

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

**MANİSA'DA HAVA KİRLİLİĞİNİN ACİL SERVİSE BAŞVURAN
ÇOCUKLARDA SOLUNUM YAKINMALARINA ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ
Dr. Şuayip Bora KUNAY

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Hasan YÜKSEL

Manisa, 2018

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

**MANİSA'DA HAVA KİRLİLİĞİNİN ACİL SERVİSE BAŞVURAN
ÇOCUKLARDA SOLUNUM YAKINMALARINA ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ
Dr. Şuayip Bora KUNAY

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Hasan YÜKSEL

Manisa, 2018

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bilimsel ve manevi anlamda her türlü desteği sağlayan, saygıdeğer tez danıőmanım Prof. Dr. Hasan Yüksel hocam ve ocuk Sağlığı ve Hastalıkları anabilimdalı baőkanı saygıdeğer Muzaffer Polat hocam baőta olmak üzere kliniğimizde uzmanlık eğitimim boyunca üstümde emeği geçen tüm hocalarıma , ömezlik günlerimde eksiklerimi kapatıp benim arkamda olan kıdemlilerim Derya Sarılar , Bilge Bahçeci ve Yeőim Yiğit'e, eő kıdem candır parolasıyla beraber yola çıktığımız ,nöbetlerde birlikte uykusuz kalıp birlikte eğlendiğimiz Özlem Acar , Anna Carina Ergani ve Arzu Polat'a , tıp fakültesinden beri birlikte olduğum arkadaşlarım Burak Munęan ve Fulya Munęan'a ve hayatım boyunca hep bana destek çıkan hep yanımda olan sevgili ailem annem Funda Kunay babam Nazif Kunay ve kardeőim Tuğçe Kunay'a ne kadar teşekkür etsem azdır...



TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1: Hava Kirleticilerine Maruz Kalımın Değerlendirmesinde Farklı Yaklaşımlar (DSÖ 2006)	13
Tablo 2: Hava Kirleticilerine Karşı Savunmasızlığa Neden Olan Bileşenler, Risk Altındaki Gruplar Ve Özellikleri (Makri ve Stilianakis, 2008)	16
Tablo 3: Hava Kirliliğinin Sağlık Etkileri (DSÖ 2005).....	20
Tablo 4: Aylara göre PM10 ve SO2 ortalamaları.....	39
Tablo 5: Aylara göre çocuk acil polikliniklerine yapılan başvuru sayıları.....	40
Tablo 6: PM10 ve SO2 ile çocuk acil polikliniğine yapılan başvuru sayısı arasındaki ilişkiler.....	44
Tablo 7: Cinsiyet ve yaş gruplarına göre tanılar.....	45
Tablo 8: Aylara göre tanı istatistikleri	46
Tablo 9: Solunum sistemi ile ilgili tanılarda PM10 ve SO2 etkisi	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1: Hava kirliliği ile ilgili sağlık etkileri piramidi (DSÖ 2006)	22
Şekil 2: PM10 değerine göre CBÜH'ne yapılan başvuru sayıları	41
Şekil 3: SO2 değerine göre CBÜH'ne yapılan başvuru sayıları	41
Şekil 4: PM10 değerine göre MMEDH'ne yapılan başvuru sayıları	42
Şekil 5: SO2 değerine göre MMEDH'ne yapılan başvuru sayıları	42
Şekil 6: PM10 değerine göre yapılan toplam başvuru sayıları	43
Şekil 7: SO2 değerine göre yapılan toplam başvuru sayıları	43

KISALTMALAR LİSTESİ

ASYE	: Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları
CBÜH	: Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği
CO	: Karbon monoksit
DSÖ	:Dünya Sağlık Örgütü
EPA	: Amerikan Çevre Koruma Örgütü (Environmental Protection Agency)
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
H2S	: Hidrojen Sülfür
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MMEDH	: Manisa Merkez Efendi Devlet Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği
NAS	: Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi
PM	: Partikül Madde
PM10	: Aerodinamik çapı < 10 µm olan partiküler maddeler
SO2	: Kükürt di Oksit
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
ÜSYE	: Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	ii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	37
4. BULGULAR.....	39
5. TARTIŞMA.....	48
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
7. ÖZET.....	54
8. ABSTRACT.....	55
9. KAYNAKLAR.....	56

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, özellikle trafik yoğunluğu olan kentsel bölgelerde önemli bir halk sağlığı tehdididir (1,2). Mevcut bilimsel kanıtlar, kentsel hava kirleticileri ve özellikle solunum ve kardiyovasküler sistemleri etkileyenler arasında olumsuz sağlık etkileri arasında potansiyel bir ilişki olduğunu göstermiştir(3,4). Çocuklar, yaşlılar ve kronik hastalıktan muzdarip hastalar özellikle savunmasız gruplardır (5,6). Bununla birlikte, çocukların savunmasızlığı benzersizdir; özellikle de çok küçük çocukların. Birincisi, bir çocuğun akciğerleri hala büyümekte ve çevresel kirleticilere erken maruz kalmak akciğer gelişimini ve işlevini kolaylıkla değiştirebilmektedir; ikincisi, çocuklar, özellikle de okul öncesi çocuklar, büyük miktarlarda çevresel kirleticilerin solunum yollarında birikmesine yol açabilecek daha uzun soluk alma oranlarına sahip tüm genç ve yetişkin kategorilerinden çok daha fazla fiziksel olarak aktiftir; Üçüncüsü, küçük çocuklar oral ağrıdırlar, bu da burun filtresinin geçtiği anlamına gelir ve çok sayıda ve çeşitli kirleticilerin alt solunum yollarına girmesine izin verir (7).

Çocuklarda, hava kirliliği ile ilişkili kirleticilere maruz kalmak öksürük, hırıltılı solunum, astım ve bozulmuş akciğer fonksiyonuna bağlanmıştır(8-12). Bununla birlikte, bu etkilerin tüm pediyatrik popülasyonda mı yoksa sadece tekrarlayan veya kronik respiratuar hastalıktan muzdarip olan veya zaten olan çocuklarda mı ortaya çıktığı açık değildir. Ayrıca, hava kirliliğine maruz kalmanın pediyatrik popülasyonda daha sık ve/veya daha şiddetli solunum yolu enfeksiyonları riskini etkileyip etkilemediği açık değildir (13,14). Bu çalışmada Manisa'daki hava kirliliğinin çocuklardaki solunum yakınmaları ile ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hava Kirliliği ve Geleneksel Hava Kirleticileri

Dünyamızı saran atmosfer tabakasında bulunan havanın bileşimi, bilinen diğer gezegenlerin tersine, gezegenimizde canlı yaşamının varlığını mümkün kılmaktadır. Soluduğumuz havanın kalitesi ise, yaşam kalitemizi ve sağlığımızı etkilemektedir. Hava kirlenmesi, genel tanımıyla “herhangi bir maddenin çevre (insanlar, hayvanlar, bitki örtüsü ve yapı materyalleri vb.) için arzu edilmeyen bir etki oluşturacak derişimde atmosferde bulunması” olarak kabul edilmektedir. Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler ise, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)’nde (2008) “insan kaynaklı faaliyetler sonucunda doğrudan veya dolaylı olarak dış ortam havasına verilen ve çevre ve/veya insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olabilecek herhangi bir madde” olarak tanımlanmaktadır (15). Daha genel bir söylemle, hava kirleticilerini, ister insan kaynaklı ister doğal kaynaklı olsun atmosfere karıştığında havanın doğal bileşimini değiştiren, is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddeler olarak ifade etmek mümkündür. Hava kirleticileri oluştukları ortama (kirletici kaynakta veya atmosferde), kaynaklarına ve kimyasal yapılarına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler.

Kirletici maddelerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticiler olarak isimlendirilir. Diğer bir kısım kirleticiler ise, havaya karışan bu birincil maddelerin, atmosferde mevcut diğer bazı kirleticilerle reaksiyona girmesiyle oluşan ikincil kirleticilerdir. Örneğin, bacalardan atılan kükürt dioksit (SO_2) ya da bataklıklardan yükselen hidrojen sülfür (H_2S) gazı birincil; sülfid (SO_3^{2-}) ve sülfat (SO_4^{2-}) partikülleri ile sülfürik asit sisi ise ikincil kirleticilerdir. Kentsel bölgelerde karşılaşılan en önemli ikincil hava kirletici bileşen, güneş ışığının varlığında azot oksitler ile uçucu organik bileşikler arasındaki atmosferik tepkimeler sonucu oluşan ozondur.

Kaynaklarına göre incelendiğinde, hava kirleticilerinin doğal olaylar veya insan faaliyetleri neticesinde oluştuğu görülür. Örneğin, çiçek tozu zerrelere, mantar sporları, tuz spreyleri, orman yangını dumanları, volkanik olaylarda ortaya çıkan çok küçük tanecik boyutuna sahip partiküller, kükürt ihtiva eden aminoasitlerin bakteri faaliyetleri ile ayrışması sonucu meydana gelen H₂S, NO_x ve metan (CH₄) gibi gazlar doğal kaynaklardan meydana gelen kirleticilerdir. Çoğunlukla fosil kökenli yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan PM, SO₂, CO, NO_x, kurşun (Pb) ve hidrokarbonlar (C_mH_n) ise yapay (antropojenik) kaynaklardan oluşan kirleticilere örnek verilebilir. Doğal kaynakların dünya çapında genellikle eşit olarak dağılmasına rağmen, yapay kaynaklar nüfusun yoğun olduğu alanlarda yoğunlaşmaktadır. Kimyasal yapılarına bakıldığında da, hava kirletici gazların, anorganik (NO_x, CO, SO₂ ve florür, klorür, amonyak vb.) veya organik (hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, benzen vb.) yapıda olabildikleri görülür (16-18).

Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA), Temiz Hava Kanunu (CAA) kapsamında Ulusal Açık Ortam Hava Kalitesi Standartlarının (NAAQS) oluşturulması için en yaygın hava kirleticilerini belirlemiştir. EPA'nın 1990 yılında hava kirliliğinin teşhisi için belirteç olarak tayin ettiği bu "kritik hava kirleticileri" O₃, CO, NO_x, SO₂, Pb ve partikül maddelerdir. Bu 6 kirleticiye ek olarak, EPA, "kritik hava kirleticileri" için oluşturduğu düzenlemelerinde, ozon oluşumunda önemli rol oynamaları nedeni ile UOB emisyonlarına da yer vermektedir (19). Ülkemizde ise, hava kalitesi yönetimine ilişkin usul ve esaslar Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatıyla tam uyumlu olan ve 2008 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile belirlenmiştir. Bu Yönetmelik ile temel olarak 13 kirleticiye dair, insan sağlığı ve çevrenin korunabilmesi için sağlanması gerekli olan sınır değerler belirlenmiştir. Nihai olarak AB ülkelerindeki hava kalitesi değerlerine ulaşılması hedeflenen bu yönetmelikte; 2014 yılına kadar mevcut hava kalitesi sınır değerlerinin kademeli olarak azaltılması; 2014 yılından itibaren de tedbir alma yükümlülükleriyle beraber yine kademeli olarak ana hedefin yakalanması öngörülmektedir.

PM, SO_x ve CO gibi bazı geleneksel hava kirleticilerin seviyelerinin gelişmiş ülkelerde uygulanan emisyon kontrollerine bağlı olarak önemli azalma gösterdiği bilinmektedir. Buna rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bulunan Pekin, Şanghay, Bombay, Karaçi, Kahire, Sao Paulo, Mexico City vb. yüksek nüfuslu şehirlerde halen ciddi hava kalitesi problemleri yaşanmaktadır. Dünya genelinde değerlendirildiğinde, hava kirliliği probleminin gelişmiş ülkelerde dahi henüz tam olarak çözümlenemediği görülmektedir. Partikül maddeler ve SO₂ gibi klasik kirleticilerin en yüksek derişimleri Afrika, Asya ve Latin Amerika ülkelerinde ölçülürken; gelişmiş ülkelerde bu kirleticilerin seviyelerinin önemli oranda azaldığı dikkati çekmektedir. Ozon gibi ikincil kirleticiler ve NO₂'nin seviyelerinde Dünya genelinde bir azalma gözlenmemektedir. Aksine, ozonun troposferdeki arka plan seviyelerinin artmakta olduğu bilinmektedir. Bu kirleticilerin en yüksek derişimleri Latin Amerika ve bazı gelişmiş ülkelerdeki kentsel bölgelerde görülmektedir. Kuzey Amerika ve Avrupa'da da ozon seviyeleri giderek artmakta; Latin Amerika, Afrika, Avustralya gibi bölgelerde son yıllarda sınır değerlerin üzerinde seviyelerin rapor edildiği bilinmektedir (20).

Kent atmosferinde en sık karşılaşılan hava kirleticileri olması nedeniyle, aşağıdaki bölümlerde kısaca PM, NO_x, SO₂, CO, UOB ve O₃ kirleticilerinin genel özelliklerinden ve önemli kaynaklarından bahsedilmiştir.

2.1.1. Partikül maddeler

Ortalama gaz molekül büyüklüğünden (0,0002-0,0003 gm) iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı (toz, kül, kurşun vb.) ya da sıvı (sis, duman, yağ, asitler vb.) maddeler partikül sınıfına girer. Partikül maddelerin (PM) boyutları genellikle 0,002 ile 100 pm arasında değişir. Parçacık çapı 2,5 gm'den küçük ya da eşit olan parçacıklar ince partiküller (PM_{2,5}) ve çapı 2,5-10 gm arası olanlar ise kaba partiküller olarak bilinirler. PM₁₀ terimi parçacık çapı 10 gm'den küçük veya eşit olan tüm partikülleri ifade ederken, tanımda belirtildiği gibi 0,002 ile 100 pm arasındaki parçacıklar da toplam asılı partiküller (TSP) olarak adlandırılmaktadır.

Partikül maddeler bileşimlerinde yanmamış karbon parçacıkları, metal oksitleri, kül parçacıkları, yüksek molekül ağırlıklı yoğunlaşmış hidrokarbonlar, çeşitli inorganik iyonlar (SO_4^{2-} ve NO_3^- asitleri, Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} vb.) ve toprak ya da su yüzeylerinde buharlaşarak parçacıklar üzerine adsorbsiyon/absorbsiyon gibi çeşitli kuvvetlerle tutunmuş kimyasallar (PAH'lar, PCB'ler, pestisitler vb.) içerirler. Partiküllerin kimyasal ve fiziksel bileşimleri zamansal ve bölgesel olarak farklılık göstermektedir.

Partikül maddeler kaynağından direkt olarak atılabildiği gibi, atmosferdeki birtakım kimyasal reaksiyonlar sonucunda da oluşabilmektedir. Doğal partikül madde kaynakları; deniz aerosolleri, rüzgar tarafından oluşturulan mineral tozlar, biyogenik aerosoller (sporlar, polenler, bitkisel parçalar vb.), volkanlar, çöller ve yangınlar olarak sıralanabilir. Yapay kaynaklar ise, ulaşım araçları, elektrik santralleri, yakma tesisleri (kömür yakma, katı atık yakma, evsel ocaklar, odun sobaları vb.), malzeme işleme, ezme ve öğütme işlemleri, endüstriyel prosesler (metal ve çimento endüstrisi vb.), tarımsal atıkların yakılması ve NH_3 , SO_2 , NO_x ve UOB gibi gazların havadaki diğer bileşenlerle etkileşimi olarak sıralanabilir (16-18).

Partiküllerin büyüklüğü, kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesi, sağlık etkilerinin, iklim üzerindeki etkilerinin, atmosferdeki kalış sürelerinin ve atmosferden süpürme mekanizmalarının anlaşılması yönünden çok önemlidir. Kaba partiküller daha çok rüzgârla savrulan tozlar, asfaltsız yollardaki ulaşım ve malzeme işleme, ezme ve öğütmeden kaynaklanırken, ince partiküllerin çoğunluğu yanma kaynaklı ya da ikincil partiküllerdir. Kaba partiküllerin havada kalma süreleri dakikalar ya da saatler mertebesinde ve taşınım mesafesi de <1 km ile 10 km arasında değişir. İnce partiküller ise hem köken hem de kimya açısından kaba partiküllerden farklıdır. İnce partiküllerin havada kalma süreleri günler ya da haftalar mertebesinde ve taşınım mesafesi de 100 km ile >1.000 km arasında değişir. Çapı 10 μm 'nin üzerindeki partiküller toplam emisyonlar içinde önemli bir yer tutmalarına rağmen, hızlı bir şekilde çökelerek havadan

uzaklaştıkları ve burundan kolayca geçemedikleri için insan sağlığına doğrudan etkileri göreceli olarak önemsizdir (20).

Parçacıkların boyutu sağlık sorunlarına yol açma potansiyeliyle doğrudan ilişkilidir. Partikül boyutuna göre burun ve boğazdan geçerek, akciğerin derinlerine kadar inebilir ve kan dolaşımına katılabilir. Maruziyette akciğer ve kalbi etkileyebilir. PM maruziyeti ile ilgili çok sayıda çalışmada kalp ve akciğer hastalığı olan kişilerde erken ölümler, kalp krizi, aritmi, astım alevlenmesi, akciğer fonksiyonlarında azalma, hava yolu imitasyonu, öksürük, nefes almada güçlük, solunum semptomlarında artış gibi birçok sonuç kaydedilmiştir. Çocukların, yaşlıların, akciğer ve kalp hastalığı olanların partikül kirliliğinden daha fazla etkilendiği, sağlıklı kişilerde ise yüksek düzeyde partikül kirliliğine maruz kalındığında geçici semptomların görüldüğü saptanmıştır (21). PM kronik maruziyeti kardiyovasküler ve solunum sistemi hastalıklarının yanı sıra akciğer kanserine kadar ilerleyen sonuçlar ortaya çıkarabilir. Mortalite ve morbidite artışı PM boyutu arasında yakın ilişki olduğu, ince partikül konsantrasyonları azaltıldığında, mortalitenin azalacağı bildirilmiştir. Gelişmekte olan yerleşim bölgelerinde yıllık ortalaması 70 p,g/m olan PM₁₀ konsantrasyonları DSÖ Hava Kalitesi Rehberinde belirlenen limit değerlere göre azaltıldığında hava kirliliği ile ilişkili ölümlerin %15 oranında azalacağı tahmin edilmektedir (22). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı PM karışımlarını karsinojenik olarak sınıflandırmakta, ticari üretimler, endüstriyel süreçler, benzinli ya da dizel araçlardan dış ortama verilen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHs), benzoapiren gibi zararlı kimyasalların, PM yapısına girerek kanser riskini arttırdığını bildirmektedir (23,24).

Sağlık dışında, çevresel etkileri de olan partikül kirliliği görüş mesafesinde bozulmalara ve çevresel tehlikelere yol açar. Amerika'nın bazı bölgelerinde ince partiküller görüş uzaklığının (sis) bozulmasının temel nedenidir. Partiküller rüzgâr tarafından taşınarak toprak ya da suları kirletebilir. Bu durum gıdalardaki besin dengesini bozabilir, akarsuları asit hale dönüştürebilir, topraktaki besin

dengesini değiştirebilir, ormanlara ve tarım ürünlerine zarar verebilir ve ekosistem çeşitliliğini etkileyebilir. Ayrıca, heykel anıt gibi yapıların aşınmasına yol açarak, tarihi ve kültürel mirasa zarar verir (21).

