

T.C
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
HALK SAĞLIĞI
ANABİLİM DALI

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Faruk YORULMAZ

KEŞAN İLÇESİNDE HAVA KALİTESİ İZLEME
İSTASYONUNDA ÖLÇÜLEN PM10 VE PM2.5
İÇERİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Mesut ÖZKÜTÜKÇÜ

EDİRNE-2021

TEŞEKKÜR

Halk Sağlığı Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitim sürecimde bilgi ve deneyimleriyle yanımda olan, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen başta tez danışmanım Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Faruk YORULMAZ olmak üzere, Anabilim Dalımız değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Galip EKUKLU ve Dr. Öğr. Üyesi Ülfıye ÇELİKKALP'a, yetişmemde büyük emekleri olan SANKO Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı değerli öğretim üyesi Prof. Dr. Muzaffer Eskiocak'a ve Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tıp Eğitimi Anabilim Dalı Başkanı değerli öğretim üyesi Prof. Dr. Burcu TOKUÇ'a, proje kapsamında yapılmış olan bu çalışmanın maddi tüm gereksinimlerini karşılayarak çalışmamıza destek veren TÜBAP'a (Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi) katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Destekleriyle yanımda olan sevgili eşim ve oğluma, tüm hayatım boyunca her anımda yanımda olan, varlıklarıyla bana güç veren aileme ve tüm çalışma arkadaşlarıma

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VE AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	4
HAVA KİRLİLİĞİNİN TANIMI VE ÖNEMİ.....	4
HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	10
HAVA KALİTESİ İNDEKSİ	18
İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ	19
DIŞ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ	21
HAVA KİRLİLİĞİ NEDENLERİ.....	24
HAVA KİRLİLETİCİLERİ VE SAĞLIK ETKİLERİ	28
DÜNYADA ve TÜRKİYEDE HAVA KİRLİLİĞİ.....	52
DIŞ ORTAM KİRLİLETİCİLERİN SINIR DEĞERLERİ	54
GEREÇ VE YÖNTEMLER	63
BULGULAR.....	84
TARTIŞMA	117
SONUÇLAR	139
ÖZET	144
SUMMARY	146
KAYNAKLAR	148
EKLER	

SİMGİ VE KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AÇA	: Avrupa Çevre Ajansı
BAM	: Beta Zayıflatma Monitörü
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
ÇŞB	: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EPA	: Amerika Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
HKİ	: Hava Kalite İndeksi
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MTHM	: Marmara Temiz Hava Merkezi
NO	: Nitrik Oksit
NO₂	: Azot Dioksit
NO_x	: Azot Oksitleri
O₃	: Ozon
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
Pb	: Kurşun
PM	: Partiküler Madde
SDG	: Sustainable Development Goals

SO₂ : Kükürt Dioksit

TÜBAB : Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi

TÜTAGEM : Trakya Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Uygulama ve
Araştırma Merkezi

VOC : Uçucu Organik Bileşikler



GİRİŞ VE AMAÇ

Yeryüzünü saran hava tabakası olan atmosferin kalınlığı, yerden itibaren 560 km.'ye kadar uzanır ancak, bu hava kütleinin % 99'u 32 km.'nin altındadır. Atmosferin tabakalarını belirleyen en önemli faktör sıcaklıktır. Atmosfer sabit (Azot %78.08, Oksijen %20.95, Argon %0.93 vb.) ve değışken gazlardan (Su buharı %0-4, Karbondioksit %0.037, Metan %0.00017 vb) oluşur. Azot ve oksijen atmosferdeki gazların %99'unu oluşturur (1).

Hava kirliliğı, insan sağlığı, canlı hayatına zarar verecek, eşya ve malzemelerle birlikte ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilecek düzeyde katı, sıvı veya gaz formundaki kirleticilerin atmosferde bulunmasıdır. Hava kirliliğı, volkanik aktiviteler, orman yangınları, depremler ve bataklıklar gibi doğal nedenlerle oluşabildiğı gibi, sanayileşme, ısınma, ulaşım ve enerji üretimi gibi insan aktivitelerine bağı (antropojenik) da oluşabilmektedir. Nüfus artışı, buna bağı olarak artan şehirleşme ve sanayileşme hava kirliliğı sorununu beraberinde getirmektedir. Kuraklık, topografik koşullar ve iklimsel özellikler de hava kirliliğinin düzeyini etkilemektedir (2).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre dünyada her yıl toplam 8 milyon insan iç ve dış ortam hava kirliliğinin yol açtığı hastalıklar nedeniyle erken ölmektedir. Bu ölümlerin 4,2 milyonu sanayi, trafik ve ısınma gibi dış ortam ve 3,8 milyonu ise ev içinde yemek ve ısınma için yakılan yakıtlardan kaynaklı iç ortam hava kirliliğine bağı olarak gerçekleşmektedir (3). Hızlı kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısının artması, meteorolojik koşullar, ısınmada kullanılan yakıtlar, endüstriyel kuruluşlar ve termik santrallerin yaygınlaşması hava kirliliğinin artmasında büyük rol oynamaktadır (4).

DSÖ'ye göre her gün 15 yaşın altındaki yaklaşık 1.8 milyar çocuğun yaklaşık %93'ü kirli hava solumaktadır. DSÖ, 2016 yılında, kirli havanın neden olduğu akut alt solunum yolu enfeksiyonlarından 600.000 çocuğun öldüğünü tahmin etmektedir (5).

Halk sağlığı açısından en güçlü kanıtları olan hava kirleticileri; Partiküler maddeler (PM), Ozon (O₃), Karbonmonoksit (CO) Nitrojen oksitler (NO_x), Kükürt dioksit (SO₂), Kurşun (Pb)'dur (6).

PM, havada asılı katı-sıvı, organik ve inorganik maddelerin kompleks karışımından oluşan bir hava kirleticisidir. PM boyutu solunum yolu sistemi ve bununla ilgili sağlık etkileri ilişkilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Partikül boyutu genellikle aerodinamik çap olarak ifade edilir ve birkaç nanometreden (nm) onlarca mikrometre (µm) çap aralığında değişim gösterir. Çapı 2,5 µm'den büyük olan partiküller kaba, 2,5 µm'den küçük olan partiküller ise, ince PM olarak isimlendirilmiştir. Çapı 10 µm'den az olan partiküller PM₁₀ ve çapı 2,5 µm'den küçük parçacıklar PM_{2.5} olarak adlandırılır. PM_{2.5} ayrıca 0.1 µm'den daha küçük bir çapa sahip ultra ince tanecikleri içerir. Avrupa'nın birçok yerinde PM_{2.5}, PM₁₀'un % 50-70'ini oluşturmaktadır (7).

Başta kalp-damar, solunum ve nörolojik sistem hastalıklarına neden olan ve 2013 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından “Grup 1 Karsinojen” listesine alınan “dış ortam hava kirliliği” akciğer kanseri açısından kesin olarak kanserojen olarak sınıflandırmış, ek olarak mesane kanseri açısından da riski arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca dış ortam hava kirliliğinin ana bileşeni PM'yi ayrı olarak değerlendirilmiş ve PM'yi de “Grup 1 Karsinojen” olarak sınıflandırmıştır (8).

DSÖ, Birleşmiş Milletler Çevre Örgütü ve İklim ve Temiz Hava Koalisyonunun paydaşlığında yürüttüğü BreatheLife 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de her yıl 32.657 kişi hava kirliliği ile ilgili bir hastalıktan ölmektedir (9).

Bu çalışmanın amacı; Keşan İlçesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında ölçülen PM₁₀-PM_{2.5} değerlerinin değişiminin incelenmesi ve PM₁₀-PM_{2.5} bileşimindeki elementlerin analiz edilerek ortaya konulmasıdır.

Çalışmanın amaçları;

- Keşan İlçesinde PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerinin değişiminin saatlik, günlük, mevsimlik ve yıllık olarak incelenerek, ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırılması,
- PM_{10} ve $PM_{2.5}$ içinde bulunan ölçülebilir düzeydeki elementlerin laboratuvar analizleri ile tespit edilmesi,
- PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerinin değişimi ile analiz sonucu çıkan elementlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi,
- Analiz sonucu çıkan elementler için olası PM_{10} ve $PM_{2.5}$ kirletici kaynakların belirlenmeye çalışılması,
- PM_{10} ve $PM_{2.5}$ kirliliği ve bileşiminin muhtemel sağlık etkilerinin araştırılıp ilgili mercilerle paylaşılması,
- Hava kirliliği ve sağlık etkileri konusunda halkın ve yetkililerin duyarlılığının artırılmasıdır.

GENEL BİLGİLER

HAVA KİRLİLİĞİNİN TANIMI VE ÖNEMİ

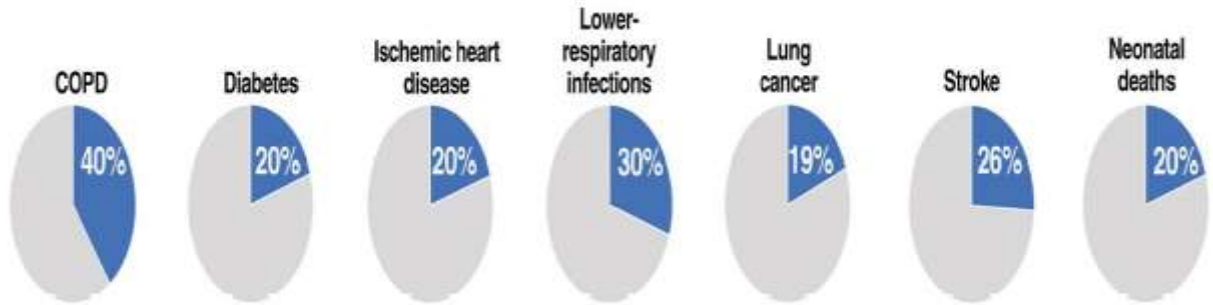
Günümüzde hava kirliliği, gerek ülke gerekse dünya gündeminde önemli bir yere sahiptir. ‘‘İnsan sağlığını veya çevresel dengeleri bozacak şekilde havanın bileşiminin değişmesine ya da havada bulunmaması gereken maddelerin havaya karışmasına **hava kirliliği**’’ denir. Bir diğer anlatımla; ‘‘Doğal olarak havada bulunmayan maddelerin ya da normal düzeylerde iken zararlı olmayan maddelerin miktarının artmasına bağlı olarak canlıların yaşamını, insanların sağlığını olumsuz etkileyen, cansız maddelere de zarar verebilen, ekonomik kayıplara neden olan duruma **hava kirlenmesi**’’ denmektedir (10).

Dünya atmosferi çeşitli gazların karışımından oluşur. Bu karışım, konsantrasyonları sürekli olarak sabit kalan ve günlük veya mevsimsel olarak ya da insan faaliyetleri sonucu oranları değişebilen çeşitli maddeler içermektedir (Tablo 1)(11).

Tablo 1. Atmosferi Oluşturan Gazlar ve Oranları (11)

Atmosferdeki Sabit Gazlar	Sembol	Kuru Havada Oran (%)	Atmosferdeki Değişen Gazlar	Sembol	Kuru Havada Oran (%)
Nitrojen	N ₂	78.08	Su buharı	H ₂ O	0 - 4
Oksijen	O ₂	20.95	Karbondioksit	CO ₂	0.037
Argon	Ar	0.93	Metan	CH ₄	0.00017
Neon	Ne	0.0018	Nitrojen Oksit	N ₂ O	0.00003
Helyum	He	0.0005	Ozon	O ₃	0.000004
Hidrojen	H ₂	0.00006	Partiküller (Duman, kurum vb)	PM	0.000001
Xenon	Xe	0.000009	Kloroflorokarbon	CFC _s	0.00000002

Her yıl, dünya çapında hava kirliliğine maruz kalmanın sonucu olarak trafik kazalarından çok daha fazla insan ölmekte olup; bu rakamın 2019'da 1,28 milyon olduğu tahmin edilmektedir. Bu durum, hava kirliliğine uzun süreli maruziyetin, bulaşıcı olmayan hastalıklara ve daha özel olarak 2019'da dünyanın önde gelen ölüm nedenlerinden bazılarına yaptığı önemli katkı yaptığını göstermektedir (Şekil 1). Hava kirliliğinin getirdiği yükün yaklaşık % 80'i bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklanmaktadır. Örneğin; PM2.5, iç ortam hava kirliliği ve O₃ birlikte kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) kaynaklı ölümlerin % 40'ına kadar katkıda bulunur. Hava kirliliği aynı zamanda alt solunum yolu enfeksiyonlarının % 30'una ve neonatal bebek ölümlerinin % 20'sine sebep olmaktadır (12).



Şekil 1. Toplam hava kirliliğine atfedilebilen belirli nedenlerden kaynaklanan küresel ölümlerin yüzdesi (12)

Hava kirliliği, sağlığın en önemli belirleyicilerinden biridir. Çok sayıda epidemiyolojik çalışma, hava kirliliği ile genel popülasyonda çok çeşitli olumsuz sağlık etkileri arasında bir ilişki olduğunu bulmuştur; etkiler şekil 2'de gösterildiği gibi subklinik etkilerden prematür ölüm kadar değişmektedir (13).



Şekil 2. Hava Kirliliği Sağlık Etkileri Piramidi (13)

Atmosferde bulunan gazlar ve PM'ler hava kirliliğini oluşturmaktadır. SO₂, Azot Oksit'ler (NO_x), O₃, CO, Uçucu Organik Bileşikler (VOC), bazı toksik kirleticiler ve bazı metallerin gaz formları kirletici gazları oluşturmaktadır. PM'ler ise; sülfat, nitrat, elemental karbon ve organik karbon gibi pek çok maddenin bileşiminden oluşmaktadır. Bazı kirleticiler atmosfere direkt salınırken (primer kirleticiler), bazıları da havada kimyasal reaksiyona girerek (sekonder kirleticiler) oluşmaktadır (14).

Hava kirliliğinin birden çok kaynağı olabilmektedir. Bu kaynakların başlıcalarından biri insan faaliyetleridir. İnsan faaliyetlerine bağlı hava kirliliği kaynakları şunlardır (15):

- a) Sanayi ve santrallerde enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtlar,
- b) Ulaşım için kullanılan fosil yakıtlar,
- c) Madencilik tesisleri ve endüstriyel tesisler,
- d) Evlerde ısınma ve yemek yapma amaçlı kömür ve odun yakılması,
- e) İnşaat faaliyetleri ve yollardan kaynaklanan tozlar,
- f) Atık ve anızların yakılması,
- h) Bazı endüstriyel tarım faaliyetleridir.

2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG 2030), aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 193 üye ülkenin imzası ile kabul edilen, 17 temel amaç ve bunlara bağlı olan 169 hedeften oluşmaktadır (Şekil 3). Bu küresel gündem, 2030 yılına kadar herkes için insan hakları ilkesini öne çıkaran bir anlayışla, ülkelerin kalkınma plan ve politikalarının şekillenmesini öngörmektedir (16). Hava kirliliği ile ilgili endişeler SDG'ye yansımakta ve kentlerdeki hava kirliliği seviyeleri, kentsel sürdürülebilir kalkınmanın bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (SKH 11); temiz enerjiye erişim - özellikle temiz iç ortam yakıtları ve teknolojileri - sürdürülebilir enerji için bir gösterge olarak vurgulanmaktadır (SKH 7) ve hava kirliliğine (dış ve iç ortam) bağlı mortalite, sağlık SKH hedefi için bir gösterge olarak kullanılmaktadır (SKH 3) (17).



Şekil 3. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (18)

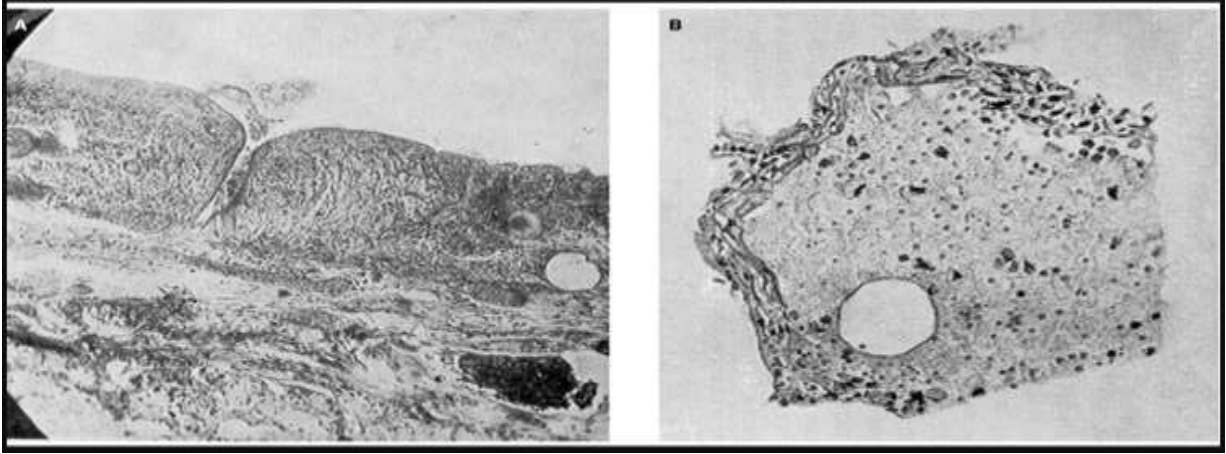
Hava Kirliliğinin Tarihsel Gelişimi

Avrupa’da artan nüfusla birlikte ormanların yok olması ve beraberinde de kömürün artan kullanımı ile hava kirliliği gözle görülür hale gelmiştir. Bu nedenle, 1307’de İngiltere Kralı I. Edward, Londra üzerinde sabit kalan sis nedeniyle ithal kömür kullanımını yasaklamıştır. Endüstrileşmeyle artan hava kirliliğine karşı İngiltere, Avrupa ve Kuzey Amerika’da bir takım yasal önlemler alınmaya başlanmıştır. İngiltere’de 1875’te kabul edilen halk sağlığı yasası, hava kirliliğini azaltıcı bölümleri de içermektedir. İlk temiz hava yasası ise 1881’de ABD’de Chicago ve Cincinnati’de kabul edilmiştir (19).

20. yüzyılda tanımlanan 3 büyük hava kirliliği;

Meuse Vadisi Hava Kirliliği

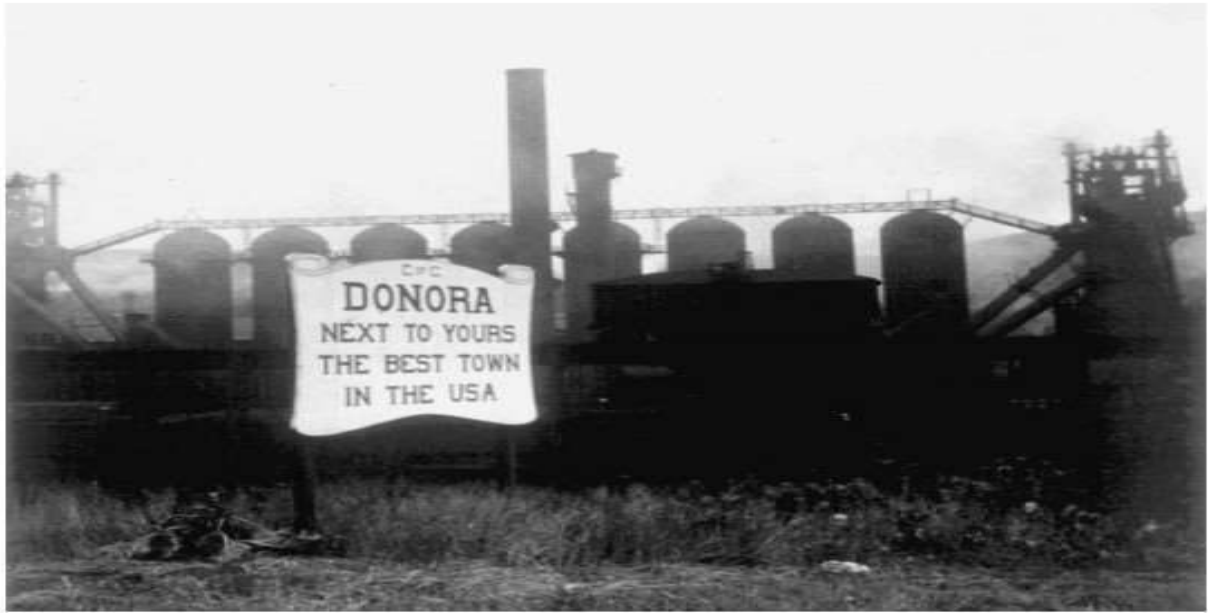
20.yy’da ölümlere neden olan ilk hava kirliliği, 1930’da Belçika’daki Meuse Vadi’sinde gerçekleşmiştir. Liege bölgesindeki Meuse Nehri’nin kıyısı o yıllarda cam, çelik, çinko, gübre ve patlayıcı madde sanayisinde Avrupa’nın en endüstrileşmiş bölgesiydi. 1-5 Aralık 1930’da vadiye daha yaygın olmak üzere, Belçika’nın büyük bir kısmını yoğun bir sis kapladı. Üç gün içinde 60’dan fazla insan öldü (20).



Şekil 4. Sis kurbanlarının postmortem örneklerinde hava yolları ve alveolar bölge histolojisi (20)

Donora Kasabası Hava Kirliliği

ABD’de 26 Ekim 1948’de Batı Pennsylvania da Monongahela Nehri kıyısında küçük bir endüstri kasabası olan Donora’yı partiküllere bağlı olarak yoğun bir sis örtüsü kaplamıştır. Bu sis bulutu içinde artmış miktarda SO₂, CO ve maden tozları bulunmaktaydı. 14 000 nüfuslu kasabada 5000-7000 kişi rahatsızlanmış, 400 kişi hastaneye yatırılmış ve bunlardan 20’si bu hava kirliliğinden dolayı hayatını kaybetmişlerdir. 30 Ekimde yağan yağmur ile ölümcül sis dağılmıştır. Felaketten sonra yapılan araştırmada özellikle çinko ve çelik endüstrisinin yarattığı kirlilik suçlanmıştır (21).



Resim 1. 1948 Donora Sis (21)

Londra Hava Kirliliği

5-9 Aralık 1952’de İngiltere’nin Londra şehri ölümcül bir sis ile kaplanmıştır ve kirli havaya bağlı 3000 ölüm bildirilmiştir. Ancak, daha sonra yapılan analizler bu rakamın, kirliliğin devam ettiği 1953 yılı Mart ayına kadar 12 000’lere ulaştığını göstermiştir. Yapılan incelemeler 1952’nin Kasım ayının çok soğuk geçmesi nedeniyle, dönemin Londra sakinleri ısınabilmek için çok fazla kömür ve odun tükettiklerini göstermiştir. Aralık ayının ilk haftasında yapılan analizler havaya atılan SO₂ miktarının 370 ton olduğunu göstermiştir (22).

Hava Kirliliği Tipleri

Hava kirliliği, kirleticilerin bileşimine bağlı olarak Londra tipi ve Los Angeles tipi olarak iki alt tipe ayrılmaktadır.

Londra tipi hava kirlenmesi

Londra tipi hava kirlenmesi, kömür ve petrol yanma ürünlerinin sisle karışmasıyla oluşan kirliliği tanımlamaktadır. İngilizcede duman ve sis sözcüklerinden SMOG (smoke-fog) terimi türetilmiştir. SMOG sis ve duman karışımıdır ve kenti battaniye gibi örter. Bu tip kirlenmede SO₂ birikimi ve sülfürik asit yoğunlaşması görülür (23). Kirlilik düşük sıcaklıklarda ve yüksek nemde meydana gelir; sabahın erken saatlerinde en yüksek seviyelere ulaşır ve görüşün azalmasına neden olur. Kirliliğin bronşları tahriş ederek astım ve bronşitlere neden olduğu ileri sürülmektedir. Kirlilik yüksek seviyelere ulaştığında ise, boğulma hissine ve ölümlere neden olur (24).

Los Angeles tipi hava kirlenmesi

Bu tip kirlenmede ise dumandan çok gazlara bağlı bir kirlilik artımı görülür. Los Angeles okyanus kıyısındadır ve etrafı dağlarla çevrili olan bu kent C biçiminde bir çanakta yer almaktadır. Otomobil trafiği yoğundur. Okyanustan gelen sisin, otomobil egzoz gazlarıyla karışımı sonucu smog oluşmaktadır. Bunlara rafineri gazları da eklemektedir. Güneş ışığının etkisiyle oluşan fotokimyasal değişiklikler, hidrokarbonlar ve NO_x meydana gelmesine yol açar. Gözlerde sulanma ve yanma, iltihaplanma, akciğer ödemeine sebep olur. Ayrıca bitkilerin kurumasına, boyaların aşınarak dökülmesine, lastiklerin çürümesine yol açar (23).

HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Yerleşim yerlerinde hava kirliliğini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen faktörler; doğal ve beşeri faktörler olmak üzere iki kategoride ele alınabilir. Doğal faktörler; topografik ve iklimsel özellikler (sıcaklık, bağıl nem, yağış, inversiyon, basınç ve rüzgârlar), beşeri faktörler ise; nüfus artışı, düzensiz kentleşme, fosil yakıtlar, motorlu taşıtlar, kent merkezli alternatifsiz ulaşım güzergâhları, bireysel duyarlık ve kurumsal denetim faktörleridir (25).

Doğal faktörler

Topografik Özellikler

Yerleşim merkezlerinin kurulduğu yerlerin topografik özellikleri, hava kalitesini olumlu ya da olumsuz şekillerde etkileyebilmektedir. Bu etki daha çok kirleticilerin konsantrasyonu ve yerleşim yeri üzerinde kalış süresi şeklinde olabilmektedir. Bu açıdan topografyanın şekli, yükselti ve bakı gibi özellikler, hava kirliliğini etkileyen en önemli faktörler olarak değerlendirilmektedir (26).

Topografyanın şekli

Yerleşim biriminin kurulduğu yerin topografik şekli, hava kalitesini olumsuz etkileyebileceği gibi, olumlu rol üstlenerek kirliliğin doğal yollardan dağılmasına zemin de hazırlayabilir. Bu bakımdan etrafı yüksek bir çerçeve ile sınırlandırılmış olan havza tabanları veya rüzgâr istikametine dik olan vadi tabanları ya da yamaçları, buralarda kurulmuş olan yerleşmelerin hava kirliliğinde negatif etkiye sahiptir. Türkiye'deki kentlerin birçoğunda topografik koşulların olumsuz bir rol oynadığı anlaşılmaktadır (26).

Yükseklik

Topografyanın yükseklik faktörü, hava sıcaklığını etkilemesi bakımından dolaylı olarak hava kirliliğinde etkili olmakta ve yükseldikçe hava sıcaklığı azalmaktadır. Buna bağlı olarak yükseklerde yıllık ve günlük sıcaklık salınımları artmakta, yıllık amplitüd yükselmektedir. Sıcaklığın bu gibi özellikleri, doğrudan yanma dönemini ve günlük süreyi belirlediğinden, yanmadan kaynaklanan kirleticilerin konsantrasyonunu da etkilemektedir. Buna göre diğer koşulları eşit olan iki yerleşmeden yüksekte olanı daha fazla yakıt tüketeceğinden, havaya daha yüksek miktarda kirletici gönderilecektir (26).

Bakı

Bakı faktörü, bir yerleşmenin güneşe karşı olan konumudur. Güneşlenme süresi, o yerleşim merkezinin atmosfer sıcaklığında rol oynamaktadır. Bakı durumuna bağlı olarak değişen atmosfer sıcaklığı, yerleşmelerdeki ısınma ihtiyacını ve buna bağlı olarak tüketilen yakıt miktarını belirleyebilmektedir. Buna göre bakı durumu, ısınma ihtiyacı ve tüketilen yakıt miktarını buna paralel biçimde hava kirliliğini etkilemektedir (26).

İklimsel Özellikler

Hava kirliliği ile meteorolojik faktörler arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (27). Klimatik şartlar, uygun olmadığı ölçülerde atmosfer kirliliğini daha da artırmakta, ya da kirli havanın yayılmasına neden olmaktadır. Türkiye’de hava kirliliği iklim şartları ilişkisi araştırılırken, daha çok yılın soğuk devresi olan kış dönemi dikkate alınmaktadır. Bu dönemde düşük sıcaklıklar, yüksek basınç şartları, rüzgârlar ve inversiyon gibi olumsuz klimatolojik olaylar, hava kirlenmesini arttırmaktadırlar (26). Buna ek olarak, hava kalitesi üzerinde belirleyici bir başka iklim elemanı olan rüzgârın esme hızı ve hâkim yönü, yerleşim alanları üzerinde biriken kirli havanın uzaklaştırılması bakımından önem taşımaktadır (27).

Basınç

Atmosferdeki gazların yer çekimi nedeniyle bir ağırlığı vardır ve birim alana düşen bu ağırlığa basınç denilmektedir. Atmosfer basıncını yükseklik, sıcaklık, yoğunluk, ekvatora uzaklık, yer çekimi gibi faktörler etkilemektedir. Meteorolojide basınç milimetre Hg (mm Hg) veya milibar (mb) cinsinden ifade edilir. Normal atmosfer basıncı 760 mm Hg olarak kabul edilir ve bunun altındaki değere alçak basınç, üstündeki değere yüksek basınç denir (ee). Dünyanın kendi etrafında dönüşüyle savrulma ve çevrinti hareketleri oluşur ve bunlar siklon ve antisiklon adı verilen kütsel girdaplara neden olurlar. Antisiklon yani yüksek basınç alanı, durgun, hafif rüzgarlı, kararlı havaya neden olur. Antisiklonun yerleştiği günlerde kirleticiler, havaya salındıkları bölgeden dağılıp uzaklaşamazlar. Hava kirleticilerin dağılmasında siklonlar etkili meteorolojik sistemlerdir (28).

Sıcaklık

Bir cismin kütlesi içinde var olan enerjinin toplam miktarına “ısı” denir. Her molekülün artan kinetik enerjisinin, elektromanyetik dalgalar şeklinde çevrede oluşturduğu etkiye de “sıcaklık” denir. Sıcaklık en önemli iklim faktörlerinden biri olarak, basınç ve yağışın miktarını da büyük ölçüde etkiler. Yerin şekli ve hareketleri, güneş, kara ve denizler havanın ısınmasını

ve soğumasını etkileyen en önemli faktörlerdir. Yerin şekli, sıcaklığın yeryüzündeki dağılışını değiştirir. Ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe sıcaklık azalır. Klimatolojik anlamda, gerçek hava sıcaklığı; gölgede yerden 2 metre yüksekte, içerisine güneş ışınları sızmayan hava kütlelerinin sıcaklığının ölçülmesiyle bulunur (29).

Sıcaklık ve hava kirliliği arasında çok sıkı ilişki vardır. Bu bakımdan özellikle yıllık ve günlük sıcaklık salınımları ile yanma dönemi içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklıklar ile sıcaklığın 0°C'nin altına indiği günlerin sayısı çok önemlidir. Çünkü hava sıcaklığı, binalarda yanan ısıtıcıların yanma derecelerini, sürelerini ve doğrudan kullanılan yakıt miktarını etkileyerek, hava kirliliğinde rol almaktadır. Ülkemizde hava sıcaklığının 18°C altına düştüğü mevsimle birlikte, yanma olayının başlaması nedeniyle, 18°C'lik sıcaklık yanma açısından bir eşik değer durumundadır. Bu nedenle yanma dönemini belirleyen 18 °C'nin altındaki mevsimlik ve günlük sıcaklıklar son derece önemlidir (26).

Soğuk hava dalgaları kısa sürelerde gelişebilen ve uzun süreler boyunca etki gösterebilen durumlardır. Isınma amaçlı kullanılan, kükürt içeriği yüksek yakıtlar hava kirliliği yolu ile sağlık sorunlarına yol açmaktadır (30).

Aşırı yüksek hava sıcaklıkları, özellikle yaşlılarda kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarından ölüme doğrudan katkıda bulunabilmektedir. Yüksek sıcaklıklar ayrıca, havadaki O₃ ve diğer kirlletici maddelerin seviyelerini artırarak, kardiyovasküler ve solunum yolu hastalığı riskini daha da yükseltmektedir. Aşırı sıcaklıkta polen ve diğer aeroallerjen seviyeleri daha da yükselir, bu durum da küresel düzeyde 300 milyon insanı etkileyen astımı tetikleyebilir (31).

Sıcaklık terslenmesi (İnversiyon): Sıcaklık normalde troposfere doğru çıkıldıkça, her 100 metrede 0,5-1°C arasında azalır. Bazen sıcaklık yükseklikle azalacağı yerde artış gösterebilir. Atmosferde bir bölgede, normal sıcaklığın birden bire artmaya başlaması ile ince bir katman oluşarak, hava tabakalarının yukarı hareketine engel olan bir kapak fonksiyonu görür. Bu duruma sıcaklık terslenmesi yani inversiyon denilmektedir. Bu durumda düşey hava hareketleri engellenir, atmosferde hava kirleticileri daha üst tabakalara çıkarak dağılamaz ve yerleşim yeri üzerinde kalır. Çanak şeklinde topografik yapı, yeşil alanların azlığı, rüzgârın az olması, aynı bölgede sürekli ve yoğun trafik gibi durumlar da inversiyona katkıda bulunarak hava kalitesi üzerinde olumsuz etki oluşturur (32).

Nem

Hava, içerdiği gaz ve katı bileşiklerin yanında, gözle görülmeyen gaz halinde su da içerir. Atmosferde bulunan buhar miktarı, atmosferin sıcaklığı ile ilişkilidir. Sıcak bir atmosfer

daha çok su buharı tutar. Her sıcaklık derecesi için, azami miktarda buhar şeklinde suyun bulunduğu duruma atmosferin doymuşluğu denir. Aşırı derecede doymuşluk durumunda su yoğunlaşarak bulut ve sise sebep olur. Bu yoğunlaşma, düşük sıcaklıklarda buz kristalleri oluşturur (29).

Mutlak Nem: Birim hacim hava kütlelerinde bulunan su buharı miktarına denir (g/m^3) (28). Mutlak nem klimatolojik amaçlarla az kullanılır. Belli bir sıcaklıktaki mümkün olan maksimum buhar basıncının oranını belirtir. Mutlak nem ölçümü, bir yerdeki hava kütlelerinin karşılaştırılması amacıyla kullanılabilir. Mutlak nem; sıcak ve nemli ekvatorial ve denizel hava kütlelerinde yüksek, soğuk ve kuru kutupsal hava kütlelerinde ise düşüktür (29).

Nispi (Bağıl) Nem: Mevcut basınç ve sıcaklıkta, havada bulunan su buharı miktarının, aynı hacim, basınç ve sıcaklıktaki havada bulunabilecek maksimum su buharına oranına denir ve yüzde olarak ifade edilir (28). Nispî nemin değeri, doyma basıncına göre değişmektedir. Klimatolojide nispî nem kullanılır (29).

Atmosferde bulunan nem miktarı arttıkça, kirleticiler daha güç dağılmakta ve inversiyon daha kolay oluşmaktadır. Kuru havada yükseklikle sıcaklık değişimi $1^\circ\text{C}/100\text{ m}$ iken nemli bir havada $0,65^\circ\text{C}/100\text{ m}$ 'dir. Dolayısıyla yer ile yüksek seviyeler arasında sıcaklık farkı azalır (33).

Sis

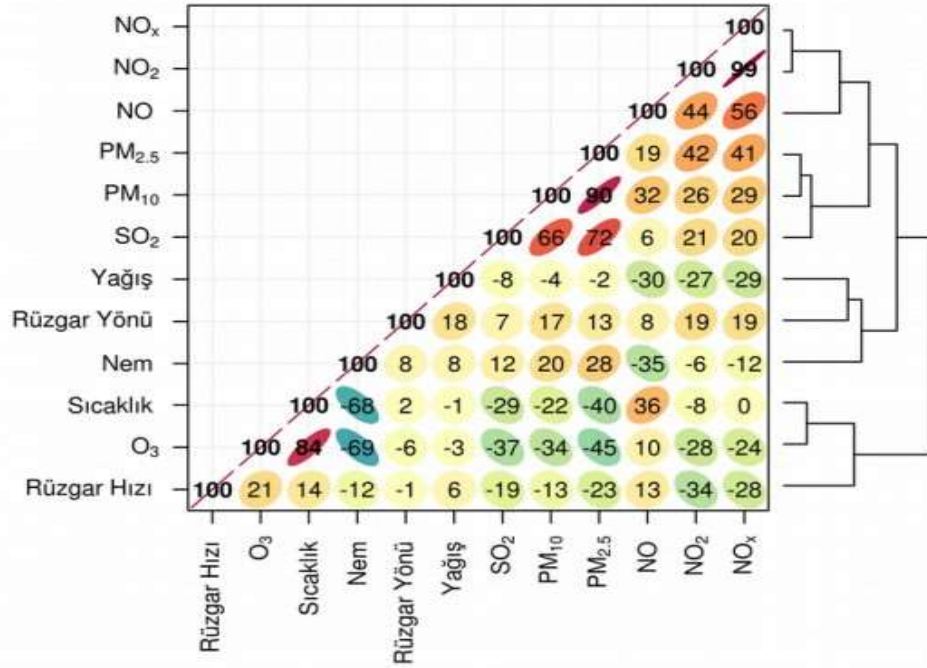
Sis, yeryüzüne inmiş stratus bulutlardır. Sisli günlerde hava sıcaklığı, yerden yükseklerle çıkıldıkça artar (inversiyon). Sis ve inversiyon oluşumu iç içe düşünülebilir. Normal şartlarda yerden yükseldikçe sıcaklık azalmaktadır. Bunun tersi durumlarda, havada yeterince nem mevcut ve rüzgar da yoksa sis kolayca oluşur ve kirlilik arttıkça sisin yoğunluğu ve dağılma süresi artar (33).

Rüzgâr

Atmosferde yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru, yatay hava akımlarına “rüzgâr” denilmektedir. Rüzgâr, hava kirleticilerin dağılması, difüzyonu ve seyreltilmesinde önemli faktörlerden biridir. Rüzgârlar, kendilerini meydana getiren hava kütlelerinin özelliklerine göre, nem ve sıcaklık değişimine neden olarak çevreyi etkilerler ve bu etkileri rüzgârın hızı, yönü ve esme sıklığı ile ilişkilidir. Rüzgâr hızı saatte kilometre (km/h) veya saniyede metre (m/sn) olarak ifade edilir (28). Rüzgâr hızı, hava kirleticilerinin atmosferdeki hareket hızını, dağılımını ve yükselmesini etkilemektedir. Kuvvetli rüzgarlar ile kirleticilerin aşağı hareketi sırasında yoğunluğu düşer ve oluşan türbülans kirleticilerin havayla

aynı oranda karışmasını sağlar. Rüzgâr paternleri ile kirleticilerin taşındığı yön hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir (34). Hava kalitesi üzerinde belirleyici iklim elemanı olan rüzgârın esme hızı ve hâkim yönü, yerleşim alanları üzerinde biriken kirli havanın uzaklaştırılması bakımından önem taşımaktadır (35).

Kirleticiler, meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri şekil 5'te gösterilmiştir (36).



Şekil 5. Kirleticiler ve meteorolojik veriler arası korelasyon grafikleri (36)

Şekil 5'te korelasyon değerleri incelendiğinde (36);

- En büyük değer %99 olarak NO_x ve azot dioksit (NO₂) kirleticileri arasında gözlemlenmiştir. Elde edilen değer %50 ten büyük olduğundan dolayı iki kirletici parametre arasında kuvvetli ve pozitif bir ilişki vardır.
- En düşük değer -%69 olarak nem ve O₃ kirleticileri arasında gözlemlenmiştir. Elde edilen değer -%50 ten küçük olduğundan dolayı iki kirletici parametre arasında negatif ancak kuvvetli bir ilişki vardır.
- PM₁₀ ve SO₂ arasındaki korelasyon 0.66 olduğundan ve ≥ 0.5 değerinden olduğundan bu iki kirleticinin kaynağı aynıdır.

Beşeri Faktörler

Hava kirliliğinde doğal koşulların yanı sıra, beşeri faktörlerin de büyük etkisi vardır. Beşeri faktörler içerisinde hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, gecekondulaşma, fosil yakıt kullanımı, motorlu taşıtlar, kent merkezli alternatifsiz ulaşım güzergâhları ve kurumsal denetim gibi unsurlar yer almaktadır (25).

Kırsal kesimden göç eden düşük sosyoekonomik düzeyli nüfus, kentin çevresindeki bölgelere, denetimsiz biçimde yerleşmiş ve bu kesimlerde sıkça düşük kaliteli fosil yakıtlar kullanılmıştır. Bu durum kentteki kirliliğin ana nedenini oluşturmaktadır. Artan nüfusla birlikte kentte birim alana düşen yeşil alanlar azalmakta, insan sayısı, hane sayısı ve tüketilen yakıt miktarında hızlı bir artış ortaya çıkmaktadır. Artan yakıt miktarına paralel biçimde hava kirliliği de artmaktadır. Kentte hava kirliliği üzerinde etkili olan diğer bir önemli unsur da, plansız kentleşmedir. Sahada binalar sıkışık, iç içe ve çok katlı bir şekilde tasarlanmıştır. Bu durum kent üzerine çöken kirli havanın rüzgârlar tarafından tahliye edilmesinde olumsuz bir durum arz etmektedir (37).

Son yıllarda, nüfus artışı ve yaşam seviyesinin yükselmesi sonucunda, taşıt sayısında büyük bir artış olmuştur. Bunun sonucu olarak karayollarında seyir halindeki motorlu taşıtların egzozlarından kent atmosferine verilen kirleticilerin seviyeleri, bölgenin meteorolojik ve topografik koşullarının etkisiyle zaman zaman insan sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşabilmektedir (38).

Trafik

Hem dünyada hem de Türkiye’de, kentlerde hava kirliliği kaynaklarından olan trafikte motorlu araç sayısı her geçen gün artmaktadır. TÜİK verilerine göre, 2002 yılında 8.655.170 olan taşıt sayısı, 2020 yılı Eylül ayı itibariyle 23 854 820’ye çıkmış, yani son 18 yılda motorlu taşıt sayısı 2.75 kat artış göstermiştir. Trafikte araç sayısı arttıkça, ulaşım kaynaklı hava kirletici emisyonu da o oranda artmaktadır (39).

Trafik kaynaklı hava kirleticiler; CO, PM (PM10 ve PM2.5), NO_x, VOC, PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar), yaz aylarında O₃, CO₂’dir. Bu kirleticilerin konsantrasyonu, araç yoğunluğuna, trafik sıklığına, araçların dur-kalk sıklığına, atmosferik şartlara (özellikle inversiyonlu günler), benzinli ve dizel araç sayısına, yaşlı araç sayısına ve egzoz muayenesi yapılmayan araç sayısına bağlı olarak değişir. VOC’ler, NO_x, PM2.5 ve PAH kirleticilerinin ana kaynağı dizel yakıt kullanan araçlardır. Cadde, meydan ve sokaklarda hava

kirliliği, özellikle PAH konsantrasyonu, kırsal bölgelere göre 10 ila 30 kat daha yüksektir. Kent içi bölgelerde hava kirliliğinin %30-45 oranında kaynağı motorlu taşıtlardır (40).

Enerji

Enerji sektörü her ülkede önemli bir hava kirliliği kaynağıdır. Avrupa Çevre Ajansı (AÇA)'nın (2011) araştırmasında, enerji arzı ve kullanımının, NO_x emisyonlarının %48'inden, metan dışı uçucu organik bileşik emisyonlarının %35'inden ve SO₂ emisyonlarının %99'undan sorumlu olduğunu göstermektedir. Kömürlü termik santraller, Türkiye'nin enerji sisteminde merkezi bir rol oynamaktadır. Ancak kömür santralleri çevreye büyük miktarlarda PM, SO₂ ve NO_x salmaktadır. Kömür santrallerinin bacalarından yayılan diğer tehlikeli maddeler cıva gibi ağır metaller, dioksinler ve PAH'lar gibi kalıcı organik kirleticilerdir. Büyük bir kömür santrali, her yıl binlerce ton olmak üzere ve ortalama ömürleri olan en az 40 yıl olan hava kirletici madde yaymaktadır. Avrupa'daki kömür santrallerinin emisyonları, çevre kirliliğinden kaynaklanan hastalıklara önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Sağlık ve Çevre Birliği'nin (2015) raporunda yayınlanan veriler, AB genelinde her yıl 18.200'den fazla erken ölüm, yaklaşık 8.500 yeni kronik bronşit vakası ve 4 milyonun üzerinde kayıp iş günü olduğunu göstermektedir. AB'de kömür kullanımından kaynaklanan sağlık etkilerinin ekonomik maliyetinin yılda 42,8 milyar avro olduğu tahmin edilmektedir (41).

Endüstrileşme

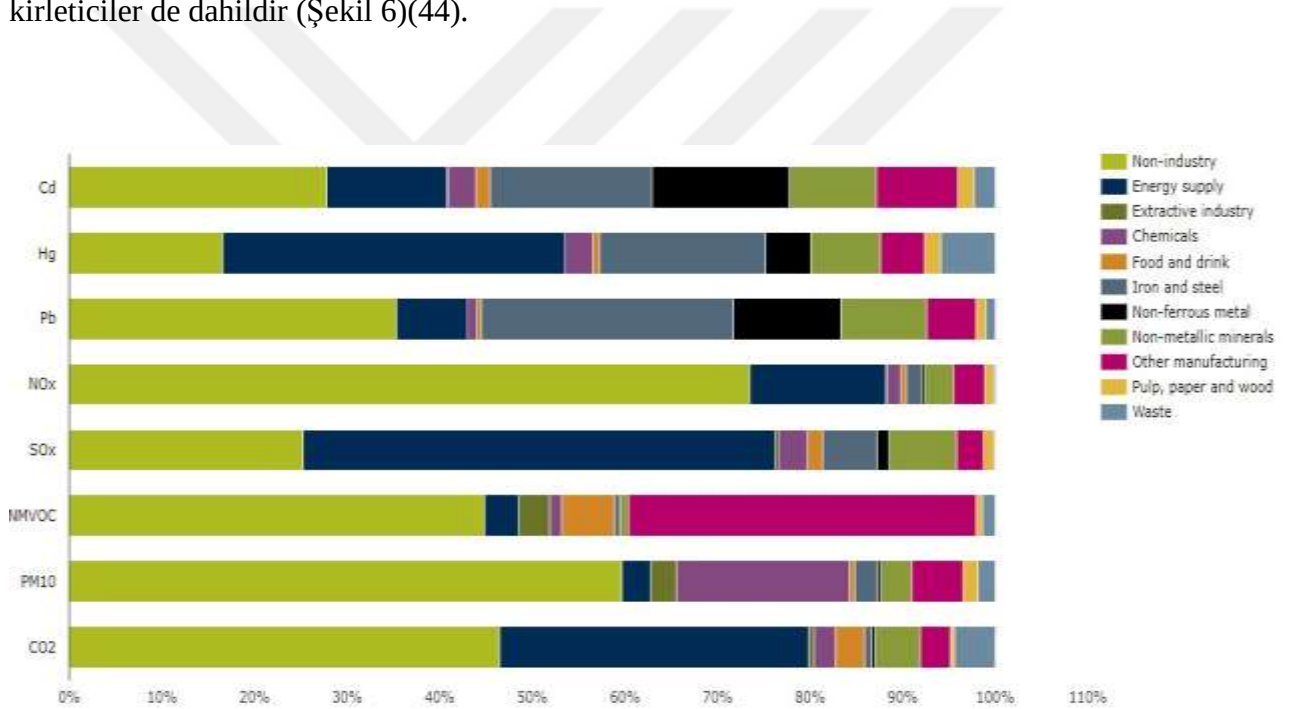
Hava kirliliği problemi, sanayi devriminden sonra ve özellikle sanayileşmiş bölgelerde ciddi biçimde artmıştır. Hava kirliliği çevre problemlerinden sadece biri olup küreselleşen dünyada, ülkeleri birbirlerine karşı sorumlu kılan en bağlayıcı kirlilik türü olmuştur. Bunda O₃ tabakasının incilmesi, küresel ısınma problemleri önemli rol oynamıştır. Son zamanlarda ise uzun mesafeli taşınımlara söz konusu olan ve özellikle kalıcı toksik maddeler için antlaşmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu konuda en duyarlı ülkelerin başında Kanada gelmektedir. Kanada, Meksika'nın kullandığı pestisit veya atmosfere gönderdiği kalıcı gazların grasshopper etkisiyle kendi topraklarını etkilediği yolunda bulgulara ulaşmıştır (42).

Sanayi tesislerinin kuruluşunda yanlış yer seçimi, çevrenin korunması açısından gerekli tedbirlerin alınmaması (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.), uygun teknolojilerin kullanılmaması, enerji üreten yakma ünitelerinde, vasıfsız ve yüksek kükürt içeren yakıtların kullanılması hava kirliliğine sebep olan etkenlerin başında gelmektedir (37). Hava kirliliğine neden olan, kirletici vasfı yüksek sanayi kollarına; petrol rafineri, petro-kimya entegre tesisleri, kimya sanayi ve zirai mücadele ilaçları, enerji üretimi (termik santraller), selüloz ve kağıt

sanayi, demir çelik sanayi, çimento sanayi, gübre sanayi, şeker sanayi, deri sanayi, taş-toprak sanayi, tekstil sanayi, lastik sanayi örnek verilebilir (26).

Avrupa’da en fazla kirlilik yaratan 10,000 tesisten kaynaklanan hava kirliliğinin maliyeti, 2009 yılında 102-169 milyar Euro arasındadır. Bu maliyetlerin yarısı, tesislerin sadece 191’i veya %2’sinden salınan emisyonlar sonucunda ortaya çıkmıştır. AÇA’nın analizinin kapsadığı tesislerin hava kirliliği, 2009’da ortalama olarak her Avrupa vatandaşına yaklaşık 200-330 € 'ya mal olmuştur (43).

