

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ  
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KAPALI OTOPARKLARDAKİ EGZOZ KİRLİTİCİLERİNİN İNSAN  
SAĞLIĞINA ETKİLERİNİN İSKENDERPAŞA OTOPARKI ÖRNEĞİNDE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**MUSTAFA FIRAT**

**TEZ DANIŞMANI : Doç. Dr. Göksel DEMİR**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**  
**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

Tezin Adı: Kapalı Otoparklardaki Egzoz Kirleticilerinin İnsan Sağlığına Etkilerinin İskenderpaşa Otoparkı Örneğinde Değerlendirilmesi

Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa FIRAT

Tez Savunma Tarihi: 15.08.2013

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. F. Tunç BOZBURA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI  
Program Koordinatörü

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Göksel DEMİR

-----

Üye  
Yard. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

-----

Üye  
Yard. Doç. Dr. Kurtuluş ÖZCAN

-----

## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimimde ve tez çalışmalarında bana olan desteklerinden dolayı Bahçeşehir Üniversitesi'ne, Türkiye Belediyeler Birliği'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmamda bana yol gösteren, her aşamasında samimiyetini, desteklerini ve sabrını esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Göksel DEMİR'e, Yard. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN'e, yüksek lisans programında derslerini aldığım tüm hocalarıma, saygı değer arkadaşlarım Abdulkadir ÖZTÜRK, Zahit KAYA, Nurcihan ERGÜLECİ, Mustafa Sefa ÖZBAY başta olmak üzere bu çalışmada yardımcı ve emeği geçen bütün arkadaşlarıma ve Haliç Çevre Laboratuvarı Genel Müdürü Sayın Erkan KARAHASANOĞLU' na teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca sevgi ve saygıyı fazlasıyla hak eden sevgili eşim, oğlum Ömer Alp ve Eymen Ali' den çalışmalarım sırasında kendilerine vakit ayıramamış olmamdan dolayı özür diler, hayatıma kattıkları anlam için ise kendilerine teşekkür ederim.

İstanbul, 2013

Mustafa FIRAT

## ÖZET

### KAPALI OTOPARKLARDAKİ EGZOZ KİRLİTİCİLERİNİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİNİN İSKENDERPAŞA OTOPARKI ÖRNEĞİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Fırat Mustafa

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Göksel DEMİR

Ağustos 2013, 100 sayfa

Ekonomik ve teknolojik gelişmelerin hız kesmeden devam ettiği günümüzde ulaşım konusunda da çok büyük gelişmeler yaşanmaktadır. Gelişen teknoloji, insanların alım gücündeki artış ve ulaşım esnekliği nedeniyle bireysel araç sahipliği her geçen gün artmaktadır. Artan araç sayısı trafik sıkışıklığı ve otopark ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Özellikle İstanbul'da arsa maliyetlerinin çok yüksek oluşu eskiden olduğu gibi açık arsalar üzerine parklanmayı lüks kılmakta, cadde üzeri parklanmalar ise trafik sıkışıklığını bir kat daha artırmaktadır. Bütün bu faktörler göz önüne alındığında daha düzenli, modern, araca ve sürücüye ait ihtiyaçların da karşılandığı otoparklar ihtiyaç haline gelmiştir.

Otoparklar türleri arasında kapalı otoparklar; çevresel açıdan çok iyi irdelenmesi gereken bir otopark sistemidir. Fosil yakıtların yakıldığı motorlardan egzoz yoluyla dışarı atılan yanmamış partikül madde ve egzoz gazlarının iç ortamda ne düzeylere ulaşabileceğini önceden kestirmek mümkün değildir. Bu konuda uygulanacak ampirik yöntemde gerçeği yansıtmayacaktır. Çünkü ortamın havalandırmasından aracın tipine kadar bir çok etken ortamda biriken emisyon miktarını değiştirebilmektedir. Bundan yola çıkarak iç ortamda biriken SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> egzoz kirletici parametrelerinin yoğunluğu ölçülmüştür. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar ile ulusal ve uluslar arası sınır değerler karşılaştırılarak limit değerleri aşan kirleticiler belirlenmiş ve hava kalite indeksi değerlendirilmesi yapılmıştır. Belirlenen yüksek konsantrasyondaki kirleticilerin insan sağlığı açısından hangi riskleri taşıdığı yine bu çalışmadaki veriler ışığında ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Otopark, Hava Kirliliği, Egzoz Emisyon.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF EFFECTS OF EXHAUST POLLUTANTS ON THE HUMAN HEALTH IN PARKING GARAGES – CASE STUDY OF ISKENDERPASA PARKING GARAGE**

Firat Mustafa

Institute of Science

Urban Systems and Transportation Assessment Master Program

Thesis Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Göksel Demir

August 2013, 100 pages

There are many developments about the transportation issue at these days and as well economical and technological improvements constantly occur. The number of personal vehicles increases day by day because of improved technology, increasing of purchasing power and transport flexibility. And this situation causes traffic jam and car park requirement. It is luxury to park at lands -especially in Istanbul because of very expensive land prices- and parking on the road increases traffic jam much. So modern and organized car parks which responds the driver's requests became a requirement in the light of all these factors.

Parking garages should be evaluated best between car parks and other park systems in terms of environmental aspects. It is not possible to estimate which level can reach unburned exhaust gasses and particles is emitted from the exhaust-gas systems of engines which fossil fuels are burned in them. Empirical methods also won't reflect the facts. Because the emission value in the environment can be changed by a lot of factors including ventilation of the environment and type of the vehicle. Based on this, the results got by measuring SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> air pollutant parameters in the environment is compared with national and international boundary values and is determined which pollutants over limits and air quality index is evaluated in this study. It is tried to determine measures should be taken about indoor places have ingoing and outgoing traffic by explaining how can determinated high concentration pollutants pose risks for the human health based on the data in this study.

**Key Words:** Car parks, Air pollution, Exhaust emission.

## İÇİNDEKİLER

TABLolar	X
ŞEKİLLER	XI
KISALTMALAR	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	3
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI	4
2. ULAŞTIRMANIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	5
2.1. ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ	6
2.2. OTO PARKLAR	7
2.2.1. Otoparkların Tarihsel Gelişimi	7
2.2.2. Otopark Türleri	9
2.2.2.1. Yol kenarı otoparkları	9
2.2.2.2. Yol dışı otoparklar	10
2.2.2.3. Çok katlı otoparklar	11
3. ÇEVRE KİRLİLİĞİ	12
3.1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ TÜRLERİ	13
3.1.1. Hava Kirliliği	13
3.1.2. Su Kirliliği	14
3.1.3. Toprak Kirliliği	15
3.1.4. Gürültü Kirliliği	15
3.1.5. Işık Kirliliği	16
3.2. HAVA KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ	16
3.2.1. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler	18
3.2.1.1. Sıcaklık	18
3.2.1.2. Basınç	18
3.2.1.3. Rüzgar	18
3.2.1.4. Yağış	18
3.2.1.5. Nem	19
3.2.1.6. Güneş radyasyonu	19
3.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ	19

3.3.1.	İnsan Sağlığına Etkileri .....	19
3.3.2.	Hayvan Ve Bitkilere Etkisi .....	20
3.3.3.	Eşyaya Etkileri .....	20
3.4.	HAVA KİRLİLİĞİNİ MEYDANA GETİREN KİRLETİCİLER .....	21
3.4.1.	Kaynaktan Çıkışlarına Göre Kirleticiler .....	21
3.4.2.	Oluştukları Kaynaklara Göre Kirleticiler .....	22
3.4.3.	Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler .....	22
3.5.	ULAŞTIRMA KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ .....	23
3.6.	İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ .....	24
3.6.1.	İç Ortam Hava Kirletici Kaynakları .....	26
3.6.1.1.	İç ortamdan kaynaklanan kirleticiler .....	27
3.6.1.2.	Dış ortamdan kaynaklanan kirleticiler .....	28
4.	EGZOZ EMİSYONLARI .....	30
4.1.	MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR .....	31
4.2.	EGZOZ EMİSYONLARI NEDEN VE NASIL OLUŞUR .....	32
4.3.	EGZOZ EMİSYONLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....	33
4.3.1.	Taşıta İlişkin Faktörler .....	34
4.3.2.	Yola İlişkin Faktörler .....	35
4.3.3.	Kullanıcıya İlişkin Faktörler .....	35
4.3.4.	Çevresel Etkenlere İlişkin Faktörler .....	35
4.3.5.	Yakıt Türüne İlişkin Faktörler .....	35
4.3.5.1.	Benzinli motorlardan kaynaklanan emisyonlar .....	36
4.3.5.2.	Dizel motorlardan kaynaklanan emisyonlar .....	36
4.3.5.3.	Motorlarda egzoz emisyonlarının karşılaştırılması .....	37
4.4.	EGZOZ KİRLETİCİLERİNİN CANLILAR VE ÇEVRE ÜZERİNE OLUŞTURDUĞU OLUMSUZ ETKİLERE GENEL BİR BAKIŞ .....	38
4.4.1.	Egzoz Kirleticilerinin İnsanlar Üzerinde Meydana Getirdiği Sağlık Problemleri .....	40
5.	EGZOZ EMİSYONLARINDAN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLERİN TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ .....	42
5.1.	KÜKÜRTDİOKSİT'İN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ 42	
5.1.1.	Kükürtdioksiti Oluşturan Kaynaklar .....	42
5.1.2.	Kükürtdioksitin İnsan Sağlığına Etkileri .....	43

5.1.3.	Kükürtdioksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler .....	43
5.2.	AZOTOKSİTLERİN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ....	44
5.2.1.	Azot Oksitleri Oluşturan Kaynaklar.....	44
5.2.2.	Azotoksitlerin İnsan Sağlığına Etkileri .....	46
5.2.3.	Azotdioksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler .....	47
5.3.	ASİT YAĞMURLARININ OLUŞUMU VE ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİ .....	47
5.3.1.	Asit Yağmurlarının İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	49
5.3.2.	Asit Yağmurlarının Yapılar Üzerine Etkileri .....	50
5.4.	KARBONMONOKSİTİN YAPISAL VE MOLOKÜLER ÖZELLİKLERİ 51	
5.4.1.	Karbonmonoksiti Oluşturan Kaynaklar .....	51
5.4.2.	Karbonmonoksit' in İnsan Sağlığına Etkileri .....	52
5.4.3.	Karbonmonoksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler.....	54
5.5.	KARBONDİOKSİTİN YAPISAL VE MOLOKÜLER ÖZELLİKLERİ.	54
5.5.1.	Karbondioksit' i Oluşturan Kaynaklar .....	55
5.5.2.	Karbondioksit' in İnsan Sağlığına Etkileri.....	56
5.6.	OZON GAZININ YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ.....	57
5.6.1.	Ozon Gazını Oluşturan Kaynaklar .....	57
5.6.2.	Ozon Gazı İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler.....	58
5.6.3.	Ozon Gazının İnsan Sağlığına Etkileri.....	59
5.7.	PM <sub>10</sub> ' UN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ .....	60
5.7.1.	Partikül Maddeleri Oluşturan Kaynaklar.....	60
5.7.2.	PM <sub>10</sub> İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler .....	62
5.7.3.	Partikül Maddelerin İnsan Sağlığına Etkileri .....	63
5.8.	HİDROKARBONLARIN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ 64	
5.8.1.	Hidrokarbonlar' ın İnsan Sağlığına Etkileri.....	65
5.9.	AĞIR METALLER.....	65
5.9.1.	Kurşun.....	66
5.9.2.	Kadmiyum .....	67
5.9.3.	Nikel.....	67
6.	MALZEME VE YÖNTEM.....	69



<b>6.1. İSKENDERPAŞA OTOYOLUNUN KONUMU VE ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>69</b>
<b>6.2. ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ .....</b>	<b>70</b>
<b>6.2.1. pDR Cihazı.....</b>	<b>71</b>
<b>6.2.2. Kitagawa Cihazı İle Ölçüm Yöntemi .....</b>	<b>72</b>
<b>7. BULGULAR.....</b>	<b>73</b>
<b>7.1. PARTİKÜL MADDE SAYIM SONUÇLARI .....</b>	<b>73</b>
<b>7.2. KÜKÜRDTİOKSİT, AZOTDİOKSİT, KARBONMONOKSİT, OZON GAZLARININ ÖLÇÜM SONUÇLARI.....</b>	<b>74</b>
<b>8. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>76</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>90</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>100</b>

## TABLolar

Tablo 3.1: Başlıca İç Ortam Kirleticileri Ve Emisyon Kaynakları .....	27
Tablo 3.2: Önemli İç Ortam Kirleticilerinin Dış Ortam Kaynakları.....	29
Tablo 4.1 Kaynaklarına Göre Kirleticiler .....	38
Tablo 5.1: Azot Dioksitin İnsan Sağlığına Etkileri .....	46
Tablo 5.2: Karbonmonoksit Konsantrasyonuna Bağlı Olarak Gelişen Akut Etkiler .....	53
Tablo 5.3: Korbonsihemoglobin ve Semptomlar Arasındaki İlişki .....	53
Tablo 5.4: CO <sub>2</sub> ' ye Ait Fiziksel Ve Kimyasal Özellikler .....	55
Tablo 5.5: Solunan Havadaki Ozon Gazı Konsantrasyonu İle Artan Toksik Etkiler .....	60
Tablo 5.6: Global PM Üretimi .....	62
Tablo 6.1: Ortam Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar.....	70
Tablo 7.1: Otopark-1 (İskenderpaşa) Ortam Toz Ölçüm Değerleri.....	73
Tablo 7.2 Otopark-2 (İskenderpaşa) Ortam Toz Ölçüm Değerleri .....	74
Tablo 7.4: Otopark-2 (İskenderpaşa) Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları .....	75
Tablo 7.5: Hava Kalite İndeksi Değerlendirmesi.....	83
Tablo 7.6:Otopark Havaasının Hava Kalite İndeksi Tablosunda İşaretlemesi .....	83
Tablo 8.1: Gaz Ölçüm Sonuçları İle Literatür alışmalarının Karşılaştırılması .....	86
Tablo 8.2: PM <sub>10</sub> Ölçüm Sonuçları İle Literatür alışmalarının Karşılaştırılması .....	86

## ŞEKİLLER

Şekil12.1: Yol Kenarı Otoparkı .....	9
Şekil 2.2: Mekanik Otopark .....	11
Şekil 3.1: Baca Gazı Kaynaklı Hava Kirliliği .....	14
Şekil 4 3.2 : Hava kirlenici kaynakları ve kirlenici türleri .....	21
Şekil 54.1: Araç egzoz emisyonu .....	31
Şekil 64.2 Benzinli Motorlardaki Atık Gaz Bileşimi .....	36
Şekil 74.3 Benzinli Motorlardaki Atık Gaz Bileşimi .....	37
Şekil 8 4.3 Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması .....	38
Şekil 94.4: Hava Kirliliği Kaynakları .....	39
Şekil105.1: Asit Yağmurlarının Atmosferdeki Döngüsü .....	48
Şekil116.1: Partikül madde konsantrasyonunu ölçen pDR-1500 portatif cihazı .....	71
Şekil 127.1: Mavi kat vaziyet planı .....	77
Şekil 127.2: Kırmızı kat vaziyet planı .....	78
Şekil 127.3: Yeşil kat vaziyet planı .....	79

## KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AB	:	Avrupa Birliği
ACE	:	Anjiotens Çevirici Enzim
ASHRAE	:	The American Society Of Heating, Refrigerating And Air-conditioning
COHB	:	Karboksihemoglobin
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	:	Benzen
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	:	Etilen
DSÖ	:	Dünya Sağlık Örgütü
DB	:	Decibel
DTK	:	Doğrudan Tehlike Konsantrasyonu
EU	:	Avrupa Topluluğu
EEC	:	Avrupa Ekonomik Topluluğu
EPA	:	Çevre Koruma Ajansı
HKKY	:	Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
PM	:	Partikül Madde
KM	:	Kilometre
USEPA	:	Amerika Çevre Koruma Ajansı
UVS	:	Uzun Vade Sınır Değer
KVS	:	Kısa Vade Sınır Değer
Db	:	Desibel
SO <sub>2</sub>	:	Kükürtdioksit
NO <sub>x</sub>	:	Azotoksit
NO <sub>2</sub>	:	Azotdioksit
NO	:	Azotoksit
CO	:	Karbonmonoksit
PB	:	Kurşun
HC	:	Hidrokarbon
O <sub>3</sub>	:	Ozon
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	:	Sülfirik Asit
H <sub>2</sub> S	:	Hidrojen Sülfür
HF	:	Hidrojen Florür
İUAP	:	İstanbul Ulaşım Ana Planı
H <sub>2</sub>	:	Hidrojen
HFK	:	Hava Fazlalık Katsayısı
LPG	:	Likit Petrol Gazı
C	:	Karbon
MAK	:	Maksimum Atmosfer Konsantrasyonu
MİK	:	Maksimum İşyeri Konsantrasyonu
PPM	:	Milyon başına bir birim
VOC	:	Uçucu Organik Bileşenler
HNO <sub>3</sub>	:	Nitrik Asit
FVC	:	Zorlu Vital Kapasite
HSO	:	Sülfüroz Asit

# 1. GİRİŞ

Ulaşım; durmaksızın gelişen dünyamızda özellikle de sanayi devriminden sonra insanların olmazsa olmaz ihtiyaçları arasında yer alan ana olgulardan biri haline gelmiştir. Sağlık, ticaret, seyahat, vb. gereksinimlerin karşılanabilmesi, insanların bir yerden bir yere gitme mecburiyetleri, ulaşım hizmetinden yoksun bir toplum için düşünülemez. Ulaşım sistemleri bu denli önemli ve insanların vazgeçilmezi iken; küresel bir artış gösteren, ülkemizde de teknolojik gelişmeler ve alım gücündeki artışa paralel bir ivme kazanan bireysel araç sahipliği ve araç çeşitliliği beraberinde telafisi oldukça güç birtakım çevresel problemler meydana getirmektedir.

İlk üretilen araçtan günümüze kadar, araçlara hareket kazandıran motor tertibatlarında fosil yakıtların yakılması egemen olmuştur. Bu yakıtların motor içerisinde tam olarak yanmamasından kaynaklanan bir takım zararlı atık maddeler çevreye egzoz gazı olarak yayılmaktadır. Egzoz kirleticileri olarak adlandırılan bu gazlar çevresel ve yaşamsal birçok fonksiyona etki etmektedir.

Bu tez çalışmasının konusu, kapalı otoparklardaki egzoz emisyonlarının insan sağlığına etkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla seçilen Fatih İskenderpaşa kapalı otoparkında, iç ortam hava kalitesine en çok etki eden egzoz kirletici parametrelerinden beş tanesi için yerinde ölçümler yapılarak bir rapor hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının ana yapısı şu şekildedir:

Tezin birinci bölümü olan giriş bölümünde teze ait genel yapı hakkında kısa bilgiler verilmiş olup tezin amacı, hedefleri ve kapsamından söz edilmektedir.

İkinci bölümde ulaştırmanın tanımı, ulaştırmanın özellikleri, otoparklar ve otopark tipleri ile ilgili kısa bilgiler verilerek otoparkların tarihi süreçteki gelişimi ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde çevre kirliliğine giriş yapılarak çevre kirliliği türlerinden hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve ışık kirliliği ile ilgili tanımlamalar yapılmıştır. Yine bu bölümde hava kirliliğini etkileyen faktörler belirtilerek hava

kirliliğinin çevre üzerindeki etkilerinden insan sağlığına etkileri başta olmak üzere hayvan ve bitkilere etkisi, iklimlere etkisi, eşyalara etkisi kısaca anlatılmıştır, ayrıca bu bölümde hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler kaynaklarına ve kimyasal yapılarına göre sıralanmıştır

Dördüncü bölümde genel olarak emisyon nedir sorusunun cevabı aranmıştır. Egzoz emisyonları ve motorlu taşıt kaynaklı emisyonların neler olduğundan bahsedilerek taşıt emisyonunu etkileyen faktörler sıralanmaktadır. Egzoz kirleticilerinin insan sağlığı ve çevre üzerine oluşturduğu olumsuz etkileri yine bu bölümde ele alınmaktadır.

Beşinci bölümde egzoz kirleticilerin türleri olan Kükürtdioksit ( $SO_2$ ), Azotoksit( $NO_x$ ), Karbonmonoksit (CO), Karbondioksit ( $CO_2$ ), Ozon ( $O_3$ ), Partikül madde (PM), Hidrokarbonlar (HC), ağır metaller (Kurşun, Kadmiyum, Nikel)' ı oluşturan kaynaklardan, egzoz kirleticilerine ait ulusal ve uluslar arası sınır değerlerden bahsedilmekte ve bu kirleticilerin insan sağlığına ne tür etkilerinin olabileceğinden söz edilmektedir.

Altıncı bölümde tez kapsamındaki İskenderpaşa otoparkının konumu ve özellikleri,  $PM_{10}$  ve diğer gaz ölçümleri için kullanılan cihazların özelliklerinden ve ölçme işlemlerinin nasıl yapıldığından söz edilmektedir.

Yedinci bölümde bulgular başlığı altında otoparkta ölçümü yapılan  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ , CO gazlara ait konsantrasyon değerleri ile yine ölçümü yapılan  $PM_{10}$  parametresine ait konsantrasyon değerleri yer almaktadır.

Sekizinci bölümde otopark ölçümlerinden elde edilen sonuçlar ile; ulusal-uluslar arası sınır değerler ve benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, sınır değeri aşan kirleticilerin insan sağlığına ne yönde etki edebileceğiyle ilgili bilgiler verilmiş, iç ortam hava kalitesine yönelik hava kalite indeksi değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuç değerlendirmesinde ise elde edilen bulgulardan yola çıkarak varılan nokta özetlenmiş ve alınması gereken önlemler ile bir takım önerilere yer verilmiştir.

## 1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Şehirlerde en önemli hava kirletici kaynağının sanayileşme olduğu düşünülse de hava kirlenmesinde ulaşım amacıyla kullanılan kara, hava ve deniz taşıtlarının payı oldukça büyüktür.

Ülkemizde özellikle son yıllarda dış ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi adına birçok önlemler alınmış olup hedef sınır değerler belirlenerek hava kalitesinin insan sağlığını etkilemeyecek düzeylerde tutulmaya çalışılmaktadır. Yapılan çalışmalarda insanların zamanlarının çoğunu iç ortamlarda (yüzde 87,2 iç ortam, yüzde 7,2 araçlar ve yüzde 5,6 dış ortam) geçirdikleri tespit edilmiştir (Hakseverler, 2010).

Vaktimizin neredeyse tamamını geçirdiğimiz iç ortamda hava kirletici bileşenlerinin konsantrasyonları dünya sağlık örgütü tarafından belirlenen sınır değerlerin altında olmak durumundadır. Fakat birçok kapalı ortamda çeşitli kaynaklardan oluşan kirleticiler iç ortam hava kalitesini oldukça düşürmekte daha da kötüsü insan sağlığına ve yaşamına telafisi oldukça güç etkiler getirebilmektedir.

Ulaşım kaynaklı hava kirleticileri motorlarda yanmanın tam olarak gerçekleşmemesi sonucu açığa çıkan egzoz emisyonlarıdır. Egzoz gazlarının içinde karbon monoksit, partikül madde (PM), kükürt dioksitler, hidrokarbonlar, azot oksitler, azotdioksitler, ağır metaller gibi bileşenler yer almaktadır. Egzoz gazı kirleticileri en çok trafiğin yoğun olduğu şehir içlerinde, kavşaklarda, tünellerde, kapalı otoparklarda, kapalı araç feribotlarında ileri boyutlara ulaşabilmekte ve bu kirleticilere maruz kalan insanlarda birtakım sağlık problemlerine sebep olabilmektedir.

Trafik kaynaklı hava kirliliğine kısa sürelerde pik konsantrasyonlarda maruz kalınması, insan sağlığı için ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Halk sağlığının korunması ve mevcut durumun iyileştirilmesi için bu kirleticilerin havada kalma süresi, lokasyonu ve maruz kalınan miktarlarının bilinmesi çevre sağlık risklerinin belirlenmesinde ve riski azaltmak için verilecek kararlarda önem teşkil etmektedir.

Sürekli artış gösteren motorlu taşıt kaynaklı hava kirliliği yalnızca dış ortamı(atmosferi) kirletmekle kalmayıp kapalı ortamlarda da etkisini oldukça fazla bir şekilde hissettirmektedir. İstanbul'da gerek arsa maliyetlerinin yüksek oluşu gerekse elverişsiz yapılaşma araçlar için açık ve yer üstü otoparklarını lüks kılmakta, cadde üzeri parklanmalar ise trafik tıkanıklığını doğurmaktadır Bunun sonucunda ise atmosfere salınan egzoz gazı konsantrasyonu artırmaktadır. Bahsettiğimiz tüm bu durumlar kapalı yer altı otoparklarının daha çok tercih edilmesinin nedenidir. Çünkü bu tip otoparklar hem yer altında araçlara hizmet verirken hemde yerin üstünde rekreasyon alanları oluşturarak çift amaçlı kullanıma imkan vermektedir. Kapalı ortam eğer içerden bir kirleticiye maruz kalıyor ise kirlilik düzeyi çok daha fazla artmakta, otoparkları kullanan ve çalışanların sağlığına bir takım zararlar vermektedir. Bu çalışmada esas amaç insan sağlığına zarar veren kirleticilerin kapalı mekanlarda hangi düzeylere ulaşabileceğini belirlemek, ortamdaki hava kalitesi indeksi incelemesi ile sorumlu kirleticiyi tespit etmek ve sınır değerleri aşan kirleticilerin insan sağlığında meydana getirebileceği etkileri ortaya koymaktır.

## **1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI**

Bu tez kapsamında İstanbul' un en çok araç hareketliliği, trafik sıkışıklığı, otopark kullanımı ve otopark ihtiyacının olduğu bölgelerinden biri olan Fatih-Aksaray' da bulunan İskenderpaşa kapalı otoparkı ele alınarak insan sağlığına etki edebilecek egzoz kirleticilerinden kükürdioksit, karbonmonoksit, azot oksit, ozon ve partikül madde konsantrasyonları yerinde ölçümler yapılarak tespit edilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarının insan sağlığına etki edebilecek düzeylere ulaşp ulaşmadığı, düşük ve yüksek konsantrasyonların etkisi kısa-uzun vadeli sınır değerleri açısından ve hava kalite indeksi açısından ayrı ayrı araştırılmıştır. Bu çalışmadan sağlanmak istenen fayda İstanbul otopark yönetmeliği ve diğer otoparklarla ilgili yasa ve yönetmeliklerde yer almayan otopark içi emisyon ölçümlerinin önemini vurgulamak ve insan sağlığına etkilerine dikkat çekmektir.



## 2. ULAŞTIRMANIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Genel anlamda, ulaştırma sistemleri zaman tasarrufu sağlayan ve mekânları yakınlaştırma görevi gören oldukça önemli bir unsurdur. Ulaşım; ekonomik, sosyal, siyasal, kültürel ve hatta askeri gelişimin yapı taşlarından birisini oluşturmaktadır. Bunun yanında, bir hizmet sektörü olarak ulaştırmanın istihdam yaratma kapasitesi de oldukça yüksektir. (Murat ve Şahin, 2010).

Toplumlar için oldukça büyük bir önem arz eden ulaştırma olgusu çok farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Aşağıda bu tanımlamalara ve açıklamalarına yer verilecektir.

Ulaştırma; İnsanların doğumundan ölümüne kadar vaz geçemeyeceği bir olaydır. Genel ve en çok bilinen sözlük tanımı ile İnsanların, malların, haberlerin bir yerden başka bir yere belli bir amaç dâhilinde taşınması ve bu taşıma işleminde kullanılan araç, gereçlerin tümüdür.

Ulaştırmanın sözlük tanımı dışında, birçok tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlardan birine göre ulaştırma, "yolcu ve eşyaların belirli amaç için bir noktadan başka bir noktaya belirli hatlar üzerinden belirli araçlar ve işletme sistemleri ile yer değiştirmesi işi" iken, diğer bir tanıma göre, "müşteri ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla üretilen malların ihtiyaç duyulan bölge ve merkezlere zamanında ulaştırılması" şeklindedir.

Tüm bu tanımlamalardan sonra ulaştırmanın esas amaç olmadığı yalnızca ara bir hizmet olduğu unutulmamalıdır. Örneğin okula, işe, alışverişe veya bir takım ihtiyaçlar için farklı yerlere ulaşmak veya ulaştırmak amacıyla yer değiştirme eyleminde kullanılan ara bir hizmettir (Yılmaz, 2012).

Ulaştırma belirli amaçlar için kullanılan bir ara hizmet olduğuna göre bu hizmetten faydalanmanın da bir takım bedelleri olduğundan söz etmek yerinde olacaktır. Ancak bu bedelleri toplumlar maddi olarak ödemediği gibi birde çevre kirlenmesi, insan sağlığı, psikolojisi v.b üzerine etkisinin bedelini de ayrıca ödemektedir. Toplumsal açıdan ulaştırmadan sağlanan fayda ile ulaştırmadan kaynaklanan zararlar karşılaştırıldığında ulaştırmanın gerekliliği, hız ve güvenirliliği tartışmasıdır.

Ulaştırmadan kaynaklanan evre kirliliğinden bahsedebilmek için öncelikle ulaşım araçlarından ve bu ulaşım araçlarının tarihi süreçteki gelişimi ve evriminden söz etmek daha doğru olacaktır çünkü sorunu tam olarak ifade edebilmek için sorunun kaynağını ve oluşumunu iyi bilmek gerekir bu düşünceyle yola çıkarak özetle ulaştırmanın ve ulaştırma araçlarının tarihinden bahsedeceğiz.

## **2.1. ULAşTIRMANIN TARİHÇESİ**

Ulaşım ve ulaştırma insanlık tarihi kadar eski kavramlardır. İnsanlar ilk çağlardan günümüze kadar taşımaya ve taşınmaya ihtiyaç duymuşlardır. İnsan gücünün sınırları belli fakat ihtiyaçları nihayetsiz olduğundan taşımada insan gücünün dışında ulaşımda bir takım araç ve gereçlerden faydalanması durumu ortaya çıkmıştır.