2.1.2. Azot oksitler

Azot gazı atmosferde en fazla bulunan gazdır. Azot atomları oksijen atomları ile birleşerek azot oksitleri (NO_x) oluştururlar. Bunlardan azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) derişimleri atmosferde fark edilebilir büyüklükte bulunur. Bu gazlardan en zararlı olanı NO₂'dir ve NO daha çok NO₂'nin oluşumunda rol oynadığı için önem taşır. Yanma kaynaklı NO_x emisyonlarının büyük bir kısmı (yaklaşık %95'i) NO, geri kalanı da NO₂ olarak atmosfere verilir. Atmosferde NO hızla NO₂'ye dönüştüğünden azot oksit emisyonları NO₂ cinsinden hesaplanır. Her iki gaz da doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Azot oksitlerin havada kalma süreleri saatler mertebesinde

Doğal NO_x kaynakları şimşek ile topraktaki biyolojik ve biyolojik olmayan proseslerdir. Azot oksitlerin önemli yapay kaynakları ise, elektrik üretimi, yüksek sıcaklıkta meydana gelen endüstriyel yakma işlemleri, ulaşım ve evsel ısınmadır. İç ortam kaynakları olarak da sigara kullanımı ile elektrikli veya gaz yakıtların kullanıldığı ısınma ya da yemek pişirme için kullanılan ekipmanlar ön plana çıkmaktadır. Kentsel bölgelerde NO_x emisyonlarının oluşumunda ulaşım en önemli kaynak olarak görülmektedir. Fosil yakıtların yakılması sırasında azot oksitleri iki şekilde oluşmaktadır; biri yüksek sıcaklıkta yanma havası içindeki moleküler azotun oksidasyonu ki buna "Termal NO_x" oluşumu adı verilmektedir, diğeri de yakıt bünyesindeki azotlu bileşiklerin oksidasyonudur ve buna da "Yakıt NO_x'i" adı verilmektedir. Termal NO_x oluşumunda yüksek sıcaklık NO oluşumunu teşvik etmektedir. Yakıt azotundan kaynaklanan NO_x oluşumu ise yakıt/hava oranından önemli ölçüde etkilenmektedir. Azot oksitler asit yağışlarına katkılarının yanı sıra ikincil formdaki inorganik partiküllerin ve fotokimyasal sisin oluşumunda da başlıca etkenlerden sayılırlar (16,17,18).

2.1.3. Kükürt dioksit

Kükürt dioksit, SO_x grubundan keskin kokulu renksiz bir ve reaktif bir gazdır. Sülfür içeren mineral madenlerin, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yanma ürünüdür. SO₂ emisyonunun antropojenik kaynakları santrallerde fosil yakıtların yakılması, petrol rafineleri, çimento fabrikaları, kömürün yakıt olarak kullanıldığı termik santraller, madenden metal elde edilmesi, lokomotif, büyük gemiler tarafından yüksek sülfür içeren yakıtların yakılması gibi endüstriyel proseslerdir (21). Eysel ısınma ve işyeri ısıtmasında fosil yakıt türevlerinin kullanılması kentsel bölgelerde SO₂ kirliliğinin en büyük nedenidir. SO₂ emisyonunun doğal kaynakları arasında orman yangınları, volkanik faaliyetler yer alır (25,26). EPA antropojenik SO₂ emisyonlarının yaklaşık %63'ünün elektrik üretiminden, %15'inin endüstriyel aktivitelerden kaynaklandığını bildirmiştir. Amerika'da 1990-2012 yılları arasında hava kalitesi düzenleme programlarıyla SO₂ seviyesinin yaklaşık %70 oranında azaltıldığı gözlenmiştir (26). SO₂ maruziyetinin 24 saat içinde bronkokonstrüksiyondan başlayıp astıma giden semptomları içeren solunum sistemine etkileri vardır. SO₂ akciğer fonksiyonlarını ve solunum sistemini etkiler ve gözlerde irritasyona neden olur. Solunum sisteminde inflamasyon, balgam, astım alevlenmesi, kronik bronşit nedenidir ve solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlığı artırır. Çalışmalar SO₂'nin 500 pg/m ve üzeri oranlarda, 10 dakika gibi kısa süre maruz kalındığında, pulmoner fonksiyonlarda ve solunum semptomlarında değişikliğe neden olduğu, bu nedenle astımlı kişilerin oranında artış görüldüğü saptanmıştır. SO₂ seviyelerinin yüksek olduğu günlerde, özellikle çocuklar, yaşlılar ve astımlıların solunum sistemi ve kalp hastalıklarını alevlendiği, acil servis veya hastane başvuruları artırdığı bildirilmiştir (27,21).

Atmosferdeki SO₂ ve NO_x'ler su ile birleşerek sülfürik asit ve nitrik aside dönüşür. Bu asit yapıdaki kirleticilerin yağmur ya da kar yoluyla yeryüzüne inmesiyle asit yağmurları oluşur (28). Asit yağmurları toprağın yapısını etkileyerek bitkilerin büyümesi için gerekli besin öğelerini yok eder, bitkilerin kök

ve yapraklarına zarar verir, ormansızlaşmaya neden olur, nehir ya da göllerin pH 'ını düşürerek sularda yaşayan canlılara zarar verir. Kireçtaşı, heykel ve boya dahil olmak üzere bina yapı malzemelerinde hasara neden olur. Bu asit yapıdaki kirleticiler hava kirliliğinin yoğun olduğu alanlarda nem ile birleşmeden de toprakta birikerek toprağın yapısını etkileyebilir (29). Ayrıca SO₂ suda kolayca çözünebildiğinden, sülfat aerosolleri oluşturur ve bu da rüzgârla çok uzak bölgelere taşınıp kirlilik oluşturabilir ve ekosisteme zarar verebilirler (25).

2.1.4. Karbon monoksit

Karbon monoksit (CO), karbonlu maddelerin eksik yanması sonucu oluşan ve kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan bir gazdır. Gelişmiş ülkelerde taşıt emisyonları karbon monoksit için önemli kaynaklardır. Şehirlerde toplam CO emisyonlarının yarısından fazlası motorlu karayolu taşıtlarından ve özellikle benzinli otomobillerden kaynaklanabilir. Diğer önemli CO kaynakları, endüstriyel prosesler, konut ısıtılması amaçlı ve endüstriyel yakıt yakılması ve yangınlardır. En yüksek CO derişimlerine genellikle otomobil emisyonlarının daha fazla olduğu ve gece inversiyon koşullarının daha sık görüldüğü kış aylarında rastlanır (17,18).

2.1.5. Uçucu organik bileşikler

Karbon ve hidrojen içeren bileşikler (hidrokarbonlar) ve bunların türevleri olarak tanımlanabilen organik bileşiklerden uçucu olanları (UOB), diğer organik bileşiklere kıyasla, daha düşük kaynama noktaları ve daha yüksek buhar basınçlarına sahip olan katı, sıvı veya standart koşullarda gaz/buhar fazındaki maddeleri temsil eder. Uçucu organik bileşikler sınıfına giren binlerce organik kirletici vardır. Bu kirleticiler uçuculuk özellikleri, reaktiviteleri, çözünürlük ve toksisiteleri açısından farklı özelliklere sahiptir. Kütle emisyonları olarak atmosfere en fazla salınan UOB'ler arasında benzen (C₆H₆), toluen, etil benzen, ksilen, formaldehit, metilen klorür ve metil kloroform sayılabilir.

UOB emisyonları, büyük oranda insan faaliyetlerine bağlı olarak meydana gelir. Karayolu ulaşımı ve çözücü kullanımı önemli UOB emisyon kaynaklarıdır. Birçok UOB derişimi kapalı ortamda, açık ortamdan daha fazladır ve bu kirleticilerin bina ve işyeri gibi kapalı alanlarda doğrudan etkisi çok daha önemli olabilir. Bazı uçucu organik bileşikler güneş ışığı varlığında troposfer seviyesinde çok reaktiftir. Ekosferde UOB'lerin bulunmasının en önemli etkisi, troposferik ozon oluşumunda rol alması ve fotokimyasal reaksiyonlara sebep olmasıdır. Atmosferdeki birincil UOB'ler, güneş ışığı etkisi altında NOx'lerle tepkimeye girerek 100'den fazla ikincil hava kirleticisi içeren bir karışım (fotokimyasal duman-sis) oluştururlar (30).

2.1.6. Ozon

Atmosferin stratosfer tabakasında bulunan ozon, iyi huylu ozon olarak bilinir ve yeryüzünü güneşten gelen ultraviyole ışınlarla karşı korur. Yeryüzüne yakın olan troposfer tabakasında bulunan ozon ise önemli bir hava kirleticisidir. Troposferik ozon, güneş ışığının varlığında azot oksitler ile uçucu organik bileşikler arasındaki atmosferik tepkimeler sonucu oluşan ikincil bir hava kirleticidir. Diğer bir deyişle, ozon gazı baca, egzoz, endüstri, doğa vb. kaynaklardan atmosfere salınan bir bileşen değildir.

Ozonun mekânsal dağılımı, ikincil bir kirletici olması nedeniyle diğer kentsel hava kirleticilerden çok farklıdır. Hatta bu dağılım çoğunlukla diğer kirleticilerle tam ters yönde eğilim gösterecek şekilde olmaktadır. Yani emisyon kaynaklarının yoğun olduğu kent merkezlerinde ozon seviyeleri düşükken, bu emisyonların zamanla hava hareketleri ile taşınması sırasında meydana gelen tepkimelerin ozonu oluşturması nedeniyle, şehir merkezlerinden uzaklaştıkça ozon seviyeleri de genellikle yükselir. Şehir merkezinde gözlenen düşük ozon seviyeleri, bu noktalardaki yüksek NO₂ seviyeleri ile ilişkilidir.

En önemli fotokimyasal kirletici sayılan ozonu diğer hava kirleticilerinden ayıran bir başka özelliği de, çoğunlukla kışın görülen SO₂ benzeri kirlilik

türlerinden farklı olarak, bahar-yaz aylarında yüksek seviyelerin gözlenmesidir. Bunun nedeni, ozon oluşumuna neden olan tepkimeler serisinde yer alan pek çok tepkime için gerekli enerjinin güneş ışığı tarafından sağlanmasıdır. Bu nedenle, ozon oluşumuna neden olan tepkimeler, güneş ışığının çok daha etkin olduğu yaz aylarında daha çok sayıda ve hızlı olarak gerçekleşmektedir. Nisan-Eylül ayları arası “ozon mevsimi” olarak adlandırılmaktadır ve dolayısıyla bu aylar arasında ozon seviyelerinde yüksek oranlarda artış gözlenmektedir. Ozonun oluşumu yüksek sıcaklık ve kuvvetli güneş ışığı gerektirdiğinden, bu kirleticinin troposferdeki oluşumu günün saatleri boyunca da değişkenlik gösterir.

Ozon gazının havada kalma süresi günler ve hatta haftalar mertebesinde ve taşınım mesafesi binlerce kilometreye ulaşabilmektedir. Bu durum, bu kirleticinin bölgesel ölçekte taşınabilmesini mümkün kılar (31). Ozon, biyolojik materyallerle reaksiyona girebildiğinden ağaçlar ve ekinler de dâhil olmak üzere bitki örtüsüne zarar verebilir. Boyalar, elastomerler, kauçuk ve kumaş gibi bazı maddelerin bozulmasına yol açar. Asit yağmurlarının oluşumuna neden olur ve atmosferde sera gazı olarak hareket eder.

2.2. Hava Kirleticilerine Maruz Kalım

“Maruz kalım” ya da “Maruziyet” kavramını tanım olarak, “alıcı için toksik olduğu bilinen ya da şüphelenilen bir ajan madde ile bir alıcının sınırı arasındaki temas” olarak ifade etmek mümkündür. Hava kirleticilerinin sağlığa olumsuz etkileri, insanların bu kirleticilere maruz kalması neticesinde ortaya çıkar. Hava kirletici maddelere maruz kalım solunum, sindirim ve cilt tarafından absorblanma gibi farklı yollarla gerçekleşebilmektedir. Hava kirleticilerine maruz kalım en basit şekliyle insanların zaman geçirdikleri farklı ortamlarda (mikro ortam) bulunan hava kirleticilerinin derişimleri ve bu ortamlarda geçirilen zaman parametrelerinin çarpımı olarak değerlendirilebilir. Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi (NAS) a göre, bir ajan madde için solunum yolu ile maruz kalımın tahmin edilmesinde önemli iki parametre maruz kalımı temsil eden ajan maddenin ölçüsü (derişim) ve bu maddeye maruz kalınan süredir (32). Bununla birlikte, “maruz kalım” terimi

kavramsal olarak “derişim” teriminden farklıdır ve bir ortamda yüksek derişimlerin ölçülmesi o ortamda maruz kalımın da fazla olmasını zorunlu kılmaz. Küresel ölçekte bakıldığında, insanların zamanlarının büyük kısmını kapalı ortamlarda geçirmeleri dolayısıyla, hava kirleticilerine maruz kalımın önemli kısmı da kapalı ortamlarda gerçekleşmektedir. Diğer yandan, hava kirleticilerinin sağlık etkilerinin belirlenmesinde “toplam maruz kalım” ın değerlendirilmesi önerilmektedir. Toplam maruz kalım, kirletici maddelerin dış ortam ve farklı iç ortam derişimleri ile bu ortamlarda geçirilen süreleri dikkate almaktadır. Aşağıda yer alan toplam maruz kalım modeli, farklı mikro ortamlarda (dış ortamlardaki, ev ortamındaki, iş ortamındaki ve ulaşım araçları vb.) bulunan kirleticilere solunum yolu ile gerçekleşen toplam maruz kalımı değerlendirirken kullanılmalıdır. Derişimler modele dâhil edilen zaman periyodu içinde sabit varsayılmaz ise, yukarıdaki eşitliğin zamana bağlı integralini almak mümkündür. Ayrıca, mikro ortam derişimleri ölçüm yolu ile belirlenebildiği gibi modelleme ile de tahmin edilebilir.

Maruz kalım değerlendirmesi, hava kirleticilerinin sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde ve toplum sağlığı açısından alınması gereken önlemlerin belirlendiği risk yönetimi uygulamalarında çok önemlidir. Günümüzde, bu amaç doğrultusunda uygulanmakta olan ve aralarında niteliksel değerlendirmeleri de içeren bir dizi maruz kalım değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler doğruluk, hassasiyet, maliyet ve uygulanabilirlik gibi farklı ölçüler açısından oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Tablo 1’de listelenen yöntemler incelendiğinde, yukarıdan aşağıya doğru indikçe maruz kalım değerlendirme yönteminin doğruluğunun, hassasiyet ve maliyetinin giderek arttığı ve uygulanabilirliğinin ise giderek azaldığı görülmektedir. Hava kirleticilerinin sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde en sık kullanılan maruz kalım ölçüleri sabit istasyonlarda yapılan açık ortam hava kalitesi ölçümleri, hava kirleticilerinin derişimlerinin modelleme yöntemi ile tahmini ve kişisel maruz kalım ölçümleridir.

Tablo 1: Hava Kirleticilerine Maruz Kalımın Değerlendirmesinde Farklı Yaklaşımlar (20)

Ölçü	Üretilen maruz kalım çıktısı	Model için örnek veri girdileri
Niteliksel tahminler	Trafiğe yakınlık	Anayollara yakınlık Trafiğin bileşimi ve akışı Enerji tüketimi
Kaynağa özel tahminler	Maruz kalımın kirletici kaynak bazında tahmini	Kaynak reseptör modelleri Dağılım modelleri
Sabit istasyonlarda ölçülmüş açık ortam derişimleri	Maruz kalımın kent bazında tahmini Maruz kalımın zamansal tahmini	Hava kirleticilerinin günlük ortalama derişimleri, meteorolojik veriler
Modellenen açık ortam derişimleri	Maruz kalımın coğrafi dağılım tahmini	Coğrafi bilgi sistemleri ile birleştirilmiş emisyon verileri, dağılım modelleri ve trafik desenleri
Dolaylı kişisel ölçümler	Toplum maruz kalımı Kişisel maruz kalımın tahmini Uzun süreli kişisel maruz kalımın tahmini	Maruz kalım verilerinin değişkenliğini inceleyen olasılıksal modeller Farklı mikro ortamlara göre zaman-kullanım desenleri Kişisel aktivite profilleri ile tarihsel hava kirliliği verilerinin birleştirilmesi
Doğrudan kişisel ölçümler	Kişisel maruz kalımın tahmini	Kişisel örnekleyiciler kullanılarak sürekli ölçüm Zaman ortalamalı ölçümler Kesikli ölçümler
Biyoundikatörler ile doğrudan kişisel doz tahminleri	Biyoundikatörlerin ölçümü	Kanda kurşun seviyeleri Karbon monoksit belirteci olarak kanda karboksihemoglobin seviyeleri

Zaman kullanım profillerinin farklı olması nedeni ile, toplumun farklı alt grupları genel maruz kalım özellikleri açısından farklılık gösterebilir. Maruz kalım değerlendirmesinde genel toplum maruz kalımının yanı sıra hassas popülasyonların maruz kalımı da özellikle dikkatle incelenmelidir. Bir bütün olarak değerlendirildiğinde, maruz kalım değerlendirmesi hangi kaynaktan atılan emisyonların toplumun genelini ya da hassas alt grupları daha fazla etkilediğini

anlamada da yardımcı olabilir. Maruz kalım değerlendirmesi bazı durumlarda epidemiyolojik çalışmalarda kullanılırken bazı durumlarda da politika belirleme ve planlama süreçlerinde (hava kalitesi standartlarının belirlenmesi, kirlilik kontrol yöntemlerinin seçilmesi vs.) karar vermeye yardımcı olması amacı ile de kullanılabilir. Maruz kalım değerlendirmesinde kullanılacak yöntem çalışmanın amacına uygun olmalıdır. Amaca göre maruz kalımın coğrafi dağılımının ve zamansal değişiminin dikkate alınması da çok önemlidir.

Kişisel maruz kalım profillerinin çıkarılması, detaylı zaman-aktivite günlükleri ile elde edilen zaman kullanım bilgilerinin farklı mikro ortamlarda ölçülen hava kirliliği derişimleri ile birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Kişilerin maruz kalımları için en önemli mikro ortamlar genelde en çok zaman geçirilen ya da en yüksek derişimlere sahip olanlardır. Bu ortamlar ev, iş, okul ya da ulaşım araçları olabilir. Zaman-aktivite desenlerine ait bilgi toplam maruz kalımın değerlendirilmesinde ve maruz kalımın azaltılmasına yönelik önlemlerin belirlenmesinde de önemlidir. Ayrıca, belirli ortamlardaki potansiyel pik maruz kalıma yönelik bilgi de zaman kullanım verilerinden sağlanabilir. Kısa süreli pik maruz kalım ya da uzun sürede düşük derişimlere maruz kalımın bağlı önemi dikkate alınan kirleticinin özelliklerine ve incelenmek istenen sağlık etkisine göre de önem arz edebilir. Bu nedenle, maruz kalım değerlendirmelerinde en uygun zaman ortalamalarının alınması gereklidir. Örneğin, kurşun gibi bir ağır metalin etkileri incelenmek isteniyorsa, dikkate alınması gereken uzun süreli maruz kalımdır. Diğer yandan, sağlık etkisi incelenmek istenen kirleticisi SO₂ ise, bu defa da dakika ya da saat mertebesinde kısa süreli maruz kalım en uygun zaman ortalamasıdır (20).

2.3. Hava Kirleticilerine Duyarlılık ve Savunmasızlık

Hava kirliliğine aynı miktarda maruz kalınmasına karşın, vücut tarafından verilen yanıtın gruplar arasında farklılık göstermesi duyarlılık (susceptibility) terimi ile ifade edilir. Hava kirleticilerine karşı savunmasızlık (vulnerability) ise, hava kirliliğine karşı daha duyarlı olma, çeşitli nedenlerle hava kirliliğine daha

fazla maruz kalma ya da sosyal nedenlerle (risk algısı, sağlık hizmetlerinden faydalanamama vb.) bazı grupların hava kirleticilerinden diğer kişilere göre daha fazla zarar görmesi olarak açıklanabilir.

Bazı duyarlı grupların hava kirliliğinden diğerlerine göre daha kolay etkilendiği bilinmektedir. Hava kirliliğine karşı artan duyarlılık yaş, alerji, kronik hastalıkların varlığı, genetik yapı, beslenme vb. birçok faktör ile ilişkilidir. Hava kirliliği tüm yaş gruplarına dâhil bireylerde olumsuz sağlık etkilerine neden olmakla birlikte, önceki çalışmalar bebekler, çocuklar ve yaşlıların hava kirliliğinin akut ve kronik etkilerine karşı daha hassas olduklarını göstermiştir (33,34,22,35,36). Ayrıca, bahsedilen etkiler astım hastaları, alerjisi olan ya da kimyasallara karşı hassas bireyler, KOAH hastaları, kalp ve inme hastaları, diyabetik hastaları ve hamileler gibi diğer alt grupların durumlarında da özellikle önemli hale gelmektedir.

