

Hava Kirliliği ve Kent İlişkisine Ampirik Bakış: Ekolojik Sürdürülebilirlik Ekseninde Bir Değerlendirme

Nur Sinem PARTİGÖÇ^{1*}, K. Mert ÇUBUKÇU²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Denizli, Türkiye

spartigoc@gmail.com, npartigoc@pau.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, Türkiye

ÖZET: *Dünyada kentleşme ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu kentsel alanlarda artan enerji ihtiyacını karşılamak için mevcut fiziksel kaynakların kontrolsüz ve hızlı tüketimi çevre sorunlarının artmasına ve etkin ve uzun dönem geçerli olmayan çevre sistemlerinin ekolojik sürdürülebilirliği riske atmasına neden olmaktadır. Kentlerde nüfus ve nüfus yoğunluğunun artması, fosil yakıtların yoğun biçimde kullanılması, plansız ve kontrolsüz kentleşme, uygunsuz ve yetersiz yakma teknikleri, açık ve yeşil alanların azalması, trafiğe çıkan motorlu taşıt sayısının artması gibi faktörler ise çevre sorunlarının artmasını olumsuz yönde tetiklemektedir. Önemli çevre sorunlarından biri olan ve her yıl tahminen 3 milyondan fazla kişinin hayatına kaybetmesine neden olan hava kirliliği problemi ise evsel ısınma, endüstriyel faaliyetler ve motorlu taşıtlarda görülen yoğun fosil yakıt kullanımı ve artan nüfusa bağlı olarak meydana gelen kentsel faaliyetler nedeniyle özellikle kentsel alanlarda modern yaşamın kaçınılmaz bir sonucu haline gelmiştir. Bu çalışma, fiziksel mekanda kentsel hava kirliliğine neden olan faktörlerin tespitine yönelik olarak yakın geçmişte yapılmış olan ampirik çalışmaların taranmasını ve bu çalışmalardan yapılan çıkarımların ekolojik sürdürülebilirlik kavramı temelinde değerlendirilmesini içermektedir. Burada amaç, kentsel alanlarda hava kirliliğinin oluşmasında etkili olan faktörleri incelemek ve ekolojik bakımdan sürdürülebilir olmayan kentsel uygulamaları sürdürülebilirliğin hedeflendiği şehir planlaması disiplini içerisinde değerlendirmektir.*

Anahtar Kelimeler: Kentsel hava kirliliği, Ekolojik sürdürülebilirlik, Şehir planlama, Ampirik çalışmalar.

The Empirical Overview of the Relationship Between Air Pollution and City: An Assessment from the Perspective of Ecological Sustainability

ABSTRACT: *The rapid and uncontrolled consumption of physical resources to meet growing energy needs in urban areas where urbanization and industrial activities are intensive cause the increase of environmental problems and the existing of non-effective and short term ecological systems risking the ecological sustainability throughout the world. The increase of population and population density, intense usage of fossil fuels, the unplanned urbanization, the use of incorrect and incomplete combustion techniques, the degradation of open and green areas and the increase of motor vehicles in traffic are principal factors which stimulate the environmental problems negatively. As one of the most important environmental problems that cause approximately more than 3 million people lose their lives, the urban air pollution problem becomes an inevitable consequence of modern urban life because of dense use of fossil fuels in domestic heating and industrial facilities and also urban activities depending on the population increase. This paper reviews recent empirical studies that examine the principal factors inducing urban air pollution in the built environment and considerations of*

these studies' reviews based on the ecological sustainability. The study is intended to examine the factors that induce the air pollution in urban areas and to evaluate non-sustainable urban practices environmentally in the context of urban planning discipline targets the sustainable livable environments

Keywords: Urban air pollution, Ecological sustainability, City planning, Empirical studies.

GİRİŞ

Ağırlıklı olarak kentsel alanlarda gözlemlenen yoğun nüfus, özellikle büyükşehirlerde hızlı kentleşmeyi tetiklemektedir. Bu önemli gelişme endüstriyel üretimin artması, üretim artışının karşılanabilmesi için kaynak kullanımının artması, yenilenemeyen kaynakların hızla tüketimi ve çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Çevresel sorunlar (hava, su, toprak kirliliği, vb.) günümüzde ekolojik dengeleri bozulmuş / bozulmakta olan pek çok kentsel alanda karşımıza çıkmaktadır. 'Green Paper' adı verilen ve Avrupa'da sürdürülebilir kent politikalarını belirleyen önemli kaynakta kentsel alanlarda ortaya çıkan çevresel sorunlar üç ana başlık altında toplanmıştır: (1) Kentsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu açığa çıkan ve havaya, suya ve toprağa verilen katı, sıvı ve gaz haldeki atıklar, (2) yapılaşmış alanlarda meydana gelen bozulmalar, (3) yapılaşmamış ve doğal niteliği korunması gereken alanların zarar görmesi. Mevcut doğal kaynakların sınırlı olmasına rağmen hızla ve kontrolsüzce tüketilmesi anlayışı sonucunda ortaya çıkan ve özellikle 1990'lı yıllardan günümüze kadar geçen süreçte kentlerde gözlemlenen tüketim odaklı yaşam biçimi, 'ekolojik sürdürülebilirlik' kavramını oldukça önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir.

1970'li yıllardan bu yana kentsel gelişme ve büyüme dinamiklerine bağlı olarak ortaya çıkan yapılaşmamış çevreye ilişkin kaygılar, ekolojik yaklaşıma dayalı kentsel gelişme, doğa koruma temelli kentsel politikalar, çevresel politikaların bütüncül olarak geliştirilmesi gibi kavramlara çevre tartışmalarında alan açmıştır. Bu kaygılar, 1972 yılında Stockholm kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı'nda çevre hakkının bir insan hakkı gerçeği olması biçiminde vurgulanırken; 1992 yılında gerçekleştirilen "Dünya Zirvesi" (Earth Summit) olarak da bilinen Rio Zirvesi'nde ise bir insan hakkı olan çevre hakkının ve sağlığının korunmasının normatif bir hüküm olarak yasalarda yer alması gerekliliği biçiminde kendini göstermiştir. Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Bildirgesi'ne yer alan ifade ile; "İnsan, onurlu ve iyi bir yaşam sürmeye olanak veren nitelikli bir çevrede, özgürlük, eşitlik ve tatmin edici yaşam koşulları temel hakkına sahiptir." (Türk Tabipleri Birliği, 2012).

Ekolojik sürdürülebilirliğin sağlanması ve "insanoğlunun tek yuvasında" çevrenin korunması adına önemli çevresel göstergelerden biri olan hava kalitesi, 1934 yılında Belçika (Meuse Vadisi)'da, 1947 yılında Amerika (Donora)'da ve 1952 yılında İngiltere (Londra)'da kısa süreler içerisinde pek çok kişinin hava kirliliği problemi (yüksek partikül madde düzeyleri, atmosferik inversiyon olayları, topografik yapıdan kaynaklanan hava kirliliği vakaları, vb.) nedeniyle yaşamını kaybetmesi sonucunda dünyanın pek çok yerinde oldukça dikkat çeken bir tartışma konusu olmuştur. Önemli çevre sorunlarından biri olan ve her yıl tahminen 3 milyondan fazla kişinin hayatına kaybetmesine neden olan hava kirliliği problemi ise evsel ısınma, endüstriyel faaliyetler ve motorlu taşıtlarda görülen yoğun fosil yakıt kullanımı ve artan nüfusa bağlı olarak meydana gelen kentsel faaliyetler nedeniyle özellikle kentsel alanlarda modern yaşamın kaçınılmaz bir sonucu haline gelmiştir. Kent atmosferindeki havanın kirlenme oranı, metropoliten alanlar başta olmak üzere, nüfus ve nüfus yoğunluğunun artışı, hızlı kentleşme, endüstriyel gelişme, üretim ve evsel ısınma süreçlerinde kullanılan fosil yakıtlar ve artan yaşam standartları talebini karşılamak üzere

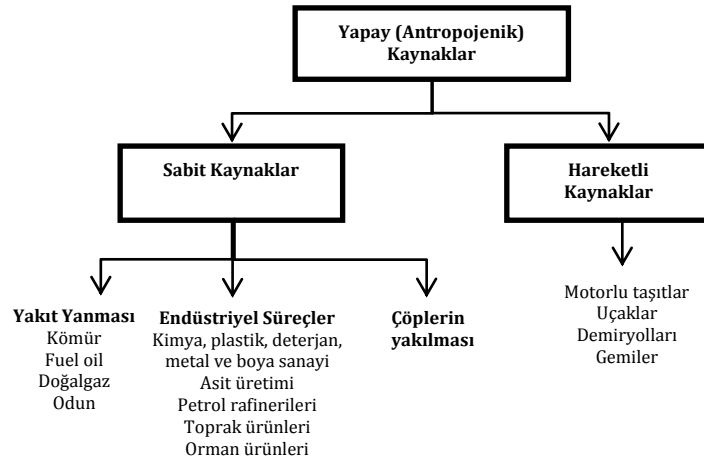
yoğun kaynak tüketimeinin ortaya çıkması gibi nedenlerden ötürü gün geçtikçe artmaktadır.

