü Standartları, <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/dunya-saglik-orgutu-limitleri> (erişim tarihi: 15.07.2019).

Kanakidou M., Mihalopoulos N., Kindap T., Im U., Vrekoussis M., Gerasopoulos E., Dermitzaki E., Unal A., Koçak M., Markakis K., Melas D., Kouvarakis G., Youssef F. A., Richter A., Hatzianastassiou N., Hilboll A., Ebojie F., Wittrock F., Savigny C., Burrows P. J., Weissenmayer L. A., Moubasher H., 2010. Megacities as hot spots of air pollution in the East Mediterranean. Atmospheric Environment 45 (2011) 1223 - 1235

Karaca F., Alagha O., Ertürk F., 2004. Statistical Characterization of Atmospheric PM₁₀ and PM_{2,5} Concentrations at a Non-Impacted Suburban site of Istanbul, Turkey. Chemosphere 59 (2005) 1183–1190.

Karaca İ., 1957. Murgul Bakır Fabrikası İzabehane Bacalarından İntişar Eden Kükürdioksit Gazının Havai Yolla Bitki Tecessüm ve Sağlığına Tesiri Üzerine Araştırmalar, Ankara: Ankara Üniversitesi Yayın No: 126.

Kartal Belediyesi, 2015 – 2019 Stratejik Plan.

https://www.kartal.bel.tr/tr/dosyalar/2015_2019_Stratejik_Plan.pdf

Karademir M., 2018. Kentsel Dönüşüm Kaynaklı Çevresel Kirlilik Analizi İle İnşaat Ve Yıkıntı Atıklarının Taşınımı, Geri Kazanımı Ve Bertarafının Planlanması: İstanbul Kadıköy İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Kılıç A., Kum S., Ünal A., Kindap T., 2014. Marmara Bölgesi' ndeki Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Kirlilik Azaltımı ve Maruziyet Analizi. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Dergisi Cilt 16(1): 27-46.

Kırımhan S., 2006. Hava Kirliliği ve Kontrolü. 3 – 30.

Kindap T., Ünal A., Chen H. S., Hu Y., Odman T. M., Karaca M., 2006. Long-range aerosol transport from Europe to Istanbul, Turkey. *Atmospheric Environment* 40: 3536–3547.

Krewski D., Burnett R., Jerret M., Pope C. A., Rainham D., Calle E., Thurston G., Thun M., 2005. Mortality and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution: Ongoing Analyses Based on the American Cancer Society Cohort, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68: 1093-1109.

Kurt A., Gülbağcı B., Karaca F., Alagha O., 2008. An Online Air Pollution Forecasting System Using Neural Networks. *Environment International*, 34: 592–598.

Masselot P., Chebana F., Eric L., Campagna C., Gosselin P., Ouarda T. B. M. J., 2009. Toward an Improved Air Pollution Warning System in Quebec. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16: 2095.

Mihelcic J.R., Zimmerman J. B., 2010. *Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design*. John Wiley & Sons, Inc.

Müezzinoğlu A., 2000. Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.

Oshrieh R., Valipour E., 2019. The Role Of Urban Density And Morphology In The Air Pollution Of Tehran Metropolitan. *Journal Of Contemporary Urban Affairs*, 3(1): 38-43.

Özcan K. H., 2012. Long Term Variations of the Atmospheric Air Pollutants in Istanbul City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(3): 781-790.

Özdemir F., 2008. Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit Ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Öztaner Y. B., Güney B., Kalkan K., Kahya C., Balçık F. B., Çakır S., 2014. PM2.5 Dağılımının Belirlenmesi İçin Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Marmara Bölgesi Örneği. 5. Uzaktan Algılama –CBS Sempozyumu, İstanbul.