Tablo 2: Hava Kirleticilerine Karşı Savunmasızlığa Neden Olan Bileşenler, Risk Altındaki Gruplar Ve Özellikleri (37)



Savunmasızlık Popülasyon özellikleri ve bu özelliklere bağlı olarak savunmasızlığa katkı sağlayan bileşeni faktörler

	Yaş	Hastalık ve diğer sağlık problemleri	Cinsiyet	Zaman-aktivite desenleri	Sosyoekonomik koşullar
Duyarlılık	-Fizyolojik gelişmemişlik -Yaşlanmanın fizyolojik etkileri -Önceden var olan hastalıklar -Beslenme	-Organların fonksiyonlarının bozulması	-Fizyolojik farklılıklar -Gebelik		-Sağlık ve diğer hizmetler -Beslenme -İş -Sigara kullanımı
Maruz kalım	-Hareketlilik -Boy -Dışarıda oynama vb. davranışlar -Kapalı ortam aktiviteleri	-	-Açık hava ve kapalı ortam aktiviteleri -Ev işleri -İş	-Açık hava ve kapalı ortam aktiviteleri -Ulaşım -Evin konumu -Ev içi koşullar -İş	-Ulaşım -Evin konumu -Ev içi koşullar -İş -Sigara kullanımı
Sosyal nedenler	-İzolasyon -Bakıcılara bağlı olma	-	-Risk algısı -Sağlık yönetimi uygulamaları		-Risk yönetimi seçenekleri -Sağlık ve diğer hizmetler -Halkın bilgilendirilmesi, farkındalık ve sağlık eğitimi -Sosyal ağlar -Risk azaltma teknikleri
Alt gruplar	-Çocuklar -Bebekler -Anne kamındaki bebekler -Ergenler -Yaşlılar	-Yaşlılar -Çocuklar -Genç yetişkinler -Sosyoekonomik olarak yoksun bireyler	-Hamile kadınlar -Genç kadınlar	-Seyahat edenler -Ana yolların yakınında yaşayanlar -Çocuklar -Genç yetişkinler -Fiziksel olarak dışarıda aktif kimseler -İşçiler (trafikte çalışan, mavi yaka vb.)	-Yoksul ve düşük gelirli bireyler -Eğitim düzeyi düşük bireyler -Yaşlılar ve sosyal olarak izole edilmiş diğer bireyler -İrksal ve etnik azlıklar

Çocukların hava kirliliğine karşı yetişkinlerden daha hassas ve savunmasız olmalarının başlıca nedenleri Tablo 3'te gruplanarak listelenmiştir. Çocuklar ve yetişkinler arasındaki en önemli farklılık çocukların büyüyor ve gelişiyor

olmasıdır. Solunum sistemi ve bağışıklık sistemi çocuklarda gelişimini henüz tamamlamamıştır. Ayrıca, çocuklar yetişkinlere göre daha fazla solunum yolu enfeksiyonlarına yakalandıklarından hava kirleticilerinin olumsuz etkilerinden daha kolay etkilenirler. Birim vücut ağırlığı dikkate alındığında çocuklar yetişkinlere oranla daha fazla hacimde havayı soluma sırasında bünyelerine alır ve bu nedenle oransal olarak daha yüksek dozda hava kirleticisine maruz kalırlar. Örneğin, futbol oynayan ya da spor yapan bir çocuk, benzer aktiviteyi gerçekleştiren bir yetişkinden %20-50 oranında daha fazla havayı solur. Çocuklar açık ortamlarda yetişkinlerden daha çok zaman geçirmekte ve genellikle fiziksel olarak daha aktif olmaktadır. Tipik bir yetişkin bir günün yaklaşık %85 - %95'ini kapalı ortamlarda geçirirken, bu değer çocuklar için %80 civarındadır. Ayrıca, çocuklar dışarıda oyun oynarken fiziksel olarak daha aktif olduklarından oksijen ihtiyaçları ve solunum hızları daha fazla olmaktadır.

Tablo 3. Çocukların hava kirleticilerine karşı savunmasızlığını belirleyen faktörler (22).

Kategori	Faktörler
Fizyolojik faktörler	Yetişkinlere kıyasla, birim vücut ağırlığı başına daha fazla oranda hava soluma kapasitesi Akciğerlere ve hava yollarının küçük olma
Akciğer gelişimi ve solunum fonksiyonları ile ilgili faktörler	Gelişmekle olan havayolları ve alveollerin savunmasızlığı Bağışıklık sisteminin tam gelişmemiş olması
Zaman-aktivite paternleri ile ilgili faktörler	Dışarıda harcanan zaman Oyun oynama ve egzersiz sırasında artan ventilasyon hızı
Kronik hastalıklar ile ilgili faktörler Akut hastalıklar ile ilgili faktörler	Daha yüksek astım prevalansı Artan kistik fibroz prevalansı
Fizyolojik faktörler	Akut solunum yolu enfeksiyonlarının daha sık gözlenmesi

2.4. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri

Çeşitli kaynaklardan salınan kirletici emisyonları atmosferde dağılarak ve değişikliğe uğrayarak farklı mikro ortamlarda farklı derişimlerde bulunurlar. Bu derişimlere farklı süreler boyunca maruz kalan bireylerde kirleticilerin spesifik özelliklerine göre değişik şekillerde vücudun içine alınması neticesinde biyolojik yanıt olarak olumsuz sağlık etkileri ortaya çıkar. Biyolojik mekanizmaları tam olarak açıklanamamasına rağmen, hava kirleticilerinin insan vücudunun bazı alt sistemlerini bozarak bu sistemlerle ilgili çeşitli hastalıklara (morbidity) ve ölüme (mortality) neden olduğu yıllardır bilinen bir gerçektir. Çok sayıda epidemiyolojik çalışma hava kirleticilerine maruz kalımın çeşitli hastalıkların şiddet ve sıklık (prevalans) düzeylerini arttırarak halk sağlığı açısından tehdit oluşturduğunu belgelemiştir (38,39,40). PM10 ya da PM2,5, NOx, SOx, CO, ve O3 gibi yaygın hava kirleticilerinin solunum ve kalp/damar (kardiyovasküler) sistemlerine etkileri bilinmektedir. Dış ortam hava kirleticilerinin insan sağlığına etkileri etkilenen organ sistemine bağlı olarak 8 ana sınıfta gruplandırılmaktadır;

1. Solunum sistemine etkiler
2. Kalp ve damar sistemine etkiler
3. Kanser
4. Üreme ve gelişim etkileri
5. Sinir sistemine etkiler
6. Ölüm (mortality)
7. Enfeksiyon ve Diğer sağlık etkileri (41).

Son 30 yılda dış ortam hava kirleticilerinin olumsuz sağlık etkilerinin ele alındığı birçok araştırma yayınlanmıştır. Bu çalışmaların önemli kısmı solunum yolu rahatsızlıklarına ve hassas grup olmaları nedeniyle çocuklar üzerine odaklanmıştır (42,43,38) (39,44,45,34,41,35). Mevcut çalışmalarda hava kirliliği ile çeşitli sağlık sorunları arasındaki ilişkiyi araştırmak üzere çoğunlukla hastalık

insidansı ve prevalansı, hastane yatış/doluluk oranları, acil servis başvuruları ve mortalite oranları vb. sağlıkla ilgili parametreler ile bölgeye özel kısa ve/veya uzun vadeli hava kirlenici ölçüm verilerinden oluşan maruz kalım değişkenlerinin kullanıldığı görülmüştür. Tablo 4'te kirlenicilerin derişim seviyeleri ve maruz kalma süreleriyle ilişkili olarak ortaya çıkan hava kirliliğinin kronik ve akut sağlık etkileri listelenmektedir.

Tablo 3: Hava Kirliliğinin Sağlık Etkileri (22)

Kısa süreli maruz kalım ile ilişkili etkiler

- Günlük mortalite
- Solunum ve kalp-damar rahatsızlıklarına bağlı hastane başvuruları
- Solunum ve kalp-damar rahatsızlıklarına bağlı acil servis ziyaretleri
- Solunum ve kalp-damar rahatsızlıklarına bağlı birinci basamak sağlık

bakımı

- Kısıtlı aktivite günleri
- İşe ve okula devamsızlık
- Solunum ve kalp-damar rahatsızlıklarına bağlı ilaç kullanımı
- Akut semptomlar (wheezing, öksürük, balgam oluşumu, solunum yolu

enfeksiyonları

- Fizyolojik değişimler (solunum fonksiyonu vb.)

Uzun süreli maruz kalım ile ilişkili etkiler

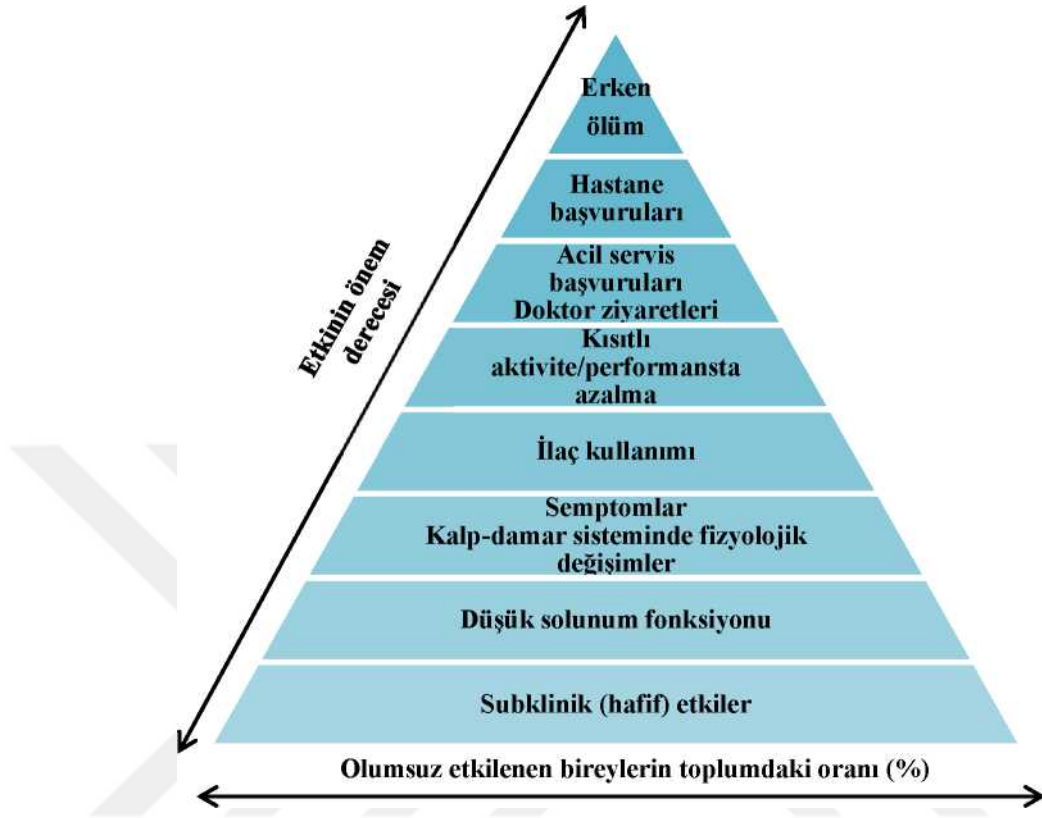
- Solunum ve kalp-damar rahatsızlıklarına bağlı mortalite
- Kronik solunum yolu hastalıklarının insidansı ve prevalansında artış

(astım KOAH vb.)

- Fizyolojik fonksiyonlarda kronik değişimler
- Akciğer kanseri
- Kronik kalp-damar sistemi hastalıkları
- Anne karnında büyümenin kısıtlanması (düşük doğum kilosu, gelişimin yavaşlaması, kısa gebelik dönemi)

Hava kirliliğinin sağlık etkileri hafif semptomlardan ölüme kadar geniş bir yelpazede gözlenmektedir. Halk sağlığı penceresinden bakıldığında, hava kirliliğinin etkilerinin genellikle subklinik etkiler, düşük solunum fonksiyonu ve semptomlar gibi göreceli olarak daha düşük öneme sahip etkiler tarafından baskılandığı görülmektedir (Bkz. Şekil 1). Bu sağlık çıktılarından etkilenen bireylerin toplumdaki oranı hastane başvuruları ya da ölüm gibi ciddi sonuçlardan etkilenen bireylere göre çok daha fazladır. Bununla birlikte, epidemiyolojik çalışmaların çoğunun erken ölüm ve hastane başvuruları gibi ciddi sağlık etkilerine yoğunlaştığı dikkati çekmektedir (20).

Bazı epidemiyolojik çalışmalar hava kirleticileri ile olumsuz sağlık etkileri arasında doğrusal ilişki bulunduğunu ve arka plan derişimlerinin altında dahi etkilerin gözlenebildiğini bildirmiştir. Doğrusal bir ilişkide, artan maruz kalım olumsuz sağlık etkilerinde artış ile orantılıdır. Düşük kirletici seviyelerinde dahi olumsuz sağlık etkilerinin meydana gelmesi, önem düzeyi düşük sağlık etkilerinin toplumun büyük kesiminde yaygın olarak görülmesini açıklamaktadır.



Şekil 1: Hava kirliliği ile ilgili sağlık etkileri piramidi (20)

Mevcut çalışmaların sonuçlarına göre, hava kirleticilerini olumsuz sağlık etkilerini meydana gelmesi için eşik değerlerin varlığı henüz ortaya konamamıştır. Etkinin görülmediği seviyenin ya da etkilerin gözlenemediği bir sınır değer olmaması, derişimlere sürekli maruz kalmanın ileride kronik etkilere neden olabileceğini de göstermektedir. Olumsuz sağlık etkilerinin ortaya çıkması için eşik değerlerin olmaması, insan sağlığının korunması için kabul edilen hava kalitesi sınır değerlerinin belirlenmesinde “güvenli” seviye yerine “kabul edilebilir” kirlilik seviyesi varsayımını gündeme getirmektedir. Kabul edilebilir kirlilik düzeyi kavramı sosyal normlar ve risk algısı doğrultusunda ülkeler arasında değişkenlik gösterebilir (20).

Hava kirleticilerinin sağlık etkileri kirleticilerin spesifik özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Partiküllerin sağlık etkileri tanecik boyutları ve kimyasal bileşimleri ile yakından ilişkilidir. Büyük partiküller insan vücudunun doğal

savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılırken, daha küçük partiküller (<10 p,m) akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkaçıcı etkilere sebep olabilirler. Özellikle ince partiküller akciğerlerde gaz alışverişinin gerçekleştiği alveollere kadar ulaşabilir ve orada birikebilirler. Ayrıca, solunabilir partiküllerin üzerlerinde taşıdıkları ağır metaller gibi zararlı maddelerin insan bünyesine geçmesine neden oldukları ve bu maddelerden çözünebilir karakterde olanlarının kana karıştığı da unutulmamalıdır. Ozon, NO₂ ve SO₂ gibi gaz halindeki kirleticiler ise, yükseltgeme, suda ve dolayısıyla kanda çözünebilme özellikleri nedeniyle, insanlar üzerinde özellikle solunum sisteminde olumsuz etkiler gösterirler. Bunun en büyük etkisi üst solunum yollarının cidarlarını zedelemesi, göğüs ağrısı, öksürük ve hapşırma, göz, burun ve boğaz tahrişi olarak sıralanabilir. Yükseltgeyici gaz kirleticiler akciğer dokusuna zarar verir ve solunum fonksiyonlarını azaltabilirler. Azot oksitler, akciğerdeki nemle birleşerek düşük derişimde nitrik asit oluşturabilirler. Kanın alyuvarlarındaki hemoglobin, karbon monoksitle tercihli olarak karboksihemoglobin kompleksini oluşturduğundan, çok yüksek seviyelerde karbon monoksitle maruz kalım dokulara oksijen iletimini engelleyerek ani ölümlere neden olabilir. Toksik olarak nitelendirilen bazı uçucu organik bileşikler ise karsinojenik olan veya olmayan etkilere sahip olabilirler (20).

2.5. Çocukluk Çağında Hava Kirliliğinin Solunum Yolu Semptomlarına Etkisi

2.5.1. Üst Solunum Yolu Enfeksiyonları

Üst solunum yolu enfeksiyonları (ÜSYE) genellikle şiddetli olarak hafiftir ve çoğu zaman virüsler tarafından meydana gelir ve bazen siroz ve akut orta kulak iltihabı gibi bazı durumlarda sekonder bakteriyel enfeksiyon görülür. ÜSYE'ler, önceden var olan kronik solunum yolu hastalıklarının alevlenmelerine yol açabilir(46,47,48).

Burun ve üst hava yolu, solunum sisteminde nöbetçi bir rol oynar. Farklı aerodinamik boyutlardan ilham alan parçacıklar, üst hava yolu mukozası ile etkileşme ve etkileşime girme eğilimindedir. Çalışmalar, PM10'un, burun mukozası hücrelerinde, iltihaplanma tepkilerini arttıran değişikliklere neden olabildiğini göstermiştir (49). Bir kez burun mukozasında hapsedildiğinde, bu parçacıklar nazofarenkse mukosilyer sistem yoluyla nakledilir, daha sonra ya yutulur veya dışarı atılır. Gaz / buhar fazlı hava kirleticileri, su çözünürlüklerine ve kimyasal reaktivliklerine bağlı olarak, havadan da uzaklaştırılabilir (48).

Çevresel hava kirliliği ve özellikle büyük kent merkezlerinde ÜSYE'lerin sayısına ilişkin artan endişelere rağmen, kirleticilerin üst solunum yolları üzerindeki etkileri konusundaki araştırmalar nispeten azdır. Çoğunlukla çocuk ve ergenlerde yapılan epidemiyolojik çalışmalar, genel olarak, kirleticilerin etkilerini, ancak farklı yaş grupları üzerindeki gerçek etkileri değerlendirmeden göstermiştir (50,51,52,53) (54,55,56).

Hava kirleticileri açısından yapılan çalışmalar, hem partiküler hem de gaz kirleticilerin, hücrel inflamasyonu başlatmak ve şiddetlendirmek için tüm hava yollarında hareket edebileceğini göstermiştir. İnflamatuvar hücreler, oda çalışmalarında veya nazal provokasyon zorlukları sonrasında dizel egzoz, ozon, kükürt dioksit ve nitrojen dioksite maruz kalan astımlı olmayan ve astımlı olmayan bronkoalveolar lavaj veya nazal yıkamalarda görülmüştür (57).

Kaba parçacıklar akciğerlerin üst solunum yollarında birikmektedir ve artmış sitotoksinite ve proinflamatuvar sitokinler interlökin-6 ve interlökin-8 ile ilişkilidir (58). Parçacıklar ile temas halinde aktive edilir ve çeşitli enzimatik kaynaklardan çok miktarda reaktif oksijen türü üretilir (59). Partikül madde (PM) maruziyeti ayrıca, akciğerde oksidatif stresi modüle eden ve pulmoner ve sistemik inflamasyonu artıran antioksidan savunma mekanizmalarını artırabilir veya azaltabilir (59). Bununla birlikte, PM viral maruziyete yanıt olarak interferonun pulmoner üretimini inhibe eder (60). Deneysel çalışma, kaba partiküllere maruz kalmanın farelerde pulmoner enfeksiyonu şiddetlendirdiğini göstermiştir (58).

PM'nin antimikrobiyal ajanların üretimi üzerindeki baskılayıcı etkileri, hayvan modellerinde gösterildiği gibi hem viral hem de bakteriyel enfeksiyona karşı pulmoner duyarlılığa da yol açar (60).