Bu alışma, fiziksel mekanda kentsel hava kirliliğine neden olan faktörlerin tespitine yönelik olarak yakın geçmişte yapılmış olan ampirik çalışmaların taranmasını ve bu çalışmalardan yapılan çıkarımların ekolojik sürdürülebilirlik kavramı temelinde değerlendirilmesini içermektedir. Burada amaç, kentsel alanlarda hava kirliliğinin oluşmasında etkili olan faktörleri incelemek ve ekolojik bakımdan sürdürülebilir olmayan kentsel uygulamaları sürdürülebilirliğin hedeflendiği şehir planlaması disiplini içerisinde değerlendirmektir.

HAVA KİRLİLİğİ NEDİR?

Hava kirliliği, bir veya daha fazla kirletici türünün açık havada (bina dışında) insan, bitki ve hayvan yaşamına, ticari veya kişisel eşyalara, ekolojik dengeye ve evre kalitesine zarar veren miktarda belli bir derişim ve sürenin üzerinde bulunmasıdır (Müezzinoğlu, 2000). Bir başka deyişle, hava kirlenmesi, havanın doğal bileşiminin çeşitli nedenlerle değişmesidir (evre ve şehircilik Bakanlığı, 2015). Tünay ve Alp (1996), hava kirlenmesini havada belirli fiziksel şekillerde bulunan yabancı maddelerin insan sağlığına, diğer canlılara, ekolojik dengeye ve eşyalara zararlı olabilecek konsantrasyonda ve sürelerde bulunması olarak tanımlamışlardır (Tünay ve Alp, 1996). Hızlı ve plansız kentleşme, endüstriyel üretim süreçlerinde ve evsel ısınmada kullanılmakta olan fosil yakıtlar ve yoğun kaynak tüketimi nedeniyle yerel ve bölgesel ölçekte meydana gelen evre sorunlarının yanı sıra; iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi ülkesel ve global ölçekte meydana gelen evre sorunlarının varlığı da, hava kirlenmesini kentsel alanlarda günümüzün öncelikli bir evre sorunu haline getirmektedir. Kaçınılmaz bir evre ve halk sorunu olan hava kirliliği, karmaşık ve çok boyutlu bir problemdir ve insanlar bulunduğu bölgeyi terk etmedikçe o havayı solumak zorundadırlar.

İncecik'e (1994) göre, hava kirliliği insanların çeşitli aktivitelerden doğan ve sağlıklarının yanı sıra kaynakların da kirlenmesine neden olan kirleticilerin atmosfere karışmasına denilmektedir. Diğer bir deyişle, atmosferde canlıların sağlığına zarar verecek miktar ve sürede kirleticilerin birinin ya da fazlasının bir arada bulunması hava kirlenmesi olarak tanımlanmaktadır (İncecik, 1994). Evelyn (1999) insanların evre problemlerine duyduğu ilginin ancak çevrenin bozulması sonucunda başladığını savunurken (Evelyn, 1999); Colls (2002) insanın maddelerin doğasını ve enerji kaynaklarını tanıması ile bu kaynakları rahatlıkla kullanmasının, insan sağlığına, kaynaklara ve ekolojik sistemlere büyük zararlar verdiğini ortaya koymaktadır (Colls, 2002). Buna örnek olarak, volkanik faaliyetler sonucunda oluşan sülfür dioksit gibi gazların kirliliğe neden olmadığı, ancak ısınma sonucu ortaya çıkan sülfür dioksit gazının veya tarımsal üretimin etkisiyle açığa çıkan metan gazının havanın kirlenmesine neden olduğu verilebilir (Colls, 2002). Hava kirliliğini, gelişmiş ve sanayileşmiş Dünya kentlerinde meydana gelen ciddi bir problem olarak tanımlayan Fenger (2002), özellikle 1950'li yıllardan günümüze kadar Dünya nüfusunun yaklaşık 2 katına çıktığını ve bu artışın beraberinde önemli sorunları getirdiğini savunmaktadır. Kontrolsüz nüfus artışı, plansız kentleşme ve trafik yoğunluğunun artması, kirliliğin artmasına neden olan başlıca faktörler arasında yer almaktadır (Fenger, 2002).



Şekil 1. Yapay (Antropojenik) Kaynakların Sınıflandırılması (Kudal, 2009)

Hava kirliliğine neden olan kaynaklar, temel özellikleri göz önüne alınarak iki ana grupta toplanabilir: (1) Doğal hava kirliliği kaynakları ve (2) yapay (antropojenik) hava kirliliği kaynakları. Atmosferin kirlenmesi veya kirlilik, insan aktivitelerinin yanı sıra doğal süreçlerin bir sonucu olarak da ortaya çıkmakta ve bu süreçlerin sonucunda atmosfere milyonlarca ton kirletici salınımı olmaktadır. Doğal kaynaklar arasında organik maddelerin çürümesi sonucu oluşan gazlar, volkan ve orman yangınlarından çıkan gazlar ve tozlar, denizlerden yayılan kükürtlü gazlar, rüzgârların havaya karıştırdığı tozlar, okyanus spreyleri ve buharlaşma yer almaktadır (Godish, 1997). Yapay (antropojenik) kaynaklar grubunda ise, insanların hammaddeleri kullanabilmeleri için meydana getirdikleri kaynaklar yer alır. Bu kaynaklar kaynağın yapısına (noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklar), kaynağın türüne (ısınma, trafik ve endüstriyel süreçler) ve kaynağın hareketine (sabit ve yapay kaynaklar) göre sınıflandırılabilir (Boubel vd., 1994). Yapay (antropojenik) kaynakların sınıflandırılması Şekil 1’de verilmiştir.

Hava kirliliğine neden olan kaynaklar, diğer sınıflandırmaların yanı sıra, atmosferde yer alış durumlarına (birincil ve ikincil kirleticiler) göre de sınıflandırılabilir. Hava kirliliği alanında yapılan çalışmalarda, kirleticilerin atmosferde genellikle partikül veya gaz halinde yer aldığı ortaya konulmuştur (Godish, 1997). Birincil (primer) kirleticiler kaynaktan atmosfere doğrudan salınan kirleticiler olarak tanımlanır ve kükürtlü bileşikler (SO_2 , H_2S), organik bileşikler (C1 - C5 bileşikleri), azot bileşikleri (NO , NH_3), karbon oksitleri (CO , CO_2), halojenler (HCl , HF) ve partikül maddeler bu grubun içerisinde yer alan kirleticilerdir. İkincil (sekonder) kirleticiler ise kaynaktan atmosfere doğrudan salınmayan ancak atmosferde reaksiyonlarla ortaya çıkan kirleticiler olarak tanımlanır ve kükürtlü bileşikler (SO_3 , H_2SO_4 , SO_4 bileşikleri), organik bileşikler (ketonlar, aldehitler, asitler), azot bileşikleri (NO_2 , NO_3 bileşikleri), fotokimyasal oluşumlar ve ozon (O_3) bu grubun içerisinde yer alan kirleticilerdir (İncecik, 1994; Godish, 1997). Hava kirliliğine neden olan kirleticilerin başlıca kaynakları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Başlıca kirletici kaynakları (Colls, 2002; Coşkun, 2008; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015)

Kirletici Türleri	Başlıca Kirletici Kaynakları (Emisyon Kaynakları)
Karbon monoksit (CO)	Baca gazları, taşıt yoğunluğu, rölanti, çöp yakma, eksik yanma ürünü
Karbon dioksit (CO ₂)	Kömür, petrol gibi fosil yakıtlar, ormanların yok edilmesi, taşıt yoğunluğu
Ozon (O ₃)	Termik santrallerdeki yanma olayları, tropikal ormanları yok olması, trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişimi
Azot bileşikleri (NO _x)	Termik santraller, taşıt yoğunluğu, kimyasal gübreler, yüksek sıcaklıkta yakma süreçleri
Kükürt dioksit (SO ₂)	Yakma tesisleri, fosil yakıt yanması
Partikül maddeler (PM _{2.5} , PM ₁₀)	Katı yakıt yakma tesisleri, çimento ve demir – çelik fabrikaları, taşıt (dizel) yoğunluğu, ikincil kimyasal reaksiyonlar