Toplumların gelişiminde ve birbirlerini etkileme sürecinde ulaştırmanın rolü yadsınamayacak derecede yüksektir. Çünkü ulaştırma araçları gelişim gösterdikçe, insanlar birbirlerine daha çok yaklaşmış, karşılıklı sosyal ve ekonomik ilişkileri gün geçtikçe dahada artmıştır. Ulaştırma tarihi genel olarak incelendiğinde, tarihte iki önemli döneme şahit olunmaktadır. Bu dönemlerden bir tanesi, endüstri devrimine kadar olan ve insan, hayvan ve rüzgar gücüne bağımlı olunan dönem; diğeri ise buhar, elik, elektrik ve makinelerin kullanıldığı endüstri devriminden sonraki dönemdir. Ulaştırmanın bilinen tarihinin M.Ö. 7000'li yıllara dayandığı kabul edilmektedir. Bu tarihten daha önceleri ilk insanlar, bir yerden başka bir yere yaya olarak yürürlerken, yüklerini de peşlerinde srklerlerdi. Bunun dışında çeşitli sağlık sorunlarıyla karşılaşıldığında veya yaşlıların bir yerden başka bir yere götürülmesinde birkaç kişinin altına girip kaldırdıkları tahtirevanlar kullanılırdı (Murat ve şahin, 2010).

Ulaştırmada en önemli adımların başında, M.Ö. 2000'li yıllarda atın evcilleştirilmesi gelmektedir. Buna paralel olarak ulaştırmada en büyük gelişmelerden bir diğeri ise, ulaşım araçlarının karada çok daha rahat hareket etmesini sağlayacak olan ve M.Ö. 3000 yıllarında bulunduğu tahmin edilen tekerleğin icadı olmuştur. Tekerleğin gelişim sürecinde, ağır bir yükün altına yuvarlak bir odunun sokulup sürüklenmesi fikri yatıyordu. Tekerleğin nerede bulunduğu tam olarak bilinmese de tarım ve hayvancılıkta

ilerlemiş olmaları ve sürekli göç etmeleri nedeniyle orta asya topluluklarının tekerleğin bulunmasında etkili olduğu düşünülmektedir İlk tekerlekli arabalar ise mezopotamya'da görmüştür (Doğan, 2012).

İnsanoğlu, tekerleğin icadından sonra hayvan gücünden çok daha rahat yararlanarak insan ve eşyanın bir yerden bir yere ulaştırılmasında kullandığı tekerleği tarihi süreçte oldukça geliştirerek günümüze kadar ulaştıracaktır.

## **2.2. OTOPARKLAR**

Dünya nüfusundaki sürekli artış; teknolojik gelişmelerin doğal bir sonucu olan kentleşmeyi de beraberinde getirmiştir. Kentleşmenin özellikle gelişmekte olan ülkelerde meydana getirdiği en önemli sorunlardan birisi de ulaşım problemleridir. Gelişmekte olan ülkelerde toplu taşıma araçlarının yetersizliği ve uzun süreli ulaştırma planlarının yapılmaması insanlarda araç sahibi olma isteğini doğurmaktadır. Sürekli artan araç sayısı ile trafik sorunları giderek büyümekte ve buna paralel olarak park yeri ihtiyacı da gitgide artmaktadır.

Fransız şehir plancısı Gaston Bardet “Şehirlerde özel otomobillerin 24 saatlik yaşamlarının yaklaşık 2 saati hareket halinde geçiyor ise geri kalan 22 saati durma eylemiyle geçer” demektedir. Bu tespit göz önünde bulundurulduğunda, park yeri ihtiyacının ne kadar önemli olduğu kolaylıkla anlaşılabilir.

Genel bir tanımlama ile otoparklar araçların trafikteki hareket halinin son bulması veya araçların dinlenmek üzere hareketsiz halde zamanlarını geçirdiği yerdir.

### **2.2.1. Otoparkların Tarihsel Gelişimi**

İlk kapalı otoparklar ani ve pratik ihtiyaçlar dolayısıyla yapılmıştır. Bu otoparkları tanımlayan özellikler de buna bağlı olarak mevcut yapılardan yararlanılması, standart mimari kalıplar ve yapı sektöründeki yerleşik uygulamaları içerisinde çözüm aranmıştır. İlk otoparklarda sadece bakım ve koruma değil; soyunma kabini, tuvalet, araba yıkama ve bakımı, kuaför dükkânı gibi hizmetler de verilmekteydi ki bu da arabaların o zaman diliminde toplum hayatında yer aldığı konumu göstermektedir(Güngör, 2006).

İlk otoparklar tek katlı olmakla beraber kısa süre içerisinde günümüzdeki çok katlı otopark modelleri tercih edilmeye başlandı.

İlk otoparkları incelerken ABD ile Avrupa'yı ayrı ayrı incelemek gerekir. Avrupa'da arabanın yaygınlaştığı dönemde şehirler düzenli ve bakımlı iken ABD'de şehirler henüz büyümekteydi. Bu sebeple ABD'de araba, şehirlerin şekillenmesini büyük ölçüde etkilemiştir.

İlk olarak hem hareket kolaylığı sağlaması hem de tamir, bakım ve yakıt temin işlemlerinin rahatlıkla karşılanabilmesi için geniş alanlara ihtiyaç duyuldu. İkinci olarak ilk otomobiller duyarlı iç mekanizmaları ve hava şartlarından etkilenmeye müsait materyalleri olan üstü açık araçlar olduklarından bu araçları barındırmak için tasarlanan yapıların tamamen kapalı olması ve iç ısısının gerektiği şekilde ayarlanmış olması gerekiyordu. İlk kapalı otoparklar ahırlar ve at barınakları gibi yerlerde yapıldı. Bu, otomobillerin at arabalarının yerini almasının doğal bir sonucuydu. Ahırlarda hastalıkların yaygın olması (özellikle çiçek hastalığı) ve yangın tehlikesinin yüksek olması sigorta şirketlerinin yeni çözümler aramalarına sebep oldu. Ayrıca istisnalar haricinde ahırlar otopark ihtiyacını karşılamak için yeterince geniş değildi.

ABD'de bisiklet tamirhaneleri ve lokomotif depoları da ilk dönemde otopark olarak kullanılan binalar arasındadır.

ABD'de kayıtlara geçen ilk kapalı otopark 1897 yılında eski bir patinaj alanından tasarlandı. Merkezi Broadway'de bulunan ve New York'ta bir elektrikli taksi şirketi olarak tanınan Electric Vehicle Company'ye ait otopark kısa sürede uluslararası alanda büyük bir ün kazandı ve bir sonraki yeniliklerin önünü açtı. Bir Fransız gazetesinde yayınlanan makalede Paris'in New York'a oranla daha yoğun bir araba nüfusuna sahip olduğunu ve meraklılara kapılarını açan Paris'teki motorlu araç sergisinin dünyada bir ilk olduğu belirtiliyordu (Şahin, 2009).

Özetle, ilk kapalı otoparkların kaynakları, ahırlardan, bisiklet dükkanlarına, döşeme dükkanlarından, patinaj alanlarına kadar farklılıklar göstermiştir. Otoparklarda amaçlanan tek bir şey vardı oda teknolojik gelişmelere ayak uyduracak düzeyde

parklanma hizmetinin temin edilmesidir. İlk otopark alanlarıyla modern otoparklar arasındaki ortak özelliklere otomobiller için tahsis edilmiş geniş, açık alan, bakım ve diğer hizmetler için konumlanmış yan destek alanları gösterilebilir.

### **2.2.2. Otopark Türleri**

Otopark türleri “Yol Kenarı Otoparkları”, “Yol Dışı Otoparkları” ve “Katlı Otoparklar” olmak üzere üç ana grupta anılmaktadır. Katlı Otoparklar “Katlı Garajlar” olarak da adlandırılmaktadır.

#### **2.2.2.1. Yol kenarı otoparkları**

Yol kenarı otoparkı, taşıt veya yaya yolu sathı üzerinde yaya kaldırımından ayrılmış cepte veya orta refüjde olmak üzere yol kenarında yapılan kullanımına göre kullanım süresi sınırsız kullanımı zaman ile sınırlı olmak üzere iki çeşit otoparktır. Kullanım süresi sınırlı yol kenarı otoparklarında park etme süresinin kontrolü polis veya parkmetre kullanılarak yapılabilir. Şekil 2.1’ de Park görevlisi tarafından denetlenen bir yol kenarı otoparkı görülmektedir.

#### **Şekil 2.1: Yol Kenarı Otoparkı**



*Kaynak: www.ekofinans.com, 2013*

Bu parklanma modelinde araçlar caddeler üzerinde uygun olan yerlerde bırakılmaktadır. Park ihtiyacının diğer parklanma modellerine göre daha ucuza mal olduğu bir

parklanma modelidir. Fakat ana caddelerin çoğunda sabah ve akşam yoğun trafik saatlerinde yol boyu park tamamen yasak edilmiştir (İskender, 2010).

Yol kenarı park modeli 3 başlıkta incelenebilir;

1. Paralel model
2. Açılı Park Etme Modeli
3. Dikey model (90 derece).

#### ***2.2.2.1.1. Paralel model***

Yol kenarına park etme halinde birim park alanına giriş çıkışta manevra genişliği, açılı park etmeye göre azalacağından buna mukabil yol boyunca birim park adedi azalacağından yolun durumuna ve ihtiyacına göre paralel park etmeye karar verilmelidir.

#### ***2.2.2.1.2. Açılı park etme modeli***

Yol boyunca park etme halinde açı büyüdükçe birim park alanına giriş çıkışta manevra genişliği azalacağından manevra yapan aracın yola çıkışında yoldaki trafiği aksatmayacak şekilde yol genişliği varsa yol kenarında açılı park tesis edilmelidir. Açılı park etme yol eksenine 60, 45, 30 derecelerde olmalıdır. 30° ve 45° 'lik açılı park etmede aracın ön kapısının açılmasında diğer park etmiş araca kapısının çarparak zarar vermesi ihtimalinin en aza indirilmesine rağmen doğacak yer kaybı da dikkate alınır 45 derece park etme tercih edilmelidir (Güngör ve Güngör, 2011).

#### ***2.2.2.1.3. Dikey modeli***

Yol eksenine 90 derece dik park etme ticaret bölgelerinde mal yükleme / boşaltmada küçük kamyonetlerin binaya dik yanaşması gerekli olduğu hallerde belirli bir kesimde ve belli sürelerde kullanılmak üzere yapılmalıdır (İskender, 2010).

#### ***2.2.2.2. Yol dışı otoparklar***

Hareket halindeki araçların cadde ve sokaklardan ayrı bir alanda park edebilmesi için ayrılmış alanlardır. Ana ulaşım akışı yoğunlukla iş merkezlerinin yakınlarında yer alır. Bu nedenle yol dışı park iş bölgesi sınırlarında ve yaya akışlarıyla çok iyi ilişki kurabilen noktalara yerleştirilmelidir. Özellikle iş alanlarında yol dışı park yerleri sağlamak güç olmakla beraber çok katlı otoparklar yapılarak bu problemin çözülmesine çalışılmaktadır (Kutlu, 1975).

### 2.2.2.3. Çok katlı otoparklar

Artan otopark ihtiyaçlarının özellikle şehir merkezlerinde rantabilite yönünden hemzemin otoparklarda karşılanamaması, çok katlı otoparkların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu tür otoparklar yer üstünde yapılabildiği kadar yer altında da yapılabilmektedir. Bir arsanın alanı ve boyutları genellikle katlı park tip ve kapasitesini doğrudan etkiler. Katlı otopark iki türde incelenebilir:

1. Rampalı katlı park türleri
  - a. Düz rampalı
  - b. Sarmal rampalı
  - c. Eğimli katlı rampa
2. Araç asansörlü (mekanik) Park türleri
  - a. Döner tablalı veya tablasız sabit asansörlü
  - b. Yatay ve dikey hareket olanağı sağlayan hareketli asansör
  - c. Tam otomatik asansörlü (Güngör ve Güngör, 2011).

Şekil 2.2' de görüldüğü gibi asansörlü (mekanik) park yerleri; park etme talebinin büyük, arsa fiyatlarının yüksek ve arsa boyutlarının rampalı ve eğimli katlı park yeri için yetersiz olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Kullanılacak katlı park tipinin seçilmesi, arsa boyutları, topografya, gerekli veya arzulanan kapasite, işletmeye ilişkin kurallara ve ekonomik koşullara bağlıdır (Güngör, 2006).

### Şekil 2.2: Mekanik Otopark



*Kaynak: Şahin, 2009*

### 3. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Doğanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan ve canlıların ögelerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen çevre sorunlarına "Çevre Kirliliği" adı verilmektedir. Diğer bir ifade ile çevre insan veya başka bir canlının yaşamı boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır <sup>1)</sup>.

İnsanlar ve diğer canlıların yaşadıkları atmosferin yeryüzüne yakın olan kısmı; temiz hava olarak azot, oksijen ve çok az miktarı da diğer gazlardan meydana gelmektedir. Bu gazların dağılımı hacimsel olarak yüzde 21'i oksijen, yüzde 78'i azot ve yüzde 1'i de diğer gazların karışımı şeklindedir. Oksijen ve azotun dışındaki diğer gazlar argon, karbondioksit, su buharı, helyum, neon, hidrojen, metan, kripton, azot monoksit, azot dioksit, ozon, ksenon ve amonyak gibi gazlardır. Havanın bu tabii bileşimini değiştiren gaz, sıvı veya katı halde bulunabilen kimyasal maddelere hava kirleticileri adı verilmektedir (İlkılıç ve Behçet, 2006).

Çevre kirlenmesi konusunda yapılan çalışmalar nispeten yakın zamanı ilgilendirmektedir. Bununla birlikte çevre kirlenmesi doğamızda yeni bir sorun olmadığı halde insanlar tarafından yeni fark edilen bir sorundur. Bunun nedeni doğanın kirlenme olaylarına karşı önemli bir ölçüde karşı koyma ve etkisiz hale getirme kapasitesinin olmasıdır (Tunay, 1998).

Özellikle son yıllarda ekolojik dengeyi süratle bozarak çevre sorunları yaratan insan, bu sorunların kendisine dönmesi ve sağlığını olumsuz yönde etkilemesi üzerine çevre bilincine varabilmiş ve bu kavramı ancak kabul etmiştir <sup>2)</sup>.

Çevre kirliliği bilinci; çevreye etki eden kirlilik ve çeşitliliğinin özellikle günümüz metropollerinde hiçte azımsanmayacak boyutlara ulaştığını ortaya koymaktadır.

---

<sup>1)</sup> <http://www.csb.gov.tr/iller/bartın/index.php?Sayfa=duyurudetay&Id=2515>

<sup>2)</sup> <http://www.datae.gov.tr/?x=2&a2=toprak%20y%d6net%ddm%dd%20b%ddr%ddm%dd&bno=6>



Çevre kirlilikleri doğaya zarar vererek doğrudan veya dolaylı olarak doğada yaşamını sürdüren tüm canlıların zarar görmesine neden olmaktadır.

Çevre konusundaki bilinçlenme çevre kirlenmesinin önlenmesinde oldukça önemli rol oynamıştır. Bu çerçevede çok önemli adımlar atılarak birçok yasal düzenlemeler cezai müeyyideler ve bilinçlendirme politikaları benimsenmiştir (Erol, 2011)

Çevre kirliliği yukarıda da bahsedildiği gibi çok geniş ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu bölümde çevre kirliliğinin sınıflarından hava kirliliği üzerinde durulacak ve oluşumuna neden olan kirleticiler ve parametreleri hakkında geniş bilgi verilecektir.

### **3.1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ TÜRLERİ**

Çevre kirliliği beş temel başlık altında incelenmektedir. İnsanlar tarafından en çok hissedilen ve şikâyet edilen çevre kirliliği türü şüphesiz ki hava kirliliğidir, hava kirliliğini, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve son olarak da çevre kirliliği türleri arasında yeni yer alan ışık kirliliği takip etmektedir. Çevre kirliliği türleri aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

#### **3.1.1. Hava Kirliliği**

Canlıların sağlığı ve yaşamını olumsuz yönde etkileyen ve/veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerinde miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır.

Hava kirliliği bir başka deyişle; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. Atmosferde insanların üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan hava kirleticilerin hava tabakasını nasıl kirlittiği şekil 3.1' deki görüntüden çok net bir şekilde anlaşılmaktadır <sup>3)</sup>.

---

<sup>3)</sup> <http://www.mgm.gov.tr/files/kurumsal/ekitap/4mevsim6/21cevresagligi.pdf>

### Şekil 3.1: Baca Gazı Kaynaklı Hava Kirliliği



Kaynak: webbaze.com, 2013

Kirletici maddelerin niteliğine göre, canlılara vereceği zararın şekil ve dereceleri de değişmektedir. Hava kirliliğine karşı alınabilecek önlemler, kirlilik kaynağına göre (fabrika, termik santral, konutlar, taşıt araçları) çeşitlilik göstermektedir.

Hava kirliliğindeki artışlar canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyerek özellikle insanlarda çeşitli akut sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kirleticilere uzun süreli maruz kalınması sağlıkta kronik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hava kirliliğinin insan sağlığına etkisi öksürük ve bronşitten, kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar birçok akut rahatsızlıklar meydana getirebilmektedir. Kirliliğin olumsuz etkileri sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte, bazı duyarlı gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir<sup>4)</sup>.

#### 3.1.2. Su Kirliliği

Su kirliliği, istenmeyen zararlı maddelerin, suyun tadını, kokusunu, berraklığının ölçülebilecek oranda bozmalarını sağlayacak miktar ve yoğunlukta suya karışma

<sup>4)</sup> <http://www.cevreonline.com/cevrekr/cevrekirlilik%20cesitleri.htm>

olayıdır. Konutlar, endüstri kuruluşları, termik santraller, gübreler, kimyasal mücadele ilaçları, tarımsal sanayi atık suları, nükleer santrallerden çıkan sıcak sular ve toprak erozyonu gibi süreçler ve maddeler su kirliliğini meydana getiren başlıca kaynaklardır. Bunların hepsi doğrudan doğruya veya dolaylı olarak canlı ve cansız varlıklara zarar vermektedir (Kavas, 2011).

### **3.1.3. Toprak Kirliliği**

“Toprağın verim gücünü düşürecek, optimum toprak özelliklerini bozacak her türlü teknik ve ekolojik baskılar ve olaylar”, toprak kirliliği veya toprak kirlenmesi olarak nitelenir. Toprak kirlenmesi, hava ve suları kirleten maddeler tarafından meydana getirilir. Örneğin, kükürtdioksit oranı yüksek olan bir atmosfer tabakasından geçen yağmur damlacıkları asit yağışları halinde toprağa gelir. Toprak içine giren bu asitli sular ağaç köklerini, bitkisel ve hayvansal toprak canlılarını zarara uğratar. Toprağın reaksiyonunu etkileyerek besin maddesi dengesini bozar, taban sularını içilmez hale getirir. Aynı şekilde çöp yığınlarından toprağa sızan sular, kirli sulama suları, gübre çözeltileri, radyoaktif maddeler, uçucu küller, toprağı kirleten madde ve kaynaklardır<sup>5)</sup>.

Toprak kirliliğini önlemek için çok çeşitli teknik, ekolojik ve hukuksal önlemler alınır. Bu amaçla; arazi ve doğal kaynaklarla ilgili planlama, uygulama, değerlendirme, kontrol, izleme ve eşgüdüm mekanizmaları güçlendirilmeli, tarım ve orman arazilerinin amaç dışı kullanımı engellenmeli, ormanlaştırma, yeniden ormanlaştırma erozyon kontrolü ve çayır/mera ıslahı için gerekli finansman sağlanmalıdır. Toprak kirliliğinin ulusal düzeyde tespiti için envanter çalışması oluşturulmalı, belirlenen alanların kayıt edilmesi, izlenmesi ve iyileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir<sup>6)</sup>

### **3.1.4. Gürültü Kirliliği**

Gürültü insan kulağının algıladığı hava basıncındaki dalgalanmalardan oluşan seslerden istenmeyenler ve herhangi bir bilgi taşımayanlar olarak tanımlanır. İnsan üzerindeki etkisi ses şiddeti, frekansı ve tepe noktalarının sıklığı ile ilgilidir.

---

<sup>5)</sup> [web.adu.edu.tr/user/garmagan/courses/cdke/cevre.ppt](http://web.adu.edu.tr/user/garmagan/courses/cdke/cevre.ppt)

<sup>6)</sup> <http://www.cevreonline.com/cevrekr/cevrekirlilik%20cesitleri.htm>

Özellikle büyük kentlerimizde gürültü yoğunlukları oldukça yüksek seviyelerde olup, Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenen kritik değerlerin üzerindedir. Kent gürültüsünü artıran sebeplerin başında trafiğin yoğun olması, sürücülerin yersiz ve zamansız klakson çalmaları ve belediye sınırları içerisinde yer alan sanayi kanaklı gürültüler gelmektedir. Meskenlerde ise televizyon ve müzik aletlerinden çıkan yüksek sesler, zamansız yapılan bakım ve onarımlar ile bazı işyerlerinden kaynaklanan gürültüler insanların işitme sağlığını ve algılamasını olumsuz yönde etkilemekte, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozmakta, iş verimini azaltmaktadır <sup>7)</sup>.

### **3.1.5. Işık Kirliliği**

Çevre kirliliği türleri arasında kendine yeni yeni yer bulan ışık kirliliği yerleşim alanlarının her geçen gün büyümesi, açık alanların güçlü aydınlatıcılarla aydınlatılması, park ve bahçelerin çoğalması ve nüfusun artması dolayısıyla gökyüzüne yayılan ışık miktarının artmasıdır. Bütün çevre kirliliklerinde olduğu gibi ışık kirliliğinin çevreye zarar verdiği ve gökyüzünün olağan görüntüsünü bozduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Gökyüzüne yönlendirilmiş yanlış aydınlatma kaynaklarının atmosferde bulunan toz taneciklerine ve moleküllere çarparak gökyüzünün doğal fonunu bozması, parlak bir hale getirmesi, geceleri görüş netliğini bozması, güvenlik ve konforu düşürmesi, insan sağlığına, ayrıca ekosistem ve hayvanlara zarar vermesi, enerji israfına yol açması gibi durumlar ışık kirliliğinin neden olduğu başlıca sorunlardır <sup>8)</sup>.

## **3.2. HAVA KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Hava kirliliği; havanın doğal yapısının ve doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi ya da yabancı maddelerin girmesi sonucu insan sağlığı ve ruh halini etkileyecek, hayvan, bitki ve insan yapılarına zarar verecek şekilde bozulması biçiminde tanımlanabilir (Kutlar ve diğ.,1998 s.4).

---

<sup>7)</sup> [www.dogus.edu.tr/memek/2007.../TUR212/Gürültü%20Kirliliği.doc](http://www.dogus.edu.tr/memek/2007.../TUR212/Gürültü%20Kirliliği.doc)

<sup>8)</sup> Aysan M., 1998 Ulaşım Ders Notları İTÜ Mimarlık Fakültesi [az.cokh.net/page/5/](http://az.cokh.net/page/5/)

Bir başka deyişle hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir <sup>9)</sup>.

İnsan, hayvan, bitki veya eşyalara zarar verebilecek miktarlarda toz, tütsü (fume), gaz, sis (mist), koku, duman veya buharlar gibi dış atmosferde bulunan bir veya daha fazla kirlenici hava kirliliğine neden olmaktadır <sup>10)</sup>.

Hava kirliliğinin oluşmasında, rüzgar, sıcaklık, nem, basınç, enversiyon (atmosferde belli kalınlıkta bir tabaka içersinde normal olarak sıcaklığın yukarı doğru azalması gerekirken, tam tersine sıcaklığın artması hali) gibi meteorolojik değişkenler ve olaylar, topoğrafik-jeomorfolojik özellikler gibi doğal etkenler rol alsada ana kaynak yanma olaylarıdır (elektrik üretiminde, sanayi üretiminde, ısınmada, motorlu taşıtlarda). Dünyadaki enerjinin ancak yüzde 30 kadarı yanmasız bir şekilde hidrolik ve nükleer santrallerde üretilmektedir. Geriye kalan yüzde 70 enerji enerji fosil yakıt adı verilen kömür, petrol, gaz veya bunların sentetik türevlerinin yakılması ile elde edilmektedir (Kutlar ve diğ.,1998 s.4).

Bu kirleniciler ne kadar çok havaya karışırsa hava kirliliği o oranda artmaktadır. Bu durum ise insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesi ne kadar düşük olursa hayat kalitesi de buna bağlı olarak o kadar düşmektedir. Hava Kirliliği dış hava ve bina içi hava kirliliği olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Dış havada geleneksel kirleniciler dediğimiz SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, kurşun, hidrokarbonlar, partikül maddeler (PM veya toz) ve O<sub>3</sub> temel alınarak, standartlar kısa ve uzun vade olmak üzere belirlenmiştir. Bu kirleniciler literatürde birincil, bunların atmosferde oluşturdukları diğer formlar (örnek O<sub>3</sub>) ise ikincil kirleniciler olarak adlandırılır (Munzuroğlu, 2010).

---

<sup>9)</sup><http://denizkarabas.wikispaces.com/hava+kirlili%c4%9fi>

<sup>10)</sup> <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>

Sonuç olarak bulunulan ortam (iç veya dış) havasında hava kirleticilerinin miktarının fazla olması ortamın hava kalitesini azaltmakta ve yaşayan canlılara birçok zararlar vermektedir.

### **3.2.1. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler**

Hava kirliliğine etki eden faktörlerin tanımları aşağıda kısaca yapılmaktadır.

#### **3.2.1.1. Sıcaklık**

Genelde sıcaklık ile ısı kavramları birbirine karıştırılmaktadır. Sıcaklık, ısı enerjisinin sonucu olan molekül titreşimlerinin etrafa yaptığı etki olarak tanımlanır. Sıcaklık hava kirliliğine etki eden oldukça önemli bir etmendir.

#### **3.2.1.2. Basınç**

Atmosferi oluşturan gazların ağırlıklarının atmosfer içinde ve altındaki cisimlere yaptığı etkidir.

- a. Yüksek Basınç: Havanın soğuması ile yoğunlaşan havanın yer çekimi etkisi ile yeryüzüne çökmesi sonucunda, bu havanın altındaki yüzeylere yaptığı basınca yüksek basınç denir.
- b. Alçak Basınç: Havanın ısınması ile genişleyen havanın altındaki cisimlere yaptığı basıncın azalmasıyla oluşan basınçtır (www.agri.ankara.edu.tr, 2013)

#### **3.2.1.3. Rüzgar**

Yatay yönde yer değiştiren hava kütesinin hareketine rüzgar adı verilir. Rüzgarın; yönü, hızı (şiddeti) ve sıklığı (frekans) olarak üç özelliği vardır.

#### **3.2.1.4. Yağış**

Havadaki su buharının çeşitli koşullarda yoğunlaşarak atmosferden düşmesine yağış adı verilir. Yağışlar; yağmur, kar, dolu olarak düşen çığ, kırağı; sis olarak düşmeyen hidrometeorlar olarak ikiye ayrılır.

### **3.2.1.5. Nem**

Atmosferde bulunan su miktarı atmosferin nemliliği olarak adlandırılır.1 m<sup>3</sup> hava içindeki su buharının gram olarak ağırlığına mutlak nem denir. Havanın o anda taşıdığı nemin aynı sıcaklıkta yüklenebileceği en yüksek nem miktarına oranına nisbi nem denir. Bu değer yüzde ile ifade edilir.

### **3.2.1.6. Güneş radyasyonu**

Güneşten gelen ışınlar, atmosferin içine girdiği andan itibaren kırılıp, yansıyor, yutulur, yön ve şekil değiştirirler. Güneşten doğrudan doğruya gelen ve yayılan ışınların tümüne Global Solar Radyasyon adı verilir. Güneşten gelen, yeryüzü tarafından tutulan ve daha sonra yayılan radyasyona da Net Radyasyon adı verilir<sup>11)</sup>.

## **3.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ**

Hava kirliliğinin, başta insan sağlığı olmak üzere görüş mesafesi, materyaller, sanat yapıları, bitkiler ve hayvan sağlığı üzerine birçok olumsuz etkileri vardır. Katı yakıtlar ve akaryakıt gibi karbonlu maddelerin tam yanmamasından meydana gelen katı ve sıvı parçacıkların bir gaz karışımı olan duman, hava kirliliğinin önemli bir çeşitlidir ve görüş uzaklığını azaltıcı bir etkiye sahiptir (Çakmakkı, 2013).

### **3.3.1. İnsan Sağlığına Etkileri**

İnsan için en hayati üç madde su, yemek ve havadır. İnsanoğlu yemek yemeden günlerce, su içmeden birkaç gün yaşayabilmektedir oysaki nefes almadan bir kaç dakikadan fazla yaşayamamaktadır.

Havadaki karbon parçacıkları, ozon, karbonmonoksit, kükürtdioksit, doymamış hidrokarbonlar, aldehitler, kanserojen maddeler solunum yolu, deri yolu ve yiyecek içecekler yolu ile insan vücuduna girer. Böylece solunum yollarında rahatsızlık şeklinde kendini hissettirir, vücut mekanizması yavaş yavaş bozulmaya başlar, bronşlarda

---

<sup>11)</sup> Çevre kirliliğine genel bakış., 2013. <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>

iltihaplanma ve damarlarda daralma görülür. İleri safhalarda ise; bronşit, anfizem ve akciğer kanseri gibi rahatsızlıklar kendini gösterebilir<sup>12)</sup>.