Havaya salınan endüstriyel kirleticiler arasında CO₂ gibi sera gazlarının salınımı ve SO_x gibi asitleştirici kirleticiler yer alır. NO_x, PM₁₀, metan olmayan VOC'ler, özellikle Cd, Pb ve Hg dahil olmak üzere ağır metaller gibi insan ve çevre sağlığı üzerinde etkileri olabilecek kirleticiler de dahildir (Şekil 6)(44).



Şekil 6. 2017’de sektöre göre toplam AÇA-33 kirleticiler emisyonlarının yüzdesel olarak hava emisyonları (44)

AÇA-33, AB-28 Üye Devletleri, dört Avrupa Serbest Ticaret Anlaşması ülkesi (İzlanda, Lihtenştayn, Norveç ve İsviçre) ve Türkiye dahil olmak üzere Avrupa Çevre Ajansının 33 üye ülkesini ifade eder.

HAVA KALİTESİ İNDEKSİ

Hava kirliliğine karşı önlemler almada ilk aşama, tehlike arz eden seviyelerin ve bu kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, kirlilik seviyesi ve bunun etkilerini içeren bir indeks kullanılmaktadır. Belli bir bölgedeki hava kalitesinin karakterize edilmesi için ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı bu indekse Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) adı verilmektedir. İndeks belirli kategorilerde farklı tanım ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmektedir (Tablo 2)(45).

HKİ günlük hava kalitesini bildiren bir endekstir. Havanın ne kadar temiz veya sağlıksız olduğunu ve hangi sağlık etkilerinin endişe kaynağı olabileceğini gösterir. HKİ, sağlıksız havayı soluduktan birkaç saat veya gün sonra yaşanabilecek sağlık etkilerine odaklanır. HKİ, Temiz Hava Yasası tarafından düzenlenen beş ana hava kirleticisi için hesaplanır. Bunlar O₃, PM, CO, SO₂ ve NO₂'dir. Bu kirleticilerin her biri için A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (EPA), halk sağlığını korumak için ulusal hava kalitesi standartları oluşturmuştur (46).

Tablo 2. EPA Hava Kalitesi İndeksi (47)

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..	..hava kalitesi koşulları..	..bu renkler ile sembolize edilir..	..ve renkler bu anlama gelir.
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıda insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101 - 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir. Hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mavi	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık açısından herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA HKİ'ni ulusal mevzuatı ve sınır değerlerine uyarlayarak oluşturulmuştur. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; PM10, CO, SO₂, NO₂ ve O₃'dır (Tablo 3) (47).

Tablo 3. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları (48)

Index	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 - 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 - 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hastas	101 - 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 - 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Çok Sağlıksız	201 - 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
En Sağlıksız	301 - 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

Konutlar, işyerleri, resmi binalar, okullar içerisindeki hava genel olarak ‘iç ortam havası’ olarak adlandırılmaktadır. Yapılan çalışmalarda insan yaşamının %70'inin, işyeri eklenecek olursa insan hayatının hemen hemen %90'ının yapı içinde geçtiği gösterilmiştir. Başlıca iç ortam kirliliği yapan maddeler; tütün dumanı, CO, NO_x, SO₂, CO₂, Formaldehit, benzen, tolüen, O₃, Radon, Asbest, Mineral lifleridir (Tablo 4) (49).

İç ortam kirleticilerinin kaynakları gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında oldukça farklıdır. Örneğin, katı yakıtların yakılması gelişmekte olan ülkelerde iç ortam hava kirliliğinin ana kaynaklarından biridir. Gelişmekte olan birçok ülkede, biomass veya kömür gibi katı yakıtlar pişirme ve ısınma için ana yakıt kaynağıdır. Yanma sonucu CO, NO₂, PM ve PAH gibi organik maddeler ve SO_x, Ar, F, Se ve Hg gibi toksik elementler açığa çıkabilmektedir. Yemek pişirmeye bağlı yanma kaynaklı PAH'lar hem gaz hem de PM fazlarında olabilmektedir. Gaz halindeki PAH fraksiyonları (%97), partiküler PAH fraksiyonlarından daha yüksektir. Yetersiz havalandırma, bacasız kapalı ocak, yanma sürecinde bina içinde yüksek hava kirletici konsantrasyonuna neden olabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde düşük eğitim düzeyi, verimsiz yönetim ve hükümetin yetersiz politikası nedeniyle daha yaygın olan tütün kullanımı, kapalı alandaki kirleticilerin konsantrasyonunu önemli ölçüde artırabilmektedir. Diğer iç ortam kirleticileri arasında, inşaat malzemelerinden radon gazı ve mobilyalardan benzen ve formaldehit gibi kimyasallar bulunmaktadır (50).

Tablo 4. İç Ortam kaynaklarından üretilen, sağlığa zararlı major kirleticiler (51)

Kirletici	Major İç Ortam Kaynakları
İnce parçacık	Yakıt/tütün yanması, temizleme işlemleri, yemek pişirme
Karbon monoksit	Yakıt/tütün yanması
Polisiklik aromatik hidrokarbon	Yakıt/tütün yanması, yemek pişirme
Nitrojen oksit	Yakıt yanması
Sülfür oksit	Kömür yakma
Arsenik ve florin	Kömür yakma
Uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler	Yakıt/tütün yanması, tüketici ürünleri, mobilyalar, yapı malzemeleri, yemek pişirme
Aldehit	Mobilyalar, yapı malzemeleri, yemek pişirme
Pestisid	Tüketici ürünleri, dış ortam tozları
Asbest	Yapı malzemeleri yeniden düzenlenmesi/imhası
Kurşun	Boyalı yüzeylerin yeniden düzenlenmesi/imhası
Biyolojik kirleticiler	Nemli malzemeler/mobilyalar, iklim kontrol sistemlerinin bileşenleri, bina sakinleri, dış ortam havası, evcil hayvanlar
Radon	Yapıların altındaki toprak, yapı malzemeleri
Serbest radikaller ve diğer kısa ömürlü yüksek reaktif bileşikler	İç ortam kimyası

Tezek, odun, kömür dumanı, uçartoz, CO, kükürtoksitler, azot oksitler, aldehitler, benzen ve poliaromatik bileşikler olmak üzere sağlığa zarar veren birçok kirleticinin havaya yayılmasına neden olmaktadır. Bu kirleticiler büyük oranda akciğerleri etkilemekte solunum yollarındaki titreşim tükürüklerin etkinliğini azaltan inflamasyona yol açmaktadır (Tablo 5) (51).

Tablo 5. İç Ortam Hava kirliliğinin solunum sağlığına olumsuz etkileri (51)

Artmış mortalite
Artmış kanser insidansı
Semptomatik astım atak frekansında artış
Alt solunum yolu enfeksiyonu insidansında artış
Kronik kardiyopulmoner veya diğer hastalıkların artmış atakları
Klinik semptomlarla ilişkili FEV1 veya FVC'de azalma
Wheezing prevalansında artış
Göğüste baskı hissi prevalansı veya insidansında artış
Tıbbi müdahale gerektiren öksürük/balgam prevalansı veya insidansında artış
Normal aktiviteye müdahale eden artan akut üst solunum yolu enfeksiyonu insidansı
Normal aktiviteyi engellemeyen akut üst solunum yolu enfeksiyonları
Normal aktiviteyi engelleyebilecek göz, burun ve boğaz tahrişi

Hasta Bina Sendromu (HBS)

Hasta bina sendromu, binada yaşayan kişilerde binada geçirilen zamanla ilişkili olarak ortaya çıkan, fakat belirli bir hastalık veya nedene bağlanamayan akut sağlık etkileri olan durum olarak tanımlanır. İlk kez 1970’li yıllarda, bazı özellikleri olan binalarda çalışan kişilerde ortaya çıkmasıyla gündeme gelmiştir. Binada yaşayanlar baş ağrısı; göz, burun veya boğaz tahrişi; kuru öksürük; kuru kaşıntılı cilt; baş dönmesi ve mide bulantısı; konsantrasyon zorluğu; yorgunluk ve kokulara duyarlılık gibi rahatsız edici semptomlardan şikayet ederler. Kişilerin binaya girdiklerinde görülen belirtiler, binadan ayrıldıktan sonra kendiliğinden geçmektedir. Belirtiler binada yaşayanların hepsinde görülmemekle birlikte, bu binalarda yaşayanlarda genel topluma göre daha sık gözlenmektedir. Bu sendromun görüldüğü binalar genellikle enerji tasarrufu amacıyla yapılan, iyi yalıtımlı, hava akımı az olan binalardır. HBS’nin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte binaların içindeki sıcaklık, nem, hava akımı, koku, havalandırma durumu, aydınlatma, VOC’ler gibi birçok faktörün bir araya gelerek klinik tablonun ortaya çıkmasında etkili olduğu öne sürülmektedir (52).

DIŞ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

Dış ortam hava kirliliği, çeşitli kimyasal süreçlerle açığa çıkan gaz ya da partikül halindeki maddelerin, özellikle yakıt artıklarının atmosferde canlıların yaşamına zarar verecek miktarlarda birikmesi olarak tanımlanmaktadır (53). Dış ortam hava kirliliği doğal ve antropojenik kaynaklardan oluşur. Doğal kaynaklar orman yangınlarına ve toz fırtınalarına daha yatkın kurak bölgelerde yerel hava kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunurken, insan faaliyetlerinden gelen katkı doğal kaynaklardan çok daha fazladır (54).

Dış ortam hava kirliliğinin başlıca kaynakları olan insan faaliyetleri şunları içerir (54):

- a) Motorlu taşıtlarda yakıt yakılması (örn. Taşıtlar, özellikle ağır vasıtalar)
- b) Isı ve enerji üretimi (örn. Petrol ve kömür santralleri, kazanlar)
- c) Endüstriyel tesisler (örn. imalat fabrikaları, madenler ve petrol rafinerileri)
- d) Belediye ve tarımsal atık sahaları, atık yakımı
- e) Kirletici yakıtlarla konutta yemek pişirme, ısınma ve aydınlanma

Hava kirleticileri, belirli bir kaynaktan atmosfere bırakılan birincil kirleticiler ve atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya ikincil kirleticilerden oluşmaktadır. Bunların havada belirli ölçülerin üzerine çıkması dış ortam hava kirliliğine neden olur. Başlıca kentsel dış ortam hava kirleticileri, kaynakları tablo 6’da gösterilmiştir (55).

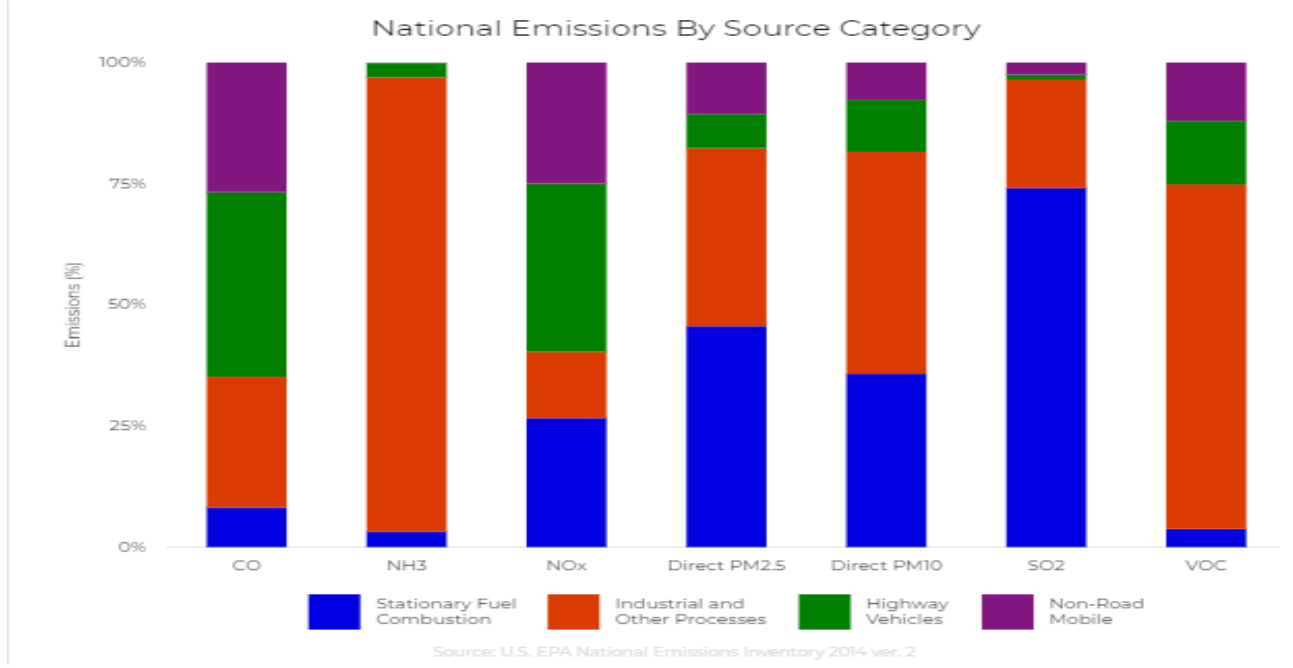
Tablo 6. Başlıca kentsel dış ortam hava kirleticileri ve kaynakları (55)

Kirletici	Kaynak
Asetik asit	Biyokütle yakıtlar, Bina yapı malzemeleri
Aldehitler	Biyokütle ve fosil yakıtlar, sigara dumanı
Karbonmonoksit	Biyokütle ve fosil yakıtlar, sigara dumanı, trafik
Formaldehit	Biyokütle yakıtlar, bina yapı ve döşeme malzemeleri ve mobilyalar, sigara dumanı
Kurşun (ve diğer ağır metaller)	Kurşunlu benzin, maden ergitilmesi
Mikroorganizmalar	Mobilyalar, insan ve hayvanlar
Azot oksitler	Biyokütle ve fosil yakıtlar, sigara dumanı, trafik
Ozon	Trafik, hidrokarbon salınımı, fosil yakıtlar
Partiküller	Biyokütle ve fosil yakıtlar, döşeme ve bina yapı malzemeleri, sigara dumanı, endüstri ve trafik
Fenoller	Biyokütle yanması ve evde kullanılan kimyasallar
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Fosil yakıt, trafik, hızlı yanma
Radon	Binanın yapıldığı yerde kaya ve topraklar, bina yapı malzemeleri
Kükürt oksitler	Biyokütle ve fosil yakıtlar, endüstriyel emisyon
Sülfirik asit (havadaki kükürt oksitlerden oluşur)	Biyokütle ve fosil yakıtlar, endüstriyel emisyon
Uçucu organik hidrokarbonlar	Trafik, biyokütle ve fosil yakıt yanması, döşeme ve bina yapı malzemeleri, evde kullanılan kimyasallar

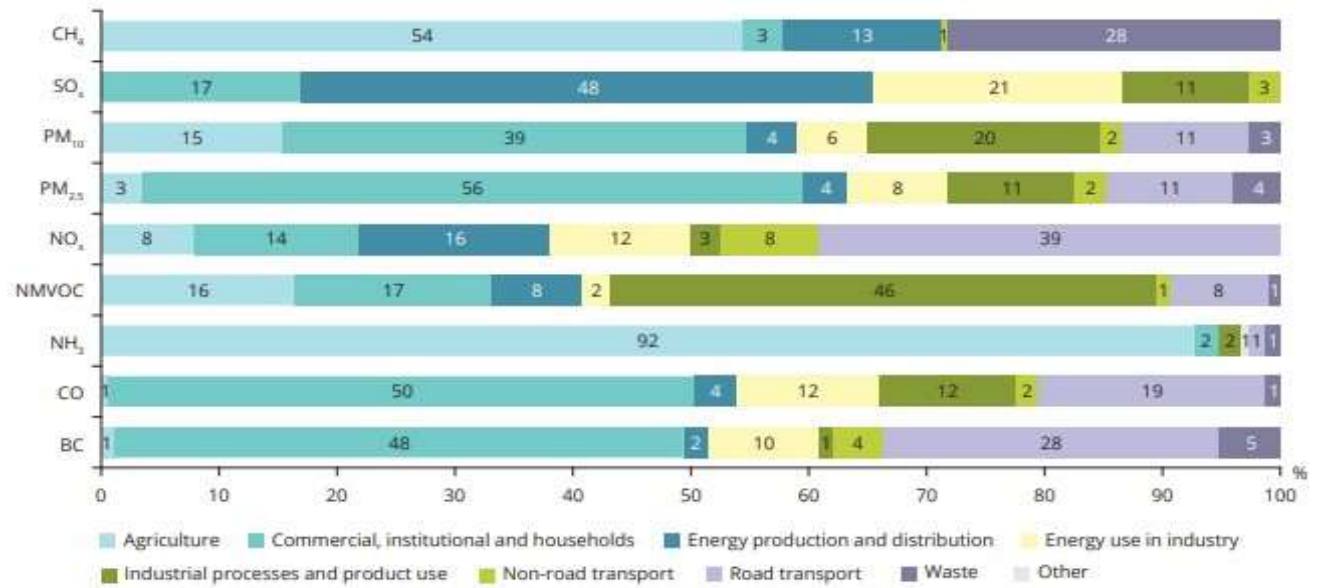
Dış ortam hava kirliliği, tüm dünyada herkesi etkileyen önemli bir çevre sağlığı sorunudur. Dış ortam hava kirliliğinin, hem kentlerde hem de kırsal alanlarda, 2016 yılında dünya genelinde yılda 4,2 milyon erken ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir. Bu ölümler çoğunlukla, kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarına ve kanserlere neden olan, çapı 2.5 mikron veya daha küçük olan PM'lere maruz kalmasından kaynaklanır. DSÖ, 2016 yılında, dış ortam hava kirliliğine bağlı erken ölümlerin % 58'inin iskemik kalp hastalığı ve inme nedeniyle, % 18'inin sırasıyla KOAH ve akut alt solunum yolu enfeksiyonu ve % 6'sınında akciğer kanseri nedeniyle gerçekleştiğini tahmin etmektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın (IARC) 2013 yılında yaptığı bir değerlendirmesinde, dış ortam hava kirliliğinin insanlar için kanserojen olduğu, hava kirliliğinin PM bileşeninin, artan kanser insidansı özellikle de akciğer kanseri ile yakından ilişkili olduğu sonucuna varmıştır. Dış ortam hava kirliliği ile idrar yolu/mesane kanserindeki artış arasında da bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu nedenle hava kirliliğinin, kanser yapıcı etkenler Grup I listesine alındığını duyurmuştur (56).

28 Avrupa Birliği (AB-28) ülkesinde 2017'de PM10 emisyonlarının % 39'u ve PM2.5 emisyonlarının da % 56'sı mesleki, kurumsal ve evsel kaynaklıdır. Bu ülkelerde SO₂ % 69

sanayide enerji kullanımı, üretimi ve dağıtımı kaynaklıyken, ABD’de 3/4’e yakın kısmı yine sabit yanma kaynaklarından atmosfere salınmaktadır. AB-28 ülkelerinde NO_x emisyonlarının % 39’u karayolu taşımacılığı nedeniyle oluşurken, ABD’de % 34,7’si karayolu araçları, % 25’i de karayolu dışı mobil araçlardan (deniz araçları, uçak ve lokomotifler gibi) kaynaklıdır. ABD’de CO’nun % 64,8 karayolu ve karayolu dışı mobil kaynaklıyken, AB-28’de % 48’i mesleki, kurumsal ve evsel; % 20’si trafik kaynaklıdır (Şekil 7,8)(57).

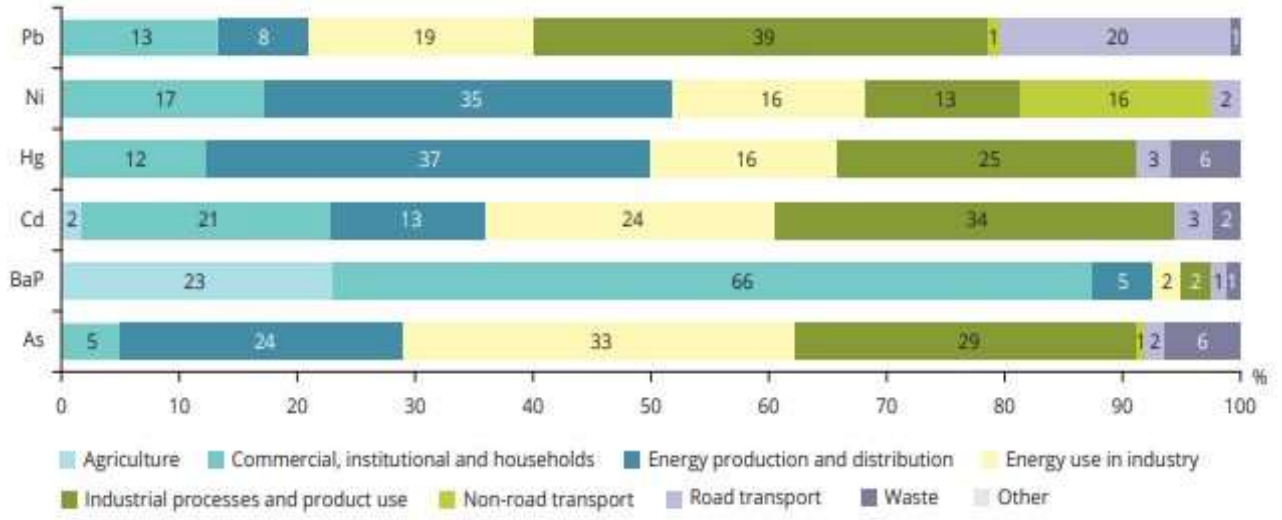


Şekil 7. 2014’te ABD’de Kaynaklara Göre Ulusal Emisyonlar (57)



Şekil 8. 2017 yılında ana kaynak sektörlerin AB-28 emisyonlarına katkıları (58)

AB-28 ülkesinde 2017’de Pb emisyonlarının % 39’u ve Cd emisyonlarının da %34’u endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı kaynaklıdır. Ni emisyonlarının % 51’i sanayide enerji kullanımı, üretimi ve dağıtımı kaynaklıdır. Benzopren emisyonlarının % 89’u mesleki, kurumsal, evsel ve tarım kaynaklıdır. As emisyonlarının %62’si sanayide enerji kullanımı, endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı kaynaklıdır (Şekil 9)(58).



Şekil 9. 2017 yılında ana kaynak sektörlerin AB-28 emisyonlarına katkıları (58)

Dış ortam hava kirlilettiği emisyonlar çoğunlukla yerel veya bölgesel kaynaklardan gelmekle birlikte, belirli atmosfer koşullarında 4-6 günlük sürelerde, ulusal sınırlar boyunca uzun mesafeler kat ederek, kaynağından uzakta olan insanları etkilemektedir. Örneğin; Afrika, Moğolistan, Orta Asya ve Çin’in çöl bölgelerinden gelen rüzgarla dağılan toz, uzak bölgelerde sağlık ve hava kalitesini etkileyen, büyük konsantrasyonlarda PM, mantar sporları ve bakterileri taşıyabilir. Bu nedenle, hava kirliliği yönetimindeki yerel ve bölgesel çabaları tamamlayıcı nitelikte uluslararası hava akımlarını ve hava kirlilettiği kaynaklarını ele almak için küresel işbirliğine ihtiyaç vardır (59).

HAVA KİRLİLİĞİ NEDENLERİ

Hava kirliliği, bir veya daha fazla maddenin, olumsuz bir etki oluşturma potansiyeli ile, havadaki konsantrasyonunun doğal seviyelerinin üzerinde belli bir süredeki varlığıdır. Bu tanım dolaylı olarak, hava kirlilettiği olduğu düşünülen bazı maddelerin doğal olarak bulunduğunu kabul eder. Hava kirlilettiği insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen (antropojenik)

kaynaklar ve doğal kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınabilir (60). Başlıca antropojenik kaynaklar ise 3'e ayrılmaktadır:

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Isınma amacıyla konutlarda kullanılan düşük kalorili, yüksek oranda kükürt ve kül içeren fosil yakıtların emisyonları, ısıtma sistemlerinde yanmanın tam olmaması gibi faktörler ile meteorolojik etmenlerin bir araya gelmesi, daha çok kış aylarında kentlerde yüksek düzeyde hava kirliliğine sebep olmaktadır. Kış sezonunda ısınma için kullanılan fosil yakıtların yanması hava kirliliğinin %80'ini oluşturmaktadır (61).

Yaklaşık 3 milyar insan, açık ateşte veya gaz yağı, biomass (odun, hayvan gübresi ve mahsul atıkları) ve kömürle çalışan basit ocaklar kullanarak yemek pişirmektedir. Bu insanların çoğu yoksul ve düşük-orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır (62).

Isınma kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması veya önlenmesi için (63) ;

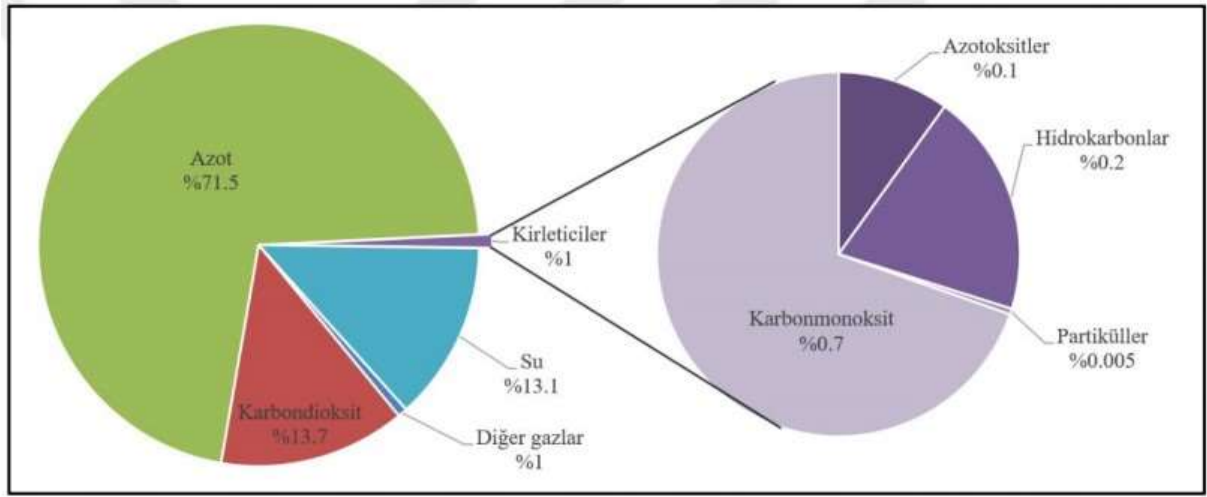
a) Kirletici parametrelerin izlenebilmesi için mevcut ölçüm istasyonlarında ölçülmeyen CO, CO₂, VOC, O₃ ve PM_{2.5} ölçüm cihazlarının yaygınlaştırılması,

b) Kalori değeri yüksek, kül ve kükürt değerleri düşük kömürlerin kullanımının sağlanması,

c) Doğalgaz kullanımının teşvik edilmesi, binaların ve evlerin ısı yalıtımı ve kalorifer ve soba bacalarının temizliği gibi konularda halkın bilgilendirilmesi önerilmektedir.

Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Motorlu taşıtlarda yanma tepkimesi esnasında, birçok yan ürün meydana gelir. Motor, normal çalışma sıcaklığı ve stokiyometrik hava/yakıt oranı ile çalışırken, çıkan yan ürünlerin zararlı olanları toplam egzoz gazı miktarının yaklaşık %1'idir (Şekil 10). Motorlu araçlar yanma esnasında CO, HC, NO_x, SO₂, PM gibi çeşitli kirleticiler üretmektedir. Tam yanmada, yakıtın kimyasal bağlarındaki hidrokarbonlar, egzoz gazının yaklaşık %13,7'sini oluşturan CO₂'e dönüştürülür. Egzozdaki dönüştürülmüş CO₂ miktarı, doğrudan bir yakıt tüketimi endeksidir. Bu nedenle CO₂ salınımını azaltmanın tek yolu yakıt tüketimini azaltmaktır. CO üreten başlıca kirletici kaynaklar arasında motorlu taşıtlar, %66 oranla birinci sırada gelmekte olup, hava/yakıt karışımındaki oksijenin yetersiz olması nedeniyle, karbonun tamamı oksitlenemediğinde ortaya çıkmaktadır. HC emisyonları da aynı nedenle ortaya çıkmaktadır. Egzoz gazlarındaki sülfürlü bileşikler -özellikle SO₂- yakıtlarda bulunan sülfatlar tarafından üretilir (64).



Şekil 10. Benzinli motorların egzoz emisyonları (64)

TÜİK 2020 verilerine göre yaklaşık 23.398.837 adet taşıtın bulunduğu ülkemizde trafikte seyreden araçların egzoz emisyonları önemli miktarda hava kirliliği yaratmaktadır (65).

Motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonların azaltılması için (66);

1. Toplu taşımanın yaygınlaştırılması suretiyle özel araç kullanımı azaltılmalı
2. Toplu taşımada kullanılan taşıtlarda CNG (Sıkıştırılmış doğalgaz), hibrid, elektrik gibi alternatif yakıtlar kullanılmalı,
3. Her yıl, trafiğe kayıtlı araçların 2/3'ünün egzoz emisyon ölçümünün yaptırılması, kentte trafiğe kayıtlı araçların denetlenerek, egzoz emisyon belgesine sahip olup olmadıkları, belgeli ya da belgesiz de olsalar emisyon değerlerinin standartlara uygunluklarının denetlenmeli, egzoz emisyon ölçüm yetkisi alan firmaların yılda iki kez denetlenmeli,
4. Ağır vasıtalardan kaynaklanan partikül madde emisyonlarının azaltılması için dizel partikül filtre kullanımına ilişkin düzenlemeler yapılmalı,
5. Motorlu taşıtlar için; karbüratör ayarı şartı getirilmeli portatif CO ve HC için Pb'ye dayanıklı katalizörler veya oksidasyon katalizörleri kullanılmalı, sekonder hava NO_x için egzoz gazı resirkülasyonu uygulanmalı,
6. Kentin topografyasına uygun, kent sakinlerinin güvenli bir şekilde kullanabileceği bisiklet yollarını içeren "Bisiklet Ulaşım Planı" hazırlanmalıdır.

Endüstriden Kaynaklanan Hava Kirliliği:

Sanayileşme ile artan enerji ihtiyacının karşılanması için kömür, fuel oil gibi fosil yakıtları kullanan termik santraller başta olmak üzere, çelik ve kağıt fabrikaları, petrol rafinelerinin bacalarından atmosfere verilen gazlar ve kimyasal maddeler havada kirlenmeye

neden olmaktadır. Kömür santrallerinden havaya SO₂, NO_x, CO₂, PM, Hg ve diğer ağır metallerin salınımına; doğal gazdaki HC'lerin yakılması atmosfere sera gazlarının salınımına neden olur. Dünyada üretilen enerjinin % 33'ü petrol, % 30'u ise kömür kullanan termik santrallerden elde edilmektedir. Türkiye'de 2019 yılı rakamlarına göre kurulu enerji gücümüzün dağılımı % 31,4'ü hidroelektrik, % 29'u doğalgaz ve % 22,4 kömür santrallerinden elde edilmektedir (Tablo 7) (67).

Tablo 7. Dünyada ve Türkiye'de 2019 Yılı Rakamlarına Göre Enerji Kaynaklarının Dağılımı (67)

Dünya		Türkiye	
Enerji kaynağı	Tüketim (%)	Enerji kaynağı	Tüketim (%)
Petrol	33	Hidroelektrik	31,4
Doğalgaz	24	Doğalgaz	29,0
Kömür	30	Kömür	22,4
Nükleer	4	Rüzgar	8,0
Hidro	7	Güneş	6,0
Yenilenebilir	2	Jeotermal	1,5

Sanayi tesislerinin kuruluşunda; yanlış yer seçimi, çevre korunması açısından gerekli tedbirlerin alınmaması (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.), uygun teknolojilerin kullanılmaması, enerji üreten yakma ünitelerinde vasıfsız ve yüksek kükürtlü yakıtların kullanılması, hava kirliliğine sebep olan etkenlerin başında gelmektedir (68).

Sanayi kaynaklı hava kirliliği önlemek veya azaltmak için (69);

- Temiz yakıt ve hammadde kullanımı,
- Kirliliği kaynağında yok edecek teknolojilerin kullanılması,
- Tesislerin yakma ünitelerinde yüksek vasıflı yakıtların kullanılması,
- Yeterli yükseklikte bacaların inşası ve bacalarda filtre kullanılması,
- Arıtma tesislerinin kurulması ve sürekli çalıştırılması
- Atıkların değerlendirilmesi, düzenli ve sağlıklı boşaltılması,
- Tesislerin yerleşim yerlerinin dışına yapılması,
- Personele çevre konusunda eğitimler verilmesidir.

HAVA KİRLETİCİLERİ VE SAĞLIK ETKİLERİ

Atmosferde bulunan gazlar ve PM'ler hava kirliliğini oluşturmaktadır. SO₂, NO_x, O₃, CO, VOC'ler, bazı toksik kirleticiler ve bazı metallerin gaz formları kirletici gazları oluşturmaktadır. PM'ler ise; sülfat, nitrat, elemental ve/veya organik karbon ile ağır metaller gibi pek çok maddenin bileşiminden oluşmaktadır. Bazı kirleticiler atmosfere direkt salınırken (primer kirleticiler), bazıları da havada kimyasal reaksiyona girerek (sekonder kirleticiler) oluşmaktadır. Yer seviyesindeki O₃, NO_x ve VOC emisyonlarının güneş ışığında reaksiyon göstermesiyle oluşmaktadır (Tablo 8) (13).

Tablo 8. Başlıca hava kirleticileri ve ilgili kirletici sınıfları, fiziksel durumları ve kaynakları (60)

Kirletici/ Kirletici sınıfı	Örnekler	Fiziksel durum	Major kaynaklar
Fotokimyasal oksidasyonlar	Ozon	Gaz	NO _x , VOC'ler ve CO'nun yanı sıra doğal süreçlerden (örn. Stratosfer) üretilir
Sülfür dioksit (SO ₂)	SO ₂	Gaz	Fosil yakıt yanması, doğal emisyonlar
Karbon monoksit (CO)	CO	Gaz	Fosil yakıt yanması, özellikle buji ateşlemeli motorlar; biyogenik VOC (uçucu organik bileşik) emisyonlarının oksidasyonu
Nitrojen oksit (NO _x)	NO ₂	Gaz	Yanma süreçleri
Tehlikeli hava kirleticileri	Benzen, 1,3-butadin, formaldehit, asit	Gaz	Eksik yanma, kimyasal işleme, çözücü kullanımı
Civa (Hg)	Elementel civa, Metil civa	Gaz ve partikül	Kömür yakma, cevher arıtma, doğal
Kurşun (Pb)	Pb	Partikül	Kurşunlu yakıt yakma, kurşun işleme
PM (PM _{2.5} , PM ₁₀ , solunabilir PM, Toplam asılı parçacıklar)	İnorganik iyonlar (örneğin sülfat); metal oksitler; karbonlu malzeme (organik ve elemental karbon dahil)	Partikül (Yoğun faz)	Toz fırtınası, biyokütle yakıt yanması, biyogenik emisyonlar, gübre kullanımı, gazdan partikül dönüşümü
Organik karbon	Hopanlar, steranlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, levoglukoza	Partikül	Fosil ve biyokütle yakıtların yanması, bitkisel döküntü, gaz halindeki oksidasyon organik bileşikler

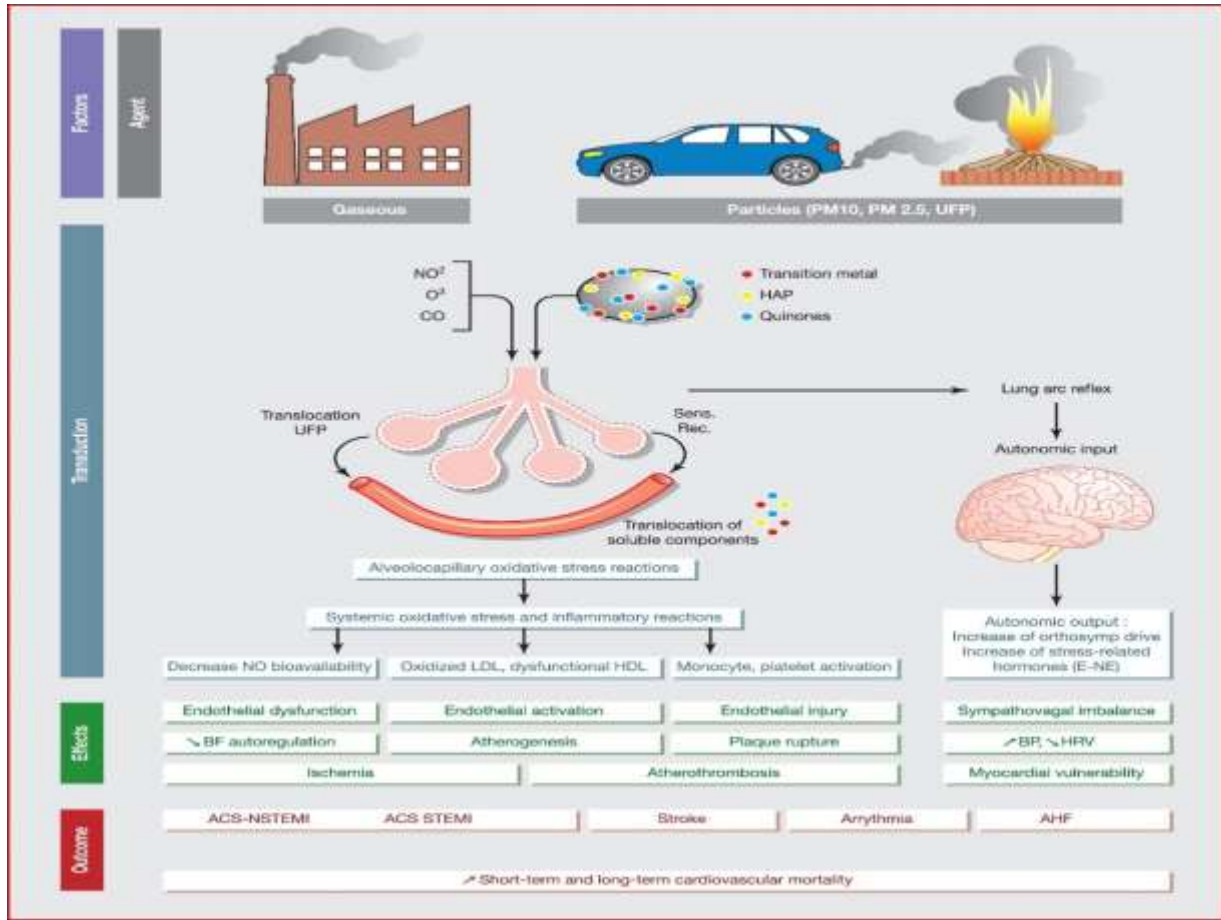
DSÖ 2015 yılı Küresel Hava Kalitesi Kılavuzu'na göre hava kirleticileri kimyasal yapıları bakımından organik, inorganik ve klasik kirleticiler olarak üç grupta incelenmektedir (Tablo 9) (70).

Tablo 9. DSÖ Küresel Hava Kalitesi Kılavuzunda uzman danışmanlığı sırasında tartışma için düşünülen hava kirleticileri (70)

<u>Organik kirleticiler</u>	<u>İnorganik kirleticiler</u>	<u>Klasik kirleticiler</u>
Akrilonitril	Arsenik	Nitrojen Dioksit (NO ₂)
Benzen	Asbest	Ozon
Bütadien	Kadmiyum	Partiküler madde
Karbon disülfid	Krom	Kükürt dioksit
Karbonmonoksit	Florür	
1,2-Dikloroetan	Hidrojen sülfür	
Diklorometan	Kurşun	
Formaldehit	Manganez	
PAH'lar	Civa	
PKB'ler	Nikel	
PKDD'ler/PKDF'ler	Platin	
Stiren	Vanadyum	
Tetrakloroetilen		
Toluen		
Trikloretilen		
Vinil Klorür		

PAH'lar: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, PCB'ler: Poliklorlu bifeniller, PCDD'ler: Poliklorlu dibenzodioksinler PCDF'ler: Poliklorlu dibenzofuranlar.

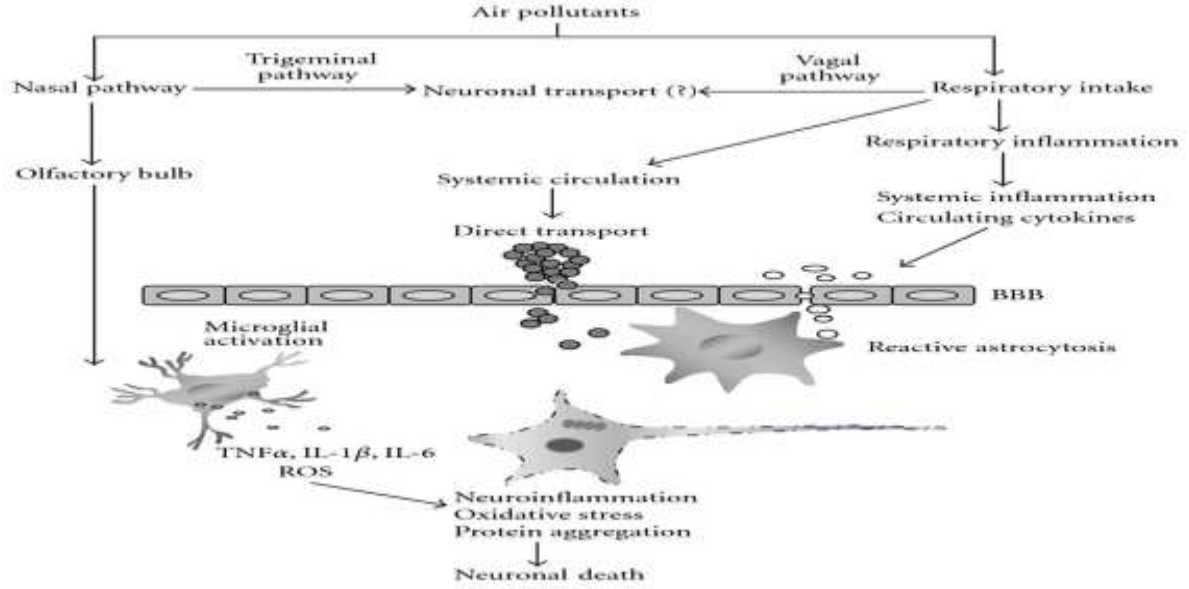
Hava kirleticilere maruziyet sonrası, multiple kardiyovasküler etkiler gözlenmiştir. Uzun süreli maruziyetten sonra kan hücrelerinde meydana gelen değişiklikler kardiyak fonksiyonu etkilemektedir (Şekil 11) (71).



Şekil 11. Hava kirliliğine maruz kalma ile kardiyovasküler olaylar arasındaki dönüşümsel fizyopatolojik mekanizma (71)

ACS: akut koroner sendrom; AHF: akut kalp yetmezliği; BF: kan akışı; BP: kan basıncı; CO: karbon monoksit; E: epinefrin; PAH: polisiklik aromatik hidrokarbonlar; HDL: yüksek yoğunluklu lipoprotein; HRV: kalp hızı değişkenliği; LDL: düşük yoğunluklu lipoprotein; NE: norepinefrin; NO: nitrik oksit; NO₂: azot dioksit; NSTEMI: ST segment dışı yükseklik miyokard enfarktüsü; O₃: ozon; PM: partikül madde; Sens. Rec.: duyarlılık reseptörü; STEMI: ST segment elevasyonlu miyokard enfarktüsü; UFP: ultra ince parçacık

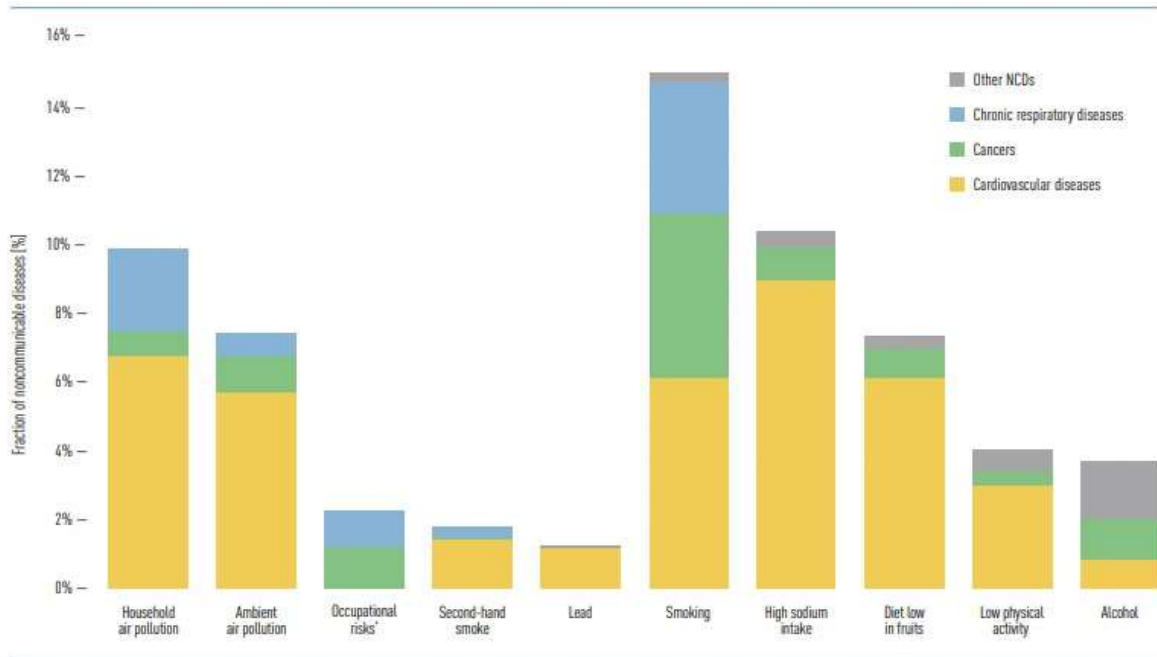
Psikolojik komplikasyonlar, otizm, retinopati, fetal büyümede sorunlar ve düşük doğum ağırlığı uzun süreli hava kirliliği maruziyeti ile ilişkili görünmektedir. Nörodejeneratif hastalıkların (Alzheimer ve Parkinson) etiyolojisindeki ajanlar henüz bilinmemekle birlikte, hava kirliliğine uzun süre maruz kalmanın bir faktör olduğuna inanılmaktadır. Özellikle, pestisitler ve metaller, diyetle birlikte etiyolojik faktörler olarak belirtilir. Nörodejeneratif hastalığın gelişimindeki mekanizmalar, nöronlarda oksidatif stres, protein toplanması, inflamasyon ve mitokondriyal bozulmayı içerir (Şekil 12) (72).



Şekil 12. Hava kirliliğinin beyne etkisi (72)

Dış Ve İç Ortam Hava Kirliliğine Bağlı Tahmini Hastalık Yüğü

2018 yılında, iç ve dış ortam hava kirliliği, sağlıksız diyetler, tütün kullanımı, alkolün zararlı kullanımı ve fiziksel hareketsizlik ile birlikte, bulaşıcı olmayan hastalıklar için risk faktörlerinden biri olarak kabul edilmiştir (73). Hava kirliliği, tütün kullanımı sonrası bulaşıcı olmayan hastalıklardan (BOH) ölümlerin ikinci önde gelen nedenidir (Şekil 13) (74).



Şekil 13. Bazı risk faktörlerine atfedilen bulaşıcı olmayan hastalıkların ölüm fraksiyonu (74)

Hava kirliliği ile ilişkili, bulaşıcı olmayan hastalıklar arasında; iskemik kalp hastalığı (İKH), inme, KOAH ve akciğer kanseri bulunmaktadır. Dünya genelinde 2016 yılında inme vakalarının % 24'ü, İKH'nın % 25'i, akciğer kanserinin % 28'i ve KOAH'ın % 43'ü ve DSÖ Avrupa Bölgesi'nde 2012 yılında İKH'nın % 15'i, inmenin % 14'ü, akciğer kanserinin % 19'u ve KOAH'ın % 6'sı dış ortam ve ev içi hava kirliliğine atfedilmiştir (Tablo 10) (74).

Tablo 10. 2012 yılında DSÖ bölgelerine göre çevresel risklere atfedilebilen ana BOH ölümlerinin oranı (%) (74)

Hastalık ve risk faktörleri	Afrika	Amerika	Doğu Akdeniz	Avrupa	G.doğu Asya	Batı Pasifik	Dünya
İskemik kalp hastalığı							
İç ortam hava kirliliği ^a	31	4	10	3	31	20	15
Dış ortam hava kirliliği ^b	16	9	18	12	19	16	15
Tütün dumanına pasif maruziyet	4	2	7	3	5	6	4
Kurşun	2	3	6	2	3	2	3
İnme							
İç ortam hava kirliliği	37	6	15	3	35	25	22
Dış ortam hava kirliliği	17	8	20	11	19	18	16
Tütün dumanına pasif maruziyet	2	1	4	2	3	3	3
Kurşun	2	3	6	2	3	2	2
Akciğer kanseri							
İç ortam hava kirliliği	25	2	11	2	37	27	17
Dış ortam hava kirliliği	26	8	36	17	33	34	25
Tütün dumanına pasif maruziyet	1	<1	2	<1	2	3	2
Mesleki riskler	28	21	30	21	25	31	26
Konut radonu	8	3	6	6	5	2	4
KOAH							
İç ortam hava kirliliği	35	4	25	3	39	31	29
Dış ortam hava kirliliği	5	1	9	3	10	8	8
Tütün dumanına pasif maruziyet	3	1	5	1	4	4	4
Mesleki riskler	16	7	12	3	14	10	11

Notlar: ^a Kirletici yakıtlarla pişirirken; ^b Dış ortam hava kirliliği.