Kentsel alanlarda hava kirliliğinin azaltılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için, ulusal düzeyde çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından kanuni düzenlemeler ve çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında, hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi, hava kalitesi yönetimi ile ilgili politikaların oluşturulması ve bu politikalar çerçevesinde illerin hava kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu ölçüm istasyonlarına ek olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait 10 adet istasyon, Sağlık Bakanlığı Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı tarafından Ankara'da kurulan 8 adet istasyon, Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'ne ait 1 adet istasyon, İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait 7 adet istasyon, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait 3 adet mobil istasyon sisteme entegre edilmiştir. Bakanlığa bağlı mobil ölçüm istasyonları illerden gelen talepler doğrultusunda belli bir süre ölçüm yapmak üzere il ve ilçelere sevk edilmektedir. Ulusal hava kalitesi izleme ağında yer alan ölçüm istasyonları Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca, iki tür kirleticiye (SO₂ ve NO₂) ilişkin belirlenen sınır değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 3'te, hava kalitesinin korunmasına yönelik kanuni düzenlemeler ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 2. Ulusal hava kalitesi izleme ağında yer alan ölçüm istasyonları (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016)

Kurum / Kuruluş Adı	İstasyon Sayıları ve Kuruluş Yılları
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	36 İstasyon (2005), 45 İstasyon (2007), 3 Mobil İstasyon (2005), 1 istasyon Hatay İskenderun (2010), Devredilen 8 adet Ankara istasyonu (2009), İl müdürlükleri tarafından kurulan 10 istasyon (2005-2008)
İstanbul Büyükşehir Belediyesi	10 İstasyon (2007)
İzmir Büyükşehir Belediyesi	7 İstasyon (2007-2008-2011)
Dilovası OSB	1 İstasyon (2007)
Çanakkale İçdaş A.Ş.	1 İstasyon (2010)
Bursa Büyükşehir Belediyesi	2 İstasyon (2011)
Karadeniz Ereğli Belediyesi	1 İstasyon (2011)

Tablo 3. Hava kalitesinin korunmasına yönelik belirlenen sınır değerler (SO₂ ve NO₂ kirletici türleri için)

Kirletici Türü	HKDYY			DSÖ (µg/m ³)	AB (µg/m ³)
	Limit Değer (µg/m ³)	Üst Limit (µg/m ³)	Alt Limit (µg/m ³)		
Kükürt dioksit (SO ₂)	350 (Saatlik) 125 (Günlük) 20 (Yıllık ve Kış dönemi)	50 (Yıllık ort.) 125 (Günlük En fazla)	50 (Yıllık ort.) 125 (Günlük En fazla)	50 (Yıllık)	350 (Saatlik)
Azot dioksit (NO ₂)	200 (Saatlik) 40 (Yıllık)	32 (Yıllık ort.) 140 (Saatlik)	26 (Yıllık ort.) 100 (Saatlik)	200 (Saatlik)	40 (Yıllık)

* HKDYY: Hava Kalitesinin Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü, AB: Avrupa Birliği

Tablo 4. Hava kalitesinin korunmasına yönelik kanuni düzenlemeler (Başbakanlık, 2015)

İlgili Kanun/ Yönetmelikler	Resmi Gazetede Yayınlanma Tarihi	Yayınlandığı Resmi Gazete Sayısı	Kanuni Dayanak
Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	02/11/1986	19269	2872 sayılı 09/08/1983 tarihli Çevre Kanunu
Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	13/01/2005	25699	2872 sayılı 09/08/1983 tarihli Çevre Kanunu'nun Ek-6 ncı maddesi
Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği	06/06/2008	26898	4856 sayılı 01/05/2003 tarihli Çevre ve Orman Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunu
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	03/07/2009	27277	
Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik	06/10/2009	27368	2872 sayılı 09/08/1983 tarihli Çevre Kanunu
Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik	19/07/2013	28712	2872 sayılı 09/08/1983 tarihli Çevre Kanunu 644 sayılı ve 29/6/2011 tarihli Çevre ve şehircilik Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname
Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü ile Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği	30/11/2013	28837	2872 sayılı 09/08/1983 tarihli Çevre Kanunu'nun Ek-4 üncü maddesi 644 sayılı ve 29/6/2011 tarihli Çevre ve şehircilik Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname 4703 sayılı 29/6/2001 tarihli Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması Uygulanmasına Dair Kanun, 5015 sayılı 4/12/2003 tarihli Petrol Piyasası Kanunu

Uluslararası düzeyde sınır değerlerin belirlenmesi ve hava kalitesinin iyileştirilmesi konusunda çalışmalar yürüten kurum ve kuruluşlar arasında Dünya Sağlık rgt (World Health Organization Air Quality Guidelines - WHO), Avrupa Birliği Hava Kalitesi Yasal erevesi (European Commission Air Quality Standards), Ulusal Hava Kalitesi Standartları (National Ambient Air Quality Standards - NAAQS), evresel Koruma rgt (Environmental Protection Agency – EPA) ve İngiltere Hava Kalitesi İndeksi (UK Air Information Resource – UK-AIR) yer almaktadır. 1983 yılında yürürlüğe girmiş olan Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu (BM/AEK) Uzun Menzilli Sınırlar tesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (USHKS)'ni Türkiye 23.03.1983 tarih ve 17796 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile onaylayarak taraf olmuştur. Ayrıca, BM/AEK tarafından yürütülmekte olan USHK Sözleşmesi kapsamında Avrupa'da Hava Kirliliğinin Takibi ve Değerlendirilmesi İçin İşbirliği Programı yer almaktadır. Bu sözleşmeye ek olarak, 1985 yılında Türkiye tarafından EMEP Finansman Protokolü onaylanmıştır (evre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015).

KENTSEL HAVA KİRLİLİğİNE İLİŞKİN İNCELENEN LİTERATÜR ÇERÇEVESİNDE YAPILABİLECEK ÇIKARSAMALAR

Kentsel alanlarda hava kirliliği karmaşık ve çok boyutlu bir problemdir ve hava kirliliğinin oluşumunda pek çok faktör etkilidir (Tünay ve Alp, 1996). Dünya'da ve Türkiye'de farklı dönem ve yerleşim yerlerinde çeşitli kirletici türleri ile ilgili yapılan ampirik çalışmalarda belirlenen ve hava kirliliğine neden olan faktörler, kentin fiziksel yapısı ve hava kirliliği ilişkisinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Kentsel alanlarda gözlenen hava kirliliği ve fiziksel meknda etkileri konusunda literatürde farklı çalışmalar bulunmakta olup; bazı araştırmacılar kısa vadede orta ölçekli bir yerleşim yerinde tek kirletici türünün hava kirliliği üzerinde yarattığı etkileri incelerken; bazı araştırmacılar orta ve uzun vadede daha büyük ölçekte birden fazla kirleticinin hava kirliliği üzerindeki etkilerini incelemeye odaklanmıştır. Bu alışma kapsamında, incelenen ampirik çalışmalar kirletici türüne ve kaynağına, alanın türüne ve leğine, ölçüm yapılan döneme göre sınıflandırılmış olup; nitelik bakımından farklılaşan bu çalışmalar arasından elde edilen bulgular ve kapsam bakımından Şehir planlama disiplini ile ilişkilendirilebilecek olan çalışmalar incelenmiştir. İncelenen tüm alışmalar, EK – A'da liste biçiminde sunulmuştur.

Kirletici Türü ve Kaynağına Göre alışmalar ve Alınan Sonuçlar

Kentsel alanlarda hava kirliliğine neden olan başlıca kirletici türleri arasında kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), ozon (O₃) ve partikül madde (PM) yer almaktadır (İncecik, 1994; Godish, 1997; Tuncel vd., 2008). Özellikle kent merkezlerinde yaşanan hava kirliliğinin artmasına ve kentsel hava kalitesinin düşmesine neden olan temel faktörler arasında kentlerde yaşayan nüfusun ve nüfus yoğunluğunun artışı, trafiğe çıkan motorlu taşıt sayısının artışı, plansız kentleşme ve sanayileşme, evsel ısınmada ve endüstriyel üretim süreçlerinde fosil yakıtların kullanılması, tozlar ve aerosoller, atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar, eksik veya yanlış yakma tekniklerinin kullanılması, kentsel alanlarda meteorolojik ve topografik koşullar yer almaktadır. Havadaki kirletici konsantrasyon düzeyleri zaman içerisinde belirlenen sınır değerlerin üstüne çıkmaktadır (İncecik, 1994; Colls, 2002; Fenger, 2002; Tuncel vd., 2008).

Geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalar kirletici türü bakımından incelendiğinde, kentsel alanlarda hava kirliliğine neden olan kirletici türlerinin açığa çıkmasında farklı kaynakların

etkili olduğu saptanmıştır. Kentsel alanda hava kirliliğine neden olan başlıca kirletici türlerinden biri olan kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonlarının; endüstriyel üretim süreçleri, nüfus ve taşıt yoğunluğunun fazla olması, özellikle kiş aylarında evsel ısınmada ve endüstriyel üretim süreçlerinde fosil yakıtların kullanılması ve meteorolojik koşullar nedeniyle kent merkezlerinde yüksek çıktığı saptanmıştır (Pinto vd., 1998; Daylan ve  ncecik, 2002; Tuncel vd., 2008; Kocaman, 2010; Staelens vd., 2012; Fan vd., 2012). Bunların yanı sıra, tozlar ve aerosoller, atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar ve eksik veya yanlış yakma tekniklerinin kullanılması kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonlarını arttıran faktörler arasındadır (Karapınar, 2012; Ahmad vd., 2015). Doğalgaz kullanımının yaygınlaşması, yaz aylarında evsel ısınmaya bağlı yakıt t ketimeinin azalması ve kent merkezlerinde nüfus ve taşıt yoğunluğunun azalması ise kükürt dioksit (SO₂) düzeyini azaltan faktörlerdir (Coşkun, 2008;  zaslan, 2008; Evcı, 2009; Karapınar, 2012; Lin vd., 2013). Diğer bir kirletici türü olan ve kentsel alanlarda sıklıkla  l len partikül madde (PM_{2.5}, PM₁₀) konsantrasyonlarının ise kentsel çalışma alanlarının yoğun olduğu kent merkezlerinde, ana ulaşım bağlantılarına yakın bölgelerde yer alan yerleşim yerlerinde ve evsel ısınmaya bağlı olarak özellikle kiş aylarında daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Buna ek olarak, kentin nüfusu ve büyüklüğü arttıka hem kirlilik yaratan faktörlerin sayısının arttığı, hem de hava kalitesi düzeyinin düştüğü gözlenmiştir (Harrison vd., 1997; Jorquera vd., 2000; Hoek vd., 2002; Brauer vd., 2003; Mönkkönen vd., 2004; Salvador vd., 2004; Smargiassi vd., 2005; Beelen vd., 2013).

Ayrıca, yaz aylarında trafiğe çıkan taşıt sayısının artışına paralel olarak kirletici düzeylerinin artmakta olduğunu ortaya konulmuştur (Querola, 2001). Hem kiş aylarında (yakıt t ketimeinin fazla olması) hem de yaz aylarında (yağışın az olduğu bölgelerde rüzgar hızının fazla olması) PM_{2.5} düzeyinin kent merkezlerinde yüksek konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir (Shi vd., 2003). Kentsel alanlarda yoğun nüfus ve taşıt kullanımı, trafik yoğunluğunun fazla olması, endüstriyel üretim yapan tesislerin fazla olması ve enerji üretimi için yürütülen faaliyetler de partikül madde (PM_{2.5}) konsantrasyonlarını arttıran temel nedenlerdendir (Vallius vd., 2004; Nerriere vd., 2005; Moore vd., 2007; Rossa vd., 2007; Koutrakis, 2012). Bunların yanı sıra, meteorolojik ve topografik koşullar, tozlar ve aerosoller, atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar ve eksik veya yanlış yakma tekniklerinin kullanılması gibi nedenler de partikül madde (PM_{2.5}) konsantrasyonlarını ciddi oranda arttırmaktadır (Vardoulakis ve Kassomenos, 2008; Pits vd., 2008; Zhu vd., 2011; Karapınar, 2012; Mansha vd., 2012; Shendell vd., 2012). Özellikle metropoliten kentlerde hava kirliliği sorununa neden olan partikül madde (PM_{2.5}), solunum sistemine bağlı kronik hastalıklarına da (KOA, ÜSYE, astım bronşiale, bronşit, vb.) neden olmaktadır (Dockery vd., 1993; Sheppard vd., 1999;  elikoğlu, 1999; Zanobetti vd., 2000; Chen vd., 2000; Ko. Vd., 2002; Tağıl ve Menteşe, 2012; Bektaş ve Bircan, 2013; Cengiz vd., 2013).

Bir diğer kirletici türü olan azot oksit (NO, NO₂) konsantrasyonlarının; kentsel alanlarda taşıt yoğunluğunun ve trafiğe çıkan taşıt sayısının fazla olması, özellikle kent merkezlerinde nüfus yoğunluğunun fazla olması, yerleşim yerlerinin ana ulaşım bağlantılarına yakın bölgelerde konumlanması ve meteorolojik koşullar gibi faktörler nedeniyle özellikle yaz aylarında yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Briggs vd., 1997; Briggs vd., 2000; Evcı, 2009; Fan vd., 2012; Mukerjee vd., 2012; Staelens vd., 2012; Zbieranowski vs., 2012; Bootdee vd., 2012; Lee vd., 2013; Estarlich vd., 2013; Ahmad vd., 2015; Behera vd., 2015). Endüstriyel  retim süreçlerinin kentsel alanlarda gerçekleşmesi ve enerji üretimi için yürütülen faaliyetler de azot oksitlerin konsantrasyonunu arttıran faktörler arasındadır (Mayer, 1999; Nerriere vd., 2005;  zaslan, 2008). Bu faktörlere ek olarak, atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar, tozlar ve aerosoller ve eksik veya yanlış yakma tekniklerinin kullanılması azot oksitlerin (NO, NO₂) konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır ( zden, 2005; Kocaman, 2010; Ahmad vd., 2015).

Kent merkezlerinde nüfus ve taşıt yoğunluğunun artması, meteorolojik koşullar ve trafiğe çıkan taşıt sayısının artışı gibi faktörlerin kentsel alanda hava kirliliğine neden olan karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), amonyak (NH₃) ve ozon (O₃) gibi kirleticilerin konsantrasyonlarını arttırdığı ortaya konulmuştur (Evcı, 2009; Fan vd., 2012; Mukerjee vd., 2012; Reche vd., 2012; Shendell vd., 2012; Staelens vd., 2012; Ahmad vd., 2015). Bunların yanı sıra, evsel ısınmada ve endüstriyel üretim süreçlerinde fosil yakıtların kullanılması, tozlar ve aerosoller, atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar ve eksik veya yanlış yakma tekniklerinin kullanılması gibi faktörler de bu kirletici konsantrasyonlarını arttırmaktadır (Mayer, 1999; Özaslan, 2008; Kocaman, 2010; Ahmad vd., 2015).

Çalışma Alanının Ölçeğine Göre Çalışmalar ve Alınan Sonuçlar

Kentsel alanlarda hava kirliliği sorununu inceleyen, bu soruna neden olan faktörleri ortaya koyan ve yerel ölçekte yürütülen çalışmalar çok daha dar bir alanda etkili olmaktadır. Toplu ölümlere yol açabilecek kadar önemli etkiler gösterebilen hava kirliliği sorunlarına; Meuse Vadisi'nde (Belçika) 1934 yılı Aralık ayında 3 gün süren yoğun sis ve kirlenme neticesinde yüzlerce insanın hastalanması ve 60 kişinin ölümü, Manchester ve Salford (İngiltere) kentlerinde 1931 yılı Ocak ayında 9 gün süren yoğun sis neticesinde 592 kişinin ölümü; Donora, Pensilvanya'da (ABD) 1947 yılı Ekim ayında 4 gün süren sis sonunda toplam kent nüfusunun yarısının hastalanması ve 20 kişinin ölümü, Londra'da (İngiltere) 1952 yılı Aralık ayında 4 gün süren yoğun sis neticesinde 4000 kişinin ölümü örnek verilebilir (Ay vd., 2010).

Hava kirliliğinin kentsel mekândaki etkilerinin incelendiği çalışmalarda, seçilen alanlar ölçeklerine göre farklılaşmaktadır. Bu ölçekler (a) cadde/sokak, (b) kent, (c) bölge, (d) ülke ve (e) birden fazla ülkenin bir araya geldiği ülkeler olarak 5 sınıfa ayrılabilir.

