

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BALIKESİR' DE PARTİKÜL MADDE KİRLİLİĞİNİN  
KARDİYORESPIRATUAR MORTALİTE ÜZERİNE ETKİLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çev. Müh. Emine BAYRAKTAR**

**Balıkesir, 2010**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BALIKESİR' DE PARTİKÜL MADDE KİRLİLİĞİNİN  
KARDİYORESPIRATUAR MORTALİTE ÜZERİNE ETKİLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çev. Müh. Emine BAYRAKTAR**

**Balıkesir, 2010**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BALIKESİR' DE PARTİKÜL MADDE KİRLİLİĞİNİN  
KARDİYORESPIRATUAR MORTALİTE ÜZERİNE ETKİLERİNİN  
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev. Müh. Emine BAYRAKTAR

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Lokman Hakan TECER

Sınav Tarihi: 13/12/2010

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Lokman Hakan TECER (Danışman-BAÜ)

Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Nadir İLTEN (BAÜ)

Balıkesir, 2010

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın başından sonuna kadar konu seçimi ve içeriğin belirlenmesi dahil olmak üzere her aşamada bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, doğru yönlendirmeleri sayesinde oluşturduğum bu çalışmada beni yalnız bırakmayan ve öğrencisi olmaktan onur duyduğum sayın hocam Doç. Dr. Lokman Hakan Tecer' e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmalarım sırasında da anlayışları, sevgi ve sabırlarıyla beni destekleyen annem Hatike Bayraktar, babam Süleyman Bayraktar, Emin Bayraktar ve Baycan Ailesine çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|   |     |
|---|-----|
| ÖNSÖZ   | vi  |
| İÇİNDEKİLER   | vii |
| ŞEKİL LİSTESİ   | ix  |
| TABLO LİSTESİ   | x   |
| ÖZET  | xi  |
| ABSTRACT  | xii |
| 1. GİRİŞ  | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER   | 3   |
| 2.1 Hava Kirletici Kaynakları   | 3   |
| 2.1.1 Doğal Kaynaklar   | 3   |
| 2.1.2 Antropojenik Kaynaklar  | 4   |
| 2.2 Başlıca Hava Kirleticiler   | 4   |
| 2.2.1 Kaynaktan Çıkışlarına Göre Kirleticiler                           | 5   |
| 2.2.2 Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler                             | 6   |
| 2.3 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri                                   | 7   |
| 2.3.1 Gaz Kirleticiler  | 8   |
| 2.3.2 Partikül Halindeki Kirleticiler                                   | 15  |
| 2.3.2.1 Partikül Maddenin İnsan Vücuduna Giriş Yolu                     | 19  |
| 2.3.2.2 Partikül Maddenin Sağlık Etkileri                               | 22  |
| 2.4 Partikül Madde ve Mortalite Çalışmalarına Genel Bakış               | 26  |
| 2.4.1 Genel Metodoloji ve Çalışma Türleri                               | 29  |
| 2.4.1.1 Araştırma Yapılan Topluma Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri | 30  |
| 2.4.1.2 Zamana Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri                    | 30  |
| 2.4.1.3 Amaca Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri                     | 31  |
| 2.5 Lojistik Regresyon  | 36  |
| 2.5.1 Conditional Regresyon Modeli                                      | 40  |
| 2.5.1.1 $\beta$ katsayılarının önemliliğinin test edilmesi              | 42  |
| 2.5.1.2 Katsayıların Yorumlanması                                       | 44  |
| 3. MATERYAL METOT   | 47  |
| 3.1 Çalışma Bölgesinin Tanımı   | 47  |
| 3.2 Hava Kirliliği ve Epidemiyolojik Verilerin Toplanması               | 50  |
| 3.3 Sağlık Risk Analizi   | 51  |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 4. BULGULAR                   | 53 |
| 4.1 Tanımlayıcı bulgular      | 54 |
| 4.2 Risk Analizleri Sonuçları | 56 |
| 5. TARTIŞMA ve SONUÇ          | 61 |
| KAYNAKLAR                     | 65 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Şekil 2.1  | Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları .....                      | 6  |
| Şekil 2.2  | Kükürt dioksitin havadaki teşekkülü .....   | 14 |
| Şekil2.3   | Hava kirleticilerin büyüklükleri . .....  | 19 |
| Şekil 2.4  | Solunum yolu elemanları .....   | 20 |
| Şekil 2.6  | Gözlemsel epidemiyolojik çalışmalar.....  | 31 |
| Şekil2.7   | Kohort çalışmaların şematik gösterimi .....   | 33 |
| Şekil 2.8  | Kohort çalışmaların zamanları .....   | 34 |
| Şekil 2.9  | Lojistik regresyon fonksiyonu .....   | 38 |
| Şekil 2.10 | Lojistik fonksiyon.....   | 39 |
| Şekil 2.11 | Lojistik fonksiyonun S modeli .....   | 39 |
| Şekil3.1   | Çalışma bölgesi .....   | 48 |
| Şekil 4.1  | Haziran 2007-Mart 2010 dönemi PM konsantrasyonlarının aylara göre ortalaması (ppm)..... | 54 |
| Şekil 4.2  | Haziran 2007-Mart 2010 dönemi Balıkesir hava kirleticilerin zamansal değişimi.....      | 54 |
| Şekil 4.3  | Zamana göre mortalitenin değişim grafikleri .....                                       | 54 |

## TABLO LİSTESİ

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tablo 2.1 | Hava kirlenmesi seviyelerine göre beklenen sağlık etkileri .....  | 23 |
| Tablo 2.2 | PM <sub>10</sub> konsantrasyonunun 10 µg/m <sup>3</sup> artışının sağlık üzerine kısa süreli etkileri .....   | 25 |
| Tablo 2.3 | 1952 yılında Londra' da yaşanan hava kirliliğine bağlı spesifik mortalite nedenleri .....   | 27 |
| Tablo 2.4 | 1974 – 1989 (periyod 1) ve 1990-1998 (periyod 2) yılları arasında 6 şehirde toplam ölüm ve bu süreçler içinde yıllık ölen sayısı . .....                | 29 |
| Tablo 2.5 | Epidemiyolojik çalışma tipleri ve avantajları .....   | 36 |
| Tablo 3.1 | 1999-2009 yılları Ekim-Mart ısınma dönemi PM ölçüm değerleri .....  | 49 |
| Tablo 3.2 | ICD–10 Ana Tanı Gruplarına ve Cinsiyete Göre Hastane Ölümlerinin Dağılımı, (%), .....   | 50 |
| Tablo 3.3 | Uluslararası İstatistiksel Sınıflaması ICD-10 da belirtilen Hastalık Sınıf Adı ile Hastalık Kodları.....  | 51 |
| Tablo 4.1 | Haziran 2007-Mart 2010 dönemi Balıkesir hava kirletici ve meteorolojik verilerin tanımlayıcı istatistiği.....   | 53 |
| Tablo 4.2 | Haziran 2007 ile Mart 2010 tarihlerinde ölüm vakasının görüldüğü hastaların yaş ve cinsiyet dağılımı.....   | 55 |
| Tablo 4.3 | Yaş ve Cinsiyete Göre Hastane Ölümlerinin Dağılımı, (%).....  | 55 |
| Tablo 4.4 | PM <sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10 µg/m <sup>3</sup> 'lük artışın solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı mortalite riski..... | 58 |
| Tablo 4.5 | Solunum sistemi hastalıklarına bağlı mortalite için OR.....   | 59 |
| Tablo 4.6 | Yaşlara göre solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı mortalite için OR.....   | 60 |



## ÖZET

Havaya karışan kirleticilerin doğrudan ya da dolaylı olarak vücutta birikimi sonucunda olumsuz sağlık etkilerine neden olduğu bilinen bir geçektir. Epidemiyolojik çalışmalar, hava kirliliği ile kardiyorespiratuar mortalite arasında açık bir ilişki olduğunu ortaya koymakta ve araştırmacıların ilgisini bu yöne çekmektedir.

Bu çalışmada atmosferik partikül maddenin mortalite üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada Balıkesir Devlet Hastanesinden mortalite vakalarına ilişkin veriler toplanmıştır. Günlük olarak toplanan hava kirliliği ve meteorolojik veriler maruziyet hesaplamalarında kullanılmıştır.

Çalışma periyodu boyunca (Haziran 2007- Mart 2010) partikül madde ortalaması  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , standart sapması  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bulunmuştur. Partikül madde konsantrasyonundaki her  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artış için kronik alt solunum yolu hastalıklarından ölümleri %17 arttırdığı bulunmuştur.

Anahtar Kelime: Hava kirliliği, partikül madde, sağlık etkileri, kardiyorespiratuar mortalite, lojistik regresyon

## ABSTRACT

It 's a well-known fact that the pollutants which are mixed with the air affect the human health negatively in a direct or indirect way. Epidemiological studies show that there is a explicitly a clear the relationship between air pollution and respiratory deaths and this attracts researchers' attention to this matter.

In this study the effects of the atmospheric particulate matter's on deaths have been examined. The data of Balikesir Public Hospital on mortality have been gathered. The daily data of air pollution that have been gathered has been used in exposure calculations.

During the study period (June, 2007 – March, 2010), the average of particulate matter has been  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , standart deviation  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  found. For the each increase of  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in the particulate matter concentration, as Chronic lower respiratory diseases cause the deaths to increase by % 17.

Key words: Air pollution, particulate matter, health effects, cardiorespiratory mortality, logistic regression

## 1. GİRİŞ

İnsan sağlığı ve çevreye zarar veren kirletici ya da bileşenlerinin belirli miktarlarda ve sürelerde havada bulunmasına hava kirliliği denir. Endüstri devrimi ile birlikte önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya başlayan hava kirliliği ile ilgili ilk belirlemeler 1200 'lü yıllara kadar uzanır. Pensilvanya ve Londra'da 1948 ve 1952 yıllarında meydana gelen akut hava kirliliğinin pek çok kişinin hastalanmasına hatta ölümüne neden olduğu bilinmektedir [1,2,3].

Türkiye' de hava kirliliği, özellikle 1950' li yıllardan sonra görölmeye başlanmış olup hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme sonucu artan enerji talebinin daha çok fosil yakıtlarla karşılanmaya çalışılması başta büyük kentler olmak üzere şiddetli hava kirliliği epizodlarına yol açmıştır [2].

Havaya karışan kirleticilerin doğrudan ya da dolaylı olarak vücutta birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli etkisidir. Epidemiyolojik alışmalar, hava kirliliği ile kardiyorespiratuar mortalite ve morbidite arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmektedir. Özellikle partikül madde (PM) kirliliği ile devamında gelen, günden güne artan ölüm oranları arasındaki açık ilişki araştırmacıların ilgisini bu yöne çekmektedir [2,4,5].

Bu çalışmanın konusunu, önemli sağlık etkisi olduğu bilinen atmosferik partikül maddenin kardiyorespiratuar mortalite üzerine etkilerinin incelenmesini oluşturmaktadır. Bu kapsamda, çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden lojistik regresyon analizinin esasları ve ana basamakları açıklanarak mortalite verilerine uygulanmış, hesaplanan katsayıların yorumlaması yapılmıştır. Konuyla ilgili teorik bilgilerin yanında, partikül madde-mortalite çalışmalarının metodolojisine, bulgu ve sonuçlarına da yer verilmiştir.

Çalışmada 01.06.2007 ile 31.03.2010 tarihleri arasında meydana gelen mortalite olayları incelenmiş, bu bilgiler Balıkesir Devlet Hastahanesi' nden temin edilmiştir. Bağımlı değişken olarak kabul edilen kardiyorespiratuar mortalite vakaları ile hava kalitesi verileri ve 459 bireyden elde edilen diğer bağımsız değişkenlerin ilişki dereceleri ve önemlilikleri test edilerek yorumlanmıştır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

Hava kirliliği; atmosferde bulunan toz ve gaz şeklindeki kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyalara zarar verecek konsantrasyonlara ulaşması olarak tanımlanabilir.

Hava kirleticiler çevreye doğal ya da antropojenik faaliyetler sonucu salınırlar. Hava kirletici maddelerin kaynakları; doğal ve antropojenik kaynaklar, hareketli ve sabit kaynaklar gibi pek çok kategoriye ayrılabilir. Kirliliği, şehirleşmenin beraberinde getirdiği kentsel kaynaklar oluşturduğu gibi, buna ek doğal kaynaklar ve olarak uzun mesafeli taşınımların da bu kirlilik olaylarına önemli katkısı olduğu bilinmektedir [5].

### **2.1 Hava Kirletici Kaynakları**

Gerek gaz gerekse partikül halindeki kirleticilerin yayıldığı yere kirletici kaynak adı verilir [6]. Hava kirliliğine yol açan kaynaklar temel özellikleri göz önüne alındığında iki ana grupta incelendiği görülür. Bunlar; doğal hava kirliliği kaynakları ve antropojenik (insan kaynaklı) hava kirliliği kaynaklarıdır.

#### **2.1.1 Doğal Kaynaklar**

Hava kirleticilerin pek çoğu atmosferde meydana gelen tabii olaylar sonucu oluşmaktadır. Bunlara örnek olarak çiçek tozu zerreleri, mantar sporları, tuz spreyleri, orman yangınları sonucu oluşan dumanlar ve volkanik patlamalarla oluşan ince tozlar, karboksi hemoglobinin ayrışmasından meydana gelen CO, kükürt içeren amino asitlerin bakteri faaliyetleri ile ayrışmasından meydana gelen H<sub>2</sub>S, azot oksitler, ve CH<sub>4</sub> gazları verilebilir [4,7].

### **2.1.2 Antropojenik Kaynaklar**

Bu kaynaklar, hammaddeleri insanların kullanımına sunabilmek için gereken süreçler sonucu oluşur ve farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Yanma kaynakları alan (evsel kaynakların hakim olduğu kentsel alanlardaki bacalar ve taşıt egzozları alan kaynakları) ya da nokta kaynak (büyük endüstriyel tesisler ise nokta kaynakları meydana getirir), sabit (ısınma ve üretim amaçlı faaliyetlerin yapıldığı yerlerdir) ya da hareketli kaynaklar (taşımacılık amaçlı kullanılan araçlardır), iç ya da dış ortam kaynakları şeklinde sınıflandırılabilir. Bu kaynakların kirlilik potansiyeli ve muhtemel etkileri kaynağın gücü, kaynak karışımı ve kaynak çevresindeki alıcı ortam özelliklerine bağlıdır [4,8,9].

Hızlı kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısının artması, meteorolojik koşullar, ısınmada kullanılan yakıtlar, endüstriyel kuruluşlar ve termik santrallerin yaygınlaşması hava kirliliğinin artmasında büyük rol oynamaktadır [3].

Yakma tesislerinde ortaya çıkan kirletici emisyonlar partikül halindeki kirleticiler olup uçucu küller, yanma dumanları, kükürt ve azot oksitlerden ibarettir. Hava kirlenmesine neden olan kükürt bileşiklerinden en önemlisi kükürt dioksittir. Genel olarak hava kirleticilerinin %18' ini oluşturur. Yakma tesislerinde meydana gelen diğer kirleticiler; organik asitler, aldehitler, amonyak ve karbon monoksitten ibarettir [7].

Ulaşımdan kaynaklanan en önemli kirleticiler egzoz gazlarıdır. Karbon monoksit ve azot oksitlerin en temel kaynağı araçlardır. İlaveten, otomobillerin neden olduğu partikül halindeki kirleticiler duman (smog) ve kurşun zerreciklerinden oluşur [7, 10].

### **2.2 Başlıca Hava Kirleticiler**

Hava kirletici parametreler atmosferde çok değişik şekillerde bulunabilmektedir ve bu çeşitlilik sebebiyle kirleticilerin sınıflandırılmasına ihtiyaç

duyulmaktadır. Kaynaklarına, kaynaktan çıkışlarına ve kimyasal yapılarına göre farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırmalardan en önemlileri kirleticilerin atmosferde yer alış durumları ile fiziksel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmalardır [4,11].

### **2.2.1 Kaynaktan Çıkışlarına Göre Kirleticiler**

#### **• Birincil Kirleticiler**

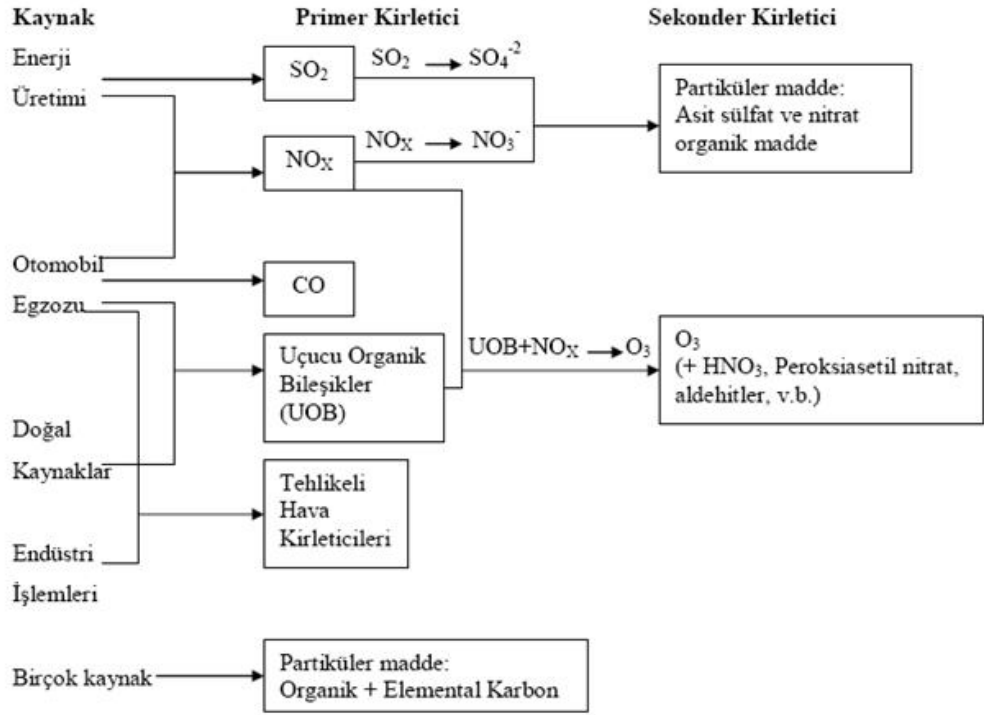
Havaya karışan kirleticiler, kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde atmosferde bulunurlarsa birincil kirletici olarak adlandırılırlar ve bu grupta kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), partiküller, hidrojen florür, uçucu organik bileşikler yer almaktadır [8,12].

Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>=NO+NO<sub>2</sub>), partikül maddeler geçmişten günümüze kadar insanları ve diğer canlılar ile cansız çevreyi etkilenen majör kirleticilerdir.

#### **• İkincil Kirleticiler**

Atmosferde bulunan birincil kirleticiler fotokimyasal tepkimelerle daha ileri oksitlenme seviyelerine yükseltgenebilirler ve bu şekilde birincil kirleticiler ile atmosferik özellikler arasındaki fiziksel ve kimyasal girişimler sonucu meydana gelen kirleticilere ikincil kirleticiler denir [8,11,12].

Hava kirleticileri, kimyasal içerik ve yapılarına göre farklı biçimlerde havada bulunabilirler. Bu biçimler gerek sağlık etkileri boyutunu gerekse de dış ortam hava kalitesi ölçüm ve değerlendirmelerini etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır [12]. Şekil 2.1 atmosferde bulunan başlıca hava kirleticilerini ve bunların başlıca kaynaklarını göstermektedir [12].



Şekil 2.1 Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları [12]

## 2.2.2 Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler

Hava kirleticiler kimyasal yapısına göre; inorganik gazlar, organik gazlar ve partikül madde şeklinde sınıflandırılabilirler [4].

### • İnorganik Kirleticiler;

Azot oksitler, karbon oksitler, kükürt oksitler ve diğer anorganiklerdir (Florür, Klorür, Amonyak vb.) [4,13].

### • Organik Kirleticiler;

Hidrokarbonlar, aldehitler, ve diğer organikler (benzen, benzo-a-pyrene) bu grupta yer alır [4,13].

### • Partiküller;

Katı partiküller (toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest) ve sıvı partiküller (sis, duman, yağ ve asitler) örnek olarak verilebilir [4,13].



### 2.3 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri

Antropojenik kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarı, birkaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Meydana gelen kirleticiler, oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçüde etki meydana getirebilirler [13].

Hava kirleticiler, başta insan sağlığı olmak üzere bitkilerle birlikte doğal ve yapay çevreye de olumsuz etki yapmaktadır. İnsan sağlığına etkileri morbidite ve mortalite olarak kendini göstermektedir. Bitkiler üzerine etkileri ürün kaybına yol ačan çeşitli şekillerde gelişir. Yapı malzemelerinin bozulması, renklerinin solması ve korozyon etkisi ise hava kirliliğinin çevreye olan diğer etkisine örnek olarak verilebilir.

Hava kirliliğinin sağlık etkisi öksürük ve bronşitten kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar değişmektedir. Kirliliğin olumsuz etkileri sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte, bazı duyarlı gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sorunlar ortaya çıkarmaktadır [13].