Ozonun (O₃) solunması epitelyal bariyerin bozulmasına yol açar, mukosilyer klirensi etkiler ve proinflamatuvar faktörlerin üretimini tetikleyebilir. O₃ makrofajlara sitotoksiktir ve makrofaj ve nötrofil fagositozunu değiştirebilir (61). Bu etkiler viral ve bakteriyel enfeksiyonlara yatkınlığa neden olabilir. İki yaş grubu, çocuklar ve yaşlılar, özellikle düşük inhale O₃ seviyelerine karşı hassastırlar, ancak diğer yaş gruplarında da etkilerini gösterebilirler (61).

Nitrojen dioksit (NO₂) maruziyetinin sağlığa etkileri, kirleticinin doğrudan oksidan etkilerinden ve solunum yolu enfeksiyonu da dahil olmak üzere diğer zorluklara karşı artan hava yolu duyarlılığından kaynaklanabilir. NO₂, distal hava yolu epitelyumunun yaralanması ve iltihaplanması, kandaki hava yollarına T lenfositlerinin alınması ve hasarlı epitel hücrelerinin viral enfeksiyona karşı duyarlılığının artmasıyla başlayan bir olay zincirine neden olur (62). Ayrıca NO₂, fagositoz ve siliyer diskinezi makrofaj yeteneğinde azalmaya neden olur (46).

Kükürt dioksit (SO₂), kontrollü insan maruziyetinde öksürük, bronkokonstrüksiyon ve azalmış akciğer fonksiyonu gibi akut solunum sağlığı etkilerine neden olduğu gösterilen bir solunum yolu tahriş edicidir. Yüksek konsantrasyonlarda, SO₂ maruziyeti önemli hava yolu yaralanmasıyla sonuçlanabilir (63). Deneysel çalışmalar, SO₂'nin farelerde olfaktör epitelyumda ödem, silia kaybı, epitelyal incelme ve epitelyal deskuamasyona neden olduğunu göstermiştir (64). Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlardaki SO₂ maruziyeti, solunum yollarının epitelyumunda hasar ve mukusun siliyer taşınmasında yavaşlama ve dişi farelerin *Klebsiella pneumoniae* ile aerosol inokülasyonu yoluyla enfeksiyona karşı direncini azaltmıştır (65).

Kent merkezlerinde karbonmonoksit (CO) emisyonları, motorlu taşıtlar için katalitik konvertörlerin piyasaya sürülmesinden bu yana önemli ölçüde azalmıştır

(63). Bununla birlikte, bu düşük seviyelerin mevcut standartlara göre bile maruz kalmanın sağlık riskleri, özellikle kardiyovasküler hastalığı olan kişiler için önemli bir halk sağlığı yükü oluşturabilir (66). Araştırmacılar, kısa ve uzun süreli CO maruziyetini esas olarak kardiyovasküler olaylarla ilişkilendirmiştir (63,66).

1992-1993, 1995-1996 ve 1998-1999 yılları arasında 5-14 yaşları arasındaki toplam 7,611 Doğu Alman çocuğunun üç tekrarlı kesitsel çalışması, SO₂ bronşit, otitis media, sinüzit, sık soğuk algnılığı ve sabah öksürüğü arasında anlamlı ilişkiler bulmuştur (67).

Jaakkola ve arkadaşları, temiz hava bölgesi çocuklarıyla karşılaştırıldığında orta düzeyde PM₁₀, NO₂ ve SO₂ ile kirlenen şehirlerde yaşayan bebeklerde ve çocuklarda artmış ÜSYE prevalansı bildirmişlerdir (50). von Mutius ve arkadaşları , yüksek SO₂ ve orta seviyelerde partikül madde ve NO₂ düzeylerinin çocuklukta üst solunum yolu semptomları gelişme riski ile ilişkili olduğunu göstermiştir (51).Peel ve arkadaşları bir zaman serisi çalışmasında ÜSYE'lerin özellikle de bebeklerde ve çocuklarda, PM₁₀, O₃, NO₂ ve CO düzeyleri ile pozitif olarak ilişkili olduğunu göstermişlerdir (54),

Finlandiya'da yapılan araştırmalar, SO₂ ve NO₂ düzeylerinin artmasının ÜSYE'lerin artması ile ilişkili olduğunu (68) ve Hong Kong'da ÜSYE için ilk ziyaret ile PM₁₀, NO₂, O₃ konsantrasyonunda bir artış arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir (55).

2.5.2. Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları

2.5.2.1. Akut Bronşit

Akut bronşit genelde viral kaynaklı, öksürükle dikkat çeken nonspesifik bronşial bir enflamasyondur. Kış aylarında sık görülen trakeobronşial epitelin enfeksiyöz ajanlar tarafından invaze edilmesiyle enflamatuar süreç başlar. Çoğunlukla hastalık ilk olarak rinit gibi spesifik olmayan üst solunum yolu enfeksiyonu ile ortaya çıkar. Üç-dört gün sonra kuru ve sık öksürük başlar. Hasta birkaç gün sonrada pürülan balgam çıkarmaya başlar. Bu süre içinde

hastada tükürüğünü yutmaya bağlı kusma ve göğüs ağrısı görülebilir (69). Akut bronşitle üst solunum yolu enfeksiyonunun farkı akut bronşitte öksürüğün 5 günden fazla devam etmesidir (70).

Akut bronşit etyolojisinde büyük oranda virüsler (influenza virüs, RSV, adenovirüs, parainfluenza virüs, rhinovirüsler) rol oynarlar. Olguların %10'dan daha az bir kısmında etken bakterilerdir. Bakteriyel etkenler arasında *Mycoplasma pneumoniae*, *Bordetella pertussis* ve *Chlamydia pneumoniae*'nin rol aldığı bildirilmektedir. Özellikle ergen ve genç erişkinlerde *Bordetella pertussis* ve *Bordetella parapertussis*'i sık etkenler arasındadır. Aşı öyküsüne bakılmaksızın 2 haftadan uzun süren ve nöbetler halinde gelen öksürük ve öksürük sonu kusma bulunan olgularda *Bordetella pertussis* düşünülmelidir (71). Altta yatan kronik bir akciğer hastalığı olmayan hiçbir akut bronşit olgusunda *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* ve *Moraxella catarrhalis*' in etken olduğuna dair yeterli veriler yoktur (72). Bazı olgularda viral bronşit üzerine bakterilerin süperpozisyonu da söz konusu olabilmektedir. Bu etkenler özellikle okul ve kışla gibi toplu yaşanan birimlerde salgınlara yol açmaktadır (70).

Çeşitli kesitsel çalışmalar, farklı kompartımanlarda ortalama partikül madde seviyeleri (PM) ile çocuklarda bronşit ve kronik öksürük veya balgam üretiminin yaygınlığını incelemiştir (73,74,75,76,77). Bununla birlikte, PM'nin bileşenlerinin bu semptomlar üzerindeki etkilerinin veya diğer gaz kirleticilerinin gözlenen etkilerden sorumlu olup olmadığı konusunda çok az araştırma yapılmıştır. Bronşitin, Amerika'daki 6 ve 24 şehirde yapılan çalışmalarda yüksek SO₂ ve sülfat PM ile birlikte yüksek ortam PM₁₀ ortamlarda yaşayan astım hastalarında daha yaygın olduğu bildirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (76,77). Küçük ortam SO₂ veya partikül sülfat bulunan Güney Kaliforniya'da Çocuk Sağlığı Çalışmasında çocukların kesitsel değerlendirilmesinde partikül maruziyetinin benzer etkileri bildirilmiştir (76). Bu durum, kükürt bileşiklerinin bronşit semptomları provoke üretmek için gerekli olmadığını düşündürmektedir. Ayrıca,

PM10 için güçlü olan ve 2.5 um'den küçük ince partikül kütlesi (PM2.5) kadar güçlü olan nitrojen dioksit (NO2) ile bronşit semptomlarının birliktelikleri de gözlemlenmiştir (76).

Son toksikolojik kanıtlar PM'deki organik karbonun (OC) PM'nin etkilerinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Los Angeles'taki çevre PM'sinden çıkarılan OC'nin, astım alevlenmesi için potansiyel olarak önemli olan ve alerjik bir cevabı teşvik ettiği bilinen dizel egzoz partikülüne (78) yanıtı olan oksidatif stres tepkilerini ortaya çıkardığı gösterilmiştir (79,80). Çocuk Sağlığı Çalışması diğer partiküller için eklendikten sonra farklı boyutlardaki PM ve partiküler OC, elementel karbon (EC) ve NO2 dahil olmak üzere diğer trafikle ilgili kirleticilerin bronşit semptomları üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (81).

2.5.2.2. Akut Bronşiolit

2 yaşından küçük çocuklarda özellikle hışıltı 'wheezing', öksürük, hızlı solunum, göğüste çekilmeler ve ekspiryumda uzama ile karakterize bronşiolerin inflamasyonu ile seyreden bir hastalıktır. İki yaş altındaki çocukların %10-20'sinde görülebilir (82).Bronşiolit genellikle sporadiktir bazen epidemiler şeklinde görülebilir (83). Bronşiolitin epidemiyolojik özellikleri RSV'ninkine paralellik gösterir. RSV'ye bağlı bronşiolitin mevsimsel özelliği çok belirgindir ve yıllık epidemiler şeklinde ortaya çıkar. RSV'ye bağlı epidemiler ılık iklimlerde geç sonbaharda başlar ve ilkbahar ortalarına kadar devam eder (84,85).

Virüsler en sık damlacık enfeksiyonu ile bulaşmakla birlikte kontamine eşya veya ellerden de bulaşabilir. Korunmak için süt çocuklarını çok kişi ile temas ettirmemek, el yıkamak ve diğer hijyen kurallarına uymak gerekir (83). Bronşiolit, erkeklerde, anne sütü almayanlarda ve kalabalık koşullarda yaşayanlarda daha sık görülür. Ailenin yaşça büyük üyeleri sıklıkla enfeksiyon kaynağıdır (69).

Bronşiolit genelde viral bir hastalıktır. RSV, bronşiolitin önde gelen nedenidir. Bronşiolit tanısı ile yatırılarak takip ve tedavi edilen olguların %50 ile %90'ından RSV sorumludur. RSV dışında parainfluenza virüs tip 1,

parainfluenza tip 2, parainfluenza tip 3, adenovirüsler ve Human metapnömovirüs de bronşiolit tablosuna neden olabilmektedir (86). Bronşiolitin bakteriyel etkeni olduğuna dair bir kanıt yoktur. Ancak bakteriyel pnömoni klinik olarak bronşiolitle birlikte olabilir ve bronşioliti bakteriyel süperenfeksiyon izleyebilir (69).

Bronşiyal epitelin virüsler tarafından invazyonundan sonra inflamasyon ve epitel nekrozu oluşur. Dejenere olan silyalı epitelin, sekresyonları üst solunum yollarına taşıma fonksiyonunun bozulması nedeni ile sekresyonlar lümen içinde birikir. Solunum yolunda ödem, nekrotik döküntüler, silyaların kaybı ve artmış mukus yapımının hepsi bronşiol lümeninde tıkanmaya neden olur. Kısmi solunum yolu obstrüksiyonu küçük akciğer ünitelerinde 'check-valve' mekanizması ile havalanma fazlalığına neden olurken, tam tıkanmalar atelettazi ile sonuçlanır. Erişkinlerle kıyaslanıldığında çocuklarda solunum sorunlarının gelişimini kolaylaştırıcı bazı etmenler vardır. Özellikle çocuklarda solunum yollarında sekresyon yapan çok sayıda müköz bez varlığı ve solunum yolu mukozasının gevşek olması, çocukların metabolizma hızlarının ve oksijen tüketimlerinin daha yüksek olması nedeniyle daha kolay submukozal ödem oluşur (82).

Bronşiolite neden olan mikrobiyolojik etkenler ile enfekte olan çocukların hepsinde ASYE gelişmez. Konağın anatomik ve immünolojik faktörlerinin hastalığın ciddiyetini belirlemede esas rolü oynadığı düşünülmektedir (69). Akut bronşiolitli infantlarda genellikle hastalığın başlamasından önceki hafta, üst solunum yolu enfeksiyonu geçirmekte olan daha büyük çocuklar veya yetişkinlerle temas etme öyküsü vardır. Bronşiolitte, üst solunum yolu semptomları ile beraber iki-üç günlük burun akıntısı, öksürük ve düşük derecede ateşi izleyen takipne, retraksiyonlar, burun kanadı solunumu, siyanoz ve ekspiratuar wheezing saptanır (87). Hastalığın şiddetine ve etkene göre huzursuzluk, iştahsızlık ve kusma olabilir. Öksürük paroksizmal veya şiddetli olmaktan çok, kısa kısadır. Fizik muayenede ekspirasyon uzamıştır,

oskültasyonda şiddetli ekspiratuvar wheezing, zayıf inspirasyon sonu wheezing veya ince inspiratuvar raller duyulur. Hastalık semptomları iki-üç günde giderek artar, yedi- on gün içerisinde azalır, ancak öksürük silyaların rejenerasyonuna kadar haftalarca devam edebilir (88).

Çeşitli çalışmalar, indüklenmiş inflamatuvar yanıt ve oksidatif stres aracılığıyla yetişkin ve bebek popülasyonunda PM maruziyeti ile ilişkili daha yüksek solunum yolu hastalığı insidansı olan, 10 mm'den küçük (PM10) veya PM25'ten küçük partiküler madde (PM) arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir(89). Bebeklerin daha yüksek duyarlılıklarının çeşitli nedenleri arasında olgunlaşmamış bir bağışıklık sistemi, daha küçük solunum yolları, daha yüksek solunum hızı ve sık fiziksel aktivite vardır (90). Az sayıda çalışma, bronşiolit veya RSV enfeksiyonu ve uzun süreli hava kirliliği maruziyeti arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (91,92) (93). RSV ile ilişkili bronşiolit ile yaşam boyu PM2.5 maruziyeti arasındaki ilişkiyi değerlendiren bir vaka-kontrol çalışmasında, Karr ve arkadaşları kronik PM maruziyetiyle ilişkili olarak özellikle de en erken RSV sırasında veya öncesinde doğan bebeklerde hafif derecede artmış bronşiolitis riski saptamışlardır (91). Pino ve meslektaşları, PM2.5'e 1-9 gün maruz kalma süresiyle ilişkili olarak bronşiolit riskinin arttığını belirtmiştir (92). Segala ve arkadaşları, PM10 ve nitrojen dioksitin, konsültasyonlar ve bronşiolit için hastanede yatışlarla aynı yönde ilişkili olduğunu buldular (93). Son olarak, Rahman ve meslektaşları kentsel alanlarda yaşayan çocuklar arasında PM10'a maruz kalma ile ilişkili akut bronşiolit oranının daha yüksek olduğunu bulmuştur (95).

2.5.3. Astım

Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar diğer potansiyel çevresel faktörleri arasında yer alan hava kirliliğinin çocukluk çağı astımı ile ilgili hem akut hem de kronik etkileri hakkında artan kanıtlar sunmaktadır.

Küresel astım prevalansı patenleri hava kirliliğinin astım oluşumunda ana risk faktörleri arasında yer almadığını göstermektedir. Çin ve Doğu Avrupa gibi partikül madde/SO₂ kirleticilerinin seviyelerinin en yüksek olduğu ülkelerde genel olarak düşük astım prevalansları görülmektedir. ABD ve Avrupa gibi NO₂/O₃ kirleticilerinin seviyelerinin yüksek olduğu ülkelerde ise astım prevalansları orta seviyelerdedir. Diğer yandan, Yeni Zelanda gibi hava kirliliğinin en az olduğu ülkelerde küresel ölçekte en yüksek astım prevalansları belirlenmiştir (95,45).

Hava kirliliğinin çocukluk çağı astımının prevalans ve insidansına etkileri ile ilgili çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (96,22). Bazı epidemiyolojik çalışmalar hava kirleticilerine maruz kalımın çocuklarda astımın gelişmesi ile ilişkili olduğunu bildirirken (13,97,98), bazı çalışmalar böyle bir ilişki saptayamamıştır (99,100,101). Mevcut çalışmaların sonuçlarındaki çelişkili durumlar astım ile ilgili sağlık çıktılarının anket yöntemi ile bireylerin kendileri tarafından rapor edilmesi ve çalışmalar arasındaki diğer yöntemsel farklılıklar (kullanılan anketin türü, maruz kalımın değerlendirilmesi ile ilgili farklılıklar vb.) ile açıklanabilir. Özellikle konu ile ilgili olarak gerçekleştirilen ilk çalışmalarda verilen çelişkili sonuçların hava kirliliği maruz kalım bilgilerinin sabit istasyonlardan elde edilen ölçümlere dayanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yandan, son yıllarda yeterince uzun süreli izlemlerin yapıldığı ve kişisel maruz kalımın daha iyi temsil edilebildiği prospektif kohort çalışmalarının sayısı artmıştır. Günümüzde giderek artan sayıda çalışma hava kirliliğinin astım oluşumunda rol oynayabileceğini belirtmektedir ve astım gelişiminin hava kirliliği ile ilişkisi olduğuna dair inanış her geçen gün yaygınlaşmaktadır (102,98).

Çeşitli hava kirleticilerinin astım prevalansına etkisini inceleyen çalışmalarda ozon ile ilgili bulgular dikkat çekicidir (81,103). Güney Kaliforniya'da 12 farklı bölgede yaşayan ve astım öyküsü bulunmayan 9-16 yaş arasındaki 3.535 çocuk ile gerçekleştirilen prospektif kohort çalışmada 5 yıl süren izlemlerde yüksek

ozon derişimlerinin (dört yıllık ortalama 112-138 pg m-3 arasında) ölçüldüğü bölgede yaşayan ve üç ya da daha çok spor çeşidi ile ilgilenen çocuklarda astım gelişme riskinin herhangi bir spor dalı ile uğraşmayan çocuklara göre önemli oranda fazla (bağıl risk 3,3 (1,9-5,8)) olduğu görülmüştür. Bu ilişki düşük ozon seviyelerinin ölçüldüğü bölgede gözlenmemiştir. Bu çalışmanın bulguları egzersiz yapmanın ventilasyon hızını önemli ölçüde arttırabileceğini ve ozonun akciğerlerde daha içlere kadar taşınmasını sağlayabileceğini göstermiştir. Egzersizin bu etki değiştirici özelliği söz konusu çalışmada incelenen diğer klasik hava kirleticileri için gözlenmemiştir. Bu çalışmanın kohort tasarımı gereği çocukların uzun süre takip edilmesi, 5 yıl süreli izlem boyunca izi kaybedilen popülasyonun oranının düşük olması ve hava kirliliği ölçümlerinin kalitesi çalışmanın sonuçlarını güçlendirmiştir (104). Diğer yandan, aynı proje kapsamında gerçekleştirilen bir kesitsel çalışmada Güney Kaliforniya'da incelenen 12 bölgede astım prevalansı ile ozon düzeyleri arasında ilişki bulunamamıştır (105). Tayvan'da gerçekleştirilen bir ISAAC çalışmasında ise incelenen 24 bölgede 11-16 yaş arasındaki 165.173 lise öğrencisinde son 12 aydaki astım prevalansı ile yıllık ortalama O3 düzeyleri arasında ilişki bulunduğu rapor edilmiştir (106). Fransa'da gerçekleştirilen bir ISAAC çalışmasında da incelenen 7 bölgede en az üç yıldır yaşayan 13-14 yaşındaki 2.445 çocuk için astım prevalansının yıllık ortalama O3 düzeyleri ile arttığı, birey bazında analiz gerçekleştirildiğinde (sosyo-ekonomik seviye ve aile hikâyesi dikkate alındığında) bu ilişkinin yok olduğu belirtilmiştir (107).