Kentsel hava kirliliğine ilişkin cadde/sokak ölçeğinde yapılan çalışmalardan biri Elbir ve diğer. (2010) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada trafik kaynaklı kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi ve kentsel alandaki dağılımlarının ortaya konulması amaçlanmış olup; bu kapsamda İzmir kent merkezindeki önemli caddeler seçilmiştir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan temel kirleticilerin konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışmada, kent merkezindeki motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan hava kirliliğinin, kentteki sanayi tesislerinden ve konutlardan atılan toplam emisyonlar kadar önemli olduğu ortaya konulmuştur (Elbir vd., 2010). Barselona (İspanya) kentinde (Reche vd., 2012) ve Madrid (İspanya) kentinde (Salvador vd., 2004) yürütülen çalışmalarda, kentsel alanda yoğun trafik yükünün olduğu ana caddelerde ölçümler yapılarak kirletici düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cadde/sokak ölçeğinde yapılan çalışmalarda, başlıca kirletici kaynaklarının uzun mesafelerde taşınan emisyonlar, çöden gelen tozlar, deniz tuzu, trafik kaynaklı emisyonlar ve evsel yanma olduğu ortaya konulmuştur (Salvador vd., 2004; Reche vd., 2012).

Hava kirliliği düzeylerinin tespit edilmesine yönelik pek çok çalışma ağırlıklı olarak kentsel ölçekte yapılmıştır. Bu kapsamda incelenen kentler arasında Stuttgart (Almanya) kenti (Mayer, 1999), Hong Kong kenti (Fan vd., 2012), Karachi (Pakistan) kenti (Mansha vd., 2012), Barselona (Madrid) kenti (Querola, 2001), Leipzig (Almanya) kenti (Wehner vd., 2002), New Delhi (Hindistan) kenti (Mönkkönen vd., 2004), Los Angeles kenti için (Moore vd., 2007), Augsburg (Almanya) kenti (Pits vd., 2008), Santiago (ABD) kenti (Jorquera vd., 2000), Chiang Mai (Tayland) kenti (Bootdee vd., 2012) ve Cleveland (ABD) kenti (Mukerjee vd., 2012) yer almaktadır. Bu çalışmalarda, kent merkezlerinde yoğun nüfusun görülmesi, yüksek yoğunluklu konut alanlarının ve kentsel çalışma alanlarının ana arterler çevresinde yer seçmesi, arazi kullanım kararlarının kirlilik düzeyini arttırıcı yönde olması, ana ulaşım bağlantılarında taşıt yoğunluğunun fazla olması ve toplu taşıma yerine ağırlıklı olarak otomobil kullanımının tercih edilmesi, alanda evsel ısınma ve endüstriyel üretim süreçlerinde

fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilir doğalgazın yaygın olmaması (Mönkkönen vd., 2004; Moore vd., 2007; Bootdee vd., 2012), endüstriyel üretim yapan tesislerin özellikle büyük kentlerde, kent merkezlerine yakın yerlerde konumlanması, tozlar ve aerosoller (Querola vd., 2001; Mansha vd., 2012) ve meteorolojik ve topografik koşullar (Jorquera vd., 2000; Wehner vd., 2002; Pits vd., 2008) gibi faktörlerin kirletici konsantrasyonlarının artmasına neden olduğu saptanmıştır.

Bölge ölçeğinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, kentsel hava kirliliğine neden olan kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi için seçilen alanlarda karşılaştırmalı ve eş zamanlı olarak bir veya birden fazla kirleticinin ölçümünün yapıldığı saptanmıştır. Bu kapsamda, Londra'da (İngiltere) üç kentin oluşturduğu bölgede (Briggs vd., 2000), İstanbul'da Avrupa ve Anadolu yakasında (Daylan ve İncecik, 2002), Pekin'de farklı nitelikteki kentsel alanlarda (kentsel alan, uydu kent, temiz hava sahası) (Shi vd., 2003), Pekin ve Şanghay kentlerinde belirlenen bölgelerde (Yang vd., 2005), Avrupa'da yer alan üç büyük kentin oluşturduğu bölgede (Briggs vd., 2000), Kanada'nın farklı nitelik gösteren dört bölgesinde (Zbieranowski, 2012), Belçika'da kırsal niteliği öne çıkan bir bölgesinde (Staelens, 2012), Çin'de kent merkezinin dışında kalan bölgelerde (Lin vd., 2013) ve Kore'de farklı nitelikler taşıyan bölgelerde (Lee vd., 2013) yapılmış olan çalışmalar yer almaktadır. Endüstriyel üretim yapan tesislerin yer seçimi, meteorolojik ve topografik koşullar, seçilen bölgelerin alansal büyüklüğü ve nüfus yoğunluğu gibi faktörlere bağlı olarak, bu bölgelerde ağırlıklı olarak azot oksitler (NO_x), partikül madde (PM_{10}) ve kükürt dioksit (SO_2) kirleticilerinin konsantrasyonlarının yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Bir veya birden fazla ülkenin bir araya geldiği ülkeler ölçeğinde yapılan çalışmaların bulguları ortaya koymuştur ki, özellikle büyük şehirlerin giderek kalabalıklaştığı ve trafik yoğunluğunun gün geçtikçe arttığı günümüzde, artan yaşam standartları enerji tüketiminde önemli bir artış meydana getirmiş ve doğal kaynakların hızla azalmasına neden olmuştur (İncecik, 1994; Harrison vd., 1997; Pinto vd., 1998). Dünyada hava kalitesi bakımından en sorunlu kentler ve ülkeler farklı dönemlerde yapılan çalışmalarla incelenmiştir. Bu çalışmalarda, ülkelerin hava kalitesi, teknolojik gelişmişlik düzeyine, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için yapılan eylem planlarının uygulanabilirliğine göre değişmektedir (İncecik, 1994; Calhoun, 2005; İncecik ve İm, 2013). Dünyada hava kirliliğine bağlı ölümlerde Çin, Hindistan, Pakistan, Nijerya gibi ülkeler ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye ise 14. sırada yer almaktadır. Özellikle büyükşehirlerde insan sağlığını tehdit eden kirletici düzeyleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan sınır değerlerin en az 8 ila 10 katı arasından değişmektedir (İncecik, 1994). Bu ülkelerde uzun vadede erken ölümlere yol açabilecek çevre sorunlarının başında hava kirliliğinin gelmesi beklenmektedir (Harrison vd., 1997; Hoek vd., 2002; Vallius vd., 2004; Calkoun, 2005; Vardoulakis, 2008; Beelen vd., 2013).

Ölçüm Dönemine Göre Çalışmalar ve Alınan Sonuçlar

Kentsel hava kirliliğini konu alan çalışmalar incelendiğinde, hava kirliliğine neden olan kirletici türlerinin konsantrasyonlarının ölçüldüğü dönemlerin farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu farklılaşma çalışmanın amacına, ölçüm sonuçlarının karşılaştırmalı olarak yorumlanmasına, dönemsel olarak değişen kirletici kaynaklarının tespit edilmesine bağlı olarak meydana gelmektedir. Buna göre, kirletici konsantrasyonlarının ölçüldüğü dönemler (a) aynı yıl içerisinde yaz ve kış dönemi, (b) bir yılda sadece yaz veya kış dönemi, (c) yaklaşık veya tam bir yıl süren ve (d) bir yıldan fazla süren dönemler olarak 4 sınıfa ayrılabilir.

Kirletici konsantrasyonlarının aynı yıl içerisinde hem yaz aylarında hem de kış aylarında farklı periyotlarda (biri hafta, ikişer hafta, bir ay, üç ay, vb.) ölçülüp, sonuçların

karşılaştırılmalı olarak değerlendirildiği çalışmalarda partikül madde (PM_{2.5}, PM₁₀) ve kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonlarının, kentsel alanlarda evsel ısınmada kömür kullanımının halen yaygın olması, evsel ısınmada ve endüstriyel üretim süreçlerinde yanlış veya eksik yakma tekniklerinin kullanılması, meteorolojik ve topografik koşullar gibi faktörlere bağlı olarak kış aylarında daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Aynı yıl içerisinde kış aylarında yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında, yaz aylarında elde edilen sonuçlar evsel ısınma amacıyla yakıt tüketiminin olmaması nedeniyle kirletici konsantrasyonları düşük çıkmıştır (Pinto vd., 1998; Daylan ve İncecik, 2002; Yang vd., 2005; Coşkun, 2008; Özasan, 2008; Evcı, 2009; Karapınar, 2012). Diğer yandan, endüstriyel üretim yapan tesislerin kent merkezlerine (özellikle petrol rafinerisi ve petrokimya tesisleri) yakın yer seçmesi, trafiğe çıkan taşıt sayısının artışı, meteorolojik ve topografik koşullar gibi nedenlere bağlı olarak yaz aylarında kirletici konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır (Querola vd., 2001; Shi vd., 2003; Yang vd., 2005; Vardoulakis, 2008). Kentsel alanda hava kirliliğine neden olan kirletici türlerinden azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) konsantrasyonlarının, kış aylarında ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında, yaz aylarında trafiğe çıkan taşıt sayısının artması ve atmosferde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar nedeniyle daha yüksek çıktığı gözlenmiştir (Briggs vd., 1997; Mayer, 1999; Nerriere vd., 2005; Özden, 2005; Özasan, 2008; Coşkun, 2008; Kocaman, 2010; Shendell vd., 2012).