### **3.3.2. Hayvan Ve Bitkilere Etkisi**

Kirli hava, insanlara yaptığı zararlı etkiyi hayvanlara ve bitkilere de benzeri şekilde yapmaktadır. Mesela; kirli hava gözeneklerden girerek bitkilerin solunumunu engeller. Buna bağlı olarak fotosentez yavaşlar ve bunun sonucu olarak da tarım ürünlerinde sararma ve verim düşüklüğü gibi etkiler görülür. Bilhassa kükürdioksit, tahıllara çok zarar verir, ağaçların yapraklarında renkte bozulması ve ileri safhalarda kurumalara bile yol açabilir. Hava kirliliğinin bitkilerdeki etkisine en önemli örnek olayda asit yağmurlarıdır. Kömürle çalışan santrallerden çıkan kükürdioksit (SO<sub>2</sub>) gazının atmosferde girdiği reaksiyonlar sonucu oluşan sülfürik asitin (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yağmur suyu ile yıkanması sonucu asit yağmurları meydana gelir. Bu türlü yağmurlar, geniş orman alanlarına büyük zararlar vermektedir. Sanayileşmiş İskandinav ülkeleri, Kanada ve Almanya'da asit yağmurlarının zararları dünyaca bilinmektedir. Türkiye'de ise, böyle asit yağmurları, zararlı; Batı Karadeniz sahillerindeki ormanlarda ve Kaz Dağı ormanlarında tespit edilmiştir. Hayvanlar da hava kirliliğinden insanlar gibi olumsuz yönde etkilenir. Solunum ve cilt rahatsızlıkları yanında hayvanlarda et ve süt veriminde düşüşler gözlenmektedir (Megep, 2006).

### **3.3.3. Eşyaya Etkileri**

Hava kirliliği, yapıların taş ve metal kısımlarında zarara sebebiyet verebilmektedir. Mesela bacalarda is sebebiyle kirlenme gibi. Ayrıca kükürdioksitli hava, kireçtaşının (kalker) tahribine sebep olmakta ve yapılar daha çabuk yıpranmaktadır. Yine SO<sub>2</sub> demir ve çelik gibi metal kısımlarda tahribat yapmakta ev ve otomobillerde yıpranmalar çoğalmakta, eşyaların ömürleri kısalmaktadır<sup>12)</sup>.

---

<sup>12)</sup> <http://www.bsm.gov.tr/makale/20013.asp?sayi=20013>



### 3.4. HAVA KİRLİLİĞİNİ MEYDANA GETİREN KİRLİTİCİLER

Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler Şekil 3.2' de kaynaklar şematik olarak gösterilmekte olup bu kaynakları incelediğimizde;

1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği: Ülkemizde özellikle ısınma amaçlı, düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın olarak kullanılması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanmasının hava kirliliğine yol açtığı görülmüştür.
2. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği: Sanayi tesislerinin kuruluşundaki yanlış yer seçiminden kaynaklanan bölgesel hava kirliliğindeki artış şeklinde nitelendirilebilir.
3. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklı Hava Kirliliği: Araç motorlarında yakılan fosil yakıtların yanmayan bölümü egzoz dumanı şeklinde doğaya karışması sonucu oluşur<sup>13)</sup>.

Şekil 3.2 : Hava kirletici kaynakları ve kirletici türleri



Kaynak: Munzuroğlu, 2010

#### 3.4.1. Kaynaktan Çıkışlarına Göre Kirleticiler

Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticiler ikiye ayrılmıştır;

Primer(birincil) kirleticiler:

Ana kaynaktan doğrudan çıkan kirleticilerdir, bu kirleticiler şu şekilde sıralanır;

<sup>13)</sup> [http://www.biyolojisisitesi.net/tum%20uniteler/bilincli\\_birey/hava\\_kirliligi.html](http://www.biyolojisisitesi.net/tum%20uniteler/bilincli_birey/hava_kirliligi.html)

Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), Hidrojen Sülfür (H<sub>2</sub>S), Azotmonoksit (NO), Azotdioksit (NO<sub>2</sub>), Karbonmonoksit (CO), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Hidrojen Florür (HF), Partiküller vb.

Sekonder(ikincil) kirleticiler:

Atmosferde sonradan oluşan kirletici bileşiklerdir. Sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Amonyum sülfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Amonyum hidrojen sülfat (NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>), Amonyum nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), Sodyum nitrat (NaNO<sub>3</sub>) Amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl), Ozon(O<sub>3</sub>) Kükürtdioksit (SO<sub>3</sub>), Aldehitler, Ketonlar, Asitler, Endüstriyel duman vb. (Türker, 2005)

### **3.4.2. Oluştukları Kaynaklara Göre Kirleticiler**

Kaynaklarına göre kirleticiler 2 başlık altında toplanmıştır ve aşağıda tanımlanmaktadır;

Doğal kaynaklardan oluşan kirleticiler:

Deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan vb.

Yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler:

Fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fuel-oil gibi) yanması sonucunda ortaya çıkan partiküller, kükürtdioksit, azot oksitleri, karbon oksitleri, kurşun, hidrokarbonlar vb.

### **3.4.3. Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler**

Kimyasal yapılarına göre kirleticiler 3 başlık altında toplanmıştır ve aşağıda tanımlanmaktadır;

İnorganik gazlar:

Azot Oksitleri, Karbon Oksitleri, Kükürt Oksitleri, diğer anorganikler (Florür, Klorür, Amonyak vb.)

Organik gazlar:

Hidrokarbonlar, Aldehitler, Ketonlar ve diğer organikler.

Partiküller:

Katı partiküller (toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest), sıvı partiküller (sis, duman, yağ ve asitler)

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilmektedir.

Kirlilik kaynağı; orman yangını, volkan püskürmesi vb. doğal kaynaklar ve evsel ısınma araçları, sanayi kuruluşları, taşıtlar gibi yapay kaynaklar şeklindedir. Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman huzmesi ya da bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyrelerek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak uzaklaşarak kaybolur (Aydınlar ve diğ., 2009).

### 3.5. ULAŞTIRMA KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ

Benzin ve dizel taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin özellikle trafiğin yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerinde, kapalı garajlarda, katlı kavşaklarda, trafiğin yoğunlaştığı pik saatlerde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça fazladır. Genellikle kent merkezlerindeki karbon monoksit (CO) emisyonlarının yüzde 70-90'ına, azot oksit (NO) emisyonlarının yüzde 40-70'ine, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık yüzde 50'sine ve şehir bazında kurşun emisyonlarının yüzde 100'üne çoğunlukla motorlu taşıtlar neden olmaktadır (İUAP, 2011).

Fosil yakıt yakan tesis ve düzenekler içinde, kullanılan yakıtın içerdiği kimyasal enerjiyi en düşük verimle mekanik enerjiye dönüştürebilen araç içten yanmalı motorlardır. Bunun sonucunda motorlu taşıtlarda bol miktarda yanmamış petrol buharı ve egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda kirleticilerin kaynakları, egzoz borusu, karter havalandırması, yakıt havalandırma deliği ve karbüratördür. Egzoz borusundan meydana gelen kirleticiler, toplam kirleticilerin yüzde 65-85'ini oluşturur. Egzoz kaynaklı kirleticiler, yanmamış hidrokarbonlar (HC), karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO<sub>x</sub>), benzin oktanını yükseltmek için ve vuruntuya karşı kullanılan kurşun tetra peroksitler ve diğer oksitlerdir <sup>14)</sup>.

Egzoz gazlarının bileşikleri; hava yakıt karışım oranı, ateşleme zamanlaması, yanma odasının geometrisi, sıkıştırma oranı, motorun hızı ve yakıtın cinsi gibi parametrelere bağlıdır. Bu bileşikler kurşun ve bileşikleri, azotoksitler, karbonmonoksitler, kükürdioksitler, karbondioksitler ve katı parçacıklar gibi kirleticilerdir. Ayrıca kirleticilerin özellikleri ve zararlarının büyüklüğü aracın kullanım moduna göre de

<sup>14)</sup> [http://www.turcek.org.tr/pages.php?page=bilgi\\_bankasi&id=171&item=0,171](http://www.turcek.org.tr/pages.php?page=bilgi_bankasi&id=171&item=0,171)

değişiklik göstermektedir. Örneğin rölanti halinde bir aracın egzoz gazlarında karbonmonoksit ve hidrokarbonlar çok yüksek iken azotoksit miktarı düşüktür veya araç hızlandığı zaman karbonmonoksit ve hidrokarbon miktarı düşük iken azotoksit oranı yüksek olabilir<sup>15)</sup>.

Karayolu ulaştırmasında emisyonlar yakıt türüne göre değişmektedir. Araçlarda benzinin kullanılması karbondioksitin ana kaynağını oluşturmaktadır. Dizel yakıtlar partiküllere neden olurlar fakat kurşun içermezler. Dizel yakıtları, benzin yakıtlarına göre daha az CO ve HC emisyonuna neden olmaktadır (Yalınız, 2006).

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde şeklinde bulunurlar. Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbonmonoksit, karbondioksit, partikül madde, azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerdir. Özellikle, insanların solunum yollarına zarar verdiği bilinmektedir. Buldukları noktadan rüzgar yolu ile taşınarak başka yerlerde asit yağmurları halinde yağarak bitki örtüsünün ve ormanların tahribine neden olurlar. Çevre sağlığı açısından çok zararlıdır (Munzuroğlu, 2010).

Kısacası motorlu taşıtlar hayatı kolaylaştırmanın yanı sıra motorlardan salınan egzoz emisyonu çevreye ve insan sağlığına zarar vermekte ve trafik sorunları ile büyük şehirlerde hayatı daha da güçleştirmektedir.

### **3.6. İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ**

Dış ortam hava kirliliğinin yanı sıra iç ortam hava kirliliği de sağlık açısından önemli etkiler oluşturmaktadır. İç ortam hava kalitesi son zamanlarda kapalı mekânlarda harcanan kişisel zamanların artması nedeniyle küresel bir önem taşımaktadır. Dünya Bankası 1992 de iç ortam hava kirliliğini gelişmiş ülkelerde en önemli 4 kritik küresel çevre sorunundan biri olarak belirlemiştir. Farklı ve düzeyleri sürekli değişen bir takım etkenlerin etkileşimi sonucu oluşmasından dolayı tam olarak tanımlanamayan iç hava kalitesi genel olarak “Normal koşullarda belli karışımlara sahip olan ve içinde insan

---

<sup>15)</sup> <http://www.belgeler.com/blg/2f32/motorlu-tasitlarin-cevreye-zararlari>

sağlığı için zararlı madde içermeyen hava” olarak tanımlanmaktadır (Hakseverler, 2010).

(The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) 62-1989 ve 2001 standardı ise “kabul edilebilir iç hava kalitesi” olarak isimlendirdiği iç hava kalitesini, “içinde, bilinen kirleticilerin konsantrasyonlarının, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı düzeylerde bulunmadığı ve iç havanın kalitesinden yakınan insanların sayısının toplam kapalı alandaki insan sayısına oranının yüzde 20 ‘yi aşmadığı mekândaki hava ” şeklinde tanımlanır (Alarko, 2001).

Yapılan çalışmalarda insanların zamanlarının çoğunu iç ortamlarda (yüzde 87.2 iç ortam, yüzde 7.2 araçlar ve yüzde 5.6 dış ortam) geçirdikleri tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında son zamanlarda hava kirliliğine yönelik çalışmalarda iç ortamlar üzerine daha fazla ağırlık verilmektedir. İnsanlar hava kirliliğini oluşturan kirleticilere dış ortamda, iç ortamda ve iş ortamında maruz kalmaktadırlar. İş türüne bağlı olarak ortama verilen kirleticilerin bulunduğu iş ortamında oluşan kirlilik, hava kirliliği konuları kapsamına dâhil edilmemektedir. Çoğu zaman iç ortamdaki karbon monoksit, solunabilir partiküller, formaldehit, azot oksit, radon gibi kirleticilerin konsantrasyonları dış ortamdakinden daha fazladır<sup>16)</sup>.

Dış ortam hava kirliliği ve uygun olmayan iklim koşulları nedeni ile önceleri; iç ortam havası, dış ortamdaki hava olarak kabul edilmiştir. Ancak, 1980’li yıllarda yapılan çalışmalarla iç ortam havasının yapı ve temizlik malzemeleri, boya maddeleri ve ısınma sonucu ortaya çıkan atıklar nedeni ile insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin olduğu fark edilmiştir. Özellikle 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990’lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, bilgisayarların yaygınlaşması sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir (Bozkurt, 2009).

---

<sup>16)</sup><http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>

Enerjinin korunması amacıyla ısı yalıtımının gerçekleştirildiği ve buna bağlı olarak iç ortam hava sirkülasyonunun en az düzeye indiği, yetersiz havalandırmanın yapıldığı, tekstil mamulü (duvardan duvara halı, duvar kaplamasında kullanılan kumaşlar) materyallerin fazlası ile kullanıldığı, dış ortama açılmayan pencerelerin bulunduğu ve klima cihazlarının kullanıldığı iç ortamlarda yaşayan kişilerin sağlıkları ile ilgili bir takım şikâyetler söz konusu olmaktadır. Bu şikâyetlerin, deri ve mukoz doku (ağız ve burun içi) kuruluğu, deri kızarıklıkları, zihinsel yorgunluklar, baş ağrısı, sıklıkla rastlanılan solunum yolları enfeksiyonları ve öksürük, ses boğukluğu, kısıklığı, mide bulantısı, baş dönmesi, kas seyirmesi ve tanımlanamayan alerjik reaksiyonlar şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Bu şikâyetlerin tümüne " Hasta Bina Sendromu " (Sick Building Syndrome) adı verilmektedir <sup>17)</sup> .

### **3.6.1. İç Ortam Hava Kirletici Kaynakları**

Başlıca iç ortam kirletici kaynakları Tablo 3.1' de verilen iç ortam hava kirliliğinin iki ana nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki, iç ortamda bulunan maddeler ve faaliyetler, diğeri ise dış ortamdan iç ortama giren kirleticilerdir.

Karbon oksitleri, azot oksitleri, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, uçucu organik bileşikler, radon, formaldehit, sigara dumanı, havadan kaynaklanan alerjenler, patojenler, mineral lifler, polimerler, tüketici eşyalarından oluşan toksik emisyonlar gibi iç ortam kirleticileri; normal ev ve büro aktiviteleri sırasında ortama karışarak insan sağlığı üzerine olumsuz etki yapmaktadırlar (Bozkurt, 2009).

---

<sup>17)</sup> <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>

**Tablo 3.1: Başlıca İç Ortam Kirleticileri Ve Emisyon Kaynakları**

Kirletici	Başlıca Emisyon Kaynakları				
Alerjenler	Ev Tozu	Evcil Hayvanlar	Böcekler		
Asbest	Alev Önleyici Materyaller	İzolasyon Malzemeleri			
Karbondioksit	Metabolik Aktiviteler	Yanma Faaliyetleri	Garajlardaki Motorlu Araçlar		
Karbonmonoksit	Yakıtların Yanması	Sobalar	Gazlı veya Petrollü Isıtıcılar	Tütün Kullanımı	
Formaldehit	Yalıtım Malzemeleri	Döşeme Malzemeleri	Mobilyalar		
Mikroorganizmalar	Havalandırma Sistemleri	İnsanlar	Hayvanlar	Bitkiler	
Azotdioksit	Dış Ortam Havası	Yakıtların Yanması	Garajlardaki Motorlu Araçlar		
Organik maddeler	Yapıştırıcılar	Çözücüler	Bina Materyalleri	Buharlaştırma	Yanma
Ozon	Fotokimyasal Reaksiyonlar				
Partiküller	Resüspansiyon	Tütün Kullanımı	Yanma Ürünleri		
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Yakıtların Yanması	Tütün Kullanımı			
Polenler	Dış Ortam Havası	Ağaçlar	Çimenler	Bitkiler	
Radon	Toprak	Bina Yapı Malzemeleri			
Mantar sporları	Toprak	Bitkiler	Yiyecek Maddeleri	İç Yüzeyler	
Kükürt dioksit	Dış Ortam Havası	Yakıtların Yanması			

*Kaynak: Bozkurt, 2009*

### 3.6.1.1. İç ortamdan kaynaklanan kirleticiler

Yapılan çalışmalara göre iç ortam hava kirleticilerinin değerleri dış ortamdan kaynaklanmakla beraber, iç ortamın sıcaklığına, nemine, iç ortamdaki yapı malzemelerine, iç ortamda kullanılan eşyalara, iç ortamda yaşayan kişilerin hobileri ve bakımları için kullandıkları ürünler ve iç ortamdaki faaliyetlere göre değişiklik göstermektedir (Hakseverler, 2010).

Ayrıca iç ortamda bulunan eşyaların eskimesi, binanın eski olması döşemelerin durumu mevcut halıların bakım ve temizliğinin zamanında yapılamaması durumlarında iç ortam kirleticiliğini artmaktadır. İç ortam hava kirleticilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- a. İç ortam kaynakları (örneğin, bina materyalleri, yanma kaynakları)
- b. Dış ortam kaynakları
- c. Doğal ve mekanik iç ve dış ortam hava değiştiricileri
- d. Bina ve bölmeleri arasındaki dispersiyon
- e. İç ortamdaki fiziksel durumlar (rutubet ve sıcaklık gibi)
- f. Binada yaşayan canlılar
- g. Preslenmiş ahşap eşyalar
- h. Halı kaplama
- i. Lamine edilmiş tahta ürünler
- j. Temizlik malzemeleri
- k. Sigara (ETS)
- l. Nem
- m. Yetersiz havalandırma-yakma işlemi (yetersiz havalandırma, yakma sırasında eksik yanma ürünleri olan kirletici gaz emisyonlarının oluşmasına neden olur (www.bcm.org.tr, 2013)

Bu kirletici kaynaklarından temizlik malzemeleri, halı, oda kokusu (air freshener), yapıştırıcılar ve bina malzemeleri ile; iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörlerden HVAC, ventilasyon, CO<sub>2</sub>, termal performans (sıcaklık ve nem) ile dış ortam hava kalitesinin iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkileri aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir (Menteşe, 2009).

### **3.6.1.2. Dış ortamdaki kaynaklanan kirleticiler**

Yapıyı çevreleyen dış hava da yapı içine havalandırma ve sızma yoluyla girip kirletici yaymaktadır. Bazı kirleticiler için dış ortam kaynaklarının iç ortamdaki konsantrasyon seviyelerine katkısı önemli olabilir. Bu durum özellikle binanın şehirdeki konumuyla ilgilidir.

Endüstriyel bölgelere veya trafiğin yoğun olduğu caddelere yakın binalarda iç ortamdaki kirleticiler için dış ortam önemli bir kaynaktır. İç ortam kirleticilerine dış ortam kirleticilerinin katkısının belirlenmesinde kullanılan faktörler; iç ortamda kullanılan havalandırma türü (doğal veya dolaylı), havalandırma hızı (saatteki hava değişimi) ve sorun olan kirleticilerin yapısıdır (Hakseverler, 2010)



USEPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) grubunun çalışmaları, ozon gibi reaktif gazların dış ortamlara göre iç ortamlarda daha düşük konsantrasyonlarda bulunma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, bu tür gazların iç ortam yüzeyleriyle derhal reaksiyona girmeleridir. Reaktif olmayan gazlar ise iç ortamda birikebilir ve bu tür gazlara iç ortamda maruz kalma dış ortama göre fazla olabilir. Tablo 3.2’de önemli iç ortam havası kirleticilerinin en önemli dış ortam kaynakları verilmiştir (Bozkurt, 2009)

**Tablo 3.2: Önemli İç Ortam Kirleticilerinin Dış Ortam Kaynakları**

Kirletici	Kirletici Endüstri ile Bağlantılı Emisyonların Yüzdesi	Trafik ile Bağlantılı Emisyonların Yüzdesi
Benzen	32	65
Karbon monoksit	3	90
Kurşun	31	60
Azotoksitler	38	49
Partiküller (PM <sub>10</sub> )	56	25
Kükürtdioksit	90	2
Uçucu Organik Bileşikler	32	34
Ozon	Atmosferik kimyasal reaksiyonlardan oluşur	

*Kaynak: Bozkurt, 2009*

İç ortam hava kirleticilerin kombine etkisi ve dış ortamda üretilen kirleticilerin infiltrasyon yoluyla iç ortamlara girişi iç ortamdaki konsantrasyonların olumsuz sağlık etkilerine neden olacak kadar yükselmektedir. İç ortam hava kirleticilerin kaynakları çok çeşitlidir. Bazı kirleticiler iç ortamda yapılan yemek pişirme (partiküller, CO, NO<sub>x</sub>), temizlik (UOB) ve sigara içimi (CO, partiküller, NO<sub>x</sub>, UOB) gibi bazı aktiviteler nedeni ile üretilir. Diğerleri bina malzemeleri, ahşap, halı gibi tüketim malzemeleri, yapıştırıcılar, boyalar, ev bitkileri ve banyo malzemelerinden yayılırlar (Menteşe, 2009).

## 4. EGZOZ EMİSYONLARI

Emisyon, yakıt ve benzerlerinin yakılmasıyla; sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemlerle; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticileri olarak tanımlanır<sup>18)</sup>.

Egzoz emisyonları araçlarda yakıtın yanmasının tam olmaması ve yanma odası koşullarına bağlı olarak bazı kimyasal parçalanma olayları nedeniyle oluşan ara ürünlerin egzoz yoluyla dışarı atılmasıdır. Kısaca tanımlamak gerekirse emisyon motorlu taşıtların eksozlarından çıkan gazların oranıdır. Taşıt kaynaklı egzoz emisyonları aşağıda sıralanmıştır;

Yanmamış Hidrokarbonlar (HC)

Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)

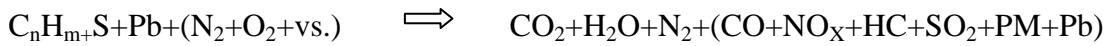
Karbonmonoksit (CO)

Ağırlıklı olarak yanmamış karbon taneciklerinden oluşan partiküller (PM)

Yakıt içerisindeki Kükürt ve katkı maddeleri nedeniyle kükürtoksit(SO<sub>2</sub>)

Kurşun bileşikleri (Pb)

Araçlarda yanma denklemi ise aşağıdaki şekilde olmaktadır.



Şekil 4.1' de gösterilen ve taşıtlardaki kirletici emisyonunun en büyük kaynağı olarak ifade edilen, motor içerisinde yanma sonucu oluşan egzoz gazları; Hidrokarbon emisyonunun (HC) yaklaşık yüzde 60' ını, karbonmonoksit (CO), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), Partiküller (is) ve kurşun bileşiklerinin (Pb) tümünü oluşturmaktadır.

---

<sup>18)</sup> <http://www.marcev.com/emisyonolcumu.asp?laboratuvvari=emisyonnedir>

#### Şekil 4.1: Araç egzoz emisyonu



Kaynak: www.turkishny.com, 2013

Motor cinsine bağılı olarak, dizel motorlarında CO ve HC üretiminin benzin motorlarına göre daha düşük düzeyde olduğu, buna karşı dizel motorları tarafından üretilen kirletici bileşenlerin esas kaynağı partiküllerin (is ve sıvı yakıt ile yağ tanecikleri) ve NO<sub>x</sub>' lerin oluşturduğu söylenebilir (Köseoğlu, 1999).

#### 4.1. MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde olarak bulunan yüzlerce bileşiği içerirler. Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), partikül madde (PM), azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşikler (hidrokarbonlar (HC) dir. Bunların son ikisi NO<sub>x</sub> ve HC troposferik ozonun oluşmasına sebep olurlar. Oksijenin aktif bir hali olan ozon, hidrokarbonlar ile azot oksitlerin ısı ve güneş ışığı aracılığı ile birleşmesinden oluşur. Özellikle, insanların solunum yollarına zarar verir, yapı, bina ve malzemeleri aşındırır, rüzgârlar ile taşınarak asit yağmurları halinde bitki örtüsünün ve ormanların tahribine neden olur. Bilinen karbonmonoksit kirliliğinin yanında, yer seviyesi ozon miktarı artış, stratosferik ozonun faydalarının aksine çevre sağlığı açısından çok zararlıdır <sup>19)</sup>.

<sup>19)</sup> <http://www.dersodev.com/konu/ulkemizin-cevre-sorunlari/988>

Ayrıca motorlu taşıt egzoz emisyonları da karbondioksit, metan ve nitröz oksidi gibi bir çok sera gazlarını da ihtiva ettiği için yer kürenin ısınmasında önemli rol oynarlar. Kurşun, asbest ve klima sistemlerinde ozon tabakasını inceltici madde olarak kullanılan klorofloro karbonlar diğer zararlı emisyonları teşkil ederler. Bu emisyonlar, yakıt bileşimleri ve yakıt katkı maddeleri ile ilişkili olduğu kadar, yanmamış yakıt ve tam olmayan yanma ile ilgilidir. Bunun yanında yakıt dağıtımı, depolanması, taşıtların depolarına doldurulması ve taşıtların seyri sırasındaki buharlaşma kayıplarından oluşan emisyonlar sayılmalıdır.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonlar başta taşıt türü olmak üzere taşıt teknolojisi, kullanılan yakıtın kalitesine, yakıtın türüne ve aracın kullanım şekline bağlı olarak değişmektedir.

Motorlu taşıtlar çevreyi; egzoz emisyonu, yakıt-yağ buharı, kurşun bileşikleri, asbest ve lastik tozları, aşınma, paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz sıvı ve katı atıklarla kirletmektedir (Gümrükçüoğlu ve Soylu, [tarih yok], s.1-2).

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hava kirliliğine katkısına bakıldığında yapılan araştırmalara göre;

- Karbon monoksit (CO) emisyonlarının yaklaşık yüzde 80'inden
- Azot oksit (NOx) emisyonlarının yüzde 60'ından
- Hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık yüzde 50'sinden
- Şehir bazında kurşun emisyonlarının yüzde 100'ünden motorlu taşıtlar sorumludur <sup>20)</sup>.

#### **4.2. EGZOZ EMİSYONLARI NEDEN VE NASIL OLUŞUR**

Motorlu taşıt kaynaklı zararlı yanma ürünlerinin oluşum şekilleri ve nedenlerine geçmeden önce emisyonların oluşmasında çok etkili bir büyüklük olan hava fazlalık katsayısını(HFK) tanımlamak gerekir.

---

<sup>20)</sup> [http://www.temizhava.anadolu.edu.tr/tr/haber\\_ayrinti.php?no=47](http://www.temizhava.anadolu.edu.tr/tr/haber_ayrinti.php?no=47)

Yakıtın bileşiminde karbon (C) ve hidrojen (H<sub>2</sub>) bulunduğu kabul edilirse 1 kg yakıtın yanması için gerekli miktardaki oksijen ve hava, tam yanma denkleminde bulunur. Örneğin 1 kg benzinin tam yanması için, yani tüm karbonun CO<sub>2</sub>' ye ve tüm hidrojenin H<sub>2</sub>O' ya dönüşmesi için, bu denklemden yaklaşık 14,6 kg hava gerektiği ortaya çıkar. Yanmaya katılan gerçek hava miktarı ise bu teorik değerden az veya çok olabilir. Eğer yanmaya katılan gerçek hava miktarı, teorik hava miktarına eşitse bu karışıma stokiyometrik karışım denir. Yanmaya katılan gerçek hava miktarının, teorik havadan ne kadar saptığını belirtmek için hava fazlalık katsayısı terimi kullanılır. HFK yanmaya katılan gerçek hava miktarının, teorik hava miktarına oranına denir ve  $\lambda$  işareti ile gösterilir.

$$\lambda = \frac{\text{Yanmaya katılan gerçek hava miktarı}}{\text{Tam yanma için gerekli hava miktarı}}$$

$\lambda < 1$ , yani HFK 1' den küçük ise, gerçek hava miktarı teorik olarak gerekenden az olacaktır. Karışım içinde yakıt miktarı fazla olacağından buna zengin karışım denir.

$\lambda > 1$ , yani HFK 1' den büyük ise, gerçek hava miktarı teorik olarak gerekenden fazla olacaktır. Karışım içinde yakıt miktarı az olacağından buna fakir karışım denir (Kutlar ve diğ.,1998 s.14).

### **4.3. EGZOZ EMİSYONLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Karayolu ulaşımında taşıtlardaki emisyon yakıt ekonomisi ile ilişkili olup, yakıt ekonomisine etki eden faktörler aynı zamanda emisyonu da önemli ölçüde etkilemektedir.

Kara ulaştırma ekonomisi açısından taşıtların yakıt ekonomisine; taşıtın tasarımından teknik özelliklerine, yol ve iklim şartlarından sürücü alışkanlık ve tecrübelerine kadar birçok faktör etki etmektedir. Bu faktörleri beş ana kategoride ele alınmaktadır;

#### 4.3.1. Taşıta İlişkin Faktörler

Temel olarak taşıtın teknik performansına ilişkin bu faktörlere etki eden altı etmen vardır;

1. Taşıtın büyüklüğü ve/veya yükü
2. Motor yapısı, motor sistemi ve motorun çalışma şartları

Araç motor sistemlerinin tek zamanlı-dört zamanlı, tek piston-çok pistonlu oluşu gibi özellikler de yine yakıtı doğrudan etkilemektedir. Ayrıca motorun bakımı ve performansı yakıt sarfiyatında etkili olmaktadır. Motora ait yapısal özelliklerinin emisyon etkisi aşağıda sıralanmıştır;

- a. Yanma Odasının Şekli ve yüzey/hacim oranı
- b. Sıkıştırma Oranı
- c. Emme Kanalı Şekli
- d. Supap Zamanlaması
- e. Ateşleme Sistemi(Buji Sayısı, Konumu ve Tipleri)
- f. Aşırı Doldurma
- g. Yakıt Püskürtme Şekli

Taşıt motorunun bakım ve ayarlarının egzoz emisyonlarına etkisi aşağıda sıralanmıştır:

**Benzinli Motorların Bakım ve Ayarlarının Egzoz emisyonlarına Etkisi;**

- a. Hava-Yakıt Oranı
- b. Ateşleme Avansı
- c. Platin Aralığı
- d. Bujilerin ve Yüksek Gerilim Kablolarının Durumu
- e. Piston Silindir Gurubundaki Aşınmalar
- f. Yanma Odası Cidarındaki Birikimler

**Dizel Motorların Bakım ve Ayarlarının Egzoz emisyonlarına Etkisi;**

- a. Hava-Yakıt Oranı
- b. Yanma için Gerekli Havanın Eksikliği
- c. İlk Tutuşma ve Yanma Sıcaklıklarının Düşüklüğü
- d. Silindire Büyük Ölçüde Yağlanma Yağı Girmesi
- e. Yakıtın Uygun Olmaması (Kutlar ve diğ,1998 s.)