Trafik kaynaklı hava kirliliğinin de astım oluşumu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (108). Konu ile ilgili ilk çalışmalarda maruz kalım ölçütü trafik yoğunluğu ve ana yollara yakın yaşamak vb. basit ölçüler kullanılmış ve genellikle kesitsel olarak tasarlanan bu çalışmaların çoğunda hava kirliliği ile astım oluşumu arasında ilişki gözlenmemiştir (109,110). Bununla birlikte, Hollanda'da gerçekleştirilen bir kesitsel çalışmada özellikle kamyon trafiği olmak üzere yoğun trafiğe sahip anayolların yakınındaki okullarda okuyan çocuklarda daha yüksek oranlarda astım bildirilmiştir (111). Trafik kaynaklı hava kirliliğine

maruz kalımın ilgili kirleticilerin seviyelerini ölçme ya da modelleme yaklaşımı ile daha doğru olarak belirlendiği sonraki çalışmaların bazıları yüksek seviyelerde trafik kaynaklı hava kirliliğine maruz kalan çocuklarda astım insidansında ya da semptomlarında artış olduğunu belirtmiştir (112,113). Bu çalışmaların çoğu NO₂'yi trafik kaynaklı hava kirliliğine maruz kalımın ölçütü olarak kabul etmiştir. Diğer yandan, trafik emisyonları astım oluşumunda NO₂'den daha etkili olan geçiş metalleri ve organik aerosoller gibi diğer kirleticileri de içermektedir (114). Avusturya'da trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirteci olarak dış ortam NO₂ ölçümlerinin kullanıldığı kesitsel çalışmanın sonuçları oldukça ilgi çekicidir. Yerel endüstriyel hava kirliliği kaynaklarının bulunmadığı bir bölgede yaşayan 843 çocuğun incelendiği çalışmada 3 yıllık ortalama dış ortam NO₂ seviyeleri ile çocuklarda astım prevalansı arasında kuvvetli ilişki bulmuştur. Bu çalışmada NO₂ seviyelerinin en yüksek ve en düşük olduğu bölgeler için Odds Oranı 5.81 (%95 Güven Aralığı 1,27-26,5) gibi oldukça yüksek bir oran olarak bildirilmiştir. (115). Trafik kaynaklı kirleticilerden olan nano ölçekli (ultra ince) dizel egzoz partiküllerinin (DEP) de çeşitli alerjenleri yüzeylerine bağlanmasını sağlayarak alerjenlerin solunum yollarına ulaşmasında taşıyıcı rol oynadığına inanılmaktadır (116,118). Konu ile ilgili bazı deneysel çalışmalar da DEP'e maruz kalımın immünglobulin E (IgE) oluşumunu, alerjik hava yolu inflamasyonunu ve astım ataklarını arttırabileceğini göstermiştir (118,119).

Hava kirliliğine maruz kalımın astım oluşumundaki rolü tartışmalı olmakla birlikte, akciğer gelişimini kötü yönde etkilediği ve mevcut astımı tetikleyerek hastalığın seyrinde akut kötüleşmelere neden olduğu kesindir (96,4). Ozon, SO₂ ve NO₂ gibi yaygın hava kirleticilerinin kuvvetli oksidasyon ve hava yollarını tahriş etme özellikleri düşünülürse bu etki beklenmeyecek bir durum değildir. Bahsi geçen akut kötüleşmeler hava kirliliğinin arttığı dönemlerde takip eden günlerde astım hastası olan kişilerin bu hastalık ile ilgili şikâyetlerinde (morbidite) ve ölüm oranlarındaki (mortalite) geçici artış ile ilgilidir (45,40).

Hava kirliliğinin astım ile ilgili akut etkilerini ortaya koymak kronik etkilerine göre çok daha kolaydır. Diğer yandan, hava kirleticilerinin atmosferde kompleks bir karışım olarak bulunması ve kirleticilerin sinerjistik etkilere yol açabilmesi hava kirleticilerinin rolünü ayrı ayrı incelemeyi zorlaştırmaktadır (4). Dış ortam havasındaki partiküller, O₃, NO₂ ve SO₂ gibi yaygın hava kirleticilerinin seviyelerindeki kısa dönemli artışların çocuklarda mevcut astımı akut olarak kötüleştirdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (40) (34,120).

Çocukların diğer yaş gruplarındaki insanlara göre hava kirliliğinden daha fazla etkilendikleri bilinmekle birlikte, önceki epidemiyolojik çalışmalar özellikle astımlı ve diğer solunum rahatsızlıkları olan çocukların da sağlıklı çocuklara göre hava kirliliğinin akut etkilerine karşı daha hassas olduklarını göstermiştir (121,122). Hava kirleticilerinin seviyelerindeki artışla bağlantılı olarak astım ataklarının (astım alevlenmelerinin) sayısının arttığı bildirilmektedir (96,35). Bazı çalışmalar bu artışların O₃, NO₂, partiküller vb. yaygın hava kirleticilerinin göreceli olarak düşük derişimlerinin (dış ortam sınır değerlerinin altında) dahi etkili olabildiğini göstermektedir. Örneğin, ABD'nde gerçekleştirilen bir çalışma izin verilen ulusal hava kalitesi sınır değerlerin altında dahi 1-saatlik ortalama O₃ seviyelerindeki artışın astımlı çocuklarda görülen günlük semptomları ve ilaç kullanım miktarını önemli oranda arttırdığını bildirmiştir (121). ABD'nde gerçekleştirilen bir diğer çalışma da ulusal hava kalitesi sınır değerlerinin altındaki NO₂ ve PM₂₅ seviyelerindeki artışın astımlı çocuklarda atak sayısını ve okula gidilmeyen gün sayısını arttırdığını göstermiştir (122). Bu bulgular, mevcut kısa dönem hava kalitesi sınır değerlerinin çocuklar gibi hava kirliliğinin etkilerine karşı daha hassas olan alt popülasyonların sağlığını korumak için yeterli olmadığını ortaya koymuştur (123).

Hava kirliliğinin arttığı dönemlerde astım semptomlarındaki artış ile ilişkili olarak hastaların daha yoğun bir şekilde hastanelere (acil servis) başvurduğu görülmektedir (35). Çocuklarda astıma bağlı hastane başvuruları ve acil servis ziyaretleri önceki 3 güne kadar ölçülen PM₁₀ seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir

(124). Ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışma günlük ortalama PM25 seviyelerindeki artış ile Zonguldak'ta yaşayan 15 yaşından küçük çocukların astıma dayalı hastane başvuruları (astım ve astım+rinit birlikteliği için) arasında anlamlı ilişki olduğunu bildirmiştir (125). Bu çalışmada özellikle ince boyuttaki partiküller için daha fazla etkinin gözlemlendiğini bildirmiştir. Özellikle ince partiküllerin büyük kısmının boyutları çok küçük olduğundan akciğerlerin derinlerine kadar ulaşabildiği bilinmektedir. Farklı boyutlardaki partiküllerin (PM25, PM25-10 ve PM10) seviyeleri ile astımlı çocuklarda görülen akut kötüleşmeler arasında ilişkiyi inceleyen çalışmaların sonuçları dikkat çekicidir (126,127,125,90). Partikül emisyonlarının ait oldukları kirletici kaynağın türüne göre içeriklerinde buldukları elementel karbon (EC), organik karbon (OC), nitrat (NO₃), sülfat (SO₄²⁻) ve potasyum (K) gibi bileşenlerin de çocukluk çağı astımını kötüleştirdiği önceki çalışmalarda tespit edilmiştir (90).

Birçok çalışma trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirteci olarak ele alınan bir kirletici olan NO₂ nin artan seviyelerinin çocukluk çağı astımındaki kötüleşmeler ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir (128,129,130,122,131). Ayrıca, viral solunum yolu enfeksiyonlarının çocuklardaki astım kötüleşmesi için en önemli faktör olarak verildiği bir çalışmada NO₂ seviyelerindeki artışın enfeksiyonlar ile birlikte sinerjistik bir etki yarattığı bildirilmiştir (132).

ABD'nde gerçekleştirilen birçok çalışma özellikle ozon seviyelerindeki kısa süreli artışlar ile çocukluk çağı astımı arasındaki akut kötüleşmeleri vurgulamaktadır (133,121,131). 1996'daki Atlanta Olimpiyat oyunları boyunca gerçekleştirilen bir çalışmada bu etkinlik boyunca sabah trafiğinin %29 oranında azalmasına bağlı olarak pik O₃ seviyelerinin %28 oranında düştüğünü ve çocuklarda astım ile ilişkili doktor ziyaretlerinin bu sürede %40 oranında azaldığını bildirmiştir (133). Yine Atlanta'da daha önce gerçekleştirilen bir çalışmada da 110 ppb (220 pg m⁻³)'nin üzerindeki ozon derişimleri ile çocuklarda astım ile ilişkili hastanelerin acil servislerine başvuruları arasında

ilişki bulunmuş ancak ozonun bu etkisi 110 ppb'nin altında gözlenememiştir (134).

Bazı epidemiyolojik çalışmalar hava kirliliğinin arttığı dönemlerde artan astım şikâyetlerine ek olarak aynı zamanda bu hastalığa bağlı ölüm oranlarında da artış olduğunu göstermiştir. Hava kirliliği ile ilişkili ölüm riski yaşlılarda ve üst yaş gruplarında daha fazla olmakla birlikte birkaç çalışma bebeklik ve çocukluk çağında görülen astıma dayalı ölümlerin de hava kirliliğindeki geçici artışlar ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir (135,136). Çelişkili sonuçlar nedeniyle bu konu ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (137).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tasarımı, Evreni ve Örneklem Seçimi

Bu araştırma, 1 Ocak 2017-31 Aralık 2017 tarihleri arasında solunum yakınmaları ile 8840 tanesi Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (CBÜH) 'ne 8840 ve Manisa Merkez Efendi Devlet Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (MMEDH) 'ne de 29856 olmak üzere başvuruda bulunan toplam 38696 hasta ile gerçekleştirildi. Araştırma sadece vaka gruplarını değerlendiren prospektif bir çalışma olarak tasarlandı.

3.2. Hastaların Dahil Olma ve Dışlanma Kriterleri

Dahil olma kriterleri:

1. 0-17 yaş aralığında olması,
2. Solunum yolu hastalıklarından birisinin tanısını alması.

Dışlanma kriterleri:

1. 17 yaşından büyük olması.

3.3. Verilerin Toplanması

Olguların yaşı, cinsiyeti, başvuru tarihi, tanısı, eğitim seviyesi, bilinen ek kronik rahatsızlığa sahip olma durumu, sigara kullanma durumu, evde yaşayan kişi sayısı, aynı evde sigara kullanan başka bir aile bireyi bulunma durumu ve evdeki ısıtma sistemi hasta dosyalarından taranarak kaydedildi.

Hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen Manisa merkez hava kirliliği verileri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nden alındı. İstasyonda ölçülen kirleticiler PM10 ve SO2 olup, bu kirleticiler açısından hava kirliliği değerleri her bir başvuru için hesaplanmak üzere günlük ortalama değerler belirlendi.

3.4. Verilerin Analizi

Olguların solunum sistemi hastalıkları ile hava kirliliği arasındaki ilişki SPSS 23.00 istatistik paket program ile analiz edildi. Veriler, tanımlayıcı istatistikler (sayı, yüzde dağılımı, ortalama, standart sapma), pearson korelasyon testi ve lojistik regresyon kullanılarak değerlendirildi.



4. BULGULAR

Manisa merkez hava kirliliği verileri, hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülerek T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nde yayınlanmaktadır. İstasyonda ölçülen kirleticiler PM10 ve SO2 olup, bu kirleticiler açısından hava kirliliği değerleri her bir başvuru için hesaplanmak üzere günlük ortalama değerler belirlenmiştir. Ölçümler 1 Ocak 2017 – 31 Aralık 2017 tarihleri arasını kapsamaktadır.

Bu dönem boyunca Manisa merkez istasyonunda ölçülen PM10 düzeyi DSÖ'nün günlük $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlediği sınır değeri 365 günün 314 günü aşmış olup, ölçülen ortalama PM10 değeri $76.54\pm 28.13\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Ay bazında yapılan değerlendirmelerde PM10 değerinin $118.40\pm 6.55\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Kasım ayında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Aynı dönem içerisinde DSÖ'nün $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlediği günlük SO2 limiti ise Manisa merkez istasyonunda 365 günün 17 günü aşmış olup; ölçülen ortalama SO₂ değeri ise $9.99\pm 5.79\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Ay bazında yapılan değerlendirmelerde SO2 değerinin $16.00\pm 1.14\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Kasım ayında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir (Tablo 4).

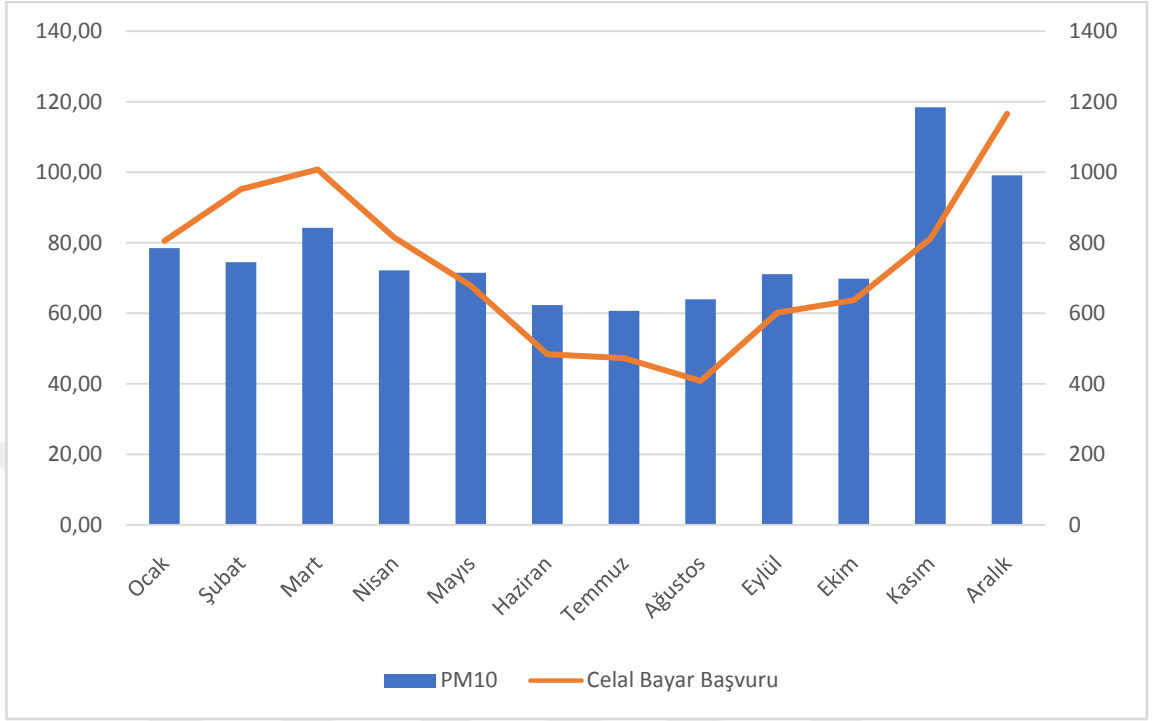
Tablo 4: Aylara göre PM10 ve SO2 ortalamaları

Ay	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ocak	78.46 ± 6.24	8.46 ± 0.90
Şubat	74.50 ± 5.80	7.18 ± 0.60
Mart	84.23 ± 3.51	10.10 ± 0.86
Nisan	72.17 ± 3.28	9.57 ± 0.79
Mayıs	71.48 ± 3.98	7.03 ± 0.64
Haziran	62.33 ± 3.79	7.62 ± 0.57
Temmuz	60.68 ± 1.52	8.42 ± 0.63
Ağustos	63.97 ± 1.14	7.48 ± 0.53
Eylül	71.10 ± 2.82	11.62 ± 0.81
Ekim	69.81 ± 2.64	10.03 ± 0.88
Kasım	118.40 ± 6.55	16.00 ± 1.14
Aralık	99.14 ± 9.30	15.58 ± 1.14

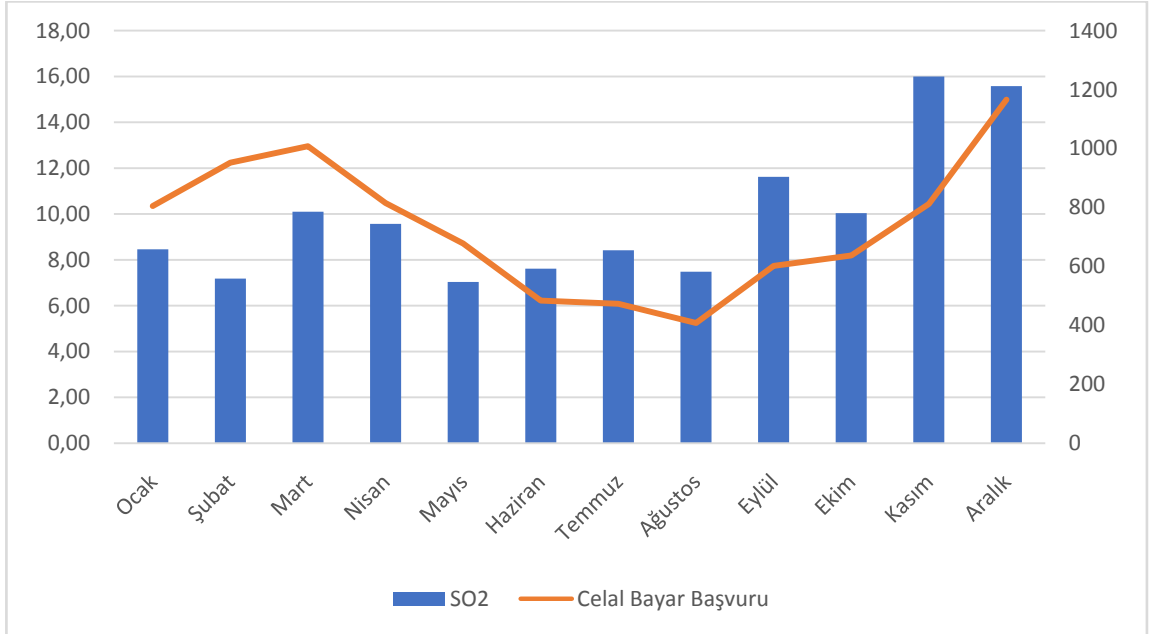
Araştırmanın yapıldığı 1 Ocak 2017 – 31 Aralık 2017 döneminde solunum yakınmaları ile 8840 tanesi Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (CBÜH) 'ne 8840 ve Manisa Merkez Efendi Devlet Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (MMEDH) 'ne de 29856 olmak üzere başvuruda bulunan toplam hasta sayısı 38696'dır. Çocuk acil polikliniğine başvuran hasta sayısı ay bazında değerlendirildiğinde CBÜH'ye en çok başvurunun 1166 çocuk ile Ocak ayında, MMEDH'ye en fazla başvurunun 3332 çocuk ile Ekim ayında ve toplam başvurusu sayısı açısından değerlendirildiğinde de Ekim ayında 4144 çocuk ile en fazla başvurunun yapıldığı belirlenmiştir (Tablo 5, Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7).