Kirliliğe neden olan kirletici düzeylerinin kentsel alanlarda bir yıl içerisinde sadece yaz veya kış aylarında ölçüldüğü ve sonuçların değerlendirildiği çalışmalarda, kış aylarında kentlerde nüfus ve taşıt yoğunluğunun fazla olması, evsel ısınma ve endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılmak üzere fosil yakıtların kullanılması, yanlış veya eksik yakma tekniklerinin kullanılması, meteorolojik koşullar ve tozlar ve aerosoller gibi faktörlere bağlı olarak, partikül madde (PM_{2.5}, PM₁₀) (Vallius vd., 2004; Fan vd., 2012; Mukerjee vd., 2012), kükürt dioksit (SO₂) (Evcı, 2009; Fan vd., 2012), amonyak (NH₃) (Mukerjee vd., 2012; Reche vd., 2012) konsantrasyon düzeylerinin arttığı ortaya konulmuştur. Yaz aylarında ise evsel ısınma amacıyla fosil yakıtların kullanılmaması, bazı yerleşim yerlerinde endüstriyel üretim yapan tesislerin kent merkezlerine yakın olmaması, kentlerde nüfus yoğunluğunun azalması gibi nedenlere bağlı olarak partikül madde (PM_{2.5}, PM₁₀) (Brauer vd., 2003; Salvador vd., 2004; Smargiassi vd., 2005) ve kükürt dioksit (SO₂) (Evcı, 2009; Fan vd., 2012) konsantrasyon düzeyleri azalırken; azot dioksit (NO₂) (Briggs vd., 2000; Coşkun, 2008; Beelen vd., 2013; Ahmad vd., 2015) konsantrasyon düzeyi artmıştır.

Yaklaşık bir yıl veya tam bir yıl süren hem yaz hem de kış aylarında yapılan ölçüm çalışmalarında, kirletici konsantrasyonları günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak belirlenmekte (ortalama, minimum ve maksimum değerler biçiminde) ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmektedir. Ölçüm süresinin diğer çalışmalara göre daha uzun olması, aynı bölgede farklı nitelikler taşıyan (kentsel, kırsal, yarı kentsel, vb.) alanlarda veya farklı bölgelerde eş zamanlı konsantrasyon ölçümlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Diğer ölçüm dönemlerinde tespit edildiği gibi, kentsel alanda hava kirliliğine neden olan başlıca kirletici türlerinden partikül madde (PM_{2.5}, PM₁₀) (Harrison vd., 1997; Jorquera vd., 2000; Pits vd., 2008) ve kükürt dioksit (SO₂) (Pinto vd., 1998; Daylan ve İncecik, 2002; Staelens vd., 2012; Lin vd., 2013) konsantrasyonlarının kış aylarında daha yüksek iken; yaz aylarında daha düşük olduğu ortaya konulmuştur. Azot dioksit (NO₂) (Briggs vd., 2000; Estarlich vd., 2013; Behera vd., 2015) konsantrasyonlarının nüfus ve taşıt yoğunluğunun kent merkezlerinde fazla olması, ana ulaşım bağlantılarının yerleşim yerlerine yakın bölgelerde yer seçmesi ve meteorolojik koşullar gibi kirletici kaynakları nedeniyle özellikle yaz aylarında yüksek olduğu saptanmıştır (Mayer, 1999; Özden, 2005; Evcı, 2009; Zbieranowski vd., 2012; Bootdee vd., 2012; Caballero vd., 2012; Lee vd., 2013).

Bir yıldan fazla süren ölçüm dönemlerinde ise, yapılan çalışmalar temel olarak hava kirliliğine neden olan faktörler arasında özellikle mevsimsel koşulların dikkate alınması ve yıllık ortalama kirlenme değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Farklı nitelikteki alanlarda yapılan mevsimsel ve meteorolojik koşulların ön planda tutulduğu çalışmalarda, diğer çalışmalardan farklı olarak, ölçüm yapılan nokta sayısı daha fazladır (Rossa vd., 2007; Caballero vd., 2012; Koutrakis vd., 2012; Mansha vd., 2012). Yapılan karşılaştırmalı incelemeler sonucunda, bu tür ölçüm dönemlerinde elde edilen sonuçların, yaklaşık veya tam bir yıl süren hem yaz hem de kış aylarında yapılan ölçüm çalışmalarındaki sonuçlarla paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Günümüz kentleri yoğun nüfus ve üretim - tüketim süreçlerinin meydana getirdiği baskılardan dolayı çevre sorunları için birer odak haline gelmişlerdir. Yalnızca kentsel alanlarda yaşayan kentsel nüfusun artmasına bağlı olarak görülen birikme ve yoğunlaşma değil, aynı zamanda uzun süreler etkileri görülecek olan çevresel sorunlar (hava, toprak, su kirliliği, iklim değişikliği, vb.) içinde bulunduğumuz yüzyılın temel meselelerinden biridir. 1996 yılında yayımlanan Avrupa Sürdürülebilir Kentler Raporu'nda özellikle kentsel alanlarda sürdürülebilir gelişme sürecini etkileyen pek çok faktör arasında sürdürülebilirlik kavramının çevresel boyutuna dikkat çekilmektedir. Raporla, ekosistem kavramının önemi, sınırlı doğal kaynakların önemi ve kentsel alanlarda yer alan çevresel kaynakların ekolojik sürdürülebilirliğin bir parçası haline gelmesi, ekosistem ilkelerine dayalı bir kent yönetim anlayışının geliştirilmesi ve bu konuda tüm kentsel paydaşların işbirliği yapması konularına vurgu yapılmıştır.

Ekolojik sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi adına önemli çevresel göstergelerden biri olan hava kalitesi, geçmiş yıllarda farklı kentlerde pek çok kişinin yaşamını kaybetmesi sonucunda oldukça önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Hava kirliliğine neden olan farklı kirlenme türleri ve kirlenme konsantrasyon düzeylerini etkileyen faktörlere yönelik literatürde pek çok ampirik çalışma bulunmaktadır. Şehir planlama disiplini ile ilişkilendirilebilecek olan bu çalışmalar, ölçüm yapılan döneme, kirlenme türüne ve kaynağına, alanın türüne ve ölçeğine göre sınıflandırılmış olup; kentsel alanlarda hava kirliliğine neden olan kirlenmelere ilişkin referans kaynakları EK – A'da özetlenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasından elde edilen bulgulara göre, kentsel alanda hava kirliliğine neden olan başlıca faktörler arasında evsel ısınmada kullanılan yakıt türü, arazi kullanım kararları (özellikle endüstriyel üretim yapan tesislerin) ve kent merkezlerine yakın yerlerde konumlanması (hâkim rüzgâr yönü, topografik yapı, vb.) ve kentsel çalışma alanlarının ana arterler çevresinde yer seçmesi gibi faktörlerin yer aldığı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Harrison vd., 1997; Mayer, 1999; Vallius vd., 2004; Nerriere vd., 2005; Tuncel vd., 2008; Özaslan, 2008; Evcı, 2009; Kocaman, 2010; Staelens vd., 2012; Levy vd., 2015; Shimpi vd., 2015). Yapılan tüm bu çalışmalar dikkate alınarak, kentsel alanlarda hava kirliliğinin azaltılması ve mevcut hava kalitesinin iyileştirilmesi için farklı ölçeklerde politikalar ve öneriler geliştirilmiştir. Geliştirilen politikalar ve öneriler, evsel ısınma ve endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılan yakıt türleri, arazi kullanım ve makroform kararları, ulaşım sistemi ve kademelenmesi ve mevzuat olarak 4 gruba ayrılabilir.