- Peel J. L., Tolbert P. E., Klein M., Metzger K. B., Flanders W. D., Todd K., Mulholland J. A., Ryan P. B., Frumkin H., 2005. Ambient Air Pollution and Respiratory Emergency Department Visits. Vol. 16, No. 2: 164-174.
- Pope C.A., Burnett R.T., Thun M. ve ark. (2002), Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution, 287(9): 1132-41.
- Sánchez-Ccoylo O. R., Ynoue R. Y., Martins L. D., Astolfo R., Miranda R. M., Freitas E. D., Borges A. S., Fornaro A., Freitas H., Moreira A., Andrade M. F., 2009. Vehicular Particulate Matter Emissions In Road Tunnels In Sao Paulo, Brazil. Environ Monit Assess, 149: 241–249.
- Sarı A., Korkmaz A., 2007. Petrokimyasal Tesislerindeki Depolama Tanklarının Sismik Davranışın Değerlendirilmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Sümer Ç. G., 2014. Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin Ve Örgütlenmelerin İncelenmesi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi. Yıl:7 Sayı:13, Yaz 2014 ISSN 1307-9832.
- Sabit T., 2012. Inventory Of Emissions From Residential Heating In Istanbul. Master of Science. Dokuz Eylul University, Turkey.
- Sezgin N., Özcan K. H., Demir G., Nemlioğlu S., Bayat C., 2003. Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway. Environment International, 29: 979 – 985.
- T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Yer Seviyesi Ozon Kirliliği Bilgi Notu, 2014.
- T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), Yönetmelikler.
<https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440> (erişim tarihi: 31.12.2017).
- T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, (ÇŞB), Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Yer Seviyesi Ozon Kirliliği Bilgi Notu, 2014.
- Tecer L., 2000. İstanbul Kenti Fotokimyasal Smog Mekanizmasının Modellenmesi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi (ÇMO), 2009. Ankara Çevre Durum Raporu 2009.

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), 2017. Hava Kirliliği Raporu 2017.

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), 2018. Hava Kirliliği Raporu 2018.

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), 2019. Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.

http://www.cmo.org.tr/mevzuat/mevzuat_detay.php?kod=301

(erişim tarihi: 15.07.2019).

Tozsın G., 2003. Yer Seviyesi Ozon Kirliliğine Neden Olan Parametrelerin İstanbul İli İçin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK), 2011. Bölgesel Göstergeler TR10 İstanbul. Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.

US EPA, (15.07.2019a). History Of Air Pollution,

<https://www.epa.gov/air-research/history-air-pollution>

US EPA, (31 Temmuz 2019b). Carbon Monoxide (CO) Pollution in Outdoor Air,

<https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution>

US EPA, (31 Temmuz 2019c). Sulfur Dioxide (SO₂) Pollution,

<https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#what%20is%20so2>

US EPA, (31 Temmuz 2019d). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution,

<https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>

US EPA, (31 Temmuz 2019e). Ground-level Ozone Basics,

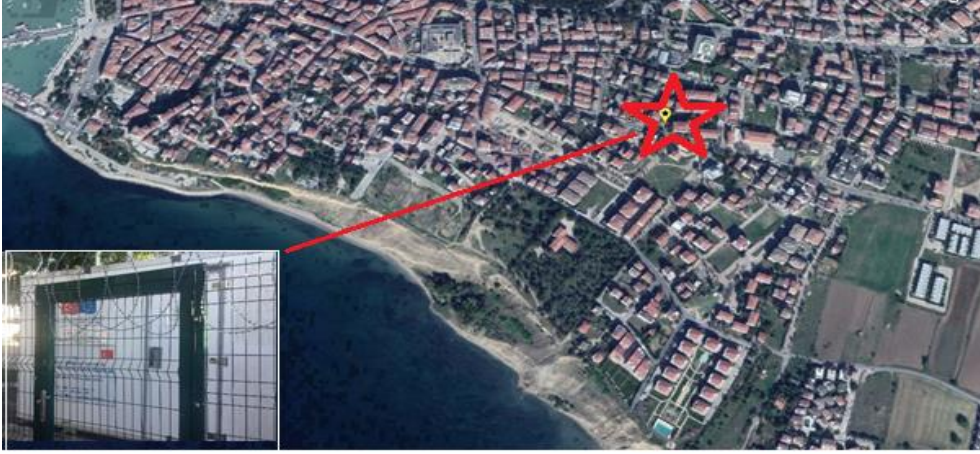
<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics#effects>

Uzun S.,2011. Toplam Askıda Partikül Madde Hava Örneklerinin Kimyasal Bileşiminin İncelenmesi. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye.