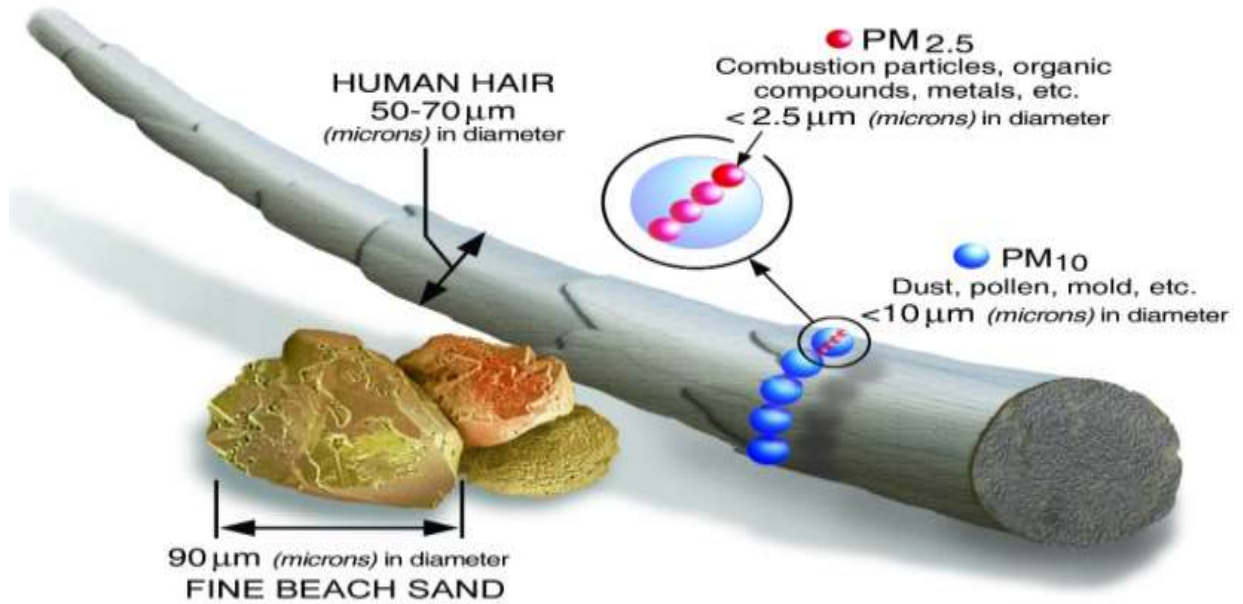
PARTİKÜLER MADDELER

Tanım

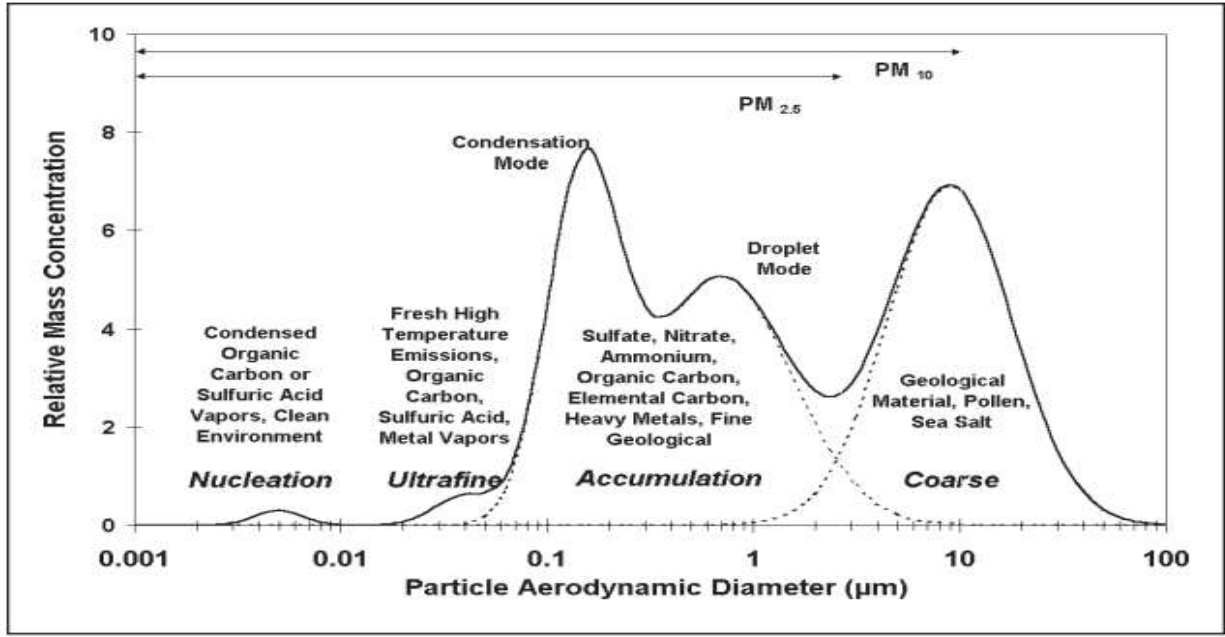
PM'ler havada asılı kalabilen küçük katı parçacık ve sıvı damlacıklarına verilen genel bir isimdir. İçeriklerinde; sülfat, nitrat, sodyum klorür, amonyak, siyah karbon, mineral tozu ve su bulunabilen inhale edilebilir partiküllerdir (75).

Sınıflama

PM'lerin, hem boyutu hem de kimyasal bileşimi çok önemlidir (bkz. Şekil 14,15, Tablo 11). Partikül boyutu (aerodinamik çap), birkaç nanometre(nm) ölçeğinden onlarca mikrometre (μm) çap aralığında değişim gösterir. Aerodinamik çapı; $10\ \mu\text{m}$ ve daha küçük kaba partiküller PM₁₀, $2.5\ \mu\text{m}$ ve daha küçük olan ince partiküller PM_{2.5}, $0.1\ \mu\text{m}$ ($100\ \text{nm}$) ve daha küçük ultra ince partiküller PM_{0.1} olarak tanımlanır. Kaba PM, çapı $2.5\ \mu\text{m}$ ile $10\ \mu\text{m}$ arasında olan fraksiyon olarak alınır (76). Çapı $0,1$ ile 1 mikrometre arasındaki parçacıklar günler veya haftalar boyunca atmosferde kalabilmekte ve böylece havada uzun menzilli sınır ötesi taşınmaya maruz kalabilmektedir (77).



Şekil 14. PM parçacıkları için boyut karşılaştırmaları (77)



Şekil 15. Kütle partikül büyüklüğündeki dağılımların temsili (76).

Tablo 11. Partiküler Madde türleri ve boyutları (78)

Tip		PM çapı [µm]
Partiküler kirleticiler	Sis	0.01–1
	İs	0.01–0.8
	Tütün dumanı	0.01–1
	Uçucu kül	1–100
	Çimento tozu	8–100
Biyolojik Kirleticiler	Bakteri ve bakteri sporları	0.7–10
	Virüs	0.01–1
	Mantarlar ve küfler	2–12
	Alerjenler (köpekler, kediler, polen, ev tozu)	0.1–100
Toz Tipi	Atmosferik tozlar	0.01–1
	Ağır toz	100–1000
	Çöken toz	1–100
Gazlar	Farklı gaz kirleticiler	0.0001–0.01

Partiküllerin oluşum mekanizması temel olarak iki farklı şekilde gerçekleşmektedir (79):

1) Birincil (Primer) Partiküller: Kirlenici kaynaktan atmosfere doğrudan salınan PM'lerdir. Birincil partiküllerin kaynakları doğal veya antropojenik olabilir. Boyutları kaynaklarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Deniz aerosolleri ve tuzları, rüzgarla savrulan parçacıklar, volkanik tozlar, çöl kumları birincil partiküllerin doğal kaynakları arasında yer almaktadır. Çimento fabrikaları, çöp yakma fırınları, buhar jeneratörleri, ısıtma işlemleri, yangınlar, termik santraller, evsel ısınma işlemleri, trafik, tarım, inşaat faaliyetleri, metal endüstrisi ve madencilik antropojenik kaynaklarındandır.

2) İkincil (Sekonder) Partiküller: Birincil partiküllerin havaya salındıktan sonra havada bulunan diğer bileşenlerle kimyasal reaksiyonları sonucunda ikincil partiküller meydana gelmektedir. Atmosferik gazlar adsorpsiyon, çözünme ve yoğunlaşma sonucunda da askıda partikül madde haline gelebilmektedir.

- Adsorpsiyon: Ortamda mevcut olan partiküllerce gaz molekülleri hızla çekilerek partikül maddelere yapışır.

- Çözünme: Gazların çoğu suda az veya çok çözünmektedir. Gazların bu özelliğinden dolayı ortamda bulunan SO₂, NO₂ ve organik gazlarla sıvı partiküller hızla doymuş hale gelmektedir.

- Yoğunlaşma: Gaz molekülleriyle atmosferde halihazırda olan partiküllerin çarpışması ile yoğunlaşma meydana gelmektedir.

İnce (PM_{2.5}) ve kaba (PM_{10-2.5}) parçacıkların kaynakları ve ortak PM bileşenleri Tablo 12'de gösterilmektedir (80).

Tablo 12. İnce (PM_{2.5}) ve kaba (PM_{10-2.5}) parçacıkların kaynakları ve yaygın PM bileşenleri (80)

PM bileşeni	Birincil PM _{2.5}		Birincil PM _{10-2.5}		İkincil PM _{2.5} (gaz öncüllerinden)	
	Doğal	Antropojenik	Doğal	Antropojenik	Doğal	Antropojenik
Sülfat	Deniz serpintisi	Fosil yakıt yanması	Deniz serpintisi	-	Okyanuslar, sulak alanlar, volkanlar, orman yangını	Fosil yakıt yanması
Nitrat	-	Taşıt egzozu	-	-	Topraklar, orman yangını, yıldırım	Fosil yakıt yanması, Taşıt egzozu
Mineraller	Yerkabuğu tozu	Taşıtların yeniden süspansiyonu, tarımsal faaliyet, ormancılık, inşaat, imha	Yer kabuğu tozu	Taşıtların yeniden süspansiyonu, tarımsal faaliyet, ormancılık, inşaat, imha	-	-
Amonyum	-	Taşıt egzozu	-	-	Yabani hayvanlar, bozulmamış toprak	Taşıt egzozu, çiftlik hayvanları, kanalizasyon, gübrelenmiş arazi
Organik karbon	Orman yangınları	Kontrollü yakma, odunla ısınma, taşıt egzozu, lastik aşınması, endüstriyel işlemler	Toprak maddesi	Lastik ve yol aşınması	Bitki örtüsü, orman yangınları	Motorlu taşıtlar, kontrollü yakma, odunla ısınma, solventler, endüstriyel işlemler
Elementel karbon	Orman yangınları	Taşıt egzozu (çoğunlukla dizel), biyokütle yakma	-	Lastik ve yol aşınması	-	-
Madenler	Volkanlar	Fosil yakıt yanması, maden eritme, taşıt freni aşınması	Yerkabuğu tozu, organik kalıntılar	-	-	-
Biyoaerosoller	Virüs, Bakteri	-	Bitki ve böcek parçaları, polen, mantar sporları	-	-	-

(-) minör kaynak veya bilinen kaynak yok

Dış ortam PM emisyon kaynakları

Küresel olarak, en büyük dış ortam PM kaynakları, kabuk tozu ve deniz tuzudur. Küresel dış ortamdaki PM'ye, antropojenik kaynaklar, doğal kaynaklardan daha az katkıda bulunur. Antropojenik kaynaklardan elde edilen toplam küresel PM emisyonlarının % 10 ile % 50 arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, kentsel bölgelerde, insanın dış ortam PM'sine katkısı genellikle doğal kaynakların katkısını aşmakta ve doğal çevre alanlarına kıyasla daha yüksek dış ortam PM konsantrasyonları ile sonuçlanmaktadır (80).

Doğal PM kaynaklara örnek olarak;

- Yeryüzünden aşınması veya volkanlardan yayılan kabuk tozu,
- Okyanus püskürtülerinden gelen deniz tuzu,
- Kontrolsüz orman yangınları kaynaklı tamamen yanmamış bitkisel malzeme,
- Bitkilerde yayılan gaz halindeki öncüler,
- Mikroorganizmalar (örn: küf ve bakteriler),
- Bitki ve hayvan parçaları (örn: polen ve böcek parçaları).

Antropojenik PM kaynaklara örnek olarak;

- Enerji üretimi, konut ısıtması ve taşıtlarla ilişkili yakıt yanması,
- İnşaat ve yıkım faaliyetleri,
- Maden ve taş ocağı işletmeciliği,
- Tarımsal uygulamalarla yeniden sürüklenen bitki, hayvan ve kabuk malzemesi,
- Yangın riskini azaltmak veya arazi açmak için kontrollü yakma,
- Atık bertarafı
- Endüstriyel işlemler
- Asfaltsız yollardan kalkan tozlar
- Trafikte lastik, fren ve yol aşınması
- Karayolu ve karayolu dışında kullanılan taşıtların yer kabuğu tozunun yeniden süspanse edilmesi örnek olarak verilebilir.

Avrupa Çevre Ajansı (AÇA)'na göre: en büyük PM₁₀ kaynağı %39 ile ticari, kurumsal ve evsel ısınma iken, %20'si endüstriyel faaliyetler ve %11'i ulaşım kaynaklıdır; en büyük PM_{2.5} kaynağı %56 ile ticari, kurumsal ve evsel ısınma iken, %11'i endüstriyel faaliyetler ve %11'i ise ulaşım kaynaklıdır (81).

PM'lerin Kimyasal ve Elementel Bileşimi

PM'ler, oluştukları kaynaklara göre, birbirinden oldukça farklı kimyasal özelliklere sahiptirler. $<2,5 \mu\text{m}$ 'den olan PM'ler genellikle yanma işlemleri sonucu oluşurken; $>2,5 \mu\text{m}$ 'den PM'ler ise ezme, öğütme, rüzgar erozyonu gibi mekanik proseslerden kaynaklanmaktadır. Kaba partiküller, kıtalar üzerindeki toprak elementlerinden ve okyanuslardaki deniz tuzu elementlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, kaba partiküllerde temel olarak Si, Al, Fe, K, Ti, Mn ve Sr gibi elementler bulunmaktadır. Sülfat, nitrat, organik ve elementel karbon, amonyum iyonları ve çeşitli iz elementler ise özellikle ince partiküllerde bulunmaktadır (82).

PM'ler kimyasal bileşenlerine göre; deniz, kıta, kentsel ve stratosferik partiküller olmak üzere kabaca dört ayrı grupta sınıflandırılabilir. Deniz yüzeyinden küçük damlacıklar halinde atmosfere verilen partiküller, atmosferin üst tabakalarına taşınarak, düşük bağıl nemin bulunduğu bölgelerde suların buharlaşması sonucu, daha küçük boyutlu partikül haline dönüşürler. Daha sonra atmosferde bulunan çeşitli gazlarla (örneğin gaz halindeki amonyak ile) reaksiyona girerek klorür ve sülfatlar meydana getirirler (mmmm). Partikül maddenin kimyasal içeriği konusunda, kıtalar üzerinde yürütülen çalışmalarda bulunan sonuçlarda bazı bileşiklerin konsantrasyon oranları sırasıyla; SiO_2 %40–50, Al_2O_3 %15, Fe %5.4-6.0, CaO %2.4-0.9, Na_2O %2-1.5 K_2O %1.9-1.1, MgO %1.5-1.2, TiO %1.0-0.2, MnO %0.08–0.05. Bu elementlerden başka Cu, Ba, Ni, Sc, Cr, Zn elementleri de yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Denizden ve sanayi bölgelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki atmosferin alt kısımlarında bulunan partiküller toprak kaynaklıdır. Kentsel partiküller ise daha yüksek konsantrasyona sahip olması, parçacıkların mikro yapısı ve kimyasal bileşimi özellikleri ile doğal partiküllerden oldukça farklıdır. Kentsel partiküller her türlü zararlı maddeleri içerebilir ve ikincil reaksiyonlar sonucunda oluşan yeni ürünler insan sağlığı için daha toksik ve zararlıdır (83).

Tüm dünyada kentsel alanlardaki partikül madde hava örnekleri, örnekleme konumuna göre oldukça farklı oranlarda olmakla birlikte, tipik olarak aynı ana ortak bileşenleri göstermektedir. Bu ana bileşenler tipik olarak şunlardır (84):

- 1) Sülfat - Genellikle atmosferdeki SO_2 'nin oksidasyonu ile oluşmaktadır;
- 2) Nitrat – Genellikle NO_x 'lerin (NO ve NO_2) oksidasyonu ile oluşmaktadır; NO_2 , SO_2 'den çok daha hızlı oksitlenmektedir.
- 3)Amonyum - Atmosferik amonyağın, sülfürik ve nitrik asitlerle nötralizasyon reaksiyonlarında amonyum tuzları oluşturur

4) Klorür - Ana kaynağı deniz spreyleri ve kış boyunca kullanılan buzlanma önleyici tuzlardır. Aynı zamanda elektrik santrali ve çöp yakımıyla oluşan HCl'nin amonyak nötralizasyonu ile oluşur

5) Elementel karbon (EC) ve organik karbon (OC) - Yanma prosesleri (kentsel alanlarda özellikle trafik) birincil karbonlu partikülleri ve yarı-uçucu prekürsörleri ortama yayar.

6) Yer kabuğu maddeleri - Toprak tozu ve rüzgarın havalandırdığı yer kabuğu maddeleri bölgesel jeoloji ve yüzey durumunu yansıttığı için oldukça çeşitli bileşimlerdedirler. Genel olarak Fe, Ca, Al, Si, K ve Cl yer kabuğu elementleridir. Yer kabuğu elementleri genellikle öncelikli olarak mekanik etkilerle kaba partikül boyutunda oluşur

7) Biyolojik maddeler - Bakteri, spor, polen ve bitki artıklarından oluşur ve genellikle kaba partikül sınıfındadırlar. Pek çok çalışmada biyolojik bileşen olarak ayrılmak yerine organik karbon bileşeninin bir parçası olarak düşünülür

Kaynak tespiti çalışmalarında, bazı iz elementler çeşitli kaynakların karakteristik elementleri olarak belirtilmiş veya incelenen spesifik kaynaklarda belirli elementlerin baskın olduğu tespit edilmiştir (85). Örneğin;

- As, Mn, V, deniz tuzu olamayan sülfat ve amonyum artışı fosil yakıt yanmasını karakterize eder.

- Al, Ca, Fe ve Mn konsantrasyonu artışı mineral tozun ve yerkabuğu elementlerinin etkisini gösterir.

- Kömürlü elektrik santrallerin oluşturduğu uçucu kül mineral içerik bakımından zengindir. Yüksek konsantrasyonlarda Fe, Zn, Pb, V, Mn, Cr, Cu, Ni, As, Co ve Cd içerir.

- Toprak kaynaklı karakteristik elementler Al, Si, K, Ca, Ti ve Fe' dir.

- Biyokütle yanması veya tuğla ocaklarının karakteristik elementleri K ve BC (siyah karbon)' dir.

- Motorlu taşıt kaynağı (dizel ve benzin egzozu) yüksek BC ve S (kükürt) ile karakterize edilir ve bu elementler çöken yol tozlarının tekrar asılı hale gelmesi nedeniyle Mg, Al, Si, P ve Fe gibi yerkabuğu elementleriyle karışabilir.

- Odun yanmasıyla oluşan dumanda önemli miktarlarda Na, K, Fe, Br, Cl, nitrat, sülfat ve amonyum bulunmaktadır.

- As, Se, Ni, V tipik olarak kömür ve yağ yakımı emisyonlarında bulunur.
- Metalurjik prosesler büyük oranlarda Cu, Ni, ve Zn emisyonları oluşturabilir.
- Taşıt emisyonlarında sıklıkla bulunan elementler Cu, Zn, Pb, Br, Fe, Ca, ve Ba'dır
- Yol tozlarında ise yapılan çeşitli çalışmalarda Fe, Cu, Zn, Ni ve Pb, Cr, Ag, ve Mn, Cd elementlerini bulunmuştur.
- Pb, Br, V, Cu, Ni, Zn yağ yanması kaynaklı elementler olarak belirtilmiştir.

EPA bilim adamları, ortam havasındaki partikül emisyon kaynaklarını ve ortam partikülüne olan katkı miktarını tahmin etmek için, Pozitif Matris Faktoring (PMF) adlı bir matematiksel reseptör modeli geliştirilmiştir. Böylece belirli bir zamanda ve yerde toplanan ortam PM'sinden sorumlue emisyon kaynaklarını (parmak izini)/gücünü belirlemek mümkün olacaktır (86).

Sağlık Etkileri

PM'lerin boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi doğrusal olarak bağlantılıdır. PM'nin 10 mikrondan büyük kısmı üst solunum yollarında tutulurken, 10 mikrondan küçük kısmı alt solunum yollarına inmektedir. 2.5 mikronun altındaki ince parçacıklar, alveollere inebildikleri ve kan dolaşımına girebildikleri için sağlık açısından en büyük riski teşkil etmektedirler (Tablo 13) (87).

Tablo 13. Partikül boyutuna göre geçirgenlik (78)

Partikül boyutu	İnsan solunum sisteminde penetrasyon derecesi
> 11 µm	Burun delikleri ve üst solunum yoluna geçiş
7-11 µm	Nazal kaviteye geçiş
4,7-7 µm	Larinkse geçiş
3,3-4,7 µm	Trakea-bronşiyal alana geçiş
2,1-3,3 µm	Sekonder bronşiyal alan geçişi
1,1-2,1 µm	Terminal bronşiyal alan geçişi
0.65-1.1 µm	Bronşioler geçirgenlik
0,43-0,65 µm	Alveolar geçirgenlik

Partikül maddelerin fiziksel özellikleri yanında, kimyasal kompozisyonu da sağlık açısından oldukça önemlidir. Partikül maddeler civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları bünyelerinde bulundurabilmekte ve sağlık üzerinde önemli tehdit oluşturmaktadır. Bu zehirli ve kanser yapıcı kimyasallar, nemle birleşerek aside

dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel araç egzoz partikülleri benzo(a)pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiğinden bunların uzun süre solunması kansere sebep olmaktadır (88).

PM bileşiminde bulunan bazı elementlerin sağlık etkileri tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Partiküler madde yapısındaki bazı elementlerin sağlık etkisi (89)

Element	Sağlık etkisi
Arsenik	Anemi, nöropati, akciğer ve deri kanseri
Berilyum	Pnömonitis, progresif interstiyel fibrozis, akciğer kanseri
Çinko (Zn)	Metal tütsü ateşi
Kadmiyum	Kronik Böbrek yetmezliği, Osteoporoz, İtai-itai hastalığı, akciğer kanseri
Nikel (Ni)	Burun sinüslerinde ve boşluğunda kanser
Krom (Cr)	Deride irritasyon ve ülserasyon, Akciğer kanseri
Civa (Hg)	Tremor, Stomatit, Eretizm, Böbrek yetmezliği,
Kurşun (Pb)	Anemi, Kurşun ensefalopatisi, Fanconi

PM’ye hem kısa vadede (saat, gün) hem de uzun vadede (aylar, yıllar) maruz kalmadan kaynaklanan sağlık etkileri şunlardır (90):

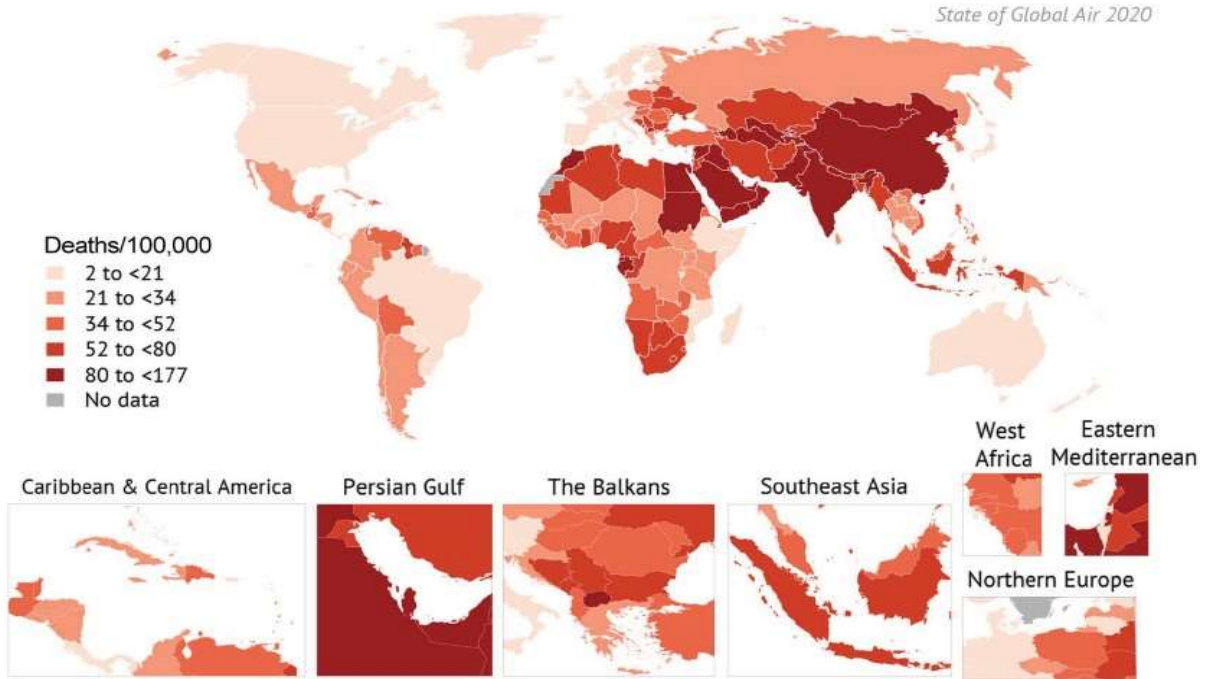
- Astımın şiddetlenmesi, solunum semptomları ve hastanede yatışlarda artış gibi solunumsal ve kardiyovasküler morbidite;
- Kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarından ve akciğer kanserinden mortalite artışı.

Günlük hava kirliliği verisi olan kentlerde PM10'un tüm yaşlarda tüm nedenlere bağlı mortalite üzerindeki kombine etkisi, dış ortam PM10 konsantrasyonundaki her 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ artış için % 0.2-% 0.6 arasında arttığı tahmin edilmektedir. Mortalite için PM2.5, PM10'un (2.5–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında partiküller) kaba kısmından daha güçlü bir risk faktörüdür. PM2.5'in her 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ artışı, uzun süreli kardiyopulmoner mortalite riskinde % 6-13 oranında bir artış ile ilişkilidir (90).

Hava kirliliğinin sağlık etkileri maruziyetin artmasına bağlı olarak artarken, bir sağlık sorununa yol açmayan güvenli bir eşik değer yoktur. Bununla birlikte Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan çalışmalarda olumsuz sağlık etkilerinin görüldüğü konsantrasyon aralığı PM2.5 için 3–5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tahmin edilmektedir. PM2.5 için uzun

vadeli limit değeri olarak yıllık ortalama $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon seçilmiştir. Bu değer, Amerikan Kanser Derneği'nin (ACS) çalışmasında hayatta kalma üzerinde önemli etkilerin gözlendiği aralığın alt sınırını temsil etmektedir. Tüm bu çalışmalarda, PM2.5'e uzun süre maruz kalma ile ölüm arasında güçlü ilişkiler olduğu bildirilmiştir (91).

PM2.5'e atfedilebilen yük, küresel çapta büyük farklılıklar gösterir, bu da maruziyet, hastalık prevalansı ve diğer popülasyon duyarlılıklarındaki varyasyonu yansıtır (Şekil 16). Küresel olarak, Asya ve Afrika'daki ülkeler, PM2.5'e atfedilebilen en yüksek yaşa göre standardize ölüm hızlarına ve DALY'e sahiptir. Örn. Hindistan ($96/100.000$, % 95 UI: 75-116); Çin ($81/100.000$, %95 UI:67-96); Mısır ($157/100.000$, % 95 UI:117-200); İran ($63/100.000$, % 95 UI:55-71) ve Nijerya ($59/100.000$, % 95 UI:37-85). GBD (Küresel hastalık yükü) Yüksek Gelir Bölgesi'ndeki ülkeler çok daha düşük hızlara sahiptir. Almanya ($13/100.000$, % 95 UI:9,7-16); Birleşik Krallık ($11/100.000$, % 95 UI: 7,3-14); Amerika Birleşik Devletleri ($8,5/100.000$, % 95 UI: 4,7-13); Kanada ($5,4/100.000$, % 95 UI:2,6-8,5) ve Norveç ($3,8/100.000$, % 95 UI:1,5-6,5) (12).



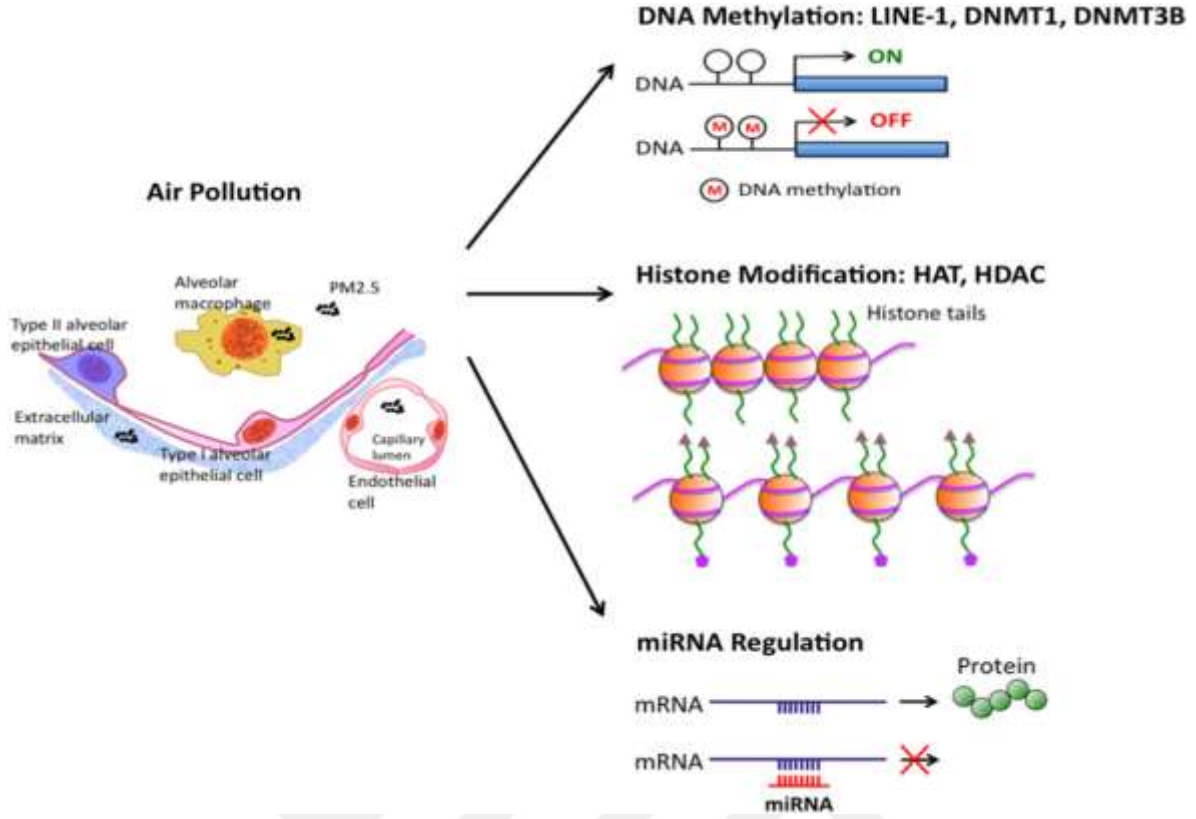
Şekil 16. 2019'da PM2.5'e atfedilebilen yaşa göre standardize edilmiş ölüm hızlarının küresel haritası (12)

Tablo 15. Bazı illerimizde 30 yaş üstü doğal ölümler içerisinde PM 2.5 kirliliğine atfedilen ölüm sayıları, ölüm oranları ve 100.000 kişi başına düşen ölüm sayıları (2017,2018,2019) (92)

İller	Yıllık ort. PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Hava kirliliğine atfedilen ölüm sayısı			Hava Kirliliğine Atfedilen Ölüm Oranı (%)			Hava Kirliliğine Atfedilen Mortalite Hızı (100.000'de)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Edirne	34	29	21	452	356	216	13,4	10,8	6,4	165,4	128,22	76,87
Tekirdağ	40	26	21	824	474	334	16,5	9,18	6,4	129,7	72,28	49,45
Kırklareli	28	29	16	288	305	50	10,3	10,80	1,79	120	93,56	20,31
Ankara	26	31	21	2139	2808	1552	9,2	11,87	6,4	62,6	81,12	43,38
Adana	37	39	9	1417	1520	0	15	16,01	0	106,3	112,89	0
Çanakkale	24	23	17	343	319	176	8,1	7,52	4,12	95,7	86,8	47,17
Erzurum	33	26	54	479	333	867	12,9	9,18	23,25	116,4	79,15	204,87
İstanbul	28	28	21	5851	5806	3761	10,3	10,26	6,4	63,3	62,39	38,92
İzmir	28	27	24	2518	2383	2075	10,3	9,72	8,08	89	82,87	70,82
Samsun	37	24	14	1207	636	192	15	8,08	2,38	144,3	74,22	22,07
Zonguldak	30	25	29	435	357	438	6,4	8,63	10,8	17,9	88,03	107,65

Doğurganlık hava kirliliği ilişkisini inceleyen, İspanya Barselona'da yapılan bir çalışmada özellikle PM'nin (NO_2/NO_x) kaba fraksiyonu için trafikle ilgili hava kirliliği seviyelerinde artışla birlikte doğurganlık oranlarının azaldığı saptandı. Bu çalışma ile ilk defa insanlarda düşük doğurganlık oranları ve trafikle ilgili daha yüksek hava kirliliği seviyeleri arasında bir ilişki olduğunu gösterilmiştir (93).

PM2.5 alveoler makrofaj veya hücre dışı matris ve vasküler endotel hücrelerine doğrudan translokasyon ile absorbe olup ve sistemik dolaşıma transporta olacak kadar küçüktür. Dolaşımdaki PM2.5 epigenetik değişikliklere ve sistemik inflamasyona neden olabilir. PM2.5 maruziyeti LINE- 1'in DNA metilasyonunu azaltır, DNMT1'i ve DNMT3B ekspresyonunu artırır. PM10 maruziyeti HAT aktivitesini artırır ve sigara dumanı HDAC2 aktivitesini azaltır. PM2.5 maruziyeti, çoklu inflamatuvar yollarla ilgili miRNA değişiklikleri ile ilişkilidir (Şekil 17) (94).

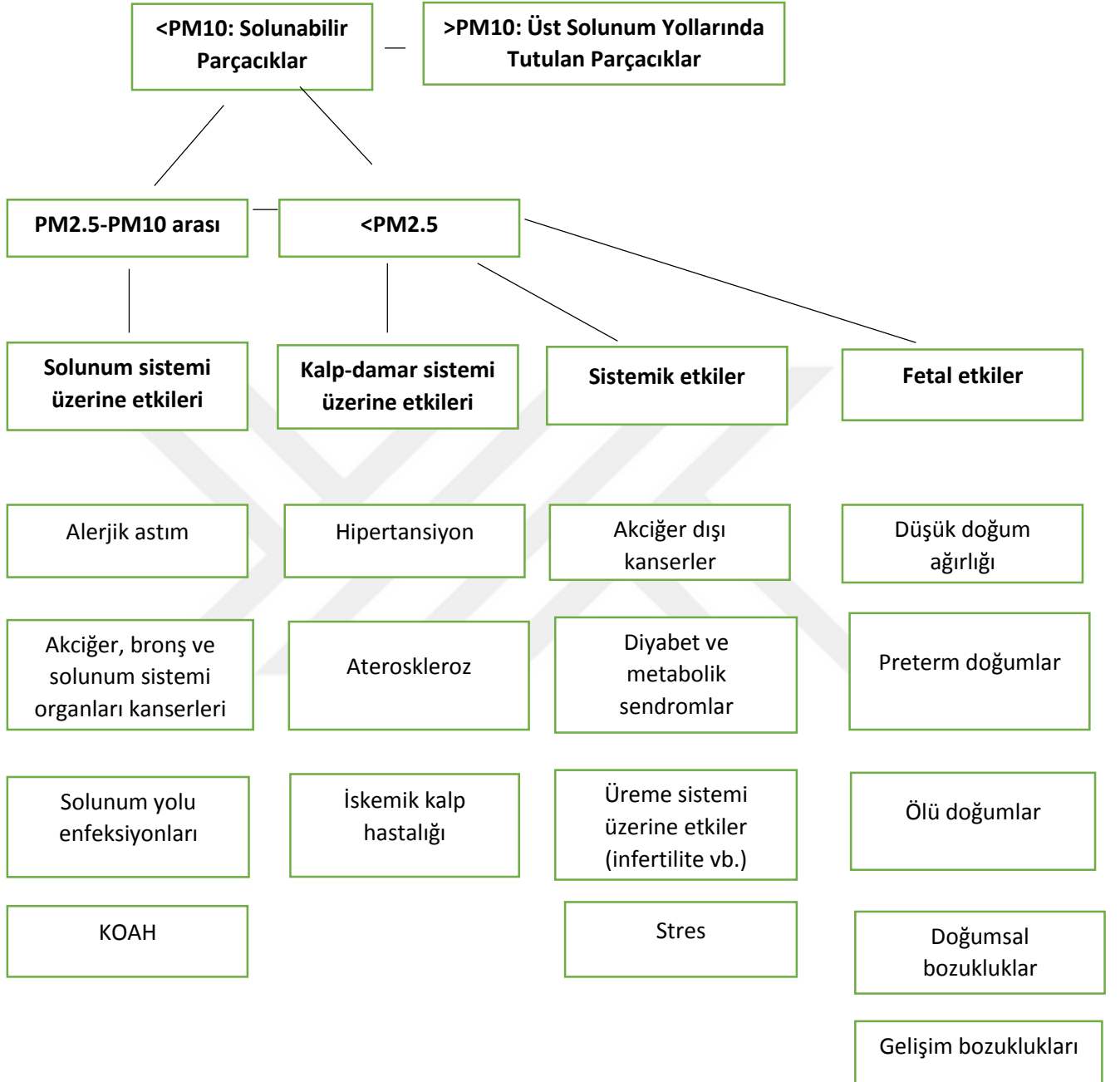


Şekil 17. PM maruziyeti ile ilişkili epigenetik değişiklikler (94)

PM'nin olumsuz sağlık etkilerine neden olabileceği olası biyolojik mekanizmalar (95):

- Pulmoner inflamasyon
- Serbest radikal ve oksidatif stres yanıtı
- Hücre içi proteinlerin kovalent modifikasyonu (örneğin enzimler)
- Biyolojik bileşiklerin neden olduğu inflamasyon
- Kalp hızı değişkenliğini ve hava yolu reaktivitesini düzenleyen nosiseptör ve otonom sinir sistemi aktivitesinin uyarılması
- Bağışıklık sistemindeki adjuvan etkiler
- Sistemik dolaşıma erişen ultra ince partikül ile prokoagulan aktivite
- Normal savunma mekanizmalarının baskılanması (örneğin, alveolar makrofaj fonksiyonlarının baskılanması)

PM'nin olumsuz sağlık etkileri ve bu etkilere neden olabilecek biyolojik mekanizmalar Şekil 18'de sunulmuştur (14).



Şekil 18. Partiküler Maddelerin Başlıca Sağlık Etkileri (18)

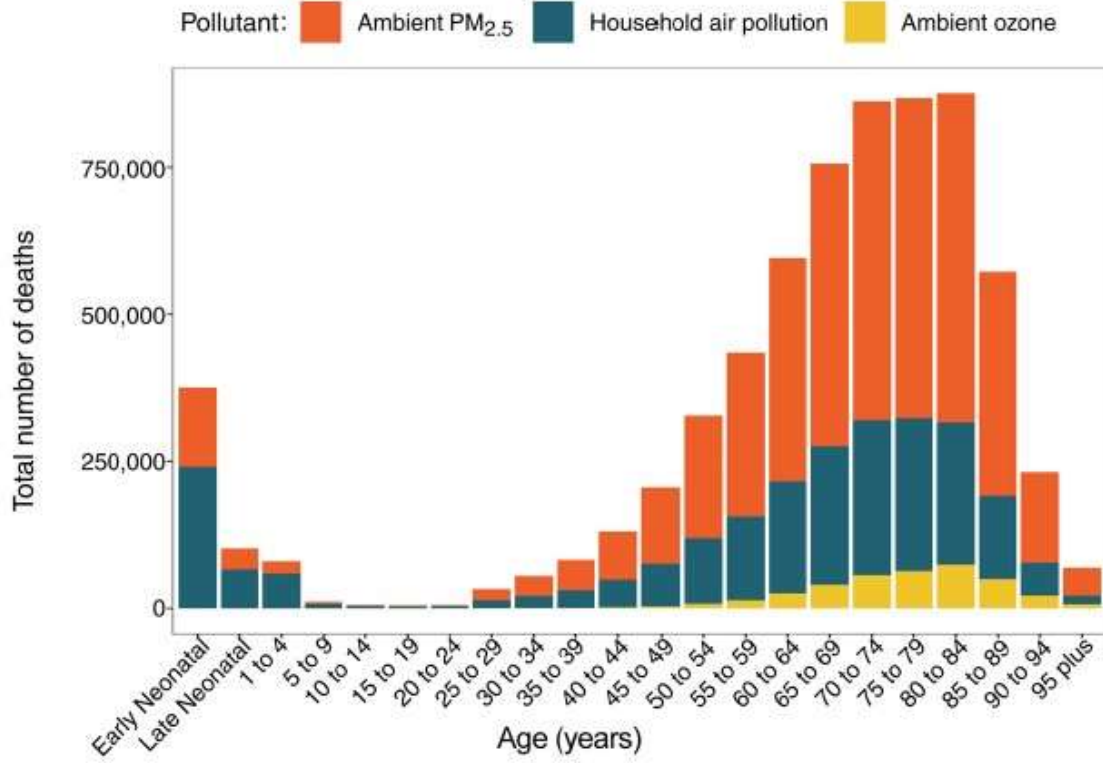
Hava Kirliliğinin Gebe, Çocuk ve Yaşlılar Üzerindeki Sağlık Etkileri

Dış ortam hava kirliliğinin uluslararası sınırların 6 katını aştığı alanlarda 300 milyon çocuk yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF)'in raporuna göre, düşük gelirli ailelerde yaşayan çocuklar hava kirliliğine daha fazla maruz kalmaktadır. Dünyada yaklaşık 2 milyar çocuk DSÖ'nün yıllık $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınırını aşan alanlarda yaşıyor. 5 yaş altı her 10 ölümden yaklaşık 1'i hava kirliliği ile bağlantılıdır (96).

Dış ortamda yüksek düzeyde hava kirlenmelerine maruz kalan gebeden, fetal dolaşıma plasenta ve göbek kordon kanı yoluyla girerek olumsuz etkileyebileceğini gösterilmiştir. Çevre Çalışma Grubu'nun New York'ta yaptığı bir çalışmada, araştırmacılar, kordon kesildikten sonra Kızıl Haç tarafından rastgele seçilen 10 bebeğin göbek kordon kanında ortalama 200 endüstriyel kimyasal ve kirlenici bulunmuştur (97). Hamilelik sırasında ve yaşamın ilk yılında trafikle ilişkili hava kirliliği, NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ ve PM_{10} maruziyeti otizmle ilişkili bulunmuştur (98).

PM_{10} 'a uzun süreli maruz kalma, çocukların sağlığı üzerinde solunum semptomlarının ve astım atakları gibi artan akut etki riskleri ve akciğer fonksiyonlarının bozulmuş gelişimi gibi artan kronik etki riskleriyle ilişkilidir. İnce partikül maddelere ($\text{PM}_{2.5}$) maruz kalma, yaşam beklentisinin azalmasının önemli bir prediktörüdür (99).

Hava kirliliğine atfedilebilen hastalık yükü, yaş gruplarına göre eşit oranda değildir. Dünyanın her yerinde çocuklar ve yaşlılar en çok etkilenmektedir. Şekil 19, erken (0 ile 6 gün) ve geç (7 ile 27 gün) yenidoğan gruplarında bebekler arasında kirliliğe bağlı ölümlerde bir zirveyi gösterir ve partikül maddenin olumsuz doğum sonuçları ve alt solunum yolu enfeksiyonları üzerindeki etkisini göstermektedir. Yaşça büyük gruplardaki daha geniş pikler, hava kirliliğinin alt solunum yolu enfeksiyonlarına ve zamanla gelişen başlıca bulaşıcı olmayan hastalıklara (İskemik kalp hastalığı, İnme, KOAH, Akciğer kanseri ve Tip 2 diyabet) katkılarını yansıtır. DALY'ler toplam ölümlerle benzer bir model izler, ancak ilk pik daha genç yaş grupları için çok daha yüksektir ve en küçük bebekler için kaybedilen yılları yansıtır. Şekil 19'da ayrıca, üç hava kirliliği türünün farklı yaş gruplarını nasıl etkilediğine dair fikir vermektedir. Dış ortam $\text{PM}_{2.5}$ ve iç ortam hava kirliliği, yaş grupları arasında mortalite ve DALY'e en büyük neden olan faktörlerdir. KOAH'ın gelişmesi yıllar aldığından ve O_3 analizine dahil edilen tek sağlık sonucu olduğundan, O_3 'ün etkileri yalnızca yetişkinlerde görülür (12).



Şekil 19. 2019 Yılında, yaş gruplarına göre PM_{2.5}, ozon ve iç ortam hava kirliliğine atfedilen küresel ölümlerin dağılımı (12)

KÜKÜRT DİOKSİT (SO₂)

SO₂ renksiz, alev-almaz ve keskin bir kokusu olan gazdır. Atmosferdeki en büyük SO₂ kaynağı, enerji santralleri ve diğer endüstriyel tesislerde yakılan fosil yakıtlardır. Daha küçük SO₂ emisyon kaynakları şunları içerir: cevherden metal çıkarma gibi endüstriyel işlemler, volkanlar gibi doğal kaynaklar, yüksek kükürt içeriğine sahip yakıt yakan lokomotifler, gemiler ve ağır iş makineleridir (100).

SO₂, solunum yolları için tahriş edici bir gazdır ve çoğu insanda sağlık etkilerine neden olabilmesi için, tempolu yürüyüş gibi ağız solunmasını tetikleyen orta aktivite düzeylerine ihtiyaç vardır. Ana etki, çok kısa maruziyette bronkokonstriksiyondur. Buna, solunum yollarını açan ilaçların kullanımını gerektirebilecek hırıltılı solunum, göğüste baskı hissi ve nefes darlığı eşlik edebilir. SO₂ maruziyeti sona erdiğinde, akciğer fonksiyonu ilaçsız bile olsa bir saat içinde normale döner. Çok yüksek seviyelerde, SO₂ astımı olmayan sağlıklı kişilerde bile hırıltılı solunum, göğüste baskı hissi ve nefes darlığına neden olabilir. Bununla birlikte, diğer kronik akciğer hastalıkları veya kardiyovasküler hastalığı olan insanlar, çocuklar ve yaşlı yetişkinler de bu etkilere karşı hassas olabilir (Tablo 16) (46).

kahverengi) hem de toksik bir gazdır. Sıkça karşılaşılan ve kirletici sayılan oksitler NO ve NO₂ gazlarıdır. Bu iki gaz karışımı NO_x şeklinde gösterilir. Bacalardan ve egzozlardan salınan NO, O₃ gazı tarafından hızla okside edilerek NO₂'e dönüşür. NO₂, nitrat asidi oluşturmak için reaksiyona giren güçlü bir oksidandır ve partiküllerle birlikte olduğunda kentsel bölgelerde havada kırmızımsı-kahve renkli bir tabaka halinde görülebilir. NO_x'ler, nitrat partikülleri ve asit aerosolleri oluşturmak üzere reaksiyona girerler. Asit yağmuru oluşumuna katkıda bulunurlar. NO_x oluşumuna sabit ve hareketli, çeşitli kaynaklar sebep olmaktadır. Sabit kaynaklar; sanayi tesisleri, güç santralleri, kimyasal ürün üreten ve kullanan çeşitli endüstriyel tesislerdir. Yanma gazı atıklarını çevreye bırakan motorlu taşıtlar ise hareketli kaynaklardır (102).

Azot dioksit'in başlıca akut ve kronik solunum sistemi hastalıklarına neden olur. Kısa süreli maruziyet solunum hastalıklarını, özellikle astımı şiddetlendirebilir. Solunum semptomlarına (öksürük, hırıltılı solunum ve nefes almada zorluk gibi) bağlı olarak hastaneye yatışa yol açabilir. Yüksek NO₂ konsantrasyonlarına daha uzun süre maruziyet, astım gelişimine katkıda bulunabilir ve solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlığı artırabilir. Astımlılar, NO₂'nin sağlık etkileri için daha büyük risk altındadır (95). Çocukların akciğerlerinin gelişimini olumsuz etkiler, çocukluk çağı astımını ağırlaştırır, akciğer enfeksiyonlarına zemin hazırlar (103). NO₂'nin gebelikte de etkili olduğu, O₃ ve NO₂ gibi hava kirleticilere maruziyetin gestasyonel periyodu kısalttığı ve preterm doğuma neden olduğu gösterilmiştir. Yüksek oranlarda ve uzun süre solunursa zehirlenme ve ölümlere neden olabilmektedir (104).