Kentsel alanlarda hava kirliliğine neden olan kirlenmelerin konsantrasyon düzeylerinin azaltılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için evsel ısınma ve endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılan yakıt türlerine ilişkin geliştirilebilecek öneriler arasında, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentsel alanlarda doğalgaz yatırımlarının teşvik edilmesi, kaçak ve kalitesiz kömür kullanımının önlenmesi, bölgesel ısıtma sistemlerinin geliştirilmesi, planlama

çalışmalarında enerji etkin tasarım anlayışının benimsenmesi gibi öneriler yer alabilir. Arazi kullanım ve makroform kararlarına ilişkin geliştirilebilecek öneriler arasında yeni gelişen bölgelerde yüksek katlı binaların hâkim rüzgâr yönüne göre konumlandırılması, yeni yapılacak binalarda bina yüksekliği ile yol genişliği arasındaki oranın dikkate alınması, mevcut açık ve yeşil alan büyüklüklerinin artırılması, arazi kullanım deseninde bölgelemeler yapılması gibi öneriler yer alabilir. Ulaşım sistemi ve kademelenmesine ilişkin geliştirilebilecek öneriler arasında kent içerisinde bazı caddelerin yayalaştırılması, kent merkezlerindeki taşıt yoğunluğunu azaltmak için geçiş yollarının yapılması, yaya ve bisiklet kullanımının teşvik edilmesi, toplu taşıma güzergâhlarının ve raylı sistem projelerinin artırılması gibi öneriler yer alabilir. Son olarak, mevzuata ilişkin geliştirilebilecek öneriler arasında mevcut yönetmeliklerde yer alan sınır değerlerin Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu sınır değerler göz önünde bulundurularak yenilenmesi, merkezi ve yerel yönetimlerin kirletici türlerine ilişkin değerleri yerele özgü biçimde yeniden gözden geçirmesi gibi öneriler yer alabilir.

Kentsel hava kirliliği pek çok bakımdan en önemli problemlerden biri olmasına rağmen; hava kirliliğine neden olan faktörlerin tespit edilmesi ve mekansallaştırılması konusunda bugüne kadar şehir planlama disiplini içerisinde akademik çalışmalarda ve uygulamalarda oldukça sınırlı kaldığını söylemek mümkündür. Bu çalışma, kentsel hava kalitesinin belirlenmesi için hangi faktörlerin incelenmesi ve nasıl bir yöntem izlenmesi konularında ileride yapılacak çalışmalar için bir çerçeve çizmesi bakımından oldukça önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 2014.KB.FEN.006 no.lu proje ile maddi yönden destekleyen Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeler (BAP) Birimi'ne teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Ahmad, E., Kim, K.H., Shon,Z.H. ve Song, S.K. 2015. Long-term trend of airborne particulate matter in Seoul, Korea from 2004 to 2013, Atmospheric Environment, 101, 125-133.
- Ay, E.F., Balta, M., Çolak, M. ve Semercioğlu, H. 2010. Hava kirliliği ve modellenmesi. Ders notları, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Başbakanlık Mevzuat Bilgi Sistemi, 2015. Hava kalitesinin korunması yönetmeliği.
- Beelen, R., Hoek, G., Vienneau, D., Eeftens, M., Dimakopoulou, K., Pedeli, X. 2013. Development of NO₂ and NO_x land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe – The ESCAPE Project. Atmospheric Environment, 72, 10–23.
- Behera, S.N., Sharma, M., Mishra, P.K., Nayak, P., Damez-Fontaine, B.ve Tahon, R. 2015. Passive measurement of NO₂ and application of GIS to generate spatially-distributed air monitoring network in urban environment, Urban Climate, 14 (3), 396–413.
- Bektaş, B. ve Bircan, A. 2003. Effects of atmospheric sulphur dioxide and particulate matter concentrations on emergency room admissions due to asthma in Ankara. Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 51 (3), 231-238.
- Bootdee, S., Chalemrom, P. ve Chantara, S. 2012. Validation and field application of tailor-made nitrogen dioxide passive samplers. International Journal of Environmental Science and Technology, 9 (3), 515-526.

- Boubel, R.W, Fox, D.L, Turner, D.B. ve Stern, A.C. (Eds.) 1994. Fundamentals of air pollution. Academic Press, ABD.
- Brauer, M., Hoek,G., Meliefste, K., Fischer, P., Gehring, U., Heinrich, J. 2003. Estimating Long-Term Average Particulate Air Pollution Concentrations: Application of Traffic Indicators and Geographic Information Systems. *Epidemiology: GIS Estimation of Particle Concentrations*, 14 (2).
- Briggs, D.J., Collins, S., Elliot, P., Fischer, P., Kingham, S., Lebet, E. 1997. Mapping urban air pollution using GIS: A regression based approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 11 (7), 699 - 718.
- Briggs, D.J., Hoogh, C., Gulluvier, J., Wills, J., Elliot, P., Simon, K. 2000. A regression-based method for mapping traffic-related air pollution: Application and testing in four contrasting urban environments. *The Science of the Total Environment*, 253 (1-3), 151-167.
- Caballero, S., Esclapez, R., Galindo, N., Mantilla, E. ve Crespo, J. 2012. Use of a passive sampling network for the determination of urban NO₂ spatiotemporal variations. *Atmospheric Environment*, 63, 148–155.
- Calhoun, Y. 2005. Environmental issues: Air quality. Infobase Publishing, New York.
- Cengiz, M.A., Senel, T., Terzi, E., Savas, N. ve Terzi, Y. 2013. Samsun bölgesindeki hava kirliliğinin neden olduğu hastalıkların istatistiksel modellenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (8), 27-36.
- Chen, L., Yang, W., Jennison, B.L. ve Omaye, S.T. 2000. Air particulate pollution and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Reno, Nevada. *Inhal Toxicol*,12 (4), 281-98.
- Colls, J. (2nd ed.) 2002. Air pollution. Spon Press, Londra.
- Coşkun, A. 2008. Şehir atmosferinde taşıt emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çelikoğlu, M. 1999. Kocaeli ilinde hava kirliliği ve meteorolojik faktörlerin astım bronşiale üzerindeki etkileri. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2015). Hava kalitesi izleme istasyonları.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016). Hava kalitesi izleme istasyonları.
- Daylan, E. ve İncecik, S. 2002. İstanbul'da coğrafi bilgi sistemleri ile hava kalitesinin incelenmesi. *İTÜ Dergisi, Mühendislik*, 1 (2), 51-62.
- Dockery, D.W., Schwartz, J. ve Spengler, J.D. 1993. Air pollution and daily mortality: associations with particulates and acid aerosols. *Environmental Research*, 59 (2), 362-373.
- Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioğlu, R., Ergün, P. 2010. İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*, İzmir.
- Estarlich, M., Iniguez, C., Esplugues, A., Mantilla E, Zurriaga O, Nolasco A. 2013. The spatial distribution of population exposure to outdoor air pollution in Valencia (Spain) and its association with a privation index. *Gaceta Sanitaria*, 27 (2), 143-148.
- Evcı, M. (2009). Determination of ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide pollution around Aliağa by passive sampling. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İzmir.
- Evelyn, J. 1999. Fumifugium: The inconvenience of the air and smoke of London dissipated together with some remedies humbly proposed. *Organization and Environment*. 12 (2), 187-194. (Orjinal çalışma basım tarihi 1661).