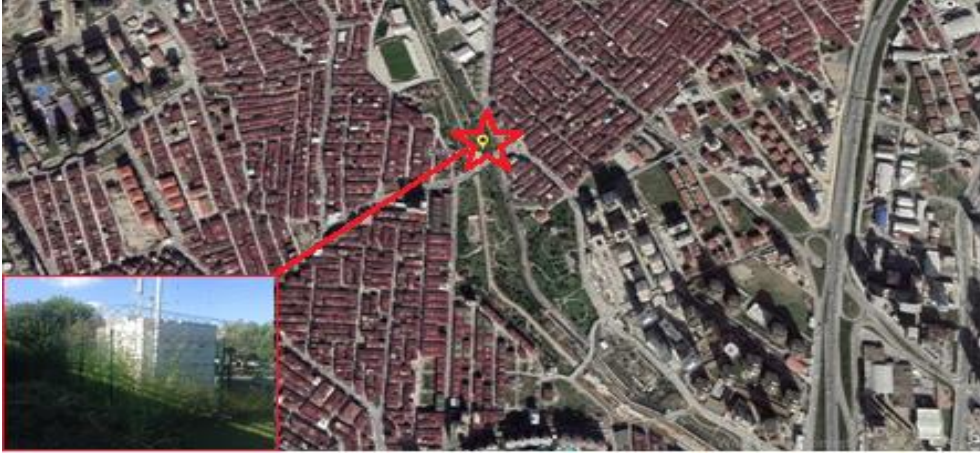
- Ünal S. Y., Toros H., Deniz A., İncecik S.,2011. Influence Of Meteorological Factors And Emission Sources On Spatial And Temporal Variations Of PM10 Concentrations İn Istanbul Metropolitan Area. Atmospheric Environment, 45: 5504 – 5513.
- Vega E., Lowenthal D., Ruiz H., Reyes E., Watson J. G., Chow J. C., Viana M., Querol X., Alastuey A., 2009. Fine Particle Receptor Modeling in the Atmosphere of Mexico City, Journal of the Air & Waste Management Association, 59:12, 1417-1428.
- World Health Organization (WHO) (2011), Air Quality and Health Fact Sheet N°313, World Health Organization Media Centre, Erişim 30.11.2011,
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>
- World Health Organization (WHO). "Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide: report on a WHO working group, Bonn, Germany 13-15 January 2003.
- World Health Organization (WHO), (2005). WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. World Health Organization.
- World Health Organization (WHO), (02.05.2018). Ambient (outdoor) air quality and health. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
(erişim tarihi: 01.08.2019).
- Yavuz F., 1975. Çevre Sorunları Genellikle ve Ülkemiz Açısından, Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, No: 385.