OZON (O₃)

O₃ gazı, üç oksijen atomunun birleşmesinden oluşur. Atmosferi oluşturan N₂, O₂ ve CO₂ vb. gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan O₃, hem iklimi etkilemekte hem de yer yüzeyindeki canlıların korunmasında önemli rol oynamaktadır. Atmosferdeki O₃'ün %90'ına yakını, yer yüzeyinden itibaren yaklaşık 10–50 km seviyeleri arasında bulunan stratosfer tabakası içinde yer alır. Geri kalan %10'luk kısmı ise yerden yaklaşık 10–15 km'ye kadar uzanan troposfer tabakası içinde bulunmaktadır. Stratosferik O₃ özellikle, güneşten gelen ultraviyole ışınlarının büyük kısmını emerek yer yüzeyine ulaşmasını önlemekte ve olumsuz etkisini yok etmektedir. Troposferik O₃, NO_x ve VOC türevlerinin güneş ışığı ile birlikte girdikleri fotokimyasal reaksiyonlarla oluşmaktadır (105).

O₃'ün suda çözünürlüğü düşük olduğundan, inhale edildiğinde, akciğerlere derinlemesine nüfuz edebilmektedir (93). Havada yüksek konsantrasyonda bulunan O₃ astım

ve akciğer fonksiyonlarında azalma gibi solunum sistemi problemlerine yol açmaktadır. DSÖ verilerine göre, özellikle yaz aylarında Avrupa kıtasındaki O₃ konsantrasyonlarının pnömoni, solunum problemleri sebebiyle ilaç kullanımında artış ve erken ölümlere sebep olduğu tespit edilmiştir. O₃ kirliliğine maruz kalındığında, akciğerler kirliliğin girmesine engel olma refleksi göstermektedir. Bu refleks sonucu solunan O₂ azalmakta, vücutta azalan oksijen miktarı, kalbin daha hızlı çalışmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kalp rahatsızlıkları ve solunum problemleri yaşayan kişiler, O₃ kirliliğinden daha fazla etkilenmektedir. Yüksek O₃ seviyeleri insan sağlığının yanı sıra tarımsal verimi düşürmekte, ormanların büyümesini engellemekte, ayrıca binaların yıpranmasına sebep olmaktadır (106,107).

O₃'ün yüksek sıcaklıklar ve ısı dalgalarında mortalite artışı olan ilişkisi gösterilmiştir (108). O₃'e maruz kalmanın halk sağlığı üzerindeki potansiyel etkisi, mevcut astımı daha da kötüleştirmesinden kaynaklanmaktadır, bu da acil servis ziyaretlerinin ve hastaneye yatışların artmasıyla sonuçlanmaktadır. Trafiğe yakınlığın ve kentsel alanlarda yaşamının, hem artan O₃ maruziyetine hem de astıma katkıda bulunduğu gösterilmiştir (109) (Şekil 21).

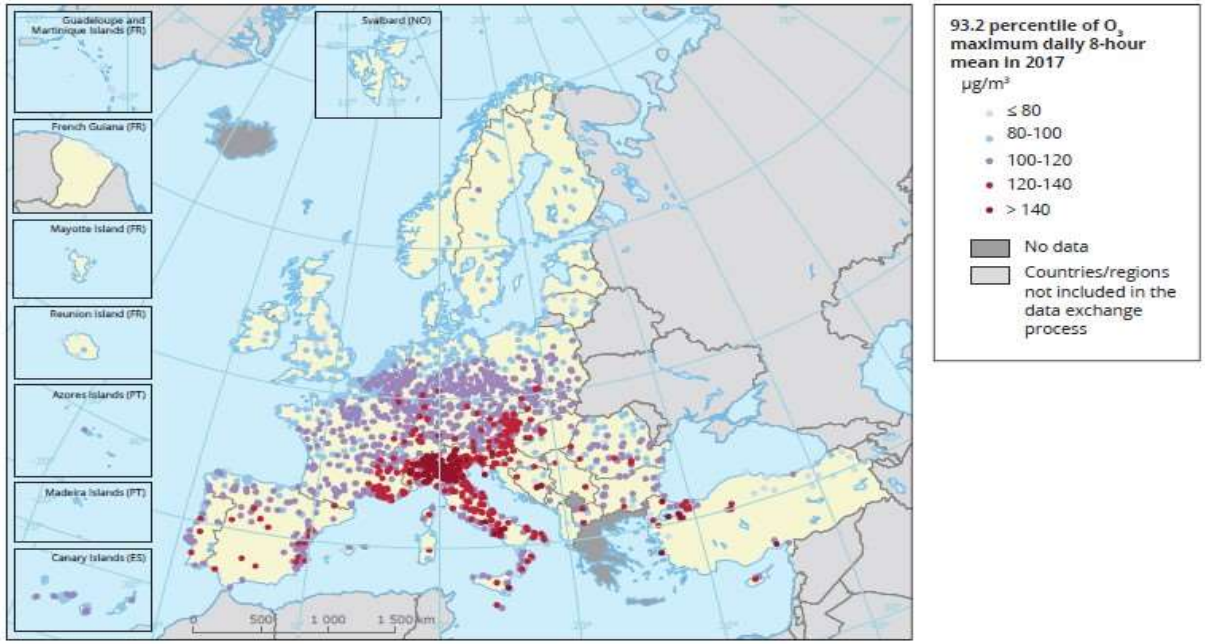


Şekil 21. Ozonun neden olduğu sağlık etkileri piramidi (108)

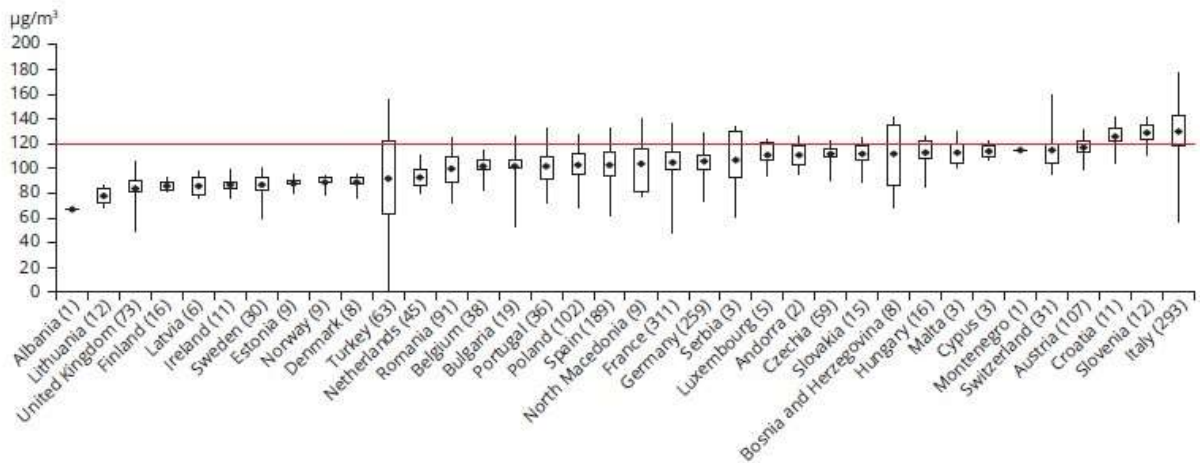
Hava kirliliği ve sağlıklı Avrupa yaklaşımı projesi (APHEA2) ile, ortamdaki O₃ konsantrasyonlarının mortalite üzerindeki akut etkileri incelenmiş ve farklı Avrupa kentlerinden günlük ölüm sayısı ve günlük O₃ konsantrasyonları 3 yıl boyunca izlenmiştir. Yılın sıcak döneminde, O₃ konsantrasyonunda gözlenen artış, günlük ölüm sayısında (%0.33),

solunum sistemi ölümlerinde (%1.13) ve kardiyovasküler ölüm sayısında (%0.45) bir artış ile ilişkilendirilirken, kış aylarında herhangi bir etki gözlenmemiştir (98). Global Hastalık Yüğü (GBD) Çalışmasında, 2015 yılında O₃ maruziyetine atfedilebilen 4.1 milyon engelliliğe ayarlanmış yaşam yılı (DALY) rapor edilmiştir (110).

Troposferik O₃ kaynaklarından biri olan NO_x'ler, büyük çoğunlukla motorlu araçlardan (%49), enerji santrallerinden (%28), endüstriyel faaliyetlerden (%13) ve ticari aktivitelerden (%5) oluşmaktadır. NO_x emisyonları, en yoğun nüfuslu bölgelerde, özellikle kuzeybatı Avrupa'da görülmektedir (Şekil 22,23) (81).



Şekil 22. 2017 AB ülkelerinde O₃ konsantrasyonları (81)



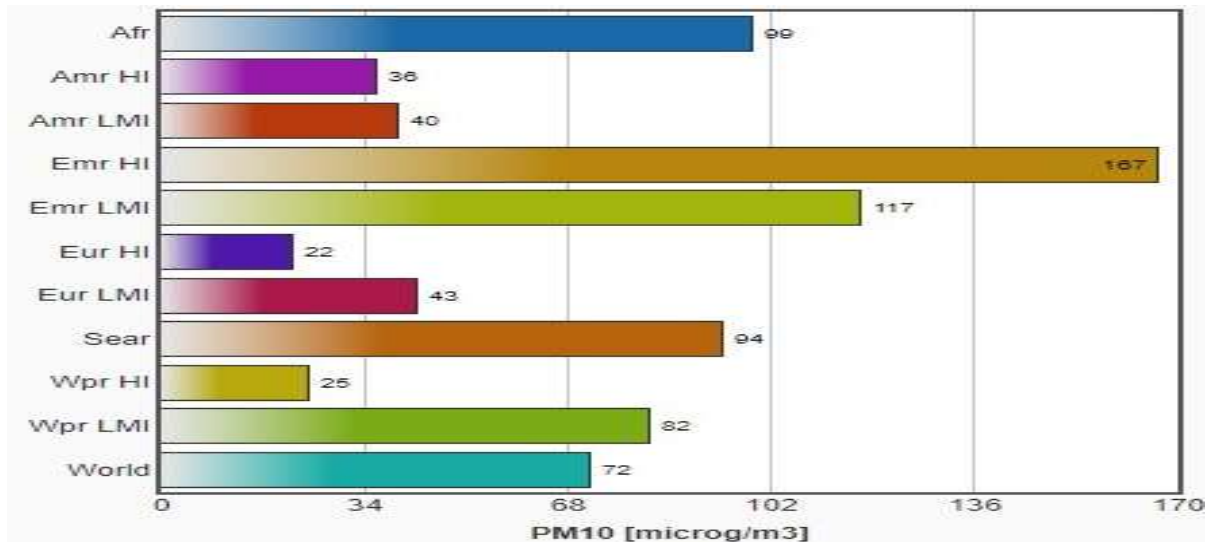
Şekil 23. 2017 yılında AB ülkelerinde O₃ konsantrasyonları (81)

KARBONMONOKSİT (CO)

CO renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup, havadan hafif bir gazdır. Gaz, insan ve hayvanlar için yüksek miktarda bulunduğunda çok toksik olup, aynı zamanda normal hayvan metabolizmalarında düşük oranlarda üretilmekte ve bunun normal bazı biyolojik fonksiyonlara sahip olduğu düşünülmektedir. CO genelde iç ortam hava kirliliğinden kaynaklanır. CO, karbon içeren yakıtlar, düşük miktarda oksijen bulunan ortamda yakıldığında üretilmektedir. Sobalı evlerde sıklıkla karşılaşılan zehirlenme vakalarının temel sebebidir. Yeterli miktarda oksijen bulunduğunda, oluşan CO oksidasyon ile CO₂'e dönüşmektedir. CO kalp ve beyin gibi organlara ve dokulara oksijen dağıtımını azaltarak zararlı etkilere yol açabilen bir maddedir; yüksek düzeyde solunması halinde ölümle sonuçlanabilir. CO Hemoglobine bağlanarak, kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır; bu durum kalbin yeterince kanlanamamasına, göğüs ağrısına ve yüksek düzeyde maruz kalınması halinde ise ölüme yol açabilir (111).

DÜNYADA ve TÜRKİYEDE HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği tüm dünyayı etkilese de, düşük gelirli ülkelerdeki nüfus daha çok etkilenmektedir. 100.000'den fazla nüfusu olan düşük ve orta gelirli ülkelerdeki şehirlerin % 97'si DSÖ'nün hava kalitesi kriterlerini karşılamamaktadır. Yüksek gelirli ülkelerde ise bu oran % 49'dur. Tüm dünyada PM10 ortalaması 72 µg/m³'tür. En düşük değerler; yüksek gelirli Avrupa ve Batı Pasifik ülkelerinde, en yüksek değer ise; yüksek gelirli Doğu Akdeniz ülkelerinde ölçülmüştür (Şekil 24)(112).

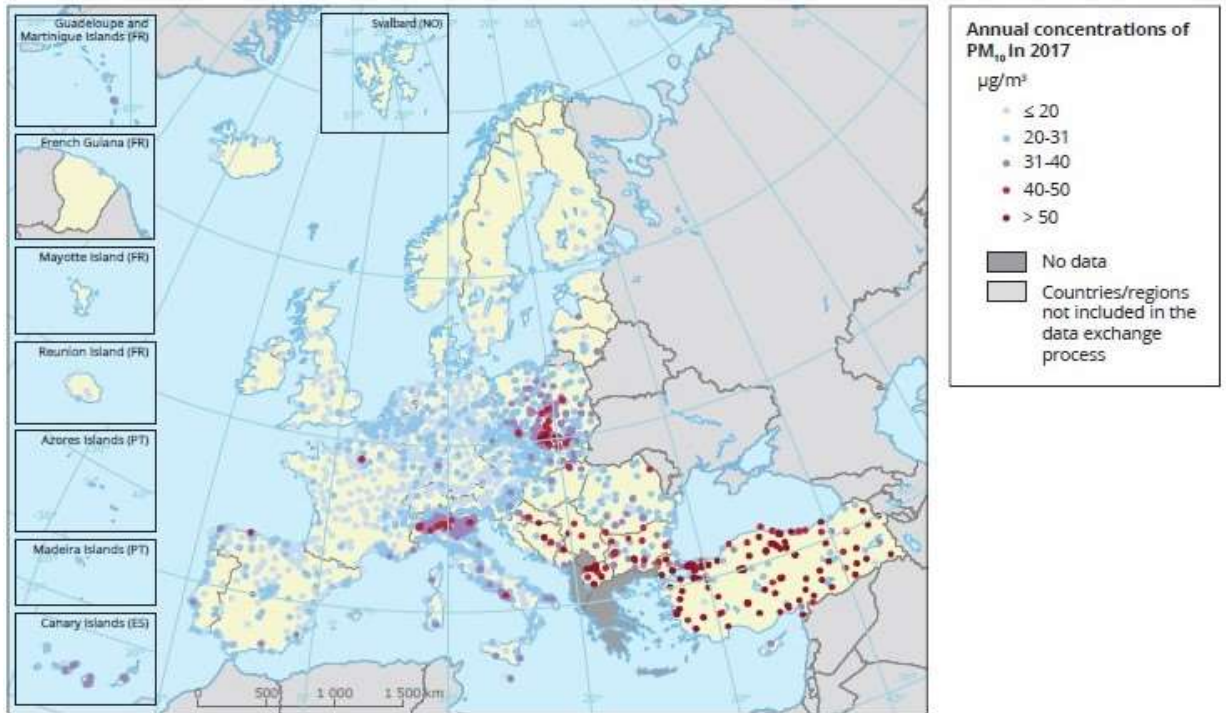


Şekil 24. 2008-2016 güncel verilerine göre DSÖ bölge ve altbölgelerindeki PM10 düzeyleri (112)

Afr: Sahra-altı Afrika; Amr: Amerika; Emr: Doğu Akdeniz; Eur: Avrupa; Sear: Güneydoğu Asya; Wpr: Batı Pasifik; HI: Yüksek Gelir; LMI: Düşük ve Orta Gelir.

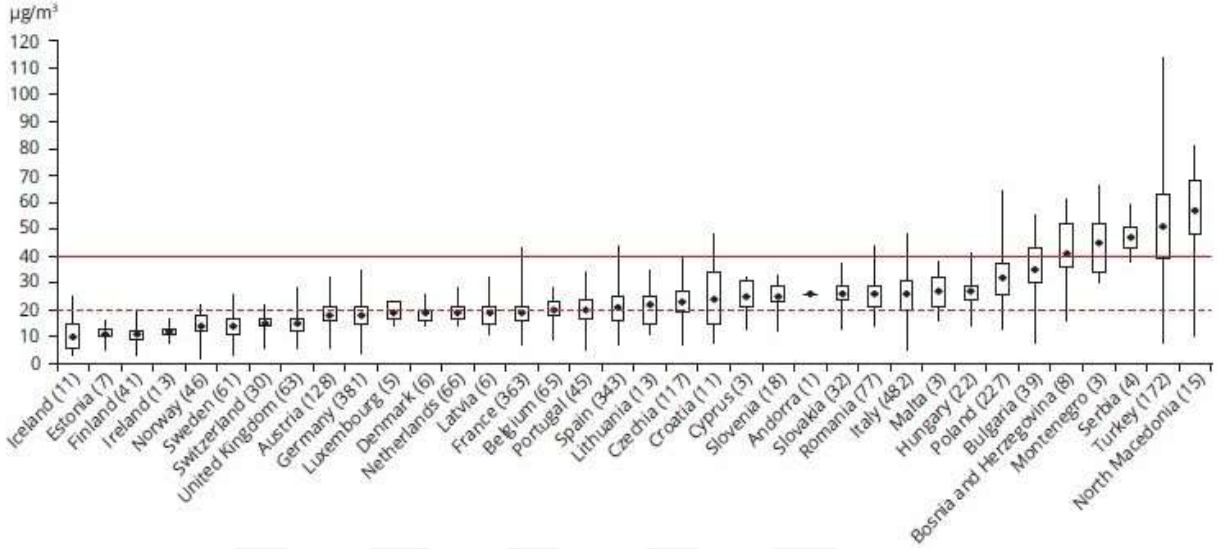
DSÖ'nün 2018 yılı dış ortam hava kirliliği verilerine göre, dünyada yıllık ortalama PM10 değeri en yüksek ölçülen 3 şehir; Peşaver (Pakistan-540 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Rawalpindi (Pakistan-448 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Gwalior (Hindistan-329 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)'dur. DSÖ Avrupa bölgesinde ise PM 10 değeri en yüksek ölçülen 3 şehir Tetovo (Kuzey Makedonya-140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Siirt (Türkiye-101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Iğdır (Türkiye-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)'dır. DSÖ veri tabanına göre Türkiye'nin PM10 kirliliği en yüksek 3 şehri sırasıyla Siirt (101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Iğdır (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Muş'tur (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). DSÖ Avrupa bölgesinde PM10 açısından en kirli ilk 50 ilin 31'i Türkiye'dendir. Yıllık ortalama PM2,5 kirliliği açısından dünyada ilk 3 şehir ise Kanpur (Hindistan-217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Faridabad (Hindistan-172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Gaya (Hindistan-149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)'dır. Türkiye'nin PM2.5 kirliliği en yüksek 3 şehri sırasıyla; Amasya (39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Sakarya (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne (31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)'dir. Yine PM2.5 açısından Avrupa'da en kirli 50 ilin 6'sı Türkiye'dedir (113).

2017 yılında PM10 yıllık limit değerinin (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerindeki konsantrasyonlar, 13 ülkede bulunan tüm raporlama istasyonlarının % 7'sinde (207 istasyon) izlenmiştir. Çoğu Türkiye'de (121) olmak üzere, Polonya (31), İtalya (14), Kuzey Makedonya (14) ve Bulgaristan'da (13) yer alıyordu. On yedi Üye Devlet ve diğer rapor eden altı ülke (Şekil 25, 26) 2017'de PM10'un AB yıllık limit değerinin üzerinde yoğunlaştığını bildirmiştir (81).



Şekil 25. 2017 AB ülkelerinde yıllık PM10 konsantrasyonları (81)

Avrupa hava kalitesi 2019 raporuna göre Avrupa’da yıllık PM10 ortalama değerleri en yüksek ülkeler K. Makedonya, Türkiye, Bosna Hersek ve Karadağ şeklindeyken, en düşük ortalamaların olduğu ülkeler ise İzlanda, Estonya ve Finlandiya’dır (Şekil 26)(81).



Şekil 26. 2017 yılında Avrupa ülkelerinde yıllık PM10 konsantrasyonları (81)

*Her ülke için, istasyonlarında kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortanca değerler verilmiştir. Dikdörtgenler 25. ve 75. yüzdelik dilimleri göstermektedir. AB yıllık limit değeri üst sürekli yatay çizgi ile DSÖ limiti alt kesikli yatay çizgi ile çizilmiştir.

DIŞ ORTAM KİRLETİCİLERİN SINIR DEĞERLERİ

DSÖ Sınır Değerleri

Klasik hava kirleticiler ile bazı elementlerin DSÖ üst limitleri ve IARC’ye göre kanser sınıflamaları Tablo 17’de sunulmuştur.

Tablo 17. Klasik hava kirleticilerinin ve elementlerin DSÖ limitleri (70)

KİRLETİCİLER	ZAMAN BİRİMİ	ORTALAMA SINIR DEĞER (µg/m³)	IARC GRUP SINIFLAMASI
PM10	24 saatlik	50	1
	Yıllık	20	
PM2.5	24 saatlik	25	1
	Yıllık	10	
SO₂	10 dakikalık	500	3
	24 Saat	20	
NO₂	1 saatlik max	200	-
	Yıllık	40	
O₃	Günlük 8 saatlik max	100	-
CO	15 dakikalık	100	-
	2 saatlik	35	
	8 saatlik	10	
	24 saatlik	7	
ARSENİK	-	Güvenli düzeyi Yok	1
ASBEST	-	Güvenli düzeyi Yok	1
KADMİYUM	Yıllık	5	1
KROM	-	Güvenli düzeyi Yok	Metalik krom 3
KURŞUN	Yıllık	0.5	2B, inorganik 2A, organik 3
CİVA	Yıllık	1	İnorganik bileşikler 3 Metilcıva 2B
NİKEL	-	Güvenli düzeyi Yok	Nikel-metalik ve alaşımları: 2B; Nikel- bileşikleri:1

IARC: Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı. Grup 1: İnsanlarda kesin kanserojen, 2A: İnsanlarda muhtemel kanserojen, 2B: İnsanlarda olası kanserojen, 3: İnsanlarda kanserojen olarak sınıflanamaz.

AB Sınır Değerleri

Dış ortam kirleticileri için AB üst limitleri Tablo 18’de sunulmuştur (81).

Tablo 18. Klasik hava kirleticilerinin ve elementlerin AB limitleri (81)

HAVA KİRLETİCİSİ	ZAMAN BİRİMİ		ORTALAMA SINIR DEĞER	YORUMLAR
PM2.5	Yıllık		25 µg/m ³	-
PM10	Günlük		50 µg/m ³	Yılda 35’ten fazla aşım olmamalıdır
	Yıllık		40 µg/m ³	-
SO ₂	1 saatlik (Uyarı eşiği)		350 µg/m ³ (500 µg/m ³)	Yılda 24 saatten fazla aşılmamalı (Art arda 3 st ölçüm)
	Günlük		125 µg/m ³	Yılda 3 günden fazla aşılmamalıdır
O ₃	Günlük 8 saat max		120 µg/m ³	Yılda 25 günden fazla aşılmamalı
	1 saatlik	Bilgi eşiği	180 µg/m ³	
		Uyarı eşiği	240 µg/m ³	
NO ₂	1 saatlik limit (uyarı eşiği)		200 µg/m ³ (400 µg/m ³)	Yılda 18 st.ten çok aşılmamalı (Art arda 3 st ölçümde)
	Yıllık		40 µg/m ³	
CO	Günlük 8 saat max		10 mg/m ³	
Kadmiyum	Yıllık		5 ng/m ³	PM10 içeriği olarak ölçüm
Kurşun	Yıllık		0.5 µg/m ³	PM10 içeriği olarak ölçüm
Nikel	Yıllık		20 µg/m ³	PM10 içeriği olarak ölçüm

Türkiye için Mevzuat ve Limitler

Başta anayasamız dahil olmak üzere ülkemizde konu ile ilgili çok sayıda mevzuat metni mevcuttur. T.C. Anayasası Madde 56'da “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir” ifadesi yer almaktadır (114). 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun (1983) amacı bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak olduğu belirtilmektedir (115).

Ülkemizde hava kalitesi yönetimine ilişkin usul ve esaslar 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ile belirlenmiş ve 13 hava kirleticisi kapsam içerisine alınmış, 8 kirletici için ulusal sınır değerler açıklanmıştır. Bu yönetmelikte hava kalitesi limit değerleri belirtilmekte ve konu ile ilgili sorumluluk T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)'na verilmektedir. Yönetmeliğin 1. maddesinde amacı: “Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.” şeklinde ifade edilmiştir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek'lerinde PM10 sınır değerleri belirlenmiştir. PM10 için olan sınır değerler kademeli biçimde düzenlenerek 1 Ocak 2019 itibariyle AB sınır değerlerine indirilmiştir (116).

Tablo 19. Hava kalitesi sınır değerleri (2020) (116)

Hava kirleticisi	Ölçüm periyodu	AB ve Türkiye sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DSÖ sınır değeri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM10	24 saat	50	50
	1 yıl	40	20
SO₂	1 saat	350	--
	24 saat	125	20
	1 yıl	20	20
NO₂	1 saat	200	200
	1 yıl	40	40
NO_x	1 yıl	30	30
O₃	8 saat	120	100
CO	8 saat	10000	10000
Benzen	1 yıl	5	1,7
Kurşun	1 yıl	0,5	0,5

Tablo 20. Arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a)piren için hedef değerler ve değerlendirme eşikleri (116)

Kirletici	Hedef değer (a)	Hedef değer in yüzdesi olarak üst değerlendirme eşiği	Hedef değer in yüzdesi olarak alt değerlendirme eşiği	Hedef değere ulaşılacak tarih
Arsenik	6 ng/m ³	%60 (3,6 ng/m ³)	%40 (2,4 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Kadmiyum	5 ng/m ³	%60 (3,0 ng/m ³)	%40 (2,0 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Nikel	20 ng/m ³	%70 (14 ng/m ³)	%40 (10 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Benzo(a)piren	1 ng/m ³	%60 (0,6 ng/m ³)	%40 (0,4 ng/m ³)	1 Ocak 2020

Ülkemizdeki hava kirliliği ile ilgili ölçüm değerlerine, ÇŞB'nin www.havaizleme.gov.tr sitesinden erişilebilmektedir. Sitede hava izleme istasyonu bulunan il ve ilçeler görülebilmekte ve her istasyondan saatlik veriler elde edilebilmektedir. Ancak birçok istasyonda sadece PM10 ve SO₂ olmak üzere sadece 2 parametre için ölçüm değerleri olmakta ve diğer kirleticiler için ölçüm yapılmamaktadır. Yine birçok istasyonun kurulu olduğu yer itibarıyla, il ya da ilçe genelini temsil edebilecek veriyi ortaya koymaktan uzaktır. Örneğin trafikten uzak veya şehir merkezinden uzak alanlara istasyonların kurulduğu görülmektedir. Ülkemizde kabul edilen ulusal sınır değerler, DSÖ hava kalitesi rehberlerinde yer alan sınır değerlere göre yüksektir. En önemli sağlık sonuçlarına yol açan hava kirleticilerinden biri olmasına karşın, PM2.5 için belirlenmiş herhangi bir ulusal sınır değeri yoktur. Partikül maddelerden yalnızca PM10 için ulusal sınır değeri belirlenmiştir. PM2.5 için belirlenmiş AB yıllık ortalama sınır değeri 25 µg/m³, DSÖ sınır değeri ise 10 µg/m³'tür (117).

Türkiye'de hava kalitesi ile mevcut yönetmelikler (117, 118);

- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği,
- Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği,
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği,
- Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik,
- Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği,
- Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik
- Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik
- Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik
- Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği bulunmaktadır.

Türkiye'nin hava kalitesi ile ilgili taraf olduğu bazı uluslararası sözleşmeler; Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (1983), Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü (1990), Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi (1990), Kyoto Protokolü (1997), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (2004)'dir (119, 120).

Sorumlu Kurumlar ve Görevleri

Hava kirliliği alanında sorumlu kurumların başında ÇŞB yer almaktadır. ÇŞB bünyesinde yer alan Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nde Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı

temel olarak görev yapmaktadır. 644 Sayılı ÇŞB'nin Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname Madde 8'de Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğünün görevleri; hava kalitesinin korunması ve hava kirliliğinin azaltılması veya bertarafı için hedef ve ilkeleri belirlemek; temiz hava eylem planları yapmak ve yaptırmak; konuyla ilgili kurum ve kuruluşlarla koordineli çalışmalar yapmak, ölçü ve standartları belirlemek; motorlu kara taşıtlarının egzoz emisyonlarının kontrolü için idari, mali ve teknik usul ve esaslar ile standartları belirlemek; küresel iklim değişikliği ve O₃ tabakasının incelenmesi ile ilgili tedbirlerin alınmasına yönelik plan, politika ve stratejileri belirlemek amacıyla diğer kurum ve kuruluşlarla koordinasyon sağlamak; bu konularda politika ve stratejileri belirlemek ve ilgili mevzuatı hazırlamak şeklinde belirtilmiştir (121).

Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı'nda bu görevleri; Hava Kalitesi Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Isınma, Motorlu Taşıt Kaynaklı Hava Kirliliğini Önleme ve Yakıt Kontrolü Şube Müdürlüğü, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Önleme Şube Müdürlüğü, Çevresel Gürültü Ve Titreşim Yönetimi Şube Müdürlüğü, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Şube Müdürlüğü'nce yürütülmektedir. Sağlık Bakanlığı bünyesinde bulunan Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı'nın hava kirliliğiyle ilgili görevleri; hava kirliliği ile iklim değişikliğiyle ilgili tedbirleri almak ve aldirtmak, çevre sağlığını tehdit eden unsurların belirlenmek, izlenmek ve denetlenmek, çevre sağlığı etki değerlendirme çalışmalarına katılmak, çevre sağlığı hizmetlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla plan ve proje geliştirmek ve diğer kurumlarla işbirliği yapmak şeklinde tanımlanmıştır (122).

Belediye içinde bulunan Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüklerinin Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü Görev ve Çalışma Yönetmeliği'nde tanımlanan hava kirliliği ile ilgili görevleri vardır (123). 2015 yılında doğa koruma ve sağlık alanında çalışan 17 sivil toplum kuruluşunun bir araya gelmesiyle kurulan Temiz Hava Hakkı Platformu hava kirliliği alanında çalışan sivil toplum kuruluşlarından biridir (124).

Türkiye ve dünyada bazı ülkeler için PM_{2.5} sınır değerleri Tablo 20'de yer almaktadır.

Tablo 21. Uluslararası karşılaştırmalı PM2.5 sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (92)

Ülkeler	Yıllık Ort. PM2.5	24 St.lık Ort. PM2.5	Referans Belge
DSÖ Kılavuz Değerleri	10	25	DSÖ Hava Kirliliği Kılavuz Değerleri (WHO Air Quality Guideline Values)
AB	25	-	AB Hava Kirliliği Direktifi, 2008/50/EC
Avustralya	8	25	Avustralya Devleti, Çevre Ve Miras Departmanı
Kanada	10	28	Kanada Dış Ortam Hava Kalitesi Standartları, 2014
Japonya	10	35	2014 Japonya Çevre Kalitesi Standartları
ABD	12	35	ABD Çevre Koruma Ajansı, 2014
Meksika	12	45	2014 Meksika Hava Kalitesi Standartları
Meksika, Ekvator, El Salvador, Dominik Cumhuriyeti	15	65	Green J, Sanchez S. Air Quality In Latin America, The Clean Air Institute; 2012
Güney Afrika	20	40	Güney Afrika, “Air Quality Act”, 1 Ocak 2016- 31 Aralık 2029 İçin Belirlenen Değerler
Çin	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kırsalda, 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kentsel Alanda	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kırsalda, 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kentsel Alanda	Çin Dış Ortam Hava Kalitesi Standartları (GB 3095-2012), 2012 Yılında Güncellenen Standartlarla PM2.5 Sınır Değeri. Kırsal Ve Şehir Alanları İçin Farklı Değerler Belirlenmiştir.
Hindistan	40	60	2009 Hindistan Hava Kalitesi Mevzuatı
Türkiye	-	-	Uygulamada Bir Mevzuat Yok

Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM), Marmara Bölgesi'ndeki 11 ilde (İstanbul, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Kocaeli, Sakarya, Bilecik, Yalova, Bursa, Balıkesir ve Çanakkale) toplam 62 adet hava kalitesi ölçüm istasyonunu işletmektedir. Hava kalitesi ölçüm istasyonları; kentsel, trafik, endüstri ve kırsal olarak 4 ayrı kategoride kurulmuştur. Kategorilere göre ölçülen parametrelerde farklılık arz etmekte olup SO₂, PM (PM₁₀ ve PM_{2.5}), NO_x, O₃, CO, VOC örneklemesi, PM örneklemeleri, meteorolojik parametreler ölçülmektedir. Hava kalitesi ölçüm istasyonunda uluslararası standartlara uygun olarak otomatik cihazlar ile ölçüm yapılmakta olup elde edilen veriler bilimsel çalışmalar için önemli kaynak teşkil etmektedir (125).

Edirne merkez ilçede 2 adet ve Keşan ilçesinde 1 adet olmak üzere Edirne ilinde toplam 3 adet hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Edirne İstasyonu Edirne İl Özel İdaresi bahçesinde, Edirne-Karaağaç MTHM İstasyonu Edirne Orman İşletme Müdürlüğü'nün bahçesinde, Keşan MTHM İstasyonu eski itfaiye binasının bahçesinde bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Edirne İstasyonu'nda PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, O₃, NO, NO₂ ve NO_x ölçümleri, Karaağaç MTHM İstasyonu'nda PM_{2.5}, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve O₃ ölçümleri, Keşan MTHM İstasyonu'nda PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve O₃ ölçümleri yapılmaktadır (126).

GEREÇ VE YÖNTEMLER

ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN TANITILMASI

Keşan

Keşan, Edirne İli'ne bağlı bir ilçe olup, Edirne İl merkezine 112km. uzaklıktadır. Batısında Meriç Nehrine kadar uzanan bir ova bulunmaktadır. Kuzeyde Uzunköprü ilçesi (47km), doğuda Tekirdağ ili Malkara ilçesi (26 km), güneydoğuda Çanakkale ili Gelibolu ilçesi (60km), güneyde Saros körfezi (45 km), batıda Enez ilçesi (70 km) ve İpsala ilçesi (30km) ile çevrilidir. İlçe merkezinin yüzölçümü 17.5 km² olmak üzere, tüm ilçenin yüzölçümü 1087 km²'dir. İlçede Akdeniz ikliminin Marmara tipi egemendir. Sonbahar ve kış ayları soğuk ve yağışlı, yaz ayları kurak geçer. Saros körfezi kıyısındaki bölgelerde iklim daha ılımandır. Özellikle İlkbahar ve sonbahar mevsimleri yağmur, kış mevsimi kar yağışlı geçer. İlçe arazisinin büyük bir bölümü genellikle düzlük ve hububat tarlası ile kaplıdır. Bundan başka yüksek olmayan tepelerin birleşmesi ile meydana gelen güney ve güneydoğu bölgeleri orman ile kaplıdır. İlçenin güneyinde başlayıp Saros körfezi boyunca güneydoğu kısmına doğru uzanan Korudağı mevcut olup, ilçedeki en yüksek tepesi 371 m yüksekliğindeki Hızırilyas tepesidir (127).

Keşan ilçesi, ortalama 100 m yükselti seviyesinde bulunan tektonik kökenli bir depresyonun batı yamacında kurulmuştur. Kuzeyinden ve batısından ovalık alanlarla çevrelenmiş olan ve Kiremitlik deresine ait akarsu kolları tarafından drene edilen bu subsekant depresyon, diğer yanlardan da 77 m (Gökbayır Tepesi) ile 370.3 m (Kale Tepesi) arasında

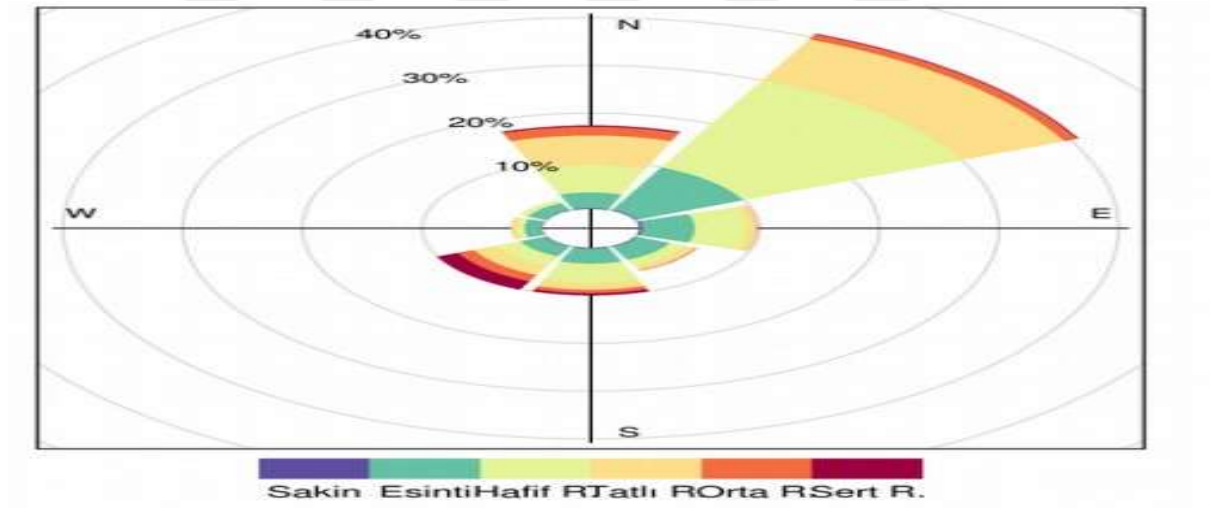
değişen irtifalara sahip tepeler ve dalgalı plato yüzeyleriyle kuşatılmıştır. Günümüzde Keşan ilçe merkezi, alçak tepeler ile güneyden kuzeye doğru alçalan depresyon tabanı arasında kalan saha üzerinde bulunmaktadır. Son yıllarda bölge genelinde yaşanan göç ve artan konut ihtiyacı nedeniyle ilçe; güneydoğudaki ovalık alana ve batı yönünde yer alan sırt şeklindeki eşik alana doğru yayılmış ve burada yapılan çok katlı binalar adeta duvar gibi yükselmiştir. Ayrıca şehirlerarası D550 karayolu da ilçenin bu kesiminden geçmektedir. Keşan’da hava kirliliğinin önemli oranda yaşandığı kesim, ilçenin depresyon tabanında kalan kısmıdır. Bilhassa kış mevsiminde soba ve kaloriferlerin yanma döneminde (1 Ekim-30 Mayıs arası) sık sık sınır değerlerin çok üzerinde seyreden kirli hava, bu çöküntü sahasında hapsolmakta ve yerleşim alanı üzerinde uzun müddet kalarak şehrin hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla Keşan ilçe merkezi kurulurken yanlış yer seçimi yapıldığı ve bu yanlış yer seçiminin hava kirliliğinin artmasına neden olduğu söylenebilir. Yıllık ortalama bağıl nemin % 57,0 olduğu Keşan’da, ısınma dönemi içindeki ortalama bağıl nem miktarı, yılın diğer zamanlarına göre oldukça yüksektir. Ortalama sıcaklığın 12 °C’nin altına düştüğü etkili yanma döneminde, bağıl nemin ve aynı zamanda tam gün ısıtma faaliyeti yapıldığı için hava kirliliği probleminin en yüksek olduğu vakittir (128,129) (Tablo 22)

Tablo 22. Keşan ilçesi 2019 yılı bazı meteorolojik verilerin aylık ortalamaları (129)

	Ortalama sıcaklık (°C)	Rüzgar hızı (m/s)	Bağıl nem (%)
Ocak	9.8	3.2	83.7
Şubat	6.0	3.7	76.6
Mart	10.3	3.2	47.1
Nisan	12.7	2.6	40.5
Mayıs	18.7	2.8	37.0
Haziran	24.4	2.6	37.0
Temmuz	24.8	2.3	39.0
Ağustos	25.9	3.0	40.2
Eylül	21.6	2.8	45.0
Ekim	17.0	2.1	79.3
Kasım	15.2	3.1	78.7
Aralık	8.5	3.4	79.4
Yıllık ort.	16.2	2.9	57.0

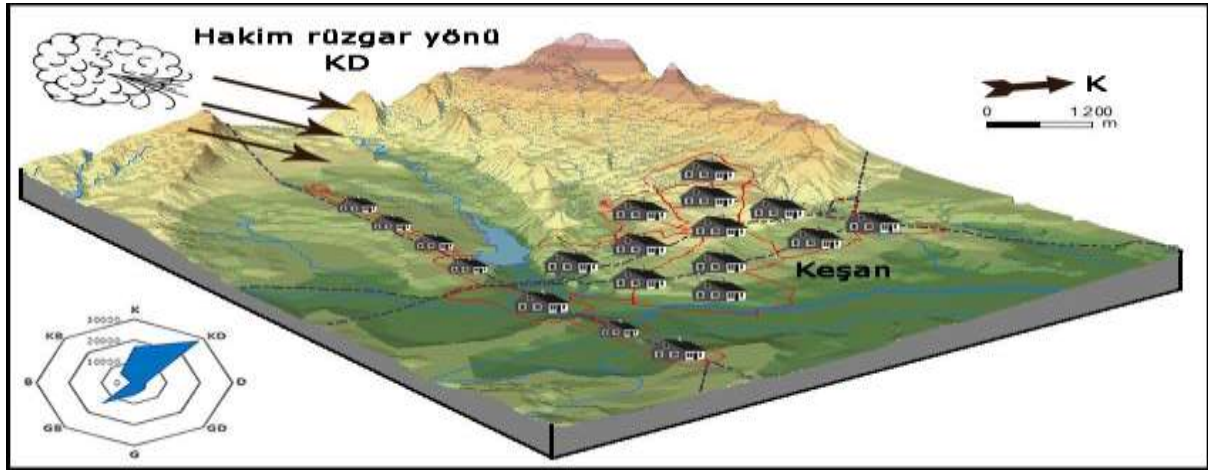
Rüzgar

Kirleticilerin dağılımında rüzgar hızları oldukça önemlidir genel olarak rüzgar hızlarına göre tanımlanan rüzgar türlerini açıklamak gerekirse; 'Sakin' olarak belirtilen aralıkta rüzgar hızı 0-0.2 m/sn , 'Esinti' olarak adlandırılan rüzgar hızı 0.3-1.5 m/sn, 'Hafif rüzgar' olarak adlandırılan rüzgar hızı 1.6-3.3 m/sn arasında olup insan teninde hissedilir, yaprakları titreştirir ve rüzgâr gülü tarafından algılanabilen niteliktedir. 'Tatlı rüzgar' olarak adlandırılan rüzgar hızı 3.4-5.4 m/sn aralığındadır ve rüzgâr, yaprakları ve ince dalları sürekli hareket ettirir ve bayrakları hafif dalgalandırır. 'Orta rüzgar' olarak isimlendirilen rüzgar hızı 5.5-7.9 m/sn aralığındadır. Bu hızda rüzgar toz ve kağıt parçacıklarını uçurur, küçük dalları hareket ettirir. 'Sert rüzgar' olarak isimlendirilen rüzgar hızı 8.0-10.7 m/sn arasındadır. Bu rüzgar hızında ise yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, iç sularda tepeli dalgacıklar oluşur. Keşan istasyon verileri kullanılarak oluşturulan rüzgar gülü Şekil 27'de verilmiştir (130).



Şekil 27. 2019 yılı Keşan ilçesi rüzgar gülü grafiği (130)

Şekil 28'e bakıldığında rüzgarın en sık estiği yön Kuzey Doğü olarak tespit edilmiştir. Ölçülen en yüksek hız 20.1 m/s olup Güney Batı yönünden esmektedir. Bunun yanı sıra kirliliği dağıtılması için rüzgar hızının 1.5 m/s değerinin üstünde olması gerekmektedir (130). Rüzgar hızı verileri incelendiğimizde verilerin %80'i 1.5m/s değerinin üstündedir. Bu rüzgar hızı ile, kirlilik gerçekleşmişse dağılması beklenmektedir (oooooo).



Şekil 28. Keşan ilçesinin hâkim rüzgâr yönünü gösteren blok diyagram (128)

Keşan’da hâkim rüzgâr yönü, ilçeyi kuzey ve kuzeydoğudan çevreleyen tepelik alanlar tarafından kapatılmaktadır (Şekil 28). Fosil yakıtların en yoğun kullanıldığı kış mevsiminde rüzgâr hızı yüksek olmasına rağmen hava kirliliği yüksek olmaktadır. Ayrıca ilçenin mevcut cadde ve sokak sistemlerinin doğrultusu, birçok yerde hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Keşan ilçesinde morfoiklimatik koşullara bağlı olarak ortaya çıkan inversiyon olayı, özellikle kış mevsiminde sık sık yaşanmakta ve bu olay neticesinde hava içindeki kirleticiler en yüksek seviyelere ulaşmakta, meydana gelen kentsel ısı adası etkisiyle kirli hava dağılmamakta ve yoğunlaşarak yere yakın mesafede toplanmaktadır. Ayrıca atmosfere katılan kirleticilerin inversiyon tabakasının altına kadar ulaşarak tabakayı beslemesi de kirlenmeyi arttırıcı rol oynamaktadır. İnversiyonun yaşandığı günlerde ilçenin depresyon tabanına doğru olan kesimlerinde gri renkli ve kalın bir tabakanın, yerleşme üzerinde kümелendiği net biçimde görülmektedir (128).

Beşeri Faktörler

Hava kirliliğine neden olan beşeri faktörler temel anlamda hızlı nüfus artışı, plansız şehirleşme ve yeşil alanların yetersizliği, ısınma, sanayi, motorlu taşıtlar, kişisel duyarlıklar ve kurumsal denetimler olarak sıralanmaktadır (25).

Nüfus

31 Aralık 2019 itibarıyla Keşan ilçe nüfusu ilçe merkezinde 63.828 ve köylerde 19.545 olmak üzere toplam 83.373 kişi olarak belirlenmiştir. Son 10 yıllık dönemde (2010-2019) ilçe nüfusu 6.127 kişi artmış ve bu dönemde şehir nüfusuna her yıl ortalama olarak 613 kişi eklenmiştir (Tablo 22) (131).

Tablo 22. Yıllara Göre Keşan İlçe Nüfusu (131)

Yıl	Keşan Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu
2019	83.373	42.504	40.869
2018	84.442	43.496	40.946
2017	81.747	41.621	40.126
2016	80.894	40.957	39.937
2015	81.054	41.388	39.666
2014	80.486	40.957	39.529
2013	79.889	40.592	39.297
2012	79.716	40.743	38.973
2011	80.010	41.371	38.639
2010	77.246	39.109	38.137

Türkiye'nin en yoğun nüfuslu coğrafi bölgesinde yer alan Keşan da benzer bir nüfus yoğunluğunun baskısı altındadır. Zira ilçenin son 50 yıllık (1965-2019) dönemdeki nüfusu % 55.2 (29.680 kişi) oranında bir artış göstermiştir (132).

Hızlı nüfus artışının hava kirliliği üzerindeki bir başka etkisi de nüfusun alansal yoğunluğu sayesinde gerçekleşmektedir. Bu bakımdan yaklaşık olarak 17,5 km²'lik bir alana sahip Keşan'da, 2020 yılında aritmetik nüfus yoğunluğu 3.647 kişi/km²'ye ulaşmıştır.

Şehirleşme ve Yeşil Alan

Keşan ilçe merkezinde 10.063 bina, 30.125 bağımsız bölüm (daire, ofis vb.) ve 6194 işyeri-ofis ve 197 adet kamu binası bulunmaktadır (Keşan Belediyesi, 2020). Buna göre km²'ye düşen bina yoğunluğu ise 575'tir. Keşan Belediyesi verilerine göre 2020 yılında ilçe merkezindeki yeşil alan (38.124,36m²) ve park alanı (467.371,19 m²) toplam miktarı 505.495,55 m²'dir (Keşan Belediyesi, 2020)(133). Yine bu yılda ilçe merkezinde yaşayan

nüfusun toplam 63.828 kişi olduğu göz önünde bulundurulursa, kişi başına düşen toplam yeşil alan ve park alanı miktarı 7,9 m² olarak belirlenmektedir.

Şehrin merkezinde mevcut olan bina yoğunluğu, son yıllarda artan konut ihtiyacıyla birlikte şehri çevreleyen tepelere, hatta ovalık alana doğru taşmış durumdadır. Özellikle şehrin Çanakkale-Tekirdağ (D550) karayolu güzergâhının depresyona doğru olan yönünde kalan cadde ve sokaklar hem çok katlı, hem de çok sık dokulu binalarla kuşatılmıştır. Karayolu istikameti boyunca uzanan yüksek katlı binalar, şehrin hava dolaşımına açık konumda bulunan tek yönünün de binalarla kapatılmasına neden olmaktadır. Bu yüzden zaten çanak şeklinde bir çukurda kalan şehrsel alan, gerek bina yoğunluğunun fazla olması, gerek cadde sokak sisteminin hâkim rüzgâr istikametine uymaması ve gerekse batı istikametinden de yapay olarak örtülmesi gibi nedenlerle hava sirkülasyonuna kapalıdır. Böylece şehirde hava dolaşımı yeterli biçimde sağlanmadığı için kirli hava dağılamamaktadır. İlçe merkezinde kirli havanın temizlenmesine yardımcı olacak ve oksijen miktarını arttıracak yeşil alanlara çok ihtiyaç vardır. Bu nedenle Keşan şehri, kentsel dönüşüm çerçevesinde yeniden planlanmalı ve bu planlamalarda yeşil alanlara yeterince yer verilmelidir (128).