Toksikoloji çalışmaları, “bir trafik tüneline dizel partikülleri gibi kirleticilere yüksek konsantrasyona kısa süreli maruz kalma ya da kırsal alanlarda ozon gibi kirleticilere düşük konsantrasyonda uzun süreli maruz kalmanın daha büyük risk oluşturacağı, hangi gruptaki insanların genetik ve psikolojik nedenlerden dolayı daha büyük risk altında olduğu” gibi sorulara yanıt bulmayı umduğumuz bilim dalıdır [14].

Toksikolojik çalışmalar insan sağlığını etkileyen altı kirletici üzerinde yoğunlaşmıştır. VOC ‘ler gibi tahriş edici aldehitleri içeren diğer kirleticilerin de varlığı unutulmadan bu altı kirletici şunlardır [14].

- ❖ Ozon (O<sub>3</sub>)
- ❖ Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)
- ❖ Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)

- ❖ Karbon monoksit (CO)
- ❖ Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>)
- ❖ Partikül madde (PM)

### 2.3.1 Gaz Kirleticiler

Hava kirlenmesine neden olan gaz kirleticiler, normal sıcaklık ve basınç altında gaz formunda bulunan maddeler ile normal basınç ve sıcaklık altında katı veya sıvı halde bulunan maddelerin buharlarından meydana gelir [7].

Bu bölümde inorganik (azot oksitler, karbon oksitler vb.) gazlar ile organik gazlar (hidrokarbonlar, aldehitler vb.) birlikte incelenmiştir.

#### • Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon Avrupa'daki en ciddi hava kirleticilerdendir. Fotokimyasal smogun ana bileşenlerindedir. Doğal olarak atmosferde şimşek, yıldırım gibi elektriksel olayların sonucunda oluşur. İnsan faaliyetleri sonucu atmosferde önemli bir ozon emisyonu oluşmaz. Troposferde, güneş ışınlarının azot oksitlerle dolaylı etkisi sonucunda oluşmaktadır [4,14].

Ozon ve oksidantlarının kimyasal reaktivitelerine bağlı olarak havada kalış sürelerinin çok kısa olması nedeniyle inhalasyon dışında başka bir maruziyet yolu mevcut değildir [4].

Bir modelleme çalışmasına göre; ozon alımının aşağıda belirtilen karakteristikliklerle gerçekleştiği tahmin edilmektedir [4] ;

1. Ozon, vücuda giriş konsantrasyonuna bağlı olarak akciğerlerin bulunduğu bölgedeki tüm dokular tarafından emilir.
2. Gerek insan gerekse hayvan dokuları tarafından emilebilen maksimum doz; soluk borusu ile alveoller arası dokularda bulunmaktadır.
3. Soluk borusunda bulunan mukoz dokuların ozon emilimi; kişiye, kişinin soluk borusundaki ozon konsantrasyonuna ve solunum miktarına bağlıdır.

4. Solunan ozonun çok az miktarı kana geçmektedir.

Sudaki çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı akciğerin derinliklerine kadar taşınır ve buralarda depolanır. Özellikle akciğer fonksiyonları üzerinde önemli ölçüde zararlı olduğu tespit edilmiştir. Bronş ve hava keseciklerine önemli derecede zarar verir [4,14].

Sağlık etkileri önce solunum fonksiyonlarında azalma, solunum yolu inflamasyonları, solunum yolu geçirgenliğinde yükselme, hiper reaktivite yükselmesi sonra solunum yolunda geri çevrilemez yapısal değişikliklerdir. Tekrarlı ya da yüksek O<sub>3</sub> seviyelerine uzun süreli maruz kalma geri dönüşü olmayan etkiler ve astım gibi kronik akciğer hastalığı taşıma riskini yükseltir [14].

Genelde ozon maruziyeti, 1-3 saatlik süreyi kapsamaktadır. 200 µg/m<sup>3</sup> oksitleyici konsantrasyonuna maruziyet; göz, burun ve boğaz tahrişine, göğüs sıkışması, öksürük ve baş ağrısına neden olmaktadır. Çocuk ve gençlerde akciğer fonksiyonlarının azalmasına sebep olan konsantrasyon ise 160-300 µg/m<sup>3</sup>'tür [4].

#### • Azot Dioksit (NO<sub>2</sub>)

Azot dioksit nüfusun yoğun olduğu alanlarda major hava kirleticilerindendir [14]. Atmosfere yayılımı; taşıt egzostları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması ve elektrik üretimi gibi kaynaklardan olmaktadır [4].

Azot oksitler yüksek sıcaklıkta atmosferdeki azotun termal olarak bağlanması neticesinde ortaya çıkar. Normal olarak her yakma tesisinin işletilmesi sırasında sürekli olarak azot diokside dönüşen azot monoksit (NO) meydana gelir. Özellikle yüksek sıcaklık ve basınçtaki yanmalar atmosferik azotu, NO haline dönüştürür. Azot monoksit oksijenle yavaş olarak veya hızlı bir şekilde ozonla oksitlenerek azot dioksit haline gelir [7].

Azot dioksit hem birincil hem de ikincil kirleticidir. Bir kısmı yanma proseslerinden yayılır, bir kısmı atmosferde devam eden kimyasal reaksiyonlar ile oluşur [13].

Azot dioksitin gaz halinde bulunması nedeni ile solunum yolu maruziyeti söz konusudur. Azot dioksitin büyük bir kısmı solunum yollarında birikerek, %80-90 'ı absorbe olur. Emilimin alt solunum yollarından olduğu, hayvan deneyleri sonucunda belirlenmiştir [4].

3000-9400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyonlarına 10-15 dakika maruziyet sonucunda; normal ve bronşitli kişilerde akciğer solunum fonksiyon değişimleri gözlenmiştir [4].

Azot dioksit maruziyeti sonucunda oluşan şikayetler; normal ve sağlıklı kişilerde 1880  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyonundan itibaren başlarken, astımlı kişilerde aynı şikayetler 940  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyon seviyesinden itibaren başlamaktadır [15].

Bir haftadan bir aya kadar olan sürede 1880  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  den az konsantrasyona maruziyette; bronşiyel ve pulmoner bölgelerindeki hücrelerde anormal değişiklikler, 940  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyona maruziyette ise akciğerlerin bakteriyel enfeksiyonlara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir [4].

#### • Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs)

Polinükleer aromatik hidrokarbonlar iki veya daha fazla benzen halkası içeren organik bileşiklerdir. Tam yanmayan yakıtlardan yükselen organik bileşikleri içeren büyük bir gruptur. Düşük buhar basıncına sahip olan polinükleer aromatik hidrokarbonlar partiküler madde üzerinde absorblanır [4].

Prolitik prosesler sonucu oluşurlar. Özellikle karbonizasyon gibi doğal proseslerin yanı sıra, organik maddelerin yanması ile de meydana gelir [4].

Maruziyet solunum sistemi aracılığı ile oluşmasına rağmen, sudaki çözünürlüğü nedeniyle polinükleer aromatik hidrokarbonların su ile vücuda alınması mümkündür. Saklama ve pişirme şekline bağlı olarak; et, balık, sebze ve meyvalarda

yaygın olarak bulunur. Bu nedenle gıdalar aracılığı ile de vücuda PAH alınmaktadır. Gıdalar ile alınan PAH' lar hava aracılığı ile alınanlardan daha fazla olmaktadır [4].

Gaz fazında ya da partikül madde yüzeyinde bulunan PAH' lar oldukça geniş ve çeşitli kanserojenik etkiye sahiptir. Özellikle partikül madde yüzeyinde bulunan PAH' lar daha yüksek kanserojenik potansiyele sahiptir. Fakat havada tek başına bulunan PAH' lar ile partikül madde etrafında bulunan PAH' ların toksik etkilerini ayırt etmek mümkün değildir [14].

Solunum sistemi ile vücuda alınan polinükleer aromatik hidrokarbonun akciğer kanserine neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda polinükleer aromatik hidrokarbonların solunum sistemi kanserlerinin yanı sıra spesifik olarak bu gaz ile çalışan işçilerde cilt kanserine neden olduğu tespit edilmiştir [4].

Bir PAH olan benzo[a]pyrene kentlerde genelde 1 ng/m<sup>3</sup> seviyelerinin altında bulunur fakat bazen önemli ölçüde yüksek seviyelere ulaşabilir. Avrupa Birliği' nin benzo[a]pyrene için önerdiği limit değer 1 ng/m<sup>3</sup>' tür [14].

PAH' lar DNA' ya zarar verir ve mutasyona neden olurlar. Böyle bileşikler için maruziyet eşik değeri olmaksızın insan sağlığını etkilediği düşünülmektedir. Kanserojen etkisi nedeniyle güvenilirlik limiti önerilememektedir. Yapılan son çalışmalar suda çözünebilen atmosferik partikül bileşikleri PAH ve türevlerini içerdiğini ve inflamasyonu tetikleme, kanser gelişim, astımı şiddetlendirmesi gibi etkileri olduğunu ileri sürmektedir [14].

#### • Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit eksik yanma ürünü olup; taşıtlar, endüstriyel işlemler, ısıtma sistemleri ve insinatörler en önemli kaynaklarıdır. Doğal oluşum kaynakları biyolojik aktivitelerdir. Ancak doğal kaynaklardan oluşan karbon dioksit ihmal edilebilecek düzeydedir. En büyük kaynağı otomobil eksozlarıdır [4].

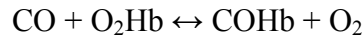
Atmosferdeki konsantrasyonu senede 0,7 ppm mertebesinde artması, bu gazın muhtemel etkilerinin göz önüne alınmasını gerektirmiştir. Bugüne kadar bilinen

etkisi, güneş enerjisini absorbe ederek atmosferdeki ısının artmasına sebep olmaktadır. Karbon monoksit karbonlu maddelerin eksik yanmasından ileri gelir. Sanayi kuruluşlarında sağlıklı bir işçinin çalışma ortamında bulunabilecek maksimum CO konsantrasyonu 50 ppm' dir. 1000 ppm' lik konsantrasyona 4 saat maruz kalan bir kişi ölüm tehlikesi altındadır. Çok şeritli ve ağır trafik yükü bulunan bir otoyolda seyreden bir otomobilin içindeki CO konsantrasyonu 25-50 ppm civarında olmaktadır [4].

En önemli maruziyet, solunum yolu ile olmaktadır. Solunum yolu ile alınan karbon monoksit kandaki hemoglobin protohem demiri ile reaksiyona girerek kuvvetli bağlar oluşturur [4].

Karbon dioksitin hemoglobine bağlanması doku ve organlara giden kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Kanda oluşacak karboksi hemoglobin miktarı karbon monoksit konsantrasyonuna, maruziyet süresine, kandaki mevcut karboksi hemoglobin miktarına, çevresel koşullara, sigara alışkanlığına ve kişinin fiziksel aktivitesine bağlı olarak değişim göstermektedir [4, 8,14].

Karbon monoksit kandaki hemoglobine bağlanarak karboksi hemoglobini (COHb) oluşturur [14]. Karbon monoksitin hemoglobine bağlanması kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Reaksiyon geri dönüşümlü olduğundan hemoglobinle birleşen CO 3-4 saat içinde alveollerden havaya geri verilir. Normal bir insan dış kaynaklardan bağımsız olarak vücutta meydana gelen mekanizmalar sonucu %0,4 seviyesinde COHb oluşur ve dış kaynaklardan gelen CO ile yükselir [8].



Karbon monoksit maruziyeti ile ilişkilendirilebilecek dört sağlık etkisi vardır [4];

- Kardiyovasküler etkiler,
- Nörolojik davranış etkileri,
- Fibrinoliziz etkiler,
- Peritinal etkiler.

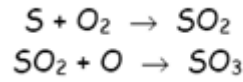
### • Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>)

Renksiz, keskin kokulu bir gazdır. Kükürt içeren fosil yakıtların yakılması (kömür vb.), kükürt içeren maden cevherlerinin çıkartılması SO<sub>2</sub> kaynaklarıdır [14].

Son on yılda Avrupa' nın çeşitli kısımlarında atmosferdeki seviyesi düşmüştür ve hava kalite standartlarına uygun SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 24 saatlik ortalama konsantrasyonu 125 µg/m<sup>3</sup>, saatlik konsantrasyonu 350 µg/m<sup>3</sup> seviyesindedir. Düşük seviyelerdeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonun sağlık etkileri ile ilgili bilgi mevcut değildir. Ancak yüksek seviyedeki SO<sub>2</sub>' nin hem sağlıklı hem de astımlı kişiler üzerinde zararlı etkileri vardır [14].

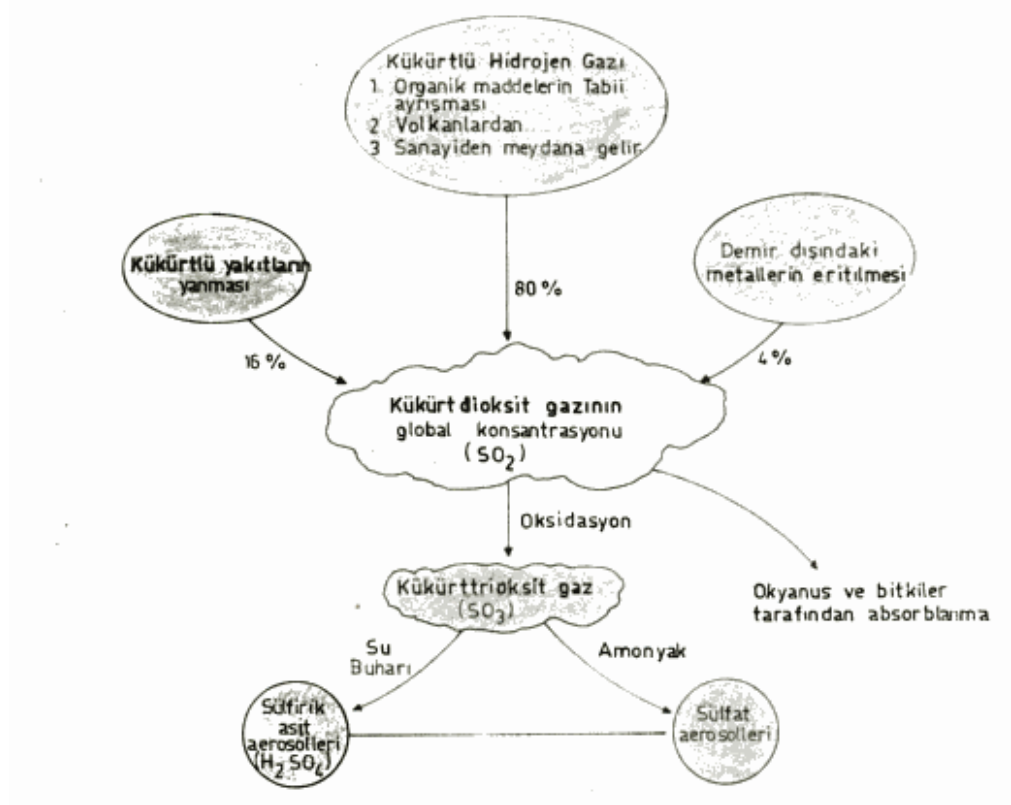
Havada bulunabilen çeşitli partiküllerin yüzeylerinde reaksiyon gösterir. Suda hemen çözünür, havadaki su damlacıkları ile okside olur [4].

Fosil kökenli yakıtların yanması ile açığa çıkan kükürt, havada derhal oksidasyona uğrar. Bu oksidasyon iki aşamada gerçekleşir, meydana gelen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [4]:



Ortamda herhangi bir katalizör madde bulunmadığı durumda, kükürt dioksit yavaş bir reaksiyonla kükürt trioksite dönüşür. Bu dönüşüm ortamda oksijen, ozon veya hidrokarbon serbest radikallerinin bulunması durumuna göre değişim gösterir [4]. Şekil 2.2' de kükürt dioksitin havadaki oluşumu görülmektedir [7].

Kükürt dioksitin havadaki varlığının en önemli sebebi, insan aktivitelerinin oluşturduğu kaynaklardır. Bunun yanı sıra orman yangınları, volkan patlamaları gibi doğal kaynaklardan da az miktarda kükürt dioksit havaya verilmektedir [4].



Şekil 2.2 Kükürt dioksitin havadaki teşekkülü [7]

Atmosfere verilen kükürt konsantrasyonunun en önemli kısmı fosil yakıtlı yakıtların yanması sonucunda oluşur. Kükürt dioksit üretimi yaygın olarak kömür ya da herhangi bir fosil yakıtın yakılmasıyla oluşan dumanla ilişkilidir, çünkü SO<sub>2</sub> fosil yakıt yakmanın sonucu üretilir ve Londra’ da 1950 ve 1960 lı yıllarda yaşanan episodun sorumlusudur. Son yıllarda kullanılan yakıtların dikkatli seçimi veya kükürt içeriklerinin bazı işlemlerle azaltılması bu tür yakıtlardan oluşan kükürt dioksit konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır [4,13].

Kükürt dioksitin maruziyet yolu inhalasyondur, burun ve üst solunum yolları mukoz membranı aracılığı ile absorbe edilir. Solunan kükürt dioksitin yaklaşık %85’ i bu yolla vücuda alınır. Çok az bir miktarı alt solunum yoluna ulaşabilir. Solunum sistemi ile kana geçen kükürt dioksit, karaciğerde biyotransformasyona uğrayarak sülfata dönüşür ve üriner sistem aracılığı ile vücuttan atılır [4].



Kükürt dioksit doğrudan doğruya solunum yollarını etkiler. Üst solunum yollarını tahriş eder. Solunan SO<sub>2</sub>' nin %95' i burun ve boğazda absorblanır, bunun sonucu olarak bronşit, anfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelir. Ağızdan nefes alıp verme boyunca alt solunum yollarına daha fazla nüfuz eder [4].

Kısa süreli SO<sub>2</sub> maruziyeti, solunum yollarında daralma, akciğer fonksiyonlarında ölçülebilir düşüşe neden olur. Buna rağmen sağlıklı kişiler arasında bu reaksiyon konsantrasyonun belirgin bir şekilde ortam seviyesini aştığında görülür. Diğer yandan astımlılar, sağlıklı kişilerden daha hassastırlar, emisyon kontrollünün yapılmadığı endüstri alanlarında yüksek kirlilik konsantrasyonda tepki gösterebilirler [14].

### 2.3.2 Partikül Halindeki Kirleticiler

PM, karbon monoksit ya da ozon gibi diğer hava kirleticilerden bileşiminin karmaşıklığı nedeniyle ayrılır. Partiküller katı ya da sıvı olabilir ve oldukça geniş boyut dağılımı, şekil ve kimyasal kompozisyona sahip olabilirler [14].

Partikül madde katı, sıvı ya da her ikisinin karışımından meydana gelen hava kirleticilerdir. Özellikleri partikül boyutu olarak adlandırılan aerodinamik çapına göre özetlenmiştir [16].

- Kaba partiküller PM<sub>2.5-10</sub> olarak isimlendirilir, aerodinamik çapı 2.5 µm ile 10µm arasındadır, üst solunum yolu ve akciğerlere ulaşabilirler.
- Küçük ya da ince partiküller PM<sub>2,5</sub> olarak isimlendirilir, aerodinamik çapları 2,5 µm' den küçüktür, akciğerlere nüfuz eder ve alveolar bölgeye ulaşabildiklerinden çok tehlikelidirler.

PM hem doğal kaynaklardan hem de insan aktivitelerinden kaynaklanır ve bundan dolayı hava şartları, kaynak tipi ve gücü ile maruziyet alanına bağlı olarak farklı kompozisyonlara sahip olabilir. Trafik emisyonları özellikle kent çevresinde PM konsantrasyonuna katkıda bulunur ve egzoz gazları, sürtünme prosesleri, yoldaki tozların havalanmasını da hesaba katmak gerekir. Solunabilir PM birkaç nanometreden 100 µm' ye kadar geniş bir tane boyu dağılımı gösterir [14].

Partikül madde (PM) tanımı genelde katı partikül karışımı ve hava içerisinde bulunan sıvı damlacıklar için kullanılır. Bazı partiküller gözle görülebilecek boyutta büyük ve koyu renkli olur ki bunlar is ya da dumandır. Diğerleri ise çok küçük olduklarından dolayı elektron mikroskobu kullanılarak saptanabilir. PM<sub>2.5</sub> “ince” partikül diye adlandırılır ve 2.5 mikrometre çapında ya da daha küçük partiküllerin tanımında kullanılır. “Kaba” partiküller ise 2.5 mikrometreden büyük fakat 10 mikrometre çapından küçük partiküllerin tanımında kullanılmaktadır. PM<sub>10</sub> ise 10µm çapında yada daha küçük olan partikül maddelerin tanımında kullanılmaktadır. Bir partikülün 10 µm çapında olması yaklaşık bir insan saçının 1/7 si kadardır. “Birincil” partiküller; yollardaki toz ya da odun yakılmasından dolayı oluşan karbon unsurlu (is) gibi partiküllerdir ve atmosfere direkt olarak yayılır. “İkincil” partiküller ise başlıca emisyon gazlarından (Ör: SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>) atmosferde oluşur. Partiküllerin kimyasal bileşikleri hava koşullarına, mekana ve yılın zamanına bağlı olarak değişir. Genelde ince partiküller “ikincil” partiküllerden oluşur. Kaba partiküller ise “birincil” partiküllerden oluşmaktadır [17].