EK 1. Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumları



Silivri – MTHM İstasyonu

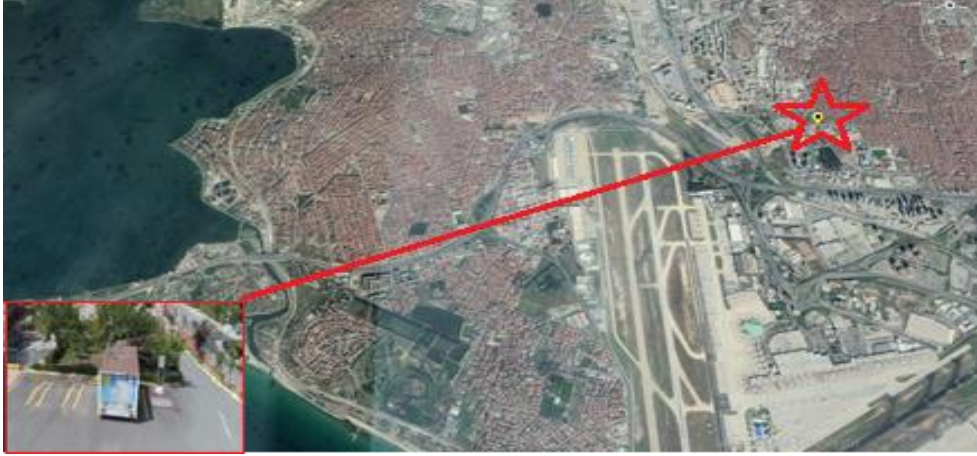


Esenyurt – MTHM İstasyonu



Avcılar – İBB İstasyonu

EK 1'in devamı



Yenibosna – İBB İstasyonu

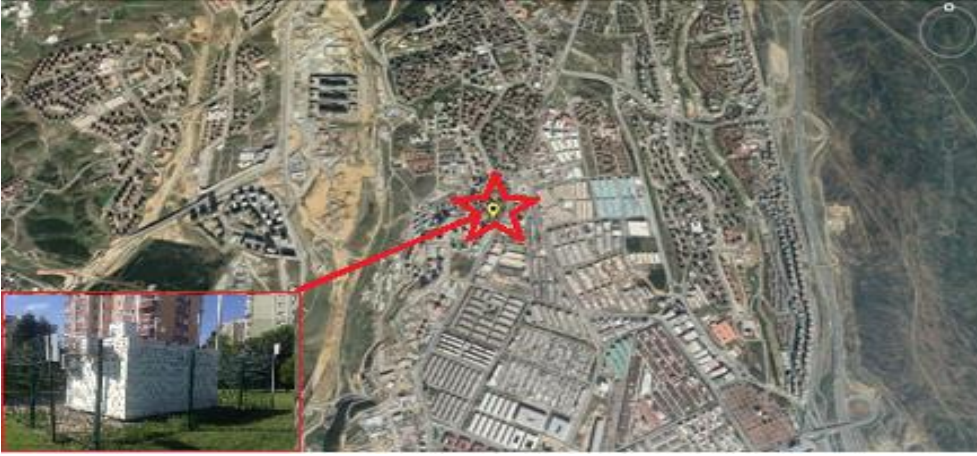


Şirinevler – MTHM İstasyonu



Esenler – İBB İstasyonu

EK 1'in devamı



Başakşehir – MTHM İstasyonu



Sultangazi– MTHM İstasyonu



Alibeyköy – İBB İstasyonu