Taşıt aktarma organlarının yapısı ve performansı

3. Taşıt (aero-dinamik) tasarımına ilişkin faktörler
4. Lastik yapısı, tasarımı ve performansı
5. Taşıt kullanımını kolaylaştıracak teknik veya teknolojiler

#### **4.3.2. Yola İlişkin Faktörler**

Yola ait kaplama türü veya malzemesine ilişkin faktörler (Yol yapısı ve yol kaplamasına ilişkin faktörler) ve yatay düşey işaretlemelere ilişkin faktörler (İşaretlemelerin niteliği ve niceliği), tabelalar, sinyalizasyon ve buton ve/veya kasis türleri de yakıt tüketimine etki eden faktörlerdir (Fidan, 2010).

#### **4.3.3. Kullanıcıya İlişkin Faktörler**

Taşıt sürücüsünün genel motorlu taşıt kullanma becerisi ve tecrübesi, sürücünün bedensel ve ruhsal sağlık durumu (Genel Sağlık durumu ve o anki sağlık durumu), sürücünün ekonomik durumu, sosyo-kültürel durumu, informel yollarla edinilmiş (hatalı) sürüş tecrübe teknik ve bilgileri kullanıcıya ait etkenlerdir (Kutlar ve diğ.,1998).

#### **4.3.4. Çevresel Etkenlere İlişkin Faktörler**

- a. Eğimi veya topografik yapısı
- b. İklim yapısı Mevsimlik ve günlük hava şartları
- c. Gündüz gece faktörünün sürücü üzerindeki pozitif ve negatif etkileri olmak üzere 3 grupta sınıflandırabiliriz<sup>21)</sup>.

#### **4.3.5. Yakıt Türüne İlişkin Faktörler**

Temel olarak motorlu taşıtlar birçok yakıt veya enerji kullanmaktadır. Bunlar, petrol ve petrol ürünleri, doğal gazlar, güneş enerjisi, buhar enerji vb. türlerdir.

- a. Benzin ve benzin türevleri (Kalitelerine göre oktan sayısına göre benzin türleri)
- b. Dizel Motorin türleri ve kalitesi (setan sayısı)

---

<sup>21)</sup> <http://www.ahmetfidan.com/tasitlarda-yakit-ekonomisine-etki-eden-faktorler/24532/>

- c. Gaz yakıt türleri, Örneğin LPG veya doğal gaz yakıtların Litre bazında yakıt ekonomisi açısından benzine göre avantajı yüzde 42,8 dir.
- d. Hibrit yakıtlar
- e. Elektrik (güneş enerjisi kaynaklı ve şehir elektrik şebekesinden şarj edilebilen motorlu araçlar.
- f. Katı yakıt enerjisiyle çalışan motorlu taşıtlar.

Bunların dışında aracın yükü, motorun çalıştırılmaya başlaması, rölanti ve şehir içinde vites değiştirme alışkanlığı ve hızda egzoz gazı salınımında belirleyici unsurlardır (Ötken ve Gümüştay, 2009).

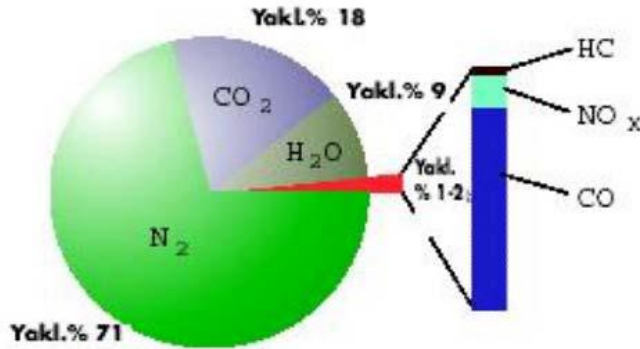
#### 4.3.5.1. Benzinli motorlardan kaynaklanan emisyonlar

Benzinli araçların egzoz gazlarından çıkan emisyonlar,

- a. Karbonmonoksit (CO)
- b. Azot Oksit (NO<sub>x</sub>)
- c. Hidrokarbonlar (HC) ,

olup, Şekil 4.2' de benzinli motorlardaki atık gaz bileşimi gösterilmiştir.

#### Şekil 4.2 Benzinli Motorlardaki Atık Gaz Bileşimi



Kaynak :www.emrelpg.com, 2013

#### 4.3.5.2. Dizel motorlardan kaynaklanan emisyonlar

Dizel araçların egzoz gazlarından çıkan emisyonlar;

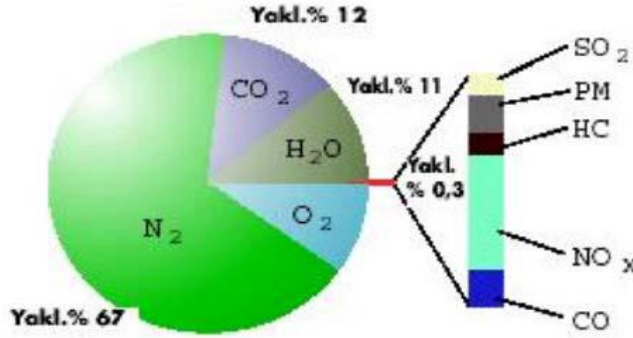
- Hidrokarbonlar (HC)
- Karbonmonoksit (CO)



- Azotoksit (NO<sub>x</sub>)
- Partikül Madde (PM)
- Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) olup,

Şekil 4.3 ' de bu emisyon oranları verilmiştir.

**Şekil 4.3 Benzinli Motorlardaki Atık Gaz Bileşimi**



Kaynak : www.emrelpg.com, 2013

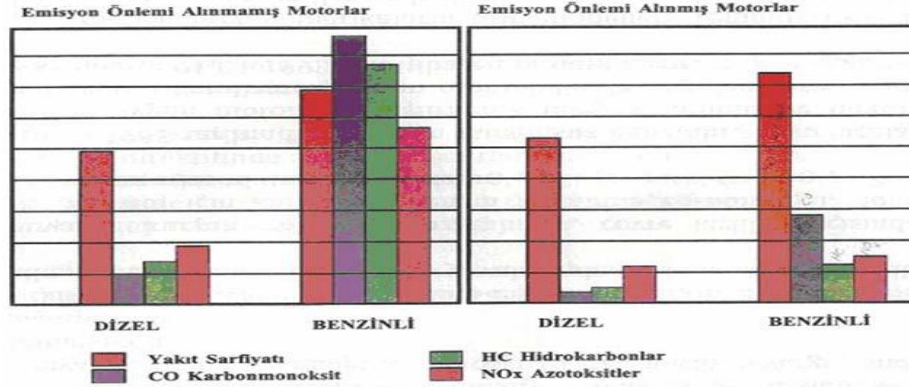
#### 4.3.5.3. Motorlarda egzoz emisyonlarının karşılaştırılması

Egzoz emisyonu bileşimi dizel ve benzin motorlarında farklıdır. Dizel motorlar benzinli araçlara göre daha az CO ve HC emisyonları vermektedir. Ancak dizel araçlar da SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını daha fazla atmosfere vermektedir. Herhangi bir önlem alınmamış dizel motoru, benzin motoruna kıyasla daha az çevre kirliliği yaratmaktadır. Fakat gerekli önlemler alındığında çevre kirliliği benzin motorlarında daha etkili bir şekilde azaltılabilmektedir (Munzuroğlu, 2010).

Şekil 4.3'deki grafiklerde de görüldüğü üzere egzoz emisyon salınımını azaltmaya yönelik herhangi bir önlem alınmamış bir dizel motorundaki egzoz emisyonu, gerekli önlemler alınmış bulunan benzin motoruna kıyasla daha azdır. Bu nedenle taşıt araçlarındaki çevre kirliliği önleme çalışmaları daha çok benzin motorlu araçlarda yoğunlaştırılmıştır<sup>22)</sup>.

<sup>22)</sup> Çetinkaya, S. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) ve Özellikleri, <http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/lpg/lpg.htm>

### Şekil 4.3 Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması



Kaynak : www.obitet.gazi.edu.tr, 2013

#### 4.4. EGZOZ KİRLETİCİLERİNİN CANLILAR VE ÇEVRE ÜZERİNE OLUŞTURDUĞU OLUMSUZ ETKİLERE GENEL BİR BAKIŞ

Dünya nüfusunun yüzde 50 'si kentlerde ve 1,1 milyardan daha fazla insan ise hava kalitesi düşük şehirlerde yaşamakta ve motorlu taşıt egzoz emisyonundaki zararlı bileşiklerden etkilenmektedir (Özen, 2006)

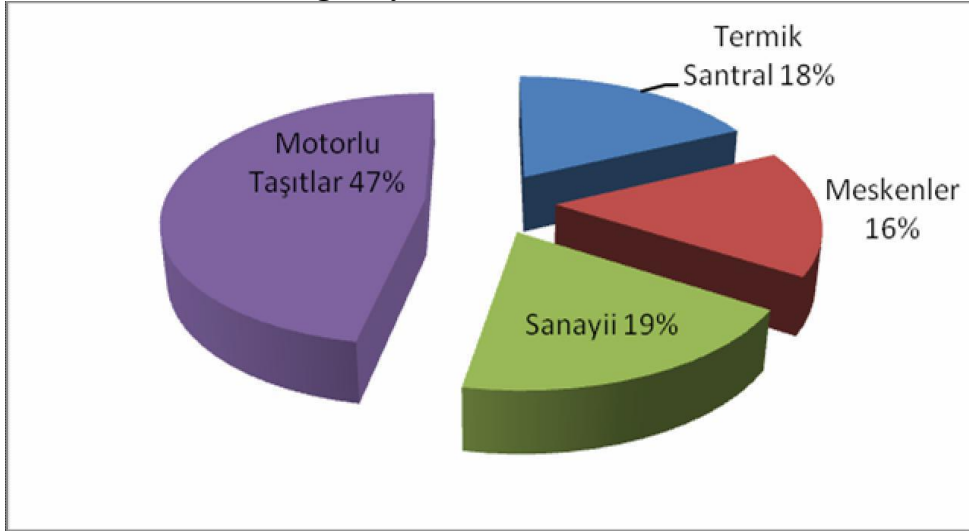
Şehirlerdeki hava kirliliğinin ana nedenleri; endüstriyel gazlar, araçlar ve enerji üretiminin neden olduğu kirlenmedir. Ulaşım araçlarından kaynaklanan kirlenme özellikle, büyük kentlerde önemli bir yer tutmaktadır. Hava kirliliğine sebep olan kirlenme türlerinin kaynaklarına göre yüzde dağılımları tablo 4.1' de görülmektedir. Şekil 4.4' de grafik olarak gösterilen hava kirlenme kaynaklarından sanayinin yüzde 19, meskenlerin yüzde 16, termik santrallerin yüzde 18, motorlu taşıtların ise yüzde 47'lik paya sahip olduğunu görülmektedir (Karakuş, 2002).

**Tablo 4.1 Kaynaklarına Göre Kirlenmeler**

Kirlenme	Toplam (%)	Sabit kaynaklar(%)	Taşıtlar(%)
PM	48,1	47,5	0,65
SO <sub>2</sub>	29,1	28,74	0,26
CO	16,3	9,9	6,64
NO <sub>x</sub>	3,1	1,6	1,44
HC	3,0	1,6	1,4

Kaynak: Köseoğlu,1999

**Şekil 4.4: Hava Kirliliği Kaynakları**



**Kaynak:** Karakuş 2002

Motorlu taşıt trafiğinden kaynaklanan Egzoz kirleticilerinin, başta insan sağlığı olmak üzere sürücünün görüş mesafesine, materyallere, bitkilere ve hayvanların sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır.

Katı yakıtlar ve akaryakıt gibi karbonlu maddelerin tam yanmamasından meydana gelen katı ve sıvı parçacıkların bir gaz karışımı olan duman, hava kirliliğinin bir çeşididir ve görüş mesafesini azaltıcı bir etkiye sahiptir. Hava kirliliğinin, sanatsal ve mimari yapılar üzerinde tahrip edici ve bozucu etkisi vardır. Bitkiler üzerinde ise öldürücü ve büyümelerini engelleyici olabilmektedir. Bu nedenle hava kirliliği hem canlıların sağlığı açısından, hem de ekonomik yönden zarar vericidir <sup>23)</sup>.

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri, atmosferde yüksek miktardaki zararlı maddelerin solunması sonucu ortaya çıkar. İnsanların sağlıklı ve rahat yaşayabilmesi için teneffüs edilen havanın mutlaka temiz olması gerekir. Havanın doğal yapısını bozan ve kirleten maddelerin başka bir deyişle kirli havanın solunması, özellikle akciğer dokularını tahrip edici ve öldürücü olabilmektedir. Solunum yolu ile alınan hava içerisindeki parçacıklar ve duman, teneffüs esnasında yutulur ve akciğerlere kadar ulaşır. Solunum sisteminin derinliklerinde depolanan bu parçacıklar, akciğer kanserlerine kadar varan hasarlar yapabilmektedir. Diğer taraftan kömür ve

<sup>23)</sup> <http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/havakirliligi.php>

diğer yakıtların yanmasından oluşan duman ve isin astım, çeşitli burun ve boğaz hastalıkları hatta mide hastalıkları gibi özellikle solunum yolları ile ilgili hastalıklara belirli ölçüde sebep olabileceği öne sürülmektedir. Şiddetli hava kirliliğine maruz kalınması durumunda, bunun insan sağlığına olan etkisi ile hava kirliliğinin düşük miktarlarına, uzun zaman maruz kalmanın etkileri farklı olmaktadır <sup>24)</sup>.

#### **4.4.1. Egzoz Kirleticilerinin İnsanlar Üzerinde Meydana Getirdiği Sağlık Problemleri**

İnsanlar ve diğer canlıların yaşadıkları atmosferin yeryüzüne yakın olan kısmı temiz hava olarak azot, oksijen ve çok az miktarı da diğer gazlardan meydana gelmekte olup oksijen ve azotun dışındaki diğer gazlar argon, karbondioksit, su buharı, helyum, neon, hidrojen, metan, kripton, azot monoksit, azot dioksit, ozon, ksenon ve amonyak gibi gazlardır. Atmosferin içindeki kirletici miktarının artması, hava kalitesini olumsuz yönde etkilemekte ve hava kirliliğini meydana getirmektedir. Atmosferde katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığını ve canlıların hayatına zarar verebilecek veya onların yaşamaları için gerekli olan maddi nesnelere zararlanılmasını engelleyecek miktarda bulunması, insanlarda bir takım sağlık problemleri meydana getirmektedir (İlkılıç, Behçet, 2006).

Egzoz gazında bulunan karbonmonoksit oksijen eksikliğinden meydana gelen boğulma (asfiksiye) neden olabilir, kükürtdioksit, azotdioksit, ozon gibi iritan gazlar özellikle astımatik bireylerde bronş obstrüksiyonunu arttırabilir, az miktarda solunması ile de mesleki astıma neden olubilirler, kükürtdioksit ayrıca göz burun ve boğazda tahriş (irritasyon) yapabilir. Mangan kronik inhalasyonla bronşit ve pnömoni (zatürre) riskini arttırabilir, kadminum az miktarda uzun süre solunması pulmoner (akciğerin yara dokusuna dönüşmesi) amfizime yol açabilir. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> direkt olarak solunum yolu epitelinin geçebildikleri gibi epiteli hasarlayarak karbon liflerini de uyarabilirler <sup>25)</sup>.

Çevresel ve mesleki uzun süreli hava kirliliği meruziyetine pulmoner (akciğerin yara dokusuna dönüşmesi) cevabın değerlendirildiği kanın araştırmalarında SO<sub>2</sub>

---

<sup>24)</sup> <http://www.ankaracevrelab.com.tr/index.php?sayfa=faydalibilgiler>

maruziyetinin bronşik lezyonlara, NO<sub>x</sub> maruziyetinin amfizematöz lezyonlara, ozon maruziyetinin fibrotik lezyonlara neden olabileceği gösterilmiştir. Çevresel ve Mangan maruziyeti araştırmasında garaj işçilerinin diğer işçilerle karşılaştırıldığında daha yüksek atmosferik Mangan'a maruz kaldıkları ve kan Mn değerlerinin de daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Köseoğlu, 1999).

Fosil kökenli yakıt kullanan enerji üretim tesislerinden kaynaklanan hava kirletici türlerinin İnsan Sağlığında ne gibi etkiler meydana getirdiği aşağıdaki başlıklar altında sıralanmıştır.

1. Akciğer Kanseri
2. Bronşit
3. Kronel Bronşit
4. Raşitizm
5. Eklem Romatizması
6. Kalp Hastalıkları
7. Göz Yanmaları
8. Nefes Darlığı
9. Çeşitli tozların vücuttaki birikiminden doğan iştahsızlık ve neticesinde, vücudun zayıf düşerek zafiyete uğraması ve hastalığın vücudun direncini zayıflatması
10. Kirli havanın altında yaşayan insanlarda aşırı derecede ihtiyarlama belirtileri görülmesi
11. Romatizma
12. Hava kirliliği içinde yaşanan insanlarda cinsiyet bozukluğu başlaması
13. Suç işleme oranında artış, sinirlilik, ruhsal bozukluklar vb.
14. Kan zehirlenmesi başlar. Hamile kadınlarda daha çabuk gözükür. Hamile olduğu için zehirlenme oranı yüksektir. Erkeklerle oranla daha fazladır. Hamile kadınlar düşük yapabilir.
15. Çeşitli tozların deri dokusunun üzerindeki delikleri terle birleşip kapamasıyla deri solunumuna mani olması (hava kirliliğinden dolayı vücutta solunum zorluğu başlar) (İlhan ve diğ., 2007).

## 5. EGZOZ EMİSYONLARINDAN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLERİN TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Egzoz kirleticilerinin zararlarının, kısmen veya tamamen önlenmesi ya da en aza indirilebilmesi için alınabilecek önlemlerin belirlenmesi, canlılar üzerindeki etkilerinin en kapsamlı şekilde anlaşılabilmesi için egzoz gazı kaynaklı kirleticilerin tek tek incelenmesi belki de en doğru yaklaşımdır. Bu amaçla aşağıda egzoz kirleticilerinin türleri, etkileri ve özellikleri anlatılmaya çalışılmıştır.

### 5.1. KÜKÜRTDİOKSİT'İN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ

Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı kükürtdioksit ( $SO_2$ ) dir. Her yıl tonlarca  $SO_2$  çeşitli kaynaklardan atmosfere karışmaktadır. Kükürt dioksit formülünde bir kükürt iki oksijen yer alır ve aralarında kovalent-polar bağ yaparlar.

Kükürtdioksit renksiz, sert kokulu, yanmaz, patlamaz bir gazdır. Dizel yakıtlarda az da olsa kükürt bulunur. Yakıttaki kükürt, silindir içinde yanarak kükürt dioksiti oluşturur (Munzuroğlu, 2010).

$SO_2$  atmosfere ulaştıktan sonra su buharı ile birleşerek sülfat ve sülfürik asit olarak oksitlenir.  $SO_2$  oksijenle de birleşebilir. Bu durumda ise kükürt trioksit oluşur. Kükürt trioksitte toksit ve çok zehirli bir gazdır<sup>25)</sup>. (www.sahakk.sakarya.edu.tr, 2013)

#### 5.1.1. Kükürtdioksiti Oluşturan Kaynaklar

Kükürtdioksitin ana kaynağı kükürt oranı yüksek yağların, kömür ve linyit' in yakılmasıdır.  $SO_2$  ayrıca kükürt oranı yüksek bronz ve tunç' un eritilmesiyle de ortaya çıkabiliyor. Kış aylarında  $SO_2$  konsantrasyonları mevcut hava koşulları nedeniyle çok yüksek olabiliyor. Kış aylarında görülen yüksek basınç durumu  $SO_2$  gibi kirleticilerin yer seviyesine yakın havada birikmesine yol açıyor (www.hava.cob.gov.tr, 2013).

---

<sup>25)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>

### 5.1.2. Kükürtdioksitin İnsan Sağlığına Etkileri

SO<sub>2</sub> Yüksek konsantrasyonlarda olduğunda nefes almada güçlük gibi bir sorun doğurur. Astımlı hastalar için bu durum oldukça tehlikelidir. Gözlerde ve burun içi ve boğaz mukozasında da rahatsızlık oluşturur. (Kılıç ve diğ. s.17).

Özellikle yeşil yapraklı bitkiler kükürtdioksite karşı çok duyarlıdır. Atmosferdeki konsantrasyonu 785 µg / m<sup>3</sup>, e (300 ppb) ulaştığında tadı, 1305µg / m<sup>3</sup> (500 ppb) değerine geldiğinde kokusu algılanır <sup>26)</sup>.

### 5.1.3. Kükürtdioksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler

Kükürt dioksit için ülkemizde ve çeşitli kuruluşlarca izin verilen limit değerler aşağıda yer almaktadır;

#### **Türkiye'deki(HKKY) sınır değerler:**

24- h -değer: 340 µg/m<sup>3</sup>

Yıllık ortalama: 150 µg/m<sup>3</sup>

#### **AB sınır değerleri:**

1-h-değer: 350µg/m<sup>3</sup> ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 24 defa)

24-h-değer: 125 µg/m<sup>3</sup> (senelik aşılması müsaade edilen değer: 3 defa)

Yıllık ortalama: 20 µg/m<sup>3</sup>

#### **EPA sınır değerleri**

24-h-değer: 0,14 ppm=365 µg/m<sup>3</sup> (senelik aşılması müsaade edilen değer: 3 defa)

Yıllık ortalama: 80 µg/m<sup>3</sup>

3-h-değer: 1300 µg/m<sup>3</sup>(senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

#### **WHO sınır değerleri**

24-h-değer: 20 µg/m<sup>3</sup>

---

<sup>26)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>

## 5.2. AZOTOKSİTLERİN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ

Azotmonoksit Kırmızımsı kahverengi renklidir. Atmosferde oksijen ile birleşince yüksek oranda reaktif gaz formunda oluşur; bir kere oluşuktan sonra NO<sub>2</sub>, VOC gibi diğer kirleticilerle reaksiyona girer. Bu reaksiyonlar sonucunda, yer seviyesinde ozon oluşmasına neden olur.

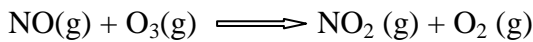
Azot oksitler, Oksijen ve Azot bileşimleridir (NO, NO<sub>2</sub>). Azot Oksitler yüksek basınç, yüksek ısı ve yanma sırasında fazla oksijen gelmesi ile yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan NO ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan NO<sub>2</sub> gazlarının toplamından oluşur. Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) havadaki en önemli kirletici gazlardandır<sup>27)</sup>.

Azot monoksit (NO) ve azot dioksitin (NO<sub>2</sub>) toplamı azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) oluşturur. Azot oksitler genellikle (yüzde 90 durumda) NO olarak dışarı verilir. NO<sub>2</sub>, No'nun O<sub>3</sub>, OH veya HO<sub>2</sub> ile reaksiyonu sonucunda oluşur.

### 5.2.1. Azot Oksitleri Oluşturan Kaynaklar

Atmosferdeki NO<sub>x</sub>'in kaynağı motorlu araçlar ve yüksek sıcaklıkta yanma yapan tüm noktasal tesislerdir. Hava kirliliği bakımından en önemli NO<sub>x</sub>; NO<sub>2</sub> ve NO gazlarıdır. NO renksiz kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklıkta yanma işlemi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Aydın, 2006).

Kentsel alandaki NO<sub>2</sub>' nin ana kaynağı motorlu taşıtlarda yakıtların yanması, elektrik üretimi, fabrikaların ısıtılması ve endüstriyel proseslerdir. Fosil yakıtların yanmasıyla motorlu araçların egzoz borularından ve fabrika bacalarından atmosfere karışan azot meydana gelir. NO ise yer seviyesindeki ozonla (bu ozon, stratosferdeki ozon tabakasından farklı olarak, orman yangınları gibi etkiler sonucu meydana gelir.) reaksiyona girerek NO<sub>2</sub>'yi oluşturur:

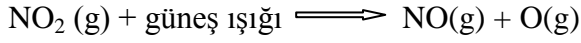


---

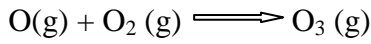
<sup>27)</sup> [www.yildiz.edu.tr/~sandalci/dersnotu/dizel\\_yakit\\_sistemleri3.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~sandalci/dersnotu/dizel_yakit_sistemleri3.pdf)



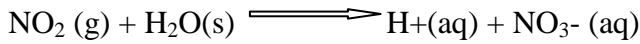
Ortamda güneş ışığı mevcutsa, NO<sub>2</sub> parçalanır ve azot monoksit (NO) ile serbest oksijeni (O) oluşturur.



Serbest oksijen atomları ise bizim soluduğumuz olağan oksijen atomlarıyla (O<sub>2</sub>) havada hemen birleşir ve tekrar ozon denilen (O<sub>3</sub>) bileşiği meydana getirir.



Yer seviyesinde bulunan ve stratosferdeki koruyucu ozon tabakasından farklı olan bu ozon zararlıdır. Azot monoksit, yukarıda da verildiği gibi bu ozonla reaksiyona girerek yine azot dioksiti, bu da ayrıca havadaki su buharıyla tepkime vererek nitrati oluşturur:



Bu gazlar atmosferde doğal gaz çevrimine girerek nitrik asiti oluştururlar.

NO'nun çevre açısından bir diğer tehlikesi, nitrik asit (HNO<sub>3</sub>)'i oluşturmasıdır. Atmosferdeki HNO<sub>3</sub> oluşumu asit yağmurlarının oluşmasına etki eder (İlhan ve diğ., 2007).

Yakıt tüketiminin düşürülmesine yönelik önlemler maalesef çoğu zaman atık gazdaki azot oksit konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Kentsel alanlardaki konsantrasyonlar, trafik emisyonlarından kaynaklanıp şehir merkezinde ve ana yollara yakın yerlerde en yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Ayrıca azotoksit konsantrasyonları hızlanma ve seyir esnasında en yüksek değere ulaşmaktadır. (Gümüşay ve diğ., 2009 s.3).

Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO<sub>x</sub>'in yayıldığı hesaplanmaktadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insan kaynaklarından gelmektedir (Tırıs ve diğ., 1993).

### 5.2.2. Azotoksitlerin İnsan Sağlığına Etkileri

Gerek atmosferdeki konsantrasyonu gerekse yapısal ve kimyasal özelliği nedeniyle insan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olan NO<sub>2</sub> kentsel bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir.

Sağlıklı insanların çok yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına kısa süre dahi maruz kalmaları şiddetli akciğer tahribatlarına yol açabilir. Kronik akciğer rahatsızlığı olan kişilerin ise bu konsantrasyonlara maruz kalmaları akciğerde kısa vadede fonksiyon bozukluklarına yol açabilir. Göz ve kulaklarda rahatsızlıklar meydana getirebilir ve sindirim sisteminde fonksiyon bozukluğuna sebebiyet verebilir. NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına uzun süre maruz kalınması durumunda ise buna bağlı olarak solunum yolu rahatsızlıklarının ciddi oranda arttığı gözlenmiştir. Azot dioksit'in insan sağlığı üzerine yaptığı diğer olumsuz etkiler tablo5.1' de verilmiştir<sup>28)</sup>.

**Tablo 5.1: Azot Dioksitin İnsan Sağlığına Etkileri**

NO <sub>2</sub> (ppm)	Süre	Etkiler
0.12	-	Koku algılama sınırı
0.3	3.75 saat	FVC ve FEV de küçük artışlar (%5-9)
1.5-2	2-3 saat	Sağlıklı yetişkinlerde havayla artan solunum yolları şikâyetleri
1	15 dakika	Bronşitli kişilerin solunum yollarında direncin artması
2,5	2 saat	Sağlıklı kişilerde solunum yollarında direncin artması
5	15 dakika	Akciğerde gaz alış-verişinin engellenmesi
10	-	Koku algılanmasının engellenmesi
50	-	Geri dönüşümlü bronşiyolitis
150	-	2-3 hafta içinde bronşiyolitis fibrosa obliterans sonucu ölüm
≥	1-3 saat	Akciğer fonksiyonlarında değişme

Kaynak: [www.saucevre4.blogspot.com](http://www.saucevre4.blogspot.com)

<sup>28)</sup> [http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%c4%b1kca\\_sorulan\\_sorular.pdf](http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%c4%b1kca_sorulan_sorular.pdf)

### 5.2.3. Azotdioksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler

Azotdioksit için çeşitli ülkemizde ve çeşitli kuruluşlarca izin verilen limit değerler yer almaktadır;

#### **Türkiye'deki(HKKY) sınır değerler:**

24- h -değer: 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Yıllık ortalama: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### **AB sınır değerleri:**

1-h-değer: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılmaması müsaade edilen değer: 18 defa)

Yıllık ortalama: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### **EPA sınır değerleri**

Yıllık ortalama: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### **WHO sınır değerleri**

1-h-değer: 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Yıllık ortalama: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

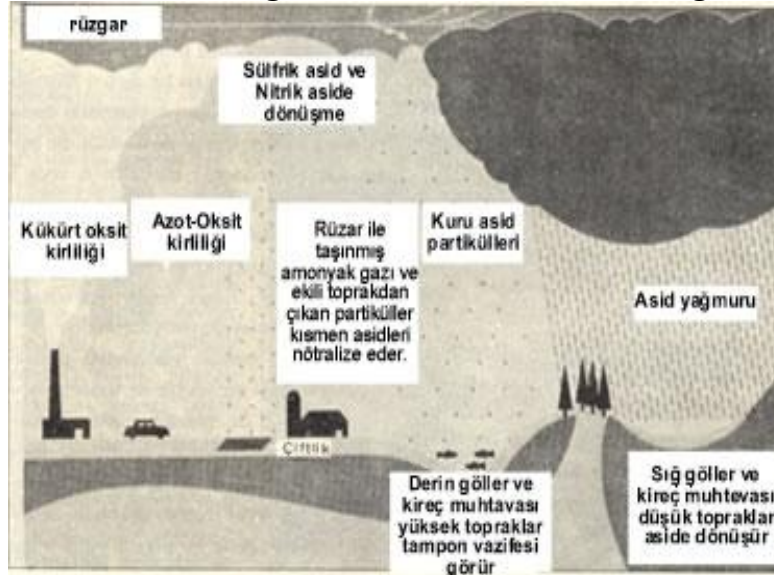
### 5.3. ASİT YAğMURLARININ OLUŞUMU VE ÇEVRE ÜZERİNE ETKİLERİ

Asit yağmurları asidik kimyasalların yağmur, kar, sis çiğ veya kuru parçacıklar halinde düşmesine verilen isimdir. Asit yağmurları fosil yakıt atıklarının doğal su döngüsüne karışmasıyla oluşur. Kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması sonucu atmosferde kükürt ve azot oksitlerini içeren gazlar birikir. Bu gazlar havadaki su buharıyla birleşince bir kimyasal tepkime meydana gelir. Bu tepkime sonucunda sülfürik asit ve nitrik asit damlaları oluşur. Güneş ışığı bu tepkimelerin hızını arttırır. Yeryüzünde ki sular Güneş'in etkisiyle ısınınca bunların bir kısmı buharlaşarak yükselir ve atmosfere karışır. Böylece yükselen nemli havadaki su buharı yoğunlaşarak yeniden sıvı durumuna geçer. Bunlarda bulutları oluşturur. Sonuçta oluşun, çok miktarda kükürt ve azot oksitler içeren bu tip yağmurlara "Asit Yağmurları" denir (Eflatun, 1994).