Isınma

Keşan'da yanma dönemi ekim ve mayıs aylarını kapsayan sekiz aylık zamana tekabül etmektedir. Eşik değerin altında sıcaklıkların görüldüğü bu zamanlarda şehrsel alanda fosil yakıt kullanımının miktarı ve süresi arttığı için atmosfere daha fazla kirletici yayılmakta ve hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum özellikle ilçenin depresyon içinde kalan kesimlerinde daha belirgin bir şekilde hissedilmektedir.

Keşan'da 2017 yılı Şubat ayından itibaren doğalgaz kullanımına başlanmış olup ilçe merkezinde doğalgaz kullanım oranı %60'tır. 2019 yılı fosil yakıt kullanım miktarı 10782 tondur. Belediye çevre denetim ekipleri, İlçeye giren kömürlerin kontrolünü yapmakta, kriterlere uygun olmayan kömürleri toplamakta, uygunsuz kömürleri satan kömür satıcılarına ve alımını yapanlara gerekli idari yaptırımlar uygulamaktadır. Buna ek olarak Belediye hava kirliliği ile mücadele amacıyla; kazan dairesinde havalandırmanın yeterli olup olmadığı, kömürün kullanıma uygun olup olmadığı, kömürle birlikte kireç kullanımı, ateşçinin kazan yakma eğitimi, ateşçinin çalıştığı bina sayısı, kazan dairesinin durumu, baca gazı ölçüm durumu, baca temizliği gibi konularda denetimler yapmaktadır. Edirne Valiliği İl Mahalli Çevre Kurulu Kararları gereğince; Keşan'da kullanılan kömürlerin kriterleri tabloda belirtilmiştir (Tablo 23) (133).

Tablo 23. Keşan’da kullanılacak yerli ve ithal kömür kömür sınır değerleri (İl Mahalli Çevre Kurulu Kararları, 2019) (133).

Özellikler	Keşan ilçe sınırları içinde kullanılacak yerli kömür sınır değerleri	Edirne ili sınırları içinde kullanılacak ithal kömür sınır değerleri
Toplam Kükürt (kuru bazda)	En çok % 1.6	En çok % 0.9
Alt Isıl Değer (kuru bazda)	En az 5800 kcal/kg (-200 tolerans)	En az 6400 kcal/kg (-200 tolerans)
Toplam Nem (orijinalde)	En çok % 21	En çok % 10
Kül (kuru bazda)	En çok % 21	En çok % 16 (+2 tolerans)
Boyut* (satışa sunulan)	18-150 mm (18-150 mm altı ve 150 mm üstü için max. % 10 tolerans)	18-150 mm (en çok % 10 tolerans)

(*)Mekanik beslemeli yakma tesisleri için kömür boyutu 10-18 mm olabilir.

Trafik

Önemli karayollarının kavşak noktasında yer alan Keşan, Edirne-Çanakkale (D550) ve İstanbul-Tekirdağ-Çanakkale (D110) karayolları üzerinde bulunmaktadır. Trafiğe kayıtlı yaklaşık 32.000 adet aracın bulunduğu ilçede (Keşan İlçe Emniyet Müdürlüğü, 2020), hem gündüz hem de gece saatlerinde yoğun bir trafik akışı görülmektedir (134).

Sanayi

Keşan’da sanayi tarım ağırlıklıdır. Aşağıda var olan fabrikaların tamamının tarıma dayalı sanayi sektörüne ait olduğu görülmektedir (135).

- Un Fabrikası 2 Adet
- Yağ Fabrikası 1 Adet
- Çeltik Fabrikası 6 Adet
- Yem Fabrikası 1 Adet
- Süt Fabrikası 2 Adet
- Konsantre Sanayii 1 Adet
- Hazır Çorba Fabrikası 1 Adet

- Süt İşleme Tesisi 11 Adet
- Fırın 23 Adet
- İmalathaneler 16 Adet

Bunun haricinde 3 adet hazır giyim fabrikası ile hazır beton üretim tesisi 2 adet, 17 adet maden ocağı (14 adet kömür ocağı, 3 adet taş ocağı) ve küçük sanayi sitesinde 30 farklı iş kolunda faaliyet gösteren küçük çaplı sanayi kuruluşları mevcuttur. Ayrıca Keşan Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi 2023'te hizmete girmesi öngörülmektedir (135).

Keşan MTHM İstasyon Bilgileri Ve Tahmini Temsil Gücü

Keşan ilçesinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonu ve istasyonla ilgili bilgiler Tablo 24'te sunulmuştur (136).

Tablo 24. Keşan'da bulunan hava kalitesi izleme istasyonu ve istasyonla ilgili bilgiler (136)

İSTASYON ADI	KOORDİNATLAR	ÖLÇÜLEN PARAMETRELER	İSTASYON BÖLGESİ NÜFUS
Keşan Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) İstasyonu	Enlem 40° 51' 04" Boylam 26° 38' 07"	PM10, PM2.5, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃	83,373

MTHM tarafından istasyonlar bölgedeki kirletici kaynaklarına göre sınıflandırılmıştır. Keşan'da bulunan kentsel özellikteki istasyon mevsimsel değişim belirgindir. Bu durum, kış aylarında Kentsel istasyonlarda evsel ısınmanın etkisini işaret etmektedir (125). Keşan MTHM istasyonu 01.03.2013 tarihinde kurulmuş olup istasyona ait; Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nda 7 adet parametreye ait veriler saatlik olarak yayınlanmaktadır (136).



Şekil 29. Keşan Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) İstasyonun konumunun tahmini temsil alanı (137)

Keşan MTHM istasyonu ilçe merkezinde, Edirne-Çanakkale karayolunu ve ilçe merkez trafiğini de kapsamakta ve yaklaşık 45,846 kişiyi temsil etmektedir. İlçe merkezinde sanayi sitesi, un fabrikaları ve hazır beton üretim tesislerinin hakkında bilgi verebilir.

Bu istasyon eski itfaiye binasının bahçesinde bulunmaktadır. İstasyonun harita üzerindeki yeri Şekil 30’da, dıştan görünümü Şekil 31’de sunulmuştur (138).



Şekil 30. Keşan Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) İstasyonunun Konumu (138)



Şekil 31. Keşan Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) İstasyonu dıştan görünüm

ARAŞTIRMANIN TİPİ

Araştırmamız kesitsel tipte tanımlayıcı bir çalışmadır.

ARAŞTIRMANIN EVRENİ VE ÖRNEKLEMİ

Keşan İlçesi Marmara Temiz Hava Merkezi İstasyonunda PM10 ve PM2.5 değerleri, ölçüm sırasında bir filtre kâğıdı üzerinde saatlik olarak toplanmaktadır. Araştırmanın evrenini bu istasyonda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihinde ölçülen PM10 ve PM2.5 değerleriyle aynı zaman aralığında toplanan PM10 ve PM2.5 filtre kâğıtları oluşturmaktadır. Evren, PM10 ve PM2.5 için toplam 1156 (578 x 2) gün, toplam 1114 (557 x 2) filtreden oluşmaktadır. Seçtiğimiz 90 gün evrenin % 7,8'ini oluşturmaktadır. Aşağıda belirtilen 90 günlük filtre $((90/1114)*100)$ evrenin %8'ini, 90 x 24 saat $((90*24)/26916)$ (PM10 için 13465 saat, PM2.5 için 13451 saat) $*100$ =yüzde 8) evrenin % 8'ini oluşturmaktadır.

Çalışmamızda PM10 ve PM2.5 saatlik ölçüm değerleri tümüyle alınarak incelenirken PM10 ve PM2.5 filtreleri ise günlük olarak analize sokulmuştur. Analiz edilmesi planlanan günler Kasım Aralık Ocak Şubat Mart ayları için 3 gün, Nisan Mayıs Haziran Temmuz Ağustos Eylül Ekim ayları için 2 gün olarak belirlenmiştir. 3 gün olacaklar aylar için ilk hafta cumartesi, üçüncü hafta salı, son hafta ise perşembe günü olarak belirlenmiştir. 2 gün olacaklar için ilk hafta cumartesi, son hafta perşembe günü olarak belirlenmiştir. Bu işlemler sonucu 45 günlük PM10 filtresi ve 45 günlük PM2.5 filtresi analiz için seçilmiş ve toplamda 90 gün olarak belirlenmiştir.

ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ

H_{0A}: Keşan ilçesinde PM10 ve PM2.5 değerleri AB (Türkiye için kriterler de 2019'dan itibaren aynı) ve DSÖ kriterlerine göre izin verilen sınırların içindedir.

H_{1A}: Keşan ilçesinde PM10 ve PM2.5 değerleri AB (Türkiye için kriterler de 2019'dan itibaren aynı) ve DSÖ kriterlerine göre izin verilen sınırların üzerindedir.

H_{0B}: Analiz sonucu PM10 ve PM2.5 bileşiminde bulunan element değerleri AB ve DSÖ kriterlerine göre izin verilen sınır değerlerin içindedir.

H_{1B}: Analiz sonucu PM10 ve PM2.5 bileşiminde bulunan element değerleri AB ve DSÖ kriterlerine göre izin verilen sınır değerlerin üzerindedir.

ARAŞTIRMANIN İZİNLERİ VE ETİK KURUL ONAYI

Araştırmanın yürütülebilmesi için, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 13.08.2018 tarihinde gerekli izinler alınmış olup; onay yazısı (Ek-1) ekte sunulmuştur.

Keşan İlçesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda ölçülen PM10–PM2.5 değerlerini ve bileşimindeki elementlerin analizi edilebilmesi için MTHM Genel Müdürlüğünden 02.10.2018 tarihinde yazılı izin alınmış olup; izin yazısı (Ek-2) ekte sunulmuştur.

Çalışmamızın finansmanını karşılamak için Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (TÜBAP) proje yazılmış ve projemiz 12.11.2018 tarihinde kabul edilmiştir.

ARAŞTIRMANIN DEĞİŞKENLERİ

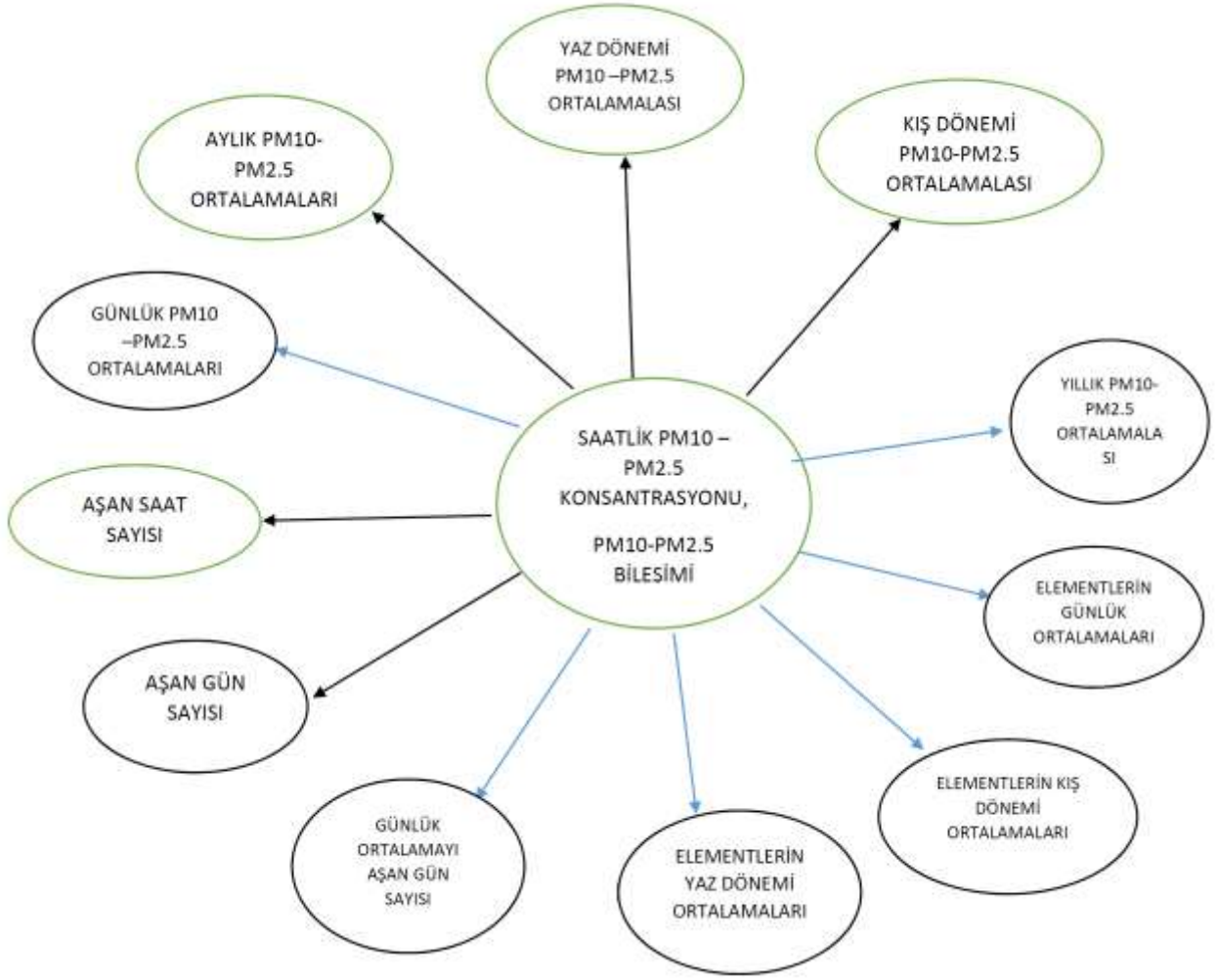
Çalışmamıza ait bağımlı ve bağımsız değişkenler şekil 32'de gösterilmiştir.

Bağımlı Değişkenler

Çalışmamızın bağımlı değişkenleri saatlik PM10-PM2.5 değerleri ve PM10-PM2.5 bileşiminde bulunan maddelerin tür ve konsantrasyonlarıdır.

Bağımsız Değişkenler

Günlük PM10-PM2.5 ortalamaları, aylık PM10-PM2.5 ortalamaları, yaz dönemi PM10-PM2.5 ortalaması, kış dönemi PM10-PM2.5 ortalaması, yıllık PM10-PM2.5 ortalaması, aşan saat sayısı, aşan gün sayısı, günlük ortalamayı aşan gün sayısı, PM10-PM2.5 bileşimindeki elementlerin günlük ortalamaları, PM10-PM2.5 bileşimindeki elementlerin ölçüm zamanı (ay/gün)dir.



Şekil 32. Çalışmanın bağımlı ve bağımsız değişkenleri

ARAŞTIRMA KAPSAMINDA YAPILAN ÖLÇÜMLER VE ÖLÇÜM METODU

Keşan İlçesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda PM10–PM2.5 değerleri saatlik olarak ölçülmekte ve ölçüm sırasında PM10–PM2.5’lar bir filtre kâğıdı üzerinde saatlik olarak toplanmaktadır. İstasyonda PM10 ve PM2.5 ölçümü Beta Attenuation Monitor (Beta Zayıflatma Monitörü) (BAM) 1020 tarafından ölçülmektedir.

Her bir numune saatinin başlangıcında, küçük bir 14C (karbon-14) element, temiz filtre bandından bir nokta boyunca sabit bir yüksek enerjili elektron kaynağı (beta ışınları) yayar. Bu beta ışınları, sıfır okumayı belirlemek için hassas bir sintilasyon detektörü tarafından algılanır ve sayılır. BAM-1020 daha sonra bu bant noktasını numune enjektörüne iletir; burada bir vakum pompası, ölçülen ve kontrol edilen miktarda dış havayı filtre bandından çeker ve ortam tozuyla doldurur. Numune bir saatin sonunda, bu toz lekesi beta kaynağı ve dedektör arasına

geri yerleştirilir, böylece filtre bandı üzerindeki partikül maddenin kütlesini belirlemek için kullanılan beta ışını sinyalinin zayıflamasına neden olur. Bu kütle, ortam havasındaki parçacık halindeki maddenin hacimsel konsantrasyonunu hesaplamak için kullanılır (139). BAM-1020 cihazına ait şekiller aşağıda verilmiştir (Şekil 33,34).

Trakya Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (TÜTAGEM) ile yapılan görüşmeler ve literatür taraması sonucu, PM10 ve PM2.5 bileşimindeki elementlerden, 26 tanesinin analize sokulmasına karar verilmiştir. PM10 ve PM2.5 bileşimindeki TÜTAGEM laboratuvarında araştırılan 26 elementin listesi aşağıda verilmiştir.

- | | |
|-------------|--------------|
| ➤ Berilyum | ➤ Nikel |
| ➤ Bor | ➤ Bakır |
| ➤ Sodyum | ➤ Çinko |
| ➤ Magnezyum | ➤ Arsenik |
| ➤ Alüminyum | ➤ Selenyum |
| ➤ Silisyum | ➤ Stronsiyum |
| ➤ Potasyum | ➤ Molibden |
| ➤ Kalsiyum | ➤ Gümüş |
| ➤ Vanadyum | ➤ Kadmiyum |
| ➤ Krom | ➤ Antimon |
| ➤ Mangan | ➤ Baryum |
| ➤ Demir | ➤ Talyum |
| ➤ Kobalt | ➤ Kurşun |



Şekil 33. BAM 1020 cihazı dıştan görünüm



Şekil 34. BAM 1020 cihazı içten görünüm

Hava kalitesi ölçüm cihazı tarafından toplanan PM10 ve PM2.5 filtreleri, bileşiminin araştırılması amacıyla TÜTAGEM laboratuvarında aşağıdaki işlemlere tabi tutulmuştur.

1. Günlük PM10 ve PM2.5 filtreleri tartılmış (Şekil 35).
2. Tartılan PM10 ve PM2.5 filtreleri üzerine 10 ml nitrik asit (HNO_3) konulmuş (Şekil 36).
3. PM10 ve PM2.5 filtreleri mikro dalga fırında yakılmış (Şekil 37).
4. Yakma işlemi bittikten sonra her bir numune 100 kat seyreltilerek İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazında miktarları için okumaları yapılmıştır (Şekil 38). Sonuçlar ppb olarak elde edilmiştir.



Şekil 35. PM10 ve PM2.5 disklerinin tartılması



Şekil 36. PM10 ve PM2.5 filtrelerinin üzerine HNO₃ ilavesi



Şekil 37. PM10 ve PM2.5 filtrelerinin mikrodalgada yakılması



Şekil 38. PM10 ve PM2.5 filtrelerinin ICP-MS cihazında element analizi

Keşan ilçesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında ölçülen saatlik PM10-PM2.5 değerleri çalışmamızda incelenmiştir. Günlük yapılması gereken 24 adet ölçümden en az %75'i (18 ölçüm) gerçekleştirilen günlere ait ölçümlerin ortalaması alınarak, günlük ortalama ölçüm değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra her ayın gün sayısının en az % 75'i gün (22 gün) kadar ölçüm yapılmış aylar için, aylık ortalama ölçüm değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Türkiye, Avrupa Birliği (AB) ve Dünya Sağlık

Örgütü'nün (DSÖ) hava kirliliği kriteri olan PM10 ve PM2.5 değerlerinin saatlik ve 24 saatlik ortalama sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçümün yapıldığı saatlerden limiti aşan her bir saat “aşan saat sayısı”, 1 gün içindeki 24 ölçümden limiti aşan herhangi 1 saat olması “aşan gün sayısı”, 24 saatlik ortalama limiti aşan günler de “günlük ortalamayı aşan gün sayısı” olarak değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA VERİLERİNİN DÜZENLENMESİ VE ANALİZİ

Çalışmamızda PM10-PM2.5 ve bileşimindeki elementler için bulunan değerler bilgisayara girilmiş ve istatistiksel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 22.0 programı kullanılmıştır (SPSS 22.0 programı için seri numarası: 10240642).

PM10 ve PM2.5 ölçütlerinin yaz-kış karşılaştırılmasında ki-kare testi kullanılmıştır. Kış ve yaz dönemi ortalamalarının karşılaştırılması Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. Örneklem günlerinin PM10-PM2.5 ve bileşimindeki element değerleri için, tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, ortanca, maksimum ve minimum) hesaplanmıştır. Çalışma dönemindeki PM10-PM2.5 ve element ortalamalarının normal dağılıma uyup uymadığını belirlemek için Kolmogorov-Smirnov testi yapılmış ve normal dağılıma uymadıkları görülmüştür. Normal dağılıma uymayan verilerimiz arasındaki ilişkiyi bulmak için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. PM10 ve PM2.5 bileşimindeki elementlerin PM10-PM2.5 ve kendi içindeki korelasyon analizi yapılmıştır. Bu amaçla örneklem tarihine ait günlük PM10-PM2.5 ve ölçülen element ortalamalarının normal dağılıma uyup uymadığını bulmak için Kolmogorov-Smirnov testi yapılmış ve normal dağılıma uymadıkları görülmüştür. Normal dağılıma uymayan verilerimiz arasındaki ilişkiyi bulmak için Sperman korelasyon analizi uygulanmıştır. Çalışmada istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alınmış olup, korelasyon kat sayısı için aşağıdaki sınıflama kullanılmıştır.

- $r = 0,00-0,25$ çok zayıf korelasyon
- $r = 0,26-0,49$ zayıf korelasyon
- $r = 0,50-0,69$ orta korelasyon
- $r = 0,70-0,89$ yüksek korelasyon
- $r = 0,90-1,00$ çok yüksek korelasyon

ARAŞTIRMADA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜK VE KISITLILIKLAR

1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında toplanan günlük PM10 ve PM2.5 filtreleri araştırma proje bütçesi nedeniyle, örneklem seçilerek analize sokulmuştur. Ölçümlerin Keşan ilçesine ait PM10 ve PM2.5 değerlerini temsil ettiği ve gerçek durumu yansıttığı varsayılmıştır.

1 Haziran 2018-31 Mayıs 2020 tarihleri arasında toplanması planlanan günlük PM10 ve PM2.5 filtreleri, Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğünden 1 Ocak 2020 ile 31 Mayıs 2020 tarihleri arasında Keşan hava kalitesi izleme istasyonunda llen PM10 ve PM2.5 filtrelerinin tarafımıza verilememesi gerekçesi nedeniyle alışılamamıştır.

ARAşTIRMANIN ZAMAN ÇİZELGESİ

Araştırmamızda verilerin toplanması, veri girişi ve analiz, rapor yazımı ve literatür tarama safhaları Tablo 25’te sunulmaktadır. Veri toplanmaya 1.06.2018 tarihinde başlanmıştır. Araştırmanın finansmanı için yazılan TÜBAP projesi 12.11.2018 tarihinde kabul edilmiştir. PM10 ve PM2.5 fitrelerin analizine TÜTAGEM de 31.01.2019 tarihinde başlanmıştır.

Tablo 25. Araştırma zaman çizelgesi (2018-2021 yılları)

İş Planı	2018							2019												2020												2021				
Adı/Tanımı	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Verilerin toplanması (http://www.havaizleme.gov.tr/ internet adresinde PM10 ve PM2.5 değerlerin takibi ve Marmara Temiz Hava Merkezi PM10 ve PM2.5 disklerinin alınması)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
Laboratuvar Analizi (PM10 ve PM2.5 disklerinin analizi)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
Veri Girişi ve Analiz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Rapor Yazımı																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Literatür Tarama	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

BULGULAR

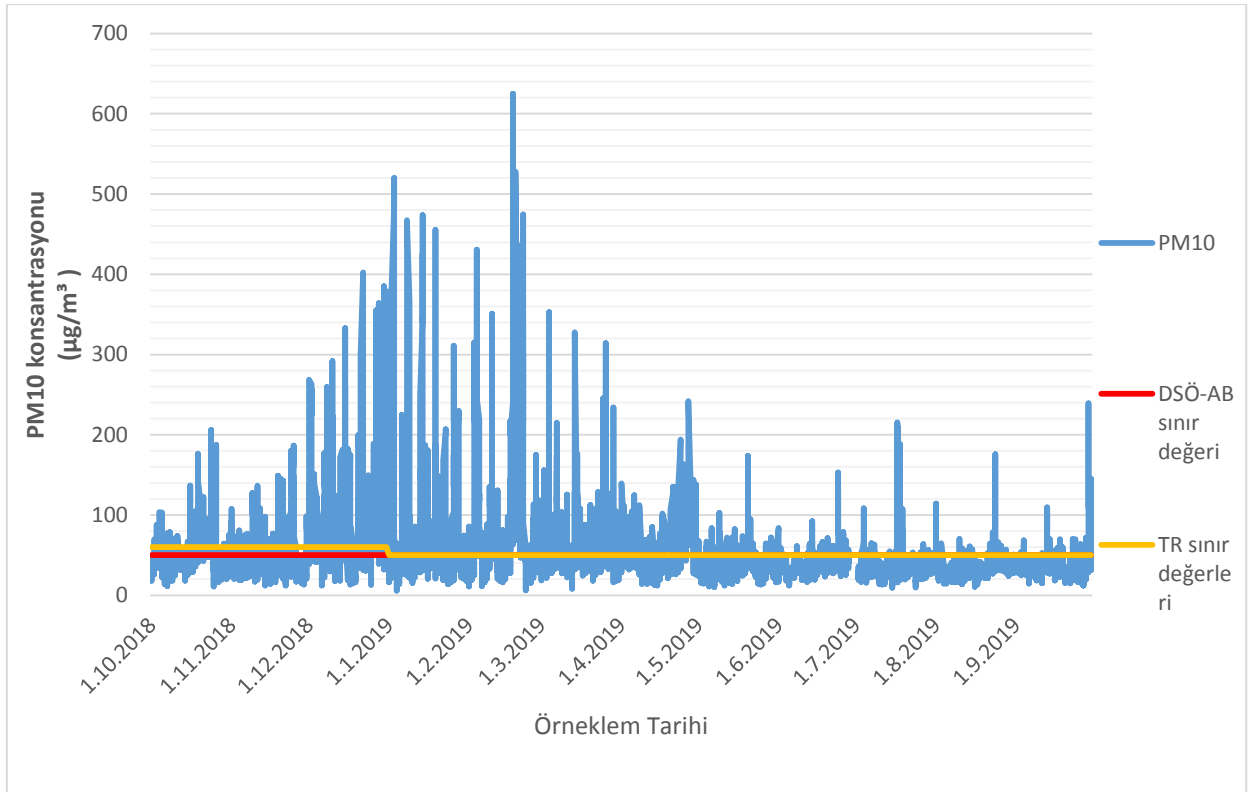
Çalışmamızda Keşan Marmara Temiz Hava Merkezi İstasyonunda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında ölçülen saatlik PM10 ve PM2.5 değerleri ile ilgili bulgulara bakıldığında;

1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri aralığında; en düşük PM10 değeri 04.01.2019 günü saat 06:00'da $5,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve en yüksek PM10 değeri 18.02.2019 günü saat 04:00'da $624,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Günlük ortalamalar dikkate alındığında, en düşük PM10 ortalamasına sahip gün $17,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 06.10.2019 iken, en yüksek PM10 ortalamasına sahip gün $200,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 22.02.2019 olmuştur. PM10 konsantrasyonları, aylık ortalamalara göre sıralandığında en düşük aylık ortalama $34,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Ağustos 2019'a ve en yüksek aylık ortalama $86,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Aralık 2018'e aittir.

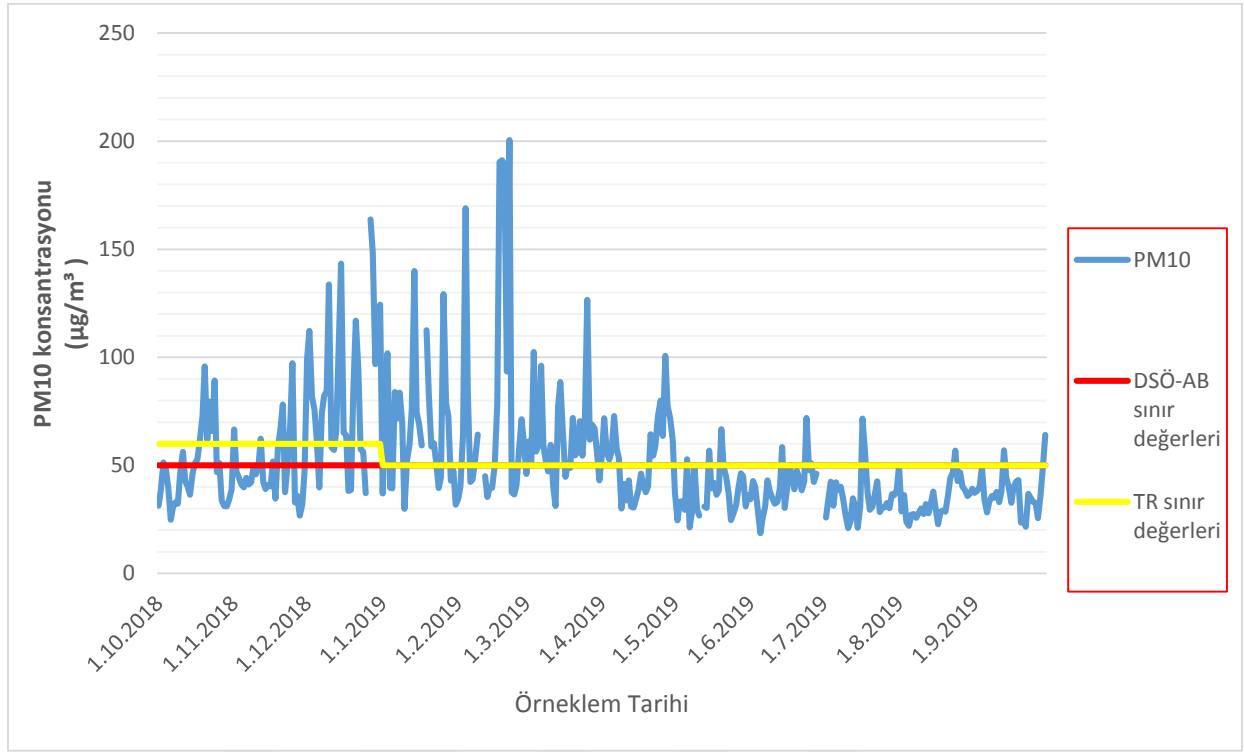
İncelenen dönemde; en düşük PM2.5 değeri 02.07.2019 günü saat 03:00'da $4,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve en yüksek PM2.5 değeri 18.02.2019 günü saat 04:00'da $547,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Günlük ortalamalar dikkate alındığında en düşük PM2.5 ortalamasına sahip gün $10,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 02.07.2019 iken, en yüksek PM2.5 ortalamasına sahip gün $148,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 22.02.2019 olmuştur. PM2.5 konsantrasyonları, aylık ortalamalarına göre sıralandığında en düşük aylık ortalama $17,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Eylül 2019'a ve en yüksek aylık ortalama $78,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Aralık 2018'e aittir.

Çalışmamızda PM10 ve PM2.5 değerleri Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ülkemiz için 24 saatlik PM10 sınır değeri 2018 yılı için $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2019 yılı için $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. AB ve DSÖ için 24 saatlik PM10 sınır değeri aynı olup $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. DSÖ için 24 saatlik PM2.5 sınır değeri $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Maalesef ülkemizde ve AB

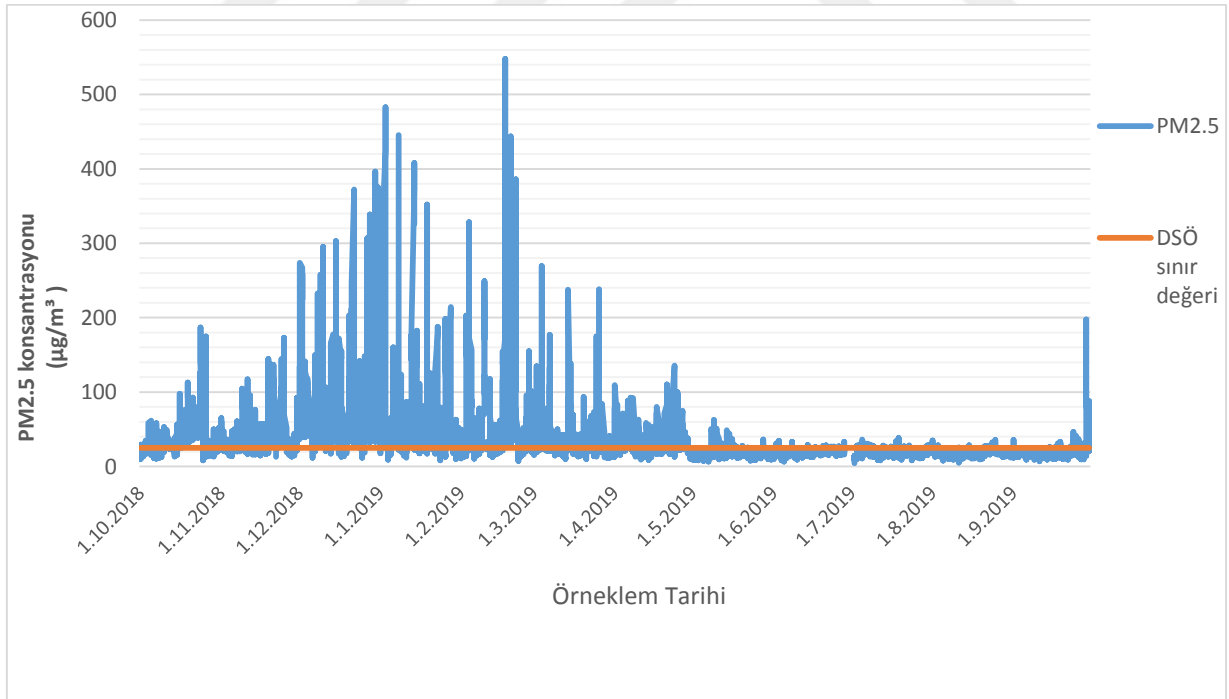
için 24 saatlik PM2.5 için kabul edilmiş yasal bir sınır değeri yoktur. Şekil 39 ve Şekil 40'da 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik ve 24 saatlik PM10 değerlerinin Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerlerine göre durumu gösterilmiştir. Şekil 41 ve Şekil 42'de 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik ve 24 saatlik PM2.5 değerlerinin Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerlerine göre durumu gösterilmiştir.



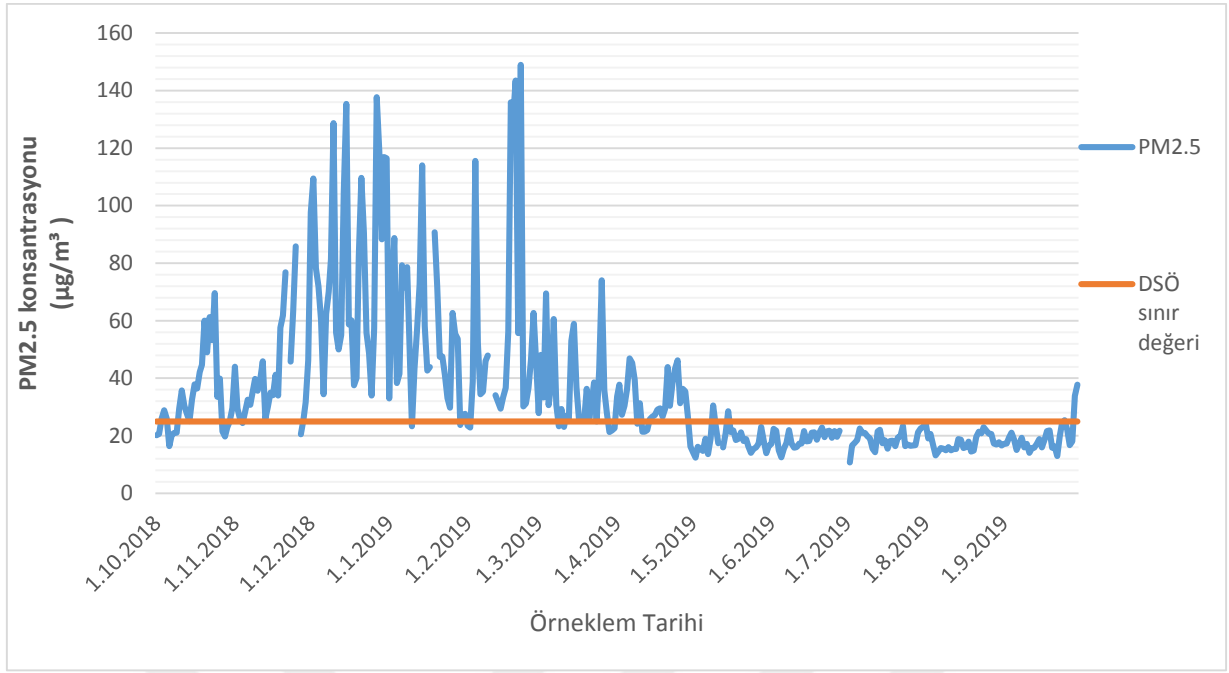
Şekil 39. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik PM10 değerlerinin Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerlerine göre durumu



Şekil 40. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen 24 saatlik ortalama PM10 değerlerinin Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerlerine göre durumu



Şekil 41. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik PM2.5 değerlerinin DSÖ sınır değerlerine göre durumu



Şekil 42. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen 24 saatlik ortalama PM2.5 değerlerinin DSÖ sınır değerlerine göre durumu

Çalışmamızda Keşan ilçesinde PM10'nun 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri aralığında ortalaması $50,79 \pm 25,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (min. $17,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, med. $43,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, max. $200,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Çalışmamızda Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM10 yıllık ortalaması DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık ortalama PM10 sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ve ülkemizde 2018 yılı için belirlenen PM10 yıllık ortalama sınır değeri olan $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir. Keşan ilçesinde 2019 yılı için PM10 yıllık ortalaması DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM10 sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ve ülkemizde 2019 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir (Tablo 26).

Tablo 26. Keşan ilçesi 2018-2019 yıllık PM10 değeri, ulusal ve uluslararası sınır değerler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Keşan ilçesi 2018 yıllık PM10 değeri	$55,52 \pm 23,59$
Keşan ilçesi 2019 yıllık PM10 değeri	$50,45 \pm 27,29$
DSÖ yıllık PM10 sınır değeri	20
AB yıllık PM10 sınır değeri	40
Türkiye 2018 yılı için yıllık PM10 sınır değeri	44
Türkiye 2019 yılı için yıllık PM10 sınır değeri	40

Çalışmamızda Keşan ilçesinde PM2.5'un 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri aralığında ortalaması $32,65 \pm 22,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, minimum değer $10,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, median değer $23,78$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimum değer $148,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Keşan ilçesinde 2018 ve 2019 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir (Tablo 27).

Tablo 27. Keşan ilçesi 2018-2019 yıllık PM2.5 değeri, DSÖ-AB sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Keşan ilçesi 2018 yıllık PM2.5 değeri	$40,03 \pm 25,79$
Keşan ilçesi 2019 yıllık PM2.5 değeri	$31,64 \pm 21,65$
DSÖ yıllık PM2.5 sınır değeri	10
AB yıllık PM2.5 sınır değeri	25

Keşan ilçesinde ölçülen saatlik PM10 ve PM2.5 değerleri; ölçümün yapıldığı saatlerden limiti aşan her bir saat “aşan saat sayısı”, 1 gün içindeki 24 ölçümden limiti aşan herhangi 1 saat olması “aşan gün sayısı”, 24 saatlik ortalama limiti aşan günler de “günlük ortalamayı aşan gün sayısı” olarak değerlendirilmiştir. Türkiye, AB ve DSÖ sınır değerlerine göre hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 28 ve 29’de aylara göre PM10 ve PM2.5 ortalamaları, aylık ölçüm yapılan toplam saat sayısı, aylık ölçüm yapılan toplam gün sayısı, Türkiye, AB ve DSÖ PM10 sınır değerlerine göre aylık aşan saat sayıları, aylık aşan gün sayıları ve aylık günlük ortalamayı aşan gün sayıları verilmiştir. Bu verilere göre 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde 579 günde toplam 13465 saat PM10 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 3904 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 30’u) ülkemiz PM10 sınır değeri üzerindeyken, 4559 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 33,8’i) DSÖ ve AB PM10 sınır değeri üzerindedir. Ölçüm yapılan 441 günde (ölçüm yapılan toplam günün % 76,1’i) PM10 değerleri, ülkemiz PM10 sınır değerini en az bir kez aşarken, 466 günde (ölçüm yapılan toplam gün sayısının % 80,4’ü) PM10 değerleri DSÖ ve AB sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. Günlük ortalama PM10 değerlerine bakıldığında ölçüm yapılan 172 günün (ölçüm yapılan toplam gün sayısının % 30’u) ülkemiz PM10 sınır değerleri üzerindeyken, ölçüm yapılan 204 günün (ölçüm yapılan toplam gün sayısının % 35,6’sı) DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 28).

1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde 579 günde toplam 13451 saat PM2.5 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 4738 saati (ölçüm yapılan toplam saat sayısının % 35,22’si) DSÖ PM2.5 sınır değerleri üzerindedir. Ölçüm yapılan 448 günde (ölçüm yapılan toplam gün sayısının % 77,3’ü) PM2.5 değerleri DSÖ PM2.5 sınır değerini en az bir kez aşmıştır. Günlük ortalama PM2.5 değerlerine bakıldığında ölçüm yapılan 261 gün sayısının (ölçüm yapılan toplam gün sayısının % 45’i) DSÖ PM2.5 sınır değeri üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 29).

Tablo 28. Keşan ilçesinde saatlik PM10 değerlerinin DSÖ, AB ve ülkemiz sınır değerlerine göre aşan saat, aşan gün ve günlük ortalamayı aşan gün sayıları

				AŞAN SAAT SAYISI		AŞAN GÜN SAYISI		GÜNLÜK ORTALAMAYI AŞAN GÜN SAYISI	
	PM10 ORT.	TOPLAM ÖLÇÜM YAPILAN SAAT	TOPLAM ÖLÇÜM YAPILAN GÜNLER	TR	DSÖ-AB	TR	DSÖ-AB	TR	DSÖ-AB
Haz.18	39,03	720	30	60 (%8,3)	112 (%15,6)	13 (%43,3)	18 (%60,0)	1 (%3,3)	4 (%13,3)
Tem.18	35,91	630	25	28 (%4,4)	54 (%8,6)	12 (%38,7)	16 (%51,6)	0 (%0,0)	1 (%3,2)
Ağu.18	49,39	690	29	114 (%16,5)	290 (%42,0)	22 (%71,0)	29 (%93,5)	2 (%6,5)	11 (%35,5)
Eyl.18	50,36	669	26	174 (%26,0)	305 (%45,6)	21 (%70,0)	26 (%86,7)	6 (%20,0)	13 (%43,3)
Eki.18	48,33	741	31	182 (%24,6)	257 (%34,7)	23 (%74,2)	25 (%80,6)	7 (%22,6)	12 (%38,7)
Kas.18	48,49	720	30	156 (%21,7)	253 (%35,1)	26 (%86,7)	27 (%90,0)	6 (%20,0)	9 (%30,0)
Ara.18	85,80	728	30	418 (%57,4)	507 (%69,6)	30 (%96,8)	31 (%100,0)	22 (%71,0)	26 (%83,9)
Oca.19	67,12	722	30	396 (%54,8)	396 (%54,8)	30 (%96,8)	30 (%96,8)	21 (%67,7)	21 (%67,7)
Şub.19	81,06	647	26	353 (%54,6)	353 (%54,6)	28 (%100)	28 (%100)	15 (%53,6)	15 (%53,6)
Mar.19	62,52	740	31	427 (%57,7)	427 (%57,7)	31 (%100)	31 (%100)	24 (%77,4)	24 (%77,4)
Nis.19	54,40	717	30	313 (%43,7)	313 (%43,7)	30 (%100)	30 (%100)	18 (%60,0)	18 (%60,0)
May.19	37,24	728	30	121 (%16,6)	121 (%16,6)	23 (%74,2)	23 (%74,2)	4 (%12,9)	4 (%12,9)
Haz.19	40,51	668	28	146 (%21,9)	146 (%21,9)	19 (%63,3)	19 (%63,3)	3 (%10,0)	3 (%10,0)
Tem.19	34,96	715	30	53 (%7,4)	53 (%7,4)	18 (%58,1)	18 (%58,1)	2 (%6,5)	2 (%6,5)
Ağu.19	34,17	742	31	62 (%8,4)	62 (%8,4)	17 (%54,8)	17 (%54,8)	1 (%3,2)	1 (%3,2)
Eyl.19	37,45	720	30	85 (%11,8)	85 (%11,8)	18 (%60,0)	18 (%60,0)	3 (%10,0)	3 (%10,0)
Eki.19	43,42	737	31	111 (%15,1)	111 (%15,1)	24 (%77,4)	24 (%77,4)	8 (%25,8)	8 (%25,8)
Kas.19	54,56	702	28	306 (%43,6)	306 (%43,6)	28 (%93,3)	28 (%93,3)	11 (%36,7)	11 (%36,7)
Ara.19	63,85	729	31	340 (%46,6)	340 (%46,6)	28 (%90,3)	28 (%90,3)	18 (%58,1)	18 (%58,1)

Tablo 29. Keşan ilçesinde saatlik PM2.5 değerlerinin DSÖ ve AB sınır değerlerine göre aşan saat sayısı, aşan gün sayısı ve günlük ortalamayı aşan gün sayısı bakımından aylık değişimi

				AŞAN SAAT SAYISI	AŞAN GÜN SAYISI	GÜNLÜK ORTALAMAYI AŞAN GÜN SAYISI
	PM2.5 ORT.	ÖLÇÜM YAPILAN TOPLAM SAAT	ÖLÇÜM YAPILAN TOPLAM GÜN	DSÖ	DSÖ	DSÖ
Haz.18	20,76	704	29	147 (%20,9)	18 (%60,0)	4 (%13,3)
Tem.18	21,57	621	25	112 (%18,0)	18 (%58,1)	2 (%6,5)
Ağu.18	20,37	694	29	97 (%14,0)	23 (%74,2)	1 (%3,2)
Eyl.18	21,65	711	29	221 (%31,1)	23 (%76,7)	9 (%30,0)
Eki.18	33,19	741	31	446 (%60,2)	31 (%100,0)	22 (%71,0)
Kas.18	39,73	692	28	521 (%75,3)	30 (%100,0)	26 (%86,7)
Ara.18	78,73	736	31	686 (%93,2)	31 (%100,0)	31 (%100,0)
Oca.19	53,29	723	30	569 (%78,7)	31 (%100,0)	28 (%90,3)
Şub.19	59,10	647	26	514 (%79,4)	28 (%100,0)	24 (%85,7)
Mar.19	35,45	736	31	457 (%62,1)	31 (%100,0)	25 (%80,6)
Nis.19	32,03	717	30	422 (%58,9)	29 (%96,7)	25 (%83,3)
May.19	18,36	733	30	76 (%10,4)	16 (%51,6)	2 (%6,5)
Haz.19	19,10	668	28	37 (%5,5)	11 (%36,7)	0 (%0,0)
Tem.19	18,59	714	30	55 (%7,7)	18 (%58,1)	0 (%0,0)
Ağu.19	17,75	733	31	28 (%3,8)	11 (%35,5)	0 (%0,0)
Eyl.19	17,39	719	30	74 (%10,3)	14 (%46,7)	3 (%10,0)
Eki.19	28,79	737	31	313 (%42,5)	26 (%83,9)	15 (%48,4)
Kas.19	34,13	694	27	381 (%54,9)	28 (%93,3)	16 (%53,3)
Ara.19	48,37	731	31	534 (%73,1)	31 (%100,0)	28 (%90,3)

Çalışmamızda PM10 ve PM2.5 ölçümleri yaz dönemi ve kış dönemi olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. 1 Ekim 2018-31 Mart 2019 arasında kalan dönem kış dönemi, 1 Nisan 2019-30 Eylül 2019 arasında kalan dönem yaz dönemi olarak kabul edilerek incelemeler yapılmıştır. Buna göre Keşan ilçesinde kış dönemi PM10 ortalaması 65,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, yaz dönemi ortalaması 39,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ($p<0,001$) (Tablo 30). Keşan ilçesinde kış dönemi PM2.5 ortalaması 49,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, yaz dönemi ortalaması ise 20,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Kış dönemi PM2.5 ortalaması yaz dönemine göre artmaktadır ($p<0,001$) (Tablo 31).