EK 1'in devamı



Aksaray – İBB İstasyonu

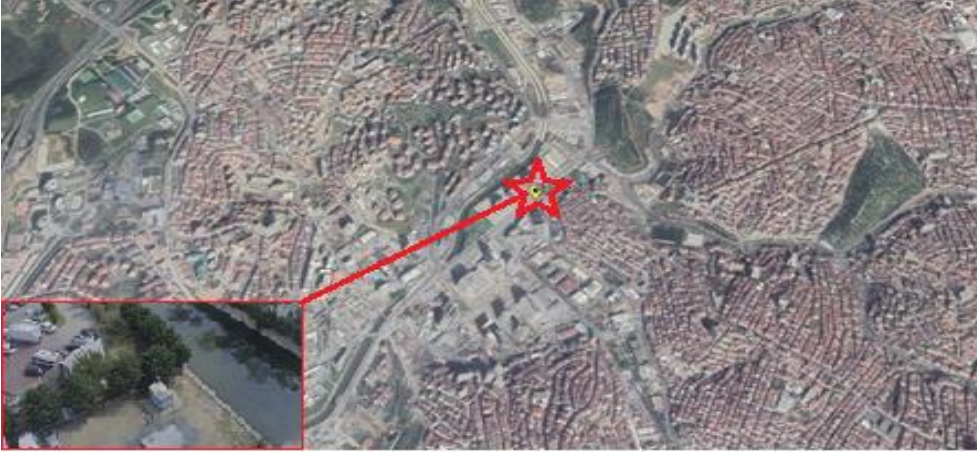


Çatladıkapı – İBB İstasyonu



Kağıthane – MTHM İstasyonu

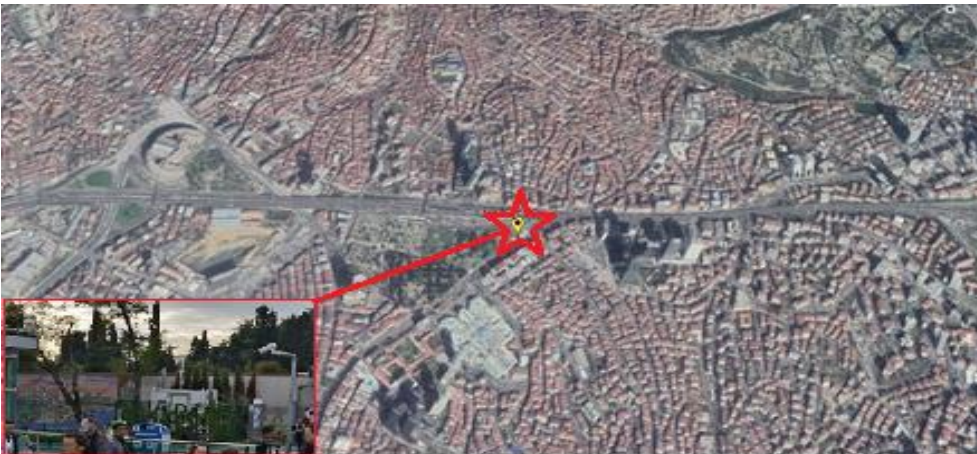
EK 1'in devamı



Kâğıthane – İBB İstasyonu

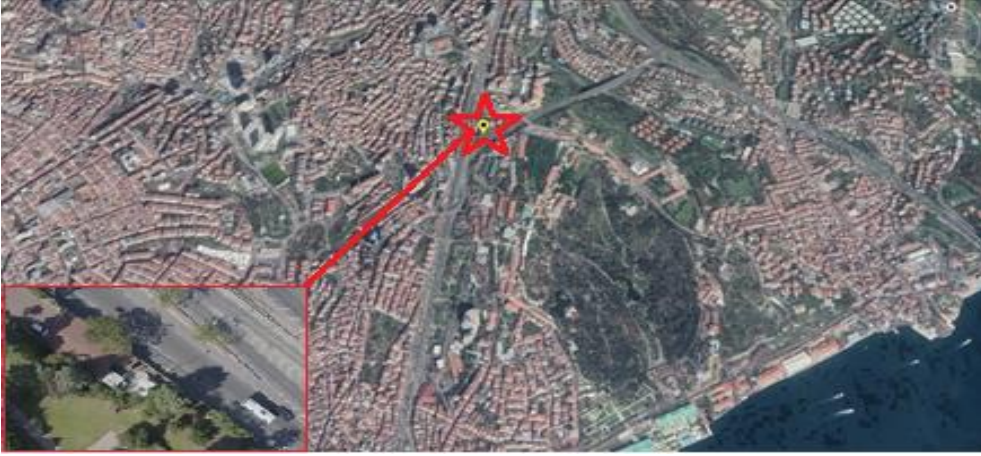


Maslak – İBB İstasyonu

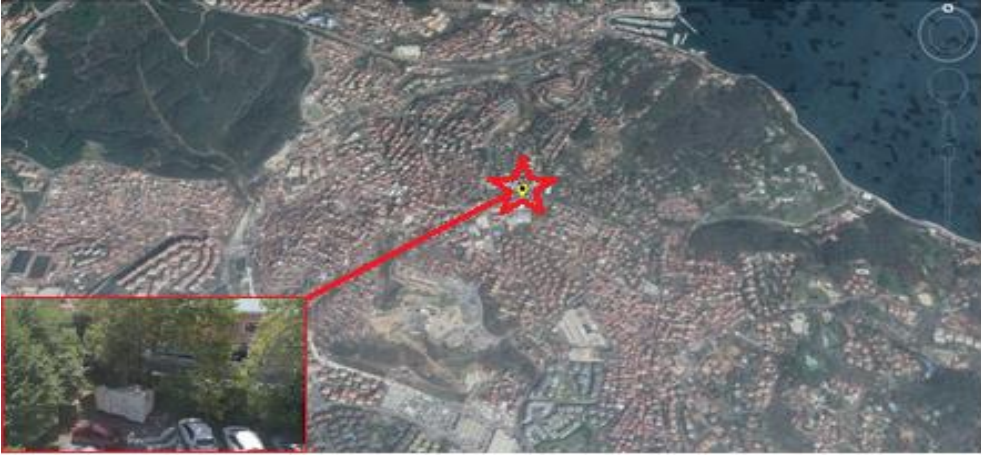


Mecidiyeköy – MTHM İstasyonu

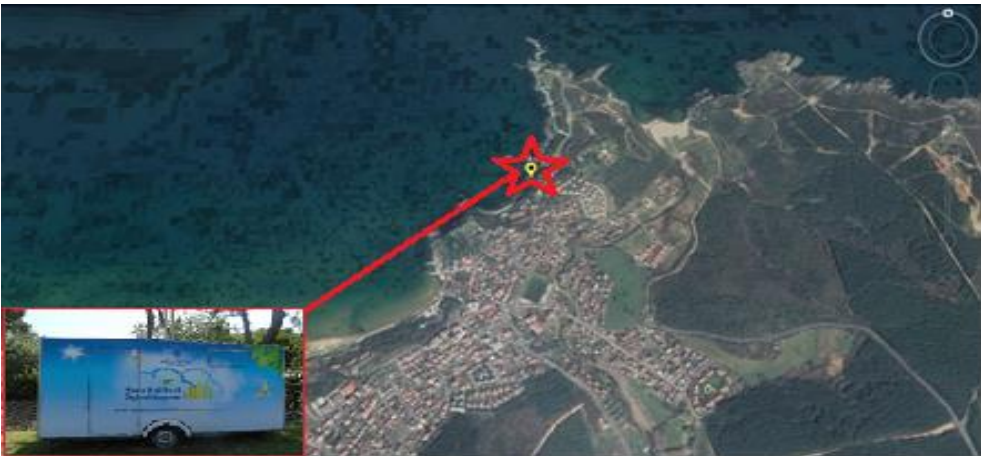
EK 1'in devamı