Asit yağmurları en kısa tanımıyla, atmosferde biriken kükürt ve azot' un yağmur veya kar'a karışarak yeryüzüne düşmesi olarak tanımlanabilir.

Asit yağmurlarının hidrosfere verdiği zararlar ilk kez 1974 yılında amerikalı iki bilim adamı tarafından ortaya konmuştur. Atmosferde kükürt ve azot çeşitli sebeplerle birikebilmektedir. Asit yağmurları esas olarak sanayi tesislerinden, konutların ısıtılmasından ve otomobillerden kaynaklanan; sülfür ve azot oksitleri içeren su buharı emisyonlarının yol açtığı asit çökmesidir. Endüstriyel faaliyetler, konutlarında ısınma amaçları olarak kullanılan fosil kökenli yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller faaliyetleri sonucu havayı kirletmekte, kükürt dioksit, azot oksit, partikül madde ve hidrokarbon yaymaktadır. 2 ile 7 gün arasında havada asılı kalabilen bu kirleticiler atmosferde çeşitli reaksiyonlara uğrayarak çok uzaklara taşınabilmektedirler. Bu kirleticiler atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit (HSO), sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) oluşuma neden olmaktadır. Hiçbir yabancı maddeyle kirletilmemiş bir atmosferde bile yağmur suyu hafif asidik karakterdir ve pH derecesi 5.6 civarındadır. Şekil 5.1' de şematize edilmiş olan ve çeşitli yanma olayları sonucu havaya karışan SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, gibi gazlar atmosferde asit oluşuma neden olmakta ve bunların yeryüzüne ulaşmasıyla asit yağmurları oluşmaktadır. Bunların yeryüzüne dönüşleri kuru ve yaş asit sonucu oluşur. Hava kirleticilerinin en yaygın olanı SO<sub>2</sub>' dir. Her yıl tonlarca SO<sub>2</sub> çeşitli kaynaklardan yayılarak atmosfere ulaşmaktadır (Sarıtop, 2010).

**Şekil 5.1: Asit Yağmurlarının Atmosferdeki Döngüsü**



Kaynak: www.msxlabs.org, 2013

Asit yağmurları gezegenimizin sadece sularını değil, toprağını da etkiliyor, bilhassa ormanları tahrip ediyor. Asit yağmuru toprağın içine nüfuz ettiğinde; normalde çözünür olmayan mineralleri ve bileşikleri çözmekte, toprağın yapısında bulunan kalsiyum, magnezyum gibi elementleri yıkayarak taban suyuna taşımakta, toprağın zayıflamasına, zirai verimin düşmesine neden olmakta ve topraktaki organik besin dengesini bozmaktadır <sup>29)</sup>.

Çözünmüş tuzlar, özellikle alüminyum tuzları genç ağaç kökleri için toksiktir. Ayrıca asit yağmurları nazik ağaç yapraklarını yakmakta, ağaçların hastalıklara karşı direncini azaltmakta doğru bir tabirle bitkilerin bağışıklık sistemini zayıflatmaktadır (Noyan,1997).

Toprağın asitleşmesine en çok katkıda bulunan maddeler, atmosferde birikme sonucu toprağa geçen kükürt bileşikleridir. Azot bileşikleri ise bitkilerin özümseyeceği miktardan fazla olduğu zaman toprağın asitleşmesinde rol oynamaktadır (ilhan ve diğ., 2007).

Büyük şehirlerin çoğunda insan yapısı bina ve anıtlara asit yağmurlarının yaptığı zararın göstergesi çoktur. Tarihi yapılar, binalar, açık metal yüzeyler, boya kaplamalar ve bazı plastikler, sülfürdioksit ve yağışın sulandırdığı bu asitten dolayı bozulma gösterir <sup>30)</sup>.

### **5.3.1. Asit Yağmurlarının İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri**

Temmuz 1984' de Berlin' de Dünya Sağlık Örgütü' nün (WHO) Avrupa Bölgesel Toplantısında çeşitli gruplar tarafından sunulan araştırmalar sonucunda asit yağmurlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda ilginç sonuçlar açığa çıkmıştır. Bu araştırmaların sonucu olarak asit depolanmasının insan sağlığı üzerinde dolaylı ve dolaysız olmak üzere 2 tür etkisi belirlenmiştir. Bugüne kadar yapılan araştırmalar henüz asit depolanmasının insanlar üzerinde dolaysız bir etkisini belirleyememiştir. Bununla beraber deri, göz ve solunum sistemindeki direkt etkileri dikkat çekicidir. pH 4.6' ya kadar asitlenmiş göl sularında insan ve tavşan denekleri

---

<sup>29)</sup> [http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%c4%b1kca\\_sorulan\\_sorular.pdf](http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%c4%b1kca_sorulan_sorular.pdf)

üzerinde yapılan araştırmalarda bir takım etkiler belirlenmiş, pH' ın 4 ten düşük olduğu değerlerde gözde tahriş ve kızarıklıklar oluşmuştur (ilhan ve diğ., 2007).

Asit yağmurlarının insanlar üzerindeki dolaylı etkileri, yüzey ve içme suları, yer altı suları, toprak, ağır metaller, bitkiler ve balıklar üzerindeki etkilerine bağlı olarak bu unsurların kullanılması sonucunda uzun vadede insan bünyesinde asidik depolanmaya neden olur .

NO<sub>x</sub>, kirli hava solunduğu zaman, akciğerlerde aside dönüştüğünden, insanlara doğrudan zarar vermektedir. Yol açtığı esas fizyolojik zarar, akciğerin süngerimsi yapısını yiyip bitirmesidir. Bronş tüpleri bunlarla dolunca, akciğer havadan oksijeni absorbe etme kabiliyetini kaybeder ve kana daha az oksijen geçer. Bu durum sonuçta ölüme götürür, fakat hasta, kronik nefes darlığından, amfizem gibi akciğer ve bronş hastalıklarından da muzdarip olur. Asitleşmiş içme suları bebekler ve çocuklar kadar yetişkinleri de etkilemektedir. Su boruları ve depolardan aşındırdığı toksik maddeleri içeren bu gibi sular, özellikle böbreklerde ve üriner sistemde çeşitli hastalıklara yol açabilmektedir (Noyan,1997).

### **5.3.2. Asit Yağmurlarının Yapılar Üzerine Etkileri**

Asit yağmurları hayvanlar ve bitkiler gibi canlı varlıklara zarar vermekle kalmaz yapıları, çeşitli ortamlardaki metal ve alaşımları, taşınmaz kültür varlıklarını da olumsuz yönde etkiler. Örneğin tarihi bir şehir olan İstanbulda özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bulunan Tarihi cami, Müze, kilise, v.b kültür miraslarımız egzoz gazı ve asit yağmurlarının etkisiyle simsiyah bir görünüm kazanmakta asit yağmurlarının etkisi ve tarihi yapılarda yapılan temizleme çalışmaları eseri meydana getiren ana gövdeyi adeta eritmektedir. (Arslan ve diğ., 1996).

şehirlerin üstüne düşen asit yağmurları bina ve inşaatlarda büyük zarara yol açabilmektedir. Almanya, tarihi bir taş yapı olan Köln Katedrali'ni eski haline getirmek için, yaptığı tek bir restorasyon çalışmasında 4 milyon ABD Doları harcamıştır. Zaman alıcı bu çalışma özel taşlar ve uzman taş ustalarını gerektirmektedir. Yapının bir yanındaki çalışma birkaç yıl almakta, ekip daha sonra diğer tarafta çalışmaya başlamakta ve bu böyle devam etmektedir. Zamanla binanın son yüzünde işi

tamamlamış bulunan ekip her şeye yeni baştan başlamak zorunda kalmaktadır, zira bu arada ilk cephe hemen aşınmaya başlamıştır (Noyan,1997).

Asit yağmurlarının etkisinin yapılar üzerinden silinmesi ise hem çok büyük maliyet hemde emek kaybı meydana getirmektedir. Şehrimizde eserlerin en yoğun bulunduğu suriçi ve özellikle Eminönü çevresinde bir takım yayalaştırma veya araçsızlaştırma çalışmaları alınan önlemler arasında en anlamlılarından biridir.

#### **5.4. KARBONMONOKSİTİN YAPISAL VE MOLOKÜLER ÖZELLİKLERİ**

Karbon monoksit (CO), renksiz, kokusuz toksik, tatsız, kararlı ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması sebebiyle varlığı fark edilmeyen bir kirleticidir. Fosil yakıtların kullanılması, egzoz gazları, orman yangınları ve kapalı mekânlardaki motorlu araçların çalıştırılması, sigara dumanı v.b nedenlerle atmosfere büyük oranda karbon monoksit (CO) gazı yayılır (Munzuroğlu, 2010).

Karbonmonoksit, CH<sub>4</sub> ve troposfer ozonunun, diğer atmosfer elemanlarıyla (hidroksil radikali gibi) kimyasal reaksiyona girmesine katkıda bulunduğu, CH<sub>4</sub> ve troposfer ozonunun konsantrasyonlarının artmasından dolayı olarak sorumludur. Karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucunda CO oluşur. Atmosferdeki doğal prosesler sonucunda CO<sub>2</sub> şeklini alır. CO konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konuma göre değişkenlik göstermektedir (Çağatan, 2011).

##### **5.4.1. Karbonmonoksiti Oluşturan Kaynaklar**

CO emisyonu tam yanmama sonucu oluşur. Düşük gaz sıcaklığı veya ortamda yeterli oksijenin olmaması eksik yanmaya neden olur. Bu da CO emisyonlarını arttırmaktadır. İçten yanmalı motorlardaki CO emisyonlarını etkileyen en önemli faktör hava fazlalık katsayısıdır. Karışım zenginleştikçe, yanma odasına alınan yakıtın içindeki karbonun tamamını CO<sub>2</sub> şeklinde yakacak oksijen bulunmadığından, CO oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Karbon monoksit, yakıt içindeki karbon tamamen yanmadığında oluşan zehirli bir gaz olup ülke çapındaki bütün CO emisyonlarının yaklaşık yüzde 60'ına büyükşehirlerde ise yüzde 95 kadarına karayolu taşıtları sebebiyet vermektedir. Bu

emisyonlar, özellikle trafik sıklığına yoğun olduğu bölgelerde yüksek CO konsantrasyonları ile sonuçlanabilmektedir. CO emisyonlarının diğer kaynakları ise endüstri prosesleri ile kazan ve çöp yakma fırınlarında yakılan yakıtlar teşkil etmektedir. CO emisyonları yük ve hız değişimlerine büyük oranda duyarsız olup hava/yakıt oranına karşı daha duyarlı davranmaktadır (Aydoğan, 2008)

Otomobillerden yayılan CO emisyonları soğuk havalarda motorun ısınma süresi arttığından dahada artmaktadır. Bu durum otomobillerin soğuk havalarda çalıştırılması için daha fazla yakıt ihtiyacı duymasından ve O<sub>2</sub> sensörleri ile katalitik konvertörler gibi bazı emisyon kontrol aygıtlarının hava soğuk iken daha az etkin çalışmalarından kaynaklanmaktadır.

#### **5.4.2. Karbonmonoksit' in İnsan Sağlığına Etkileri**

Özellikle tünellerde, kapalı otoparklarda, feribotlarda ve motor onarım-bakım yerlerinde çalışanlar için çok tehlikeli toksit bir gazdır.

Vücuda solunum yoluyla giren CO kanda bulunan eritrositlerdeki hemoglobinle birleşerek karboksihemoglobin (COHb) oluşmasına neden olmakta ve hücrelerin yaşamını sürdürmesi için gerekli olan oksijenin hemoglobin tarafından taşınmasını engellemektedir (Köseoğlu, 1999).

CO kana geçerek vücudun organ ve dokularına O<sub>2</sub> dağıtımını azaltır. CO' e maruz kalmak hasta bireylerin yanı sıra sağlıklı bireyleri de olumsuz yönde etkilemektedir. Yükseltilmiş CO seviyelerinde görüş bozukluğu, iş yapma kapasitesinde, el becerisi gerektiren işlerde ve öğrenme kabiliyetinde azalma gibi olumsuzlukları meydana getirmektedir (Kılıç ve diğ. S.16-17).

Sigara içenler, koroner kalp hastalığı ve kronik akciğer hastalığı olanlarda karbonmonoksit'e bağlı zehirlenme belirtileri daha erken ortaya çıkmaktadır. Meslek ve koroner kalp hastalığı konusunda yapılan epidemiyolojik araştırmalar CO 'in en sık karşılaşılan etkenlerden biri olduğunu ve kalbi etkilediğini göstermektedir (Köseoğlu, 1999).



Karbon oksitleri baş dönmesi ve reflekslerde yavaşlamaya sebep olur. Havada yüksek oranda bulunmaları ölümlere neden olabilir (Munzuroğlu, 2010).

Milyon başına (ppm cinsinden) ortam konsantrasyonuna bağlı olarak insanlarda karbonmonoksit solunmasından dolayı meydana gelen akut etkileri aşağıda tablo 5.2' de listelenmiştir. Yine karbonmonoksit solunum yolu ile kana geçerek hemoglobine bağlanmasından meydana gelen karboksihemoglobinin semptomlar arasındaki ilişkisi tablo 5.3' de gösterilmiştir.

**Tablo 5.2: Karbonmonoksit Konsantrasyonuna Bağlı Olarak Gelişen Akut Etkiler**

Konsantrasyon	Belirtiler
35 ppm (0.0035%)	Sürekli maruz kalma altı ila sekiz saat içinde baş ağrısı ve baş dönmesi
100 ppm (% 0.01)	2-3 saat içinde hafif baş ağrısı
200 ppm (% 0.02)	2-3 saat içinde hafif baş ağrısı; karar kaybı
400 ppm (0.04%)	Bir iki saat içinde frontal baş ağrısı
800 ppm (0.08%)	45 dakika içinde baş dönmesi, mide bulantısı ve kasılmalar, 2 saat içinde bilinçsiz
1.600 ppm (0.16%)	Baş ağrısı, en az 2 saat içinde ölüm, baş dönmesi ve 20 dakika içinde mide bulantısı
3.200 ppm (0.32%)	Baş ağrısı, baş dönmesi ve beş ile on dakika içinde mide bulantısı. 30 dakika içinde ölüm.
6.400 ppm (0.64%)	Bir iki dakika baş ağrısı ve baş dönmesi. Konvülsiyonlar, 20 dakikadan daha az solunum durması ve ölüm.
12.800 ppm (1.28%)	2-3 nefes sonra bilinç kaybı. Üç dakika daha az ölüm.

*Kaynak:* www.wikipedia.org, 2013

**Tablo 5.3: Korbonsihemoglobin ve Semptomlar Arasındaki İlişki**

< % 10	Normal
% 10-20	Eforla Nefes Darlığı
% 20-30	Baş Ağrısı
% 30-40	Şiddetli baş ağrısı, bulantı, kusma
% 40-50	Baş dönmesi, konsantrasyon güçlüğü
% 50-60	Bilinç kaybı
% 70	Solunum depresyonu, ölüm

*Kaynak:* Köseoğlu,1999

### 5.4.3. Karbonmonoksit İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler

EPA Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın halk sağlığı standardına göre hava kalitesi, günün ikinci 8 saatlik zaman dilimi boyunca yapılan ölçümler için max ortalama CO konsantrasyonu milyonda 9'un üstüne çıkmamalıdır.

#### **Türkiye'deki(HKKY) sınır değerler**

24- h -değer: 30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Yıllık ortalama: 10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### **AB sınır değerleri**

8-h-değer: 10.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

Yıllık ortalama: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### **EPA sınır değerleri**

1-h-değer: 40.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

8-h-değer: 10.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

#### **WHO sınır değerleri**

1-h-değer: 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

8-h-değer: 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 5.5. KARBONDİOKSİTİN YAPISAL VE MOLOKÜLER ÖZELLİKLERİ

Karbondioksit' i ilk olarak 1750 yılında İskoç bir kimyacı ve aynı zamanda hekim olan Joseph Black tespit etti. Karbondioksit moleküler formülü  $\text{CO}_2$  ile gösterilen bir gazdır. Karbon atomuna iki tane oksijen atomunun eklenmesiyle oluşmaktadır,(  $\text{O} = \text{C} = \text{O}$ ) Karbondioksit gaz formunda oluşur, ancak, aynı zamanda, katı ve sıvı formları da vardır. Karbon dioksit, sadece sıcaklık  $-78^\circ \text{C}$  altında olduğunda katı olabilir, su içinde eritildiği zaman sıvı karbon dioksiti oluşturur. Karbondioksit sadece suda çözünen bir gazdır<sup>30)</sup>.

Karbondioksit renksiz, kokusuz, zehirsiz ve yanmayan bir gaz olup, karbon içerikli yakıtların tam olarak yanmamasıyla ortaya çıkar.

<sup>30)</sup><http://www.emrelpg.com/arizatespitcihazlari/bilgi-emisyonlar-33-tr.html>

Karbondioksit atmosferde çok düşük konsantrasyonda bulunan bir gazdır. Yüzde 00.3 - yüzde 00.6 aralığında bulunur. C içeren maddelerin O<sub>2</sub> ile reaksiyona girmeleri sonucu oluşan son üründür. Her türlü yanma faaliyeti sonucu oluşan bir gazdır<sup>31)</sup>.

Karbondioksite ait fiziksel ve kimyasal özellikler tablo 5.4' de özetlenmiştir.

**Tablo 5.4: CO<sub>2</sub>' ye Ait Fiziksel Ve Kimyasal Özellikler**

Özellik	Değer
Molekül ağırlığı:	44.01
Özgül ağırlık	1.53 21 ° C
Kritik yoğunluk	468 kg / m <sup>3</sup>
Havada Konsantrasyon	370,3 * 10 <sup>7</sup> ppm
İstikrar	Yüksek
Sıvı	Basınç <415,8 kPa
Katı	Sıcaklık <-78 ° C
Çözünürlük için sabit Henry	298.15 mol / kg * bar
Su çözünürlüğü	20 ° C de 0.9 hacim / hacim

*Kaynak:* www.lenntech.com, 2013

### 5.5.1. Karbondioksit' i Oluşturan Kaynaklar

Yakıtın motor içinde yanması sonucu belli bir miktar karbondioksit oluşur. Taşıtlardan kaynaklanan gaz emisyonları içinde en zararsızlarından biri olarak görülmekte ise de küresel ölçekte atmosferde karbondioksitin sürekli olarak artması iklim değişikliklerine neden olmaktadır. CO<sub>2</sub> 'in artışı ile güneşten kaynaklanan uzun dalga boylu radyasyonun tekrar uzaya yansımaları engellenmekte ve yeryüzünün sıcaklığı sürekli olarak artmaktadır (Munzuroğlu, 2010).

Karbondioksit miktarı kullanılan yakıt miktarı ile kontrol edilebilir. Yani havadaki karbondioksit emisyonunun ekstra kontrolüne gerek yoktur. Ancak motorlarda tam yanma sağlanmalıdır. Aksi halde karbondioksitin yerini CO alır, nitekim bu da istenmez (Kılıç ve diğ. S.16-17).

<sup>31)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>

### 5.5.2. Karbondioksit' in İnsan Sağlığına Etkileri

CO<sub>2</sub>'nin kendisi toksik bir gaz değildir. Ancak atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yükselmesi sonucu, güneşten gelen kısa boylu dalgaların atmosferde tutulması söz konusu olmuştur. Bu da yeryüzü sıcaklığının artmasına, yani sera etkisine neden olmaktadır.

Karbon dioksit, insan vücudunda iç solunum için gereklidir. İç solunumda oksijen vücut dokularına taşınır ve karbon dioksit onlardan uzağa taşındığı bir süreçtir. Karbondioksit hayatta kalmak için gerekli olan kan, pH' ın bir koruyucusudur. Karbon dioksitin önemli rol oynadığı tampon sistemi karbonat tamponu olarak adlandırılır. Bu karbonat tamponu, karbonik asit, bikarbonat ve çözülmüş karbon dioksiti oluşur. Karbonik asit ilave edildiğinde kan pH artıracak hidroksit iyonları, nötralize edebilir. Bikarbonat iyonu ilave edildiğinde kan pH azalmasına neden olur ki, hidrojen iyonları nötralize edebilir. Artan ve azalan pH hayati tehdit olmasının yanı sıra, karbondioksit konsantrasyonu insanın vucut sisteminde önemli bir tampon olmakla birlikte, belirli bir sınırı aştığında sağlık için zararlı etkilere yol açtığı bilinmektedir<sup>32)</sup> (www.lenntech.com, 2013)

Karbondioksit birinci basamak sağlık tehlikeleri şunlardır:

Kapalı bir alanda karbondioksit salınımının artması insan solunumu için gerekli oksijen konsantrasyonunun düşürebilir ve yeteri kadar oksijene ulaşamayan solunum sistemi oksijen eksikliği nedeniyle solunumunu tamamlayamayarak boğulmaya neden olur.

Katı karbon dioksit bağımsız olarak hava sıcaklığı, normal atmosfer basıncında -78 ° C altında her zaman açıktır. Uygun koruma olmadan fazla bir veya iki saniye için bu malzeme taşıma ciddi kabarcıklar ve diğer istenmeyen etkilere neden olabilir. Böyle bir yangın söndürücü olarak bir çelik silindir, salınan karbon dioksit gazı benzer etkilere neden olur.

---

<sup>32)</sup> <http://www.lenntech.com/carbon-dioxide.htm>

Bu karbonat tamponu kimyasal denge bir rahatsızlık neden olur. Karbondioksit konsantrasyonları artırmak veya denge rahatsız neden azaltmak zaman, hayatı tehdit eden bir durum oluşabilir.

### **5.5.3. Karbondioksit İçin İzin Verilen Sınır Değerler**

CO<sub>2</sub> global bir kirleticidir.CO<sub>2</sub>'nun doğal seviyesi yaklaşık 280 ppm'dir. Ancak bu miktar fosil kökenli yakıtların kullanımının artması ile bugün 350 ppm'e kadar yükselmiştir. Bu değer her yıl yaklaşık olarak 2.3 ppm artmaktadır. CO<sub>2</sub> gazıyla ilgili istenilen değer, 1800'lü yılların başında ölçülmüş olan 280 ppm seviyesidir. 2005-2020 yılları arasında her yıl yüzde 6,3 CO<sub>2</sub> emisyon artışı ile 2020 yılında toplam CO<sub>2</sub> emisyonunun 605 Milyon Ton olacağı, kişi başına düşen emisyon miktarının ise 6,9 ton olacağı öngörülmektedir. Önlem Alınması halinde yapılan senaryoya göre aynı dönem içinde referans senaryoya göre toplam CO<sub>2</sub> emisyonunda yaklaşık 75 Milyon Ton'luk bir azalmaya karşılık geleceği öngörülmüştür<sup>33)</sup>.

## **5.6. OZON GAZININ YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ**

Ozon gazı üç oksijen atomundan oluşan renksiz, keskin kokulu gaz halinde bir moleküldür. Oksijenin allotropudur, trioksijen olarak da tanımlanır. Ham maddesi oksijen olan ozon depolanamayan ve stoklama imkânı olmayan tek gazdır. Ozonun stoklanamamasının sebebi Ozon gazının, bulunduğu ortamın sıcaklığı ile doğru orantılı olarak zamanla ham maddesi olan oksijene dönüşmesidir. Oksijen molekülünün kararlı haline karşın, O<sub>3</sub>, kararsız bir moleküldür ve büyük bir kısmı atmosferin üst katmanlarında yer alır (Boyacılar, 2010).

### **5.6.1. Ozon Gazını Oluşturan Kaynaklar**

Atmosferdeki ozonun yaklaşık yüzde 10'u atmosferin alt katlarında 10-15 km' ler arasındaki troposferde bulunur. 1m<sup>3</sup> havada 8 mm<sup>3</sup> kadar ozon bulunur.

---

<sup>33)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>

Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki ozon'un başlıca kaynağı, azot oksitlerin ultraviyole ışınları ile fizikoşimik reaksiyona girmesidir.

Fotokimyasal pusun (smog) en önemli bileşeni olduğu için, troposfer seviyesindeki başlıca hava kirleticilerinden biridir. Buna karşılık yaklaşık yüzde 90'ı yer yüzeyinden yaklaşık 20–50 km yüksekte bulunan stratosfer tabakası içinde yer alan ozon, troposferdekinin aksine canlı yaşamında önemli rol oynar. Atmosferin üst katlarında ultraviyole ışınlarını emerek yeryüzündeki yaşam üzerinde olumlu bir etki yapar. Diğer yandan bu ışınların emilmesi nedeniyle ozon katı ortalama + 77 °C sıcaklıktadır. Troposferik ozon küresel iklim değişikliğinde rol oynayan sera gazları arasında dördüncü sırada gelir. Uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalmasına atmosferin sera etkisinin artmasına neden olur. Küresel iklim değişikliğindeki sera etkisi yüzde 7 kadardır<sup>34)</sup>

1900'lerin başında 10 ppm olan atmosferik ozon konsantrasyonu günümüzde 50 ppm'ye kadar çıkmış durumdadır. Stratosferik ozon seviyesinde azalma gözlenirken Troposferik ozon konsantrasyonu sürekli artmaktadır. Troposferik ozon konsantrasyonunun artışındaki neden insan faaliyetleri olup fosil yakıtların tam yanmaması (yakıt, endüstriyel işlemler, kimyasal çözücüler vb.) başta olmak üzere fotokopi ve bilgisayar yazıcılarına kadar birçok oluşum kaynağı vardır. Dolayısıyla kentlerin çevrelerindeki bitki toplulukları için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Troposferik ozonun uydular yardımıyla belirlenmesi mümkün fakat yer seviyesindeki konsantrasyonunu bilmek için yersel ölçüm gerekmektedir<sup>35)</sup>.

### **5.6.2. Ozon Gazı İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler**

Ozon gazının kapalı ortamlarda limit değerlerin üzerinde bulunması sağlık açısından çok büyük riskler taşıdığından bu gazın kontrol altında tutulması açısından limit değerler aşağıda verilmiştir;

---

<sup>34)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>

<sup>35)</sup> <http://www.tarimreformu.gov.tr/iklim/ozon.html>

**Türkiye'deki(HKKY) sınır değerler:**

1- h -değer: 240 µg/m<sup>3</sup>

**AB sınır değerleri:**

8-h-değer: 120µg/m<sup>3</sup>

1- h -değer: 180 µg/m<sub>3</sub>

**EPA sınır değerleri:**

1-h-değer: 240µg/m<sup>3</sup> ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

8-h-değer: 160µg/m<sup>3</sup>

**WHO sınır değerleri:**

8-h-değer: 120µg/m<sup>3</sup>

### **5.6.3. Ozon Gazının İnsan Sağlığına Etkileri**

Ozon gazının 0,12 ppm düzeyini aşması sağlığa zararlı kabul edilir. Ozon, gökyüzünün mavirenginin ana sebebidir. Sıvı hâlde lacivert renge dönüşen ozon gazı, dünyayı Güneş'ten gelen zararlı mor ötesi ışınların radyasyonuna karşı korumaktadır. Atmosferin üst katmanlarında UV ışınları, alt katmanlarında yıldırım çakması sonucu oluşan elektrik akımının oksijeni parçalaması ile oluşan ozon, havanın temizlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Ozon gelişmiş ülkelerde gıda tekstil lojistik sağlık sektörlerinde yaygın bir şekilde alternatifsiz dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Derin cerrahi yaraların tedavisinde etkilidir ve sağlık sektöründe tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bilinçsiz kullanımının başta karaciğer olmak üzere insan sağlığına yan etkileri vardır.

Çok reaktif bir gaz olan ozon aynı zamanda canlılar için bir toksiktir. Akciğer ve gözler ozonun toksik etkisine en hassas organlardır. Gözdeki irritasyonu ve akciğere etkileri konsantrasyon, sıcaklık, nem ve maruz kalınan süreye bağlı olarak değişir. Düşük konsantrasyonda ozon inhalasyonu, boğazda irritasyon ve buna bağlı öksürüğe neden olabilir. Yüksek konsantrasyonlardaki inhalasyon ise bronşiyal mukoza ve pnömosit hücresi hasarına bağlı akciğer ödeme kadar varabilir (Boyacılar, 2010).

Ozon gazı sera etkisine yüzde 3-7 arası katkı sağlayan bir kirletici gaz olmanın yanı sıra bitkilerde de ciddi zararlara yol açmaktadır. Yüksek ozon konsantrasyonu bitkilerde solunum gözeneklerinin kapanmasına yol açmakta. Kapanan solunum gözenekleri

fotosentezi ve bitki büyümesini yavaşlatmaktadır. Ozon solunum gözeneklerinden içeri girerek de doğrudan hücrelere zarar verebilmektedir <sup>36)</sup>. Tablo 5.5’ de solunan havadaki ozon gazının farklı konsantrasyonlarda gösterdiği toksik etkiler yer almaktadır (Boyacılar, 2010).