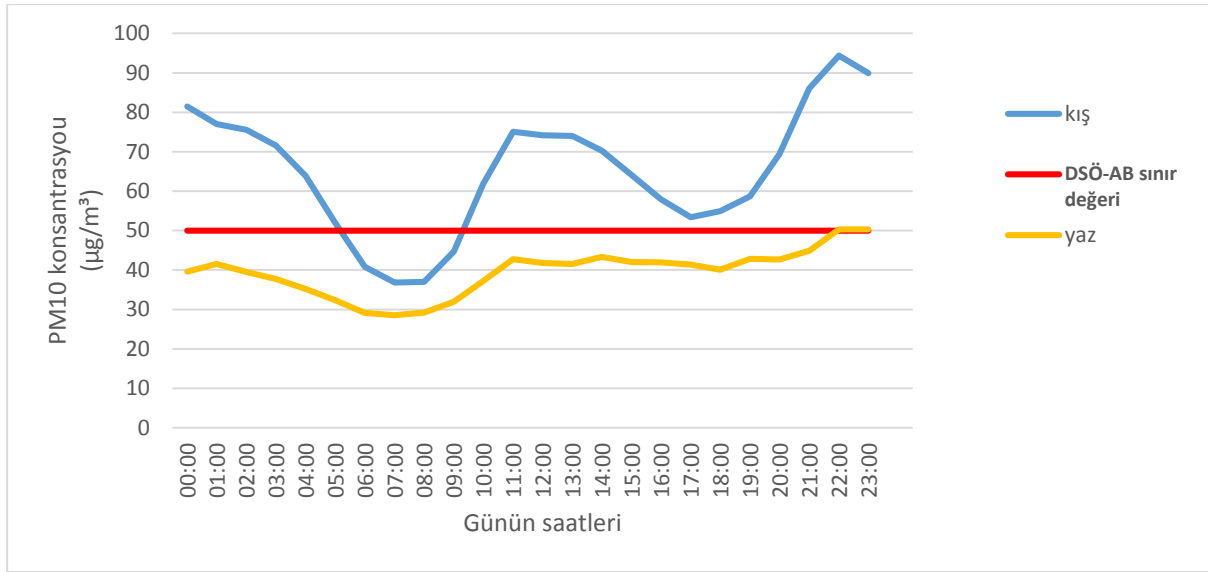
Tablo 30. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik PM10 değerlerinin yaz ve kış dönemlerine göre durumu.

	YAZ DÖNEMİ	KIŞ DÖNEMİ
ÖLÇÜM YAPILAN SAAT SAYISI	4290 (%97,7)	4298 (%98,3)
ORTALAMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) $\pm$ ST.SAPMA	39,74 $\pm$ 19.91	65,23 $\pm$ 54.21
ORTANCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35,85	50,78
MİN. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – MAX. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9,55- 242,03	5,69- 624,84

Tablo 31. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde ölçülen saatlik PM2.5 değerlerinin yaz ve kış dönemlerine göre durumu

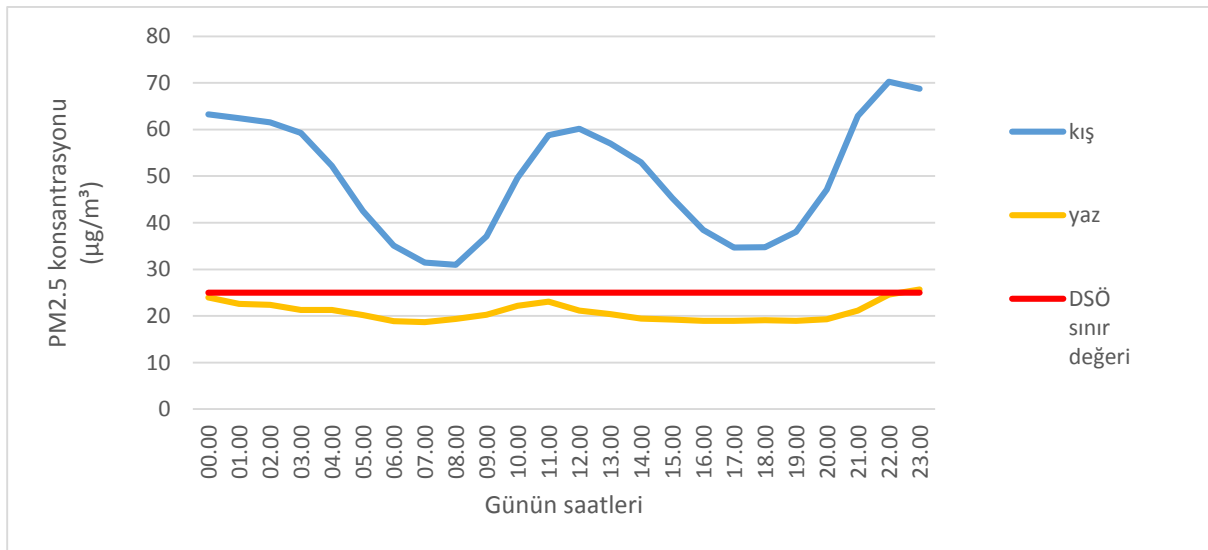
	YAZ DÖNEMİ	KIŞ DÖNEMİ
ÖLÇÜM YAPILAN SAAT SAYISI	4284 (%97,5)	4275 (%97,9)
ORTALAMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) $\pm$ ST.SAPMA	20,87 $\pm$ 10,22	49,80 $\pm$ 46,54
ORTANCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18,8	35,56
MİN. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – MAX. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4,54 - 197,82	7,45 – 547,71

Şekil 43'te PM10 değerlerinin yaz ve kış dönemi gün içi dağılımları, DSÖ ve AB sınır değerine göre verilmiştir. Bu verilere göre kış döneminde PM10 değeri saat 11:00'de ve saat 22.00'da olmak üzere iki sefer pik yapmaktadır. En yüksek PM10 değeri saat 22:00'de en düşük değeri ise saat 08:00'de olmaktadır. Sabah 08:00'den başlayan PM10 yükselişi saat 11:00'de pik yaparak saat 17:00'de en düşük gündüz seviyesine ulaşmaktadır. Yine akşam saat 18:00'de tekrar yükselmeye başlayan PM10 değeri saat 22.00'de pik yaparak saat 08:00'da en düşük seviyeye ulaşmaktadır. DSÖ sınır değeri dikkate alınarak, gün içi PM10 değişimi incelendiğinde; gündüz saat 09:00-18:00 arası, gece saat 18:00-05:00 arası sınır değerler üzerindedir.



Şekil 43. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasındaki ortalama PM10 değerlerinin yaz ve kış dönemi gün içi dağılımları

Şekil 44'te PM2.5 değerlerinin yaz ve kış dönemi gün içi dağılımları, DSÖ sınır değerine göre verilmiştir. Bu verilere göre kış döneminde PM2.5 değeri saat 12:00'de ve saat 22:00'de olmak üzere iki sefer pik yapmaktadır. En yüksek PM2.5 değeri saat 22:00'de en düşük değeri ise saat 08:00'de olmaktadır. Sabah 08:00'den başlayan PM2.5 yükselişi saat 12:00'de pik yaparak saat 17:00'de en düşük gündüz seviyesine ulaşmaktadır. Yine akşam saat 18:00'de tekrar yükselmeye başlayan PM2.5 değeri saat 22:00'de pik yaparak saat 08:00'de en düşük seviyeye ulaşmaktadır. DSÖ sınır değeri dikkate alınarak, gün içi PM2.5 değişimi incelendiğinde; tüm gün sınır değerler üzerindedir.



Şekil 44. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasındaki ortalama PM2.5 değerlerinin yaz ve kış dönemi gün içi dağılımları

PM10 değerleri kış dönemi ve yaz dönemi olarak karşılaştırmalı incelenmiş olup tablo 32’de sunulmuştur. Bu verilere göre;

- Kış döneminde ölçüm yapılan 4298 saatin 1932’si (% 44,9) ülkemiz PM10 sınır değeri üzerinde, 2193’ü (% 51) DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerindedir. Yaz döneminde ise ölçüm yapılan 4290 saatin 780’i (% 18,1) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerindedir. Bu verilere göre Keşan ilçesinde PM10 sınır değerleri üzerindeki geçen toplam saat kış döneminde yaz dönemine göre anlamlı biçimde yüksektir (Ülkemiz sınır değeri için X^2 : 712,1 $p<0.001$, DSÖ ve AB sınır değerleri için X^2 : 1023 $p<0.001$).

- Keşan ilçesinde kış döneminde ölçüm yapılan 182 günün 168’i (% 92,3) ülkemiz PM10 sınır değerini, 172 (% 94) günü DSÖ ve AB PM10 sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. Yaz döneminde ise ölçüm yapılan 183 günün 125’i (% 68,3) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. Bu verilere göre Keşan ilçesinde PM10 sınır değerlerini en az bir kez aşılan toplam gün sayısı kış döneminde yaz dönemine göre anlamlı biçimde artmaktadır (ülkemiz sınır değeri için X^2 : 33,2 $p<0.001$, DSÖ ve AB sınır değerleri için X^2 : 41,32 $p<0.001$).

- Ölçüm yapılan günlerin ortalamalarına bakıldığında, kış döneminde 178 günün 95’inde (% 53,3) ülkemiz PM10 sınır değeri, 107’sinde (% 60,1) ise DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri aşılmıştır. Yaz döneminde ise günlük ortalamalar ölçüm yapılan 179 günün 31’inde (% 17,3) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre Keşan ilçesinde günlük ortalamaları PM10 sınır değerlerini aşan toplam gün sayısı kış döneminde, yaz dönemine göre anlamlı biçimde artmıştır (ülkemiz sınır değeri için X^2 : 50,8 $p<0.001$, DSÖ ve AB sınır değerleri için X^2 : 68,93 $p<0.001$).

Tablo 32. Araştırma döneminde Keşan İlçesinde PM10 değerlerinin yaz ve kış dönemlerine göre durumu

				AŞAN SAAT SAYISI		AŞAN GÜN SAYISI		GÜNLÜK ORTALAMAYI AŞAN GÜN SAYISI	
	PM10 ORTALAMASI	ÖLÇÜM YAPILAN TOPLAM GÜN	ÖLÇÜM YAPILAN TOPLAM SAAT	TR	DSÖ-AB	TR	DSÖ-AB	TR	DSÖ-AB
KIŞ	65,23	182	4298	1932	2193	168	172	95	107
YAZ	39,74	183	4290	780	780	125	125	31	31
KIŞ-YAZ DÖNEMLERİ FARKI				X^2 :712,1 $P<0.001$	X^2 :1023 $P<0.001$	X^2 :33,2 $P<0.001$	X^2 :41,32 $P<0.001$	X^2 :50,8 $P<0.001$	X^2 :68,93 $P<0.001$

PM2.5 değerleri kış dönemi ve yaz dönemi karşılaştırması tablo 33’de sunulmuştur.

Bu verilere göre;

- Kış döneminde ölçüm yapılan 4275 saatin 3193’nde (% 74,7) DSÖ PM2.5 sınır değeri üzerindedir. Yaz döneminde ise ölçüm yapılan 4284 saatin 692’sinde (% 16,1) DSÖ PM2.5 sınır değeri üzerindedir. Bu verilere göre Keşan ilçesinde PM2.5 sınır değerleri üzerindeki geçen toplam saat sayısı kış döneminde yaz döneminde göre anlamlı biçimde yüksektir (X^2 : 2958 $p<0.001$).

- Keşan ilçesinde kış döneminde ölçüm yapılan 182 günün 177’sinde (% 97,2) DSÖ PM2.5 sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. Yaz döneminde ise ölçüm yapılan 183 günün 99’unda (% 54) DSÖ PM2.5 sınır değerini en az bir kez aşmıştır. Bu verilere göre Keşan ilçesinde PM2.5 sınır değerlerini en az bir kez aşılan toplam gün sayısı kış döneminde yaz döneminde göre anlamlı biçimde artmaktadır (X^2 :92.17 $p=0.001$).

- lm yapılan günlerin ortalamalarına bakıldığında, kış döneminde 177 günün 156’sında (% 88,1) ve yaz döneminde ise günlük ortalamalar ölçüm yapılan 179 günün 30’unda (%16,7) DSÖ PM2.5 sınır değeri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre Keşan ilçesinde günlük ortalamaları PM2.5 sınır değerlerini aşan toplam gün sayısı, kış döneminde, yaz döneminde göre önemli biçimde artmaktadır (X^2 :177.7 $p<0.001$).

Tablo 33. Araştırma döneminde Keşan ilçesinde PM2.5 değerlerinin yaz ve kış dönemlerine göre durumu

				AşAN SAAT SAYIS I	AşAN GÜN SAYISI	GÜNLÜK ORTALAMAY I AşAN GÜN SAYISI
	PM2.5 ORTALAMAS I	ÖLÇÜM YAPILA N TOPLAM GÜN	ÖLÇÜM YAPILA N TOPLAM SAAT	DSÖ	DSÖ	DSÖ
KIş	49,80	182	4275	3193	177	156
YA Z	20,87	183	4284	692	99	30
KIş-YAZ DÖNEMLERİ FARKI				X^2 :295 8 $P<0.00$ 1	X^2 :92.1 7 $P<0.001$	X^2 :177.7 $P<0.001$

Araştırma süresi içinde PM10-PM2.5 ve bileşimlerinde bulunan elementlere ait analiz sonuçları Ek-5a ve Ek-5b’de sunulmuştur. Tablo 34’de örneklem günlerine ait PM10 ve bileşimindeki elementlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Buna göre; örneklem günlerinin PM10 ortalaması 50,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min.17,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve max. 200,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. PM10 için elementlerin araştırma tarihindeki ortalamasına bakıldığında, en düşük ortalama 0,24 ng/m^3 ’le Be ile Mo ve en yüksek ortalama 23429 ng/m^3 ’le Al’a aittir. Aynı dönemde belirlenen minimum değer 0,00 ng/m^3 ’le Tl ve maksimum değer 80348,64 ng/m^3 ’le Al’a aittir. Tablo 35’de örneklem günlerine ait PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Buna göre; örneklem günlerinin PM2.5 ortalaması 32,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min. 10,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve max. 148,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Elementlerin araştırma tarihindeki ortalamasına bakıldığında, en düşük ortalama 0,21 ng/m^3 ’le Tl ve en yüksek ortalama 20640,8 ng/m^3 ’le Al’a aittir. Aynı dönemde belirlenen minimum değer 0 ng/m^3 ’le Cd ile Tl ve maksimum değer 75642,13 ng/m^3 ’le Al aittir.

Tablo 34. 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlere (ng/m^3) ait değerler

PM10 ve ELEMENTLER	ORT $\pm$ SS	MEDYAN	MİN	MAX
PM10	50,79 $\pm$ 25,93	43,06	17,250	200,56
Be	0,24 $\pm$ 0,16	0,24	0,013	0,54
B	1216,26 $\pm$ 1074,18	821,22	297,550	3318,30
Mg	464,50 $\pm$ 416,44	234,09	110,513	1341,78
Al	23429,00 $\pm$ 26432,95	10820,80	63,290	80348,64
Ca	5659,67 $\pm$ 10259,85	739,99	76,435	33051,18
V	6,57 $\pm$ 8,03	3,46	0,015	27,39
Cr	3,64 $\pm$ 4,04	2,26	0,032	14,64
Mn	4,41 $\pm$ 6,57	2,56	0,021	29,70
Fe	355,14 $\pm$ 357,12	173,53	30,021	1160,55
Co	0,49 $\pm$ 1,02	0,28	0,054	6,23
Ni	6,15 $\pm$ 4,87	5,78	0,100	16,41
Cu	18,39 $\pm$ 19,91	6,54	0,138	69,95
Zn	2066,55 $\pm$ 2230,44	766,86	89,521	6439,24
As	0,36 $\pm$ 0,23	0,34	0,150	1,07
Se	8,71 $\pm$ 8,01	6,09	0,002	29,43
Sr	14,91 $\pm$ 11,02	14,73	0,054	34,32
Cd	0,40 $\pm$ 0,46	0,20	0,001	1,80
Pb	7,58 $\pm$ 7,91	5,23	0,022	28,68
Ag	0,82 $\pm$ 0,97	0,54	0,002	4,28
Tl	0,36 $\pm$ 0,62	0,22	0,000	4,10
Na	13659,39 $\pm$ 13327,97	6602,47	1224,004	38119,84
K	2990,98 $\pm$ 2913,17	1858,03	85,500	9402,62
Ba	3136,27 $\pm$ 2792,36	1904,05	710,950	9698,71
Sb	50,79 $\pm$ 3,09	43,06	17,250	200,56
Mo	0,24 $\pm$ 6,25	0,24	0,013	0,54
Si	1216,26 $\pm$ 603,09	821,22	297,550	3318,30

Tablo 35. 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlere (ng/m^3) ait değerler

PM2.5 ve ELEMENTLER	ORT $\pm$ SS	MEDYAN	MİN	MAX
PM2.5	32,65 $\pm$ 22,95	23,78	10,74	148,93
Be	0,91 $\pm$ 2,26	0,13	0,004	8,06
B	711,94 $\pm$ 796,17	487,99	1,609	2964,32
Mg	387,08 $\pm$ 379,68	228,29	80,633	1320,98
Al	20640,80 $\pm$ 21810,53	12817,97	58,574	75642,13
Ca	5849,92 $\pm$ 9477,07	897,23	525,433	27042,31
V	4,45 $\pm$ 6,09	2,58	0,001	25,19
Cr	2,87 $\pm$ 3,60	1,98	0,020	15,50
Mn	2,65 $\pm$ 4,56	1,31	0,014	22,51
Fe	242,44 $\pm$ 246,66	162,29	29,196	1008,96
Co	1,81 $\pm$ 5,37	0,14	0,001	26,42
Ni	9,42 $\pm$ 36,60	1,43	0,035	232,33
Cu	6,29 $\pm$ 6,49	4,11	0,005	19,83
Zn	2190,30 $\pm$ 2316,39	1158,75	367,750	9577,88
As	0,42 $\pm$ 0,44	0,30	0,000	1,50
Se	6,31 $\pm$ 4,91	5,30	0,001	13,62
Sr	11,54 $\pm$ 11,79	11,37	0,054	32,72
Cd	0,60 $\pm$ 1,42	0,22	0,000	8,27
Pb	4,02 $\pm$ 3,76	3,81	0,008	15,02
Ag	1,87 $\pm$ 6,70	0,30	0,001	40,54
Tl	0,21 $\pm$ 0,19	0,18	0,000	0,86
Na	10932,13 $\pm$ 10435,21	6147,25	2880,117	34339,98
K	2298,45 $\pm$ 2673,57	1288,82	79,146	10068,94
Ba	5,21 $\pm$ 5,12	2,95	0,392	10,54
Sb	1,15 $\pm$ 2,64	0,62	0,008333	15,35417
Mo	6,16 $\pm$ 7,72	4,49	0,004167	40,5875
Si	540,49 $\pm$ 554,83	377,78	89,59583	2300,521

PM10 bileşimindeki elementlerin 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 analiz tarihleri kış ve yaz dönemi olarak ikiye ayrılarak incelenmiş olup Tablo 36'de sunulmuştur. Kış döneminde 17 gün için, yaz döneminde ise 12 gün için element analizi yapılmıştır. Kış döneminde en düşük ortalama sahip element $0,15 \text{ ng/m}^3$ 'le Co, en yüksek ortalama sahip element $11224,66 \text{ ng/m}^3$ 'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri $0,07 \text{ ng/m}^3$ 'le Co, en yüksek değeri $15901,61 \text{ ng/m}^3$ 'le Al almıştır. Yaz döneminde ise en düşük ortalama sahip element $0,25 \text{ ng/m}^3$ 'le Be, en yüksek ortalama sahip element $43203,11 \text{ ng/m}^3$ 'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri $0,008 \text{ ng/m}^3$ 'le Mo, en yüksek değeri $80348,64 \text{ ng/m}^3$ 'le Al almıştır.

PM2.5 bileşimindeki elementlerin analiz tarihleri 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 kış ve yaz dönemi olarak ikiye ayrılarak incelenmiş olup Tablo 37'de sunulmuştur. Kış döneminde 17 gün için, yaz döneminde ise 12 gün için element analizi yapılmıştır. Kış döneminde en düşük ortalama sahip element $0,17 \text{ ng/m}^3$ 'le Co, en yüksek ortalama sahip element $10692,74 \text{ ng/m}^3$ 'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri $0,079 \text{ ng/m}^3$ 'le Co, en yüksek değeri $14735,61 \text{ ng/m}^3$ 'le Al almıştır. Yaz döneminde ise en düşük ortalama sahip element $0,216 \text{ ng/m}^3$ 'le Tl, en yüksek ortalama sahip element $51857,89 \text{ ng/m}^3$ 'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri 0 ng/m^3 'le Cd, en yüksek değeri $71173,38 \text{ ng/m}^3$ 'le Al almıştır.

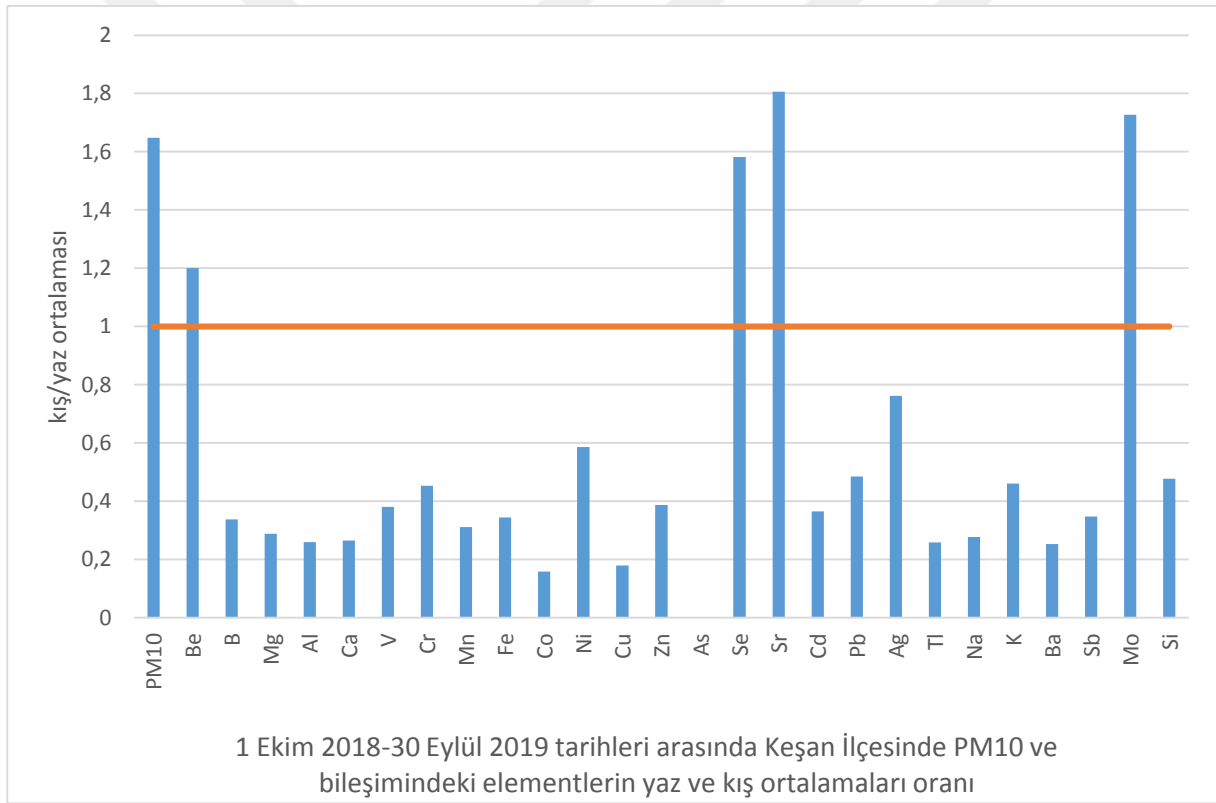
Tablo 36. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM10 bileşimdeki elementlerin kış ve yaz dönemlerine ait değerler

PM10 ve ELEMENTLER	KIŞ DÖNEMİ					YAZ DÖNEMİ				
ELEMENT ADI	ÖRNEK SAYISI	ORT.(ng/m ³)± S.S.	ORTAN CA(ng/m ³)	MİN. (ng/m ³)	MAX. (ng/m ³)	ÖRNEK SAYISI	ORT.(ng/m ³)± S.S.	ORTAN CA(ng/m ³)	MİN. (ng/m ³)	MAX. (ng/m ³)
Be	17	0,3 ± 0,28	0,10	0,17	0,54	7	0,25±0,12	0,21	0,01	0,48
B	17	646,41 ± 495,50	274,83	297,55	1061,45	8	1916,77±1915,73	1364,07	383,03	3318,30
Mg	17	186,77 ± 173,68	48,11	110,51	264,90	7	647,33±217,28	579,05	169,81	1341,78
Al	17	11224,66 ± 10625,19	3042,08	7065,98	15901,61	6	43203,11±41638,95	36038,26	8290,29	80348,64
Ca	17	698,54 ± 709,02	98,80	477,06	806,02	11	2640,26±840,17	2859,17	108,35	8716,44
V	17	3,28 ± 3,21	0,79	2,20	4,72	11	8,62±4,03	11,01	0,10	27,39
Cr	17	2,39 ± 2,26	0,83	1,59	3,89	11	5,28±2,32	5,86	0,27	14,64
Mn	17	2,60 ± 2,62	0,44	1,58	3,29	10	8,37±2,75	11,45	0,10	29,70
Fe	17	157,79 ± 163,63	24,88	109,40	191,73	11	458,06±132,79	513,24	30,02	1160,55
Co	17	0,15 ± 0,13	0,08	0,07	0,29	11	0,94±0,45	1,79	0,05	6,23
Ni	17	5,18 ± 5,72	3,20	1,21	9,33	11	8,84±8,58	6,16	0,10	16,41
Cu	17	4,90 ± 4,49	1,19	3,18	6,68	11	27,42±19,83	26,01	0,14	69,95
Zn	17	956,50 ± 755,89	356,07	483,85	1469,31	8	2474,49±984,55	2675,60	89,52	5895,03
As	0	-	-	-	-	4	0,41±0,20	0,44	0,15	1,07
Se	17	9,17 ± 11,13	3,27	5,25	12,89	9	5,79±6,09	2,90	1,65	9,47
Sr	17	21,48 ± 16,28	8,46	10,87	34,32	7	11,90±14,21	11,43	0,05	30,68
Cd	17	0,24 ± 0,20	0,08	0,13	0,39	10	0,66±0,43	0,71	0,07	1,80
Pb	17	5,36 ± 5,23	1,95	3,14	10,01	10	11,06±7,05	11,49	0,68	28,68
Ag	17	0,93 ± 0,77	0,53	0,41	2,46	12	1,22±0,57	1,44	0,04	4,28
Tl	17	0,20 ± 0,18	0,08	0,09	0,40	12	0,77±0,51	1,09	0,13	4,10
Na	17	4867,35 ± 3855,33	1632,70	2619,01	7327,48	7	17544,98±6152,04	17903,31	1224,00	38119,84
K	17	1490,41 ± 1254,92	395,95	1036,15	2098,78	10	3231,69±1096,73	4076,40	85,50	9402,62
Ba	17	1363,19 ± 1054,89	501,44	710,95	2165,54	7	5398,33±6350,83	4025,45	841,56	9698,71
Sb	17	1,15 ± 1,06	0,55	0,44	2,41	12	3,31±0,86	5,13	0,18	18,21
Mo	17	10,83 ± 9,59	6,92	3,57	29,40	7	6,27±7,16	5,68	0,01	17,10
Si	17	398,58 ± 356,70	162,67	243,88	725,54	12	834,33±502,42	841,82	34,54	2045,80

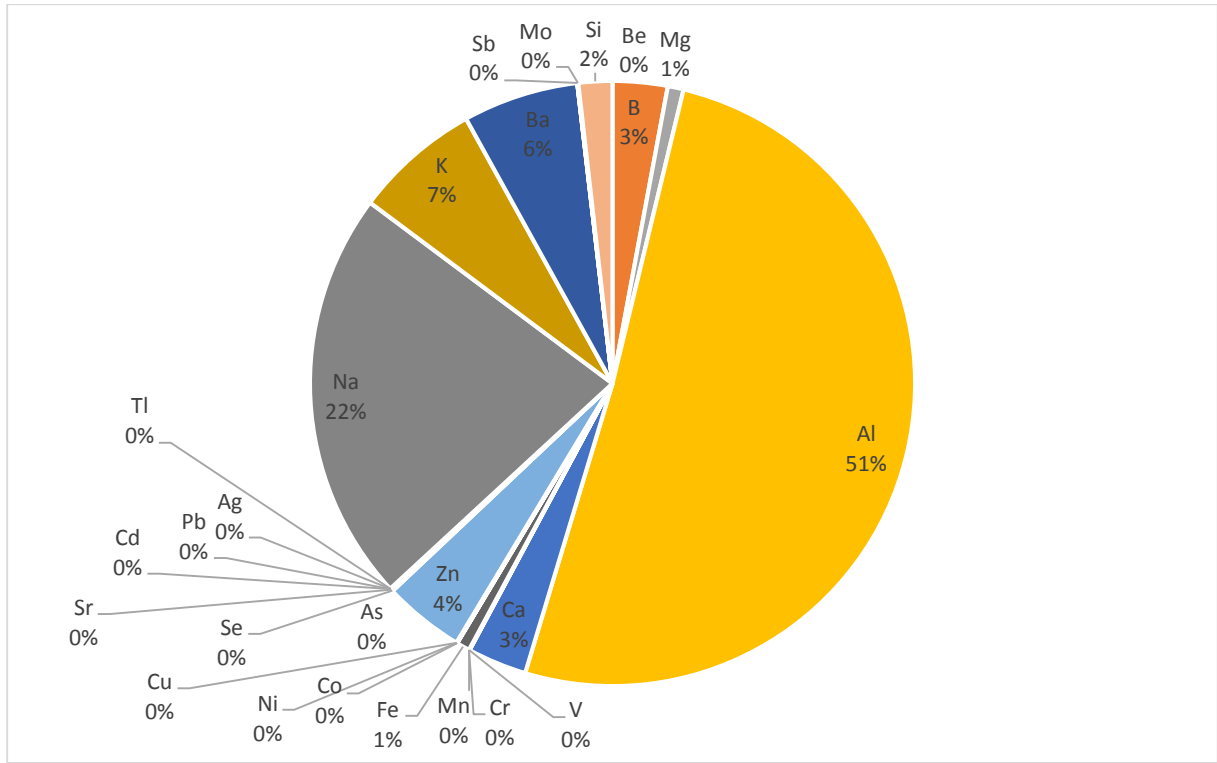
Tablo 37. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM2.5 bileşimdeki elementlerin kış ve yaz dönemlerine ait değerler

PM2.5 ve ELEMENTLER	KİŞ DÖNEMİ					YAZ DÖNEMİ				
ELEMENT ADI	ÖRNEK SAYISI	ORT.(ng/m ³) ± S.S.	ORTAN CA(ng/m ³)	MİN. (ng/m ³)	MAX. (ng/m ³)	ÖRNEK SAYISI	ORT. (ng/m ³) ± S.S.	ORTAN CA(ng/m ³)	MİN. (ng/m ³)	MAX. (ng/m ³)
Be	17	0,36±0,28	0,35	0,10	1,49	12	2,05±0,10	3,59	0,004	8,06
B	17	556,02±510,49	175,30	283,48	774,53	12	803,70±372,51	1027,49	14,563	2877,26
Mg	17	175,24±154,20	51,50	123,03	255,60	4	697,30±668,92	603,52	130,375	1320,98
Al	17	10692,74±9847,08	2637,58	7119,49	14735,61	3	51857,89±70389,56	32778,94	14010,740	71173,38
Ca	17	766,28±685,08	251,16	525,43	1342,12	4	4286,81±3135,49	3999,28	883,325	9992,93
V	17	3,38±3,26	1,31	1,80	7,70	12	4,92±1,19	9,04	0,100	25,19
Cr	17	2,47±2,23	0,86	1,63	4,30	12	3,18±0,88	5,43	0,263	15,50
Mn	17	2,60±2,54	1,12	1,23	4,41	12	3,67±0,22	7,42	0,071	22,51
Fe	17	162,06±161,88	18,53	121,58	192,77	12	223,17±46,42	361,63	29,196	1008,96
Co	17	0,17±0,13	0,08	0,08	0,36	12	5,94±0,35	9,41	0,054	26,42
Ni	17	4,61±4,73	2,97	1,16	9,15	12	23,09±1,30	66,49	0,075	232,33
Cu	17	5,04±4,63	1,41	3,53	7,49	10	8,98±4,19	9,52	0,042	19,83
Zn	17	881,06±769,08	249,23	519,90	1225,60	7	2524,64±1193,60	2804,27	367,750	7233,47
As	0	-	-	-	-	9	0,55±0,28	0,52	0,138	1,50
Se	17	9,36±10,89	3,71	5,03	13,62	8	6,12±7,05	3,23	2,138	9,20
Sr	17	20,74±16,05	8,17	10,75	32,72	10	4,37±1,31	9,09	0,054	29,28
Cd	17	0,26±0,26	0,11	0,12	0,63	12	1,63±0,19	2,50	0,000	8,27
Pb	17	6,36±6,40	2,43	3,14	12,23	10	1,72±0,71	2,36	0,417	7,47
Ag	17	3,96±0,44	9,77	0,25	40,54	12	0,27±0,17	0,32	0,013	1,04
Tl	17	0,26±0,20	0,17	0,15	0,86	12	0,22±0,19	0,19	0,050	0,64
Na	17	4639,20±3769,48	1384,20	2880,12	6777,24	3	24767,97±33739,02	16061,58	6224,904	34339,98
K	17	1408,72±1252,68	297,55	1031,51	1843,15	12	1830,17±173,12	3533,54	79,146	10068,94
Ba	0	-	-	-	-	9	5,21±2,95	5,12	0,392	10,54
Sb	17	1,76±0,66	3,56	0,35	15,35	7	0,65±0,62	0,09	0,533	0,76
Mo	16	9,44±5,93	9,58	3,49	40,59	8	2,69±0,02	3,70	0,004	7,43
Si	17	377,99±354,38	116,84	257,80	611,45	8	650,70±196,69	884,67	89,596	2212,52

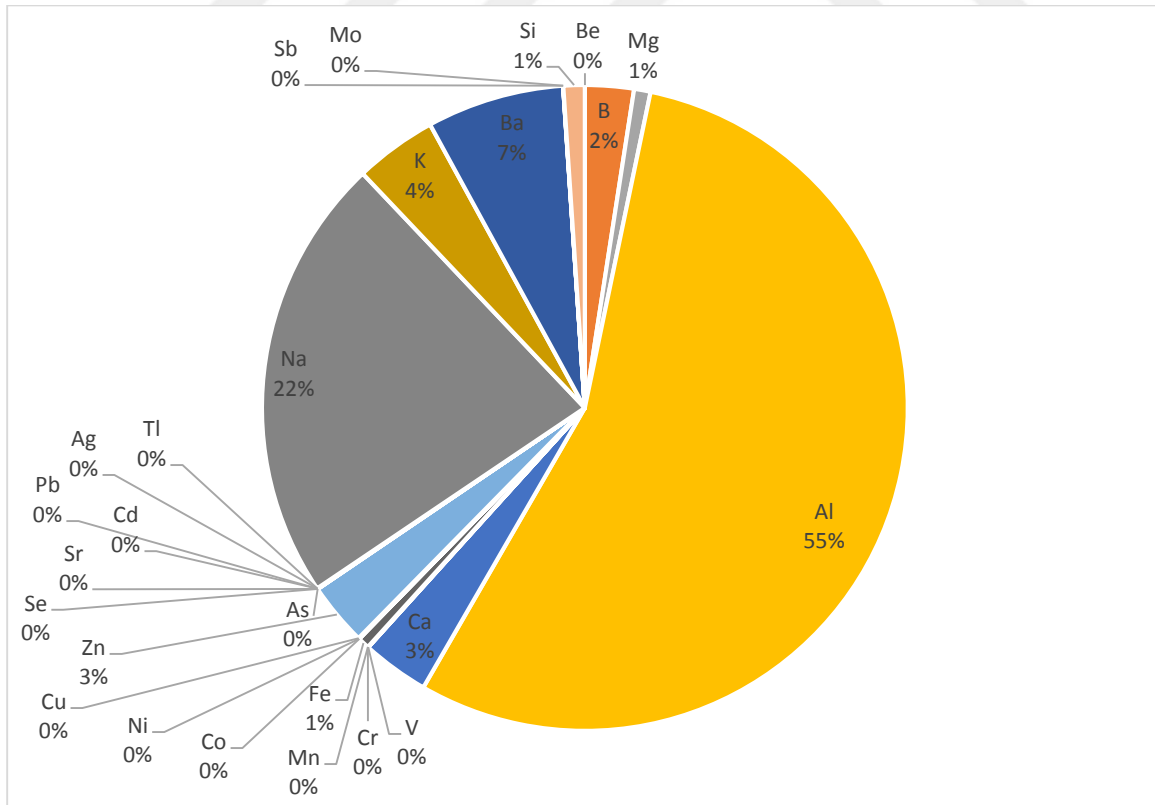
Şekil 45'te PM10 ve bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı verilmiştir. Bu verileri göre; kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM10 1.64, Be 1.2, Se 1.58, Sr 1.8 ve Mo 1.72 kat artmıştır (Mann-Whitney U testi, $p=0,272$). Şekil 46'da kış döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik durumu verilmiştir. Analiz sonuçlarımıza göre kış döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %51, Na %22, Zn %13, K % 7, Al %6, Ba %6, Ca %3, B %3 ve Si %2 olarak bulunmuştur. Şekil 47'de yaz döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik durumu verilmiştir. Analiz sonuçlarımıza göre yaz döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %55, Na %22, Ba %7, K %4, Al %4, Zn %3, Ca %3, Fe %3, B %2, Si %1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur. Ayrıca şekil 48'de kış ve yaz dönemlerinde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik durumunun değişimi verilmiştir.



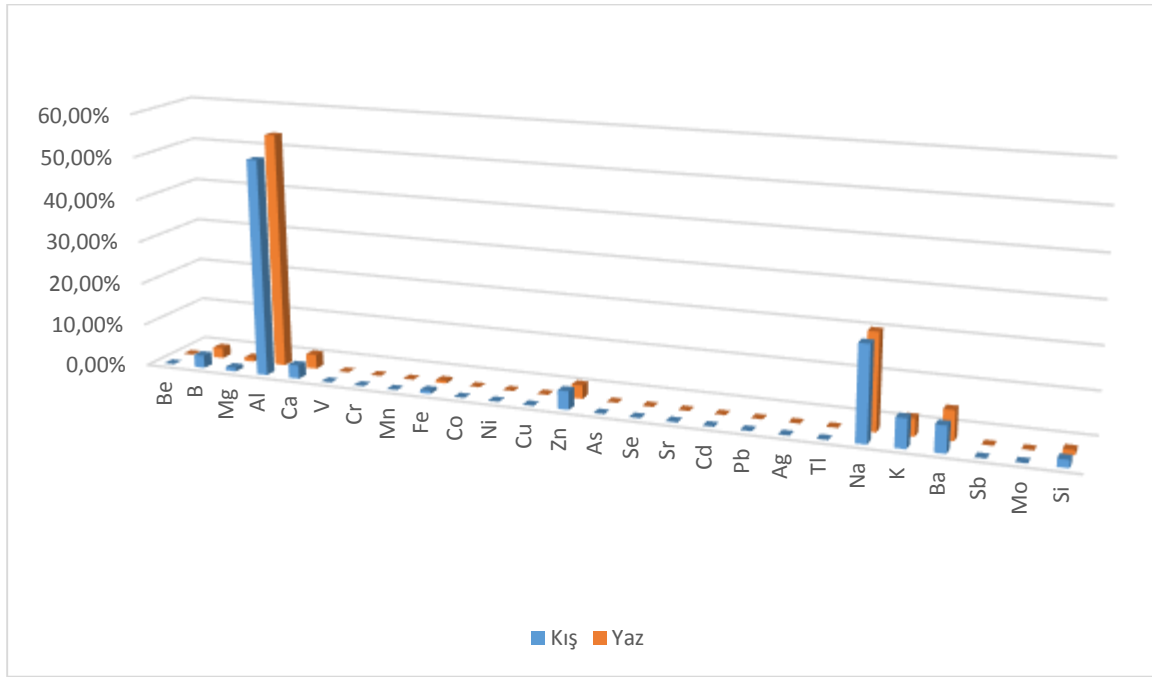
Şekil 45. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan İlçesinde PM10 ve bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamaları oranı



Şekil 46. 1 Ekim 2018-31 Mart 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM10 bileşimdeki elementlerin kış dönemine ait değerlerin yüzdelik durumu

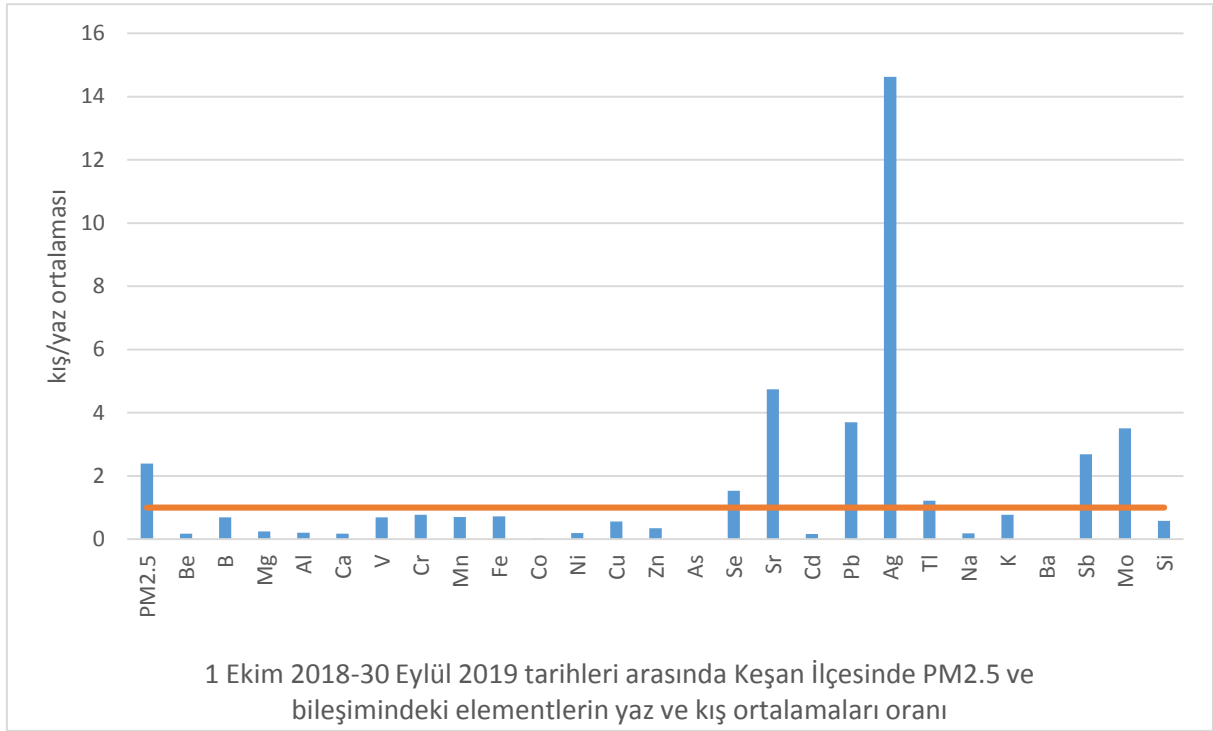


Şekil 47. 1 Nisan 2019-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM10 bileşimdeki elementlerin yaz dönemine ait değerlerin yüzdelik durumu

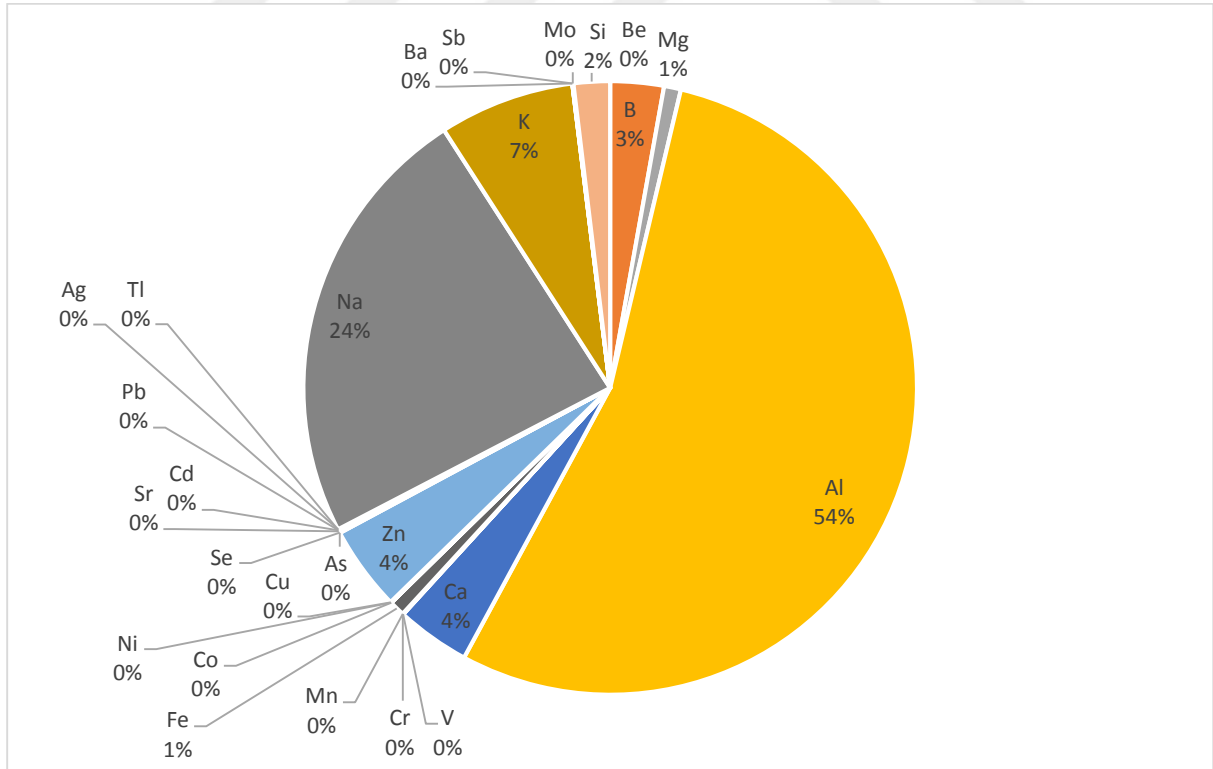


Şekil 48. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan İlçesinde kış ve yaz dönemlerinde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdeler durumu

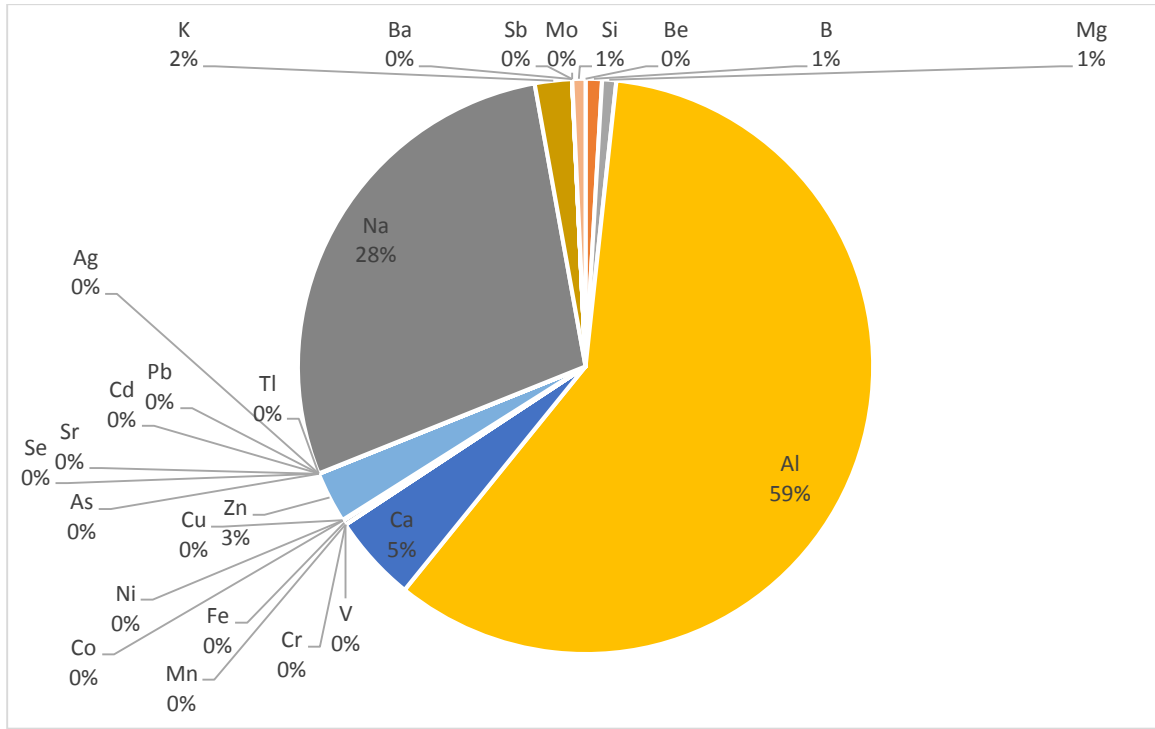
Şekil 49’da PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı verilmiştir. Bu verileri göre PM 2.5 ve bileşimindeki elementlerinden Se, Sr, Pb, Ag, Tl, Sb ve Mo kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı >1 çıkmıştır. Kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM2.5 2.39, Se 1.53, Sr 4.74, Pb 3.69, Ag 14.6, Tl 1.21, Sb 1.69 ve Mo 3.55 kat artmıştır (Mann-Whitney U testi, $p=0,596$). Şekil 50’de kış döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdeler durumu verilmiştir. Analiz sonuçlarımıza göre kış döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdeler değerleri sırasıyla; Al % 54, Na %24, K % 7, Zn %4, Ca % 4, B %3, Ba % 3, Si % 2, Mg % 1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur. Şekil 51’de yaz döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdeler durumu verilmiştir. Analiz sonuçlarımıza göre yaz döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdeler değerleri sırasıyla; Al % 59, Na %28, K %2, Ca %5, Zn %3, Al %4, B %1, Mg %1 ve Si%1 olarak bulunmuştur. Ayrıca şekil 52’de kış ve yaz dönemlerinde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdeler durumunun değişimi verilmiştir.