Atmosferde kalma süreleri partikül boyutlarına bağlıdır. PM<sub>10</sub> emisyonları birkaç saat içinde çökme (sedimentasyon) ve yağışlarla atmosferden uzaklaşır, PM<sub>2,5</sub> haftalarca atmosferde kalabilir ve bu partiküller uzun mesafelerce taşınabilir [16].

PM kompozisyonu sülfatlar, nitratlar, amonyak, sodyum klorid, karbon, mineral tozları ve sudan oluşur. Partiküller oluşum mekanizmalarına göre birincil ve ikincil şeklinde sınıflandırılabilir [16].

Partikül maddeler kısmen doğal kaynaklardan ve insan aktivitelerinden kaynaklanır ve bundan dolayı hava şartlarına, kaynak tipi ve gücüne ve maruz kalma alanına bağlı farklı kompozisyonlara sahiptir. Birincil partiküller antropojenik ve doğal proseslerden direkt olarak atmosfere atılır. Antropojenik prosesler araç motorlarında yanma; kömür, linyit, biyokütle gibi ısınma amaçlı katı yakıtların yakılmasını; inşaat, kazı, çimento üretimi gibi endüstriyel faaliyetleri; trafik sonucu yol tozlarını, fren ve lastiklerin aşınmasını ve maden çalışmalarını içerir. Özellikle kentlerdeki trafik emisyonları PM konsantrasyonuna önemli katkıda bulunmaktadır.

İkincil partiküller atmosferde genellikle gaz kirleticilerin kimyasal reaksiyonları ve trafikten yayılan azot oksitlerin atmosferik transformasyonundan ve bazı endüstriyel prosesler ile kükürt içerikli yakıtların yakılmasından oluşur. İkincil partiküller çoğunlukla ince partikül madde fraksiyonunda bulunur [16].

Partikül halindeki kirleticiler kaynaklarına ve tane büyüklüklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler [7]:

### **1. İnce tozlar (dust)**

Havada asılı halde kalabilen katı parçacıklardır. Boyutlarına göre ince ve kalın toz olarak sınıflanabilirler [12].

Kaynakları [7]:

- a. Kömür, kül ve çimento gibi maddelerin imal edilmesi, taşınması ve kullanılması sırasında havaya karışan katı zerrecikler,
- b. Mekanik atölyelerden (hızar tozları gibi) doğrudan havaya karışan ince toz zerrecikleri,
- c. Kum yıkama ve püskürtme tesislerinden işletme esnasında atmosfere karışan ince zerreciklerden ibarettir.

### **2. Kimyasal dumanlar (fume)**

Katı parçacık içeren aerosollerdir. Genellikle erimiş metaller gibi buharlaşmış materyallerin, sıklıkla oksidasyonu ile meydana gelir. Dış ortam hava kirliliği açısından karbonlu bileşiklerin tam yanamaması ile oluşan ve is olarak tariflenebilecek duruma işaret eder. Smog (duman) ile aynı anlama gelmekle birlikte fume, daha küçük boyutlu parçacıklar içerir [12].

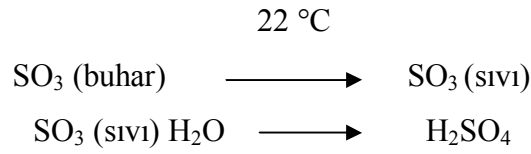
Buharların süblimleştirme (süblimasyon), damıtma veya kimyasal metotlardan biri ile yoğunlaştırılması neticesinde meydana gelen (ekseri) bir metal oksittir. Kimyasal dumanlara örnek olarak, yüksek sıcaklıkta gaz haline gelmiş metalin oksitlenmesi ve yoğunlaştırılması neticesinde meydana gelen civa ve kurşun oksitler gösterilebilir. Tipik kimyasal dumanların çapları oldukça küçük olup 0,03-0,3 mikron arasında değişir [7].

### **3. Kimyasal buharlar (mist)**

Sıvı aerosoller için kullanılan bir terimdir. Hafif sis olarak da adlandırılmaktadır. Genellikle gaz halindeki bir maddenin sıvı hale geçerken ya da sıvı parçacıkların mekanik olarak dağılımı ile oluşur [12].

Herhangi bir buharın kimyasal olarak yoğunlaşması neticesinde meydana gelen sıvı zerrecikleridir. Bu tip kirleticilerin meydana gelmesine ait en güzel örnek, sülfirik asit buharının ortaya çıkışıdır [7].

Reaksiyonlar [7],



Kükürt trioksit gazları, yoğunlaşma noktası olan 22 °C’ de sıvı hale gelir SO<sub>3</sub> zerrecikleri hidroskopik (havadan nem çekici) özelliğe sahip olduğundan, havadaki su zerrecikleri ile birleşerek çok tehlikeli olan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>’ ü meydana getirir. Kimyasal buharların çapları 0,5-3,0 mikron arasında değişir [7].

### **4. Yanma dumanları (smog)**

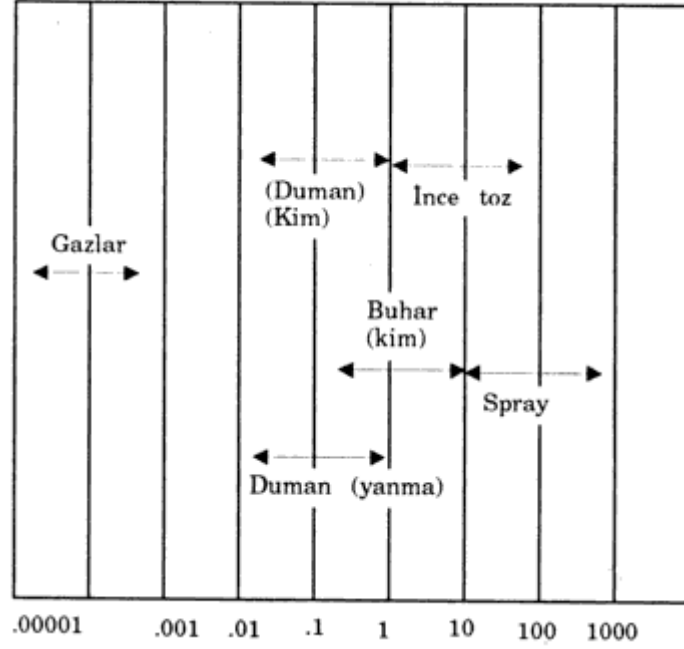
Tam olmayan yanma sonucu oluşan katı parçacıklar içeren aerosollerdir. Boyut olarak 1 mikrometreden küçük parçacıkları içerir [12].

Karbonlu maddelerin yakılması sırasında yanmanın tam olmaması sonucu oluşur. Yanma sırasında hidrokarbonlar, organik asitler, kükürt oksitler meydana gelmesine rağmen, sadece karbonlu maddelerin tam olarak yanmaması neticesinde ortaya çıkan katı zerrecikler “yanma dumanı (smog)” olarak isimlendirilir. Bu dumanların çapları yaklaşık olarak 0,05-1 mikron arasında değişmektedir [7].

### **5. Spray**

Herhangi bir sıvı maddenin atomlarına ayrılması neticesinde meydana gelen sıvı zerreciklerdir [7].

Çeşitli tipteki kirleticilerin yaklaşık büyüklükleri Şekil 2.3 'de görülmektedir [7].

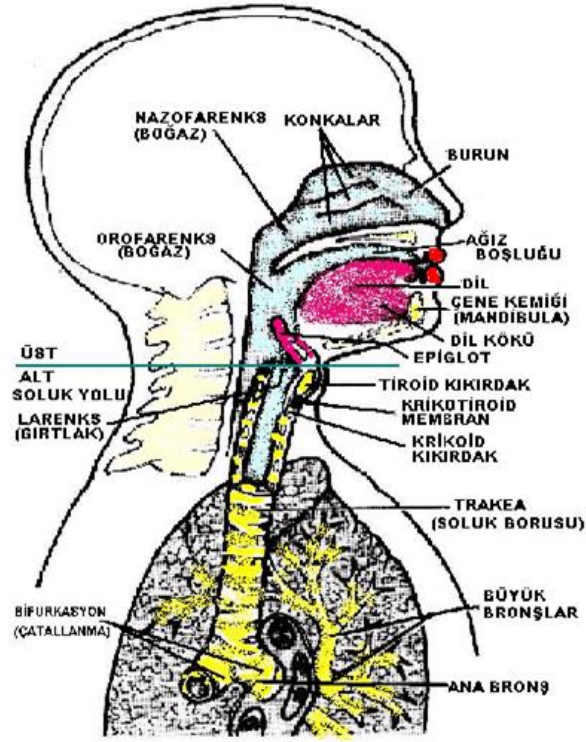


Şekil2.3 Hava kirleticilerin büyüklükleri [7].

Atmosferde bulunan veya belirli bir kaynaktan atmosfere verilen partikül halindeki kirleticiler metal ve metal olmayan değişik elemanların birleşmesi sonucu ortaya çıkar ve kimyasal olarak karmaşık bir yapıya sahiptir [7].

### 2.3.2.1 Partikül Maddenin İnsan Vücuduna Giriş Yolu

İnsan solunum yolları burun-farinks-larink ve nefes borusundan oluşan üst solunum yolları ile, nefes borusunun ikiye bölünmesiyle meydana gelen bronşlardan oluşur. Bronşlar ise çok sayıda kapiler hava borucuklarına (bronşiol) ayrılır ve bunlar en sonunda alveol dediğimiz hava kesecikleri ile son bulur (Şekil 2.4). Alveol yüzeyinde aynı zamanda kirli kanı getiren ve temiz kanı götüren kılcal damarlarda da son bulmaktadır. Bu dokulardaki özel membran prosesler sayesinde difüzyon yoluyla havanın oksijeni, kanın karbon dioksiti ile yer değiştirir. Böylece temizlenen kan yeniden kalbe ulaşır ve vücuda dağılır. Karbon dioksiti artan hava ise girdiği yoldan geriye dönerek nefes verme esnasında yeniden dışarıya çıkar [18].



Şekil 2.4 Solunum yolu elemanları[19]

Partiküllerin solunum organlarında birikme yerleri ve buradaki kalma süreleri bir takım fiziksel faktörlere ve özellikle zerreciklerin büyüklüğüne bağlıdır. Kirleticiler, akciğerlerin “alveoller” (hava torbalarının bulunduğu bölge) bölgesindeki birikmesi oldukça önemlidir. Çünkü bu bölgedeki partikülleri uzaklaştırmaya yarayan “titrek tüyler” adı verilen tüycükler mevcut değildir. Bundan dolayı zerrecikler, brownian hareket sayesinde akciğerlerin hava torbalarına kadar gitmekte ve buradaki “alveoli” denilen çukurlara yerleşmektedir. İri zerrecikler ancak teneffüs yollarındaki tüycükler tarafından yakalanmadıkları takdirde akciğerlerin bu bölgelerine kadar gelebilir. Genel olarak 1 mikrondan daha büyük zerrecikler bu bölgeye ulaşmadan tutulur [7].

Kaba, ince ve ultra ince gibi farklı boyutlardaki partiküller solunum yolu ve ciğerlerde farklı yerlerde depolanırlar. Kaba partiküller solunum yollarında, ince partiküller ise alt solunum yolu ve akciğerlerde çökmeye eğilimlidirler [14].

Zerreciklerin akciğerlerde birikme miktarını etkileyen diğer faktörler; nefes alma sıklığı (birim zamandaki nefes alma sayısı) ve nefes alıp verme esnasında akciğerlerin hacminde meydana gelen değişimin büyüklüğüdür. Düşük nefes alma sıklığı neticesinde birikme yüzdesi hayli yüksek olmaktadır. Bunun sebebi düşük nefes alma sıklığında partiküllerin kalma süresinin artmasıdır. Nefes alma sırasında akciğer hacmindeki değişikliğin büyük olması, çok miktarda havanın içeri çekilmesini gerektirdiğinden hava ile içeri giren zerreciklerin miktarı da çok olmakta ve birikme yüzdesi artmaktadır [7].

Partiküllerin akciğerlerde birikmesinden sonra bunların dışarı atılması değişik yollarda olabilir. Bunlardan biri “titrek tüyerin” faaliyetleri ile parçacıkların balgam ile birlikte teneffüs yollarından dışarı atılmasıdır. Bir diğer yol aksırmak ya da öksürmek suretiyle zerreciklerin vücudu terk etmesidir. Bu arada akciğere kadar gitmiş olan zerreciklerden çözünebilir karakterde olanların kana karıştığı unutulmamalıdır [7].

PM’lerin bileşimine bakıldığında, aerosol, duman, is, yanma ürünleri, toz, deniz tuzu ve polen gibi birden fazla kirleticiden oluştuğu görülmektedir. Aerosol halinde bulunan PM’lerin en yaygın olanını sülfürik asit, sülfat ve nitrat tuzlarından oluşanlardır. Solunum yolu ile alınan PM’lerin 10µm’den büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmakta, 10 mikrondan küçük kısmı ise bronşlarda birikirken, 1-2 µm çapındakiler alveollerde toplanmakta, 0,5 mikron çapındaki partiküller ise alveollerdeki intrakapiller aralığa difüze olmaktadır [20].

Hava kirleticileri arasında en çok bilinen bir diğer partikül de kurşun zerrecikleridir. Atmosferdeki kurşun zerrecikleri esas olarak benzine ilave edilen kurşundan ileri gelmektedir. Araştırmalar, kurşun zerreciklerinin kırmızı kan hücrelerinin gelişmesi ve olgunlaşmasına tesir ettiğini göstermiştir. Kurşun zerrecikleri kanda ve idrarda birirmektedir [7].

Solunan partiküler madde, solunum yolları yüzeyleri ile temasa geçerek burada birikir. Partiküllerin vücuda giriş ve vücuttaki birikimleri aerodinamik çaplarına ve vücuda giriş özelliğine göre değişim gösterir. 10µm den büyük partiküller extra-

torakik bölümde, 5-10µm den küçük partiküller ise burun solunumu ile vücuda girmişlerse bronşlarda, ağız solunum yolu ile vücuda girmişlerse akciğerlerde birikim gösterirler. Üst solunum sisteminde biriken partiküller, solunum sisteminin kendi temizleme mekanizması aracılığı ile vücuttan atılır [4].

### **2.3.2.2 Partikül Maddenin Sağlık Etkileri**

Partikül maddenin çeşitli sağlık etkileri, en hafifinden en önemlisine kadar, sayı konsantrasyonu, partikül boyutu, spesifik kimyasal ve fiziksel özellikleri, özellikle de kimyasal kompozisyonuna bağlıdır [18].

Özellikle antropojenik kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, birkaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler [4].

Atmosferde uçan katı partiküllerin gazlara nazaran çok daha ciddi sağlık problemleri yarattığı ve görüş mesafesini daha fazla etkilediği artık iyi bilinen bir gerçektir. Özellikle partikül madde (PM) kirliliği ile devamında gelen, günden güne artan ölüm oranları arasındaki açık ilişki araştırmacıların ilgisini bu yöne kolayca çekmektedir [5].

Tozlar ve gazlar nemli ve sıcak akciğer alveollerinde kimyasal olarak çözülüp hidrolize olarak kana geçebilirler. Böylece solunum sistemine karışan çeşitli zehirli maddeler, hedef seçtikleri diğer organlara kadar ulaşırlar [18]. İnsanda kardiyovasküler sisteme zarar verir, mevcut solunum yolu rahatsızlıklarını şiddetlendirir ve lenf kanseri mortalitesini arttırmaktadırlar. İnsan ve hayvanlar üzerinde yapılan toksikoloji çalışmaları PM kirleticilerin akciğer fonksiyonlarını, dolaşım sistemini ve kalbi etkilediğini ileri sürmektedir [14].

İnce ve kaba partiküllerin ikisi de toksik etkiye sahiptir. Karbonlu PM bileşikleri sülfat ve nitrat gibi ikincil bileşiklerden daha önemli sağlık etkisine sahiptir [14]. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerlerdeki



nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Duman bileşiminde bulunan çinko, amonyum, sülfat akciğerde sülfürik aside dönüşmektedir [19]. Toksikolojik çalışmalar PM kirliliğinin akciğer fonksiyonlarını, kan damarlarını ve kalbi etkilediğini ileri sürmektedir [14]. Tablo 2.1 PM ve SO<sub>2</sub> seviyesiyle ilgili sağlık etkilerini göstermektedir [21].

*Tablo 2.1 Hava kirlenmesi seviyelerine göre beklenen sağlık etkileri [21]*

| <b><u>Kirletici</u></b> | <b><u>Aşırı ölüm hızı ve fazla hasta yatışı</u></b><br><b><u>Günlük Ortalama</u></b> | <b><u>Göğüs hastalıklı hastalarda fenalaşmalar</u></b><br><b><u>Kış dönemi ortalaması</u></b> | <b><u>Göğüs semptomları</u></b> |
|-------------------------|--|---|---------------------------------|
| SO <sub>2</sub>         | 500 µg/m <sup>3</sup>  | 250-500 µg/m <sup>3</sup>   | 100 µg/m <sup>3</sup>           |
| PM                      | 500 µg/m <sup>3</sup>  | 250 µg/m <sup>3</sup>   | 100 µg/m <sup>3</sup>           |

Laboratuarda gönüllü insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan inhalasyon çalışmalarında farklı PM tiplerinin oldukça yüksek seviyelerde yüksek toksisiteye neden olduğunu göstermektedir. Toksikolojik çalışmalar PM kirliliğinin ciğer infiltrasyonu (iltihap), kalpte ritim bozukluğu, kan viskozitesinde değişiklik ya da O<sub>2</sub> kaybına neden olduğunu ileri sürülmektedir [14].

Yapılan pek çok çalışmada, dış ortam hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarına neden olduğu saptanmış olup, kirliliğin arttığı dönemlerde hastanelere bu hastalıklara bağlı başvuruların arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca hava kirliliği gözlerde irritasyona, kalp damar sistemi hastalıklarında artışa, sinir sistemi gelişiminde anormalliklere, kanser gelişimine ve ölümlere neden olmaktadır. Şekil 2.5’ de verilen sağlık etki pramidinde etkinin şiddetine bağlı olarak kirlilikten etkilenen nüfus oranı görülmektedir [22].



Şekil 2.5 Hava kirliliğın sağlık etkileri pramidi [14,20]

2004 yılında WHO European Centre of Environment and Health, Bonn, tarafından değerlendirilen datalar şunları göstermiştir;

- PM artışı 1 yaşın altındaki bebeklerde solunum yolu ölüm riskini artırır, çocuklarda akciğer fonksiyonları gelişim oranını etkiler, astımı şiddetlendirir, öksürük ve bronşit gibi diğer solunum yolu semptomlarına neden olur.
- PM<sub>2,5</sub> sağlığı ciddi etkiler, kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıkları ile akciğer kanserinden ölümleri artırır. Artan PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu kardiyovasküler ve solunum yolu rahatsızlıkları nedeniyle hastane acil servislerine başvuruları artırır.
- PM<sub>10</sub> Solunum yolu hastalıkları nedeniyle hastane başvurularını artırır.

Kaba, ince ve ultra ince gibi değişik boyutlardaki partiküller solunum yolları ve ciğerlerde değişik yerlerde birikir. Kaba partiküller solunum yollarında, ince partiküller alt solunum yolları ve ciğerlerde birikmeye eğilimlidirler [14].

Hava kirliliğının çevre ve insan sağlığına etkileri dikkate alındığında, partikül madde atmosferik kirleticiler içerisinde en önemli yere sahiptir. Kimyasal yapısı

itibari ile PM elementel ve organik karbon bileşiklerini, siklon oksitleri, metalleri, sülfat ve nitrat bileşiklerini içermektedir [23].

#### • Kısa Dönemli Sağlık Etkileri

Şiddetli hava kirliliğine maruz kalınması durumunda, bunun insan sağlığına olan etkisi ile hava kirliliğinin düşük miktarlarına, uzun zaman maruz kalmanın etkileri farklı olmaktadır. [15].

Genellikle PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun tüm seviyelerindeki kısa süreli değişimler akut sağlık etkilerine yol açmaktadır. Kısa süreli maruz kalma sonucu [16];

- Akciğerlerde inflamatuvar reaksiyonları,
- Solunum yolu semptomlarını,
- Kardiyovasküler sistem üzerinde olumsuz etkilerini,
- İlaç kullanımı, hastahane başvuruları ve mortaliteyi artırır.

Tablo 2.2 PM seviyelerindeki 10 µg/m<sup>3</sup> lük artışın neden olacağı sağlık etkileri rölatif risk olarak verilmiştir [16].

*Tablo 2.2 PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun 10 µg/m<sup>3</sup> artışının sağlık üzerine kısa süreli etkileri [16]*

| Sağlık sonuçları  | PM <sub>10</sub> konsantrasyonunun 10µg/m <sup>3</sup> lük artışının sağlık etkisi (RR) (%95 güven aralığında) |
|---|--|
| Tüm mortalite   | 0.6 (0.4-0.8)  |
| Solunum yolu rahatsızlıklarından kaynaklanan ölüm                     | 1.3  |
| Kardiyovasküler ahatsızlık kaynaklı ölüm                              | 0.9 (0.5-1.3)  |
| 65 yaş ve üzerinde solunum yolu rahatsızlıklarından hastane başvurusu | 0.7(0.2-1.3)   |
| Kronik semptomlu 5-15 yaş arası çocuklarda öksürme                    | 0.0 (-1.3-1.1)   |
| Kronik semptomlu 5-15 yaş arası çocuklarda ilaç kullanımı             | 0.5(-1.9-2.9)  |

1990 dan beri pek çok epidemiyolojik çalışma havadaki kısa süreli PM seviyesi yükselmesinin günlük mortalite, solunum ve kardiyovasküler rahatsızlıklardan hastahane başvurularını artırdığını göstermektedir [14].