**Tablo 5.5: Solunan Havadaki Ozon Gazı Konsantrasyonu İle Artan Toksik Etkiler**

Havadaki O <sub>3</sub> konsantrasyonu (ppm)	Toksik etki
0,1	Üst hava yollarında irritasyon ve salgı artışı
1,0 – 2,0	Rinit, öksürük, baş ağrısı, bazen öğürme ve bulantı
2,0 – 5,0 (10 – 20 dk)	İlerleyici dispne, bronşiyal spazmi retrosternal ağrı
5,0 (60 dk)	Akut pulmoner ödem ve bazen respiratuvar paralizi
10,0	4 saat içinde ölüm
50,0	Dakikalar içinde ölüm

*Kaynak:* Boyacılar, 2010

## 5.7. PM<sub>10</sub>’ UN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ

Atmosferde gazlar dışında hava kirletici bileşenler de bulunur. Sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toz veya partikül madde diye adlandırılan kirletici türü, ister doğal isterse yapay kaynaklı olsun; çeşitli iklimsel ve hijyenik etkileriyle önem kazanmaktadır. Bu asılı maddeler çok ince yapıda olup havada koloidal süspansiyon oluşturmalarına aerosol denmektedir. Doğal sis olayında asıl etken bu aerosellerdir.

### 5.7.1. Partikül Maddeleri Oluşturan Kaynaklar

Partikül maddeler, ulaşım araçlarında, endüstriyel proseslerde ve ısınma ihtiyacından dolayı kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu oluşur. Tozlar, katı maddelerdir ve doğrudan endüstri veya ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan uçucu kül, aerosol, kömür, çimento tozları, talas, toprak, toz, duman, damlacıklar, sis, füme, mist ve kurumdur. Partikül maddeler boyutlarına göre de ikiye ayrılır (Aydınlar ve diğ., 2009, s.4).

<sup>36)</sup> <http://www.tarimreformu.gov.tr/iklim/ozon.html>



Küçük partiküller; ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden oluşan kaçak tozları içerir. Partiküler maddenin asit komponenti ve onun mutajenik aktivitelerinin çoğu genel olarak ince fraksiyonda bulunur. Asılı partiküler madde çeşitli doğal ve yapay kaynaklardan ortama verilen katı ve sıvılar için kullanılan bir terimdir.

Solunabilir partiküler madde değişik kaynaklardan oluşmaktadır. Volkan patlamaları, fırtınalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan oluşana göre, elektrik santralleri, endüstriyel prosesler, yakıtların yanması gibi yapay kaynaklardan oluşan partiküller, solunabilirlik açısından daha fazla önem gösterirler. Yapısının karmaşıklığı ve maruziyet tayinindeki partikül boyutunun önemi gibi bazı nedenlere bağlı olarak, partiküler maddenin tanımlanması bir kaç şekilde yapılmaktadır. Bu tanımlamalar; örnekleme yöntemine göre (asılı partiküler madde, toplam asılı partiküler madde, siyah duman), solunum sistemindeki birikime göre (larenks altında biriken partiküller, thoracic partiküller), gerek fizyolojik gerekse örnekleme yöntemine göre (10 µm aerodinamik çaplı komponentler için PM<sub>10</sub>) şeklinde yapılmaktadır.<sup>37)</sup>

Partikül maddeler tane iriligi 0.001-500 µm aralığında çeşitli yoğunluklardaki katı veya sıvı maddelerdir. Havada tane irilikleri ve yoğunluklarına bağlı olarak değişik sürelerle askıda kalabilmektedirler. Doğal veya yapay pek çok kaynağı bulunduğu gibi üst atmosferde fotokimyasal bazı reaksiyonlar sonucu iyon ve gazlardan PM oluştuğu ve irileştiği bilinmektedir (Aydın, 2006).

PM'ler oluştukları kaynağa göre de doğal ve antropojenik olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Doğal kaynaklar; polenler, sporlar, bakteriler, virüsler, protozoalar, funguslar, volkanik tozlar olarak, antropojenik (yapay) kaynaklar ise; duman, uçucu kül, metal oksitler ve diğer inorganik tozlar olarak sınıflandırılmaktadır. Global PM üretimi tablo 5.6' da verilmektedir (Müezzinoğlu, 1987).

---

<sup>37)</sup> <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>

**Tablo 5.6: Global PM Üretimi**

<b>Kaynak</b>	<b>Üretim oranı (milyar ton/ yıl)</b>
<b><i>Doğal Kaynaklar</i></b>	
Deniz Tuzu	1.0
Mineral Tozlar	0.2
Volkanik Tozlar	0.1
Orman Yangınları	0.1
<b><i>Toplam İkincil Kaynaklar</i></b>	
Sülfatlar	0.4
Nitratlar	0.3
Hidrokarbonlar	0.2
Toplam İkincil Kaynaklar	0.9
Doğal Kaynakların Toplamı	2.3
<b><i>Antropojenik Kaynaklar</i></b>	
Birincil Kaynaklar	0.2
İkincil Kaynaklar	0.3
Toplam Antropojenik Kaynaklar	0.5
<b><i>Genel Toplam</i></b>	<b>2.8</b>

*Kaynak: Müezzinoğlu, 1987*

Toplam asılı partikül emisyonlarının yüzde 47'si endüstriyel proseslerden, toplam PM'lerin yüzde 18'i yakıt yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlardan, atmosferdeki toplam kuru emisyonlarının yüzde 88'i ise otomobillerdeki egzoz salınımindan kaynaklanmaktadır. Ayrıca meteorolojik olaylar, özellikle rüzgâr ve yağış, PM'lerin atmosfere karışması ve yer değiştirmesinde önemli rol oynamaktadır (Aydın, 2006)

Havanın tozlu olması, yani doğal veya yapay partikül maddelerle dolu olması görüş mesafesini kısaltmakta, güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirmekte ve insanların, hayvanların ve bitkilerin sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunların dışında partiküller, yüzeyleri üzerinde adsorbladıkları diğer kirleticileri, hava normal derişimlerinin daha yükselmesine neden olarak, bu kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesi gibi önemli bir etkisi vardır. (Aydınlar ve diğ., 2009, s.4)

### **5.7.2. PM<sub>10</sub> İçin Kabul Edilebilir Sınır Değerler**

PM<sub>10</sub> için belirlenmiş olan ülkemizde, diğer ülkeler ve ülke topluluklarında kullanılmakta olan sınır değerler aşağıda yer almaktadır.

**Türkiye'deki(HKKY) sınır değerler:**

24- h -değer: 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Yıllık Ortalama: 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**AB (EU 2010) sınır değerleri:**

24-h-değer: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 7 defa)

Yıllık Ortalama: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**EPA sınır değerleri**

1-h-değer: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( senelik aşılması müsaade edilen değer: 1 defa)

Yıllık Ortalama: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**WHO sınır değerleri**

1-h-değer: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Yıllık Ortalama: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**5.7.3. Partikül Maddelerin İnsan Sağlığına Etkileri**

iç ve dış ortam havasında bulunan solunabilir partikül maddeler, solunum sistemine nüfuz edebilmeleri dolayısıyla sağlık açısından birçok olumsuz etkilere sahiptirler. Yapılan pek çok araştırma, havadaki partikül maddelerin solunmaları halinde astım ve bronşiti tetikleyebildiklerini, akciğerde enfeksiyonlara ve fonksiyon bozukluklarına yol açabildiklerini, kronik öksürüğe neden olabildiklerini, ayrıca solunum yolu ve kalp-damar rahatsızlıkları kaynaklı ölümlere yol açabildiklerini göstermektedir (Dilmaç, 2005).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa Bölge Ofisinin 2003 raporunda yıllık ortalama 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>2,5</sub> ve 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub> konsantrasyonuna maruz kalma ile bronşit semptomlarının arttığı, yüksek konsantrasyonlarda (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) partikül maddeyi 2 saat boyunca solunması sonucu, akciğerlerde hafif iltihaplanmaların oluştuğu, uzun süre maruz kalınması halinde ise, yaşam süresinin kısaldığı ve bunun nedeninin çoğunlukla kalp-damar rahatsızlıkları ve akciğer kanseri nedenli ölümler olduğu belirtilmiştir

PM<sub>10</sub> grubu partiküllerinin kısa vadeli etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmalarda ise, PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  artışı, günlük ölümlerde yüzde 6, astım şikayetlerinde yüzde 1, kalp-damar ile ilgili şikayetlerde ise yüzde 0,5 artışa sebep olduğu bunların yanı sıra 65 yaş üstü insanlarda akciğer hastalıklarının oluşmasına

neden olduğu belirlenmiştir. Bu partiküllerin uzun vadedeki etkilerini gösteren bir araştırmada ise İsviçre’de sekiz farklı komünitede yaşayan insanlarda PM<sub>10</sub> ile akciğer fonksiyonları arasında negatif bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Dilmaç, 2005).

## 5.8. HİDROKARBONLARIN YAPISAL VE MOLEKÜLER ÖZELLİKLERİ

Atmosferdeki ana kirleticilerden birisi de şekil 5.8’ de molekül yapısı gösterilen HC’lardır. HC’lar hidrojen ile karbonun belirli oranlarda katılımı ile oluşan bileşiklerdir. Alifatik ve aromatik olmak üzere 2 kısımda incelenmektedir. Alifatik hidrokarbonlar düz zincirli doymuş HC’lardır. Bu gruptaki HC’lar alkanlar, alkenler ve alkinlerdir. Aromatik HC’lar ise doymamış halkalı bileşiklerden oluşur. Bu grupta ki HC’lara ise benzen ve naftalini örnek verebiliriz. HC’ların ana kaynağı petroldür (Aydın, 2006).

Hidrokarbon Emisyonları, yakıtların eksik yanması veya tutuşamaması sonucu meydana gelirler motorlu taşıtlarda kullanılan petrolün, tüm olarak yanmaması etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) ve benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) gibi hidrokarbonların çevreye salınmasına neden olur (Munzuroğlu, 2010).

Yanma odasını çevreleyen dar boşlukların sıkıştırma esnasında yakıt-hava karışımı ile dolması, yakıtın yağ tabakaları içinde absorpsiyonu, kalıntıların yağ filmi etkisi göstermesi, silindir içinde sıvı yakıt kalması ve supap yatak boşluklarında karışım sızması şeklindeki mekanizmalar en önemli HC kaynaklarıdır. Yanma odası içinde bulunan çok küçük hacimli bölgelere, hava ve atık gazlar girebilmekte iken bu küçük hacimler içinde alevin ilerlemesi mümkün olmadığı için, bu boşlukların yanmamış HC oluşumuna önemli katkısı vardır <sup>38)</sup>.

Karışım zenginleştikçe tam yanmanın gerçekleşebilmesi için yeterli oksijen bulunamadığından HC emisyonları artacaktır. Karışım fakirleştikçe ise belirli noktadan sonra düşük alev yayılma hızından dolayı yakıtın tamamı yanmadan dışarı atılacak ve böylelikle de yine HC emisyonları artacaktır.

---

<sup>38)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/presentations/urban%20transport%20sourced%20emissions%20inventory.pdf>,

Motor freni ve hız kesme (yavaşlama) esnasında gaz keleşbeği tamamen kapalı konumdadır ve rölanti kanalından silindir içine bir miktar yakıt emildiği halde bunu yakacak yeterli hava giremez. Boylelikle düşük kompresyon ve zengin bir karışım meydana gelir. Düşük sıkıştırma ve yetersiz oksijen, eksik yanmaya sonuç olarak da HC emisyonlarının artmasına neden olur.

Doğal veya insan yapısı sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları ile karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir. Genel olarak kirlilik, havadaki katı parçacıklar ve kükürt dioksit miktarına göre belirlenir. Oysa atmosferde oluşan kimyasal olaylarda, organik maddeler büyük rol oynar. Çünkü organik maddeler, atmosferde ister reaksiyona girsinler, ister girmesinler kimyasal reaksiyonların çekirdeğini oluştururlar. Hava kirliliği denildiğinde, kirleticiler ve bunların bulunduğu atmosfer ortamı aynı derecede rol oynar. Herhangi bir yerde hava kirliliği çalışması yapıldığında, ilk olarak o bölgenin meteorolojik koşulları ve havanın kimyasal yapısı incelenmelidir (Ay ve diğ., 2010).

### **5.8.1. Hidrokarbonlar' ın İnsan Sağlığına Etkileri**

Bu hidrokarbonlar, havadaki başka kimyasal maddelerle tepkimeye girdiğinde, gözlere ve solunum yollarına zararlı etkileri olur. Benzen gibi bazı hidrokarbonların kanser yapıcı etkileri de vardır. Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle floro kloro karbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviyole) ışınlarına karşı yeryüzünü koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır (Munzuroğlu, 2010).

## **5.9. AğIR METALLER**

Havada bulunan partiküllerin yüzde 0.01-3' ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen

yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküler maddeler vücuda alınmaktadır <sup>39)</sup>.

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratorlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. İnsan sağlığını geniş çapta etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; Kurşun, Kadmiyum, Nikel, Cıva metalleri ve Asbest önem taşımaktadır. Diğer metallerin bir kısmı insan yaşamında temel yönden önem taşır, diğer bir kısmının konsantrasyonu ise insan sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığından önem göstermez. Belirli limitlerin dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir.

### **5.9.1. Kurşun**

Kurşun mavimsi veya gümüş grisi renge yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirlenici parametre olarak önem arz etmektedir. Tetraetil kurşun ve tetrametil kurşunun her ikisi de renksiz sıvı olup, kaynama noktaları sırası ile 110°C ve 200°C dir. Uçuculuklarının diğer petrol bileşenlerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır (Ay ve diğ., 2010, s.13-14)

Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir <sup>40)</sup>.

Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0,2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir. Kan kurşun konsantrasyonu; 0,2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibisyonu, 0,3-0,8 µg/ml limitlerinde duyu ve motor sinir iletim hızında azalma, 1,2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir <sup>41)</sup>

---

<sup>39)</sup> <http://www.mgm.gov.tr/files/kurumsal/ekitap/4mevsim6/21cevresagligi.pdf>

<sup>40)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/presentations/urban%20transport%20sourced%20emissions%20inventory.pdf>,

<sup>41)</sup> <http://www.cevreonline.com/cevrekir/cevrekirlik%20cesitleri.htm>

Havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kurşunun havadaki 1 µg /m<sup>3</sup> konsantrasyonunun kanda 0.01-0.02 µg/ml' lik konsantrasyonu oluşturduğu tespit edilmiştir (Ay ve diğ., 2010, s.13-14).

Ülkemizde TÜPRAŞ tarafından üretilen, benzinliklerdeki kurşun miktarı standart değerinden daha aşağıya çekilmiş ve normal benzinde en çok 0,15 grPb/litre, süper benzinde en çok 0,40 grPb/litre, kurşunsuz benzinde en çok 0,013 grPb/litre değerleri sınır kabul edilmiştir. Kurşunun insan ve çevre sağlığına etkisini minimuma indirmek üzere kurşunsuz benzin kullanımının ülkemizde yaygınlaştırılması, bu benzinin ülke çapında dengeli dağıtımı ve bulunabilirliğinin sağlanması, tüketiciyi teşvik amacıyla satış fiyatının indirilmesinin önemi büyüktür. Ancak yeterli değildir. Kurşunsuz benzinin kullanımını zorunlu kılan katalitik konvektör gibi teknik ekipmanların araçlarda kullanılması ile kurşunsuz benzin kullanımı artmakta, dolayısıyla kurşunun çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi azalmaktadır (munzuroğlu, 2010).

### **5.9.2. Kadmiyum**

Kadmiyum (Cd) gümüş beyazı renge bir metaldir. Havada hızla kadmiyum okside dönüşür. Kadmiyum sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzları suda çözünür. Havadaki kadmiyum füme konsantrasyonu 1 mg/m<sup>3</sup> limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkileri gözlemek mümkündür. Kadmiyumun vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenir. Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Ay ve diğ.2010, s.15)

### **5.9.3. Nikel**

Nikel gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel bileşikleri pratik olarak suda çözünmez. Suda çözünebilir tuzları; klorür, sülfat ve nitrattır. Nikel biyolojik sistemlerde adenosin, trifosfat, aminoasit, peptit, protein ve deoksiribonükleik asitle kompleks oluştururlar.

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak; solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoller makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immunité baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir <sup>42)</sup>

Deri absorpsiyonu sonucunda alerjik deri hastalıkları ortaya çıkar. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tespit edilememişse de; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır. (Ay ve diğ., 2010, s.15)

---

<sup>42)</sup> <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/presentations/urban%20transport%20sourced%20emissions%20inventory.pdf>,



## 6. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında; İstanbul şehir içi trafiği ve araç yoğunluğunun en çok yaşandığı bölgelerden birisi olan Fatih' te yer alan İskenderpaşa kapalı otoparkında, motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin yönetmeliklerce belirlenen sınır değerleri aşıp aşmadığı, hava kalitesinin sağlanması adına alınan önlemlerin yeterli olup olmadığı, ortamda belirlenen hava kalitesinin insan sağlığına ne gibi etkiler edebileceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla çalışmanın yapıldığı İskenderpaşa katlı otoparkında motorlu taşıtlardan kaynaklanan ve insan sağlığına en çok etki eden egzoz kirletici parametrelerinden SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> gazı ve PM konsantrasyonları için yerinde ölçümler yapılmıştır. Otoparkın girişi ve çıkışı ayrı olduğundan giriş bölümü otopark-1, çıkış bölümü otopark-2 olarak adlandırılmış olup üst kattan aşağı katlara doğru ilk kat mavi kat, ikinci kat kırmızı kat, üçüncü kat ise yeşil kat olacak şekilde otopark yönetimi tarafından isimlendirilmiştir ve çalışmamızda da aynı adla anılmaktadırlar. Gaz ölçümlerinde her katta belirlenen ikişer noktada olmak üzere toplamda 12' şer adet SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> gaz ölçümleri yapılmıştır. Partikül madde için ise her katta 5 farklı noktada olmak üzere toplamda 27 adet PM<sub>10</sub> ölçümü yapılmıştır. Numune alma noktaları kat vaziyet planının tüm noktalarını temsil edecek şekilde seçilmiştir. Ölçümler anlık yapılmış olup ölçüm yapılırken Jetfanlar devre dışı bırakılarak olası ventilasyon durumları engellenmiştir. Çalışmanın yapıldığı İskenderpaşa otoparkı ile ölçümlerde kullanılan cihazların kullanımına ait bilgiler ve cihazların teknik özelliklerine diğer bölümlerde yer verilecektir.

### 6.1. İSKENDERPAŞA OTOPARKININ KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

İskenderpaşa otoparkı; İstanbul Fatih ilçesi sınırlarında bulunan Aksaray Metro istasyonu yanında İstanbul'un en önemli caddelerinden olan ve üzerinde İstanbul Emniyet Müdürlüğü Merkez binası, İstanbul Maliye binası, İstanbul İl Özel İdaresi, Fatih Belediyesi, Fatih Kaymakamlığı, Fatih Adliyesi, Vakıf Gureba Hastanesi gibi İstanbul'un önemli yapılarını bulunduran Vatan Caddesi resmi adıyla Adnan Menderes

Bulvarı üzerinde konumlanmaktadır. İskenderpaşa otoparkı özel sektör tarafından işletilmektedir, Park Et Devam Et (P+R) otoparkı olma özelliği ile İstanbulluları toplu taşımaya teşvik etmesi ve araçların trafiğe girmesini engelleyerek;

1. Daha az yakıt tüketimi ve dolayısıyla çevreye daha az karbondioksit salınımı,
2. Daha az yol işgali,
3. Zaman kazanımı,
4. Trafik odaklı stresin azaltılması kazanımlarını elde etmeyi amaçlamaktadır.

İskenderpaşa otoparkında, araç ve kullanıcılarının güvenliğini sağlamak amacıyla; kapalı devre kamera (CCTV) sistemiyle izleme, 24 saat güvenlik personeli ile koruma, sensörlü iç aydınlatma, yangın güvenlik sistemi (springler), gaz alarm sistemi ve otopark dâhili anons sistemi yer almaktadır. Ayrıca İskenderpaşa otoparkı 230 araç kapasitesine sahip mavi, kırmızı ve yeşil olmak üzere 3 parklanma katından meydana gelmektedir. Kullanıcıların rahatlığı için; çizgilerle belirlenmiş park cepleri, her katta 3 adet, birer tanede rampalarda olmak üzere toplamda 11 adet temiz hava için karbonmonoksit algılama dedektörlü jetfan sistemi mevcuttur, Otopark yetkililerinden alınan bilgiler ışığında otoparkın en yoğun olduğu saat aralığı 16<sup>00</sup>-17<sup>00</sup> saatleri olarak belirlenmiştir. Otopark içinde izin verilen maximum hız 20 km dir. Otoparkın kat yüksekliği 2,10 metre, toplam alan her katta yaklaşık 2000 metrekare olmak üzere 6000 metrekaredir.

## 6.2. ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Çalışmanın yapıldığı ortamda partikül madde ve gaz ölçümlerinin tayininde kullanılan cihazlar aşağıda tablo 6.1' de gösterilmiştir.

**Tablo 6.1: Ortam Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar**

Ölçüm Parametresi	Kullanılan Cihaz Seri No	Metotlar	Standart
Partikül Madde (Ortamda)	PDR 1500- UDCN 0931037956	Optik Yansına Metodu ile Havada Süspansiyon Durumda Bulunan Madde Miktarının Tayini	TS EN 2361:1976
Gaz (Ortamda)	KITAGAWA Model AP-20 Aspirating Pump/083808	İşyeri Atmosferi-Detektör Tüplü Kısa Süreli Ölçüm Sistemleri-Özellikler ve Deney Metotları	TS EN 1231:2000

### 6.2.1. pDR Cihazı

Partikül madde konsantrasyonu ölçmek için kullanılan taşınabilir Thermo Electron personal/DataRAM™ (pDR) cihazı yüksek hassas nefhelometrik monitör pDR-1500 (aktif aerosol monitör, verileri kaydedici tertibat ve partiküllerin aerodinamik çaplarına göre ayırıcı), pDR-PU pompası ve onun şarj edebilen pili olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır (Şekil 6.1). pDR 1500 fotometrik monitörü (real time monitör) ışık saçılımı algılama (light scattering) esasına göre çalışır. Pompayı spesifik akış hızına ayarlayıp (1-3,5 litre/dakika akış hızı dereceleri ve 1-10 µm partikül boyut seçeneği) partikülleri gerekli aerodinamik çapında özel siklon preseparatörü ile toplar. Cihaz 10 µm aerodinamik çapında olan partikül maddeleri toplaması için pompa 3,5 l/dk akış hızına ayarlanmıştır. Ayrıca, cihazın 37 mm' lik filtre tutulan kısmında partiküllerin toplanarak gravimetrik veya kimyasal analizlerinin yapılması mümkündür.

**Şekil 6.1: Partikül madde konsantrasyonunu ölçen pDR-1500 portatif cihazı**



Kaynak: <http://www.thermo.com>, 2013

### 6.2.2. Kitagawa Cihazı İle Ölçüm Yöntemi

Çalışmanın yapıldığı İskenderpaşa otoparkında inorganik kirleticiler olan SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> gazları ile ikincil kirletici olan O<sub>3</sub> gazının ortamdaki konsantrasyonunun tayin edilmesi için kullanılan cihaz olan Kitagawa cihazı ile ölçüm şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle cihazın pompasında sızıntı olup olmadığı (kullanımdan önceki kontrol) bakılarak kontrol edilmiştir. Daha sonra gaz detektör tüpünün uç kısımları kesici bölgeye sokularak bir tur çevirdikten sonra tekrar geri çıkarılmıştır. (tüpün baş kısmı kesildikten sonra atılır). Örnek gaz tüpü doğru yönde kauçuk tüp bağlantı noktasına takılmış ve tutamaç 100cc dolana kadar hava içeri çekilmiştir. 100cc'de kilitleme noktası vardır. Belirlenen zaman ve belirlenen noktaya kadar gaz çekilmeye devam etmiştir ve akış indikatöründen de onaylananınca gaz çekilmesine son verilmiştir. Örneklem çekimi tamamlandıktan sonra, kol saat yönünde veya tersine 90 derece çevrilerek kolun yeteri kadar uzadığından emin olunduktan sonra örneklem tamamlanmış oldu. İstenilen değer cihaz tarafından ölçüldükten sonra tüp emici pompadan çıkarılarak dedektör tüpünün üzerindeki cetvelde gaz konsantrasyonları okunarak kaydedilmiştir.

## 7. BULGULAR

Çalışmanın gerçekleştirildiği İskenderpaşa katlı otoparkında yerinde ve gerçek zamanlı olarak yapılan ölçümlere ait bulgular bu bölümde toz ölçüm sonuçları ve gaz ölçüm sonuçları olarak ayrı ayrı tablolar halinde yer almaktadır.

### 7.1. PARTİKÜL MADDE SAYIM SONUÇLARI

İskenderpaşa katlı otoparkında gerçekleştirilen iç ortam PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları aşağıda tablo 7.1’ de otopark-1 ve tablo 7.2’ de otopark-2 için ayrı ayrı verilmiştir. Otopark-1 için her katta beş adet ölçüm yapılmıştır. Otopark-2 içinse her katta dörder adet ölçüm yapılmış olup toplamda otoparkta 27 farklı noktada PM<sub>10</sub> ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümün sonuçlarına göre en yüksek konsantrasyon Yeşil Kat 02-01 Nolu kolon arasında 245,6 µg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür.

**Tablo 7.1: Otopark-1 (İskenderpaşa) Ortam PM<sub>10</sub> Değerleri**

No	Ölçüm Noktası	Ölçüm Sonucu (µg/m <sup>3</sup> )	Sınır Değerler (µg/m <sup>3</sup> )							
			HKKY		AB(EU2010)		USEPA		WHO	
			24-h	Yıllık	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	1-h	Yıllık
1	Mavi Kat 13 Nolu Kolon Yanı	81,4	300	150	50	20	150	50	50	20
2	Mavi Kat 20 Nolu Kolon Yanı	78,6	300	150	50	20	150	50	50	20
3	Mavi Kat 06-07 Nolu Kolon Arası	87,3	300	150	50	20	150	50	50	20
4	Mavi Kat 23-24 Nolu Kolon Arası	92,1	300	150	50	20	150	50	50	20
5	Mavi Kat 02-03 Nolu Kolon Arası	74,2	300	150	50	20	150	50	50	20
6	Kırmızı Kat 03-06 Nolu kolon Arası	98,7	300	150	50	20	150	50	50	20
7	Kırmızı Kat 10-28 Nolu kolon Arası	144,6	300	150	50	20	150	50	50	20
8	Kırmızı Kat 22-23 Nolu kolon Arası	151,8	300	150	50	20	150	50	50	20
9	Kırmızı Kat 15 Nolu Kolon Yanı	142,4	300	150	50	20	150	50	50	20
10	Kırmızı Kat 17-20 Nolu kolon Arası	91,4	300	150	50	20	150	50	50	20
11	Yeşil Kat 02-01 Nolu kolon Arası	245,6	300	150	50	20	150	50	50	20
12	Yeşil Kat 28-29 Nolu kolon Arası	214,7	300	150	50	20	150	50	50	20
13	Yeşil Kat 23-22 Nolu kolon Arası	161,3	300	150	50	20	150	50	50	20
14	Yeşil Kat 15-16 Nolu kolon Arası	142,3	300	150	50	20	150	50	50	20
15	Yeşil Kat 19-20 Nolu kolon Arası	96,7	300	150	50	20	150	50	50	20

**Tablo 7.2 Otopark-2 (İskenderpaşa) Ortam PM<sub>10</sub> Değerleri**

No	Ölçüm Noktası	Ölçüm Sonucu (µg/m <sup>3</sup> )	Sınır Değerler (µg/m <sup>3</sup> )							
			HKKY		AB(EU2010)		USEPA		WHO	
			24-h	Yıllık	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	1-h	Yıllık
1	Mavi Kat 05-06 Nolu Kolon Arası	123,7	300	150	50	20	150	50	50	20
2	Mavi Kat 16-17 Nolu Kolon Arası	132,4	300	150	50	20	150	50	50	20
3	Mavi Kat 09-10 Nolu Kolon Arası	125,6	300	150	50	20	150	50	50	20
4	Mavi Kat 13-14 Nolu Kolon Arası	122,4	300	150	50	20	150	50	50	20
5	Kırmızı Kat 03 Nolu kolon Yanı	152,3	300	150	50	20	150	50	50	20
6	Kırmızı Kat 05-06 Nolu kolon Arası	143,7	300	150	50	20	150	50	50	20
7	Kırmızı Kat 08-16 Nolu kolon Arası	138,9	300	150	50	20	150	50	50	20
8	Kırmızı Kat 10-14 Nolu kolon Arası	131,2	300	150	50	20	150	50	50	20
9	Yeşil Kat 03 Nolu kolon yanı	129,6	300	150	50	20	150	50	50	20
10	Yeşil Kat 18 Nolu kolon Yanı	125,3	300	150	50	20	150	50	50	20
11	Yeşil Kat 07Nolu kolon Yanı	141,6	300	150	50	20	150	50	50	20
12	Yeşil Kat 11-13 Nolu kolon Arası	132,5	300	150	50	20	150	50	50	20

## 7.2. KÜKÜRDTİOKSİT, AZOTDİOKSİT, KARBONMONOKSİT, OZON GAZLARININ ÖLÇÜM SONUÇLARI

İskenderpaşa katlı otoparkında gerçekleştirilen iç ortam gaz ölçüm sonuçları aşağıda Tablo 7.3' de otopark-1 ve Tablo 7.4' de otopark-2 için ayrı ayrı verilmiştir. Otopark-1 ve otopark-2' de; SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> gazlarına ait ölçümler her bir gaz için her katta iki farklı nokta olmak üzere toplam 6 farklı noktada ölçüm yapılmıştır. Otoparkın tamamı için elde edilen ölçüm sayısı 48 adettir. Ölçüm noktaları PM<sub>10</sub> için belirlenen ölçüm noktaları ile aynıdır.