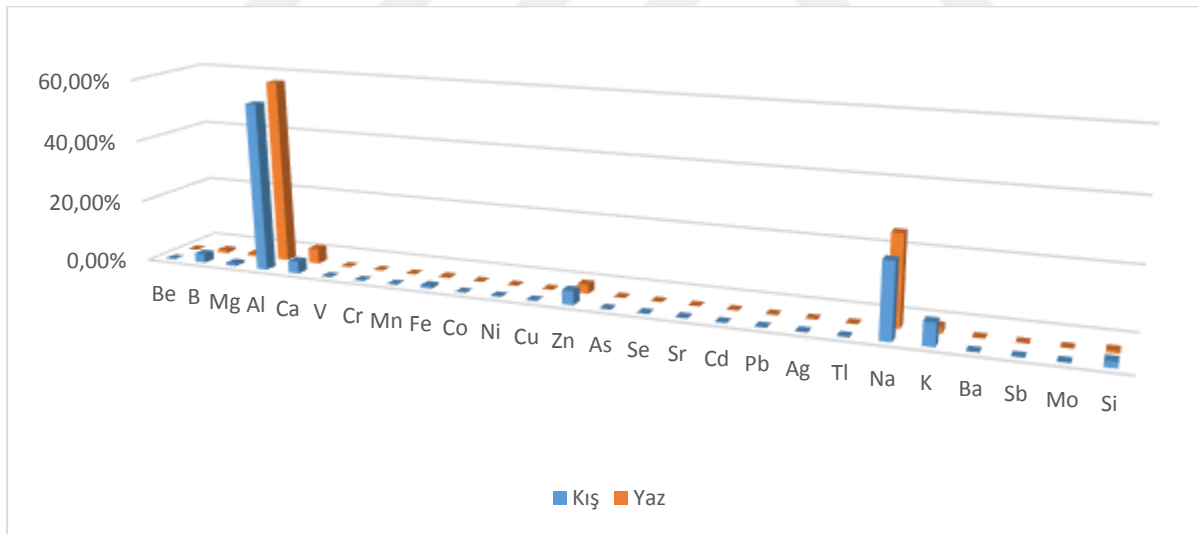
Şekil 49. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan İlçesinde PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamaları oranı



Şekil 50. 1 Ekim 2018-31 Mart 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM2.5 bileşimindeki elementlerin kış dönemine ait değerlerin yüzdeler durumu



Şekil 51. 1 Nisan 2019-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan ilçesinde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yaz dönemine ait değerlerin yüzdelik durumu



Şekil 52. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında Keşan İlçesinde kış ve yaz dönemlerinde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdelik durumu

PM10 ve bileşimindeki elementlerin ortalamalarının normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiş ve normal dağılıma uymadıkları görülmüştür. Bu nedenle karşılaştırma için Sperman testi yapılmış ve korelasyon tablosu tablo 38’de sunulmuştur. Bu verilere göre;

- PM10 ve ölçüm yapılan 26 elementten Sr ve Sb ile zayıf ama anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Be elementinin V, Cr, Mn, Fe, Co, As, Se, Sr, Cd, Pb, Tl, K ve Si dışındaki Mo elementiyle orta; Ni, Ag ve Sb elementleriyle yüksek ve anlamlı bir pozitif korelasyon bulunmuştur. Be elementi Ca ve Cu elementleriyle zayıf; Zn elementi ile orta; B, Mg, Al, Na, Ba elementleriyle yüksek ve anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur.

- B elementinin Ni, As, Ag, Sb ve Mo dışındaki Fe, Co ve Se elementleriyle zayıf; Cr, Mn, Cu ve Si elementleriyle orta; Ca, V, Zn, Sr, Cd, Pb, Tl, Na ve K elementleriyle yüksek; Mg, Al ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. B elementi Be elementiyle yüksek ve anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur.

- Mg elementinin Ni, Se, Mo dışındaki V, Cr, Mn, Fe, Co, Tl ve Si elementleriyle orta; Ca, Cu, Sr, Cd, Pb ve V elementleriyle yüksek; B, Al, Zn, Na, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Mg elementinin Ag ve Sb elementleriyle düşük; Be elementiyle yüksek ve anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur.

- Al elementinin Ni, As, Ag dışındaki Sb ve Mo elementleriyle zayıf; Fe, Se ve Co elementleriyle orta; Ca, Mn, Cu, Cd ve Tl elementleriyle yüksek; B, Mg, V, Cr, Zn, Sr, Pb, Na K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Al elementiyle Be elementiyle yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur.

- Ca elementinin Ni, As, Ag, Sb ve Mo dışındaki Fe, Co, Cu ve Se elementleriyle orta; B, Mg, Al, V, Cr, Mn, Zn, Sr, Cd, Pb, Tl, Na, K, Ba ve Si elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ca elementinin Be elementiyle düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur.

- V elementinin Be, Ni, As, ve Ag dışındaki Sb elementiyle zayıf; Fe, Co, Se ve Mo elementleriyle orta; B, Mg, Ca, Mn, Cu, Sr, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Al, Cr, Zn, Cd, Pb, Na, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Cr elementinin Be, Ni, As, Ag, dışındaki Sb elementiyle zayıf; Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Cd, Pb, Tl, Na ve Ba elementleriyle orta; B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Mn, Zn, As, Sr, Ba

ve Tl elementleriyle yüksek; Al, V, K ve Si elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Mn elementinin Be, Ni, ve Ag dışındaki Sb elementiyle düşük; B, Mg, Co, As, Se, Sr, Tl ve Mo elementleriyle orta; Al, Ca, V, Cr, Fe, Zn, Cd, Pb, Na, K, Ba elementleriyle yüksek; Si elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Fe elementinin Be, Ni, As, Sr, Ag, Sb ve Mo dışındaki B ve Tl elementleriyle zayıf; Mg, Al, Ca, V, Co, Cu, Zn, Se, Cd, Pb, Na ve B elementleriyle orta; K ve Si elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Co elementinin Be, Ni, As, Sr, Sb ve Mo dışındaki B, Zn ve Se elementleriyle zayıf; Mg, Al, Ca, V, Mn, Fe, Co, Cd, Pb, Tl, Na, K, Ba ve Si elementleriyle orta; Cr elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Co elementinin Ag elementiyle düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur.

- Ni elementinin Tl elementiyle zayıf; Ag, Sb ve Mo elementleriyle orta; Be elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ni elementinin Fe elementi ile çok zayıf; Se elementiyle zayıf ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Ni elementiyle B, Mg, Al, Ca, V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Pb, Na, K, Ba ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Cu elementinin Se elementiyle çok zayıf; Sr elementiyle zayıf; B, Ca, Mn, Fe, Co, Tl ve Si elementleriyle orta; Mg, V, Cr, Zn, Cd, Pb, Na, K ve Ba elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Cu elementinin Be elementi ile çok zayıf ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Cu elementiyle Al, Ni, As, Ag, Sb ve Mo elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Zn elementinin Co ve Mo elementleriyle zayıf; Fe, Se ve Tl elementleriyle orta; B, Ca, Cr, Mn, Cu, Cd, Pb ve Si elementleriyle yüksek; Mg, Al, V, Sr, Na, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Zn elementinin Be elementi ile orta ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Zn elementiyle Ni, As, Ag ve Sb elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- As elementinin Mn ve Sr elementleriyle orta ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. As elementinin Si elementi ile çok zayıf ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. As elementiyle Be, B, Mg, Al, Ca, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Cd, Pb, Ag, Tl, Na, K, Ba, Sb, Mo elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Se elementinin B, Tl, Sb ve Mo elementleriyle zayıf; Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb, Na, K, Ba, Si elementleriyle orta ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Se elementinin Ni elementi ile zayıf ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Se elementiyle Be, Mg, Co, Cu, As, Sr ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Sr elementinin Cu elementiyle zayıf; Mn, As, Tl, Sb ve Si elementleriyle orta; B, Mg, Ca, V, Cr, Cd, Pb, Ag, K ve Mo elementleriyle yüksek; Al, Zn, Na ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Sr elementiyle Be, Fe, Co, Ni ve Se elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Cd elementinin Fe, Co, Se, Sb ve Mo elementleriyle orta; B, Mg, Al, Ca, Cr, Mn, Cu, Zn, Sr, Tl, Na ve Si elementiyle yüksek; V, Pb, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Cd elementiyle Be, Ni, As ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Pb elementinin Sb elementleriyle zayıf; Fe, Co, Se ve Mo elementleriyle orta; B, Mg, Ca, Cr, Mn, Cu, Zn, Sr, Na ve Si elementiyle yüksek; Al, V, Cd, Tl, K ve Ba elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Pb elementiyle Be, Cr, Ni, As, ve Ag elementi arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Ag elementinin Tl elementleriyle zayıf; Ni ve Mo elementleriyle orta; Be, Sr ve Sb elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ag elementinin Mg ve Co elementi ile zayıf ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Ag elementiyle B, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb, Na, K, Ba ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Tl elementinin Fe, Ni, Se ve Ag elementleriyle zayıf; Mg, Mn, Co, Cu, Zn, Sb ve Mo elementleriyle orta; B, Al, Ca, V, Cr, Cd, Na, K, Ba ve Si elementleriyle yüksek; Pb elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Tl elementiyle Be ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Na elementinin Mo elementiyle zayıf; Fe, Co ve Se elementleriyle orta; B, Ca, Cr, Mn, Cu, Cd, Pb, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Mg, Al, V, Zn, Sr, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Na elementinin Be elementi ile yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Na elementiyle Ni, As, Ag ve Sb elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• K elementinin Sb elementiyle zayıf; Co, Se ve Mo elementleriyle orta; B, Ca, Mn, Fe, Cu, Sr, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Mg, Al, V, Cr, Zn, Cd, Pb, Na ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. K elementiyle Be, Ni, As ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Ba elementinin Sb ve Mo elementleriyle zayıf; Fe, Co ve Se elementleriyle orta; Ca, Cr, Mn, Cu, Tl ve Si elementleriyle yüksek; B, Mg, Al, V, Zn, Sr, Cd, Pb, Na ve K elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ba elementinin Be elementi ile yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Ba elementiyle Ni, As ve Ag elementi arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Sb elementinin Al, V, Cr, Mn, Se, Pb, K, Ba ve Si elementleriyle zayıf; Ni, Cd ve Tl elementleriyle orta; Be, Ag ve Mo elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Sb elementinin Mg elementi ile düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Sb elementiyle B, Ca, Fe, Co, Cu, Zn, As, Sr ve Na elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Mo elementinin Al, Zn, Se, Na, Ba ve Si elementleriyle zayıf; Be, V, Cr, Mn, Ni, Cd, Pb, Ag, Tl ve K elementleriyle orta; Sr ve Sb elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Mo elementiyle B, Mg, Ca, Fe, Co, Cu ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Si elementinin Sb ve Mo elementleriyle zayıf; B, Mg, Co, Cu ve Sr elementleriyle orta; Al, Ca, V, Fe, Zn, Cd, Pb, Tl, Na, K ve Ba elementleriyle yüksek; Cr ve Mn elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Si elementiyle Be, Ni, As, Se ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

PM10 ve bileşimindeki elementlerin korelasyon analizi ile r ve p değerleri tablo 38’de gösterilmiştir.

Tablo 38. PM10 ve bileşimindeki elementlerin korelasyon analizi

	PM10	Be	B	Mg	Al	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Cd	Pb	Ag	Tl	Na	K	Ba	Sb	Mo	Si
PM10																	0,406								0,444		
Be			-0,754	-0,758	-0,704	-0,409						0,822	-0,4	-0,584						0,8		-0,735		-0,755	0,728	0,646	
B		-0,754		0,901	0,935	0,839	0,775	0,656	0,534	0,418	0,362		0,611	0,746		0,47	0,71	0,771	0,861		0,733	0,868	0,828	0,979			0,57
Mg		-0,758	0,901		0,957	0,831	0,891	0,69	0,522	0,567	0,614		0,868	0,905			0,886	0,796	0,85	-0,394	0,589	0,931	0,912	0,964	-0,379		0,53
Al		-0,704	0,935	0,957		0,868	0,964	0,906	0,801	0,607	0,696		0,897	0,949		0,604	0,941	0,891	0,935		0,812	0,968	0,985	0,97	0,323	0,49	0,804
Ca		-0,409	0,839	0,831	0,868		0,878	0,802	0,749	0,689	0,548		0,674	0,832		0,59	0,783	0,823	0,85		0,74	0,841	0,841	0,871			0,776
V			0,775	0,891	0,964	0,878		0,919	0,869	0,681	0,648		0,851	0,906		0,597	0,892	0,935	0,924		0,802	0,925	0,948	0,915	0,455	0,555	0,857
Cr			0,656	0,69	0,906	0,802	0,919		0,898	0,784	0,74		0,72	0,806		0,654	0,702	0,877	0,894		0,822	0,847	0,912	0,852	0,486	0,567	0,926
Mn			0,534	0,522	0,801	0,749	0,869	0,898		0,774	0,637		0,657	0,747	0,629	0,607	0,694	0,785	0,761		0,657	0,753	0,8	0,744	0,387	0,536	0,902
Fe			0,418	0,567	0,607	0,689	0,681	0,784	0,774		0,536		0,538	0,669		0,599		0,621	0,58		0,394	0,678	0,722	0,642			0,855
Co			0,362	0,614	0,696	0,548	0,648	0,74	0,637	0,536			0,614	0,497		0,045		0,561	0,527	-0,354	0,521	0,593	0,552	0,574			0,626
Ni		0,822								-0,004						-0,499				0,581	0,338				0,558	0,555	
Cu		-0,4	0,611	0,868	0,897	0,674	0,851	0,72	0,657	0,538	0,614			0,843		0,177	0,467	0,778	0,716		0,639	0,827	0,732	0,819			0,64
Zn		-0,584	0,746	0,905	0,949	0,832	0,906	0,806	0,747	0,669	0,497		0,843			0,591	0,927	0,83	0,81		0,631	0,97	0,938	0,958		0,413	0,746
As									0,629								0,622										-0,258
Se			0,47		0,604	0,59	0,597	0,654	0,607	0,599		-0,499		0,591				0,688	0,597		0,449	0,663	0,646	0,568	0,32	0,458	0,699
Sr	0,406		0,71	0,886	0,941	0,783	0,892	0,702	0,694				0,467	0,927	0,622			0,857	0,837	0,805	0,634	0,934	0,886	0,96	0,692	0,779	0,547
Cd			0,771	0,796	0,891	0,823	0,935	0,877	0,785	0,621	0,561		0,778	0,83		0,688	0,857		0,94		0,88	0,879	0,916	0,903	0,522	0,589	0,812
Pb			0,861	0,85	0,935	0,85	0,924	0,894	0,761	0,58	0,527		0,716	0,81		0,597	0,837	0,94			0,926	0,883	0,93	0,934	0,477	0,564	0,782
Ag		0,8		-0,394							-0,354	0,581					0,805				0,3				0,727	0,681	
Tl			0,733	0,589	0,812	0,74	0,802	0,822	0,657	0,394	0,521	0,338	0,639	0,631		0,449	0,634	0,88	0,926	0,3		0,726	0,78	0,806	0,65	0,562	0,721
Na		-0,735	0,868	0,931	0,968	0,841	0,925	0,847	0,753	0,678	0,593		0,827	0,97		0,663	0,934	0,879	0,883		0,726		0,983	0,988		0,468	0,776
K			0,828	0,912	0,985	0,841	0,948	0,912	0,8	0,722	0,552		0,732	0,938		0,646	0,886	0,916	0,93		0,78	0,983		0,981	0,412	0,592	0,832
Ba		-0,755	0,979	0,964	0,97	0,871	0,915	0,852	0,744	0,642	0,574		0,819	0,958		0,568	0,96	0,903	0,934		0,806	0,988	0,981		0,315	0,424	0,731
Sb	0,444	0,728		-0,379	0,323		0,455	0,486	0,387			0,558				0,32	0,692	0,522	0,477	0,727	0,65		0,412	0,315		0,84	0,397
Mo		0,646			0,492		0,555	0,567	0,536			0,555		0,413		0,458	0,779	0,589	0,564	0,681	0,562	0,468	0,592	0,424	0,84		0,482
Si			0,57	0,53	0,804	0,776	0,857	0,926	0,902	0,855	0,626		0,64	0,746		0,699	0,547	0,812	0,782		0,721	0,776	0,832	0,731	0,397	0,482	

r=0,00-0,25 ■ r=0,26-0,49 ■ r=0,50-0,69 ■ r=0,70-0,89 ■ r=0,90-1,00 ■ r= (-0,00)-(-0,25) ■ r=(-0,26)-(-0,49) ■ r=(-0,50)-(-0,69) ■ r=(-0,70)-(-0,89) ■ r=(-0,90)-(-1,00) ■

p<0,05

PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin ortalamaları arasındaki var olan ilişki istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin ortalamalarının normal dağılıma uyup uymadığını bulmak için Kolmogorov-Smirnov testi yapılmış ve normal dağılıma uymadıkları görülmüştür. Normal dağılıma uymayan verilerimiz arasındaki ilişkiyi bulmak için Sperman testi yapılmıştır. Sperman testi sonuçları göre korelasyon tablosu oluşturulmuş ve tablo 39’da sunulmuştur. Bu verilere göre;

- PM2.5 ve ölçüm yapılan 26 elementten, Cr, Mn, Cu, Se, Tl, K, Sb, Mo ve Si ile zayıf; Sr ve Pb ile orta ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur.

- Be elementinin Tl ve Si elementleriyle hafif; Mn, Si ve Sb elementiyle orta; Se ve Mo elementleriyle yüksek; Ag elementiyle çok yüksek ve anlamlı bir pozitif korelasyon bulunmuştur. Be elementi Al, Co ve Na elementleriyle zayıf; Al ve Ba elementleriyle ile orta ve anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur. Be elementiyle B, Mg, V, Cr, Fe, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Pb ve K elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- B elementinin Mn, Se, Sb ve Mo elementleriyle zayıf; Ca, Fe, Cu, Zn, Sr, Cd, Pb, Tl ve Si elementleriyle orta; V, Cr, Co, As ve K elementleriyle yüksek; Mg, Al, Na ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. B elementiyle Be, Ni ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Mg elementinin Cd, Pb ve Tl elementleriyle hafif; Ca, Fe ve Co elementleriyle orta; V, Cr, Zn ve Sr elementleriyle yüksek; B, Al, Cu, Na ve K elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Mg elementinin Se elementiyle yüksek ve anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur. Mg elementiyle Be, Mn, Ni, Ag, Sb, Mo ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Al elementinin Mn elementiyle zayıf; Fe, Cd, Pb, Tl ve Si elementleriyle orta; Ca, V, Cr ve Co elementleriyle yüksek; B, Mg, Cu, Zn, As, Sr, Na ve K elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Al elementiyle Be elementiyle düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Al elementiyle Ni, Se, Sb ve Mo elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Ca elementinin B, Mg, V, Cr, Fe, Co, Cu ve K elementleriyle orta; Al, Zn ve Na elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ca elementinin Be ve Mo elementleriyle orta; Se, Ag ve Sb elementleriyle yüksek ve anlamlı negatif korelasyon

bulunmuştur. Ca elementiyle Mn, Ni, Sr, Cd, Pb, Tl ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- V elementinin Ni ve Sb elementiyle zayıf; Ca, Mn, Co, Cu, Se, Cd ve Mo elementleriyle orta; B, Mg, Al, Fe, Zn, As, Sr, Pb, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Cr, Na, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. V elementiyle Be ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Cr elementinin Sb elementiyle zayıf; Ca, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Cd ve Mo elementleriyle orta; B, Mg, Al, Fe, Sr, Pb, Tl, Na ve Si elementleriyle yüksek; V, K ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Cr elementiyle Be ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Mn elementinin B, Al, Fe, Co, Cu ve Na elementiyle düşük; Be, V, Cr, Se, Cd, Ag, K, Sb, Si elementleriyle orta; Ni, Sr, Pb, Tl, Ba ve Mo elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Mn elementiyle Mg, Ca, Zn ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Fe elementinin Mn, Se ve Tl elementleriyle zayıf; B, Mg, Al, Ca, Zn, Sr, Pb ve Na elementleriyle orta; V, Cr, K ve Si elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Fe elementiyle Be, Co, Ni, Cu, As, Cd, Ag, Ba, Sb ve Mo elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Co elementinin Mn, Cu, Se, Pb, Tl ve Sb elementleriyle zayıf; Mg, Ca, V, Cr, Cd, K ve Si elementleriyle orta; B, Al ve Na elementleriyle yüksek; Ba elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Co elementinin Be elementiyle düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Co elementiyle Fe, Ni, Zn, As, Sr, Ag ve Mo elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Ni elementinin V, Cu, Cd, K ve Si elementiyle zayıf; Be, Cr, Se, Sr, Pb, Ag, Tl, Ba, Sb, ve Mo elementleriyle orta; Mn elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ni elementiyle B, Mg, Al, Ca, Fe, Co, Zn, As ve Na elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

- Cu elementinin Mn, Co, Ni ve Cd elementiyle zayıf; B, Ca, V, Cr, Zn, Se, Sr, Pb, K, Ba ve Mo elementleriyle orta; Tl ve Si elementleriyle yüksek; Mg, Al ve Na elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Cu elementiyle Be, Fe, As, Ag ve Sb elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Zn elementinin B, Cr, Fe, Cu ve Sr elementleriyle orta; Mg, Ca, V ve K elementleriyle yüksek; Al ve Na elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Zn elementinin Se ve Ag elementi ile düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Zn elementiyle Be, Mn, Co, Ni, As, Cd, Pb, Tl, Ba, Mo ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• As elementinin Ba ve Mo elementleriyle orta; B ve V elementleriyle yüksek; Al elementi ile çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. As elementiyle Be, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Sr, Cd, Pb, Ag, Tl, K, Sb ve Si elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Se elementinin B, Fe, Co, Cd ve Na elementleriyle zayıf; V, Cr, Mn, Ni Cu, Sr, Pb, Tl ve K elementleriyle orta; Be, Ag ve Ba elementleriyle yüksek; Sb, Mo ve Si elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Se elementinin Zn elementi ile zayıf; Mg ve Ca elementleriyle yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Se elementiyle Al ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Sr elementinin B, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Cd, Ag, Tl, Sb, Mo ve Si elementleriyle orta; Mg, V, Cr, Mn, Pb ve K elementleriyle yüksek; Al ve Na elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Sr elementiyle Be, Ca, Co, As ve Ba elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Cd elementinin Mg, Ni, Cu, Se ve Ag elementleriyle zayıf; B, Al, V, Cr, Mn, Co, Sr, Pb, K, Ba, Sb, Mo ve Si elementleriyle orta; Tl ve Na elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Cd elementiyle Be, Ca, Fe, Zn ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Pb elementinin Mg, Co, Ag ve Sb elementleriyle zayıf; B, Al, Fe, Ni, Cu, Se, Cd, Na, Mo, Si elementleriyle orta; V, Cr, Mn, Sr, Tl, K ve Ba elementiyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Pb elementiyle Be, Ca, Zn ve As elementi arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Ag elementinin Cd, Pb, Tl ve Si elementleriyle zayıf; Mn, Ni ve Sr elementleriyle orta; Se, Ba, Sb ve Mo elementleriyle yüksek; Be elementiyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ag elementinin Zn elementi ile zayıf; Ca elementi ile yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Ag elementiyle B, Mg, Al, V, Cr, Fe, Co, Cu, As, Na ve K elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Tl elementinin Be, Mg, Fe, Co ve Ag elementleriyle zayıf; B, Al, Ni, Se, Sr, Na, Ba ve Sb elementleriyle orta; V, Cr, Mn, Cu, Cd, Pb elementleriyle yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Tl elementiyle Ca, Zn ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Na elementinin Mn, Se ve Mo elementleriyle zayıf; Fe, Pb, Tl ve Si elementleriyle orta; Ca, Cr, Co ve Cd elementleriyle yüksek; B, Mg, Al, V, Cu, Zn, Sr ve K elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Na elementinin Be elementi ile düşük ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Na elementiyle Ni, Ag ve Sb elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• K elementinin Ni, Se ve Sb elementiyle zayıf; Ca, Mn, Co, Cu, Cd ve Mo elementleriyle orta; B, Fe, Zn, Sr, Pb, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Mg, Al, V, Cr, Na ve Ba elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. K elementiyle Be, As ve Ag elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Ba elementinin Ni, Cu, As, Cd ve Tl elementleriyle orta; Mn, Se, Pb, Ag, Sb ve Si elementleriyle yüksek; B, V, Cr, Co, K ve Mo elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Ba elementinin Be elementi ile orta ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Ba elementiyle Fe, Zn ve Sr elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Sb elementinin B, V, Cr, Co, Pb, K ve Si elementleriyle zayıf; Be, Mn, Ni, Sr, Cd ve Tl elementleriyle orta; Ag ve Ba elementleriyle yüksek; Se ve Mo elementleriyle çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Sb elementinin Zn elementi ile orta; Ca elementi ile yüksek ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Sb elementiyle Mg, Al, Fe, Cu, As ve Na elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Mo elementinin B ve Na elementleriyle zayıf; V, Cr, Ni, Cu, As, Sr, Cd, Pb ve K elementleriyle orta; Be, Mn, Ag, Tl ve Si elementleriyle yüksek; Se, Ba ve Sb çok yüksek anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Mo elementinin Ca elementi ile orta ve anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Mo elementiyle B, Mg, Ca, Fe, Co, Cu ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

• Si elementinin Be, Ni, Ag ve Sb elementleriyle zayıf; B, Al, Mn, Co, Sr, Cd, Pb ve Na elementleriyle orta; V, Cr, Fe, Cu, Tl, K, Ba, Sb ve Mo elementleriyle yüksek; Sb elementiyle

çok yüksek ve anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Si elementiyle Mg, Ca, Zn ve As elementleri arasında anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır.

PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin korelasyon analizi ile r ve p değerleri tablo 39'da gösterilmiştir.



Tablo 39. PM2.5 ve bileşimindeki elementlerin korelasyon analizi

	PM2.5	Be	B	Mg	Al	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Cd	Pb	Ag	Tl	Na	K	Ba	Sb	Mo	Si
PM2.5							0,435	0,469	0,347				0,377			0,446	0,535		0,641		0,347		0,413		0,394	0,328	0,373
Be					-0,391	-0,526			0,668		-0,413	0,55				0,858				0,901	0,429	-0,376		-0,678	0,692	0,798	0,434
B				0,906	0,956	0,679	0,898	0,8	0,444	0,605	0,702		0,544	0,663	0,733	0,404	0,662	0,661	0,658		0,597	0,982	0,872	0,932	0,35	0,46	0,598
Mg			0,906		0,952	0,697	0,838	0,752		0,622	0,604		0,928	0,88		-0,74	0,767	0,487	0,416		0,384	0,939	0,988				
Al		-0,391	0,956	0,952		0,83	0,89	0,82	0,367	0,681	0,746		0,963	0,912	1,00		0,905	0,639	0,635		0,571	0,981	0,964				0,571
Ca		-0,526	0,679	0,697	0,83		0,539	0,597		0,695	0,585		0,602	0,842		-0,814				-0,715		0,813	0,643		-0,752	-0,617	
V	0,435		0,898	0,838	0,89	0,539		0,901	0,574	0,757	0,597	0,403	0,634	0,729	0,715	0,582	0,873	0,695	0,814		0,768	0,93	0,946	0,911	0,422	0,635	0,788
Cr	0,469		0,8	0,752	0,82	0,597	0,901		0,679	0,87	0,648	0,521	0,578	0,572		0,602	0,738	0,607	0,844		0,723	0,824	0,919	0,908	0,393	0,59	0,879
Mn	0,347	0,668	0,444		0,367		0,574	0,679		0,405	0,302	0,843	0,375			0,62	0,742	0,562	0,726	0,686	0,706	0,435	0,656	0,704	0,613	0,701	0,568
Fe			0,605	0,622	0,681	0,695	0,757	0,87	0,405					0,673		0,407	0,509		0,518		0,343	0,668	0,762				0,786
Co		-0,413	0,702	0,604	0,746	0,585	0,597	0,648	0,302				0,437			0,437		0,626	0,376		0,448	0,791	0,562	0,919	0,401		0,523
Ni		0,55					0,403	0,521	0,843				0,33			0,587	0,671	0,38	0,52	0,695	0,556		0,479	0,55	0,545	0,647	0,443
Cu	0,377		0,544	0,928	0,963	0,602	0,634	0,578	0,375		0,437	0,33		0,697		0,514	0,664	0,396	0,608		0,733	0,943	0,655	0,64		0,579	0,712
Zn			0,663	0,88	0,912	0,842	0,729	0,572		0,673			0,697			-0,436	0,694			-0,375		0,952	0,801		-0,534		
As			0,733		1,00		0,715																	0,519		0,613	
Se	0,446	0,858	0,404	-0,74		-0,814	0,582	0,602	0,62	0,407	0,437	0,587	0,514	-0,436			0,552	0,471	0,568	0,897	0,681	0,436	0,498	0,747	0,926	0,953	0,901
Sr	0,535		0,662	0,767	0,905		0,873	0,738	0,742	0,509		0,671	0,664	0,694		0,552		0,541	0,858	0,683	0,692	0,971	0,843		0,564	0,682	0,516
Cd			0,661	0,487	0,639		0,695	0,607	0,562		0,626	0,38	0,396			0,471	0,541		0,646	0,42	0,713	0,744	0,672	0,641	0,624	0,52	0,515
Pb	0,641		0,658	0,416	0,635		0,814	0,844	0,726	0,518	0,376	0,52	0,608			0,568	0,858	0,646		0,369	0,813	0,684	0,831	0,708	0,484	0,686	0,69
Ag		0,901				-0,715			0,686			0,695		-0,375		0,897	0,683	0,42	0,369		0,482			0,709	0,794	0,806	0,333
Tl	0,347	0,429	0,597	0,384	0,571		0,768	0,723	0,706	0,343	0,448	0,556	0,733			0,681	0,692	0,713	0,813	0,482		0,676	0,731	0,684	0,629	0,761	0,773
Na		-0,376	0,982	0,939	0,981	0,813	0,93	0,824	0,435	0,668	0,791		0,943	0,952		0,436	0,971	0,744	0,684		0,676		0,961			0,401	0,668
K	0,413		0,872	0,988	0,964	0,643	0,946	0,919	0,656	0,762	0,562	0,479	0,655	0,801		0,498	0,843	0,672	0,831		0,731	0,961		0,94	0,394	0,608	0,763
Ba		-0,678	0,932				0,911	0,908	0,704		0,919	0,55	0,64		0,519	0,747		0,641	0,708	0,709	0,684		0,94		0,704	0,913	0,878
Sb	0,394	0,692	0,35			-0,752	0,422	0,393	0,613		0,401	0,545		-0,534		0,926	0,564	0,624	0,484	0,794	0,629		0,394	0,704		0,936	0,499
Mo	0,328	0,798	0,46			-0,617	0,635	0,59	0,701			0,647	0,579		0,613	0,953	0,682	0,52	0,686	0,806	0,761	0,401	0,608	0,913	0,936		0,719
Si	0,373	0,434	0,598		0,571		0,788	0,879	0,568	0,786	0,523	0,443	0,712			0,901	0,516	0,515	0,69	0,333	0,773	0,668	0,763	0,878	0,499	0,719	

r=0,00-0,25 r=0,26-0,49 r=0,50-0,69 r=0,70-0,89 r=0,90-1,00 r = (-0,00)-(-0,25) r=(-0,26)-(-0,49) r=(-0,50)-(-0,69) r=(-0,70)-(-0,89) r=(-0,90)-(-1,00)

p<0.05

TARTIŞMA

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre tüm H_0 hipotezleri reddedilmiştir. Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM10 yıllık ortalaması $55,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM10 yıllık ortalaması ise $50,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM10 sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, ülkemizde 2018 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ve 2019 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir. Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması $40,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması ise $31,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM2.5 sınır değeri olan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM10 sınır değeri olan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir.

Keşan ilçesi için Ulusal hava Kalitesi İzleme ağındaki 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait PM10 verilerine bakıldığında; yıllara göre PM10 ortalaması sırasıyla $80,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $69,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $71,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. 2017 yılında Keşan'da PM10 düzeyi yaz döneminde ortalama $56,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, kış döneminde ortalaması $88,405 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Keşan ilçesi için Ulusal hava Kalitesi İzleme Ağı'ndaki 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait PM2.5 verilerine bakıldığında; yıllara göre PM2.5 ortalaması sırasıyla $62,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $64,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $66,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. 2017 yılında Keşan'da PM2.5 düzeyi yaz döneminde ortalama $47,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, kış döneminde ortalaması $79,495 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

Keşan'da 2017 yılı PM10 kirliliği açısından Ülkemiz için kriterler dikkate alındığında; yaz döneminde toplam 2143 saat, kış döneminde ise toplam 3014 saat PM10 değerleri, sınır değerlerin üstündedir. PM10 sınır değeri; Ülkemiz kriterlerine göre yazın 170, kışın ise 181 gün (ölçüm yapılan tüm günlerde) en az bir kez PM10 sınır değer aşımı olmuştur. 24 saatlik

ortalama PM10 değeri; Ülkemiz kriterleri dikkate alındığında yaz döneminde toplam 70 gün, kış döneminde ise toplam 113 gün PM10 sınırları aşılmıştır.

Temiz Hava Hakkı Platformu'nun hava kirliliği ve sağlık etkileri raporunda Türkiye nüfusunun %30'unu oluşturan 3 ilde ilçe bazında 2019 yılı PM10 için hava kalitesinin durumu incelenmiştir. Bu 3 ilin en yüksek PM10 değerine sahip 3 ilçe; Ankara için Sıhhiye 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Kayaş 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Bahçelievler 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; İstanbul için Sultangazi 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Kağıthane 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Alibeyköy 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; İzmir için Bayraklı 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Bornova 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Güzelyalı 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Edirne Keşan ilçesi için ise 2019 yılı PM10 değeri 50,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Keşan ilçesi için elde edilmiş olan bizim bulduğumuz bu değer; Ankara ve İzmir'in ilçelerindeki PM10 değerlerinden daha yüksek, İstanbul'un ilçelerinden ise daha düşük olarak bulunmuştur. Ayrıca Keşan ilçesi için bulduğumuz ortalama yıllık PM10 değeri DSÖ'nün ortalama yıllık PM10 üst limit değeri olan 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün oldukça üzerindedir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında Keşan halkının ciddi bir hava kirliliğine maruz kaldığı görülmektedir (92).

Keşan ilçesinde 2019 yılında 356 günde toplam 8567 saat PM10 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 2713 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 31,6'sı) ülkemiz, DSÖ ve AB sınır değerleri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan yaklaşık her üç saatin birinde sınır değerlerin üzerinde PM10 kirliliğine maruz kalmaktadır. Yine 2019 yılında 355 günde toplam 8552 saat PM2.5 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 3460 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 40,4'ü) DSÖ ve AB PM2.5 sınır değerleri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan yaklaşık her 2.5 saatin birinde sınır değerlerin üzerinde PM2.5 kirliliğine maruz kalmaktadır.

2019 yılında ölçüm yapılan 294 günde (ölçüm yapılan toplam günlerin % 82,5'i) PM10 değerleri ülkemiz, DSÖ ve AB sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. 2019 yılında ölçüm yapılan 274 günde (ölçüm yapılan toplam günün % 77,1'i) PM2.5 değerleri DSÖ ve AB sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan günlerin hemen tümünde en az bir kez PM10 ve PM2.5 kirliliğine maruz kalmıştır.

2019 yılında günlük ortalama PM10 değerlerine bakıldığında, ölçüm yapılan 128 gün (ölçüm yapılan toplam günün % 35,9'u) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerinde olduğu görülmektedir. Ülkemiz Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ve AB hava kalitesi direktifine göre PM10 günlük sınır değeri olan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yılda 35 kereden fazla aşılmamalıdır. Çalışmamızda bu değer 128 kez aşılmış olup AB hava kalitesi direktifine göre belirlenen değerden yaklaşık 3,6 kat daha fazladır (116).

Li ve ark. 2015 yılına kadar elektronik veri tabanları kullanılarak kısa süreli PM2.5 maruziyeti ile KOAH hastaneye yatış ve mortalite arasındaki ilişkiyi incelemek için metaanaliz çalışması yapmıştır. PM2.5'teki günlük 10 µg/m³'lik bir artış (0-7. Günler), KOAH'da hastaneye yatışlarda % 3,1 (% 95 GA=1,6-4,6) ve KOAH mortalitesinde % 2,5 (% 95 GA=1,5-3,5) artışla ilişkilendirilmiştir (140).

Özcan ve ark.'nın 2007 ile 2010 yılları arasında İzmir'in altı ilçesinde (Konak, Bornova, Buca, Karşıyaka, Çiğli ve Balçova), astım vaka sayısı ile PM arasında anlamlı ilişki tespit etmişlerdir (t=3.524, p<0.05) (141).

Pun ve ark. 2000 ile 2008 yılları arasında ABD'de yaşayan 65-120 yaş arası 18,9 milyon Medicare kullanıcısından (4,2 milyon ölüm) oluşan bir kohortta, kronik PM2.5 maruziyeti ile nedene özel ölüm hızı arasındaki ilişkiyi incelemiş ve kronik PM2.5 maruziyeti ile tüm nedenlere özel ölüm hızı RR=1.459 (%95 GA:1.439-1.48), tüm kardiyovasküler hastalıklarda RR=2.106 (%95 GA:2.061-2.153), iskemik kalp hastalığında RR=2.407 (%95 GA:2.337-2.479), serebrovasküler hastalık RR=2.353 (%95 GA 2.229-2.484), konjestif kalp yetmezliğinde RR=1.794 (%95 GA:1.648-1.954), tüm solunum hastalıklarında 1.624 (%95 GA:1.558-1.963), KOAH RR=1.067 (%95 GA:1.007-1.13), pnömonide RR=3.157 (%95 GA:2.934-3.3397), tüm kanserler RR=1.238 (%95 GA:1.201-1.276), akciğer kanserinde RR=1.33 (%95 GA:1.253-1.411) kat artışla ilişkilendirilmiştir. 12 aylık ort. PM2.5 konsantrasyonunda 10 µg/m³ artış, tüm nedene özel ölümlerde RR=1.206 (%95 GA:1.197-1.214), tüm kardiyovasküler hastalıklarda RR=1.475 (%95 GA:1.459-1.492), iskemik kalp hastalığında RR=1.639 (1.615-1.663), serebrovasküler hastalıkta RR=1.729 (%95 GA:1.683-1.777), konjestif kalp yetmezliğinde RR=1.114 (%95 GA:1.066-1.163), tüm solunum hastalıklarında RR=1.248 (1.222-1.274), KOAH'ta 1.174 (%95 GA:1.139-1.209), pnömonide RR=1.445 (1.394-1.498), tüm kanserlerde RR=1.107 (%95 GA:1.091-1.124), akciğer kanserinde RR=1.149 (%95 GA:1.116-1.183) kat artışla ilişkilendirilmiştir (142).

Altunok'un 2015-2017 yılları arasında Trakya'da PM kirliliği ve mortalite ilişkisinin değerlendirdiği çalışmasında, Edirne merkez ilçede, Keşan'da, Kırklareli'nde, Lüleburgaz'da, Tekirdağ Merkez Süleymanpaşa ilçesinde ve Çerkezköy'de 2015-2017 arasında, yıllık PM10 ortalamaları, DSÖ'nün yıllık PM10 ortalaması üst limiti olan 20 µg/m³'ün en az 2 katı değerde hesaplamıştır. AIR Q+ programı ile il geneli için yaptığı hesaplamalarda; 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla; Edirne'de 655 (%19,45), 518 (% 16,06) ve 544 (%16,15); Kırklareli'nde 333 (% 11,79), 392 (% 14,83) ve 363 (% 12,98); Tekirdağ'da ise 870 (%18,38), 995 (% 20,37)

ve 831 (% 16,75); 30 yaş üstü kişi PM2.5 kirliliğe atfedilebilecek nedenlerden dolayı hayatını kaybettiğini bildirmiştir. Çalışmamızda da DSÖ ve AB limit değerleri dikkate alındığında PM10 ve PM2.5 kaynaklı kirliliğin boyutu görülmektedir (143).

Keşan İlçesinde, 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında PM10 ortalaması kış döneminde $65,55 \pm 54,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve yaz döneminde $39,78 \pm 19,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi kış dönemi ortalaması yaz dönemi ortalamasına göre 1,6 kat artmıştır ($p < 0,001$). Keşan ilçesinde 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında PM2.5 ortalaması; kış döneminde $49,91 \pm 46,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve yaz döneminde $20,53 \pm 10,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi kış dönemi ortalaması yaz dönemi ortalamasına göre 2,45 kat artmıştır ($p < 0,001$).

Yorulmaz ve ark.'nın 2015-2016'da yaptığı çalışmada Edirne Keşan'da kış dönemi PM10 düzeyi dönemde ortalama $102,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hesaplanmış, AB ve DSÖ'ye göre toplam 3049 saat sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. Ülkemiz kriterlerimize göre toplam 152 gün, AB ve DSÖ kriterlerine göre toplam 174 gün (ölçüm yapılan günlerin tamamı) en az bir aşım yaşanmıştır. 24 saatlik ortalamalara göre; ülkemiz sınırı 74 gün, AB ve DSÖ sınırı toplam 146 gün aştığı tespit edilmiştir (144).

Eskiocak ve ark.'nın 1 Ekim 2015-31 Mart 2016 kış dönemi yaptığı bir çalışmada Kırklareli Merkez ilçede PM10 kirliliği açısından değerlendirildiğinde, bu dönemde DSÖ ve AB sınırının üstünde toplam 2877 saat (% 68,4) ölçüm olduğu görülmüştür. Toplam ölçülen 177 günün 176'sında (% 99,4) en az bir saat aşım yaşandığı görülmüştür. Ölçüm yapılan günlerin 143'ünde (% 80,8) günlük ortalama limitin DSÖ ve AB sınırlarını aştığı tespit edilmiştir. Ülkemizin sınır değerinin toplam 1134 saat aşıldığı görülmüştür. En az bir kez aşım yaşanan gün sayısı 144, 24 saatlik ortalamayı aşan gün sayısı 63 gün olduğu tespit edilmiştir (145).

Özşahin ve ark. 2013-2015 yılları arasında Edirne Keşan ilçesinde hava kirliliğinin doğal ve beşeri coğrafya faktörleri ile ilişkisini inceleyen araştırmada, ölçümü yapılan PM10'nun yıllık ortalamaları sırasıyla 2013 yılı $84,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2014 yılı $84,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2015 yılı $80,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve incelenen dönemin ort. $83,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Hava kirliliği ölçüm sonuçlarına göre Keşan'da kirletici konsantrasyonunun yoğunluğu en fazla, etkili yanma dönemine karşılık gelen kış mevsiminde PM10'nun ort. $103,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Ayrıca ilçede çalışma döneminde ort. SO_2 'nin $237,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerinin çok üzerinde olduğunu, havanın temel kirleticisinin de kalitesiz yakıt kullanılan ısınma sistemlerinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Ayrıca ilçenin iklimik, bilhassa da topografik özellikler açısından hava kirlenmesine elverişli ortam koşulları

bulunduğu saptanmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasındaki temel faktör ise Keşan şehrinin hâkim rüzgâr yönüne kapalı, çanak şeklindeki bir alanda bulunmasıdır (128).

Bozkurt'un 2017 yılında Edirne-Keşan, İstanbul-Silivri, İstanbul-Ümraniye, Kocaeli-Kandıra, Tekirdağ-Çerkezköy ve Yalova-Armutlu istasyonlarında ölçülen PM10 ve PM2.5 kütle konsantrasyonlarının mevsimsel ve günlük değişimleri incelediği çalışmasında Keşan ilçesinde kış aylarında yaz aylarına göre diğer istasyonlara daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. İncelediği ilçeler arasında PM2.5/PM10 oranı (0,79) en yüksek Keşan istasyonudur. Ortalama PM2.5/PM10 oranları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında Keşan istasyonu için kış mevsiminde PM2.5/PM10 (0,86) oranı ile en yüksek belirlenmiştir ve yüksek seviyelerde antropojenik kaynak katkısını gösteren değerler hesaplanmıştır. PM10 ve PM2.5 konsantrasyonlarının birbirleri ile ilişkisi Spearman korelasyon analizi yapılarak değerlendirilmiş, kuvvetli korelasyon saptanmıştır ($r=0.9$, $p<0,01$) (146). Bizim çalışmamızda 2019 yılı için Keşan ilçesinde ort. PM2.5/PM10 oranı (0,63), ort. PM2.5/PM10 oranları mevsimsel olarak karşılaştırıldığında kış mevsiminde PM2.5/PM10 oranı (0,76) olarak hesaplanmıştır. PM2.5'in PM10 oranlarının yüksek olması ısınma kaynağının etkisi ile ince partiküllerin kaba partiküllere oranla daha fazla oluşması ve kaba partiküllerin çökme hızının ince partiküllere göre daha yüksek olması ile muhtemel bağlantılıdır. Bu oranın 0,5'in üzerinde olması kirlenmeye PM2.5'in katkısını, altında olması ise PM10'un katkısını göstermektedir. PM2.5/PM10 oranlarının kış mevsiminde artması PM2.5 boyutundaki partiküllere kış mevsiminde etki eden antropojenik katkılardan kaynaklanabilirken, yaz aylarında gözlenen azalma kaba partiküllerin bu aylarda atmosferde daha çok bulunması ile muhtemel bağlantılıdır. Ayrıca 2017 yılına kıyasla 2019 yılında PM2.5/PM10 oranının düşmesi, ilçenin kentsel ısınma için doğalgaz sistemine geçmesiyle muhtemel ilişkilidir.

Sari ve ark. 2017 yılında; Türkiye genelindeki SO₂ seviyelerindeki dağılımı incelediğinde, kömür yataklarının zengin olduğu Trakya ve Ege Bölgeleri ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde, özellikle soğuk mevsimlerde evsel ısınma için kömür kullanımı nedeniyle yüksek SO₂ seviyelerinin görüldüğünü tespit etmiştir. Türkiye'nin fiziksel özelliklerine bakıldığında rakım genellikle batıdan doğuya, kuzeyden de güneye doğru artmasına paralel biçimde PM10 değerleri batıda ort. $60,1\pm 20,5$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerindeyken, doğuda $72,3\pm 28,3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini bulmuştur. Rüzgar hızının yüksek olduğu Marmara ve Ege Bölgeleri'nde PM10 ve SO₂ (Edirne ve Manisa illeri hariç) konsantrasyonları düşük, rüzgar hızının düşük olduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde ise PM10 ve SO₂'nin yüksek değerler aldığını söylemiştir. Kirletici konsantrasyonları ile meteorolojik faktörlerin

haritalandırdığında, özellikle karışım yüksekliği, sıcaklık ve rüzgar hızlarının kirletici konsantrasyonlarının dağılımlarında etkili olduğunu açıklamıştır (147).

Kahraman tarafından 2010-2019 yılları arasında Nevşehir ilinde hava kalitesinin ve meteorolojik faktörlerin hava kirliliği üzerine etkisini incelediğinde; sonbahar ve kış döneminde, ısınma kaynaklı yakıtların artışıyla beraber PM10 ve SO₂ seviyesini yükseldiğini, ayrıca, motorlu taşıt kullanımındaki ve havanın soğumasıyla ile yakıt kullanımının artışına paralel olarak saat 18:00-19:00 civarlarında kirletici konsantrasyonunun en yüksek seviyede çıktığını tespit etmiştir. En yüksek PM10 değerlerinin ölçüldüğü tarihlerde bölgeye taşınan hava kütesinin kaynağı Afrika ve Orta Doğu bölgesi olarak açıklamıştır. Rüzgar hızının artması bölgede kirliliği dağıtmıştır. Alçak basınç koşullarının varlığı, çevre bölgelerden hava taşınımının olduğunu göstermesi sebebiyle, özellikle PM10 konsantrasyonunun düşen basınç değerleriyle arttığı sonucuna ulaşmıştır. PM10'un meteorolojik faktörlerle korelasyonları kapsamında, PM10-sıcaklık ilişkisi kış ve sonbahar mevsimlerinde ters yönde orta düzeyli; PM10-basınç ilişkisi kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ters yönde orta ve güçlü düzeyli; PM10-rüzgar hızı ilişkisi kış mevsiminde ters yönde; PM10-bağıl nem ilişkisi ise yalnızca yaz mevsiminde ters yönde orta düzeyli olarak bulmuştur (148).

Meteorolojik parametreler olan sıcaklık, bağıl nem, basınç, rüzgâr hızı ve yönü hava kirliliği üzerinde etkili faktörlerdir. Türkiye’de 2019 yılı için ort. rüzgar hızı için 1.9 m/sn, ort. bağıl nem %63.4 olarak hesaplanmıştır (149,150). Edirne Meteoroloji Müdürlüğünün verilerine göre 2019 yılı için Keşan ilçesinin ort. rüzgar hızı 2.9 m/sn, ort. bağıl nem %57.0 olarak hesaplanmıştır (129). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Edirne Keşan MTHM 2019 raporuna göre Keşan için hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur (130). Keşan’ın yapılaşmanın kent merkezinin kuzey ve kuzeydoğusuna doğru artmaya başlaması ve hava koridorlarını kapatacak şekilde yerleşmesi, rüzgarın bu etkisini azaltabilir. 2019 yılı ort. bağıl nemin % 57.0 olduğu Keşan’da, etkili yanma dönemi içindeki ort. bağıl nem miktarı, yılın diğer zamanlarına göre oldukça yüksektir. Buna göre, Keşan’da ort. sıcaklığın 12°C’nin altına düştüğü kış aylarında ort. bağıl nemin yüksek olması, hava kirliliğinin olumsuz etkisini arttırmaktadır.