#### • Uzun Dönemli Sağlık Etkileri

Uzun süreli PM kirliliğine maruz kalmanın etkileri ile ilgili oldukça az kanıt bulunmaktadır fakat mevcut çalışmalar bu tip maruz kalmanın insan sağlığını kısa süreli maruz kalmadan daha fazla etkilediğini göstermektedir [14,16].

Uzun süreli maruz kalma, KOAH rahatsızlığı ve alt solunum yolu semptomlarında artış, çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarında azalma, kardiyopulmoner mortalite ve büyük oranda akciğer kanserini artırır [16].

Partikül madde çok düşük düzeylerde bile sağlık sorunlarına neden olur. Bu nedenle hem kısa süreli hem de uzun süreli ortalama konsantrasyon için önerilen bir eşik değer yoktur [3].

## 2.4 Partikül Madde ve Mortalite Çalışmalarına Genel Bakış

Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar hava kirliliği ile kardiyorespiratuar mortalite ve morbidite arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirmektedir [20].

Epidemiyolojik çalışmalar elli yılı aşkın süredir hava kirliliğinin akciğer kanserine neden olduğunu göstermektedir. Bu kanıtlar farklı tiplerdeki çalışmalardan (kırsal ve kentsel, toplumlar arası kıyaslama, vaka kontrol, topluluk ve mesleki araştırmalardan) elde edilmiştir. Epidemiyolojik çalışmalar için tek kirlenici maddelerin akciğer kanserine olan katkısını çözmek zordur. Fakat araştırmacılar partikül maddenin akciğer kanserindeki yükselmenin sorumlusu olduğu yönünde görüş birliğine varmışlardır [14].

Epidemiyolojik çalışmalar hava kirliliğinin günlük hastaneye başvuru sayısında ve mortalitede artış gibi akut etkilerinin olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalarda hava kirliliğinin, çocuklarda akut solunum yolu enfeksiyonu riskini

arttırdığı, genel olarak hava kirliliği ataklarına bağlı olarak kardiorespiratuar morbidite ve mortalitede artış olduğu gözlemlenmektedir [20]. Hava kirliliği ve sağlık etkilerinin incelendiği çalışmaların çıkış noktası 1952 yılında Londra’ da bir aydan kısa bir sürede binlerce kişinin ölümü ile sonuçlanan hava kirliliği epizodları olmuştur. Londra’ da bu olaya bağlı spesifik mortalite nedenleri Tablo 2.3’ de verilmiştir [24].

*Tablo 2.3 1952 yılında Londra’ da yaşanan hava kirliliğine bağlı spesifik mortalite nedenleri [24]*

| <b>Mortalite nedeni</b>   | <b>n(%)</b> | <b>RR(%95CI)</b> |
|---------------------------|-------------|------------------|
| Bronşit                   | 628(41)     | 9.3(8.6-10)      |
| Diğer solunumsal nedenler | 188(12)     | 4.4(3.8-5.0)     |
| Koroner hastalık          | 163(11)     | 2.4(2.0-2.8)     |
| Diğer kalp hastalıkları   | 272(18)     | 1.6(1.4-1.8)     |
| Diğer nedenler            | 288(19)     | RR(%95CI)        |

Hava kirleticilerin sağlık üzerindeki akut ve konik etkileri özellikle büyük kentlerdeki morbidite ve mortalite çalışmaları ile son 20 yılda yoğun olarak literatürde yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda hava kirliliğini artışına bağlı olarak kardiyopulmoner morbidite ve mortalitede artış olduğu gözlenmektedir [24].

6 avrupa şehrinde Anderson ve arkadaşlarının 18 milyondan fazla yetişkin üzerinde yaptıkları bir çalışmada duman, toplam asılı partikül madde, NO<sub>2</sub> , SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub>’ ün günlük hastane başvuruları üzerindeki etkisi incelenmiştir. % 95 güven aralığında duman, toplam asılı partikül madde, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> her 50 µg/m<sup>3</sup>’ lük artışının günlük hastane başvurularının oranındaki artış sırasıyla 1.0, 1.02, 1.02, 1,04 olarak hesaplanmıştır [25]. Yapılan başka bir çalışmada ise NO<sub>2</sub> ve CO konsantrasyonlarının kronik obstrüktif akciğer hastalığına bağlı hastane başvurularını %11 ve %8 arttırdığı hesaplanmıştır [26]. Zonguldak’ ta yapılan bir çalışmada çocuklarda PM konsantrasyonu ile astım kaynaklı hastane başvuruları arasında önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir. Kaba partikül konsantrasyonundaki her 10 µg/m<sup>3</sup>’ lük artışın astım riskini % 18 arttırdığı raporlanmıştır [27].

1962-1964 yılları arasında New York’ da yapılan bir çalışma atmosferik kirlilik ve sıcaklık inversiyonunun olduğu periyotları mortalite olaylarının takip ettiğini göstermiştir. Sağlık bulguları solunabilir kirleticilerin amfizem, pnömoni ve bronşit gibi solunum yolu rahatsızlarına neden olduğu ve ağırlaştırdığını, beyin ve merkezi sinir sistemi, vücut savunma mekanizması ve diğer organlarda hasara neden olduğunu göstermektedir [28].

İzmir’deki bir çalışmada değişik klimatolojik verilerle PM ve SO<sub>2</sub> düzeyleri ile artmış nazal rezistan arasında anlamlı ilişki olduğu bildirilmektedir. İzmit’te de PM konsantrasyonu ve havadaki nem oranı ile ilişkili olarak astıma bağlı hastane başvurularında artış gözlemlenmiştir. Ankara’ da yapılan bir çalışmada da SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonu ile astıma bağlı acil başvuruları arasında ilişki saptanmıştır [20].

Pope ve arkadaşları (2002) tarafından havadaki ince partikülerin her 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’ lük artışın kardiyopulmoner ve akciğer kanseri nedenli mortalite riskini sırasıyla %9 (%95) ve % 14 (%95) arttırdığı, Gryparis ve arkadaşları tarafından yapılan başka bir çalışmada O<sub>3</sub> konsantrasyonundaki her her 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’ lük artışın respiratuar mortalite riskini % 13 (%95) arttırdığı hesaplanmıştır [29, 30].

29 Avrupa ülkesinde 65 yaş üstü yetişkinlerde hava kirletici konsantrasyonları ile mortalite düzeyleri arasındaki etki incelenmiş ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’ lük artışın günlük mortaliteyi %0.8 arttırdığı hesaplanmıştır [31].

İstanbul’ da 1994-1998 yılları arasında yapılan bir çalışmada hava kirliliği düzeyleri ile mortalite olayları incelenmiştir. Hava kirliliği parametreleri olarak SO<sub>2</sub> ve TAP (Toplam Asılı Partikül) temel alınmış ve meteorolojik etmenler ve diğer karıştırıcı etmenler (tatil günleri, mevsimler) kontrol edilerek incelenmiştir. Yapılan multi regresyon analizi ile TAP ve günlük mortalite verileri arasında anlamlı korelasyon saptanmıştır. TAP düzeylerinin 5. ve 95. persentilleri arasında ölüm sayılarında anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,001) ve bu persentillerdeki 5 günlük ölüm sayıları oranındaki artış 1,21 olarak hesaplanmıştır [32].

Erzurum’ da Güraksın ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada havadaki artmış SO<sub>2</sub> ve PM düzeylerinin solunum sistemi hastalıklarından ölenlerin sayısında artışa neden olduğu belirlenmiştir [33].

*Tablo 2.4 1974 – 1989 (periyod 1) ve 1990-1998 (periyod 2) yılları arasında 6 şehirde toplam ölüm ve bu süreçler içinde yıllık ölen sayısı [34].*

| Karaktesistik                               | Portage       | Topeka       | Watertown    | Harriman     | St. Louis    | Steubenville |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Katılımcı değil                             | 1,630         | 1,238        | 1,332        | 1,258        | 1,292        | 1,346        |
| Periyod 1* (1,364 ölüm; 104,243 kişi-yıl)   |               |              |              |              |              |              |
| Kişi-yıl                                    | 20,224        | 14,967       | 18,640       | 16,991       | 16,572       | 16,849       |
| Ölüm olmayan                                | 212           | 149          | 238          | 219          | 267          | 279          |
| Ölüm/1,000 kişi-yıl                         | 10.5          | 10.0         | 12.8         | 12.9         | 16.1         | 16.6         |
| Ort. Pm <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 11.4          | 112.4        | 15.4         | 20.9         | 19.2         | 29.0         |
| Periyod 2 (1,368 ölüm; 54,735 kişi-yıl)     |               |              |              |              |              |              |
| Kişi-yıl                                    | <b>11,658</b> | <b>9,062</b> | <b>8,979</b> | <b>8,363</b> | <b>8,172</b> | <b>8,501</b> |
| Ölüm olmayan                                | 264           | 184          | 194          | 229          | 251          | 246          |
| Ölüm/1,000 kişi-yıl                         | 22.6          | 20.3         | 21.6         | 27.4         | 30.7         | 28.9         |
| Ort. Pm <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 10.2          | 13.1         | 12.1         | 18.1         | 13.4         | 22.0         |

*Periyod 1 1974 ile 1989 yıllarıyla sınırlıdır, oysa Dockery ve Colleagues analizi toplam 111,076 kişi-yıl ve 1,430 ölüm için :‘Haziran 1991’ e kadar devam eden süreçte kişi yıl takibini içerir. 1. Periyotta ortalama PM<sub>2.5</sub>(µg/m<sup>3</sup>) değeri 1980-1985 yıllarındaki 6 şehirde monitörlenilen ortalama konsantrasyonudur. 2. Periyotta ortalama PM<sub>2.5</sub>(µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu tahmin edilmiştir [34].*

#### 2.4.1 Genel Metodoloji ve Çalışma Türleri

Epidemiyoloji, hava kirliliği düzeyleri ile sağlık etkilerini inceleyen iki bilim dalıdır [35].

Epidemiyolojik çalışmalar her ne kadar dallara ayrılrsa da aslında hepsindeki ortak hedef insan sağlığı ve onu etkileyen faktörlerin ortaya konulmasıdır. Bir grup insanda görülen herhangi bir hastalık durumunun nedenlerinin ortaya konulması kolay gibi görünse de kesin bir sonuca varmak o kadar kolay değildir. Bu nedenle epidemiyolojik çalışmalarda sonuca ulaşabilmek için uygun bir epidemiyolojik yöntem kullanılmalıdır [36].

Epidemiyolojik çalışmalar mortalite çalışmaları ve morbidite çalışmaları diye ikiye ayrılır. Mortalite çalışmaları toplam (kazasız) ve özel ölüm nedenleri üzerinde PM etkilerini açık kanıtlar üzerinden değerlendirmektedir. Morbidite çalışmaları ise, partikül maddenin hastalık etkilerini kardiyovasküler ve solunumla ilgili hastane başvuruları, solunun yolu semptomları, akciğer fonksiyonlarında değişiklik, premetüre doğumlar gibi daha geniş bir aralıkta değerlendirir [37].

#### **2.4.1.1 Araştırma Yapılan Topluma Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri**

Epidemiyolojik çalışmalarda incelenen toplumun tamamının çalışma kapsamına alındığı araştırmalar tam araştırmalar olarak adlandırılır. Örneğin, kolay ulaşılabilir olmalarından dolayı ölüm ve doğum verilerinin kullanıldığı epidemiyolojik çalışmalar tam araştırmalara örnek olarak gösterilebilir. Fakat bazı durumlarda daha özel bilgilere ihtiyaç duyulan epidemiyolojik araştırmalarda toplumun tümüne ulaşmak zor olabilir. Böyle durumlarda ise o inceleme grubunu temsil edebilecek örnekleme grubu oluşturulur. Bu tür çalışmalar ise seçilmiş örnek üzerinde araştırma olarak adlandırılır [36].

#### **2.4.1.2 Zamana Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri**

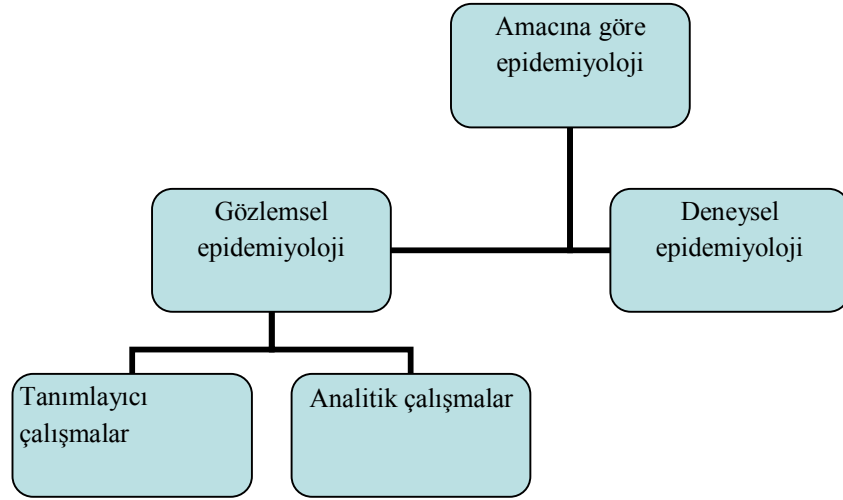
Epidemiyolojik çalışmalar zamansal açıdan sınıflandırıldığında üç tip araştırma çeşidi karşımıza çıkmaktadır [36];

- a) Kesitsel araştırmalar,
- b) Kohort araştırmalar,
- c) Retrospektif araştırmalar.



### 2.4.1.3 Amaca Göre Epidemiyolojik Araştırma Tipleri

Epidemiyolojik çalışmalar amaçlarına göre gözlemsel ve deneysel epidemiyolojik çalışmalar olmak üzere iki ana başlık halinde incelenir (Şekil 2.6). Gözleme dayalı çalışmalarda araştırmacı dışarıdan müdahale etmez, sadece gözlem yapar. Tanımlayıcı çalışmalar genellikle bir hastalık durumunun zamansal ve mekansal olarak ortaya konulduğu çalışmalardır. Analitik çalışmalar ise daha ziyade hastalığın sebebinin bulunmasına ve engellenmesine yöneliktir [36].



Şekil 2.6 Gözlemsel epidemiyolojik çalışmalar

PM sağlık çalışmalarında en yaygın kullanılan stratejiler; ekolojik çalışmalar, zamansal ve yarı ekolojik çalışmalar, prospektif kohort çalışmalar ve case-control ve crossover çalışmalarıdır. Ek olarak zamansal analizler ya da diğer analitik yaklaşımlarda müdahale edilen (intervention studies) ya da doğal deneyler (natural experiments) kullanılmaktadır. Tüm bu gözleme dayalı çalışmalar deneysel çalışmalara tercih edilir. Genellikle katılımcıların maruziyeti direkt olarak saptanmaz; bir ya da birkaç monitörle saptanan havada asılı partikül ve diğer kirleticilerin konsantrasyonu kişisel maruziyet için temsil olarak kullanılır [37].

Ekolojik çalışmalarda, yıllık ölüm oranı, yıllık ortalama PM konsantrasyonu, 65 yaşından büyük populasyon yüzdesi gibi sonuçlar alınır. Bu çalışmalarda kişisel bilgiler kullanılmaz. Bundan dolayı farklı topluluklardan çaprazlama hesaplanan maruziyet ve sağlık etkisi arasındaki ilişki maruziyet ve sağlık sonuçları arasındaki

ilişkiyi bireysel düzeyde yansıtmayabilir. Kişisel maruziyet, kovaryant ya da etki belirtileri için temsil ölçümleri kullanmak sonuçlarda sapmaya neden olabilir ve şehir ya da birim bünyesinde karışıklık gözlenebilir [37].

Zamansal çalışmalar oldukça bilgi vericidir. Çünkü insan sağlığındaki değişiklikler ve önceki yıllara ait maruziyet kanıtlarındaki değişiklikler arasındaki ilişkiyi çalışmaya izin verir. Bu zamana ait ilişki nedensel ilişki sonuçlarını ve hatta iki sonuç ve günlük kirlilik konsantrasyonu gibi toplum maruziyet endekslerini destekler [37].

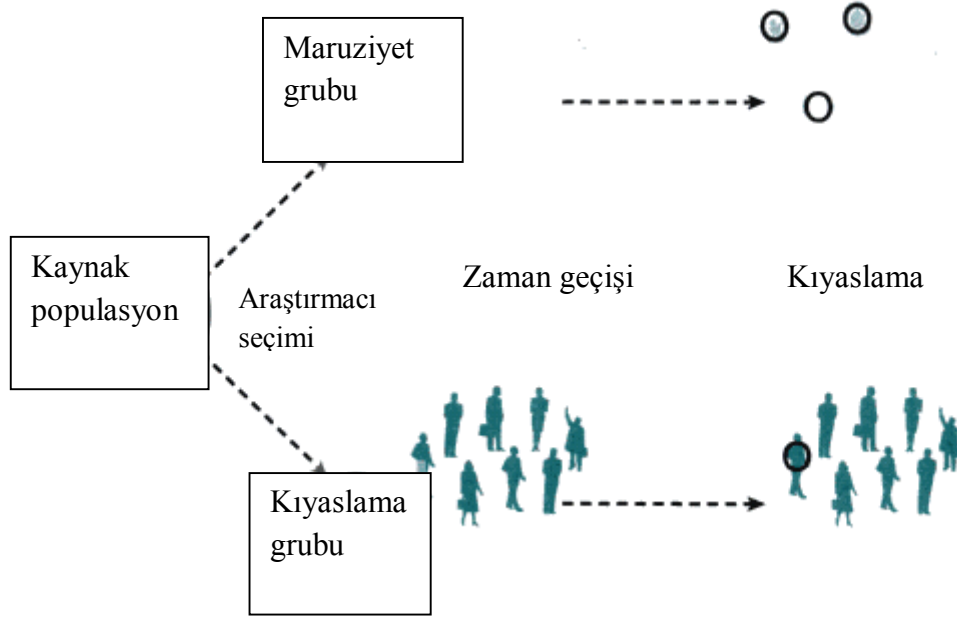
Zamansal çalışmalarda kirletici konsantrasyonlarındaki geçici değişimlerin mortalite ve morbidite üzerindeki etkisi incelenir. İstatistiki modeller kullanılarak coğrafi olarak tanımlanan popülasyondaki sağlık vakalarının, günlük sayısı ile günlük hava kirliliği ölçümleri değerlendirilir. Günlük mortalite, acil başvurusu, hastahane başvurusu gibi datalar elde edilir [35].

Zamansal çalışmaların en büyük avantajı sosyoekonomik şartlar, meslek ya da sigara kullanımı gibi faktörlerin hava kirliliği ile sağlık etkileri arasındaki ilişkiyi etkilememesidir. Çünkü bu faktörler günlük değişkenlik göstermez. Bundan başka sürekli toplanan sağlık ve maruziyet dataları bilgi toplamadaki maliyeti düşürür ve bu düşük maliyet çalışmanın farklı bölgelerdeki tekrarlanabilirliğini kolaylaştırır [35].

Kohort (prospektif) araştırmalar ise belirli özelliklere sahip grupların zaman içerisinde izlenebildiği çalışmalardır. Örneğin klinik anlamda belirli bir hastalığa sahip olan insanlar belirli periyotlarla takibe alınarak belirli testlerden geçirilirler [36].

Kohort çalışmaları gözleme dayalı çalışmaların iki prensip tipinden biridir. Klasik kohort çalışmaları bir maruziyetin (tek bir kirleticiye maruz kalma, hava kirliliğine maruz kalma veya sigara içme gibi) bir ya da daha fazla sağlık etkisini inceler. Katılımcılar maruziyet durumlarına göre tanımlanır ve sağlık sonuçlarının (incidence) tayini için zaman boyunca takip edilir. Genellikle maruz kalan ve maruz

kalmayan gibi iki grup kıyaslanır. Maruz kalan grup indeks grubu, maruziyet olmayan grup referans ya da karşılaştırma grubu olarak tanımlanır. Şekil 2.7 'de kohort çalışma şematik olarak gösterilmiştir [38].