Beşiktaş – İBB İstasyonu

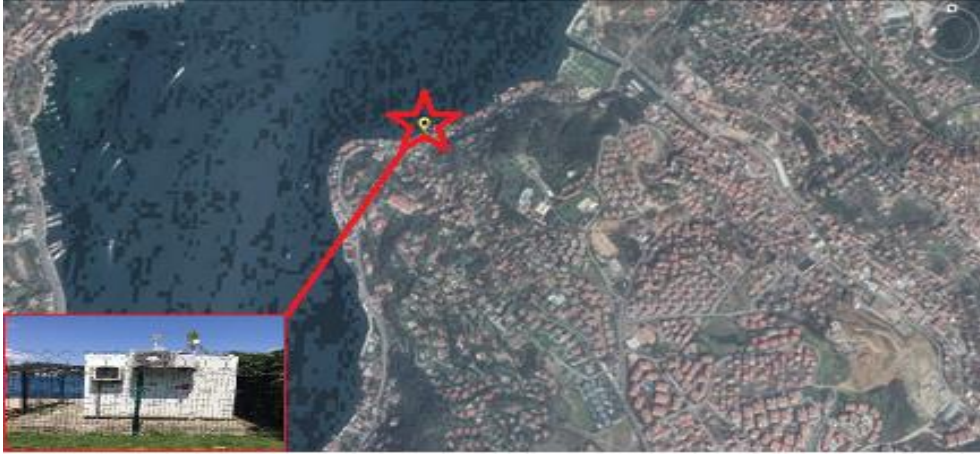


Sarıyer – İBB İstasyonu



Kumköy – İBB İstasyonu

EK 1'in devamı



Kandilli – MTHM İstasyonu



Kandilli – İBB İstasyonu



Üsküdar – MTHM İstasyonu

EK 1'in devamı



Üsküdar – İBB İstasyonu



Selimiye – Üsküdar – İBB İstasyonu



Kadıköy – İBB İstasyonu

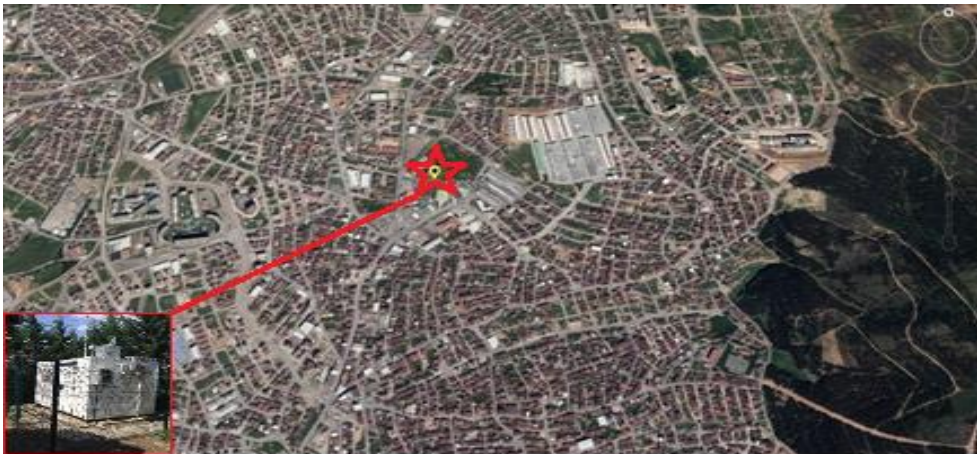
EK 1'in devamı



Göztepe – İBB İstasyonu