**Tablo7.3: Otopark-1 (İskenderpaşa) Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları**

Ölçüm Yeri	Parametre	Ölçüm Sonucu (PPM)	Sınır Değerler ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
			HKKY		AB(EU2010)		USEPA		WHO	
Mavi Kat 13 Nolu Kolon Yanı	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	0,5	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	0	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Mavi Kat 23-24 Nolu Kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	0,5	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	0	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Kırmızı Kat 03-06 Nolu kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	5	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Kırmızı Kat 17-20 Nolu kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	0,4	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	0	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Yeşil Kat 14-22 Nolu Kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	0,2	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	0	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Yeşil Kat 02-01 Nolu Kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	0,2	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	0	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000

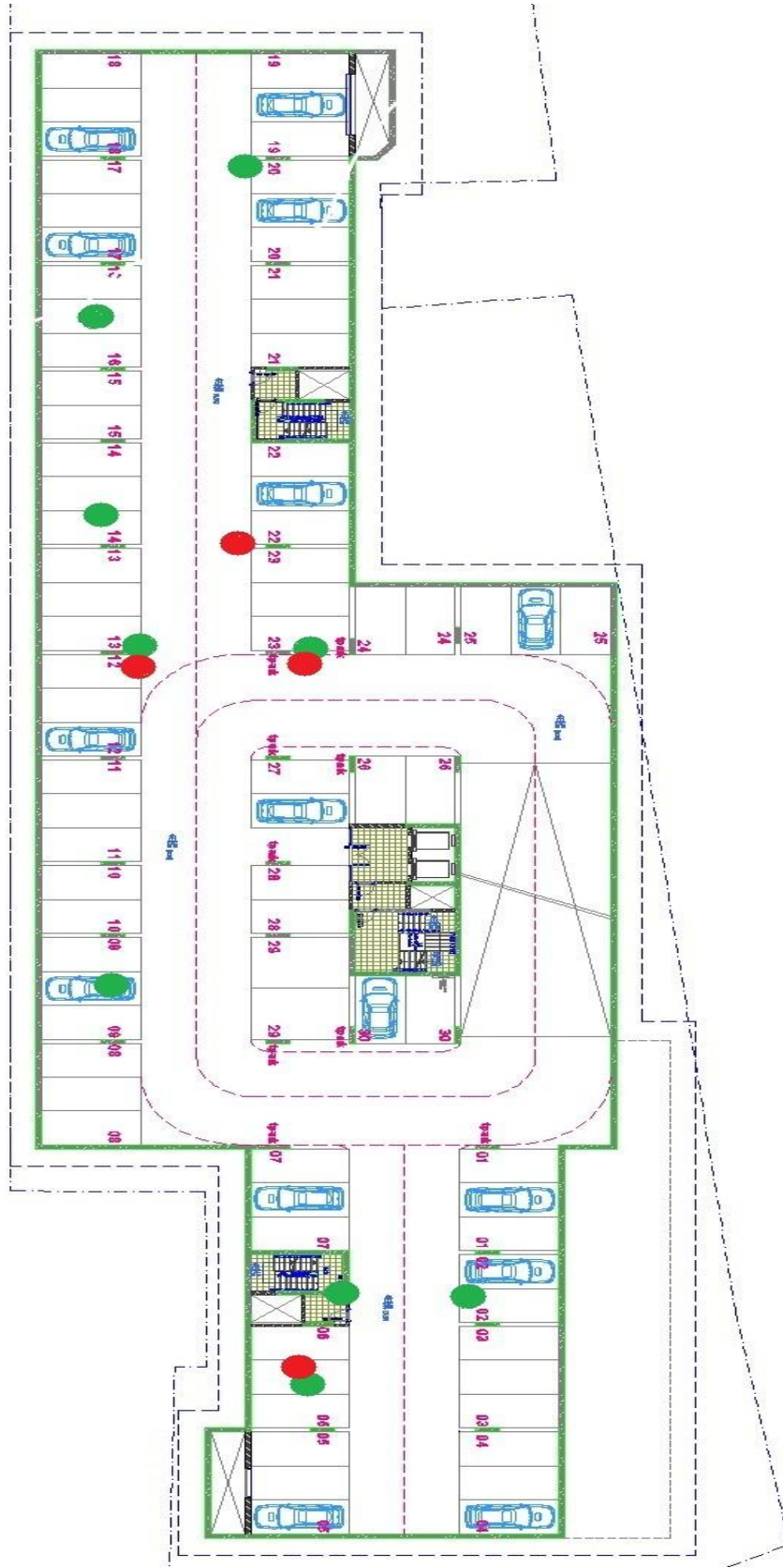
**Tablo 7.4: Otopark-2 (İskenderpaşa) Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları**

Ölçüm Yeri	Parametre	Ölçüm Sonucu (PPM)	Sınır Değerler ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
			HKKY		AB(EU2010)		USEPA		WHO	
Mavi Kat 05-06 Nolu Kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	6	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Mavi Kat 23 Nolu Kolon yanı	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	6	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Kırmızı Kat 10-14 Nolu kolon arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	7	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Kırmızı Kat 05-18 Nolu kolon Arası	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	6	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Yeşil Kat 18 Nolu Kolon Yanı	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	9	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000
Yeşil Kat 09 Nolu Kolon Yanı	SO <sub>2</sub>	0	24-h	Yıllık	1-h	24-h	24-h	Yıllık	24-h	-
			340	150	350	125	365	80	20	-
	NO <sub>x</sub>	1	24-h	Yıllık	1-h	Yıllık	-	Yıllık	1-h	Yıllık
			300	100	200	40	-	100	200	40
	O <sub>3</sub>	0	1-h	-	8-h	1-h	1-h	8-h	8-h	-
			240	-	120	180	240	160	120	-
	CO	6	24-h	Yıllık	8-h	Yıllık	1-h	8-h	1-h	8-h
			30.000	10.000	10.000	-	40.000	10.000	30.000	10.000

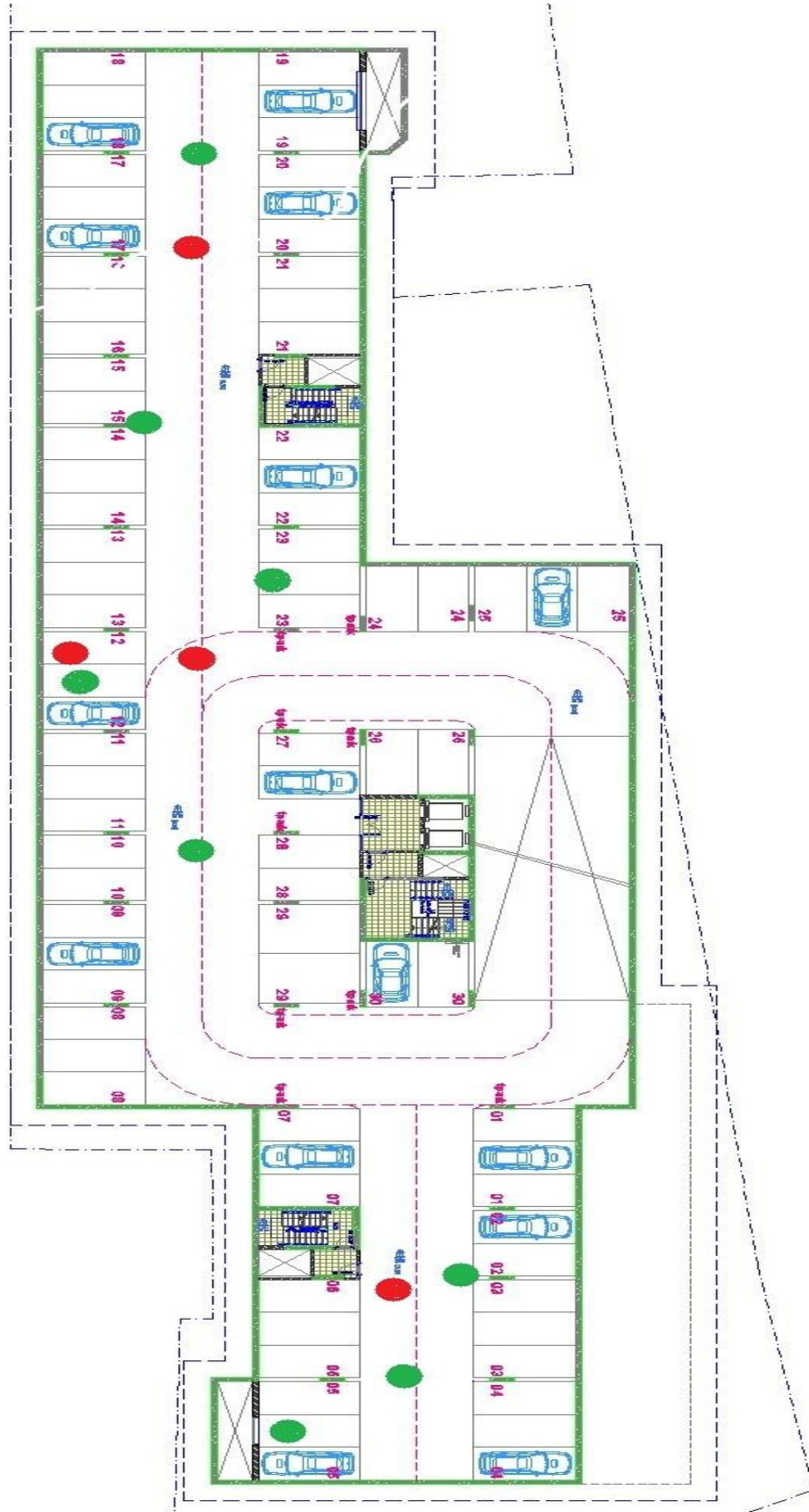
Şekil 7.1, şekil 7.2 ve şekil 7.3’ de gösterilen kat planları sırası ile mavi, kırmızı ve yeşil katlara ait kat vaziyet planlarıdır. Gaz ölçüm noktaları kat vaziyet planlarında kırmızı renkte PM<sub>10</sub> ölçüm noktaları ise yeşil renkte işaretlenmiştir.



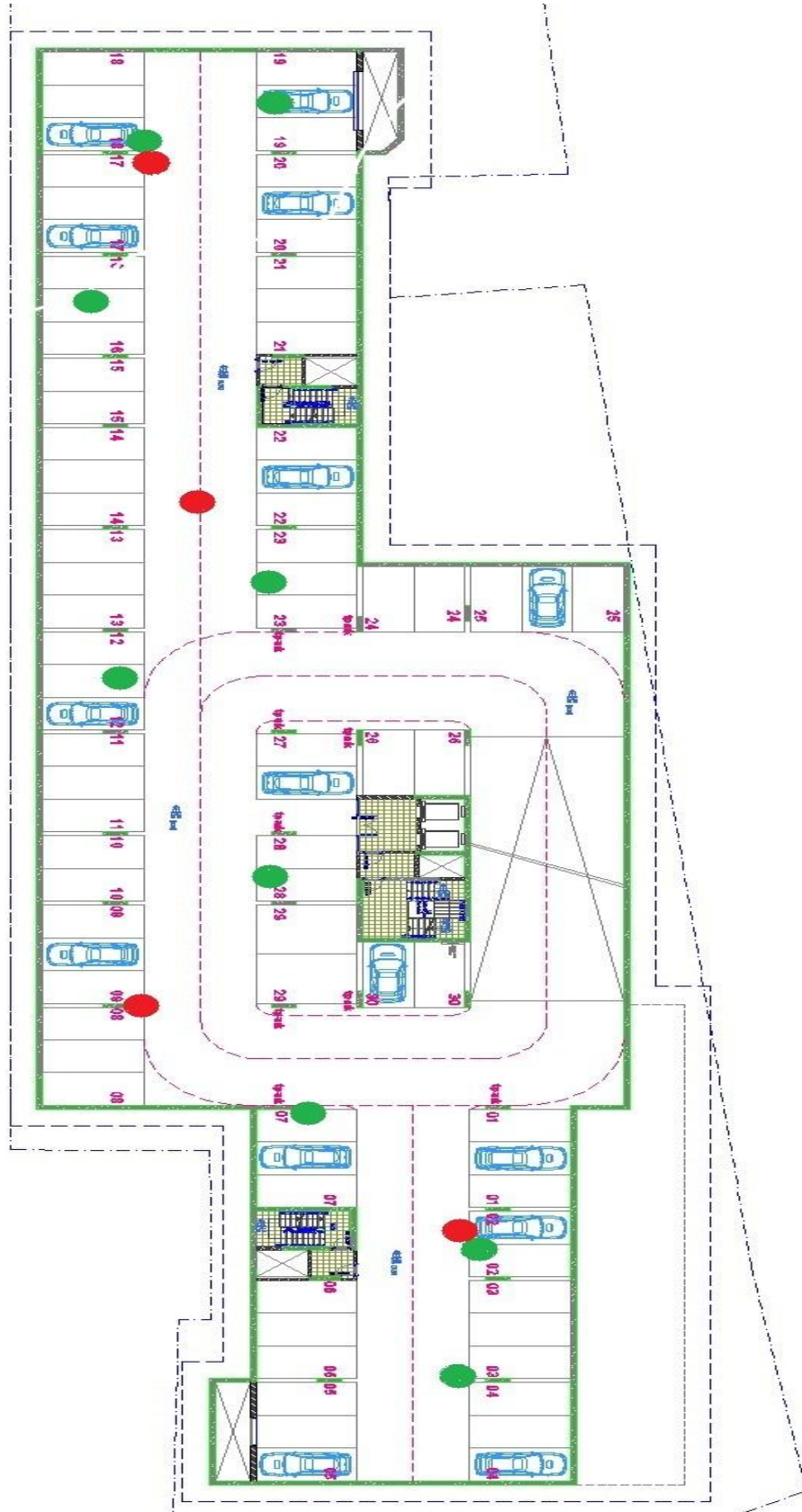
Şekil 7.1:Mavi kat vaziyet planı



Şekil 7.2: Kırmızı kat vaziyet planı



Şekil 7.3:Yeşil kat vaziyet planı



## 8. TARTIŞMA VE SONUÇ

Otopark içi ölçümlerinden elde edilen sonuçların ülkemizde ve dünyada belirlenmiş olan kirletici parametrelerine ait limit değerler ve bu konuda yapılan farklı çalışmalar ile karşılaştırılması varılmak istenen sonuç için oldukça önemlidir. Daha önce yapılan çalışmalar ele alındığında SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>10</sub> parametreleri için otopark içersinde bir ölçüm yapılmadığı görülmektedir. Oysaki bu egzoz kirleticilerinin limit değerlerinin aşılmaması ve kirletici konsantrasyonlarının kontrol altında tutulması insan sağlığı açısından hayati önem arz etmektedir. Yapılan çok sayıdaki araştırmada egzoz kirleticilerine kısa vadede yüksek konsantrasyonlu, uzun vadede ise düşük konsantrasyonlu maruziyetin insanlarda bir takım rahatsızlıklar meydana getirebileceği tespit edilmiştir. Bu amaçla; kapalı otoparkta yapılan çalışmadan yola çıkarak ortaya konan gerçekler ve elde edilen sonuçların karşılaştırması aşağıda yer almaktadır.

İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi ve kapalı otoparklarda hava kirliliğinin hangi düzeylere ulaştığının tespiti için ölçümler yapılmak suretiyle incelenen İskenderpaşa kapalı otoparkındaki kirletici konsantrasyonları; ulusal ve uluslar arası sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Ülkemizde, diğer Ülke ve kuruluşlarca iç ortam hava kalitesi için belirlenmiş ayrıca bir yönetmelik ve sınır değerler olmadığından karşılaştırmalar ülkemiz için hava kalitesi kontrol yönetmeliği ile, Uluslar arası sınır değerler için ise; EU 2010 (Avrupa Birliği), USEPA( Amerika Çevre Koruma Ajansı) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından belirlenmiş olan sınır değerler ile yapılmıştır. İskenderpaşa otoparkında konsatrasyonu ölçülen kirletici türleri için elde edilen sonuçların kapalı otoparklarda hava kirliliğinin hangi düzeylere ulaşabileceğini görebilmek açısından önemli olduğundan ölçümler içinden en elverişsiz (en yüksek kirletici düzeyi) değerler ile sınır değerler karşılaştırılmıştır.

Tablo 7.3, 7.4' de görüleceği üzere Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) için elde edilen en yüksek değer 0 ppm olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuca göre İskenderpaşa otoparkında kükürtdioksit açısından kirletici parametreye rastlanmamıştır ve elde edilen değer HKKY, EU2010, USEPA, WHO için belirlenen sınır değerleri aşmamaktadır.

NO<sub>2</sub> için elde edilen en yüksek değer otopark-2 nin tüm katlarında 1 ppm olarak ölçülmüştür. Karşılaştırma kriterlerimiz  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  cinsinden belirtilmektedir. Birim çevrimi yaptığımızda elde edilen değer;

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{ppm} * \frac{P * \text{PM}}{R * T} * 1000$$

Yönetmeliklerde emisyon sınır değeri genellikle normal şartlar (T=0 =273.15K ve P=1 atm) için verilir.

P: Basınç (atm)=1atm

PM= Molekül ağırlığı (gr/mol)=46,01 gr/mol

R=İdeal gaz sabiti=0,082057

T=Sıcaklık (K)

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 * \frac{1 * 46,01}{0,082057 * (0 + 273,15\text{K})} * 1000 = 2053 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

NO<sub>2</sub> için Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğinde belirlenen günlük 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve yıllık 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sınır değer ile çalışmamızdan elde edilen sonuç karşılaştırıldığında NO<sub>2</sub> kirlilik düzeyinin ülkemizde belirlenen sınır değerinin kat kat üzerinde olduğu, aynı zamanda Avrupa Birliğince belirlenen saatlik 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenmiş olan yıllık 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş olan saatlik 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  limit değerlerini de oldukça aştığı görülmektedir. İç ortam hava kalitesinin NO<sub>2</sub> parametresi için çok sık gözden geçirilmesi gerekmekte ve bu kirlenici için hedef sınır değerlerin yakalanması adına gereken önlemler alınmalıdır.

O<sub>3</sub> için elde edilen en yüksek değer 0 ppm olarak ölçülmüştür. Elde edilen değer Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğinde belirlenen 0,12 ppm değerinden oldukça aşağıdadır ve yine EU2010, USEPA, WHO için belirlenmiş sınır değerlerin oldukça altındadır. Ozon gazı konsantrasyonunun bu kadar düşük çıkması otopark binasının yeni olması ve O<sub>3</sub>' ün iç ortamda bulunan kimyasallarla (Duvar, tavan boya ları, vernik v.b) çok çabuk tepkimeye girerek O<sub>2</sub>' ye dönüşmüş olabileceği şeklinde açıklanabilir.

CO için elde edilen en yüksek değer otopark-2, Yeşil katta 05-18 nolu kolonlar arasında 9 ppm olarak ölçülmüştür. Karşılaştırma kriterlerimiz  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  cinsinden belirtilmektedir. Birim çevrimi yaptığımızda elde edilen değer;

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{ppm} * \frac{P * \text{PM}}{R * T} * 1000$$

Yönetmeliklerde emisyon sınır değeri genellikle normal şartlar ( $T=0 =273.15\text{K}$  ve  $P=1$  atm) için verilir.

P: Basınç (atm)=1atm

PM= Molekül ağırlığı (gr/mol)=28,0059 gr/mol

R=İdeal gaz sabiti=0,082057

T=Sıcaklık (K)

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 * \frac{1 * 28,0059}{0,082057 * (0 + 273,15\text{K})} * 1000 = 11254 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

CO için Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğinde belirlenen 8 saatlik  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değeri aşılmıştır, yine USEPA, WHO, EU2010 içinde belirlenmiş olan  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değeri aşıldığı görülmektedir. Fakat CO parametresi için limit değerlerin çok çok aşıldığını söylemek mümkün değildir. CO gazının ortamdaki konsantrasyonunu azaltmak adına alınabilecek basit önlemler ve birtakım havalandırma takviyeleri ile bu gazın sınır değerlerin altında tutulması mümkün olabilecektir. Alınacak bu önlemlere ilaveten ortamda biriken CO gazının yoğunluğu sık sık kontrol edilmelidir.

PM<sub>10</sub> İçin elde edilen en yüksek değer otopark-1' de Yeşil katta 02-01 nolu kolonlar arasında  $245,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

PM<sub>10</sub> için Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğinde belirlenen günlük  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değerine oldukça yakın çıkmıştır, yıllık  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değeri ise aşılmıştır. Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık örgütüncel belirlenen saatlik  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değeri ile yıllık  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nin oldukça üzerindedir. Amerika Çevre Koruma Ajansıncel belirlenen limit değerler olan günlük  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve yıllık  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değerleride yine aşılmıştır. Otoparkın PM<sub>10</sub> açısından iyi irdelenmesi gerekmekte ve bu kirletici için alınması gereken önlemler belirlenmelidir.

Hava Kalitesi indeksi (HKİ), hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için kullanılan bir indekstir. Yaşadığımız bölgenin havasının ne kadar temiz veya kirli olduğu ve ne tür sağlık etkilerinin oluşabileceği konusunda bilgiler verir. Hava kalitesi indeksi, farklı hava kalitesi ile birlikte genel halk sağlığı üzerine etkisini, hava kirliliği seviyesini, sağlıksız seviyeye yükseldiğinde alınması gereken kademeleri de belirler. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; Partikül Maddeler

(PM<sub>10</sub>), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) dur. Hava kalite indeksinde hava kalitesi 6 farklı renk, 0-500 arası puan ve 1-6 arası numara ile sembolize edilmiş olup aşağıda tablo 7.5 de gösterilmiştir. İskenderpaşa otoparkından elde edilen ölçüm sonuçlarının Hava kalite indeksi açısından karşılaştırılması tablo 7.6' da gösterilmiştir.

**Tablo 7.5: Hava Kalite İndeksi Değerlendirmesi**

Hava Kalitesi İndeksi	Sağlık Seviyesi	Renkler
HKİ aşağıda belirtilen aralıkta olduğunda	Hava Kalitesi	Aşağıda belirtilen renkler ile sembolize edilir
1	Çok iyi	Açık Yeşil
2	İyi	Yeşil
3	Yeterli	Koyu Yeşil
4	Orta	Sarı
5	Kötü	Turuncu
6	Çok kötü	Kırmızı

**Tablo 7.6: Otopark Havasının Hava Kalite İndeksi Tablosunda İşaretleme**

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>
Hava Kalitesi İndeksi	1 saatlik ortalama [µg/m <sup>3</sup> ]	24 saatlik ortalama [µg/m <sup>3</sup> ]	24 saatlik ortalama [mg/m <sup>3</sup> ]	1 saatlik ortalama [µg/m <sup>3</sup> ]	24 saatlik ortalama [µg/m <sup>3</sup> ]
1 (Çok İyi)	0 -50	0 - 45	0 – 1,9	0 - 35	0 - 25
2 (Orta)	51-199	46 - 89	2,0 – 7,9	36 - 89	26-69
3 (Hassas gruplar için sağlıklı)	200-399	90 - 179	8,0 – 10,9	90 - 179	70-109
4 (Sağlıksız)	400-899	180 - 299	11 – 13,9	180 - 239	110-139
5 (Çok sağlıksız)	900-1499	300- 699	14,0 - 39,9	240 - 359	140-599
6 (Tehlikeli)	>1500	> 700	> 40,0	> 360	> 600

Tablo 7.6' da renk dolgusuyla işaretlenen hava kalite indeksi SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> kirleticileri için çok iyi olarak belirlenmiştir. CO gazı için hava kalite indeksinin 4 (orta) düzeyde olduğu, PM<sub>10</sub> için 5 (kötü) düzeyde, NO<sub>2</sub> için ise 6 (çok kötü) düzeyde olduğu belirlenmiştir. En yüksek konsantrasyondaki kirleticiler olarak belirlenen NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> hava kalite indeksi açısından sorumlu kirleticilerdir. Bu kirleticilerle ilgili acil önlemler alınması şarttır.

Elde edilen sonuçlar insan sağlığı açısından değerlendirilecek olursa; limit değerleri aşan kirleticilerin, ortamda bulunan ve uzun süre ortam havasını soluyan kişiler ve özellikle de otoparkta çalışan görevliler açısından hangi sağlık risklerini oluşturabileceğinin tespiti oldukça önem kazanmaktadır. Bu amaçla otopark içinde ölçülen kirletici parametrelerinin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi aşağıda yapılmaktadır.

SO<sub>2</sub> Kirletici parametresini incelediğimizde; ülkemizde ve dünyada belirlenen limit değerlerin aşılmadığı görülmektedir. Bununla birlikte ortamdaki havayı soluyan insanlarda doğabilecek bir takım solunum ve akut akciğer v.b rahatsızlıkların oluşumunu SO<sub>2</sub> ile ilişkilendirmek çok mümkün görülmemektedir.

NO<sub>2</sub> Kirletici parametresini incelediğimizde; ülkemizde ve dünyaca belirlenmiş tüm limit değerlerin oldukça aşıldığı görülmüştür. Bronşitli kişilerde NO<sub>2</sub>' nin 1 ppm değerindeki konsantrasyonuna 15 dakika maruziyet kişilerin solunum yollarında direncin artması şeklinde kendini gösterir. Sağlıklı kişilerde 0,3 ppm değerindeki konsantrasyonuna 3,75 saat maruziyet FVC ve FEV' lerde kk artışlara neden olur. Bu durum otopark çalışanlarının sağlığı açısından tehlike doğurmaktadır. Ayrıca NO<sub>2</sub>' ye uzun süreli maruziyet durumunda solunum yolları rahatsızlıkları, göz ve kulaklarda rahatsızlıklar ile ileri konsantrasyonlarda akciğer tahribatına neden olabilmektedir.

O<sub>3</sub> Kirletici parametresini incelediğimizde; ülkemizde ve dünyada belirlenen limit değerlerin hiç birisinin aşılmadığı görülmektedir. Bu çalışmada ozon gazının sınır değerlerinin aşımından dolayı insalarda meydana gelebilecek öksürük, st solunum yollarında irritasyon, baş ağrısı, bulantı v.b rahatsızlıkların görülme olasılığını O<sub>3</sub> gazına bağlamak mümkün görülmemektedir.

CO Kirletici parametresini incelediğimizde tüm sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Belirlenen limit değerlerin çok üzerinde olmasada CO konsantrasyonunun limit miktarları aşması ile insanlarda CO kana geçerek karboksihemoglobini oluşturur ve vücudun organ ve dokularına O<sub>2</sub> dağıtımını azaltır. CO'e maruz kalmak hasta bireylerin yanı sıra sağlıklı bireyleri de olumsuz yönde etkilediğinden yükseltilmiş CO seviyelerinde görüş bozukluğu, iş yapma kapasitesinde,



el becerisi gerektiren işlerde ve öğrenme kabiliyetinde azalma, baş dönmesi, reflekslerde azalma, sinirlilik hali gibi olumsuzlukları meydana getirmektedir.

PM<sub>10</sub> Kirletici parametresine ait konsantrasyonun belirlenen limit değerleri aştığı görülmekte olup ortam havasında PM<sub>10</sub> Solunması sonucu insanlarda astım ve bronşiti tetikleyebileceği, kronik öksürüğe, akciğerlerde fonksiyon bozukluğuna, yıllık 30 µg/m<sup>3</sup> den fazlasının bronsit semptomlarını artırdığı, yüksek konsantrasyonlarda (200 µg/m<sup>3</sup>) ise partikül maddenin 2 saat boyunca solunması, akciğerlerde hafif iltihaplanmalara, uzun süre maruz kalınması halinde ise, yaşam süresinde kısaltmaya dahi neden olacağı düşünülmektedir.

Söz konusu kirletici parametrelere insan sağlığı açısından değerlendirdiğimiz bu çalışmada NO<sub>2</sub> başta olmak üzere CO ve PM<sub>10</sub> kirleticileri İskenderpaşa otoparkında insan sağlığı açısından bir takım riskler teşkil etmektedir. Bu kirletici parametrelerin yoğunluğunun ortamdaki uzaklaştırılması için önlemler alınması aciliyet arz etmektedir.

Dünyada yapılan iç ortam hava kalitesi çalışmalarında ölçülen SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> kirletici parametreleri ile bu tez çalışmasında ölçülen SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> kirletici parametrelerinden elde edilen en elverişsiz değerler ( en yüksek değer) aşağıda karşılaştırılmıştır.

Gaz ölçüm sonuçları ile literatür çalışmasının karşılaştırıldığı Tablo 8.1 incelendiğinde iç ortam hava kalitesinin tespitinde kirletici emisyonlar arasında en fazla NO<sub>2</sub> için çalışıldığı görülmektedir. İskenderpaşa otoparkında ölçümlerden elde edilen sonuçlar ve yapılacak değerlendirme açısından NO<sub>2</sub> emisyonu üzerine daha fazla çalışılması avantaj teşkil etmektedir. NO<sub>2</sub> emisyonu diğer çalışmalarla kıyaslandığında çalışmada elde edilen 2053 µg/m<sup>3</sup> konsantrasyon değeri, Tabloda en yüksek değer olarak görülen Drakou ve diğ., tarafından 1998 yılında Yunanistanın Atina şehrinde yapılan çalışmalarda elde edilen 116,65 µg/m<sup>3</sup> konsantrasyonunun bile oldukça üzerinde seyretmesi dikkat çekicidir.

**Tablo 8.1: Gaz Ölçüm Sonuçları İle Literatür Çalışmalarının Karşılaştırılması**

Ölçüm Yeri Ve Zamanı	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Konsant.	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Konsant.	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Konsant.	Kaynak
İskenderpaşa Otoparkı Mayıs 2013	1878	0	0	Mevcut tez çalışması
Hong Kong (Ev) Mayıs 1997	53,4	6,3	5,3	Chao, 2001
Belçika (Ev-Okul) 2001-2003	Ev:33 Okul:57		Ev:3,2 Okul:1,9	Stranger ve diğ., 2007
Şili-Santiago(Ev) 1999	65,85			Bracho ve diğ., 2002
İsviçre 1993-1994	21			Monn ve diğ., 1998
Finlandiya-Helsinki (Ev-Ofis) İsviçre-Basel Çek Cumhuriyeti(Ev-Ofis) 1996-1997	Ev:18Ofis:27 Ev:27Ofis:36 Ev:43Ofis:30			Kousa ve diğ., 1998
Yunanistan Selanik 1994 Atina 1994	58,32 116,65		17,67 15,71	Drakou ve diğ., 1998
Kore (Okul) 1995		6,18		Lee ve diğ., 1997
Baltimore (Ev) 2003	58,32		1,96	Breyse ve diğ., 2005
Hong Kong (Okul) 1997-1998	31	5		Lee ve Chang, 2000
Çin Taiyuan (Okul) 2004	39,4	264,8	10,1	Zhao ve diğ., 2008

Partikül madde (PM<sub>10</sub>) için dünyada iç ortam hava kalitesine yönelik yapılan çalışmalar tablo 8.2' de verilmiştir. Tablo 8.2' yi inceleyecek olursak; zaman iskenderpaşa otoparkındaki en yüksek konsantrasyon değeri olan 245,6 (µg/m<sup>3</sup>) dünyada yapılan diğer çalışmalarda elde edilen değerlerden yüksek çıktığı görülmektedir.