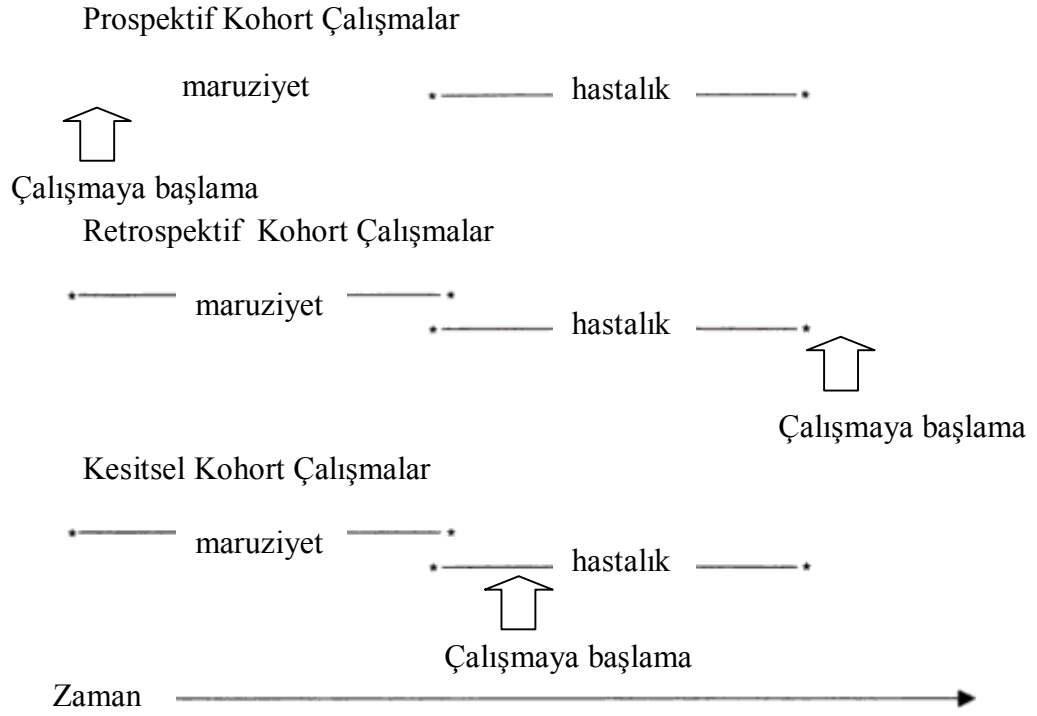


Şekil2.7 Kohort çalışmaların şematik gösterimi [38]

İleriye dönük topluluk çalışmalarında (prospective cohort studies), zaman içinde gözlenen sağlık durumu, kişisel maruziyet kişisel değişkenler ya da risk faktörlerini içeren kişisel bilgiler kullanılır. Bu çalışmalarda hedef kitleyi temsil etmek amacıyla kişisel ya da topluluk olarak kirliliğe maruz kaldığı bilinen katılımcılar hastalık süresince ya da öncesinde bir araya getirilir. Toplum seviye ya da maruziyet datalarının kullanılması gerekli ise zamansal çalışmalarda olduğu gibi bu avantajı zayıflatabilir [37].

Retrospektif araştırmalar geriye dönük araştırmalardır. Örneğin çocukluk döneminde gözlemlenen astım hastalığının nedenlerini araştırmak için astım hastalığı olan çocuklar ve olmayan çocuklardan oluşan iki grup seçilir ve bu iki grubun geçmiş öyküleri incelenerek hastalığa neden olabilecek risk faktörleri belirlenmeye çalışılır. Astım hastalığı olan çocukların pek çoğunun annesi gebelik ve doğum sonrasında sigara içmiş öte yandan bu duruma diğer sağlıklı grupta daha az rastlanmış ise, annenin sigara kullanımının çocuklarda erken dönemde görülen astım

hastalığı için bir risk faktörü olduğu söylenebilir [36]. Şekil 2.8 'de ise kohort çalışma tipleri ve zamanları gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Kohort çalışmaların zamanları[38]

Vaka çaprazlama tasarımı maruziyet sonrası meydana geldiği düşünülen akut ve seyrek sağlık vakalarının gelişiminde anlık ve kesikli maruziyetin etkilerini çalışmak için Maclure tarafından önerilmiştir [35]. Periyodik maruziyetin geçici etkilerinin maruziyetten kısa bir süre sonra meydana geldiği düşünülen akut sağlık risklerini çalışmaya uygundur. Metodun orijinal gelişiminde, etki hesabı denek bünyesinde, rahatsızlık oluşmadan önceki ve rahatsızlığın gözlemlendiği olaylar arasındaki ilişki ile maruziyetin karşılaştırılmasına dayanır. Metodun gelişiminde etki hesabı; maruziyet sonucu oluşan insidans rahatsızlık olayları ile maruziyet öncesi rahatsızlıklara sahip katılımcıların kıyaslanmasına dayanır. Vaka çaprazlamasında her bir durum için bilgiler ayrılır. Analizin prensibi, maruziyetin hemen öncesindeki vakanın farklı zaman periyotlarından hesaplanan maruziyet dağılımıyla kıyaslanmasıdır [37].

Bireysel düzeyde maruziyet ya da potansiyel etki belirtilerini ölçmek mümkün olduğunda bu bilgileri zamansal çalışmaların tersine vaka çaprazlama çalışmalarıyla birleştirmek mümkündür. Tasarımın bir dezavantajı maruziyet zamanı içinde zaman eğiliminden oluşan sapmadır. Çünkü karşılaştırmalar farklı noktalar arasında yapılır, case-crossover analizleri (ötülü olarak) maruziyetin sabit olduğu varsayımına dayanır. Eğer maruziyet zamanı durağan değilse ve maruziyet zamanı içinde farklı periyotlarda sistematik seçilen referans maruziyet ile kıyaslanırsa, sapma hastalık ve maruziyet birliğinin ölçüsünün tahminlerinde tanıtılabilir. Bu sapmalar partikül maddenin sağlık sonuçları için bulunan küçük relatif riskler incelendiği zaman çok önemlidir [37].

Müdahale çalışmaları, çoğunlukla zaman serisinin özelliklerini karıştırırken ya da yukarıdaki diğer analizlerde kirletici değişkenler ve toplumdaki olası sağlık etkilerin ilişkisinin değerlendirilmesi için başka kullanışlı yaklaşımlar sağlar. Böyle çalışmalarda havadaki bir ve diğer birkaç kirleticinin azaltılmasının etkileri, kirleticilerin azaltılmasıyla etkilenen grupların mortalite ve morbiditelerindeki değişimlerin ilişkisinden anlaşılır. Şimdiye kadar çok az epidemiyolojik çalışma müdahale sonuçlarını değerlendirmiştir [36,37].

Tablo 2.5. 'de epidemiyolojik çalışma türleri ve bunların birbirleriyle kıyaslanması vermektedir.

Tablo 2.5 Epidemiyolojik çalışma tipleri ve avantajları [39]

| Tip                    | Tanım   | Avantaj  | Limit  |
|------------------------|---|--|--|
| Vaka-kontrol           | Vaka grubu ve kontrol grubu katılımcıların maruziyet geçmişi kıyaslanır. Retrospektif çalışmalar olarak isimlendirilir. Kişi-seviye bilgileri                         | Ender görülen rahatsızlıkları değerlendirmek için kullanılabilir. Vaka kontrol sayısı kontrol edilebilir.  | İnsidans direkt olarak ölçülemez.  |
| Kohort (Uzun Süreli)   | Maruz kalma ve maruz kalmama devam eden kişilerin devam eden süreçteki sağlık değerlendirmeleridir. Boylamsal çalışmalar olarak isimlendirilir. Kişi-seviye bilgileri | Kişisel bilgiler örneğin; ikamet edilen yer, meslek, sigara alışkanlığı. Kişisel bilgiler toplanabilir   | Takip için uzun sürelere ihtiyaç vardır. Pahalı araştırmalardır. Ender rahatsızlıklar için uygulama zordur.    |
| Vaka-çaprazlaması      | Olaysız kontrol periyotları ile maruziyete uyan kötü sağlık olayların periyodunun kıyaslanmasıdır.  | Çalışma tasarımında zaman karışıklıkları hitap edebilir. Çalışma tasarımından geçici karışıklıklar doğabilir. Kişisel nitelikler kafa karıştırmaz Akut olaylar için kullanışlıdır. | Uzun süreli maruziyetler içine almaz.  |
| Kesitsel çaprazlama    | Farklı maruziyetler ile sağlık sonuçlarının oranları kıyaslanır.  | Büyük örnekleme boyutları için uygulanabilir. Bazen mevcut datalar kullanılır.   | Olası kişisel seviye eksikliği   |
| Zamana dair çalışmalar | Maruziyet seviyesindeki değişimler ile sağlık etkilerindeki değişimlerin arasındaki ilişkiyi değerlendirir. Populasyon seviye dataları                                | Mevcut trend yada araştırmanın sonuçlarındaki değişimler kabul edilebilir.   | Zaman değişimi karışıklıkları Seçim içi maruziyetin zaman farkı zordur. Bilgiler sürekli olarak güncellenmeli. |
| Kohort Kısa süreli     | Grup takibi.Genellikle hassas. Kapalı monitörleme.  | Yüksek risk grubu çalışılır. Detaylı araştırma   | Pahalı ve izlenmesi için zaman kaybı   |

## 2.5 Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkiyi tanımlamada kullanılan bir matematiksel yaklaşım modelidir ve kullanım kolaylığı yanında sayısal verilerle rahat yorumlanabilir olmasından dolayı yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [40,41 ].

Lojistik regresyon; sonuç değişkeninin ikili, üçlü ve çoklu kategorilerde açıklayıcı değişkenlerle sebep-sonuç ilişkisini inceleyen bir yöntemdir. Bu yöntemde, açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri olasılık olarak hesaplanarak risk faktörlerinin olasılık olarak belirlenmesi sağlanır. Son 10 yıl içinde, LRM (Lojistik Regresyon Modeli) birçok alanda standart analiz yöntemi haline gelmiş olup özellikle bağımlı değişkenin ikili (0,1 gibi) kesikli bir değişken olduğu durumlarda epidemiyolojik dataların analizinde oldukça fazla kullanılmaktadır. Ayrıca incelenen konu üzerinde çok etken olması durumunda etkenlerin tek tek bağımsız değişken üzerindeki etkisinin incelenebileceği gibi değişkenlerin birlikte etkisinin incelenmesini de mümkün kılmaktadır [40, 41, 42].

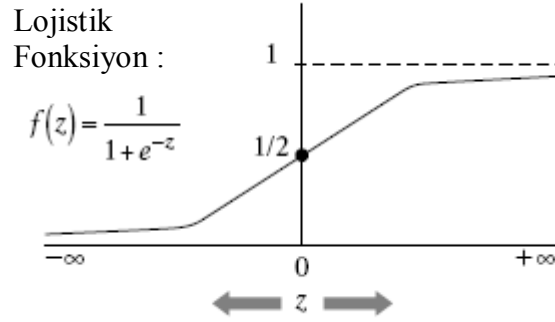
Lojistik regresyonda çoğu durumda gözleme yakın bir kestirim elde edilir ve biyolojik olarak anlamlı kestirimlerde bulunmanın doğal bir avantajı vardır. Bazı özel koşullar altında lineer modellerin kabul edilebilir uyumluluğun iyiliğini vermesine rağmen, gözlemlerin yüzde şeklinde gösterildiği durumlarda lojistik regresyonun kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca yöntem çeşitli varsayım (normallik, ortak kovaryansa sahip olma gibi) bozulmaları durumunda diskriminant analizi ve çapraz tablolara bir alternatif olurken, bağımlı değişkenin 0,1 gibi ikili (binary) ya da ikiden çok düzey içeren (polychotomous) kesikli değişken olması durumunda normallik varsayım kısıtlı olmaması nedeniyle kullanım rahatlığı sunmaktadır. Çözümlemeden elde edilen modelin matematiksel olarak çok esnek olması ve kolay yorumlanabilir olması yöntemle olan ilgiyi artırmaktadır [41, 43].

Lojistik regresyon, çeşitli x bağımsız değişkenleriyle, y ikili bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamak amaçlı matematiksel modelleme yöntemidir. Lojistik regresyonu, Doğrusal Olasılık Modeli'nden ayırarak öne çıkartan özelliği, lojistik modelin dayandığı lojistik fonksiyondur.

Lojistik fonksiyon;

$$f_{(z)} = \frac{1}{(1 + e^{-z})} \quad (2.1)$$

olup grafiği Şekil 2.9 'deki gibidir [43].



Şekil 2.9 Lojistik regresyon fonksiyonu [40]

Şekil 2.9 'da görüldüğü gibi yatay ekseninde yer alan  $z$ ' nin tanım kümesi  $(-\infty + \infty)$  dur. Buna karşılık gelen değer kümesi ise  $[0,1]$  'dir.

Lojistik regresyon 0 ile 1 arasında numaralanan olasılıkları tanımlamak için dizayn edilmiştir. Örneğin epidemiyolojide olasılık kişisel rahatsızlığa yakalanma riskini verir. Lojistik model, her zaman 0 ile 1 arasında numaralandırılan riskin tahmini için kurulur. Bu nedenle 1'in üzerinde ya da 0' ın altında risk tahmini mümkün değildir. Diğer modeller için bu durum mümkün olmadığından olasılık tahmininde lojistik regresyon sıklıkla kullanılır [40].

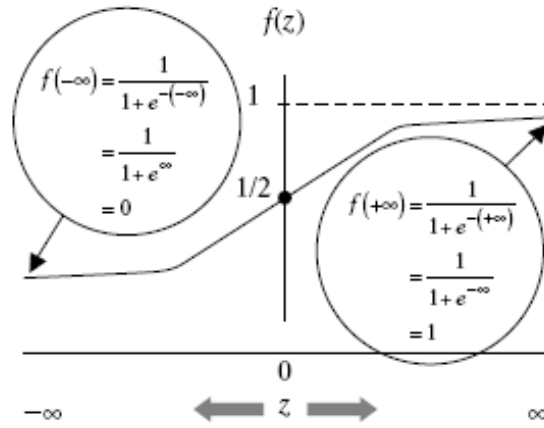
$f(z)$ ,  $x$ 'in tanım aralığından bağımsız bir biçimde  $(0,1)$  kümesinin dışına çıkmamaktadır. Bu, lojistik regresyon analizinin popüler olmasının çok önemli bir nedenidir. Şekil 2.10 'a dikkat edilecek olursa;

$$Z \rightarrow -\infty \text{ iken lojistik fonksiyon } f(z) \rightarrow 0$$

$$Z \rightarrow +\infty \text{ iken lojistik fonksiyon } f(z) \rightarrow 1$$

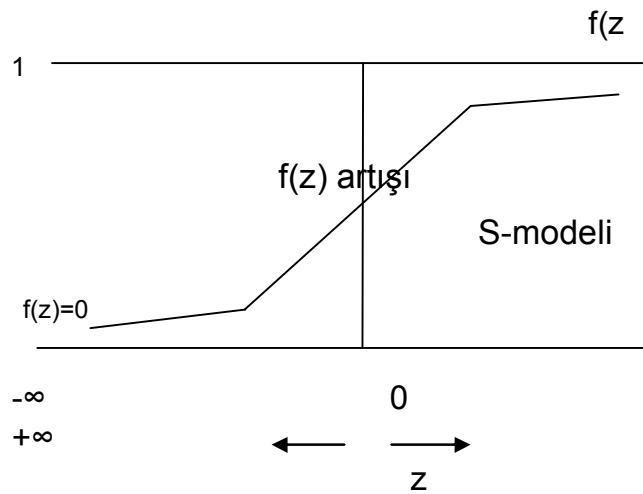
olduğu görülür. Bu nedenle  $z$  değeri ne olursa olsun  $f(z)$  lojistik fonksiyonu 0 ile 1 arasındadır. Bu lojistik modelin oldukça popüler olmasını sağlar [40, 43].





Şekil 2.10 Lojistik fonksiyon[40]

Sonuç olarak denilebilir ki, lojistik regresyon analizini bu denli popüler yapan iki önemli nokta vardır. Bunlar; lojistik fonksiyonun, tahminlerin 0 ile 1 aralığında olmasının zorunlu olduğu durumlarda bunu sağlaması ve lojistik fonksiyonun S şeklindeki grafiğinin, risk faktörlerinin kombinasyonunun temsili olarak düşünülebilecek  $Z$  değişkeninin  $-\infty$  değerlerine gitmesi durumunda sıfıra yaklaşması,  $Z$ 'nin  $+\infty$  değerlerine gitmesi durumunda 1'e yaklaşmasıdır. Bunun da bağımlı değişkenin risk olasılığı olarak tanımlandığı durumlarda dikkat çekici olmasıdır. Şekil 2.11 'de görüldüğü gibi  $-\infty < z \leq 0$  ise  $f(z)$  fonksiyonu 0'a eşit ya da yakın bir değer alır. Şayet  $0 < z < +\infty$  ise  $f(z)$  fonksiyonu 1'e yakındır [40, 43].



Şekil 2.11 Lojistik fonksiyonun S modeli[40]

Olasılık belirlemek amacıyla tasarılan bir modellerde,  $y$  bağımlı değişkeni riski göstermekte olup en önemli sorun,  $y$  bağımlı değişken değer kümesinin  $(0,1)$ 'in dışına çıkmasıdır. Sonuç bir olasılık gösterdiğinden bu durum kabul edilemez [40, 43].

Özetle, lojistik model popülerdir çünkü

- Tahminler 0 ile 1 aralığında değişmektedir.
- Rahatsızlıklar üzerindeki bazı risk faktörlerinin birleştirilmiş etkisi S-modeli ile tanımlanabilir [40].

### 2.5.1 Conditional Regresyon Modeli

Tıbbi araştırmalarda çoğu kez araştırmanın değerlendirilmesinin tüm hastalar ölmeden ve ya incelenen sonuç ortaya çıkmadan önce yapılmasının gerekliliği ve hastalara uygulanan tedavilerin aynı zamanda başlamaması gibi nedenlerden dolayı klasik çözümleme yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle tıbbi çalışmalarda yaşam çözümlemesi yöntemleri daha uygun sonuçlar vermektedir. Yaşamsal verilerin analizinde Yaşam Tablosu (Life Table, LT), Kaplan-Meier (KM), Cox Regresyon Analizi (CRA) ve Bayesgil Yaşam Analizi (BYA) gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içinde yaşamsal verilerin karmaşık risk faktörlerini içermesi, oransallık koşulları, incelenen olayla ilgili prior olasılıkların kullanılması gibi çok karmaşık özelliklerin dikkate alınması gerektiğinde CRA ve BYA yöntemleri daha sık kullanılan yöntemlerdir [44, 45].

Regresyon analizinde bağımlı değişken ile açıklayıcı değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisi kurulurken bu değişkenlerin uyması gereken koşullar vardır (bağımlı değişken normal dağılmalıdır, bağımsız değişkenler ardışık bağımlı olmamalıdır v.b.). Yaşamsal verilerde prognostik değişkenler normal dağılım göstermemekte, birbirleri ile korelasyon göstermekte ve aralarında orantısal (proportional) ilişkiler bulunmaktadır. Bu nedenle yaşamsal verilerin neden sonuç ilişkilerini analizde çoklu regresyon analizi uygulanamamaktadır. Yaşamsal verilerin nedensellik analizlerinde Cox regresyon yönteminden yararlanılmaktadır [44].

Yaşamsal verilerde prognostik değişkenler arasında orantısal bir etki söz konusudur [44].

Yaşam çözümlenmesi, her biri için genellikle başarısızlık olarak adlandırılan bir nokta olayı olan bireyler grubu ya da grupları ile ilgilenmektedir. Başarısızlık belirli bir zaman aralığından sonra oluşur ve buna başarısızlık zamanı (failure time) denir. Yaşayan bir organizmanın ya da cansız bir nesnenin belirli bir başlangıç zamanı ile ölümü (başarısızlığı) arasında geçen zamana “yaşam süresi” ya da “başarısızlık süresi” adı verilmektedir ve genellikle T ile gösterilir. Başarısızlık süresine örnek olarak, makine bileşenlerinin yaşam süreleri, ekonomide işsizlik dönemleri, psikolojik bir deneyde deneğin belirlenen görevi tamamlama süresi ve klinik bir deneyde hastaların yaşam süreleri gösterilebilir [44].

Yaşam çözümlenmesinde temel olan, gözlenen başarısızlık sürelerinin incelenmesi olduğundan, bu değişkenin iyi tanımlanması gerekmektedir. İlgilenilen olaya göre farklı şekillerde ortaya çıkabilen bu değişkenin duyarlı olarak ölçülmesi için, başlangıç zamanı her bir birim ya da birey için şüpheye yer vermeyecek şekilde tanımlanmalıdır, geçen süreyi ölçmek için bir zaman ölçeği kabul edilmeli ve her bir birim ya da birey için ömrün sona erdiği ya da başarısızlığın meydana geldiği an net olmalıdır [45].

Yaşam çözümlenmesinin amaçları; farklı zamanlarda yaşam olasılığı tahminlerinin elde edilmesi, yaşam süresinin dağılımının tahmin edilmesi, farklı hasta gruplarının yaşam süresi dağılımlarının karşılaştırılması olarak sıralanabilir. Yaşam verilerinin çözümlenmesinde karşılaşılan temel güçlük, gözlem altına alınan bazı birim ya da bireylerin başarısızlık zamanlarının gözlenememiş olmasıdır. Örneğin, tıbbi bir çalışmada gözlem altına alınan hastaların bazıları deney sonunda hala yaşamlarını sürdürüyor olabilir. Ayrıca, gözlem altındaki bir birey, bazı nedenlerden dolayı gözlemden çıkabilir. Eğer başarısızlık zamanı, bu gibi nedenlerden dolayı tamamlanamamış ise durdurulmuş (censored) durum söz konusudur. Birçok durumda incelenen yaşam süresinin başka faktörler tarafından da etkilenebileceği göz önünde bulundurulduğunda, bağımlı değişken olan yaşam süresi üzerinde açıklayıcı değişkenlerin de etkilerinin modellendiği regresyon modelleri

yaşam çözümlemesinde önemli bir yer almaktadır. Örneğin, akciğer kanseri olan hastaların yaşam süreleri üzerine yapılan bir çalışmada hastanın yaşı, hastanın genel fiziksel durumu, tümörün büyüklüğü, hastalığın teşhisinden sonra geçen süre ve diğer ilgili değişkenler açıklayıcı değişkenler olarak alınabilmektedir [44].