Tablo 5: Aylara göre çocuk acil polikliniklerine yapılan başvuru sayıları

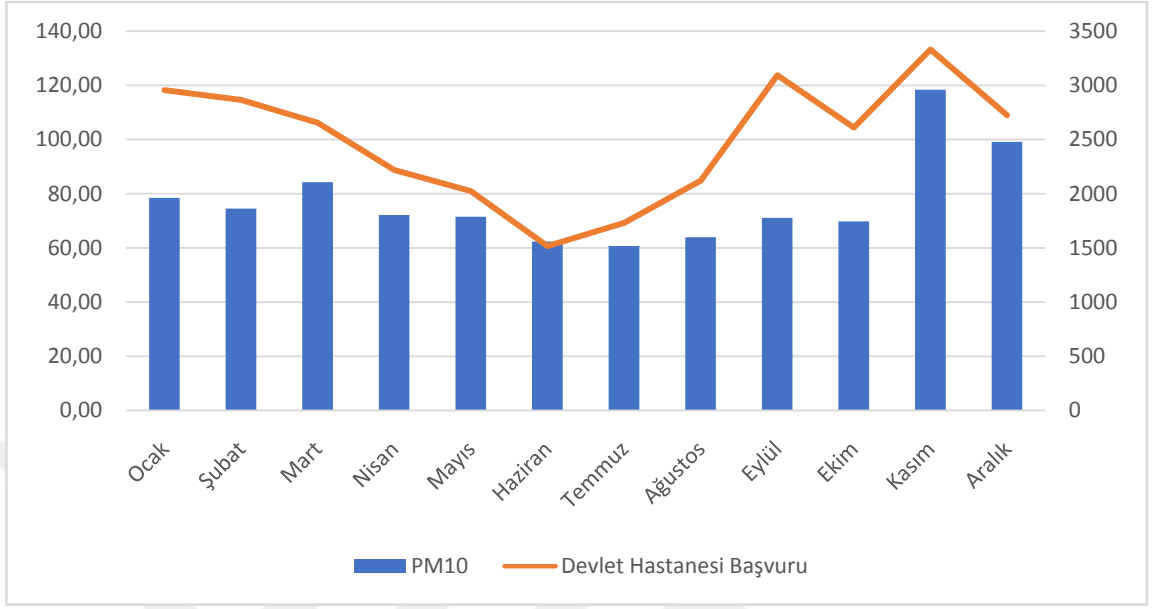
Ay	CBÜH	MMEDH	Toplam
Ocak	805	2957	3762
Şubat	952	2867	3819
Mart	1008	2655	3663
Nisan	815	2220	3035
Mayıs	678	2025	2703
Haziran	484	1517	2001
Temmuz	473	1731	2204
Ağustos	408	2121	2529
Eylül	602	3094	3696
Ekim	637	2612	3249
Kasım	812	3332	4144
Aralık	1166	2725	3891
Toplam	8840	29856	38696



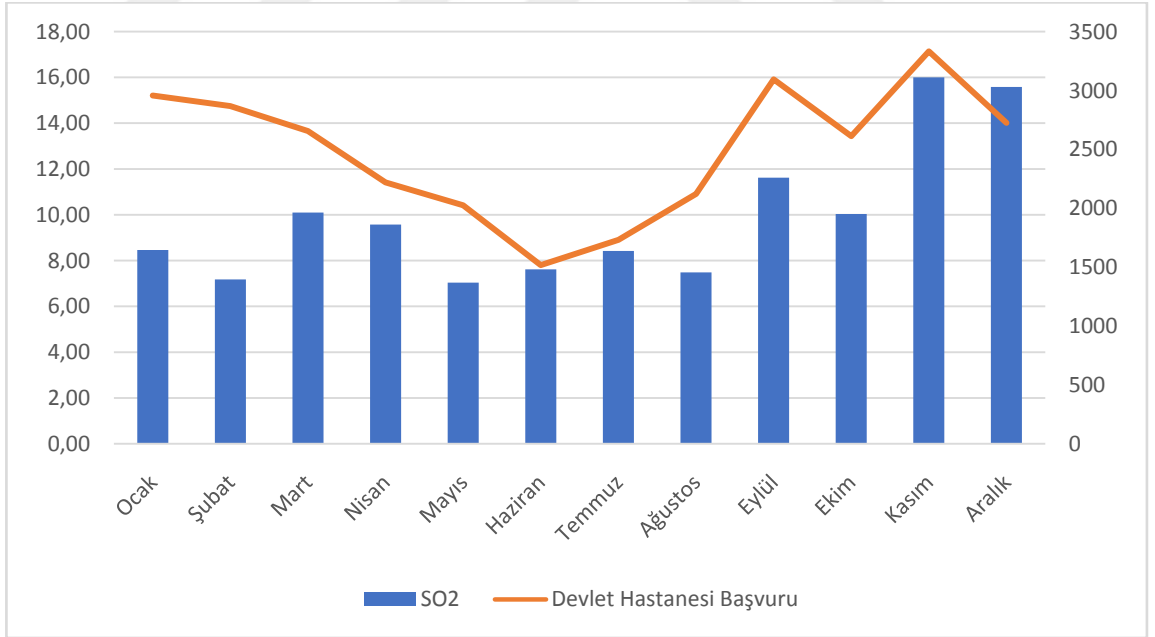
Şekil 2: PM10 değerine göre CBÜH'ne yapılan başvuru sayıları



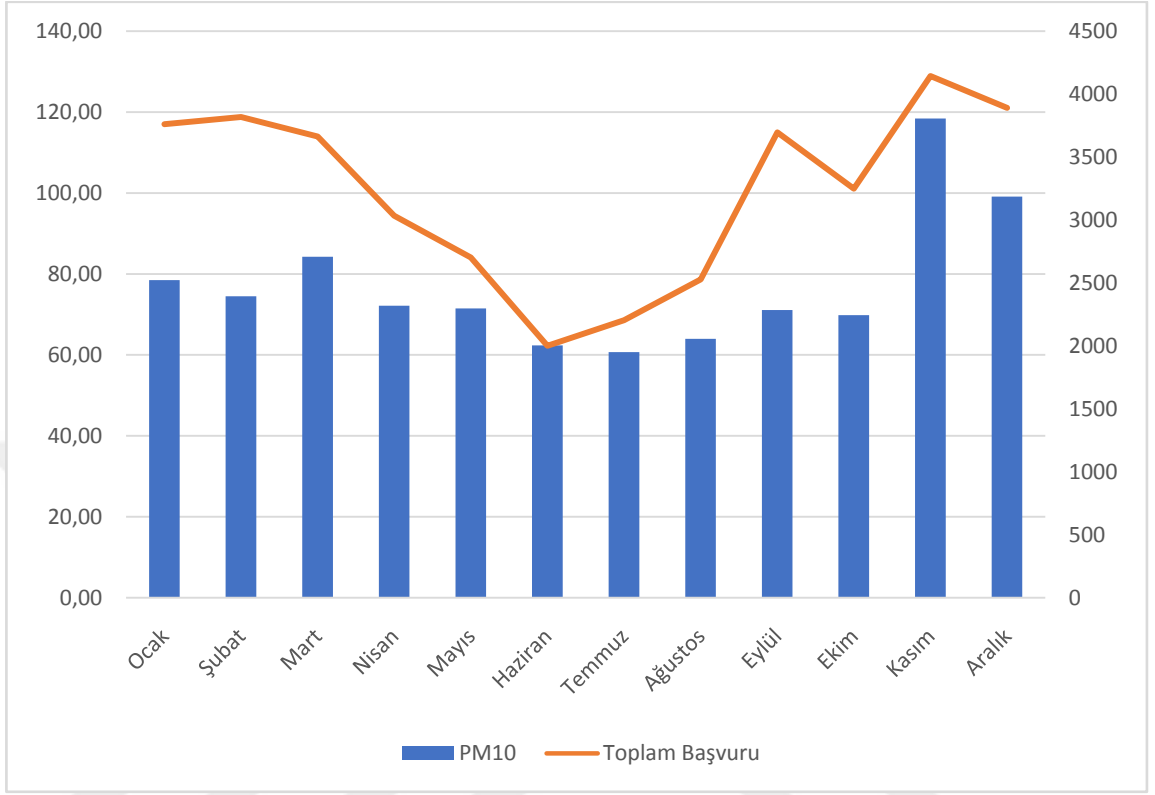
Şekil 3: SO2 değerine göre CBÜH'ne yapılan başvuru sayıları



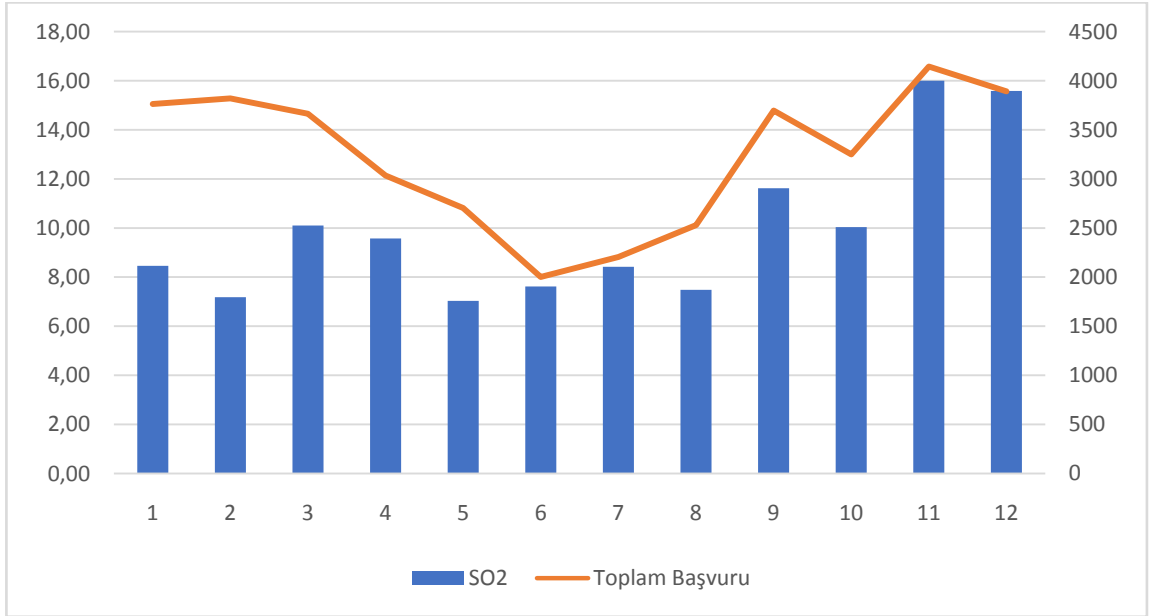
Şekil 4: PM10 değerine göre MMEDH'ne yapılan başvuru sayıları



Şekil 5: SO2 değerine göre MMEDH'ne yapılan başvuru sayıları



Şekil 6: PM10 değerine göre yapılan toplam başvuru sayıları



Şekil 7: SO2 değerine göre yapılan toplam başvuru sayıları

Hastanelerin çocuk acil polikliniğine yapılan başvuru sayıları ile PM10 ve SO2 değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan korelasyon analizinde anlamlı sonuçlara ulaşıldı. Buna göre PM10 ile CBÜH, MMEDH ve toplam başvuru sayıları arasında aynı yönlü ve anlamlı ilişkiler mevcuttu ($p<.05$). Benzer şekilde SO2 değeri ile CBÜH, MMEDH ve toplam başvuru sayıları arasında da aynı yönlü ve anlamlı ilişkiler bulundu ($p<.05$, Tablo6).

Tablo 6: PM10 ve SO2 ile çocuk acil polikliniğine yapılan başvuru sayısı arasındaki ilişkiler

	PM10	SO2	CBÜH	MMEDH	Toplam
PM10	1	.853**	.280**	.404**	.407**
SO2		1	.140**	.467**	.379**
CBÜH			1	.558*	.760**
MMEDH				1	.963**
Toplam					1

** $p<.01$ ve * $p<.05$

Solunum yakınmaları ile çocuk acil polikliniğine başvuran çocukların %44.8'i kız ve %55.2'si erkekti. Olguların %42.3'ü 0-3 yaş aralığında, %23.4'ü 4-6 yaş aralığında, %26'sı 7-12 yaş aralığında ve %8.3'ü 13-17 yaş aralığındaydı. Olgulardan 13-17 yaş grubunda sigara kullanımı mevcuttu ve bunların tüm hastalara oranı %1'di. Polikliniğe başvuran çocukların %21'i soba (kömür), %46'sı klima ve %33'ü merkezi ısıtma sistemi (doğalgaz vs.) kullanmaktaydı.

Kızlarda en sık rastlanan tanı akut bronşit iken, erkeklerde akut üst solunum yolu enfeksiyonuydu. Hem kız hem de erkek çocuklarında tanılarının en yoğun olduğu yaş aralığı 0-3 yaştı. Benzer şekilde tüm hastalar için de tanılarının en fazla görüldüğü yaş grubu 0-3 yaş olarak belirlendi (Tablo 7).

Tablo 7: Cinsiyet ve yaş gruplarına göre tanılar

		Tanı					Astm	Toplam
		Akut nazofarenjit nezle	Akut üst solunum yolu enfeksiyonu	Akut bronşit	Akut bronşiolit	Otitis media		
Kız	0-3 yaş	1042	3277	1324	466	1034	29	7172
	4-6 yaş	572	1868	770	246	604	22	4082
	7-12 yaş	654	2095	841	291	655	25	4561
	13-17 yaş	227	674	282	99	209	15	1506
	Toplam	2495	7914	3217	1102	2502	91	17321
Erkek	0-3 yaş	1326	4197	1703	572	1349	47	9194
	4-6 yaş	740	2261	907	326	705	30	4969
	7-12 yaş	799	2499	1030	355	792	27	5502
	13-17 yaş	234	798	315	105	254	4	1710
	Toplam	3099	9755	3955	1358	3100	108	21375
Toplam	0-3 yaş	2368	7474	3027	1038	2383	76	16366
	4-6 yaş	1312	4129	1677	572	1309	52	9051
	7-12 yaş	1453	4594	1871	646	1447	52	10063
	13-17 yaş	461	1472	597	204	463	19	3216
	Toplam	5594	17669	7172	2460	5602	199	38696

Olgulardan akut nazofarenjit nezle tanılıların %63'ünde, akut üst solunum yolu enfeksiyonu tanılıların %43'ünde, akut bronşit tanılıların %33'ünde, akut bronşiolit tanılıların %20'sinde, otitis media tanılıların %32'sinde ve astım tanılıların %22'sinde aynı evde yaşayan aile bireylerinden sigara kullananlar mevcuttu.

Tanıların aylara göre dağılımı incelendiğinde akut nazofarenjit nezle ve akut üst solunum yolları enfeksiyonunun en sık Ekim ayında, akut bronşit ve akut bronşiolitin en sık Şubat ayında, otitis medianın en sık Mart ayında ve astımın en sık Mayıs ayında görüldüğü belirlendi (Tablo 8).

Tablo 8: Aylara göre tanı istatistikleri

Ay	Akut nazofarenjit nezle	Akut üst solunum yolu enfeksiyonu	Akut bronşit	Akut bronşiolit	Otitis media	Astım
Ocak	455 (11,7%)	1712 (44,0%)	879 (22,6%)	207 (5,3%)	612 (15,7%)	26 (0,7%)
Şubat	523 (13,7%)	1411 (36,9%)	884 (23,1%)	398 (10,4%)	588 (15,4%)	15 (0,4%)
Mart	397 (10,8%)	1405 (38,4%)	857 (23,4%)	351 (9,6%)	636 (17,4%)	17 (0,5%)
Nisan	354 (11,7%)	1269 (41,8%)	644 (21,2%)	209 (6,9%)	538 (17,7%)	21 (0,7%)
Mayıs	385 (14,2%)	1182 (43,7%)	426 (15,8%)	182 (6,7%)	501 (18,5%)	27 (1,0%)
Haziran	258 (12,9%)	966 (48,3%)	347 (17,3%)	113 (5,6%)	309 (15,4%)	8 (0,4%)
Temmuz	227 (10,3%)	1319 (59,8%)	238 (10,8%)	68 (83,1%)	349 (15,8%)	3 (0,1%)
Ağustos	423 (16,7%)	1315 (52,0%)	294 (11,6%)	162 (86,4%)	323 (12,8%)	12 (0,5%)
Eylül	629 (17,0%)	2141 (57,9%)	488 (13,2%)	163 (4,4%)	264 (7,1%)	11 (0,3%)
Ekim	820 (19,8%)	1924 (46,4%)	681 (16,4%)	192 (4,6%)	507 (12,2%)	19 (0,5%)
Kasım	532 (16,4%)	1457 (44,8%)	667 (20,5%)	145 (4,5%)	424 (13,1%)	24 (0,7%)
Aralık	591 (15,7%)	1568 (41,7%)	766 (20,4%)	270 (7,2%)	551 (14,6%)	16 (0,4%)

Solunum sistemi ile ilgili tanılarda PM10 ve SO2'nin etkisini gözlemlemek için yapılan lojistik regresyon analizinde PM10 ve SO2'enin tanıları etkilediği görüldü. Buna göre PM10'daki artışa bağlı olarak akut nazofarenjit nezle, akut üst solunum yolu enfeksiyonu, akut bronşit, akut bronşiolit, otitis media ve astım artmaktaydı. SO2'deki artışa bağlı olarak ise akut nazofarenjit nezle, akut üst

solunum yolu enfeksiyonu, akut bronşiolit ve astım artmaktaydı. PM10 ve SO2'nin en fazla etki yarattığı tanı akut üst solunum yolu enfeksiyonuydu (Tablo 9).

Tablo 9: Solunum sistemi ile ilgili tanılarda PM10 ve SO2 etkisi

	PM10 Bağıl Değişim (%95 GA)	SO2 Bağıl Değişim (%95 GA)
Akut nazofarenjit nezle	1.16 (1.06 – 1.26)**	1.19 (1,09-1.30)**
Akut üst solunum yolu enfeksiyonu	1.31 (1.19 – 1.44)**	1.27 (1.12-1.42)**
Akut bronşit	1.14 (1.02 – 1.28)*	1.20 (1.06-1.31)
Akut bronşiolit,	1.17 (1.03 – 1.33)*	1.14 (0.99-1.29)**
Otitis media	1.03 (0.88 – 1.16)*	0.97 (0.81-1.08)
Astım	1.18 (1.07 – 1.3)**	1.24 (1.14-1.34)*

** $p < .01$ ve * $p < .05$

5. TARTIŞMA

Atmosferdeki farklı kirleticilerin karışımı hava kirliliğini meydana getirmektedir. Epidemiyolojik araştırmalarda ise bir veya daha fazla kirletici ile sağlık arasındaki ilişki değerlendirilmektedir. Ancak PM10, SO2, NO2 ve CO gibi kentsel kirliliği oluşturan kirleticiler arasında güçlü bir korelasyon vardır ve bu korelasyon her bir kirleticinin sağlık üzerindeki bağımsız etkisini değerlendirmeyi güçleştirmektedir (138). Genellikle belirli bir sağlık sorununun belirli bir kirletici etkisi ile oluştuğunu söylemek mümkün değildir. Yaygın hava kirleticilerinin insan sağlığında benzer etki mekanizmaları yaratması hava kirleticilerinin ayrı ayrı etkisinin belirlenmesini daha da karmaşık hale getirmektedir. Bununla birlikte kirleticiler arasında bulunan güçlü ilişkiler nedeniyle, her bir kirleticinin sağlık üzerindeki etkisini ayrı ayrı toplamak toplam etkinin gerçektekenden fazla hesaplanmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle epidemiyoloji araştırmalarında genellikle hava kirliliği-sağlık etkisi ilişkisini temsil etme gücüne sahip “indikatör kirletici” ölçümleri dikkate alınmaktadır. Pek çok araştırmada PM10 ve SO2 hava kirliliğinin oluşturduğu sağlık riski için önemli ve sık kullanılan kirleticiler olarak kabul edilir (139). Özellikle hava kirliliğinin solunum sistemi hastalıkları ile ilişkisini araştıran çalışmalarda PM10 ve SO2'nin sıklıkla kullanılan indikatörler olduğu söylenebilir. Bu çalışmalara Tecer'in Balıkesir'de yaptığı araştırma, Tağıl ve Mentеше nin Zonguldak'ta yaptığı araştırma, Wong ve Arkadaşları'nın Hong Kong'ta yaptıkları araştırma, Tellez ve Arkadaşları'nın Meksiko'da yaptığı araştırma ya da Van der Zee ve Arkadaşları'nın Hollanda'da 5 farklı lokasyonda yaptığı araştırma örnek olarak gösterilebilir (138,140,141,142,143). Geçmiş araştırmalara dayanarak bu çalışmada da hava kirletici indikatörler olarak PM10 ve SO2 seçildi.

1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2017 tarihleri arasında, hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen Manisa merkez hava kirliliği verileri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nden alındı.