**Tablo 8.2: PM<sub>10</sub> Ölçüm Sonuçları İle Literatür Çalışmalarının Karşılaştırılması**

Ölçüm Yeri	Ölçüm Zamanı	Konsantrasyon PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Kaynaklar
İskenderpaşa Otoparkı	Mayıs 2013	245,6	Mevcut tez çalışması
Antwerp, Belgium (PM 10)	2001-2002	39	M. Stranger ve diğ., 2007
Zürich, Switzerland	Haziran 1995	26,5	C. Monn ve diğ., 1997
Hong Kong	Ekim 1999 – Mart 2000	63,3	C.Y. Chao, K. K. Wong, 2002
Baltimore, USA	Mayıs-Eylül	56,5	P.N. Breysse ve diğ., 2005
Washington, USA	Kış 2002-2003 K.L	11,93	K.L.Jansen ve diğ., 2005
Santiago, Chile	Kış 1998-1999	103,8	L.Rojas- Bracho ve diğ., 2002
Lisbon, Portugal	28 Şubat	72,07	C. Borrego, ve diğ., 2006
Baltimore, USA	Eylül 2001-Aralık 2003	56,2	M.C. McCormack ve diğ., 2008
UK	1998-1999	25,52	K.A. BeruBe, 2004
Birmingham, UK	Yıllık	16,5	N.C. Jones ve diğ., 2000
California, USA	Kış-İlkbahar 2000	21,08	M.D.Geller, 2002

Ülkemizde özellikle otoparklarda egzoz emisyonları ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça azdır. Kapalı otoparklarda Köseoğlu (1999) tarafından yapılan doktora çalışmada CO ölçümleri yapılmış olup CO' in otopark çalışanları üzerindeki etkileri belirlenmek istenmiştir. Köseoğlu tarafından yapılan çalışmada ölçülen CO değeri maximum 5 ppm' dir. Mevcut çalışmamızda yer alan İskenderpaşa otoparkında ölçülen 9 ppm değeri karşılaştırma açısından oldukça dikkat çekicidir.

Bu kapsamda yapılmış en benzer çalışma Ankara Çankaya belediyesi tarafından Sıhhiye kapalı otoparkı için yaptırılan otopark içi gaz ölçüm değerlendirmesidir. Bu çalışmada; karbonmonoksit, karbondioksit, azotoksitler ile kükürtdioksit oranları tayin edilmiş olup, azotoksitler'de 0.25-0.50 ppm'e (parts per million/ milyonda bir birim), kükürtdioksit'in 0.1-0.3 ppm ile karbonmonoksit'in ise 25 ppm olarak seyrettiği sonucuna varılmıştır. Düzenlenen raporda çıkan sonuçların sağlık güvenlik tedbirleri hakkında belirtilen değerlerin çok altında olduğu, insan sağlığı yönünden bir risk taşımadığına değinilmiştir. (www.cankaya.bel.tr, 2013).

Ancak mevcut tez çalışmasından elde edilen veriler ve araştırma sonuçları göstermektedir ki SO<sub>2</sub> için belirlenen 24 saatlik sınır değerler aşılmış olup SO<sub>2</sub> iç ortam hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Sıhhiye otoparkında ölçümü yapılan diğer kirletici parametresi olan CO değerlendirilecek olursa; bu kirletici için belirlenmiş olan 9 ppm sınır değeri oldukça aşıldığı görülmektedir ve CO gazının iç ortamda kirletici parametre olarak yer aldığını söylemek yanlış olmayacaktır. Yine aynı çalışmada ölçülen NO<sub>2</sub> gazı için 0,50 ppm değeri; sınır değerlerin biraz üzerinde yer almaktadır. Genel olarak değerlendirdiğimizde Sıhhiye otoparkı için yapılmış olan çalışma sonuçlarına göre iç ortamın kirletici parametreleri açısından zararsız olduğunu söylemek pek mümkün değildir.

Bunların dışında motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların incelendiği diğer çalışmalara bakacak olursak. Atımtay ve arkadaşları (2000) tarafından Ankara'da yapılan bir çalışmada trafik polislerinin karbon monoksit maruz kalışı belirlenmiştir. Dış ortamdaki CO seviyeleri ile mikro CO ölçer ile polislerin soludukları havadaki CO maruz kalışı tespit edilmiştir. 6 saatlik vardiya süreleri boyunca trafik polislerinin soludukları havadaki CO seviyelerinin oldukça değişken (0.23 ppm - 54.5 ppm) olduğu

saptanmıştır. Onat (2010) tarafından İstanbulda belirlenen AVM, Ev ve Ofislerde CO ve PM<sub>10</sub> değerleri ölçülmüş ve AVM için 14.03.2010 tarihinde yapılan ölçümlerde CO konsantrasyonu 2,79 ppm, 19.03.2010 tarihinde AVM giriş katında yapılan ölçümde PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu 122 µg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür. Evlerde yapılan ölçümlerde elde edilen en yüksek değerler Ev1 de PM<sub>10</sub> konsantrasyonu için 90 µg/m<sup>3</sup>, Ev2 de CO konsantrasyonu için 2,92 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada 18.01.2010 tarihinde ofislerde yapılan ölçümlerde en yüksek CO konsantrasyonu 10,42 ppm olarak belirlenmiştir. Bozkurt (2009) tarafından Kocaelinde belirlenen ev, ofis ve okullarda SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> gazları ve PM<sub>10</sub> için ölçümler yapılarak belirlenmiştir.

Buna göre; 31.05.2006 ve 29.06.2006 tarihleri arasında SO<sub>2</sub> için Evlerde; 2,6 µg/m<sup>3</sup>, Ofislerde;4,2 µg/m<sup>3</sup>, Okullarda; 4,6 µg/m<sup>3</sup> en yüksek konsantrasyon değerleri, NO<sub>2</sub> için Evlerde; 40,3 µg/m<sup>3</sup>, Ofislerde; 41,0 µg/m<sup>3</sup>, Okullarda; 24,4 µg/m<sup>3</sup> en yüksek konsantrasyon değerleri, O<sub>3</sub> için Evlerde; 4,6 µg/m<sup>3</sup>, Ofislerde; 4,5 µg/m<sup>3</sup>, Okullarda; 9,5 µg/m<sup>3</sup> en yüksek konsantrasyon değerleri, PM<sub>10</sub> için Evlerde ölçüm yapılmış ve 45,5 µg/m<sup>3</sup> en yüksek konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Dilmaç (2005) tarafından PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının tespit edildiği çalışmada 29.07.2005 tarihinde 141 µg/m<sup>3</sup>,16.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerde 163,04 µg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında ölçümleri yapılan gazlar ve partikül maddeye ait konsantrasyon değerlerini katlar arasındaki yoğunluğa göre değerlendirecek olursak; PM<sub>10</sub> parametresi için ölçümlerin yapıldığı aynı akslardan yukarı katlardan aşağıya doğru inildikçe PM<sub>10</sub> kirleticisinin yoğunluğunun arttığı gözlenmektedir. PM<sub>10</sub> bünyesinde ağır metal bileşiklerinin yer almasından dolayı havadan daha ağır bir yoğunluğa sahiptir. PM<sub>10</sub>' un bu yapısal özelliğinden dolayı otopark içinde en yüksek konsantrasyon değerlerine en aşağı katlarda rastlandığı düşünülmektedir.

Katlar arası gaz konsantrasyonlarını değerlendirecek olursak; SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> gazlarının ölçüm sonuçları otopark içinde her noktada sıfır tespit edilmiştir. Bundan dolayı söz konusu gazlar için katlar arası konsantrasyon farklarından söz etmek mümkün değildir. NO<sub>2</sub>, CO gazlarına ait en yüksek konsantrasyon değerleri orta katta tespit edilmiştir. Bu gazların orta katta yoğun olması garajın ilk iki katında parklanmanın daha fazla olması ve garajın giriş katında hava sirkülasyonunun alt kata nazaran daha iyi olmasından

kaynaklanabileceği düşünölmektedir. Ayrıca NO<sub>2</sub> gazı havadan daha ağır olduğundan ortamda çökme yoluyla birikerek daha uzun süre etkili olabilmektedir.

Sonuç olarak; Bu tez çalışmasında elde edilen ölçüm sonuçları göstermektedir ki çok yoğun olarak kullanılmayan, her katta dört adet sensörlü jetfun havalandırma sistemi bulunan ve doğal havalandırmaya müsait bir otopark olan iskenderpaşa otoparkında incelenen kirletici parametrelerinden CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> kirleticilerine ait konsantrasyon değerlerinin ulusal ve uluslar arası sınır değerleri aşığı, hava kalite indeksi açısından kirli bir havanın olduğ u ve insan sağlığı açısından da bir takım riskler taşıdığı düşünölmektedir. Bu çalışmadan yola çıkacak olursak motorlu taşıt giriş çıkışının olduğ u kapalı mekânlar için; belirli aralıklarla hava kalitesi kontrolünün yapılması, ortamdaki kirli havanın emilip temiz havanın verildiğı havalandırma sistemlerinin oluşturulması yasal zorunluluk haline getirilmeli ve gerekli düzenlemeler ilgili kurumlarca yapılmalıdır.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

- Alarko. 2001, *İç hava kalitesi, mühendislik eğitimi*, Teknik Geliştirme Programı:Alarko Yayınları
- Çetiner, A., 1993, *Şehir Planlaması Çalışma Yöntemleri Ve ifade Teknikleri*, İTÜ İstanbul: Mimarlık Fakültesi Basımevi,
- İUAP, 2011. *İstanbul metropoliten alanı kentsel ulaşım ana planı (iuap)*.mayıs. İstanbul
- Kayserilioğlu, R.S., 2007. *Dersaadet'ten İstanbul'a tünel*. 1. İstanbul: İETT Tarihi Dizileri: 3 FSF Brinting House.
- Kayserilioğlu, R.S., 2011. *Osmanlı'da ulaşımın serüveni*. 1. İstanbul: İETT Tarihi Dizileri:4, Görsel Dizayn.
- Kutlar, A.O., Ergeneman, M., Arslan, H. & Mutlu, M., 1998 *Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Kutlu, K., 1975. *Trafik etüdüleri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Murat, S. & Şahin, L. 2010. *Dünden bugüne İstanbul'da ulaşım*. İstanbul: İTO (İstanbul Ticaret Odası) İnter Basım.
- Müezzinoğlu, A. 1987 *Hava kirliliğinin ve kontrolünün esasları*, İzmir: Dokuz Eylül yayınları.
- Megep. 2006, *Meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları
- Tırıs, M., Kalafatoğlu, E., Okutan, H., 1993. *Hava kirliliği kaynakları ve kontrolü*. Kocaeli: Marmara Araştırma Merkezi Matbaası.

### ***Sürelî Yayınlar***

Erol, Y, S., 2011, *Çevre politikası aracı olarak eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları ve akdeniz bölgesi için işlevsel önemi, KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı.*

İlkılıç, C & Behçet. R, *Doğu anadolu bölgesi araştırmaları, 2006 F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*

Noyan,F.Ö.,1997. Azot çevre ve insan sağlığı,aralık-sayı:227 *Sızıntı Dergisi*

## ***Diğer Yayınlar***

- Arslan, M., Özgül, S. ve Boybay, M., 1996. Bazı metal ve alaşımların asit yağmurlarının etkisi ile korozyonu, *V. Korozyon Sempozyumu Bildirileri*, 2008, Adana
- Ay, E.F., Çolak, B. M., Semercioğlu, H., Hava kirliliği ve modellemesi, 2010.
- Aydın, Ö.,(2006) Havadaki SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonunun istatistiksel yöntemler ile modellenmesi : zonguldak şehir örneği. *Yüksek Lisans Tezi* Zonguldak Karaelmas Üniversitesi FBE, Zonguldak.
- Aydoğan, B.,(2008). Biyodizel kullanılan dizel motorlarda nox isyonlarının ve nox emisyonları azaltma yöntemlerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Denizli
- Aydınlar, B., Güven, H., Kırksekiz, S. 2009, *Hava Kirliliği Nedir Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir Hava Kirliliği ve Modellemesi*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
- Aysan M., 1998 Ulaşım Ders Notları İTÜ Mimarlık Fakültesi [az.cokh.net/page/5/](http://az.cokh.net/page/5/), [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- BeruBe, K.A., Sexton , K.J., Jones , T.P. , Moreno , T., Anderson , S., Richards, R.J., “The spatial and temporal variations in PM<sub>10</sub> mass from six UK homes”, *Science of the Total Environment*, 324, 41–53, (2004).
- Borrego, C., Tchepel, O., Costa, A.M., Martins, H., Ferreira, J., Miranda, A.I., “Traffic related particulate air pollution exposure in urban areas”, *Atmospheric Environment*, 40, 7205–7214, (2006).
- Bozkurt, Z., (2009) İç ortam havasında eser elementler ve inorganik gaz kirleticilerin düzeylerinin, kaynaklarının ve sağlık etkilerinin belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
- Boyacılar, Ö., (2010) “Deneysel sepsis modelinde uygulanan ozon gazı ön koşullamasının karaciğer, böbrek, akciğer histopatolojisi ve serum süperoksit dismutaz, tiyol ve malonildialdehid konsantrasyonları üzerine olan etkisinin belirlenmesi, *Uzmanlık Tezi*, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir
- Bracho, L.R., Suh, H.H., Oyola, P., Koutrakis, P., “Measurements of children’s exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago, Chile”, *The Science of the Total Environment*, 287, 249–264, (2002).



- Breysse, P.N., Buckley, T.J., Williams, D., Beck C.M., Jo, S.J., Merriman, B., Kanchanaraksa, S., Swartz, L.J., Callahan, K.A., Butz, A.M., Rand, C.S., Diette, G.B., Krishnan, J.A., Moseley, A.M., Curtin-Brosnan, J., Durkin, N.B., Eggleston, P.A., “Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore”, *Environmental Research*, 98, 167–176, (2005).
- Culum, C., (2013). Trafik sinyal sürelerinin optimizasyonu ve çevre kirliliği üzerine etkisinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- Chao, C.Y.H., Law, A., “A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers”, *Building and Environment*, 35, 545–553 (2000).
- Chao, C.Y., Wong, K.K., “Residential indoor PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Hong Kong and the elemental composition”, *Atmospheric Environment*, 36, 265–277, (2002).
- Çakmakçı M., *7.Endüstriyel Atık Yönetimi*, [www.adanaziraatmuhendisleri.com](http://www.adanaziraatmuhendisleri.com), [erişim tarihi: 15.03. 2013],
- Çağatan, K., (2011) İstanbul Atatürk havalimanı için uçak emisyonlarının belirlenmesi ve çevresel etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul.
- ÇDP, 2009. *İstanbul il çevre düzeni planı*, İBB imar ve şehircilik daire başkanlığı
- Çevre kirliliğine genel bakış., 2013. <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>, [erişim tarihi: 23.04. 2013]
- Dilmaç, E., (2005) İstanbul trafiğinde iett otobüsleri iç ortam havasında partikül madde element konsantrasyonlarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi* Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Doğan,A.,2012, ulaştırma tarihi <http://www.ulasimgazetesi.com/?id=6672> [erişim tarihi:15.04.2013].
- Drakou, G., Zerefos C., Ziomas, I., Voyatzaki, M., “Measurements and numerical simulations of indoor O<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> in two different cases”, *Atmospheric Environment*, 32, 595–610, (1998).
- Eflatun, A., (1994)., Tarihi eserler üzerine asit yağmurlarının etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Emisyonnedir.,<http://www.marcev.com/emisyonolcumu.asp?laboratuvari=emisyonnedir> [erişim tarihi 22,03,2013]
- Fidan 2010 taşıtlarda yakıt ekonomisine etki eden faktörler,2013,

- Güngör, H, C., Güngör, E, K., 2011. Konya merkezindeki park problemi ve öneriler, 6. *İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Elazığ.
- Gümrükçüoğlu, M., Soylu, Ş., [yok], Şehiriçi ulaştırma kaynaklı kirletici emisyonların hesaplanmasında adapazarı örneği
- Gümüştay, M.Ü., Erhan, S ve Ünal,A., 2009, Karayolunda hareket halindeki araçların egzost gazlarının cis ortamında analiz edilmesi, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı TMMOB*, Ankara 11-15 Mayıs, 2009.
- Güngör, E.K.,(2006). Konya Şehir Merkezinde Otopark Sorunu ve Öneriler, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hakseverler, T., (2010) İstanbul'da farklı iç ortamlarda hava kalitesinin belirlenmesi *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi FBE, İstanbul.
- Hava kirliliğinin beden sağlığına etkileri., 2013, [www.saglikbakanligi.com](http://www.saglikbakanligi.com), [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- Çetinkaya, S. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) ve Özellikleri, <http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/lpg/lpg.htm>, [erişim tarihi 16.03.2013]
- Hava atmosfer ve iklim, 2013, <http://www2.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi/hava.pdf>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- Hava kirliliğinin etkileri., <http://www.ekoloji.biz/cevre-kirliligi/hava/hava-kirliligininetkileri.html> [erişim tarihi 22.03.2013]
- <http://www.mgm.gov.tr/files/arastirma/webhakir.pdf> , [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/presentations/urban%20transport%20source%20emissions%20inventory.pdf>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- <http://www.lenntech.com/carbon-dioxide.htm>[erişim tarihi: 23.04. 2013]
- [http://www.temizhava.anadolu.edu.tr/tr/haber\\_ayrinti.php?no=47](http://www.temizhava.anadolu.edu.tr/tr/haber_ayrinti.php?no=47)[erişim tarihi: 15.03. 2013]
- <http://www.csb.gov.tr/iller/bartın/index.php?Sayfa=duyurudetay&Id=2515> [erişim tarihi: 09.07. 2013]
- <http://www.marcev.com/emisyonolcumu.asp?laboratuvari=emisyonnedir>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- <http://www.ekofinans.com/isparklara-ucretsiz-park-etme-sansi-g22129,-p8.html>, [erişim tarihi: 23.04. 2013]
- <http://webbaze.com/2013/05/hava-kirliligi-kanser-yapiyor.html>, [erişim tarihi: 23.04. 2013]

<http://www.turkishny.com/health-news/90-health-news/66521-trafikteki-youn-egzoz-duman-kalp-krizi-riskini-artryor/printing>, [erişim tarihi: 23.04. 2013]

<http://www.msxlab.org/forum/cevre-bilimleri/7520-ekoloji-ve-cevre-hakkinda-makaleler.html>, [erişim tarihi: 23.04. 2013]

<http://www.ahmetfidan.com/tasitlarda-yakit-ekonomisine-etki-eden-faktorler/24532/>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/havakirliligi.php>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.renkliweb.com/kultursanat/gecmisten-gunumuze-havayoluulasimi.html#ixzz2rmrr3o8n> [erişim tarihi: 22.03.2013].

<http://www.kuresel-icinma.org/kureselisinma/hava-kirliligi-etkileri-ve-alinacak-tedbirler.html> [erişim tarihi 21.03.2013]

<http://www.cevreonline.com/cevrekr/cevrekirlilik%20cesitleri.htm> [erişim tarihi: 22.03.2013].

<http://denizkarabas.wikispaces.com/hava+kirlilic4%9fi> [erişim tarihi: 22.03.2013].

<http://www.rsh.m.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>[erişim tarihi: 22.03.2013].

[http://www.turcek.org.tr/pages.php?page=bilgi\\_bankasi&id=171&item=0,171](http://www.turcek.org.tr/pages.php?page=bilgi_bankasi&id=171&item=0,171)[erişim tarihi: 03.03.2013].

[http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava\\_kirliligi\\_ve\\_kirleticiler\\_rapor1.pdf](http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf)[erişim tarihi 12.03.2013]

<http://www.jocozon.com/tr/index.php/teknik-bilgiler/ozon-gazinin-sinir-degerleri.html>[erişim tarihi 12.03.2013]

<http://www.ankaracevrelab.com.tr/index.php?sayfa=faydalibilgiler>[erişim tarihi 22.03.2013]

[http://www.cankaya.bel.tr/oku.php?yazi\\_id=8974](http://www.cankaya.bel.tr/oku.php?yazi_id=8974) [erişim tarihi 22.03.2013]

[http://www.cevreonline.com/emisyon/hava\\_etkiler.htm](http://www.cevreonline.com/emisyon/hava_etkiler.htm)[erişim tarihi 12.03.2013]

<http://editorturk.com/266-asit-yagmurlarinin-olusumu/> [erişim tarihi: 23.04. 2013]

<http://www.tarimreformu.gov.tr/iklim/ozon.html> [erişim tarihi 12.03.2013]

[http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%20b1kca\\_sorulan\\_sorular.pdf](http://hava.cob.gov.tr/hava/files/s%20b1kca_sorulan_sorular.pdf)[erişim tarihi 12.03.2013]

[http://www.biyolojisesi.net/tum%20uniteler/bilincli\\_birey/hava\\_kirliligi.html](http://www.biyolojisesi.net/tum%20uniteler/bilincli_birey/hava_kirliligi.html), [erişim tarihi: 15.03.2013]

<http://www.bcm.org.tr/pdf/Kapal%C4%B1%20bir%20ortamdaki%20hava.pdf>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.dersodev.com/konu/ulkemizin-cevre-sorunlari/988>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.datae.gov.tr/?x=2&a2=TOPRAK%20Y%D6NET%DDM%DD%20B%DD R%DDM%DD&bno=6>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://az.cokh.net/?s=G%C3%B6ky%C3%BCz%C3%BCne+y%C3%B6nlendirilmi%C5%9F+&x=-1071&y=-20>, [erişim tarihi: 18.03. 2013]

<http://www.bsm.gov.tr/makale/20013.asp?sayi=20013>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.siyasalforum.net/forum/showthread.php?tid=1688> [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.mgm.gov.tr/files/kurumsal/ekitap/4mevsim6/21cevresagligi.pdf>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

<http://www.belgeler.com/blg/2f32/motorlu-tasitlarin-cevreye-zararlari>, [erişim tarihi: 15.03. 2013]

İskender, E., (2010). Otopark etüt metodolojisi için gerçek zamanlı saha araştırma sisteminin tasarımı ve uygulama örnekleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, İstanbul.

Jansen, K.L., Larson, T.V., Koenig, J.Q., Mar, T.F., Fields, C., Stewart, J., and Lippmann, M., “Associations between Health Effects and Particulate Matter and Black Carbon in Subjects with Respiratory Disease”, *Environmental Health Perspectives*, 113-12, 1741-1746, (2005).

Jones, N.C., Thornton, C.A., Mark, D., Harrison, R.M., “Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban, and rural allocations”, *Atmospheric Environment*, 34, 2603–2612, (2000).

Karakuş, S, Z., (2002). Benzinli araçlardan kaynaklanan hidrokarbonların ozon oluşumuna etkisinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kavas G., 2011, Gıda ve çevre interaksyonları, 7. *Gıda Mühendisliği Kongresi GIDAMO, Ankara*, 24-26 Kasım. 2011

Kousa, A., Monn, C., Rotko, T., Alm S., Oglesby L., Jantunen M., J., “Personal exposures to NO<sub>2</sub> in the Expolis-study: relation to residential indoor, outdoor and workplace concentrations in Basel, Helsinki and Prague”, *Atmospheric Environment*, 32, 3405–3412, (2001).

- Köseoğlu, P., (1999). Yeraltı otoparkı çalışanlarında motorlu taşıt egzoz emisyonuna bağlı sağlık sorunları. *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Kılıç, T., Bozkurt, T., Mamalı, C., Ünal, G., Gümüş, A., Şentürk, H., Solak, Z ve Karataş, Ö., 2010. Motorlu taşıtlar ve adapazarı'nda motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların envanterlenmesi.
- Lee, S.C., Chang, M., “Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong”, *Chemosphere*, 41, 109–113, (2000).
- Lee, H. S., Kang, B-W., Cheongs, J-P., Lee, S.-K., , “Relationships between indoor and outdoor air quality during the summer season in Korea”, *Atmospheric Environment*, 31 (11), 1689–1693, (1997).
- Munzuroğlu, Ü., (2010). İstanbul trafiğindeki ticari taksilerin emisyon açısından olumsuz etkileri. *Y.Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Menteşe, S., (2009) Bina içi hava kalitesinin belirlenmesi ve kaynaklarının tespiti, *Doktora Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., “Particulate matter less than 10 µm (PM<sub>10</sub>) and fine particles less than 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations”, *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21, (1997).
- McCormack, M.C., Breyse , P.N., Hansel, N. N. Matsui, E.C., Tonorezos, E.S., Curtin-Brosnan, J., Williams, D.L , Buckley, T. J., Eggleston, P.A., Diette, G.B., “Common household activities are associated with elevated particulate matter concentrations in bedrooms of inner-city Baltimore pre-school children”, *Environmental Research*, 106, 148–155, (2008).
- Motorlu araçlarda emisyon., 2013. <http://www.emrelpg.com/arizatespitcihazlari/bilgi-emisyonlar-33-tr.html>, bölüm 9 [erişim tarihi: 23.04. 2013]
- Onat,B., Stakeeva, B.,2009. İstanbul'da farklı ulaşım türleri ile seyahat esnasında maruz kalınan partikül maddenin (PM<sub>2.5</sub>) belirlenmesi, *Makina Mühendisleri Odası 9. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi* 06-09 mayıs 2009
- Öztürk. Z., 1999, Motorlu araçlardan oluşan kirlilik ve egzoz emisyon regülasyonları, 2. *Ulaşım ve Trafik Kongresi* MMO, Ankara 29 Eylül 1999 – 02 Ekim 1999.
- Ötken, B., Gümüşay, M.Ü., 2009. Karayolunda hareket halindeki taşıtların çevreye yaydıkları emisyonların analizi için cbs ara yüzlerin hazırlanması, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* TMMOB, Ankara 11-15 Mayıs, 2009.
- Özen M., (2006). Karayolu ulaşımının hava kirliliğine etkileri ve çözüm önerileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi FBE. Ankara

- Rojas-Bracho, L., Suh, H.H., Oyola, P., Koutrakis, P., “Measurements of children’s exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago”, *Chile The Science of the Total Environment*, 287, 249-264, (2002).
- SAU, Motorlu taşıtlar ve adapazarı’nda motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların envanterlenmesi., 2013.  
<http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf> [erişim tarihi: 23.04. 2013]
- Sarıtop, B., (2010). Asit yağmurlarının Mardin ve çevresindeki tarihi eserlere etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ
- Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Grieken, R. V., “Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium”, *Environment International*, 33, 789–797, (2007).
- Şehir planlama müdürlüğü. *1/100.000 ölçekli istanbul il çevre düzeni Planı raporu (çdp)*, İstanbul.
- Şahin, A., (2009). Otopark Geliştirme Analizi: İstanbul Merter Yer Altı Otoparkı Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taş, C., (2012). Kent içi otoparklarının planlama ve yönetim uygulamalarının incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Türker, p., (2005). Mersin’ de yağmursuyunun temel iyonik bileşimi-asit yağmurları, *Yüksek Lisans Tezi*, Mersin Üniversitesi, Mersin
- Usepa, characteristics of particles – particle size categories., 2013,  
<http://www.epa.gov/air/oaqps/eog/bces/module3/category/category.htm>, [erişim tarihi: 25.04. 2013]
- Yalınz, P., (2006). Kentsel ulaşırmada otomobil kullanıcılarının toplu taşımaya yönlendirilmesi: Çevresel etkileri içeren analiz ve planlama, *Doktora Tezi* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, FBE, Eskişehir.
- Yılmaz, O., (2012). Toplu Taşımanın ve Kullanımının Yaygınlaşması İçin Bir Çalışma: İstanbul Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- Zhao, Z., Zhang, Z., Wang, Z., Ferm, M., Liang, Y., Norback, D., “Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China”, *Environmental Health Perspectives*, 116, 90–97, (2008).
- [www.yildiz.edu.tr/~sandalci/dersnotu/dizel\\_yakit\\_sistemleri3.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~sandalci/dersnotu/dizel_yakit_sistemleri3.pdf), [erişim tarihi: 15.03. 2013]
- [web.adu.edu.tr/user/garmagan/courses/cdke/cevre.ppt](http://web.adu.edu.tr/user/garmagan/courses/cdke/cevre.ppt), [erişim tarihi: 15.03. 2013]

[www.dogus.edu.tr/memek/2007.../TUR212/Gürültü%20Kirliliği.doc](http://www.dogus.edu.tr/memek/2007.../TUR212/Gürültü%20Kirliliği.doc), [erişim tarihi:  
15.03. 2013]

[www.agri.ankara.edu.tr/irrigation/1024\\_meteor\\_4hafta.ppt](http://www.agri.ankara.edu.tr/irrigation/1024_meteor_4hafta.ppt), [erişim tarihi: 15.03. 2013]

[web.sakarya.edu.tr/~ssoylu/dersler/.../co2%20ve%20co%202008.ppt](http://web.sakarya.edu.tr/~ssoylu/dersler/.../co2%20ve%20co%202008.ppt)[erişim tarihi:  
23.04.2013]

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Adı Soyadı :</b>	Mustafa FIRAT
<b>Sürekli Adresi :</b>	Başakşehir/İstanbul
<b>Doğum Yeri ve Yılı:</b>	İstanbul, 1986
<b>Yabancı Dili:</b>	İngilizce
<b>İlk Öğretim :</b>	İstanbul Fatih Oruçgazi İlköğretim Okulu ve Orta Okulu, 1999
<b>Orta Öğretim :</b>	Eminönü Cibali Lisesi, 2003
<b>Lisans :</b>	Balıkesir Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2004
<b>Yüksek Lisans :</b>	Bahçeşehir Üniversitesi, 2013
<b>Enstitü :</b>	Fen Bilimleri
<b>Program Adı :</b>	Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
<b>Çalışma Hayatı :</b>	İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2008