Tamamlanmamış izlem verilerinde, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler (prognostik factors, covariates) arasındaki neden-sonuç bağıntısını ortaya koymak için yararlanılan regresyon yöntemine Cox Regresyon yöntemi denmektedir. Yaşam çözümlemesinde 1972 yılında Cox tarafından geliştirilen regresyon modeli ile yaşam çözümlemesinde önemli adımlar atılmış, Cox'un önerileri, Kalbfleisch ve Prentice'in katkıları ile bugünkü önemini kazanmıştır. Cox regresyon modeli son yıllarda yapılan çalışmalarda sabit açıklayıcı değişkenlerin yanı sıra zamana bağlı açıklayıcı değişkenleri de içeren Cox regresyon modeline genişlemiştir [44, 45].

Cox regresyon modelinde iki temel varsayım vardır. Bunlar;

1. Prognostik değişkenlerin ölüm fonksiyonu üzerine etkileri loglineer'dir.
2. Prognostik değişkenlerin loglinear fonksiyonu ile ölüm fonksiyonu arasında çarpımsal bir ilişki vardır [45].

Bu varsayımlara göre, farklı prognostik değişken setlerine sahip olan iki birimin ölüm fonksiyonları oranı zamana bağlı değildir, ölüm riskleri orantısaldır [45].

### **2.5.1.1 $\beta$ katsayılarının önemliliğinin test edilmesi**

$\beta$  katsayılarının önemliliği için  $H_0:\beta=0$  hipotezi test edilir. Bu amaçla üç test yöntemi ileri sürülmüştür. Bunlar [40]

- Wald testi
- Benzerlik Oranı (Likelihood, LR) testi
- Score testidir.

#### ***Wald testi***

Wald testi en büyük benzerlik tahminlerinin (MLE) normal dağıldığı varsayımına dayanır. Regresyon katsayısının, standart hatasına oranı; [45]

$$z = (\beta / SH_{\beta}) \quad (2.2)$$

wald istatistiği olarak adlandırılır. Bu durumda Wald istatistiği Standart Normal Dağılım (SND) gösterir ve SND'nin kritik değerleri ile karşılaştırılarak önemliliği belirlenir. Aynı zamanda Wald istatistiği, [45]

$$w = z^2 = (\beta / SH_{\beta})^2 \quad (2.3)$$

olarak da kullanılabilir. Bu durumda ise Wald test istatistiği 1 serbestlik dereceli kıkare dağılımını gösterir ve 1 serbestlik dereceli  $\chi^2$  dağılımının kritik değerleri ile karşılaştırılarak önemliliği belirlenir [44].

Bu istatistiğin önemi, modeldeki herhangi bir değişkenin önemli mi yoksa önemsiz mi olduğunu belirlemektir [42].

Wald istatistiğini kullanırken dikkatli olmak gerekmektedir. Örnek olarak her iki katsayı için W istatistiği 2' yi geçerse, o zaman dizayn değişkenin önemli olduğuna karar verebiliriz. Alternatif olarak, eğer katsayılardan birinin W istatistiği 3, diğerinin değeri 0,1 ise değişkenin modele katkısı hakkında kesin bir şey söyleyemeyiz [42].

### ***Benzerlik Oranı Testi (LRATIO)***

LRATIO testi Wald testinden daha genel bir testtir. Kategorik değişkenlerin iki ve daha fazla sınıfı bulunduğunda ve Cox modeline aynı anda birçok değişkenin alındığı durumlarda tercih edilir. Cox regresyonda regresyon katsayılarının önemliliği  $H_0: \beta_i = 0$

$i=1,2,\dots,p$  varsayımı test edilerek belirlenir. Modelin en büyük benzerlik istatistiği  $l_0$  değerleri ile modelde  $v$  tane birbirinden farklı ve Yaşam Süresi üzerine önemli etkide bulunan başka bir modelin en büyük benzerlik istatistiği  $l_v$  belirlenerek LRATIO test istatistiği hesaplanır [44].

Modelde, v farklı regresyon katsayısı olduğunda bu modelin maximum benzerliği  $I_v$  ile gösterilir. Her bir modelin  $\beta=0$  durumuna göre benzerlik oranı (LR) test edilir [44].

$$\begin{aligned} LR &= -2\text{Log}(I_0 / I_v) \\ LR &= -2(L_0 / L_v) \end{aligned} \quad (2.4)$$

biçiminde hesaplanır.

Burada,  $L_0 = \text{Log}I_0$  ve  $L_v = \text{Log}I_v$  ' dir.

LR istatistiği v serbestlik dereceli ( $sd=v$ )  $\chi^2$  dağılımı gösterir. Önemliliğinin belirlenmesinde  $sd=v$  serbestlik dereceli  $\chi^2$  dağılımının kritik değerlerinden yararlanılır [44].

### 2.5.1.2 Katsayıların Yorumlanması

Bütün regresyon modellerinde bir bağımsız değişken için tahmin edilen katsayı, bağımsız değişkendeki bir birimlik değişimin bağımlı değişkende kaç birimlik değişime yol açtığını gösterir. Katsayıların doğru olarak yorumlanması için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkiyi tanımlamak gerekir. CRA'da kullanılan hazard fonksiyonu, yaşam süresi üzerine bir ya da daha fazla bağımsız değişkenin etkisini araştırmak için kullanılır. Katsayıları yorumlama sürecinde öncelikle, hazard fonksiyonunu doğrusal hale getirmek gerekmektedir. Genelleştirilmiş doğrusal modeller ailesinde (lineer, lojistik, Poisson ve diğer regresyon modellerinde), doğrusallaştırma dönüşümü bir link fonksiyonuyla sağlanmaktadır. Aynı durum CRA modeli için de geçerlidir [45].

Karar verilmesi gereken ilk adım, “bağımlı değişkenin hangi fonksiyonu bağımsız değişkenler ile lineer bir fonksiyon oluşturmaktadır?” sorusudur. Bu fonksiyona link fonksiyonu denir [42].

Lineer regresyon modelinde link fonksiyonu  $I$  (identity) matrisidir, çünkü bağımlı değişken parametreleri ile lineerdir. Lojistik regresyon modelinde ise link fonksiyonu lojit transformasyondur [42].

$$g(x) = Ln\{\pi(x)/[1-\pi(x)]\} = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2.5)$$

Lojistik regresyon katsayılarının yorumuna bağımsız değişkenin ikili olduğu zamanki durum ile başlayacağız.  $x$ 'in 0 ve 1 ile kodlandığını varsayalım.

$X=1$  olan bireyler içinde, sonuç değişkeni görülme ( $y=1$ ) odds değeri (bir olayın olma olasılığının olmama olasılığına oranı)  $\pi(1)/[1-\pi(1)]$  olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde  $x=0$  olan bireyler içinde, sonuç değişkeni görülme ( $y=1$ ) odds değeri  $\pi(0)/[1-\pi(0)]$  olarak verilmiştir. Odds değerlerinin logaritması lojit olarak adlandırılır [42].

$$\begin{aligned} g(1) &= Ln\{\pi(1)/[1-\pi(1)]\} \\ g(0) &= Ln\{\pi(0)/[1-\pi(0)]\} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Odds oranı,  $\psi$ , bu odds değerinin oranı olarak tanımlanır [42].

$$\psi = \frac{\pi(1)/[1-\pi(1)]}{\pi(0)/[1-\pi(0)]} \quad (2.7)$$

Odds oranının logaritması, log-odds, lojit farka eşittir [42].

$$Ln(\psi) = Ln\left[\frac{\pi(1)/[1-\pi(1)]}{\pi(0)/[1-\pi(0)]}\right] \quad (2.8)$$

Lojistik regresyonda bağımsız değişken ikili ise odds oranı,  $\psi = e^{\beta_1}$  ve lojit fark da  $Ln(\psi) = \beta_1$  'e eşittir. Odds oranı çok yaygın kullanılan bir ilişki ölçüsüdür.

Lojistik regresyon konusundaki en önemli kavramlardan birisi “odds oranıdır”. Olasılık, birçok insan tarafından belirli bir sonuçla ilgili o sonucun gerçekleşebilme oranı olarak bilinir. Fakat bir olayın gerçekleşme şansını tanımlamanın farklı yolları da vardır ve odds bunlardan biridir. Bir olayın odds’ u, o olayın gerçekleşme sayısının, gerçekleşmeme sayısına oranıdır. Olasılıkla(P) odds arasında şöyle bir bağlantı mevcuttur.

$$O = \frac{P}{1-P} \quad (2.9)$$

P= Olasılık

O = Olayın gerçekleşme olasılığı / Olayın gerçekleşmeme olasılığı

$$P = \frac{O}{1+O} \quad (2.10)$$

P [0,1] iken O [0,∞)’dur. Bununla ilgili olarak aşağıdaki değerler verilebilir:

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Olasılık | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  |
| Odds     | 0,11 | 0,25 | 0,43 | 0,67 | 1,00 | 1,50 | 2,33 | 4,00 | 9,00 |

Odds’un P’ den küçük olması, olasılığın 0,5’ten küçük olması demektir. Odds oranları çoklu karşılaştırmalarda çok kullanılır, hassastırlar ve en yaygın kullanım alanları iki dikotom değişken arasındaki ilişkinin ölçüldüğü alanlardır ve lojistik regresyon analizinde önemli bir ölçüttür [43].



### **3. MATERYAL METOT**

Son yıllarda etken veya etkenlerle hastalıklar arasındaki ilişkinin risk yönünden incelenmesi çalışmaları oldukça popülerdir. Bu incelemelerde de ağırlıklı olarak lojistik regresyon analizi kullanılmaktadır.

Bu çalışmada solunum yolu ve dolaşım sistemi rahatsızlıkları nedeniyle ortaya çıkan hastane ölümleri ile atmosferik asılı partikül madde arasındaki ilişki istatistiksel açıdan incelenmiştir.

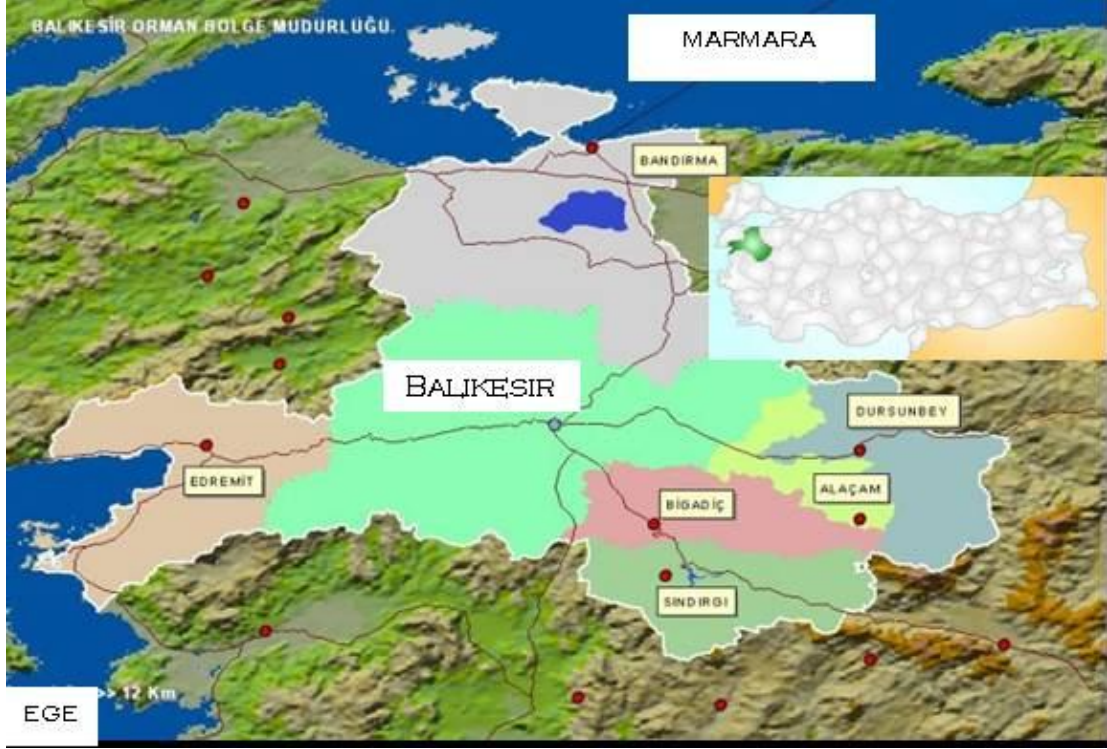
Çalışmalarda Balıkesir Devlet Hastanesi' ne 01.06.2007 ile 31.03.2010 tarihleri arasındaki mortalite vakaları incelenmiştir. Çalışmaya esas teşkil eden diğer değişkenler; hava kirletici (PM) ve meteorolojik parametreler ise Çevre ve Orman Bakanlığı' ndan temin edilmiştir.

Hesaplamalarda SPSS 15 for Windows paket istatistik programı kullanılmıştır.

#### **3.1 Çalışma Bölgesinin Tanımı**

Çalışma bölgesi olarak seçilen Balıkesir İli Marmara Bölgesinde yer almasına rağmen Ege Bölgesi sınırları içerisinde de topraklara sahiptir. Balıkesir, doğuda Bursa ve Kütahya, güneyde İzmir ve Manisa, batıda Ege denizi ve Çanakkale, kuzeyde Marmara denizi ile çevrilmiştir (Şekil 3.1). 2008 yılı merkez nüfusu 247.072 kişidir [47]. Balıkesir Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde bulunduğundan her iki iklimin özelliklerini de göstermektedir. Ege kıyıları Akdeniz ikliminin, Marmara kıyıları ise Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe iklim karasallık eğilimi göstermekte ve kışlar soğuk geçmektedir. Yıllık ortalama yağış 620 mm. dir. Şehirde zaman zaman etkili

olan yüksek basınç sistemleri yağış oluşumunu azaltır ve hava kirliliğinin daha yoğun yaşanmasına neden olur.



Şekil3.1 Çalışma bölgesi

Kentte kış aylarında görülen hava kirliliğinin başlıca nedeni, ısınma ve enerji elde etmek amacıyla tüketilen fosil yakıtlardır. 2002-2003 ve 2005-2006 kış dönemi PM konsantrasyonu değerleriyle il merkezi I. Grup Kirli İller arasında yer almıştır. Konvansiyonel PM ölçümlerinin yapıldığı uzun yıllar boyunca Balıkesir il merkezi kış sezonu kirlilik seviyeleriyle genellikle sınır değerlerin üzerinde ve Türkiye genelinde en kirli iller arasında yer almıştır. Tablo 3.1 'de 1999-2009 yıllarına ait Ekim Mart dönemi PM ölçüm değerleri görülmektedir [48, 49].

Isınma, sanayi ve trafik kaynaklarının yanı sıra topoğrafik yapı, kent yerleşim planı ve olumsuz meteorolojik şartlar hava kirliliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Kent merkezinin çanak şeklinde yapısı, kış aylarında hakim rüzgarların azalması, yüksek basınç ve hava sıcaklıklarının düşmesi, yüksek nemlilik ve sık görülen sisli günler kirlilik etkisini arttırmaktadır. Rüzgar özellikle kış

aylarında şehir merkezinde katı ve sıvı yakıtların oluşturduğu hava kirliliğine neden olmaktadır [48, 49].

*Tablo 3.1 1999-2009 yılları Ekim-Mart ısınma dönemi PM ölçüm değerleri [49]*

| <b>Dönemler</b>          | <b>Ekim</b> | <b>Kasım</b> | <b>Aralık</b> | <b>Ocak</b> | <b>Şubat</b> | <b>Mart</b> | <b>Ortalama</b> |
|--------------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| 1999-2000                | 32          | 36           | 65            | 45          | 43           | 30          | 42              |
| 2000-2001                | 29          | 64           | 48            | 50          | 31           | 24          | 41              |
| 2001-2002                | 33          | 101          | 73            | 117         | 116          | 71          | 85              |
| 2002-2003                | 51          | 138          | 126           | 106         | 67           | 81          | 94              |
| 2003-2004                | 28          | 140          | 124           | 129         | 157          | 84          | 110             |
| 2004-2005                | 49          | 85           | 107           | 100         | 62           | 80          | 80              |
| 2005-2006                | 54          | 62           | 77            | 84          | 117          | 108         | 100             |
| 2006-2007                | ---         | ---          | ---           | ---         | ---          | ---         | ---             |
| 2007-2008                | ---         | 120          | 107           | 166         | --           | ---         | 131             |
| 2008-2009                | 56          | 102          | 125           | 146         | 65           | 93          | 98              |
| Ekim Mart<br>Sınır Değer | 200         | 200          | 200           | 200         | 200          | 200         | 200             |

T.C. Sağlık Bakanlığı'nın 2003, 2004 ve 2005 yıllarında yayınladığı Sağlık İstatistikleri raporunda, Balıkesir Türkiye genelinde solunum yolu semptomlarının illere göre ortalama değerlerinden; ilk sıralarda yer almaktadır. Rapora göre 2003 yılından itibaren Balıkesir'de solunum yolu rahatsızlıkları tanısıyla acil servise başvuru sayısı artış göstermektedir. 2005 yılında Balıkesir, Türkiye genelinde solunum yolu semptomlarının görülme ortalaması bakımından 21. sırada yer almıştır. Türkiye genelinde ise 2008 yılı sağlık istatistiğine göre dolaşım ve solunum sistemi rahatsızlıklarından hastane ölümlerin dağılımı Tablo 3.2' de görülmektedir. Dolaşım sistemi hastalıkları toplam % 34,3' lük yüzdesi ile bütün hastane ölümleri arasında en büyük orana sahiptir [48, 50].

Tablo 3.2 ICD–10 Ana Tanı Gruplarına ve Cinsiyete Göre Hastane Ölümünün Dağılımı, (%), [50]

| ICD 10 Tanı Kodları                    | Kod     | Kadın | Erkek | Toplam |
|--|---------|-------|-------|--------|
| Dolaşım Sistemi Hastalıkları (I00-I99) | I00-I99 | 37,1  | 32,1  | 34,3   |
| Solunum Sistemi Hastalıkları (J00-J99) | J00-J99 | 9,7   | 12,7  | 11,4   |

### 3.2 Hava Kirliliği ve Epidemiyolojik Verilerin Toplanması

Kent merkezinde bulunan Balıkesir Devlet Hastanesi (BDH)'nden geneli temsil edecek şekilde solunum ve dolaşım sistemi rahatsızlıklarının (J00-J99; I00-I99) neden olduğu mortalite olaylarında kişilerin;

- Yaş,
- Cinsiyet,
- Hastane kayıt numarası,
- Hastaneye müracaat tarihi,
- Uluslar arası Hastalık Sınıflaması tanı kodu(International Classification of Diseases, ICD10 code) (Tablo 3.3)
- Ödeme türü (sosyo-ekonomik durumu belirlemek için)
- Oturduğu bölge bilgileri

Haziran 2007 – Mart 2010 dönemi için toplanmıştır. Verilerin toplandığı hastanede kayıtlar ICD10 temelinde bilgisayar ortamında tutulmaktadır. Bu kayıt sistemi çalışma kapsamında gerekli verilerin sağlıklı bir şekilde temin edilmesini sağlamıştır. Tablo 3.3 'de bu hastalıkların Uluslararası İstatistiksel Sınıflaması ICD-10 da belirtilen Hastalık Sınıf Adı ile Hastalık Kodları ile verilmiştir.

Hava kirletici verileri (PM<sub>10</sub>) Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2007 başlarında kurduğu ölçüm istasyonundan temin edilmiştir. Haziran 2007-Mart 2010 dönemine ait veri seti kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir.