Bulgularımıza göre hava kirleticilerden PM10 ve SO₂, Manisa ili için Kasım ayında en yüksek seviyeye ulaşmaktaydı. Bu dönem boyunca Manisa merkez istasyonunda ölçülen PM10 düzeyi DSÖ'nün günlük 50µg/m³ olarak belirlediği sınır değeri 365 günün 314 günü aşmış olup, ölçülen ortalama PM10 değeri 76.54±28.13 µg/m³tür. Aynı dönem içerisinde DSÖ'nün 20µg/m³ olarak belirlediği günlük SO₂ limiti ise Manisa merkez istasyonunda 365 günün 17 günü aşmış olup; ölçülen ortalama SO₂ değeri ise 9.99±5.79 µg/m³tür. Arkant 'ın Edirne Merkez ilçe ve Keşan'da 2015-2016 döneminde hava kirliliğinin doğum sonuçlarına etkisini araştırdığı çalışmasında da benzer şekilde PM10 ve SO₂ değerlerinin Kasım-Aralık döneminde en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (144). Bizim sonuçlarımız ve Türkiye genelinde yapılan diğer araştırmalardan elde edilen sonuçlar hava kirletici indikatörlere ilişkin konsantrasyonların pek çok Avrupa kentiyle karşılaştırıldığında yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (145,146,147).

Bununla birlikte olgularımızın çocuk acil polikliniğine başvuru sayıları eylül ayı itibari ile artış görülmekte ve Ocak ayında en yüksek seviyeye çıkmaktadır. Ocak ayından sonra başlayan düşme eğilimi Haziran ayına kadar devam etmektedir. Bu dağılım kış aylarında solunum sistemi ile ilgili hastane başvurularında özellikle kış aylarında bir artışın olduğunu göstermektedir. Başvuru sayısı ile hava kirliliği indikatörleri olarak kabul ettiğimiz PM10 ve SO₂'nin aynı dönemde artması, meteorolojik koşullara bağlı olarak prevalansı artan hastalık sınıflarının kış aylarında atmosferdeki kirletici konsantrasyonlarının artışıyla da bir ilgisinin olabileceği düşündürmüştür. Bu doğrultuda PM10, SO₂ ve çocuk acil servisine yapılan başvuru sayıları arasındaki ilişki Pearson korelasyon analiziyle değerlendirildi. Analiz sonuçlarına göre PM10 ve SO₂ değeri ile solunum yakınmaları nedeniyle çocuk acil polikliniğine başvuruda bulunan hasta sayısı arasında aynı yönlü ve anlamlı ilişkiler bulundu. Elde edilen bulgu hava kirliliğinin artmasına bağlı olarak hastane başvuru sayılarının da arttığını göstermektedir. Bulgumuza benzer şekilde Farhat ve arkadaşları Ağustos 1996-Ağustos 1997 döneminde Sao

Paulo Üniversitesi Hastanesi solunum acil servisine başvuran 43635 çocuk ile gerçekleştirdiği araştırmada PM10, SO2, NO2 ve CO ile başvuru sayısı arasında aynı yönlü ilişkiler belirlemiştir (148). Saygın ve arkadaşları tarafından Isparta'da 15 yaş altı çocuklar ile yapılan araştırmada da PM10 ve SO2'nin solunum sistemi hastalıkları ile hastaneye başvuruda bulunan kişi sayısını artırdığı belirlenmiştir (149). Bu yönü ile araştırma bulgumuz literatür ile örtüşmektedir.

Araştırmamız kapsamında solunum sistemi ile ilgili tanılarda PM10 ve SO2'nin etkisini gözlemek için yapılan lojistik regresyon analizinde PM10 ve SO2'enin tanıları etkilediği görüldü. Buna göre PM10'daki artışa bağlı olarak akut nazofarenjit nezle, akut üst solunum yolu enfeksiyonu, akut bronşit, akut bronşiolit, otitis media ve astım artmaktaydı. SO2'deki artışa bağlı olarak ise akut nazofarenjit nezle, akut üst solunum yolu enfeksiyonu, akut bronşiolit ve astım artmaktaydı. PM10 ve SO2'nin en fazla etki yarattığı tanı akut üst solunum yolu enfeksiyonuydu. Birçok epidemiyolojik araştırmada solunum sistemi hastalıkları ile hava kirliliği arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Çocuklar ve yetişkinler üzerinde yapılan bu araştırmalar PM10, SO2, NO2 ve O3 gibi hava kirlleticilerinin soluk yolu patolojilerini hızlandığını, iltihapları arttırdığını göstermektedir (150,151,125). Söz konusu etkilere ek olarak, hava kirliticilerle ilgili akciğer fonksiyonlarında düşüş, solunum yolu enfeksiyonlarında artış ve hatta ölüm vakalarındaki yükselmenin ilişkili olduğunu ortaya koyan araştırmalar da mevcuttur (152,153,154). Ülkemiz özelinde değerlendirdiğimizde hava kirliliği oranının yüksek olmasına rağmen kirliliğin solunum sistemi hastalıkları üzerindeki etkisini ortaya koyan araştırma sayısı sınırlıdır. Bu araştırmalardan çocuk ve yetişkinler ile Balıkesir'deki hava kirliliğinin solunum hastalıklarına etkisini belirlemek için yapılan araştırmada, PM10 değerinin hem kadın hem de erkeklerde solunum (J00-J09), astım, KOAH, pnömoni, akut bronşit, alt solunum ve kronik bronşiti artırdığı ortaya konmuştur (138). Araştırmanın bulgularına göre hava kirliliğine maruziyetten en fazla çocuklar etkilenmiş ve astım riski en yüksek bulunmuştur. Menteşe, tarafından Zonguldak'ta yapılan bir diğer araştırmada 2006-2009 dönemi boyunca Zonguldak Atatürk Devlet Hastanesi,

Zonguldak Uzun Mehmet Göğüs ve Meslek Hastalıkları Hastanesi ile Zonguldak Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi'ne solunum yolu hastalıkları şikayeti nedeniyle başvuranlar değerlendirilmiştir (155). Araştırmada astım, bronşit, KOAH, üst solunum yolu ve solunum yolu hastalıklarının PM10 ve SO2 konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı Göktaş Hastanesi'ne başvuran hastalar arasından rastgele 5000 tanesi seçilerek bu hastaların solunum sistemi ve diğer hastalıklar içerisindeki dağılımı incelenmiştir. Araştırma sonucunda SO2, NO ve partikül maddelerin özellikle solunum sistemi üzerinde önemli tehditler oluşturduğu; normalde %10-20 aralığında olması gereken solunum sistemi hastalıklarının bu bölgede %38 oranında olduğu görülmüştür. Ülkemizde yapılan diğer araştırmalarda da hava kirliliğinin mortalite ve morbidite üzerine etkileri araştırılmış ve güçlü sonuçlar elde edilmiştir(157,158). Evyapan, Ankara'da SO2 ile PM10 konsantrasyonu ile acil servise astım başvuruları arasında korelasyon olduğunu belirtirken; solunum sistemiyle ilgili başvurular ile hava kirliliği arasında benzer ilişkiler İstanbul, İzmir, Gaziantep, Afyon ve Trabzon'da tespit edilmiştir (159,160,161,162,163,164).

Ülkemiz dışındaki araştırmalar değerlendirildiğinde, hava kirliliği ile solunum sistemi hastalıkları arasındaki ilişkinin araştırıldığı çok sayıda çalışmanın bulunduğu görülmüştür. Bu çalışmalardan Farhat ve arkadaşları tarafından Sao Paulo Üniversitesi Hastanesi'ne solunum şikayeti ile başvuran 43635 çocukta PM10 ve SO2'nin solunum morbiditesi üzerinde güçlü etkisinin olduğu görülmüştür (148). Bir diğer çalışmada Sunyer ve arkadaşları motorlu taşıtların yaygın olarak kullanıldığı Barselona'daki KOAH ve günlük hava kirliliği nedeniyle acil servislere yapılan başvuruları değerlendirmişlerdir (165). KOAH ile SO2 ve karbon monoksit (CO) arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. ABD ve Kanada'da yapılan diğer çalışmalarda, acil servise solunum yolu hastalıkları ve astım ve partikül ve O3 nedeniyle hastaneye yatış veya hastaneye yatış arasındaki anlamlı ilişki vurgulanmıştır (166,167). Londra'da yetişkinler ve çocuklar üzerinde yapılan bir analizde, PM10 ve SO2'nin astım ve diğer alt solunum yolu hastalıkları üzerinde güçlü etkileri olduğu gösterilmiştir (168). Esposito ve

arkadaşları hava kirliliğinin hırıltılı ve atımlı çocuklardaki etkisini araştırmıştır(8). Yaşları 2 ile 18 arasında değişen 777 çocuk ile yapılan araştırmada şehir merkezine yakın yaşayan çocuklarda hırıltı ve astımın yüksek olduğu belirlenmiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmamızda hava kirleticiler olarak değerlendirilen PM10 ve SO2 ile solunum yakınması ile çocuk acil polikliniğine başvuran hasta sayıları arasında anlamlı bir ilişki görüldü. Özellikle Kasım-Aralık aylarında en yüksek seviyeye ulaşan hava kirliliğine bağlı olarak hastane başvuru sayıları da en yüksekti. Bununla birlikte solunum sistemi hastalıklarının tümü üzerinde hava kirliliğinin etkisi bulunmaktaydı. Solunum şikayetlerinde pek çok hava kirletici etkili olduğu için PM10 ve SO2'nin etkisini izole etmek güç olsa da bulgularımız hava kirliliğinin Manisa için önemli bir toplum sağlığı problemi olduğunu göstermekteydi.

7. ÖZET

Giriş ve amaç: Hava kirliliği özellikle çocuklar, kronik hastalığı olan hastalar ve yaşlılar üzerinde birçok olumsuz sağlık etkisine sahiptir. Bu çalışma, Manisa'daki hava kirliliği ile çocuklarda solunum yolları hastalıkları arasındaki ilişkinin ortaya koyulması amacıyla yapıldı.

Yöntem: Araştırma, 1 Ocak 2017-31 Aralık 2017 tarihleri arasında solunum yakınmaları ile 8840 tanesi Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (CBÜH) 'ne 8840 ve Manisa Merkez Efendi Devlet Hastanesi Çocuk Acil Polikliniği (MMEDH) 'ne de 29856 olmak üzere başvuruda bulunan toplam 38696 hasta ile gerçekleştirildi. Araştırmada hava kirliliği indikatörleri olarak PM10 ve SO2 seçilmiştir. İndikatörlere ilişkin günlük veriler, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nden alındı. Veriler, tanımlayıcı istatistikler (sayı, yüzde dağılımı, ortalama, standart sapma), pearson korelasyon testi ve lojistik regresyon kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Hava kirliliğinin en yoğun olduğu aylar kış dönemine ait olup, bu dönemde çocuk acil polikliniğine yapılan başvuru sayısı da en yüksek bulundu. PM10 ve SO2 konsantrasyonları ile solunum yakınmaları ile hastanelere başvuran çocuk sayısı arasında aynı yönlü ilişkiler belirlendi. PM10 ve SO2 konsantrasyonları çocuklarda akut nazofarenjit nezle, akut üst solunum yolu enfeksiyonu, akut bronşit, akut bronşiolit, otitis media ve astımı artırmaktaydı.

Sonuç: Hava kirliliğine bağlı olarak çocuklarda solunum yolları hastalıkları artmaktadır.

8. ABSTRACT

Introduction and aim: Air pollution has many negative health effects especially on children, patients with chronic diseases and the elderly. This study was conducted to determine the relationship between air pollution in Manisa and respiratory tract diseases in children.

Method: The study was conducted between January 1, 2017 and December 31, 2017, with the complaints of respiratory system and 8840 of them with 8840 to Celal Bayar University Hafs Sultan Hospital Pediatric Emergency Policlinic (CBÜH) and 29856 to Manisa Merkez Efendi State Hospital Pediatric Emergency Policlinic (MMEDH) with a total of 38696 patients. PM10 and SO₂ were selected as indicators of air pollution in the study. Daily data on indicators, T.C. The Ministry of Environment and Urbanism's Air Quality Monitoring Stations Web site. Data were assessed using descriptive statistics (number, percentage distribution, mean, standard deviation), Pearson's correlation test and logistic regression.

Results: The months when the air pollution was most intense were in the winter period, and the number of applications made to the child emergency police was also the highest in this period. PM10 and SO₂ concentrations, respiratory complaints and the number of children admitted to hospitals were found to be similar. Concentrations of PM10 and SO₂ increased acute nasopharyngeal infections, acute upper respiratory tract infection, acute bronchitis, acute bronchiolitis, otitis media and asthma in children.

Conclusion: Respiratory diseases are increasing in children due to air pollution.

9. KAYNAKLAR

1. Venn AJ, Lexis SA, Cooper M, et al. Living near a main road and the risk of wheezing illness in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:2177-2180.
2. Grigg J. Air pollution and children's respiratory health-gaps in the global evidence. *Clin Exp Allergy* 2011;41:1072-1075.
3. Schwartz J. Air pollution and children's health. *Pediatrics* 2004;113:1037-1043.
4. Trasande L, Thurston GD. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *J Allergy Clin Immunol* 2005;115:689-699.
5. Moya J, Bearer CF, Etzel RA. Children's behavior and physiology and how it effects exposure to environmental contaminants. *Pediatrics* 2004;113:996-1006.
6. Goldman L, Falk H, Landrigan PJ, et al. Environmental pediatrics and its impact on government health policy. *Pediatrics* 2004;113(4 Suppl.):1146-1157.
7. Esposito S, Tenconi R, Lelii M, et al. Possible molecular mechanisms linking air pollution and asthma in children. *BMC Pulm Med* 2014;14:31.
8. Sucharew H, Ryan PH, Bernstein D, et al. Exposure to traffic exhaust and night cough during early childhood: the CCAAPS birth cohort. *Pediatr Allergy Immunol* 2010;21:253-259.
9. Zora JE, Sarnat SE, Raysoni AU, et al. Associations between urban air pollution and pediatric asthma control in El Paso, Texas. *Sci Total Environ* 2013;448:56-65.

10. Rojas-Martinez R, Perez-Padilla R, Olaiz-Fernandez G, et al. Lung function growth in children with long term exposure to air pollutants in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med*2007;176:377-384.
11. Chen H, Goldberg MS, Villeneuve PJ. A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases. *Rev Environ Health*2008;23:243-297.
12. Schultz E, Gruzieva O, Bellander T, et al. Traffic-related air pollution and lung function in children at years of age: a birth cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2012;186:1286-1291.
13. Brauer M, Hoek G, Smit HA, et al. Air pollution and development of asthma, allergy and infections in a birth cohort. *Eur Respir J*2007;29:879-888.
14. Migliore E, Berti G, Galassi C, SIDRIA -2 Collaborative Group. Respiratory symptoms in children living near busy roads and their relationship to vehicular traffic: results of an Italian multicenter study (SIDRIA 2). *Environ Health*2009;8:27.
15. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı;Resmi Gazete Tarihi: 06.06.2008. Resmi Gazete Sayısı:26898.
16. Karpuzcu M. Çevre kirlenmesi ve kontrolü. İstanbul: Kubbealtı Akademisi Kültür ve Sanat Vakfı, Dördüncü Baskı, 1994.
17. Wark K, Warner CF, Davis WT. Air pollution: its origin and control. Calif. USA: Addison-Wesley, Menlo Park, 1998.
18. Müezzinoğlu A. Hava kirliliğinin ve kontrolünün esasları. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, 2000.
19. Amerika Ulusal Açık Ortam Hava Kalitesi Standartları. USA: Environmental Protection Agency; 2013a. <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/>
20. Air quality guidelines. Global update 2005. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe; 2006.

21. Criteria Air Pollutants. The United States Environmental Protection Agency; 2016: Erişim 10.03.2016, <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>.
22. Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence. Copenhagen, Denmark:World Health Organization Regional Office for Europe; 2005.
23. WHO Expert Consultation: Available Evidence for The Future Update of the WHO Global Air Quality Guidelines. Bonn, Germany: World Health Organization, 29 September-1 October 2015 Meeting Report; 2015.
24. Dybing E, Schwarze PE, Nafstad P. (2013). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air and Cancer In: Straif K., Cohen A. and Samet J, eds. Air Pollution and Cancer, IARC Scientific Publication No. 161, 2013.
25. Türkiye 'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Anıl Matbaacılık; 2010. 811 No lu Yayın.
26. Integrated Science Assessment for Sulfur Oxides- Health Criteria (External Review Draft.) Triangle Park, NC: The United States Environmental Protection Agency Research; November 2015. EPA/600/R-15/066.
27. Ambient (outdoor) Air Quality and health. World Health Organization, MediaCentre; 2014. Fact sheet N031. Erişim 12.03.2016,<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
28. Environmental Terminology and Discovery Service European Environment Agency; (2016). Erişim 28.08.2016,<http://glossarv.eea.europa.eu/terminology/concept.html?term=acid%20rain>
29. Acid Rain.European Environment Agency, Energy and Environmental Affairs; 2016. Erişim28.08.2016, <http://www.mass.gov/eea/agencies/massdep/air/quality/acid-rain.html>
30. AtasoyE.Eskişehir'de uçucu organik bleşiklerin (VOC) emisyon

potansiyelinin belirlenmesi, [yüksek lisans tezi].Eskişehir; Anadolu Üniversitesi, 2001.

31. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. World Health Organization;2006a.
32. Human exposure assessment for airborne pollutants, advances and opportunities. Washington DC:;National Academy of Sciences, National Academy Press;1991.
33. Gauderman WJ, Connell RB, Gilliland F, et al. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med* 2000;162(4):1383-1390.
34. SchwartzJ. Air pollution and children's health. *Pediatrics* 2004;113(4):1037-1043.
35. Bateson TF, Schwartz J. Children's response to air pollutants. *J. Toxicol. Env. Health, Part A* 2008;71:238-243.
36. Silverman RA, Ito K. Age-related association of fine particles and ozone with severe acute asthma in New York City. *J. Allergy Clin. Immunol.*2010;125:367-373.
37. Makri A, Stilianakis NI. Vulnerability to air pollution health effects. *Int. J. Hyg. Envir. Heal.* 2008;211:326-336.
38. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet*2000;356:795-801.
39. Brunekreef B, HoltageST. Air pollution and health. *Lancet*2002;360:1233-1242.

40. Pope CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Japca. J. Air Waste Ma.* 2006;56(6):709-742.
41. Curtis L, Rea W, Smith-Willis P, et al. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environ. Int.* 2006;32(6):815-830.
42. Bates DV. Effects of air pollution on children. *Environ. Health Perspect*1995;103:49-53.
43. Pope CA, Dockery DW. Epidemiology of particle effects. In: Holgate ST, Samet JM, Koren HS et al., eds. *Air Pollution and Health*, San Diego, USA: Academic Press, 1999:673-705.
44. Englert N. Fine particles and human health - a review of epidemiological studies. *Toxicol. Lett.* 2004;149(1-3):235-242.
45. Maynard R. Key airborne pollutants - the impact on health. *Sci. Total Environ.*2004;334:9-13.
46. Chauhan A, Chatterjee A, Johnston S. Acute respiratory infections. In: European Center of Environmental and Health, World Health Organization, eds. *Effects of air pollution on children health and development. A review of the evidence*, Bonn:, 2005:44-69.
47. Bellos A, Mulholland K, O'Brien KL, et al. The burden of acute respiratory infections in crisis-affected populations: a systematic review. *Conflict and Health* 2010;4(3):1-12.
48. Shusterman D. The effects of air pollutants and irritants on the upper airways. *Proceedings of the American Thoracic Society* 2011;8(1):101-105.
49. BrunekreefB, Forsberg B. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *European Respiratory Journal*2005;26(2):309-318. <http://erj.ersjournals.com/content/26/2/309.abstract>

50. Jaakkola JJK, Paunio M, Virtanen M, et al. Low-level air pollution and upper respiratory infections in children. *American Journal of Public Health* 1991;81(8):1060-1063.
51. von Mutius E, Sherril DL, Fritzsche G, et al. *European Respiratory Journal* 1995;6:723-728.
52. Martins LC, Latorre MRDO, Saldiva PHN, et al. Air pollution and emergency room visits for upper airway respiratory infection in São Paulo city: evaluation of vehicle restriction. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 2001;4(3):220-229.
53. Hajat S, Anderson HR, Atkinson RW, et al. Effects of air pollution on general practitioner consultations for upper respiratory diseases in London. *Occupational and Environmental Medicine* 2002;59(5):294-299.
54. Peel J, Tolbert PE, Klein M, et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology* 2005;16(2):164-174.
55. Wong TW, Tam W, Yu ITS, et al. Association between air pollution and general practitioner visits for respiratory diseases in Hong Kong. *Thorax* 2006;61(7):585-591.
56. Larrieu S, Lefranc A, Gault G, et al. Are the short-term effects of air pollution restricted to cardiorespiratory diseases. *American Journal of Epidemiology* 2009;169(10):1201-1208.
57. Bernstein JA, Alexis N, Barnes C, et al. Health effects of air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2004;114(5):1116-1123.
58. Mei L, Stieb DM, Chen Y. Coarse particulate matter and hospitalization for respiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: a case-crossover analysis. *Pediatrics* 2005;116(2):235-240.