- Fan, X., Lam, K. ve Yu, Q. 2012. Differential exposure of the urban population to vehicular air pollution in Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 426, 211–219.
- Fenger, J. 2002. Air pollution science for 21. century: Urban air quality. National Environmental Research Institute, Department of Atmospheric Environment, Danimarka.
- Godish, T. 1997. Air quality. Chemical Rubber Company (CRC) Press LLC, Florida.
- Harrison,R., Smith,D.J.T, Piou, C.A. ve Castro, L.M. 1997. Comparative receptor modeling study of airborne particulate pollutants in Birmingham (United Kingdom), Coimbra (Portugal) and Lahore (Pakistan). *Atmospheric Environment*, 31 (20), 3309-3321.
- Hoek,G., Meliefste, K., Cyrys, J., Lewné, M., Bellander, T., Brauer, M. 2002. Spatial variability of fine particle concentrations in three European areas. *Atmospheric Environment*, 36 (25), 4077–4088.
- İncecik, S. 1994. Hava kirliliği. İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- İncecik, S. ve İm, U. 2013. Megaşehirlerde hava kalitesi ve İstanbul örneği. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 133 – 145.
- Jorquera,H., Palma,W. ve Tapia,J. 2000. An intervention analysis of air quality data at Santiago, Chile. *Atmospheric Environment*, 34 (24), 4073-4084.
- Karapınar, Ç. 2012. Kahramanmaraş'ta doğalgaz kullanımının hava kalitesi üzerindeki etkisinin araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Kocaman, Ö. 2010. Erzurum'da pasif örnekleme yöntemiyle alansal hava kalitesinin tahmini. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Koç, Y., Karagöz, N. ve Söylemez Seven, A. 2002. Hava kirliliğinin Sivas Göğüs Hastalıklarını Hastanesi'ne yatışlar üzerine etkisi. *Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi Tıp Dergisi*, 13(2), 75 – 78.
- Koutrakis,P., Sax,S.N., Sarnat, J.A., Coull, B., Demokritou, P., Oyola, P 2012. Analysis of PM10, PM2.5, and PM2.5–10 concentrations in Santiago, Chile, from 1989 to 2001. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 55 (3), 342–351.
- Kudal, S. 2009. Hava kirliliğinin çevresel ve mekânsal modellenmesi, analizi ve tematik haritalarla görselleştirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Lee, K., Yeom, J., Yoon, C., Yang, W., Son, B.S., Jeon, J.M. 2013. Seasonal and geographic effects on predicting personal exposure to nitrogen dioxide by time-weighted microenvironmental model. *Atmospheric Environment*, 67, 143–148.
- Levy, I., Levin, N., Yuval, Schwartz, J.D. ve Kark, J.D. 2015. Back extrapolating a land use regression model for estimating past exposures to traffic-related air pollution, *Environmental Science and Technology*, 49, 3603–3610.
- Lin, W., Xu, X., Yu, X., Zhang, X. ve Huang, J. 2013. Observed levels and trends of gaseous SO2 and HNO3 at Mt. Waliguan, China: Results from 1997 to 2009. *Journal of Environmental Sciences*, 25 (4), 726–734.
- Mansha, M., Ghauri, B., Rahman, S. ve Amman, A. 2012. Characterization and source apportionment of ambient air particulate matter (PM2.5) in Karachi. *Science of the Total Environment*, 425, 176–183.
- Mayer, H. 1999. Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*, 33 (24), 3029-4037.
- Moore, D.K., Jerrett, M., Mack, W.J. ve Künzli, N. 2007. A land use regression model for predicting ambient fine particulate matter across Los Angeles, CA. *Journal of Environmental Monitoring*, 9 (3), 246–252.
- Mönkkönen, R.U., Srinivasan, D., Srinivasan, D., Koponen, I.K., Lehtinen, K.E.J. ve Hämeri, K. 2004. Relationship and variations of aerosol number and PM10 mass concentrations

- in a highly polluted urban environment-New Delhi, India. *Atmospheric Environment*, 38 (3), 425–433.
- Mukerjee, S., Willis, R.D., Walker, J.T., Hammond, D., Norris, G.A., Smith, L.A. 2012. Seasonal effects in land use regression models for nitrogen dioxide, coarse particulate matter, and gaseous ammonia in Cleveland, Ohio. *Atmospheric Pollution Research*, 3 (3), 352.
- Müezzinoğlu, A. 2000. Hava kirliliği ve kontrolünün esasları. Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.
- Nerriere,E., Navier,D.Z., Blanchard, O., Momas, I., Ladner, J., Le Moullec, Y. 2005. Can we use fixed ambient air monitors to estimate population long-term exposure to air pollutants? The case of spatial variability in the Genotox ER study. *Environmental Research*, 97 (1), 32–42.
- Özaslan, Ü. 2008. Kocaeli kentinde hava kirliliğine neden olan inorganik gaz kirleticilerin düzeylerinin, dağılımlarının ve kaynaklarının belirlenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Özden, Ö. 2005. Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Pinto, J. P., Stevens, R.K., Willis, R.D., Kellogg, R., Mamane, Y., Novak, J. 1998. Czech Air Quality Monitoring and Receptor Modeling Study. *Environmental Science and Technology*, 32 (7), 843-854.
- Pits,M., Schmid,O., Heinrich, J., Birmili, W., Maguhn, J., Zimmermann, R. 2008. Seasonal and diurnal variation of PM_{2.5} apparent particle density in urban air in Augsburg, Germany. *Environmental Science and Technology*, 42 (14), 5087–5093.
- Querola, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Ruiz, C.R. 2001. PM₁₀ and PM_{2.5} source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain. *Atmospheric Environment*, 35 (36), 6407-6419.
- Reche, C., Viana, M., Pandolfi, M., Alastuey, A., Moreno, T., Amato, F. 2012. Urban NH₃ levels and sources in a Mediterranean environment. *Atmospheric Environment*, 57, 153–164.
- Rossa,Z., Jerrett,M., Kazuhiko, I., Barbara, T. ve Thurston, G.D. 2007. A land use regression for predicting fine particulate matter concentrations in the New York City region. *Atmospheric Environment*, 41 (11), 2255–2269.
- Salvador,P., Artinano,B., Alonso, D.G., Querol, X. ve Alastuey, A. 2004. Identification and characterization of sources of PM₁₀ in Madrid (Spain) by statistical methods. *Atmospheric Environment*, 38 (3), 435–447.
- Shendell, D.G., Therkorn, J., Yamamoto, N., Meng, Q., Kelly, S.W. ve Foster, C. 2012. Outdoor near-roadway, community and residential pollen, carbon dioxide and particulate matter measurements in the urban core of an agricultural region in central CA. *Atmospheric Environment*, 50 (4), 103-111.
- Sheppard, L., Levy, D., Norris, G., Larson, T.V. ve Koenig, J.Q. 1999. Effects of ambient air pollution on nonelderly asthma hospital admissions in Seattle, Washington, 1987-1994. *Epidemiology*, 10 (1), 23-30.
- Shi,Z., Shao, L., Jones, T.P., Whittaker, A.G., Lu, S., Bérubé, K.A. 2003. Characterization of airborne individual particles collected in an urban area, a satellite city and a clean air area in Beijing. *Atmospheric Environment*, 37 (29), 4097–4108.
- Shimpi, P.A. ve Shinde, D.N. 2015. Ambient air quality monitoring in Bhiwandi city (Maharastra, India), Sai Om. *Journal of Science, Engineering and Technology*, 2 (5).
- Smargiassi,A., Baldwin,M., Pilger, C., Dugandzic, R. ve Brauer, M. 2005. Small-scale spatial variability of particle concentrations and traffic levels in Montreal: a pilot study. *Science of the Total Environment* 338 (3), 243– 251.

- Staelens, J., Wuyts, K., Adriaenssens, S., Avermaet, P.V., Buysse, H., Von den Bril, B. 2012. Trends in atmospheric nitrogen and sulphur deposition in northern Belgium. *Atmospheric Environment*, 49, 186–196.
- Tağıl, S. ve Menteşe, S. 2012. Zonguldak'ta hava kirliliği (PM10 ve SO2) ile ilişkili olarak seğilmiş solunum yolu hastalıklarının zamansal ve mekânsal değişimi. *Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15 (27), 3-20.
- Tuncel, G., Müezzinoğlu, A., Tuncel, S., Bayram., Odabaşı, M., Sofuoğlu, S.C. 2008. İzmir Aliağa endüstri bölgesinde hava kirliliğine neden olan organik ve inorganik kirleticilerin düzeylerinin, kaynaklarının ve sağlık etkilerinin belirlenmesi, TÜBİTAK 104Y276 Nolu Proje Raporu, İzmir.
- Tünay, O. ve Alp, K. 1996. Hava kirlenmesi kontrolü. Yayın No: 1996 – 36. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Türk Tabipleri Birliği (TTB) 2012. Dilovasi Raporu, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, 53-59, Ankara.
- Vallius,M., Janssen, N.A.H., Heinrich, J., Hoek, G., Ruuskanen, J., Cyrys, J. 2004. Sources and elemental composition of ambient PM2.5 in three European cities. *Science of the Total Environment*, 337 (1-3), 147– 162.
- Vardoulakis,S. ve Kassomenos, P. 2008. Sources and factors affecting PM10 levels in two European cities: Implications for local air quality management. *Atmospheric Environmen*, 42 (17), 3949–3963.
- Wehner,B., Birmili,W., Gnauk, T. ve Wiedensohler, A. 2002. Particle number size distributions in a street canyon and their transformation into the urban-air background: measurements and a simple model study. *Atmospheric Environment*, 36 (13), 2215– 2223.
- Yang,F., Ye,B., He, K., Ma., Y., Cadle, S.H., Chan, T. 2005. Characterization of atmospheric mineral components of PM2.5 in Beijing and Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, 343 (1-3), 221– 230.
- Zanobetti, A., Schwartz, J. ve Dockery, D.W. 2000. Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environmental Health Perspectives*, 108 (11), 1071–1077.
- Zbieranowski, A.L. ve Aherne, J. 2012. Ambient concentrations of atmospheric ammonia, nitrogen dioxide and nitric acid across a rural–urban–agricultural transect in southern Ontario, Canada. *Atmospheric Environment*, 62, 481–491.
- Zhu,Y., Hinds,W.C., Kim, S. ve Sioutas, C. 2011. Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. *Journal of the Air and Waste Management Association* 52 (9), 1032-1042.