*Tablo 3.3 Uluslararası İstatistiksel Sınıflaması ICD-10 da belirtilen Hastalık Sınıf Adı ile Hastalık Kodları*

| Hastalık Kodu | Hastalık Sınıf Adı   |
|---------------|--|
| J00-J06       | Akut üst solunum yolu enfeksiyonları                                     |
| J10-J18       | İnfluenza ve pnömoni   |
| J20-J22       | Akut alt solunum yolu diğer enfeksiyonları                               |
| J30-J39       | Üst solunum yolu diğer hastalıkları                                      |
| J40-J47       | Kronik alt solunum yolu hastalıkları                                     |
| J60-J70       | Dış etkenlere bağlı akciğer hastalıkları                                 |
| J80-J84       | Esas olarak intersitisyumu tutan diğer solunum yolu hastalıkları         |
| J85-J86       | Alt solunum yolu süperatif ve nekrotik durumları                         |
| J90-J94       | Plevranın diğer hastalıkları   |
| J95-J99       | Solunum sisteminin diğer hastalıkları                                    |
| I00-I02       | Akut eklem romatizması   |
| I05-I09       | Kronik romatizmal kalp hastalığı   |
| I10-I15       | Hipertansif hastalıklar  |
| I20-I25       | İskemik kalp hastalıkları  |
| I26-I28       | Pulmoner kalp hastalığı ve pulmoner dolaşım hastalıkları                 |
| I30-I52       | Kalp hastalıklarının diğer formları                                      |
| I60-I69       | Serebrovasküler hastalıklar  |
| I70-I79       | Arter, arteriol ve kapiller hastalıkları                                 |
| I80-I89       | Ven, lenfatik damar ve lenf nodu hastalıkları, başka yerde sınıflanmamış |
| I95-I99       | Dolaşım sisteminin diğer ve tanımlanmamış bozuklukları                   |

### **3.3 Sağlık Risk Analizi**

Hava kirliliği atmosferde PM, NO<sub>2</sub>, CO gibi farklı kirleticilerin karışımından oluşur ve bu kirleticiler arasında güçlü bir korelasyon vardır. Bu korelasyon her bir kirleticinin bağımsız sağlık etkisini doğru olarak belirlemeyi güçleştirir. Yaygın hava kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etki mekanizmaları benzerdir ve bu nedenle çoğu zaman belirli bir sağlık etkisine belirli bir kirleticinin sebep olduğunu söylemek de mümkün değildir. Ayrıca aralarında güçlü korelasyon bulunan her bir kirleticinin etkisini ayrı ayrı toplamak, toplam sağlık etkisinin olduğundan fazla

hesaplanmasına sebep olabilecektir. Bu yüzden epidemiyoloji çalışmaları genellikle hava kirliliği-sağlık etkisi ilişkisini temsil edebilen “indikatör kirletici” ölçümlerini temel alarak gerçekleştirilirler. Pek çok epidemiyolojik çalışmada PM<sub>10</sub>, hava kirliliğinin oluşturduğu sağlık riski için önemli ve sık kullanılan bir kirletici olarak kabul edilir. Ayrıca partikül maddenin metal içerikleri, partikül boyutu ve diğer toksik bileşenlerin bir taşıyıcısı olma özellikleri de partikül maddelerin sağlık etkisindeki rollerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmasında bir etkidir. Bütün bu değerlendirmeler göz önüne alınarak bu çalışmada “indikatör kirletici” olarak PM<sub>10</sub> seçilmiştir [48, 51 52].

Elde edilen epidemiyolojik veriler, hava kirletici (PM<sub>10</sub>), meteorolojik koşullar, yaş, cinsiyet bağımsız değişkenleriyle case-crossover metodu ve koşullu lojistik regresyon tekniği kullanılarak risk analizleri yapılmıştır.

Çalışma periyodunca, yetişkinlerde solunum yolu ve dolaşım sistemi rahatsızlıklarıyla ilgili hastane ölüm kayıtları ve hastalara ilişkin elde edilen verilerden kirletici seviyeleri kullanılarak risk analizi yapılmıştır. Bu amaçla, her bir kirletici seviyesinin, hastalara ait demografik ve sosyo-ekonomik verilerden ve meteorolojik parametrelerden oluşan bağımsız değişkenlerin, günlük mortalite olarak tanımlanan bağımlı değişken üzerindeki etkisini belirlemede Koşullu Lojistik Regresyon tekniği kullanılmıştır. Böylece, kirletici konsantrasyonundaki artışın ne oranda mortalite riski oluşturduğu ortaya konulmuştur.

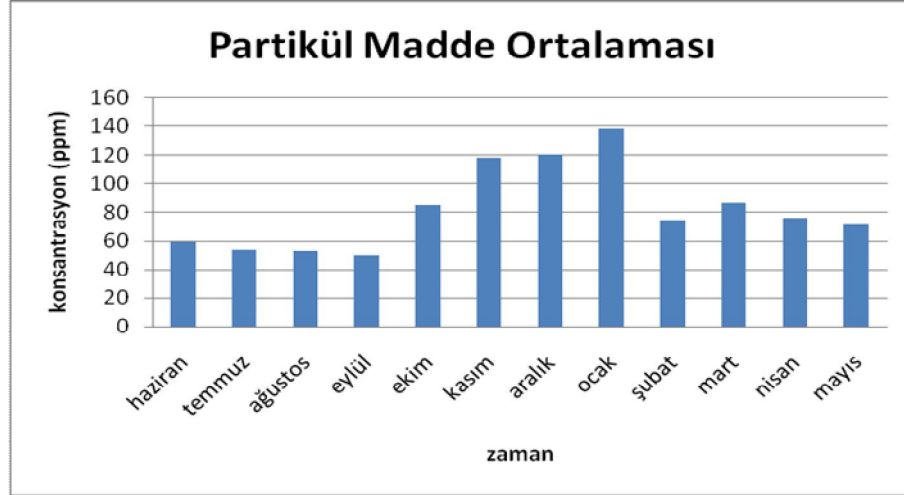
#### 4. BULGULAR

Hava kirletici verileri (PM<sub>10</sub>) ve Meteorolojik veriler (rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bağıl nem, basınç) Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2007 başlarında kurduğu hava kalitesi izleme ölçüm istasyonundan temin edilmiştir. Tablo 4.1' de çalışma periyoduna ait hava kirletici ve meteorolojik verilerin tanımlayıcı istatistiği verilmiştir.

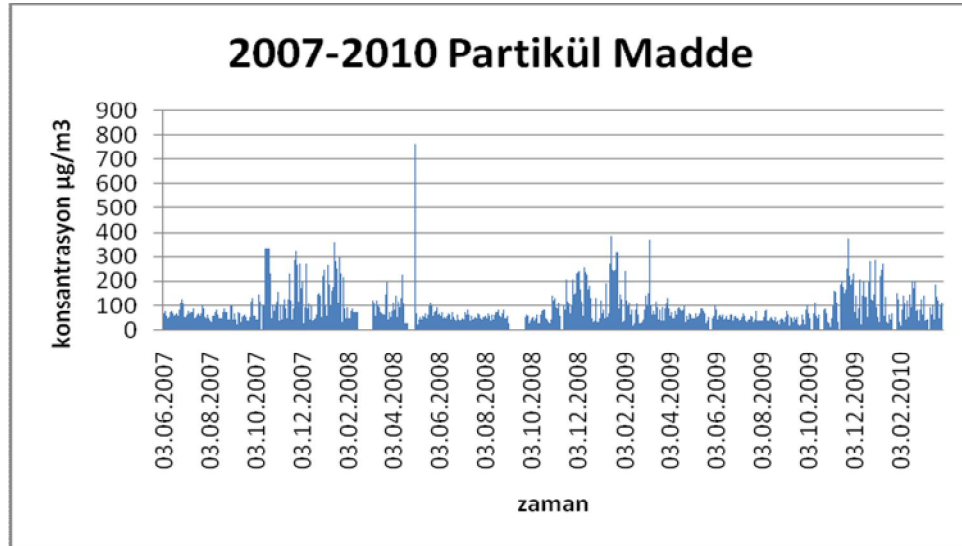
*Tablo 4.1 Haziran 2007-Mart 2010 dönemi Balıkesir hava kirletici ve meteorolojik verilerin tanımlayıcı istatistiği*

| <b>Parametre</b>                      | <b>N</b> | <b>Minimum</b> | <b>Maksimum</b> | <b>Ortalama</b> | <b>Std. Sapma</b> |
|---------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 948      | 6              | 766             | 84              | 66                |
| Rüzgar hızı (m/sn)                    | 1003     | 0              | 5               | 1,8             | 1,2               |
| Rüzgar yönü (Deg)                     | 1004     | 104            | 274             | 191             | 21                |
| Hava Sıcaklığı (°C)                   | 1004     | -3             | 33              | 16              | 8,5               |
| Bağıl nem (%RH)                       | 1004     | 22             | 85              | 61              | 12                |
| Basınç (mbar)                         | 1004     | 979            | 1018            | 998             | 6                 |

Kentte yanma mevsiminin başladığı Ekim ayından itibaren kirletici konsantrasyonlarında artışlar meydana gelmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının Mart-Nisan aylarında yeniden bir artış göstermesi trafik emisyonları, uzak taşınım ve yol tozlarının etkisini akla getirmektedir.



Şekil 4.1 Haziran 2007-Mart 2010 dönemi PM konsantrasyonlarının aylara göre ortalaması (ppm)



Şekil 4.2 Haziran 2007-Mart 2010 dönemi Balıkesir hava kirleticilerin zamansal değişimi

#### 4.1 Tanımlayıcı bulgular

Araştırma kapsamında Balıkesir Devlet Hastanesi Mayıs 2007 ile Mart 2010 dönemine ait mortalite verileri incelenmiş olup, bu tarihler arasında dolaşım ve solunum sistemi rahatsızlarının neden olduğu toplam 459 ölüm vakası görülmüştür.

Mortaliteler yaş ve cinsiyete göre incelendiğinde ölüm olaylarına 64 yaş üstündeki yetişkinlerde daha fazla rastlandığı ortaya çıkmaktadır (Tablo 4.2).



*Tablo 4.2 Haziran 2007 ile Mart 2010 tarihlerinde ölüm vakasının görüldüğü hastaların yaş ve cinsiyet dağılımı*

| <b>Cinsiyet</b> | <b>Bay</b>  | <b>Bayan</b> | <b>Toplam</b> |
|-----------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>Yaş</b>      | <b>N(%)</b> | <b>N(%)</b>  | <b>N(%)</b>   |
| 30-64           | 71 (16)     | 35 (8)       | 105 (23)      |
| 64 yaş üstü     | 164 (36)    | 189 (41)     | 353 (77)      |
| Toplam          | 235 (51)    | 224 (49)     | 459 (100)     |

Tablo 4.2 incelendiğinde; ölüm vakalarının erkek hastalarda bayanlara oranla daha fazla görüldüğü de ortaya çıkmaktadır fakat 64 yaş üstündeki bayanlarda mortalite olaylarının aynı yaş grubundaki baylara oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

En çok ölüm vakasının gözleendiği hastalıklar J40-J47 (Kronik alt solunum yolu hastalıkları) J95-J99 (Solunum sisteminin diğer hastalıkları), I30-52 (Kalp hastalıklarının diğer formları) ve I60-69 (Serebrovasküler hastalıklar) kodlu hastalıklardır. Yapılan analizler sonucunda en çok ölüm vakasının görüldüğü J40-J47, J95-J99, I30-152 ve I60-I69 kodlu hastalıkların cinsiyet ve yaşa göre dağılımları Tablo 4.3 'de verilmiştir.

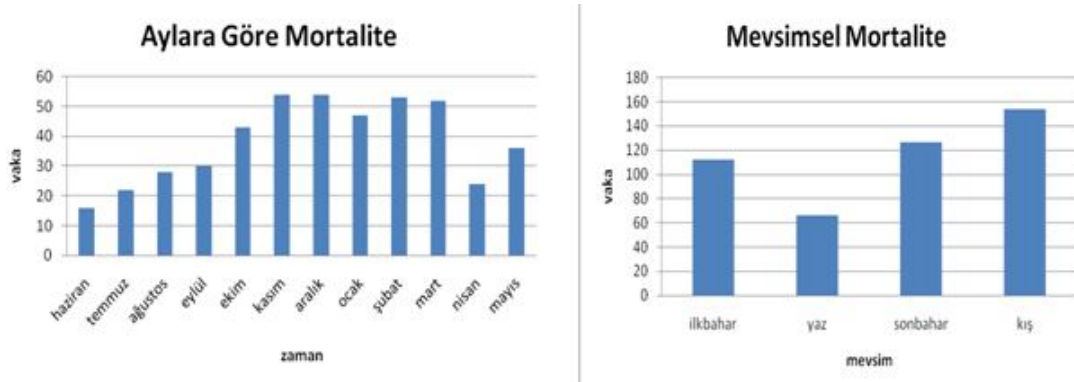
*Tablo 4.3 Yaş ve Cinsiyete Göre Hastane Ölümlerinin Dağılımı, (%)*

| <b>Cinsiyet</b> | <b>Bay</b>     | <b>Bay</b>      | <b>Bayan</b>   | <b>Bayan</b>    |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| <b>(yaş)</b>    | <b>(30-64)</b> | <b>(&gt;64)</b> | <b>(30-64)</b> | <b>(&gt;64)</b> |
| <b>ICD Kodu</b> |                |                 |                |                 |
| J40-J47         | 1              | 3               | 1              | 4               |
| J95-J99         | 6              | 8               | 1              | 6               |
| I30-152         | 7              | 14              | 2              | 14              |
| I60-I69         | 5              | 12              | 3              | 13              |

Mortalitenin “yetişkin-yaşlı” ve “bay-bayan” gruplarına göre dağılımlarından hastalık türlerine göre daha hassas grupların varlığı tespit edilmiştir. Tablo 4.3

incelendiğinde en yüksek ölüm oranınının 64 yaş üstü yetişkinlerde (%14).görüldüğü ve ölüm nedenlerinin ise I30-I52 kodlu hastalıklardan kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır.

Solunum sistemi ve dolaşım sistemi rahatsızlıkları ile ilgili hastane ölümlerinin zaman içerisindeki dağılımından, özellikle kış aylarında bir artışın olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Zamana göre mortalitenin değişim grafikleri

## 4.2 Risk Analizleri Sonuçları

Risk analizleri, elde edilen epidemiyolojik veriler, hava kirletici (PM<sub>10</sub>) konsantrasyonları, meteorolojik koşullar, yaş, cinsiyet, sosyo-ekonomik statü ve yaşanan yer bağımsız değişkenleriyle case crossover metodu ve conditional logistic regression tekniği kullanılarak yapılmıştır.

Solunum ve dolaşım sistemine bağlı hastane ölümlerine çocuklarda ve 30 yaş altı yetişkinlerde rastlanmamıştır. 30 yaş üstü yetişkinlere ait solunum ve dolaşım sistemi rahatsızlıklarıyla ilgili mortalite vakaları ve hastalara ilişkin veriler ile kirletici seviyeleri kullanılarak risk analizi yapılmıştır. Bu amaçla, her bir kirletici seviyesinin, hastalara ait demografik ve sosyo-ekonomik verilerden ve meteorolojik parametrelerden oluşan bağımsız değişkenlerin, günlük hastane ölümleri olarak tanımlanan bağımlı değişken üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Böylelikle, kirletici

konsantrasyonundaki artışların ne oranda bir ölüm riski oluşturduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmada kullanılan case crossover metodu, hastane ölümlerinin (vaka, case) olduğu gündeki kirletici konsantrasyonlarıyla ölüm olayının olmadığı (kontrol, control) bir gündeki hava kirletici konsantrasyonlarının karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Her bir vaka için mortalitenin gerçekleştiği zamandaki PM<sub>10</sub> seviyesi (case period) mortalitenin olmadığı özel bir periyottaki (control period) PM<sub>10</sub> seviyesiyle karşılaştırılmıştır. Vakalar çalışma periyodunca solunum yolu ve dolaşım sistemi hastalıklarıyla ilgili başvurulardan, kontrol günleri vaka gününden 1 hafta öncesi ve 1 hafta sonrası, günlerinden oluşmaktadır. Rüzgar hızı, yönü, hava sıcaklığı, basınç, nisbi nem gibi meteorolojik değişkenler ise her bir analizde sabit tutulmuştur. Hava kirliliğinin akut etkisi hemen olabileceği gibi bir kaç gün sonrasında da görülebilmektedir.

Pek çok çalışmada, artan hastane başvurularının başvuru günündeki hava kirliliği ve önceki günlerdeki (lag) hava kirliliğiyle ilişkili oldukları rapor edilmiştir [48]. Bu çalışmada bir önceki günden itibaren 4 gün öncesinin PM<sub>10</sub> (lag1, lag2, lag3, lag4) seviyelerinin mortaliteye etkisinin belirlenebilmesi için önceki 4 güne ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonları da analize dahil edilmiştir. Böylece, PM<sub>10</sub>'nin solunum ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı mortalitelerdeki risk seviyesi ihtimallerini veren “ihtimaller oranı” (odds ratio, OR) değerleri SPSS 15 software kullanılarak hesaplanmıştır. Hava kirliliği seviyesi ile mortaliteler arasındaki ilişkinin seviyesinin belirlenmesi %90 güven aralığında OR kullanılarak hesaplanmıştır. OR hava kirletici (PM<sub>10</sub>) konsantrasyonlarındaki 10 µg/m<sup>3</sup>’lük artışa karşılık mortalitelerdeki artış miktarının tahmin edilmesi esasına göre hesaplanmıştır.

Lojistik regresyon analizi, case crossover yaklaşımıyla ve meteorolojik verilerin sabit tutulmasıyla işletilen hesaplamaların sonuçları Tablo 4.4 'de sunulmuştur. Tablo 4.4 'de PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarındaki 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışa karşı mortalite olaylarındaki % artışa karşılık gelen OR değerleri verilmiştir.

PM<sub>10</sub> seviyesi ile hastane ölümlerindeki artış arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Tablo 4.4 'de PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı meydana getireceği mortalite riski verilmiştir.

*Tablo 4.4 PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı mortalite riski*

| <b>Hastalık Kategorisi</b> | <b>Değişken</b>        | <b>OR (p)</b> |
|----------------------------|------------------------|---------------|
| J40-J47                    | PM <sub>10</sub>       | 1.02 (0,679)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag1 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag2 | 1.17 (0,109)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1,17 (0,055)  |
| J95-J99                    | PM <sub>10</sub>       | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1,05 (0,176)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,01 (0,567)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1,01 (0,718)  |
| I30-I52                    | PM <sub>10</sub>       | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1.01 (0,585)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,01 (0,423)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -             |
| I60-I69                    | PM <sub>10</sub>       | 1,01 (0,668)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag1 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -             |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,02 (0,413)  |
|                            | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1,01 (0,670)  |

Tablo 4.4' de verildiği gibi en yüksek maruziyet J40-J47 kodlu (Kronik alt solunum yolu hastalıkları) rahatsızlıklarda görülmüştür. PM<sub>10</sub>\_Lag4 maruziyetindeki her 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın kronik alt solunum yolu hastalıklarına bağlı ölümlerde %17 (p=0,055) oranında artışa neden olduğu görülmüştür.

OR sonuçlarının toplam hastane ölümlerine göre yorumlanması, PM<sub>10</sub> seviyesindeki 10 µg/m<sup>3</sup>'lük bir artışın cinsiyete göre meydana getireceği risk Tablo 4.5 'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Solunum sistemi hastalıklarına bağlı mortalite için OR

| Hastalık Kategorisi |                        | OR (p)<br>(BAYAN) | OR (p)<br>(BAY) |
|---------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| J00-J99 / I00-I99   | PM <sub>10</sub>       | -                 | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1.02 (0.464)      | 1.01 (0.695)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | 1.02 (0.816)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -                 | 1.01 (0.561)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                 | 1.02 (0.634)    |
| J40-J47             | PM <sub>10</sub>       | 1.06 (0.428)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | -                 | 1.01 (0.915)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | 1.04 (0.444)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -                 | 1.05 (0.397)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1.08 (0.094)      | 1.01 (0.931)    |
| J95-J99             | PM <sub>10</sub>       | -                 | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1.04 (0.388)      | 1.09 (0.044)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                 | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1.02 (0.614)      | 1.01 (0.532)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                 | 1.05 (0.141)    |
| I30-I52             | PM <sub>10</sub>       | 1.01 (0.751)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | -                 | 1.06 (0.069)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | 1.02 (0.500)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -                 | 1.03 (0.169)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1.01 (0.485)      | -               |
| I60-I69             | PM <sub>10</sub>       | -                 | 1.01 (0.547)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1.01 (0.730)      | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                 | -               |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1.03 (0.353)      | 1.02 (0.341)    |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                 | 1.01 (0.612)    |

Tablo 4.5 incelendiğinde hava kirliliğine maruziyetten bayanlarda J40-J47 kodlu hastalıklar için ölüm riski PM<sub>10</sub>\_Lag4 düzeyindeki her 10 µg/m<sup>3</sup> 'lük artış için % 8 (p= 0,094) iken baylarda J95-J99 kodlu hastalıklar nedeniyle ölüm riski PM<sub>10</sub>\_Lag1 konsantrasyonundaki her 10 µg/m<sup>3</sup> 'lük artış için %9 (p=0,04) seviyesindedir.

Hava kirliliğinin eden olduğu mortalite olaylarında hassas yaş gruplarının bulunabilmesi amacıyla vakalar iki yaş grubuna ayrılmıştır. Tablo 4.6 'da yaşa göre hava kirliliğinin neden olacağı mortalite riskleri görülmektedir.

Tablo 4.6 Yaşlara göre solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı mortalite için OR

| Hastalık Kategorisi |                        | OR (p)<br>(30-64 yaş) | OR (p)<br>(<64 yaş) |
|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| J00-J99 / I00-I99   | PM <sub>10</sub>       | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1,03 (0,575)          | 1,03 (0,135)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,05 (0,598)          | 1,01 (0,678)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                     | -                   |
| J40-J47             | PM <sub>10</sub>       | 3,35 (0,083)          | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | 1,14 (0,498)          | 1,12 (0,350)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                     | 1,15 (0,105)        |
| J95-J99             | PM <sub>10</sub>       | -                     | 1,03 (0,514)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1.34 (0,115)          | 1,06 (0,234)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,09 (0,531)          | 1,01 (0,456)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1,05 (0,661)          | 1,01 (0,690)        |
| I30-I52             | PM <sub>10</sub>       | -                     | 1,03 (0,338)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1,09 (0,317)          | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                     | 1,01 (0,855)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | -                     | 1,02 (0,318)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | 1,08 (0,276)          | -                   |
| I60-I69             | PM <sub>10</sub>       | 1,03 (0,781)          | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag1 | 1,19 (0,204)          | 1,02 (0,404)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag2 | -                     | -                   |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag3 | 1,09 (0,461)          | 1,01 (0,584)        |
|                     | PM <sub>10</sub> _Lag4 | -                     | 1,01 (0,683)        |

Tablo 4.6 incelendiğinde 30-64 yaş arası yetişkinlerde PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki her 10 µg/m<sup>3</sup> lük artışın ölüm riskini 3,35 (p=0,083) kat arttırdığı görülmektedir.