59. Huang YT, Li Z, Carter JD, et al. Fine ambient particles; induce oxidative stress and metal binding genes in human alveolar macrophages. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology* 2008;41(5):544-552.
60. CastranovaV, Ma JYV, Yang HM, et al. Effect of exposure to diesel exhaust particles on the susceptibility of the lung to infection. *Environmental Health Perspective* 2001;109 (suppl. 4):609-612.
61. Hollingwhorst JW, Kleeberger SR, Forster MW. Ozone and pulmonary innate immunity. *Proceedings of the American Thoracic Society* 2007;4(3):240-246.
62. Frampton MW, Boscia J, Roberts JR, et al. Nitrogen dioxide: effects on airways and blood cells. *American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology* 2002;282(1):L155-L165.
63. Chen TM, Gokhale J, Schofer S, et al. Outdoor air pollution: Nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *The American Journal of the Medical Sciences* 2007;333(4):249-256.
64. Min YG, Rhee CS, Choo MJ, et al. Histopathologic changes in the olfactory epithelium in mice after exposures to sulfur dioxide. *Acta Otolaryngologica* 1994;114(3):447-452.
65. Azoulay-Depuis E, Bouley G, Blayo MC. Effects of sulfur dioxide on resistance to bacterial infection in mice. *Environmental Research* 1982;29(2):312-319.
66. Bell ML, Peng RD, Dominici F, et al. Emergency hospital admissions for cardiovascular diseases and ambient levels of carbon monoxide. *Circulation* 2009;120(11):949-955.
67. Heinrich J, Hoelscher B, Frye C, et al. Improved air quality in reunified Germany and decreases in respiratory symptoms. *Epidemiology* 2002;13(4):394-401.

68. Ponka A. Absenteeism and respiratory disease among children and adults in Helsinki in relation to low-level air pollution and temperature. *Environmental Research* 1990;52(1):34-46.
69. Sandora TJ, Sectish TC. Community-acquired pneumonia. In: Kliegman RM, Stanton BF, St. Geme III JW, Schor NF, Behrman RE, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*, 19th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier, 2011:1474-79.
70. Wenzel RP, Alpha A.F. Acute Bronchitis. *New England Journal of Medicine, Massachusetts Medical Society* 2006;355(20):2125–30, doi:10.1056/NEJMcp061493.
71. Sayiner A, Polatlı M, Çöplü L. Türk Toraks Derneği Akut Bronşit ve KOAH ve Bronşektazi Alevlenmelerinde Antibiyotik Tedavisi Uzlaş Raporu. *Türk Toraks Dergisi* 2009;7:3-7.
72. Gonzales R, Bartlett JG, Besser RE, et al. Principles of appropriate antibiotic use for treatment of uncomplicated acute bronchitis: background. *Ann Intern Med* 2001;134:521-529.
73. Heinrich J, Hoelscher B, Wichmann HE. Decline of ambient air pollution and respiratory symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1930-1936.
74. Dockery DW, Cunningham J, Damokosh AI, et al. Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. *Environ Health Perspect* 1996;104:500-505.
75. Braun-Fahrlander C, Vuille JC, Sennhauser FH, et al. Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren: SCARPOL Team: Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1042-1049.

76. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Air pollution and bronchitic symptoms in Southern California children with asthma. *Environ Health Perspect* 1999;107:757-760.
77. Jedrychowski W, Flak E. Effects of air quality on chronic respiratory symptoms adjusted for allergy among preadolescent children. *Eur Respir J* 1998;11:1312-1318.
78. Li N, Kim S, Wang M, et al. Use of a stratified oxidative stress model to study the biological effects of ambient concentrated and diesel exhaust particulate matter. *Inhal Toxicol* 2002;14:459-486.
79. Sydbom A, Blomberg A, Parnia S et al. Health effects of diesel exhaust emissions. *Eur Respir J* 2001;17:733-746.
80. Hashimoto K, Ishii Y, Uchida Y, et al. Exposure to diesel exhaust exacerbates allergen-induced airway responses in guinea pigs. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1957-1963.
81. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Air pollution and bronchitic symptoms in children: between- community and within-community effects [abstract]. *Epidemiology* 2002;13:148.
82. Yalçın E, Karadağ B, Uzuner N, et al. Türk Toraks Dergisi, Türk Toraks Derneği Akut Bronşiyolit Tanı ve Tedavi Uzlaşı Raporu 2009;1:3-7.
83. Güler N, Kılıç G. Alt solunum yolları ve hastalıkları. Olcay N, Türkan E ed; *Pediyatri (içinde) İstanbul: Nobel Matbaacılık, 2010:1075-1096.*
84. Shah S, Sharieff GQ. Pediatric respiratory infections. *Emerg Med Clin North Am* 2006;25:961-979.
85. Hall CB, Mc Carthy CA. Respiratory syncytial virüs principles and practice of infectious diseases. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, eds. Sixth Edition, Chirchill Livingstone, 2005:2009-2026.

86. Kanra G. Akut bronşiolit. Krugman'ın Çocuk Enfeksiyon Hastalıkları. Ankara: Güneş Kitabevi, 2006:497-501.
87. Horst PS. Bronchiolitis. Am Fam Physician 1994;49:1449-1456.
88. Panitch HB, Callahan CW, Schidlow DV. Bronchiolitis in children. Clin Chest Med 1993;14:715-731.
89. Kelly FJ. Oxidative stress: its role in air pollution and adverse health effects. Occup Environ Med 2003;60:612-616.
90. Ostro B, Roth L, Malig B, et al. The effects of fine particle components on respiratory hospital admissions in children. Environ Health Perspect 2009;117:475-480.
91. Karr CJ, Rudra CB, Miller KA, et al. Infant exposure to fine particulate matter and traffic and risk of hospitalization for RSV bronchiolitis in a region with lower ambient air pollution. Environ Res 2009;109:321-327.
92. Pino P, Walter T, Oyarzun M, et al. Fine particulate matter and wheezing illnesses in the first year of life. Epidemiology 2004;15:702-708.
93. Segala C, Poizeau D, Mesbah M, et al. Winter air pollution and infant bronchiolitis in Paris. Environ Res 2008;106:96-100.
94. Rahman SRA, Ismail SNS, Saharti M, et al. A case crossover analysis of primary air pollutants association on acute respiratory infection (ARI) among children in urban region of Klang valley, Malaysia. Annals of Tropical Medicine and Public Health 2017;10:44-55.
95. Beasley R, Keil U, von Mutius E, et al. Int Study Asthma Allergies, Childhood. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. Lancet 1998;351:1225-1232.
96. von Mutius E. The environmental predictors of allergic disease. J. Allergy Clin. Immunol. 2000;105(1):9-19.

97. Clark NA, Demers PA, Karr CJ, et al. Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. *Environ. Health Perspect.*2010;118:284-290.
98. Gehring U, Wijga AH, Brauer M, et al. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*2010;181:596-603.
99. Oftedal B, Nystad W, Brunekreef B, et al. Long-term traffic-related exposures and asthma onset in schoolchildren in Oslo, Norway. *Environ. Health Perspect.*2009;117:839-844.
100. Anderson HR, Butland BK, van Donkelaar A, et al. Satellite-based estimates of ambient air pollution and global variations in childhood asthma prevalence. *Environ. Health Perspect.*2012;120:1333-1339.
101. Hoek G, Pattenden S, Willers S, et al. PM10 and children's respiratory symptoms and lung function in the PATY study. *Eur. Respir. J.*2012;40:538-547.
102. D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, et al. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma", *Clin. Exp. Allergy*2005;35:1113-1124.
103. Penard-Morand C, Charpin D, Raheison C, et al. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren. *Clin. Exp. Allergy*2005;35:1279-1287.
104. McConnellR, Berhane K, Gilliland F, et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet* 2002a;359:386-391.
105. Peters JM, Avol E, Navidi W, et al. A study of 12 Southern California communities with differing levels and types of air pollution. I Prevalence of respiratory morbidity. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*1999;159:760-767.

106. Wang TN, Ko YC, Chao YY, et al. Association between indoor and outdoor air pollution and adolescent asthma from 1995 to 1996 in Taiwan. *Environ. Res.*1999;81:239-247.
107. Ramadour M, Burel C, Lanteaume A, et al. Prevalence of asthma and rhinitis in relation to long-term exposure to gaseous air pollutants. *Allergy*2000;55:1163-1169.
108. Delfino RJ, Epidemiologic evidence for asthma and exposure to air toxics: Linkages between occupational, indoor and community air pollution research. *Environ. Health Perspect.*2002;110:573-589.
109. English P, Neutra R, Scalf R, et al. Examining associations between childhood asthma and traffic flow using a geographic information system. *Environ. Health Perspect.*1999;107:761-767.
110. Ciccone G, Forastiere F, Agabiti N, et al. Road traffic and adverse respiratory effects in children. *Occup. Environ. Med.*1998;55:771-778.
111. VanVliet P, Knape M, deHartog J, et al. Motor vehicle exhaust and chronic respiratory symptoms in children living near freeways. *Environ. Res.*1997;74:122-132.
112. Gauderman WJ, Avol E, Lurmann F, et al. Childhood asthma and exposure to traffic and nitrogen dioxide. *Epidemiology*2005;6:737-743.
113. McConnell R, Berhane K, Yao L, et al. Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environ. Health Perspect.*2006;114:766-772.
114. Lin M, Chen Y, Burnett RT, et al. Effect of short-term exposure to gaseous pollution on asthma hospitalisation in children: a bi-directional case-crossover analysis. *J. Epidemio. Commun.*2003;57:50-55.
115. Studnicka M, Hackl E, Pischinger J, et al. Traffic-related NO₂ and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. *Eur. Respir. J.*1997;10:2275-2278.

116. Keleş N. Hava kirliliği ve allerjik rinit.Şekerel BE, ed; AllerjikRinit (içinde). Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 2010:43-52.
117. Öztürk AB, Bayram H. Dizel egzoz partiküllerinin allerjik rinit prevalansı ve patogenezi üzerine etkisi. *Asthma Allergy Immunol.*2011;9:123-130.
118. Riedl M, Diaz-Sanchez D. Biology of diesel exhaust effects on respiratory function. *J. Allergy Clin. Immunol.*2005;115:221-228.
119. Riedl MA, The effect of air pollution on asthma and allergy. *Curr. Allergy andAsthm. R.*2008;8:139-146.
120. Tzivian L. Outdoor air pollution and asthma in children. *J. Asthma*2011;48:470-481.
121. Gent JF, Triche EW, Holford TR, et al. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA-J. Am. Med. Assoc.* 2003;290(14):1859-1867.
122. O'Connor GT, Neas L, Vaughn B, et al. Acute respiratory health effects of air pollution on children with asthma in US inner cities. *J. Allergy Clin. Immunol.*2008;121:1133-1139.
123. McCunney RJ. Asthma, genes and air pollution. *J. Occup. Environ. Med.*2005;47:1285-1291.
124. Schwartz J, Slater D, Larson TV, et al. Particulate air-pollution and hospital emergency visits for asthma in Seattle. *Am. Rev. Respir. Dis.*1993;147:826-831.
125. Tecer LH, Alagha O, Karaca F, et al. Particulate matter (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, and PM₁₀) and children's hospital admissions for asthma and respiratory diseases: a bidirectional case-crossover study. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 2008;71:512–520.

126. Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from the APHEA2 study. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*2001;164:1860-6.
127. Lin M, Chen Y, Burnett RT, et al. The influence of ambient coarse particulate matter on asthma hospitalization in children: Case-crossover and time-series analyses. *Environ. Health Perspect.*2002;110:575-581.
128. Barnett AG, Williams GM, Schwartz J, et al. Air pollution and child respiratory health: a case-crossover study in Australia and New Zealand. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*2005;171:1272-1278.
129. Lee SL, Wong HS, Lau YL. Association between air pollution and asthma admission among children in Hong Kong. *Clin. Exper. Allergy*2006;36:1138-1146.
130. Ko FWS, Tam W, Wong TW, et al. Effects of air pollution on asthma hospitalization rates in different age groups in Hong Kong. *Clin. Exp. Allergy*2007;37:1312-1319.
131. YoussefAgha AH, Jayawardene WP, Lohrmann DK, et al. Air pollution indicators predict outbreaks of asthma exacerbations among elementary school children: integration of daily environmental and school health surveillance systems in Pennsylvania. *J. Environ. Monitor.*2012;14:3202-3210.
132. Chauhan AJ, Inskip HM, Linaker CH, et al. Personal exposure to nitrogen dioxide (NO₂) and the severity of virus-induced asthma in children. *Lancet*2003;361:1939-1944.
133. Friedman MS, Powell KE, Hutwanger L, et al. Impact of transportation and commuting during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA-J. Am. Med. Assoc.*2001;285:897-905.
134. White MC, Etzel RA, Wilcox WD, et al. Exacerbations of childhood asthma and ozone pollution in Atlanta. *Environ. Res.* 1994;65:56-68.

137. Gouveia N, Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J. Epidemiol. Commun. H.* 2000;54:750-755.
138. Tecer LH. Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Çocuk ve Yetişkinlerde Solunum Hastalıklarına Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Alan Çalışması. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2013;2:11–20.
139. Künzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Health costs due to road traffic-related air pollution: an impact assessment project of Austria, France and Switzerland-Air pollution attributable cases: technical report on epidemiology. Bern: WHO-Europe; 1999. 76.
140. Tağil Ş, Mentşe S. Zonguldak’ta hava kirliliği (pm10 & so2) ile ilişkili olarak seçilmiş solunum yolu hastalıklarının zamansal ve mekânsal değişimi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2012;15:3-18.
141. Wong TW, Lau TS, Yu TS, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong. *Occupational and environmental medicine* 1999;56(10):679-683.
142. Tellez-Rojo MM, Romieu I, Ruiz-Velasco S, et al. Daily respiratory mortality and PM10 pollution in Mexico City: importance of considering place of death. *European Respiratory Journal* 2000;16(3):391-396.
143. Van der Zee S, Hoek G, Boezen HM, et al. Acute effects of urban air pollution on respiratory health of children with and without chronic respiratory symptoms. *Occup Environ Med* 1999;56(12):802-812.
144. Arkant C. Edirne Merkez İlçe ve Keşan’da 2015-2016 Döneminde Hava Kirliliğini Doğum Sonuçlarına Etkileri. [Uzmanlık Tezi]. Trakya Üniversitesi, 2016.

145. Begum BA, Kim E, BiswasSK, et al. Investigation of sources of atmospheric aerosol at urban and semi-urban areas in Bangladesh. *Atmospheric Environment* 2004;38:3025–3038.
146. Gomiscek B, Hauck H, Stoper S, et al. Spatial and temporal variations of PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ and particle number concentration during the AUPHEP–Project. *Atmospheric Environment* 2004;38:3917–3934.
147. Querol X, AlastueyA, Ruiz CR, et al. Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in selected European cities. *Atmospheric Environment* 2004;38:6547– 6555.
148. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, et al. Effect of air pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2005;38(2):227-235.
149. Saygın M, Gonca T, Öztürk Ö, et al. To investigate the effects of air pollution (PM₁₀ and SO₂) on the respiratory diseases asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Turkish thoracic journal* 2017;18(2): 33.
150. Wordley J, Walters S, Ayres J. Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occupational & Environmental Medicine* 1997;54:108–116.
151. Williams R, Creason J, Zweidinger R, et al. Indoor, outdoor, and personal exposure monitoring of particulate air pollution: the Baltimore elderly epidemiology exposure pilot study. *Atmospheric Environment* 2000;34:4193–4204.
152. Timonen KL, Pekkanen J, Tiittanen P, et al. Effects of air pollution on changes in lung function induced by exercise in children with chronic respiratory symptoms. *Occupational & Environmental Medicine* 2002;59:129–134.

153. Martonen TB, Schroeter JD. Risk assessment dosimetry model for inhaled particulate matter: I. Human subjects. *Toxicology Letters* 2003;138:119–132.
154. Moshammer H, Neuberger M. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children. *Atmospheric Environment* 2003;37:1737–1744.
155. Menteşe S. Zonguldak'ta hava kirliliği (PM10 & SO2) ve solunum yolu hastalıkları ilişkisi. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi, 2011.
156. NuhogluY, TürkerFM. Göктаş (Murgul) Bakır Fabrikası İzabe Tesisi Bacalarından Çıkan Hava Kirleticilerin İnsan Sağlığına Etkisi. *Ekoloji ve çevre dergisi* 1993;7:30-33.
157. Olgun Ç. Hava Kirliliğinin 0-2 Yaş Grubunda Solunum Sistemi Enfeksiyonlarında Mortalite ve Morbidite Yönünden Etkisi. [Uzmanlık Tezi]. Sağlık Bakanlığı Şişli Etfal Hastanesi, İstanbul, 1996.
158. Şahin Ü. İstanbul'da 1994-1998 hava kirliliği düzeyleri ile mortalite arasındaki ilişki. [Uzmanlık Tezi]. İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2000.
159. Evyapan F. Hava kirliliğinin solunumsal morbidite ve mortalite üzerindeki etkileri: Türkiye ve Dünya verileri. *Journal of Pulmonary Medicine. Special Topics* 2008;1(2):48–60.
160. Dağlı E, Erk M, Tutluoğlu B, et al. The relationship between air pollution and acute respiratory illnesses in İstanbul. *The European Respiratory Journal* 1996;9:436.
161. Çelikoğlu M. Kocaeli ili'nde hava kirliliği ve meteorolojik faktörlerin astım bronşiale üzerine etkisi [Uzmanlık Tezi]. Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, 1999.

162. Fişekçi F, Özkurt S, Başer S, et al. Air Pollution and Asthma Attacks, Proc. 10th. ERS Annual Congress. Florence, Italy. 2000;16:290.
163. Cengiz MA. Zero-Inflated regression models for modeling the effect of air pollutants on hospital admissions. Polish Journal Environmental Studies 2012;21:565–568.
164. Türk YA, Kavraz M. Air pollutants and its effects on human healthy: The case of the City of Trabzon. In:Anca Moldoveanu eds. Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies, Janeza: InTech, 2011.
165. Sunyer J, Anto JM, Murillo C, et al. Effects of urban air pollution on emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease. Am J Epidemiol 1991;134:277-86.
166. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama. Am J Epidemiol 1994;139:589-98.
167. Burnen RT, Dales R, Kreuzski D, et al. Associations between ambient particulate sulfate and admissions to Ontario hospitals for cardiac and respiratory diseases. Am J Epidemiol 1995;142:15- 22.
168. Hajat S, Haines A, Goubet SA, et al. Association of air pollution with daily GP consultations for asthma and other lower respiratory conditions in London. Thorax 1999;54:597-605.