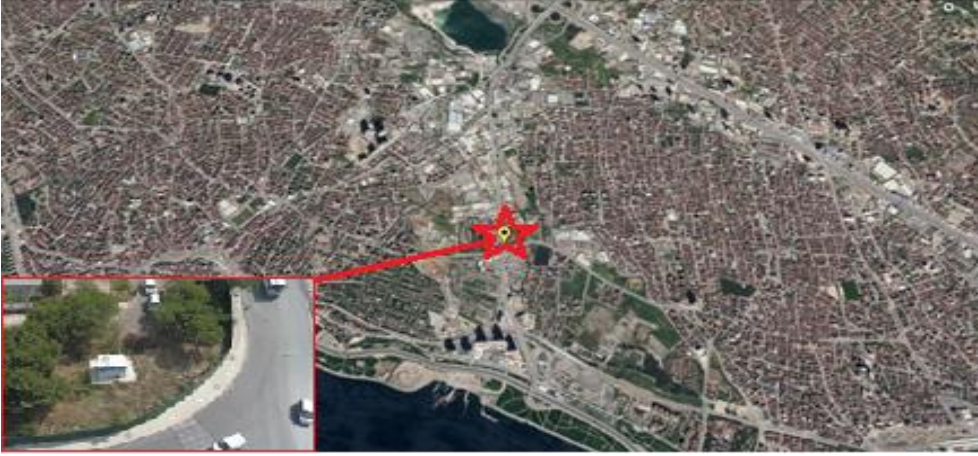


Ümraniye – MTHM İstasyonu

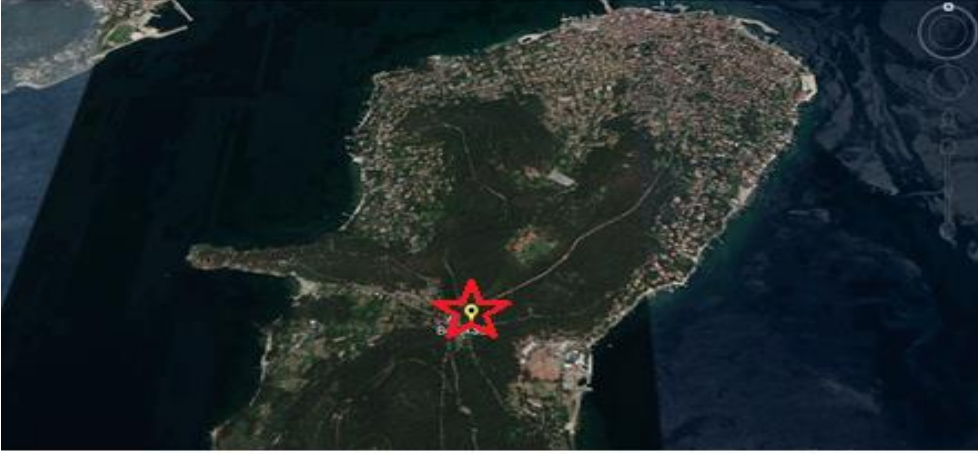


Sultanbeyli – MTHM İstasyonu

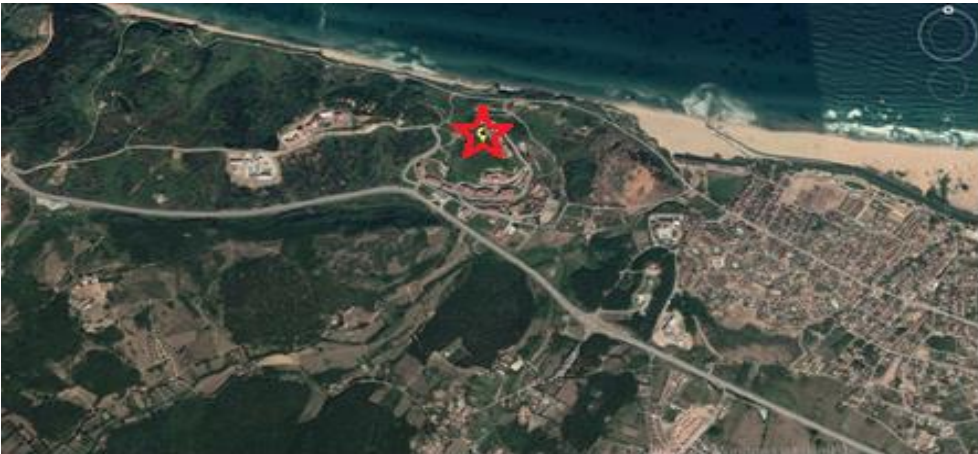
EK 1'in devamı



Kartal – İBB İstasyonu



Büyükada – İBB İstasyonu



Şile – MTHM İstasyonu

EK 1'in devamı



Ümraniye – İBB İstasyonu

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Seda ÖZGÜR OĞURTANI

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 03.09.1983

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Trakya Üniversitesi

Çorlu Mühendislik Fakültesi – Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü - Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Waterland Su Arıtma ve Çevre Teknolojileri – 2008 – 2015

Yordam Ortak Sağlık Güvenlik Birimi – 2015 – 2018

Martı Akademi Ortak Sağlık Güvenlik Birimi – 2018 - Halen

İLETİŞİM

E-posta Adresi: ozgrseda@hotmail.com