Yapılan analizlerle, Balıkesir kent merkezindeki PM<sub>10</sub> kirliliğinin bölge halkı sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin bulunduğu ortaya çıkmıştır. Risk dönemlerinin ise, olumsuz meteoroloji ve kirli atmosferik şartların geliştiği kış ayları olduğu ve bu aylarda mortalitenin arttığı ortaya çıkmıştır.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Balıkesir kent merkezinde Haziran 2007-Mart 2010 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada kentin PM<sub>10</sub> kirlilik seviyesi ile solunum ve dolaşım yolu hastalıkları nedeniyle hastane ölümleri arasındaki ilişki incelenmiş ve anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma periyodunda temin edilen 24 saatlik PM<sub>10</sub> kütle konsantrasyonları ortalaması 84 µg/m<sup>3</sup>, standart sapması 66 µg/m<sup>3</sup> 'tür. PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının yanma mevsimini temsil eden kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum ısınmanın atmosferik PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarını arttırdığını açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca standart sapmanın da bu denli yüksek oluşu ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonları etrafında önemli dalgalanmaların olduğunu göstermektedir.

Kentteki PM<sub>10</sub> düzeyi ve mortalitenin araştırılması amacıyla, logistic regresyon tekniği kullanılarak risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Kent merkezindeki Balıkesir Devlet Hastanesi'nden solunum yolu ve dolaşım sistemi hastalıklarına bağlı ölüm kayıtları ile, demografik veriler çalışma döneminde PM<sub>10</sub>-Mortalite ilişkisinin varlığını ortaya koyma amaçlı toplanmıştır. Çalışma döneminde tüm yaş gruplarındaki hastalara ilişkin tanısı konulan solunum ve dolaşım yolu nedenleriyle ölüm vakaları (ICD10\_J00-J99 ve ICD10\_I00-I99) ile, PM<sub>10</sub> demografik ve meteorolojik verilerin günlük ortalamaları arasında uygulanan logistic regresyon ihtimaller oranı (odds ratios, OR) analizi sonuçlarıyla %90 güven aralığında incelenmiştir.

OR, PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarındaki 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışa karşılık hastane ölümlerindeki artış sayısının tahmin edilmesi esasına göre hesaplanmıştır. Her 1000 kişi için PM<sub>10</sub> (10 µg/m<sup>3</sup> artış için) kirliliğinin kentte oluşturduğu ölüm (J40-J47) artışı yaklaşık 170 kişi olarak hesaplanmıştır. Son yıllarda hava kirliliğinin global

seviyede yılda yaklaşık 800.000 erken ölüme (toplam global ölümlerin %1.2 si) sebep olduğunu göstermektedir. 25 Avrupa ülkesinde PM kirliliğinin sebep olduğu erken ölüm sayısı yıllık 348.000, kalp ve solunum hastalıklarından oluşan toplam morbiditenin ise yıllık 100.000 vaka olduğu hesap edilmektedir [53, 54].

Pek çok epidemiolojik çalışma hava kirliliği ile solunum yolu sağlığının bozulması arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalarda çocuklarda ve yetişkinlerde O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> gibi hava kirleticilerinin soluk yolu patolojilerini hızlandırdığını, iltihapları arttırdığını göstermektedir. İsviçre’ de yapılan bir çalışmada yetişkinlerde PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> düzeyleri ile akciğer fonksiyonlarında düşme ve bronşitik semptomlarda artış saptanmıştır. ABD’de 110 çocukla yapılan çalışmada, partiküllere maruziyet ile çocukların azalmış akciğer fonksiyon gelişimi arasında ilişki saptanmış, partikül kirliliğinin yüksek olduğu yerlerdeki çocukların akciğer gelişiminin, bu kirleticinin düzeyinin düşük olduğu yerlerdeki çocuklara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir [48, 55, 56].

Risk dönemlerinin olumsuz meteoroloji koşulların ve ısınma amaçlı yakıt tüketiminin yaşandığı sonbahar ve kış aylarının olduğu ortaya çıkmıştır. İnsan sağlığı açısından risk dönemlerinin ve kirlilik risk seviyesi değerlerinin bilinmesi, yerel otoritelerin bu dönemlerde gerekli tedbirleri alabilmesine katkı sağlamaktadır. Hava kirliliği, sağlık etkisi ve sosyo-ekonomik yapı arasındaki ilişkinin ortaya konulması hava kirliliğine maruziyetin azaltılması için yapılması gerekenlerin belirlenmesine yardımcı olacaktır. Böylelikle hava kirliliği nedeniyle artan sağlık harcamaları azalacağı gibi ülke genelinde hava kirliliğine bağlı erken ölümler de azalacaktır.

Hava kirliliği gibi diğer tüm çevresel problemlerin önüne geçebilmenin temel şartlarından biri alınan tedbirlerin, belirlenen stratejilerin ve izlenen politikaların uygulanabilmesiyle mümkün olacaktır. Bunun için etkili bir yönetim sistemi ve yönetici kadrosunun yanında bireysel katkı ve katılımın sağlanması gerekmektedir.



Hava kirliliğini önlemek, solunabilir temiz hava kalitesine ulaşmak için bireysel olarak bilinçli bir tüketim alışkanlığı kazanmak ve kazandırmak temiz hava kalitesine ulaşmak için büyük katkı sağlayacaktır. Yaşantımızda ve yaşadığımız çevrede yapacağımız küçük değişikliklerle enerji tasarrufu sağlayarak hava kirliliğine olan katkıyı azaltmak mümkündür. Evlerde ısınma amacıyla enerjinin çok büyük bir kısmı harcanmaktadır. Isıtma sistemleri iyileştirerek ve etkin bir izolasyon ile ısı kaçaklarını önlemek hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olacaktır. Ayrıca yerel yönetimler tarafından ısınmada kullanılan yakıtlara kirlilik emisyonu azaltacak şekilde kısıtlamalar getirilmelidir. Kirlilik yükü yüksek yakıtların satışı ve kullanımı yasaklanmalıdır.

Bireylerin araç kullanım alışkanlıklarını değiştirerek ve düşük emisyon salınımına sahip araçlar kullanılarak ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak mümkündür. Kısa mesafelerde araç kullanmak yerine yürümek hem sağlığımızı iyileştirmede hem de çevre kirliliğini azaltmada katkı sağlayacaktır.

Hava kirliliğini önlemede kontrol ve yerel yönetimlerin alacağı karar denetimler doğrultusunda hava kalitesinin iyileştirilmesinde büyük etkilerinin olacağı gerçektir. Bölgede hava kalitesine etki eden tüm kaynakları belirleyip, kirlilik ölçümleri, gözlemleri yaparak sorunun boyutları ortaya konmalıdır. Endüstriyel emisyon kontrolleri ve sürekli izleme sistemleri ile hava kalitesini korumak mümkündür.

Sağlıklı yaşam için solunan havadaki günlük  $PM_{10}$  kirlilik seviyesinin  $50 \mu g/m^3$  altına indirilmesi temel hedef olmalıdır.  $PM_{10}$  kirliliği ile ilgili gerekli önlemler alınmadığı zaman astım, bronşit, kalp ve akciğer hastalarının ölümlerine neden olduğu/unutulmalıdır.

Türkiye’de çeşitli şehirlerde ölçülen  $PM_{10}$  kirliliği ve maruz kalma süresi ile günlük ölümler arasındaki ilişki mutlaka Çevre ve Orman Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı tarafından incelenmelidir. Halk sağlığını korumak amacıyla meteorolojik veriler ve günlük ortalama  $PM_{10}$  kirlilik ölçüm değerleri dikkate alınarak gelecek

günlere yönelik Hava Kalitesi İndeksi ile ilgili tahminlerde bulunarak hava kirliliği verilerinin sınır değerleri aşması muhtemel günlerde kamuoyu uyarılmalıdır.

Hava kirliliğinin halk sağlığı üzerinde maliyeti çok yüksektir ve mutlaka incelenmelidir. PM<sub>10</sub> kirliliğini azaltmak için ciddi çalışmalar yapılmalıdır. Kirliliğin yüksek olduğu illerde kirlilik kaynakları belirlenmeli ve bu kaynaklardan ileri gelen emisyonları azaltmak için her bir şehir için eylem planı hazırlanarak uygulamaya geçilmelidir.

Endüstri tesislerinde hava kirliliğine neden olan kaynaklar incelenmeli ve kirlilik yükünü azaltıcı önlemlerin alınması sağlanmak mümkündür. Yüksek oranda kirlilik yayan kaynaklar belirlenerek kaynak, yakıt ya da proseslerde kirlilik yükünü azaltacak iyileştirmeler yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Vallero, D., A., Fundamentals of Air Pollution, Academic Press, Fourth Edition, USA, 2008, 3
- [2] Bayram, H. ve Dikensoy, Ö., “Hava Kirliliği ve Solunum Sağlığına Etkileri”, *Tüberkloz ve Toraks Dergisi*,54(1), (2006), 80,89.
- [3] Başar, P., Okyay, P., Ergin F., Coşan, S., Yıldız, A., “Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği 1997-2004”, *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi* 6(3), (2005), 11, 15.
- [4] Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Erişim tarihi: Nisan 2009  
<http://www.rshm.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>
- [5] Kındap, T., Karaca, M., “Avrupa Kaynaklı Aerosollerin Türkiye’ye Taşınımı”, *İTÜ Dergisi*, 5, 2, (2006), 3, 12
- [6] Müezzinoğlu, A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 1987, 12
- [7] Karpuz M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Publishing, 9. Baskı, İstanbul, 2007, 168, 202
- [8] Tırıs, M., Kalafatoğlu, E., Okutan, H. Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü, Gebze, Kocaeli,1993, 1, 14
- [9] Morawska, L., Zhang, J.F., “Combustion Sources of Particles 1. Health Relevance and Source Signatures”, *Chemosphere*, 49, (2002), 1045,1058
- [10] Akdur, R., Çöl, M., Işık, A., İdil, A., Durmuşoğlu, M., Tunçbilek, A., Halk Sağlığı, Antıp, Ankara, 1998, 83
- [11] Aydın, Ö., Havadaki SO<sub>2</sub> ve PM Konsantrasyonunun İstatistiksel Yöntemler İle Modellenmesi:Zonguldak Şehir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 2006

- [12] Yavuz, C., I., Dış Ortam Hava Kirliliği ve Mevzuat Çerçevesi, Türk Toraks Derneği, Dış Ortam Hava Kirliliği Sempozyumu, Erişim tarihi: Nisan 2009  
[http://www.toraks.org.tr/pdf/hava\\_kir\\_semp/dis\\_ortam\\_hava\\_kirliligi.pdf](http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/dis_ortam_hava_kirliligi.pdf)
- [13] Ak, H., İstanbul İlinde Partikül Madde Değerlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2006
- [14] Brunekreef, B., Van Bree, L., Air Pollution and the Risk to Human Health, Air Net A Thematic Network on Air Pollution and Health, 2004
- [15] Erişim tarihi: Nisan 2009  
[http://www.cevreonline.com/emisyon/hava\\_ etkiler.htm](http://www.cevreonline.com/emisyon/hava_ etkiler.htm)
- [16] Particulate Matter Air Pollution: How It Harms Health, WHO, Berlin, Copenhagen, Rome, 14 April 2005 (Fact Sheet EURO/04/05)
- [17] Önanç, E., Kimya Teknolojileri Sayı28, Aralık 2004, Erişim Tarihi:Nisan 2009  
(<http://www.bilesim.com.tr/tr/index.nsf?lf=/tr/leftbaryayincilik.html&rf=http://www.bilesim.com.tr/mistoportel/showmakale.nsf?xd=3505.xml>)
- [18] Süren, P., Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin; PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> Boyut Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 2007
- [19] Erişim Tarihi: Nisan 2009  
<http://www.acilveilkuyardim.com/acilbakim/solunum3.jpg>
- [20] Bayram, H., Dötbudak, Z., Evyapan, F., F., Kargın, M., Bülbül, B., “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu’ Paneli Ardından”, *Dicle Tıp Dergisi*, 33, 2, (2006), 105, 112.
- [21] Uysal, İ., “Çanakkale’ de 1991-2001 Yılları Arasında Hava Kirliliği Sorunu”, *Ekoloji Dergisi*, 11, 45, (2002), 18, 23
- [22] Craig, L., Brook, J.R., Chitti, Q., Croes, B., Gower S., Hedley, A., Krewski, D., Krupnick, A., Krzyzanowski, M., Moran, M.D., Pennell, W., Samet J.M., Schneider, J., Shortreed, J., Williams, M., “Air Pollution and public health: a guidance document for risk managers”, *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A.*, 71(9-10), (2008), 588,698

- [23] Karaca, F., “Büyük Çekmece Havza Atmosferindeki PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> Partikül Gruplarındaki Metallerin İstatistik Dağılım Özelliklerinin İncelenmesi”, *Ekoloji Dergisi*, 17, 68, (2008), 33, 42.
- [24] Atalay, F., Dış Ortam Hava Kirliliği ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Dış Hava Kirliliği Sempozyumu, Erişim Tarihi: Nisan 2009  
[http://www.toraks.org.tr/pdf/hava\\_kir\\_semp/koah\\_figen\\_atalay.pdf](http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/koah_figen_atalay.pdf)
- [25] Anderson, H.R, Spix, C., Medina, S., Schouten, J.P., Castellsague, J., Rossi, G., Zmirou, D., Touloumi, G., Woityniak, B., Ponka, A., Bacharova, L., Schwartz, J., Katsouyanni, K., “Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA Project”. *European Respiratory Journal*. 10, (1997): 1064–1071.
- [26] Yang Q, Chen Y, Krewski D, Burnett RT, Shi Y, McGrail KM. “Effect of short-term exposure to low levels of gaseous pollutants on chronic obstructive pulmonary disease hospitalizations”. *Environmental. Research*. 99, 1, (2005); 99, 105.
- [27] Tecer, L.H., Alagha, O., Karaca, F., Tuncel, G., Eldes, N.,” Particulate matter [PM(2.5), PM(10–2.5), and PM(10)] and children’s hospital admissions for asthma and respiratory diseases: a bidirectional case-crossover study”. *J Toxicol Environ Health A*, 71, (2008), 512, 520.
- [28] Kaiman, L., Air Pollution: Its Effect on the Urban Man and His Adaptive Strategies, Environmental Design & Research Ctr, USA, 1974, 18
- [29] Pope, C.A., 3rd, Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G.D., “Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long te-term exposure to fine particulate air pollution”. *Jama*, 287, 3, (2002), 1132, 1141
- [30] Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K et al. “Acute effects of ozone on mortality from the ‘Air Pollution and Health: a European Approach’ Project.” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 170, (2004): 1080,1087.
- [31] Aga, E., Samoli, E., Touloumi, G., Anderson, H.R., CA dum, E., Forsberg, B., Goodman, P., Goren, A., Kotesovec, F., Kriz, B., MAcarol-Hiti, M., Medina, S., Paldy, A., Schindler, C., Sunyer, J., Tittanen, P., Wojtyniak, B., Zmirou, D., Schwartz, J., Katsouyanni, K., “Shot-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project”, *European Respiratory Journal*, 21 (2003), 28, 33

- [32] Evyapan, F., Türkiye’ de Hava Kirliliği Sorunu ve Solunum Sistemi Sağlığı Üzerine Etkileri, Dış Hava Kirliliği Sempozyumu, Erişim Tarihi: Nisan 2009  
[http://www.toraks.org.tr/pdf/hava\\_kir\\_semp/hava\\_kirliligi.pdf](http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/hava_kirliligi.pdf)
- [33] Beyhun, N., E., Vançelik, S., Acemoğlu, H., Koşan, Z., Gürakın, A., “Erzurum İli Kent Merkezinde 2003-2006 Yılları Arasında Hava Kirliliği”, *TAF Prev Med Bull*, 7(3), (2008), 237, 247
- [34] Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F.E., Dockery, D.W., “Reduction in Fine Particulate Air Pollution And Mortality, Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study”, *Am J Respir Crit Care Med*, 173, (2006), 667,672
- [35] Who, Regional Office for Europe, World Health Organization, ebrary, Inc, Air quality guidelines [electronic resource]: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide, World Health Organization, 2006
- [36] Kara, S., Döğeroğlu, T., Çabuk, A., Çiçek, A., Banar, M., Gaga, E., Malkoç, S., Yay, O., D., Özkan, A., Gerek, E., E., Özden, Ö., Çokaygil, Z., Köse, B., M., Çınar, H., Çevre Sağlığı, Çiçek, A., Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2006
- [37] Epidemiology of Human Health Effects Associated with Ambient Particulate Matter, Chapter 8, Erişim Tarihi: Nisan 2010  
<http://depts.washington.edu/pmcenter/cdchapter8.pdf>
- [38] Sheldon, L., K., Oxygenation, Second Edition, Essentials of Epidemiology in Public Health, Jones & Bartlett Publishers, 2007, 201, 207
- [39] Merrill M., R., Environmental Epidemiology: Principles and Methods, Jones & Bartlett Publishers, 2008, 65, 87
- [40] Kleinbaum, D., G., Klein, M., Logistic Regression A Self Learning Text, Springer, New York, 2002, 1, 150
- [41] Ürük, E., İstatistiksel Uygulamalarda Logistik Regresyon Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2007
- [42] Atakurt, Y., Lojistik Regresyon Analizi ve Tıp Alanında Kullanımına İlişkin Bir Uygulama, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecbuası, 52, 4, (1999), 191, 199
- [43] Tezcan, B., Lojistik Regresyon Analizi ve Sigortacılık Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2006

- [44] Yetkin, B., B., Cox Regresyon Analizi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2006
- [45] Kurt, İ., Bayesgil Yaşam Analizi ve Cox Regresyon Yaşam Analizinin Türetilmiş ve Gerçek Veri Setlerine Uygulanması, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Eskişehir, 2008
- [46] Zhang, D., Analysis of Survival Data, Lectures Note Modified from Dr. A. Tsiatis' Lectures Note, Department of Statistics North Carolina State University
- [47] Türkiye İstatistik Kurumu Erişim Tarihi: Mayıs 2010  
[http://report.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2=&report=turkiye\\_ilce\\_koy\\_sehir.RDF&p\\_il1=10&p\\_ilce1=1168&p\\_kod=2&p\\_yil=2009&p\\_dil=1&desformat=html&ENVID=adnksdb2Env](http://report.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2=&report=turkiye_ilce_koy_sehir.RDF&p_il1=10&p_ilce1=1168&p_kod=2&p_yil=2009&p_dil=1&desformat=html&ENVID=adnksdb2Env)
- [48] Tecer, L., H., Balıkesir' de Hava Kirliliğinin Sağlık Etkilerinin Araştırılması, Temiz Hava Kalitesi İçin Bireysel Çevre Bilincinin ve Kamuoyu Duyarlılığının Geliştirilmesi Üzerine Bir Alan Çalışması, Tübitak Projesi Sonuç Raporu, Balıkesir
- [49] İl Çevre Durum Raporu, Balıkesir Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2008
- [50] Sağlık istatistikleri yıllığı, T.C. Sağlık Bakanlığı, 2008
- [51] Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Oberfeld G, Horak F., Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution—An assessment project of Austria, France and Switzerland, Prepared for the Third Ministerial Conference for Environment and Health, London, (1999).
- [52] Health Effects Institute, The health effects of fine particles: key questions and the 2003 review, HEI Communication 8, Health Effects Institute, Cambridge, MA, USA., (1999). Erişim tarihi:11.11.2007.  
[www.healtheffects.org](http://www.healtheffects.org)
- [53] Cohen, A.J., Anderson, H.R., Ostro, B., Pandev, K.D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Gutschmidt, K., Pope, A., Romieu, I., Samet, J.M., Smith, K., “The global burden of disease due to outdoor air pollution”, Journal of Toxicology and Environmental Health Part A, 68, (2002), 1-7

- [54] AEA Technology Environment, “CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020”, Final Report to the European Commission DG Environment, April 2005. Erişim tarihi: Nisan 2010.  
[http://ec.europa.eu/environment/air/cale/activities/pdf/cba\\_baseline\\_results2000\\_2020.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/cale/activities/pdf/cba_baseline_results2000_2020.pdf)
- [55] Zemp, E., Elsasser, S., Schindler, C., Perruchoud, A.P., Domenighetti, G., Medici, T., Ackermann-Liebrich U., Leuenberger, P., Monn, C., Bolognini, G., Bongard, J-P., Brandli, O., Karrer, W., Keller, R., Schöni, M.H., Tschopp, J-M., Villiger, B. Zellweger, J-P., ve SAPALDIA Team Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159: 1257-66.
- [56] Avol, E.L., Gauderman W.J., Tan S.M., London S.J., Peters, J.M., . Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 2067-72