Edirne ili 2019 yılı çevre durum raporunda il hava kalitesi ile ilgili yapılan değerlendirmelerde; hava kirliliğine neden olan en önemli kaynakların; %70 ısınma kaynaklı emisyonlar, %20 trafik kaynaklı emisyonlar, %10 sanayi kaynaklı emisyonlar olduğu belirlenmiştir. Keşan İlçe Belediyesi tarafından evsel ısınma kaynaklı kirliliğin önlenmesine yönelik alınan tedbirler; katı yakıt satıcılarının denetimi ve numuneler alınması, yakma

saatlerinin düzenlenmesi ve kontrolü, katı yakıt kriterlerinin belirlenmesi, binalarda ısı yalıtımına önem verilmesi, doğalgaz kullanımı ve yararlarının anlatılması ve alt yapısının oluşturulması olarak sayılmıştır. Trafik kaynaklı kirliliği önlenmesine yönelik; toplu taşıma araçları yaygınlaştırılması, araçların egzoz emisyon ölçümlerinin periyodik olarak yapılması, trafiğe çıkan araç konusunda yeni düzenlemelerin yapılması olarak sıralanmıştır. İlçede hava kirliliği için en uygun çözümün doğalgaz olduğu düşünülerek, ilçeye doğalgaz bağlantısı yapılmaya ve kullanılmaya başlanmıştır (151).

Çalışmamızın verilerine göre, Keşan ilçesinde PM10 ve PM2.5 kaynaklı hava kirliliği kış döneminde yaz dönemine göre anlamlı biçimde artmaktadır. Bu artışın muhtemel nedenlerine; kışın ısınma kaynaklı (yakıt türü, yakıt kalitesi, yakma sistemleri vb.) ve trafik kaynaklı (taşıt sayısının artması, yakıt kalitesi vb.) kirliliğin artmasıyla iklim koşullarının (sıcaklık, rüzgâr, nem vb.) değişmesi neden olarak gösterilebilir. Kış mevsiminde ısınma kaynaklı yakıt tüketimin ve trafik yoğunluğunun artışı PM10-PM2.5 seviyelerini yükseltir. Yaz aylarında trafik yoğunluğun kent nüfusun azalmasına bağlı olarak azalması nedeniyle PM10-PM2.5 daha düşük konsantrasyonlardadır. İklim elemanlarının hava kirliliğindeki etkisi yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu bağlamda PM10-PM2.5 kaynaklı hava kirliliğini önlemede kentsel yapılaşmanın, kentin rüzgar koridorunu engellemeyecek biçimde yapılması son derece önemlidir. Aksi takdirde zaten kirli olan hava kentin havalanmayan yerlerine çökerek halkın sağlığına daha fazla zarar verecektir.

Çalışmamızda Keşan ilçesinde 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri aralığında örneklem günlerinin PM10 ortalaması $50,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup minimum değer $17,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maksimum değer $200,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Çalışmamızın örneklem günlerinin PM10 ortalaması DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten %153 daha fazladır. PM10 için elementlerin örneklem tarihindeki ortalamasına bakıldığında en düşük ortalama $0,2357 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Be ait olup en yüksek ortalama $23429 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Al'a aittir. Yine örneklem günlerinde analiz sonucunda çıkan minimum element değeri $0,000417 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Tl, maksimum element değeri $80348,64 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Al olmuştur.

Çalışmamızda Keşan ilçesinde 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri aralığında örneklem tarihindeki PM2.5 için ortalaması $32,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup minimum değeri $10,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maksimum değeri $148,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Çalışmamızın örneklem günlerinin PM2.5 ortalaması DSÖ yıllık PM2.5 sınır değeri olan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten %226 daha fazladır. PM2.5 için elementlerin örneklem tarihindeki ortalamasına bakıldığında en düşük ortalama $0,205352 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Tl'a ait olup en yüksek ortalama $20640,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'le Al'a aittir. Yine örneklem günlerinde analiz

sonucunda çıkan minimum element değeri 0 ng/m³'le Cd ile Tl, maksimum element değeri 75642,13 ng/m³'le Al olmuştur.

PM 10 ile PM2.5 bileşimindeki elementlerin DSÖ Küresel Hava Kalitesi Yönergesine ve Ülkemizdeki Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği göre karşılaştırması yapılmıştır (91,116). Buna göre;

- DSÖ As için güvenli düzeyin olmadığı belirtmiş ve akciğer kanserlerine neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşiminde As bulunmuş olup ortalaması 0,36 ng/m³'tür. PM2.5 bileşiminde As bulunmuş olup ortalaması 0,41 ng/m³'tür. Mevcut bulduğumuz değerler, ülkemizde As için hedef değer olan 5 ng/m³'ün altındadır.

- DSÖ Cr için güvenli düzeyin olmadığı belirtmiş ve akciğer kanserlerine neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşiminde Cr bulunmuş olup ortalaması 3,64 ng/m³'tür. PM2.5 bileşiminde Cr bulunmuş olup ortalaması 2,86 ng/m³'tür.

- DSÖ Ni için güvenli düzeyin olmadığı belirtmiş olup akciğer ve nazal sinüs kanserlerine neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşiminde Ni bulunmuş olup ortalaması 6,14 ng/m³'tür. PM2.5 bileşiminde Ni bulunmuş olup ortalaması 9,42 ng/m³'tür. Mevcut bulduğumuz değerler, ülkemizde Ni için hedef değer olan 20 ng/m³'ün altındadır.

- DSÖ Cd için yıllık 5 ng/m³ sınır değerini belirlemiş olup akciğer kanserlerine neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşimindeki Cd ortalaması 0,39 ng/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır. PM2.5 bileşiminde Cd bulunmuş olup ortalaması 0,604 ng/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır. Mevcut bulduğumuz değerler, ülkemizde Cd için hedef değer olan 5 ng/m³'ün altındadır.

- DSÖ Pb için yıllık 0,5 µg/m³ sınır değerini belirlemiş olup erişkinlerde serbest eritrosit protoporfirin seviyeleri, bilişsel eksiklikler, işitme bozuklukları ve çocuklarda bozulmuş vitamin D metabolizması neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşimindeki Pb ortalaması 0,00758 µg/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır. PM2.5 bileşiminde Pb bulunmuş olup ortalaması 0,00402 µg/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır. Mevcut bulduğumuz değerler, ülkemizde Pb için hedef değer olan 0,5 µg/m³'ün altındadır.

- DSÖ Mn için yıllık 0,15 µg/m³ sınır değerini belirlemiş olup işçilerde nörotoksik etkilere ve çocuklarda gelişimsel etkilere neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda PM10 bileşimindeki Mn ortalaması 0,00406 µg/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır. PM2.5 bileşiminde Mn bulunmuş olup ortalaması 0,00265 µg/m³ olup DSÖ sınır değerinin altındadır.

Çalışmamız sonucu PM10 için bulunan değerler yapılan diğer ulusal çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Tablo 40). Çalışmamızın verileri geneli itibariyle tablo 40'da verilen ulusal çalışmalardan yüksektir. Bozkurt'un çalışmasında PM 10 (85.67 ng/m³), Cr (14.66 ng/m³), Mn (28.96 ng/m³), Fe (2470 ng/m³), Co (0.71 ng/m³), Ni (11.76 ng/m³), As (1.79 ng/m³), Cd (0.61 ng/m³), Pb (21.14 ng/m³), Sb (6.30 ng/m³), Mo (43.08 ng/m³); Süren'in çalışmasında PM10 (53.23 ng/m³), Cr (7.46 ng/m³), Mn (19.64 ng/m³), Fe (405 ng/m³), Cu (120.70 ng/m³), Pb (19.75 ng/m³), Si (1358.2 ng/m³); Çelik'in çalışmasında Cr (79.4 ng/m³), Mn (6.76 ng/m³), Co (0.671 ng/m³), Ni (55.5 ng/m³), Pb (18.9 ng/m³); Yatkın'ın çalışmasında PM10 (83.75 ng/m³), V (16.4 ng/m³), Cr (33.1 ng/m³), Mn (34.4 ng/m³), Fe (1113.3 ng/m³), Ni (21.5 ng/m³), Cu (53.9 ng/m³), Cd (1.6 ng/m³), Pb (162 ng/m³); Polat'ın çalışmasında Cr (7.54 ng/m³), Mn (1.74 ng/m³), Fe (1303.4 ng/m³), Co (0.55 ng/m³), Cu (19.08 ng/m³), As (5.71 ng/m³), Cd (0.62 ng/m³), Pb (10.76 ng/m³); Kara'nın çalışmasında Mg (508 ng/m³), Cr (33.3 ng/m³), Mn (75.5 ng/m³), Fe (1832 ng/m³), Co (0.73 ng/m³), Ni (12.4 ng/m³), Cu (39.8 ng/m³), As (4.24 ng/m³), Cd (3.13 ng/m³), Pb (175 ng/m³), Sb (3.69 ng/m³); Sağırılı'nın çalışmasında Cr (21 ng/m³), Mn (9 ng/m³), Fe (436 ng/m³), Co (4.2 ng/m³), Ni (8.5 ng/m³), As (2 ng/m³), Cd (18 ng/m³), Pb (23 ng/m³); Dorjsuren'un çalışmasında V (7.37 ng/m³), Mn (4.64 ng/m³), As (1.79 ng/m³); Tepe'nin çalışmasında Mn (22 ng/m³), Fe (388 ng/m³), As (0.8 ng/m³), Pb (19.6 ng/m³); Balcılar'ın çalışmasında V (47.9 ng/m³), Cr (97.1 ng/m³), Mn (63 ng/m³), Fe (3561.5 ng/m³), Ni (17 ng/m³), Cu (37.2 ng/m³), As (1.9 ng/m³), Pb (131.9 ng/m³), Si (2694 ng/m³) değerleri çalışmamızdan yüksek bulunmuştur (152-161)

Bozkurt, Çelik, Kara, Sağırılı, Dorjsuren'in çalışmalarında PM'lerin element analizi ICP-MS cihazında ve Yatkın'ın çalışmasında ICP-OES cihazında yapılmıştır (152, 154, 157, 158, 159, 155). Süren, Tepe ve Balcılar'ın çalışmalarında PM'lerin element analizi Enerji Dağıtıcı X-Ray Flüoresans Analizi ile yapılmıştır (153, 160, 161). Polat'ın çalışmasında ise PM'lerin element analizi atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazı ile yapılmıştır (156).

Tablo 40. Çalışmamız sonucu çıkan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlerin (ng/m^3) ortalama değerlerinin benzer ulusal çalışmalarla karşılaştırılması

	ÇALIŞMAMIZI N VERİLERİ	DÜZCE ¹⁵²	ZONGULDAK ¹⁵³	ANKARA ¹⁵⁴	İZMİR ¹⁵⁵	GÖZTEPE İSTANBUL ¹⁵⁶	ALİAĞA İZMİR ¹⁵⁷	BOLU ¹⁵⁸	AVCILAR İSTANBUL ¹⁵⁹	ANTALYA ¹⁶⁰	DOĞU KARADENİZ ¹⁶¹
PM10	50,79	85.67	53.23	30.2	83.75	48.6	39.9	33.25	45.1	31	
Be	0,24			0.009							
B	1216,26						6.01				
Mg	464,50		159.53	101	381.5		508	201		324	294.9
Al	23429	5350	590.61	622	1439.6		1198	2735		1364	1032.6
Ca	5659,67		1187.8	3974	5427		2241	2250		2517	1491.2
V	6,57	2.63		0.838	16.4	2.67		1.9	7.37	3.1	47.9
Cr	3,64	14.66	7.46	79.4	33.1	7.54	33.3	31	0.59		97.1
Mn	4,41	28.96	19.64	6.76	34.4	16.74	75.5	9	4.64	22	63
Fe	355,14	2470	405.38	331	1113.3	1303.4	1832	436	12.64	388	3561.5
Co	0,49	0.71		0.671		0.55	0.73	4.2	0.03		
Ni	6,15	11.76	5.89	55.5	21.5	3.78	12.4	8.5	2.86		17
Cu	18,39	12.40	120.70	10.8	53.9	19.08	39.8		5.63	12	37.2
Zn	2066,55	115.28	84.63	459	323.8	152.42	929	55	195.69	35	100.3
As	0,36	1.79		0.257		5.71	4.24	2	1.79	0.8	1.9
Se	8,71	0.88		0.123			0.59	0.7	0.36		
Sr	14,91			3.36	12.6		7.39				
Cd	0,40	0.61		0.211	1.6	0.62	3.13	18	0.15		
Pb	7,58	21.14	19.75	18.9	162.9	10.76	175	23	0.71	19.6	131.9
Ag	0,82	0.13					0.64				
Tl	0,36			0.012			0.11				
Na	13659,39			224	1925.4		918	527		408	124.7
K	2990,98		408.69	121	541.7		604	319		1284	294
Ba	3136,27	21.43		7.87	25.7		14.8		80.88		
Sb	1,72	6.30		0.865			3.69	1.0			
Mo	8,32	43.08		2.95			4.81	0.5	0.15		
Si	694,36		1358.2							419	2694.1

¹⁵²Bozkurt Z (2015); ¹⁵³Süren P (2007); ¹⁵⁴Çelik İ (2015); ¹⁵⁵Yatkin S (2006); ¹⁵⁶Polat G (2011) ¹⁵⁷Kara M (2015); ¹⁵⁸Sağırlı E (2013); ¹⁵⁹Dorjsuren U (2012); ¹⁶⁰Tepe AM (2021); ¹⁶¹Balcılar I (2014)

Çalışmamız sonucu PM_{2.5} için bulunan değerler yapılan diğer ulusal çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Tablo 41). Çalışmamızın verileri geneli itibariyle tablo 41’de verilen ulusal çalışmalardan yüksektir. Tecer’in çalışmasında Cr (3.8 ng/m³), Mn (8ng/m³), Cu (61ng/m³), Pb (11.9 ng/m³); Onat’ın çalışmasında Pm_{2.5} (40.50 µg/m³), Cr (121.7 ng/m³), Mn (42.1 ng/m³), Cu (19.6 ng/m³), As (0.75 ng/m³), Ba (241.9 ng/m³), Si (5441 ng/m³); Tepe’nin çalışmasında Mn (9ng/m³), Pb (8.6 ng/m³); Karaca’nın çalışmasında Mg (403 ng/m³), Cr (99 ng/m³), Fe (555 ng/m³), Nİ (381 ng/m³), Cd (2.28ng/m³), Pb (78 ng/m³); Munzur’un çalışmasında Mn (5.7 ng/m³); Öztürk’ün çalışmasında Mn (14 ng/m³), As (0.93 ng/m³), Pb (16 ng/m³), Ba (9 ng/m³); Balçılar’ın çalışmasında Cr (39.4 ng/m³), Mn (14.5 ng/m³), Fe (1126.5 ng/m³), Cu (14.6 ng/m³), As (1 ng/m³), Pb (13.1 ng/m³), Si (630 ng/m³); Akkoyunlu’nun çalışmasında Cr (6.98 ng/m³), (Mn 28.29 ng/m³), Fe (526.46 ng/m³), Ni (10.01 ng/m³), As (0.55 ng/m³), Pb (5.31 ng/m³), Si (1110.68 ng/m³); Balçılar’ın çalışmasında Cr (11.37 ng/m³), Mn (11.96 ng/m³), Co (2.76 ng/m³), Pb (4.1 ng/m³); Goli’nin çalışmasında Cr (22.474 ng/m³), Mn (8.353 ng/m³), Fe (534.5 ng/m³), Ni (26.85 ng/m³), Cu (28.742 ng/m³), As (0.554 ng/m³), Ba (11.594 ng/m³), Sb (1.571 ng/m³); Karadeniz’in çalışmasında Cr (34.3 ng/m³), Mn (4.76 ng/m³), Fe (300 ng/m³), As (0.810 ng/m³), Pb (5.220 ng/m³), Ba (23.2 ng/m³); Fıçırcı’nın çalışmasında Cr (14.8 ng/m³), Mn (11.48 ng/m³), Fe (489.06 ng/m³), Cu (7.69 ng/m³), As (0.52 ng/m³), Cd (0.62 ng/m³), Pb (13.17 ng/m³), Ba (14.63 ng/m³) değerleri çalışmamızdan yüksek bulunmuştur (162-171).

Tecer’in ve Onat’ın çalışmalarında PM’ler X-ışını floresan analizi ile element analizi yapılmıştır (162,163). Karaca’nın çalışmasında PM’ler Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrisi ile analiz edilmiştir (164). Munzur’un, Öztürk’ün, Oruc’un, Balçılar’ın, Goli’nin, Karadeniz’in ve Fıçırcı’nın çalışmalarında PM’lerin element analizi ICP-MS cihazı ile yapılmıştır (165,166,167, 161,168,169,170,171).

Tablo 41. Çalışmamız sonucu çıkan PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlerin (ng/m^3) ortalama değerlerinin benzer ulusal çalışmalarla karşılaştırılması

	ÇALIŞMAM İZİN VERİLERİ	ZONGULDA K ¹⁶²	İSTANBUL ¹⁶³ 3	ANTALYA ¹⁶⁰	BÜYÜKÇEK MECE İSTANBUL ¹⁶⁴	ÇANDARLI İZMİR ¹⁶⁵	BOLU ¹⁶⁶	DOĞU KARADENİ Z ¹⁶¹	KIRKLARE Lİ ¹⁶⁷	DOĞU KARADENİ Z ¹⁶⁸	ANKARA ¹⁶⁹	BOLU ¹⁷⁰	ÇORLU TEKİRDAĞ ¹⁷¹ 71
PM2.5	32,65	29.6	40.50	10	32,56	16.205	20		27.58	10.39	9.978	16.8	23.35
Be	0,91									0.0282		0.0228	
B	711,94								9.31				
Mg	387,08	66	66.3	91	403	33	57	69.9	34.56	69.36	124.4	298	317.27
Al	20640,80	94	602.1	78	3156	76	255	337.3	285.95	179.45	324.4	1020	844,47
Ca	5849,92	197	437.5	337	2148	85	527	550.9	400.34	274.55	441.7	715	1223,6
V	4,45		2.54	1			0.67	4.4	3.31	0.619	4.444	1.39	0.77
Cr	2,87	3.8	121.7		99	0.45		39.4	6.98	11.37	22.474	34.3	14.38
Mn	2,65	8	42.1	9		5.7	14	14.5	28.29	11.96	8.353	4.76	11.48
Fe	242,44	130	117.3	93	555	73	178	1126.5	526.46	172.96	534.5	300	489.06
Co	1,81		0.52							2.76	0.461	0.278	0.35
Ni	9,42	3			381	0.43		8.6	10.01	3.7	26.85	7.1	1.95
Cu	6,29	61	19.6	5.6			5	14.6	5.41	4.25	28.742	3.09	7.69
Zn	2190,30	58	384.7	18	96	126	17	28.4	38.65	30.66	50.89	16.7	42.92
As	0,42		0.75	0.4			0.93	1	0.55	0.226	0.554	0.810	0.52
Se	6,31									0.514	0.292	0.472	3.18
Sr	11,54		10.0						1.34	3.49	5.770	1.43	
Cd	0,60				2.28					0.523	0.061	0.158	0.62
Pb	4,02	11.9		8.6	78	0.39	16	13.1	5.31	4.1	1.926	5.220	13.17
Ag	1,87									0.565	0.926		
Tl	0,21									0.0104	0.133	0.0527	
Na	10932,13		429.5	82	10555		52	36.7	297.05	31.07	227.8	412	835.4
K	2298,45	208	107.4	114		83	165	123.5	302.58	90.62	251.3	172	268.61
Ba	5,21		241.9				9				11.594	23.2	14.63
Sb	1,15									0.131	1.571	0.404	
Mo	6,16		1.58								2.071	0.405	
Si	540,49	200	5441	250		152	416	630.7	1110.68	436.51			

¹⁶²Tecer LH (2012); ¹⁶³Onat B (2013); ¹⁶⁰epe AM (2021); ¹⁶⁴Karaca F (2005); ¹⁶⁵Munzur B (2008); ¹⁶⁶Öztürk F (2016); ¹⁶¹Balcılar I (2014); ¹⁶⁷Oruc HN (2019); ¹⁶⁸Balcılar İ (2018); ¹⁶⁹Goli T (2017); ¹⁷⁰Karadeniz H. (2017); ¹⁷¹Fıçıcı M (2017)

Çalışmamız sonucu PM10 için bulunan değerler ile yapılan diğer uluslararası çalışmaların karşılaştırılması Tablo 42’de sunulmuştur. Çalışmamızın verileri geneli itibariyle Tablo 42’de verilen uluslararası çalışmalardan yüksektir. Pallarés’in çalışmasında PM10 (54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), As (1.38 ng/m^3), Cd (0.48 ng/m^3), Pb (40.32 ng/m^3), Sb (26.18 ng/m^3); Hueglin’in çalışmasında PM10 (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn (25 ng/m^3), Fe (2048 ng/m^3), Cu (74 ng/m^3), As (0.8 ng/m^3), Pb (49 ng/m^3), Sb (5.6 ng/m^3); Sharma’nın çalışmasında PM10 (241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Mg (1800 ng/m^3), Ca (8110 ng/m^3), Mn (20 ng/m^3), Fe (1000 ng/m^3), Si (2060 ng/m^3); Murillo’nun çalışmasında PM10 (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cr (4.9 ng/m^3), Mn (139 ng/m^3), Fe (431 ng/m^3), Cu (84 ng/m^3), Pb (11.5 ng/m^3), Si (4295 ng/m^3); Perrino’nun çalışmasında Si (1300 ng/m^3); Li’nin çalışmasına V (10.22 ng/m^3), Cr (9.77 ng/m^3), Mn (7,93 ng/m^3), Cu (78.17 ng/m^3), As (0.77 ng/m^3), Cd (1.33 ng/m^3); Ramírez çalışmasında Cu (51.7 ng/m^3), As (0.53 ng/m^3), Pb (24.8 ng/m^3), Sb (4.74 ng/m^3); Khan’ın çalışmasında V (8.1 ng/m^3), Cr (4.1 ng/m^3), Mn (32.5 ng/m^3), Cu (47.7 ng/m^3), As (2.6 ng/m^3), Cd (1.2 ng/m^3), Pb (24.9 ng/m^3), Ag (1.7 ng/m^3); Dubey ‘in çalışmasında PM10 (134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cr (235 ng/m^3), Mn (240 ng/m^3), Fe (8044 ng/m^3), Ni (10 ng/m^3), Cu (1426 ng/m^3), Cd (42 ng/m^3), Pb (269 ng/m^3); López’in çalışmasında PM10 (106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), V (17 ng/m^3), Cr (8 ng/m^3), Mn (88 ng/m^3), Fe (3795 ng/m^3), Co (2 ng/m^3), Cu (27 ng/m^3), Pb (13 ng/m^3), Si (25949 ng/m^3); Gholampour’ın çalışmasında PM10 (85.3 ng/m^3), V (12.1 ng/m^3), Cr (26.5 ng/m^3), Mn (29.5 ng/m^3), Fe (1165 ng/m^3), Ni (12.3 ng/m^3), Cu (39.4 ng/m^3), As (4.8 ng/m^3), Sr (46.9 ng/m^3), Cd (3.8 ng/m^3), Pb (21.2 ng/m^3), Mo (13.8 ng/m^3); Maenhaut’ın çalışmasında Mn (8.8 ng/m^3), Fe (370 mg/m^3), As (1.23 ng/m^3), Pb (15 ng/m^3), Sb (2.3 ng/m^3) çalışmamızdan yüksek bulunmuştur (172-183).

Hueglin’in, Pallarés’in, Ramírez’in ve Khan’ın çalışmaları PM’ler ICP-MS cihazında element analizi yapılmıştır (172,173,178,179). Sharma’nın, Perrino’nun ve López’in çalışmaları PM’lerin element analizi X-Ray Flüoresans Spektrometresi ile yapılmıştır (174,176,181). Murillo’nun ve Dubey’in çalışmaları PM’lerin element analizi Atomik Absorbsiyon Spektrofotometri (AAS) sistemini kullanan okunmuştur (175,180). Li’nin, Gholampour’ın ve Maenhaut’ın çalışmaları PM’lerin element analizi ICP-AES cihazında element analizi yapılmıştır (177,182,183).

Tablo 42. Çalışmamız sonucu çıkan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlerin (ng/m^3) ortalama değerlerinin benzer uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması

	ÇALIŞMAMI ZİN VERİLERİ	BERN, İSVİÇRE ¹⁷²	CASTELLÓN İSPANYA ¹⁷³	DELHİ HİNDİSTAN ¹⁷⁴	KOSTA RİKA ¹⁷⁵	ROMA ¹⁷⁶	SHENZHEN ÇİN ¹⁷⁷	BOGOTA KOLOMBİY A ¹⁷⁸	YOKOHAMA JAPONYA ¹⁷⁹	DHANBAD HİNDİSTAN ¹⁸⁰	CORDOBA ARJANTİN ¹⁸¹	TEBRİZ İRAN ¹⁸²	ANVERS BELGİUM ¹⁸³
PM10	50,79	103	54	241	55	32.3			34.2	134	106	85.3	22
Be	0,24					0.010							
B	1216,26					-							
Mg	464,50	85	397.8	1800	102	180			320				
Al	23429	152	883.13	2950	757	330	8.92		690		100	2061	101
Ca	5659,67	1199		8110	279	2000			420		3880		
V	6,57	1.4			2.8	2.4	10.22	1.50	8.1		17	12.1	1.71
Cr	3,64				4.9	-	9.77	2.92	4.1	235	8	26.5	2.5
Mn	4,41	25		20	139	4.1	7.93		32.5	240	88	29.5	8.8
Fe	355,14	2048		1000	431	24	67.92			8044	3795	1165	370
Co	0,49					0.10	0.21	0.25			2		
Ni	6,15	3.0	4.52		2.1	1.5	4.33	1.69	5.4	10	6	12.3	2.3
Cu	18,39	74			84	12	78.17	51.7	47.7	1426	27	39.4	15.9
Zn	2066,55		148.04	510		24	46.77	44.4	130	532	64	19.1	35
As	0,36	0.80	1.38			0.23	0.77	0.53	2.6			4.8	1.23
Se	8,71	0.30				-			1.1			0.35	
Sr	14,91					3.8			6.3			46.9	
Cd	0,40	0.26	0.48			0.10	1.33	0.26	1.2	42		3.8	0.34
Pb	7,58	49	40.32		11.5	0.57	6.54	24.8	24.9	269	13	21.2	15.0
Ag	0,82					-			1.7				
Tl	0,36	0.06				-							
Na	13659,39	665		4310	1306	1300			680				
K	2990,98	255		2040	124	450			160		1928		
Ba	3136,27					6		20.4	29.6		257	29	6.0
Sb	1,72	5.6	26.18			1.3		4.74					2.3
Mo	8,32	4.46				-						13.8	0.82
Si	694,36			2060	4295	1300					25949	83.2	

¹⁷²Hueglin C (2005); ¹⁷³Pallarés S (2019); ¹⁷⁴Sharma SK (2014); ¹⁷⁵Murillo JH (2013); ¹⁷⁶Perrino C (2015);
¹⁷⁷Li Y (2019); ¹⁷⁸Ramírez O (2020); ¹⁷⁹Khan MF (2010); ¹⁸⁰Dubey M (2012); ¹⁸¹López ML (2011);
¹⁸²Gholampour A (2015); ¹⁸³Maenhaut W (2016)

Çalışmamız sonucu PM2.5 için bulunan değerler yapılan diğer uluslararası çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Tablo 43). Çalışmamızın verileri geneli itibariyle tablo 43'te verilen uluslararası çalışmalardan yüksektir. Szigeti'nin çalışmasında Pb (4.14 ng/m³); Wang'ın çalışmasında PM2.5 (58.83 µg/m³), Cr (3.25 ng/m³), Mn (28.1 ng/m³), As (5.60 ng/m³), Cd (3.02 ng/m³), Pb (58.05 ng/m³), Tl (0.55 ng/m³); Xia'nın çalışmasında Cu (39.0 ng/m³); Sanguineti'nin çalışmasında PM2.5 (45 µg/m³), Cr (8.0 ng/m³), Mn (6.6 ng/m³), As (1.6 ng/m³), Cd (0.9 ng/m³), Pb (4.3 ng/m³), Tl (0.3 ng/m³), Sb (1.5 ng/m³); Raysoni'nin çalışmasında V (28.43 ng/m³), Cr (2.92 ng/m³), Mn (3.33 ng/m³), Ni (12.97 ng/m³), As (1.25 ng/m³), Cd (0.67 ng/m³), Ba (14.52 ng/m³), Sb (1.4 ng/m³); Grivas'ın çalışmasında V (5.8 ng/m³), Mn (4.8 ng/m³), Fe (320.1 ng/m³), Cu (13.5 ng/m³), Pb (14.3 ng/m³), Ba (29.5 ng/m³); Ogundele'nin çalışmasında PM2.5 (138.62 µg/m³), V (20 ng/m³), Cr (20 ng/m³), Mn (210 ng/m³), Fe (2290 ng/m³), Co (50 ng/m³), Ni (50 ng/m³), Cu (21660 ng/m³), As (270 ng/m³), Sr (30 ng/m³), Cd (230 ng/m³), Na (16950 ng/m³), Si (2870 ng/m³); Murillo'nun çalışmasında PM2.5 (37 µg/m³), Cr (6.7 ng/m³), Mn (67 ng/m³), Cu (62 ng/m³), Pb (8.75 ng/m³), Si (1554 ng/m³); López'in çalışmasında PM2.5 (70 µg/m³), V (6 ng/m³), Cr (4 ng/m³), Mn (14 ng/m³), Fe (325 ng/m³), Cu (8 ng/m³), Si (4270 ng/m³); Sofowote'nin çalışmasında bulunan değerlerler çalışmamızda bulduğumuz değerlerin altındadır. Lü'nün çalışmasında V (4,57 ng/m³), Mn (9,56 ng/m³), Fe (447,69 ng/m³), Cu (36.3 ng/m³), As (2.59 ng/m³), Pb (103,24 ng/m³); Tan'ın çalışmasında PM2.5 (136,4 µg/m³), V (40 ng/m³), Mn (200 ng/m³), Cu (283,8 ng/m³), Zn (2214 ng/m³), As (76,6ng/m³), Cd (42,6 ng/m³), Pb (675 ng/m³); Park'ın çalışmasında Mn (20 ng/m³), Cu (9.8 ng/m³), As (7.1 ng/m³), Pb (41 ng/m³), Ba (27 ng/m³); Mansha'nın çalışmasında PM2.5 (83.53 µg/m³), Mg (414 ng/m³), Al (40133 ng/m³), Mn (38 ng/m³), Fe (3175 ng/m³), Ni (11 ng/m³), As (41 ng/m³), Se (125 ng/m³), Cd (12 ng/m³), Pb (529 ng/m³), Ag (20 ng/m³), Na (41283 ng/m³), K (26900 ng/m³), Ba (348 ng/m³); Miranda'nın çalışmasında Cr (4 ng/m³), Mn (11 ng/m³), Fe (450 ng/m³), Ni (17 ng/m³), Cu (32 ng/m³), Se (24 ng/m³), Cd (8 ng/m³), Pb (44 ng/m³) çalışmamızdan yüksek bulunmuştur (184-197)

Szigeti'nin, Wang'ın, Xia'nın, Tan'ın ve Mansha'nın çalışmalarında PM'lerin element analizi ICP-MS cihazında yapılmıştır (184,185,186,194,196). Sanguineti'nin, Grivas'ın, Ogundele'nin, López'in, Sofowote'nin, Lü'nün, Park'ın ve Miranda'nın çalışmalarında PM'lerin element analizi X-Ray Flüoresans spektroskopisi cihazında yapılmıştır (187,189,190, 181,192,193,195,197). Murillo'nun çalışmasında ise PM'lerin element analizi Atomik Absorbsiyon Spektrofotometri cihazında yapılmıştır (191).

Tablo 43. Çalışmamız sonucu çıkan PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve bileşimindeki elementlerin (ng/m^3) ortalama değerlerinin benzer uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması

	ÇALIŞMAMIZIN VERİLERİ	AVRUPA ¹⁸⁴	ZHEJIANG ÇİN ¹⁸⁵	NEW JERSEY AMERİKA ¹⁸⁶	CORDOBA ARJANTİN ¹⁸⁷	EKVADOR ¹⁸⁸	ATİNA YUNANİSTAN ¹⁸⁹	İLE İFE NİJERYA ¹⁹⁰	KOSTA RİKA ¹⁹¹	ARJANTİN CORDOBA ¹⁸¹	KANADA TORONTO ¹⁹²	SHANGAI ÇİN ¹⁹³	FOSHAN ÇİN ¹⁹⁴	GWANGJU GÜNEY KORE ¹⁹⁵	KARACİ PAKİSTAN ¹⁹⁶	SAO PAULO BREZİLYA ¹⁹⁷
PM2.5	32,65	31.4	58.83		45	13.4 5	30.1	138.62	37	70	8	8.82	136,4		83.53	22.2
Be	0,91		0.01												12	
B	711,94															
Mg	387,08	30			76.6	21.9 4	34.9	240	37						414	96
Al	20640,80	46.4	72.61	27.3		117. 74	87.7	1950	274	17					40133	315
Ca	5849,92	50			376.8	117. 83	397.3	540	152	234	54	224,72		700		261
V	4,45	2.07		2.84	3.7	28.4 3	5.8	20	2.1	6	0,106	4,57	40	3.3		2
Cr	2,87	0.75	3.25	0.786	8.0	2.92	1.8	20	6.7	4	0,242	2,49				4
Mn	2,65	2.19	28.18	1.83	6.6	3.33	4.8	210	67	14	1,82	9,56	200	20	38	11
Fe	242,44	55.2		86.6	238.2	125. 30	320.1	2290	191	325	76,8	447,69		198	3175	450
Co	1,81	0.076		0.146	1.5	0.16		50		0.7						
Ni	9,42	2.12	2.99	7.79	2.4	12.9 7	3.2	50	1.74	3	0,214	3,84		2.4	11	17
Cu	6,29	4.58		39.0	6.7	3.72	13.5	21660	62	8	3,09	36,31	283,8	9.8		32
Zn	2190,30	19.9		14.7	29.4	69.1 1	50.6			34	11,3	159,86	2214	94	1117	320
As	0,42		5.60		1.6	1.25		270			0,424	2,59	76,6	7.1	41	
Se	6,31	0.33	4.98			0.18					0,308	2,76			125	24
Sr	11,54					1.26		30				0,47				
Cd	0,60	0.17	3.02	0.107	0.9	0.67		230					42,6		12	8
Pb	4,02	4.14	58.05	3.26	4.3	3.48	14.3		8.75	0.9	2,36	103,24	675	41	529	44
Ag	1,87					0.47									20	
Tl	0,21		0.55		0.3											
Na	10932,13	120					222.1	16950	677						41283	418
K	2298,45	90			344.4	106. 03	240.8	1590	65	226	27,1	139,5		715	26900	438
Ba	5,21					14.5 2	29.5			0	1,88			27	348	
Sb	1,15				1.5	1.4										
Mo	6,16	0.69				0.21										
Si	540,49					312. 47	173	2870	1554	4207		239.03				464

¹⁸⁴Szigeti T (2016); ¹⁸⁵Wang X (2018); ¹⁸⁶Xia L (2011); ¹⁸⁷Sanguinetti PB (2020); ¹⁸⁸Raysoni AU (2017); ¹⁸⁹Grivas G (2018); ¹⁹⁰Ogundele LT (2016); ¹⁹¹Murillo JH (2013); ¹⁸¹López ML (2011); ¹⁹²Sofowote UM (2014); ¹⁹³Lü S (2012); ¹⁹⁴Tan JH (2014); ¹⁹⁵Park SS (2014); ¹⁹⁶Mansha M (2012); ¹⁹⁷Miranda de RM (2018)

Çalışma kapsamında Keşan ilçesi için belirlenen element düzeyleri dünyanın ve ülkemizin diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla Tablo 40, 41, 42 ve 43'te karşılaştırılmıştır. Farklı kentsel alanlarda ölçülen PM10-PM2.5 değeri ve bileşimi; örnekleme, kullanılan analiz yöntemlerinin metodlarına, örneklem bölgesinin emisyon kaynaklarına, ölçüm yapılan yerin bu kaynaklara olan yakınlığı, topografyaya göre değişebilir. Bu nedenle verilerin çalışmalar arasında ve bizim çalışmamızdan birbirinden bu denli farklı olması muhtemeldir.

Tablo 40, 41, 42 ve 43 incelendiğinde çalışmamızda PM10-2.5 fraksiyonların da elde edilen toprak kaynaklı Al, Na, K, Mg, Ca ve Fe element düzeyleri, karşılaştırılan diğer çalışmalardan çoğunlukla yüksek bulunmuştur. Bu durum Keşan ilçesinin genelde kırsal bir ilçe olması ve ilçede tarımsal faaliyetlerin yüksek olması nedeni ile yer kabuğu elementlerinin havaya geçişinin yüksek olması ile açıklanabilir. Ayrıca Zn ve Mo gibi elementlerin düzeylerinin yüksek olması ile antropojenik kaynaklı ısınma amaçlı yakıt kullanımı ve trafik gibi kentsel kirleticiler kaynağının incelenen bölgedeki PM bileşimi üzerinde etkili olduğu muhtemeldir.

PM10 bileşimindeki elementlerin 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 analiz tarihleri kış ve yaz dönemi olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. Kış döneminde 17 gün için, yaz döneminde ise 12 gün için element analizi yapılmıştır. Kış döneminde en düşük ortalama sahip element 0,15 ng/m³'le Co, en yüksek ortalama sahip element 11224,66 ng/m³'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri 0,07 ng/m³'le Co, en yüksek değeri 15901,61 ng/m³'le Al almıştır. Yaz döneminde ise en düşük ortalama sahip element 0,25 ng/m³'le Be, en yüksek ortalama sahip element 43203,11 ng/m³'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri 0,008 ng/m³'le Mo, en yüksek değeri 80348,64 ng/m³'le Al almıştır.

PM10 ve bileşimdeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı verilmiştir. Bu verileri göre; kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM10 1.64, Be 1.2, Se 1.58, Sr 1.8 ve Mo 1.72 kat artmıştır (p=0,272). Kış döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %51, Na %22, Zn %13, K %7, Al %6, Ba %6, Ca %3, B %3 ve Si %2 olarak bulunmuştur. Yaz döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %55, Na %22, Ba %7, K %4, Al %4, Zn %3, Ca %3, Fe %3, B %2, Si %1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur.

PM2.5 bileşimindeki elementlerin analiz tarihleri 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 kış ve yaz dönemi olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. Kış döneminde 17 gün için, yaz döneminde ise 12 gün için element analizi yapılmıştır. Kış döneminde en düşük ortalama sahip element 0,17 ng/m³'le Co, en yüksek ortalama sahip element 10692,74 ng/m³'le Al'dır. Yine bu dönemde

en düşük değeri 0,079 ng/m³'le Co, en yüksek değeri 14735,61 ng/m³'le Al almıştır. Yaz döneminde ise en düşük ortalamaya sahip element 0,216 ng/m³'le Tl, en yüksek ortalamaya sahip element 51857,89 ng/m³'le Al'dır. Yine bu dönemde en düşük değeri 0 ng/m³'le Cd, en yüksek değeri 71173,38 ng/m³'le Al almıştır.

PM2.5 ve bileşimdeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı verilmiştir. Bu verileri göre PM 2.5 ve bileşimindeki elementlerinden Be, Se, Sr, Pb, Ag, Tl, Sb ve Mo kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı >1 çıkmıştır. Kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM2.5 2.39, Se 1.53, Sr 4.74, Pb 3.69, Ag 14.6, Tl 1.21, Sb 1.69 ve Mo 3.55 kat artmıştır (p=0,596). Kış döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %54, Na %24, K % 7, Zn %4, Ca % 4, B %3, Ba %3, Si %2, Mg %1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur. Yaz döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %59, Na %28, K %2, Ca %5, Zn %3, Al %4, B %1, Mg %1 ve Si %1 olarak bulunmuştur.

Bozkurt'un 2015 yılında Düzce ili merkezinde yaptığı çalışmasında PM10 bileşimindeki elementleri (Al, Fe, Sc, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Pb ve Bi) incelemiştir. Düzce ilinde PM10 (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Cd, Pb, Sb, Mo) element düzeyleri çalışmamızdan daha yüksek bulunmuştur. Bu yüksek element düzeyleri, Düzce ilinin Keşan ilçesine göre antropojenik kaynaklı trafik ve endüstrinin daha yoğun olmasından kaynaklanması muhtemeldir (152).

Fıçıçı'nın Tekirdağ Çorlu ilçesinde yaptığı çalışmada PM2.5 ve PM2.5-10 bileşimindeki elementler için PMF analizi ile kaynak katkı oranları incelenmiştir. PM2.5 fraksiyonuna yüzde katkı; en yüksek katkının toprak %45 (Al, Ca, Fe, Mn, Ti), ikinci büyük katkı biyokütle ve kömür yanmasından %20 (K, Ni, Se), üçüncü büyük katkının sanayi–metalurji %18 (Ba, Cd, Pb, Mg, V) dördüncü büyük katkının yol tozu %17 (As, Cr, Co, Cu, Na, Zn) kaynaklı bulunduğu gösterilmiştir. PM2,5-10 fraksiyonuna yüzde katkı; toprak kaynaklı elementler %30 (Al, Ca, Co, Li, Mg, Ti), yakma kaynaklı elementler %25 (As, Cd, Cu, Ni, K, Se, Na, V), trafik –yol kaynaklı elementler %24 (Fe, Pb, Mn) ve endüstri kaynaklı elementler %21 (Ba, Cr, Zn) oranında bulunmaktadır. Her iki fraksiyon da en yüksek katkıyı toprak kaynağı yapmıştır (171).

Tepe'nin Antalya'da yaptığı çalışmada PM2.5 ve PM2.5-10 bileşimindeki elementler için PMF modeli analizi sonucunda beşer faktör belirlenmiştir. Bu faktörler PM2.5 için elementel kütle konsantrasyonlarına katkıları sırasıyla Mn madeni emisyonları, sekonder

kükürt, yanma kaynaklı emisyonlar, deniz emisyonları ve toprak emisyonları olarak bulunmuştur. Kaba partikül boyutu (PM_{2.5-10}) kaynakları için ise elementel kütle konsantrasyonlarına katkıları sırasıyla toprak emisyonları, yanma kaynaklı emisyonlar, deniz tuzu, Mn maden emisyonları ve yol tozu olarak bulunmuştur. Ti, Ca, Al ve Na gibi toprak kaynaklı elementler çoğunlukla kaba fraksiyonda görülmüştür. Diğer taraftan S, As, Zn, Pb gibi antropojenik elementlerin konsantrasyonları ince fraksiyonda daha yüksek bulunmuştur (160).

Karadeniz'in Bolu'da yaptığı çalışmada PM_{2.5} ve PM_{2.5-10} bileşimindeki elementler için ayrı ayrı emisyon kaynakları incelemiştir. PM_{2.5-10} için bunlar trafik %12 (Cd, Co, Ni, Cu, Cr, Mn, Mo, Sb, Pb) kömür ve odun yanması %8 (Tl, Bi, As, Cd, Sb, Pb), sekonder partikül (NO₃ ve SO₄) %8, tarımsal aktiviteler, toprak faktörü %15, demirçelik endüstrisi %11 (Sb, Cu, Fe, Ni, Zn), kirlili toprak %21 (Mg, Al, K, Ca), deniz-uzun mesafe taşınım %18 (NH₄, Cl, Na, Mg, Al, Ca, Sc, Fe, Cr)'dır. Sahra etkisi %23 (Sr), şehir faktörü %9 (K, V, As, Se), endüstriyel aktivite %23 (Na, Mg, Al, Ca), kümes hayvanları sektörü %7 (NH₄ ve Cl), kömür ve biyokütle yakımı %11 (As, K, Tl, Pb), trafik-madencilik %11, ikincil inorganik aerosol %5 (SO₄), atık yakımı-demir çelik işleri %11 (Fe, Co, Tl, Cd) PM_{2.5} için kaynaklardır. Kalsiyum, Al, Fe, Na, Mg ve K en fazla aritmetik ortalamalara sahiptirler. Toprak kaynaklı elementler en çok kaba fraksiyonda bulunurken, insan kaynaklı elementler en çok ince fraksiyonda bulunmuşlardır. Ayrıca her iki fraksiyonda da insan kaynaklı elementler çok fazladır (170).

Oruç ve ark. Kırklareli'de 20 Mart-21 Ekim 2018 tarihleri arasında kırsal ve kentsel bölgelere ait PM_{2.5} örneklerinde Na, K, Ca, V, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, Sn, Si, Mg, Al, Cr, Cu, Pb, B ve As elementel konsantrasyonları çalışmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda yer kabuğu kaynaklı elementlerin Kırklareli için en yüksek olduğu görülmüştür. Kentsel ve kırsal alanlardaki Si, Al, Ca, Mg konsantrasyonları, toprak oluşumuna bağlı olarak önemli ölçüde korelasyon göstermiştir. Mn değerlerinin trafik kaynaklı emisyonlardan etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Kırklareli'de Mart ayının son haftasındaki PM_{2.5} için maksimum seviyenin olmasını, Kuzey Afrika'daki Sahra Çölü'nden uzun menzilli taşımacılık ile gelen toz taşınmasının diğer emisyon kaynaklarına hakim olmasıyla açıklanmaktadır (190).

Wolf ve ark. PM₁₀ ve PM_{2.5}'un bileşenlerine (Cu, Fe, Ni, K, Si, S, V ve Zn) uzun süreli (ort. 11,5 yıl) maruz kalma ile koroner olayların insidansının araştırıldığı çalışmaya, beş Avrupa kentinden (Finlandiya, İsveç, Danimarka, Almanya ve İtalya) 11 kohort dahil etmişlerdir. PM₁₀ K'de 100 ng/m³'lük ve PM_{2.5} K'de 50 ng/m³'lük artış, koroner olaylarda % 6 (HR:1.06 %95 GA=1.01-1.12) ve % 18 (HR:1.18 %95 GA:1.06-1.32)'lik bir artışla ilişkilendirildi. K, genellikle biyokütle yanmasının ve trafik'ten (yol tozunun yeniden havalanması) kaynaklı hava

kirliliğinin bir göstergesi olarak kabul edilir. PM_{2.5} Si’de 30 ng/m³ bir artış için HR:1.03 (%95 GA:0.99-1.08), PM_{2.5} Fe’de 100 ng/m³ bir artış için HR:1.07 (%95 GA:1.01-1.13) bulunmuştur. Yol tozu için daha spesifik elementler olarak önerilen hem Si (yol tozu, toprak) hem de Fe, koroner olaylarla bir ilişkiye işaret etmektedir. Çalışmalarında fren ve lastik aşınması gibi egzoz dışı emisyonların daha spesifik belirteç olan Zn veya Cu ile ilişkili olarak net bir risk artışı bulamamışlar. Petrol yanması ile oluşan izleyici elementlerden olan PM₁₀ Ni ve PM₁₀ V koroner hastalıkları için artmış risk gözlenilmiştir (198).

Çalışmamızda da PM₁₀ ve PM_{2.5} bileşimindeki Al, K, Ca, Fe, Na, Mg ve Zn elementleri arasında anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda bu elementler için emisyon kaynağı olarak toprak tozu, inşaat tozu ve yer kabuğundan kalkan tozlar olarak işaret edilmektedir. Keşan ilçe merkezindeki çalışmamızda elementler için uyguladığımız korelasyon bu element grubu için öngörülen emisyon kaynağının yer kabuğu kaynaklı olabileceğini destekler durumdadır.

Çalışmamızda PM₁₀ bileşiminde (Fe, Zn, Pb, V, Mg, Cr, Cu, Co ve Cd) elementleri arasında ve PM_{2.5} bileşiminde (Fe, Zn, V, Mg ve Cr) elementleri arasında anlamlı pozitif korelasyon bulunmuştur. PM₁₀ ve PM_{2.5} için bu element grupları için yapılan çalışmalar emisyon kaynağı olarak antropojenik olarak gösterilmektedir. Çalışmamızda bulduğumuz elementler arası korelasyon, bu element grupları için, Keşan ilçe merkezinde muhtemel emisyon kaynağının antropojenik kaynaklı olabileceğini desteklemektedir.

Hampel ve ark. Avrupa ESCAPE ve TRANSPHORM çok merkezli projelerinin bir parçası olarak kohort çalışması ile PM'nin bileşimindeki elementlere uzun süreli maruz kalma ile inflamatuvar kan belirteçleri olan C-reaktif protein (hsCRP) ve fibrinojen arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. PM_{2.5} bileşimindeki Cu, Zn ve PM₁₀ bileşimindeki Fe konsantrasyonunun artışı CRP ve fibrinojen artışı ile ilişkili bulunmuştur (199).

Zhang ve ark.’ları PM’lerin metal bileşeni olan Fe ve Cu’ya uzun süreli maruziyetin, akciğerde reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonunun artırdığı gözlemlemiştir (200). Badoloni ve ark. Roma’da PM’nin metal bileşenlerine (Cu, Fe, Zn, Si, K, Ni ve V) uzun süreli maruz kalma ile iskemik kalp hastalığı ve KVH mortalitesi arasında kuvvetli ilişki bulmuşlardır (201). DSÖ’nün Sırbistan’da yaptığı çalışmada, ≥ 30 yaş yetişkinler için tüm kentsel alanlarda PM_{2.5}’e atfedilebilen tahmini yıllık mortalite %6 (4.2-8.4) hesaplamışlardır (202). Yang ve ark. PM_{2.5} bileşimindeki (Zn, Si, Fe, Ni, V ve K) elementleri kardiyovasküler açıdan olumsuz sonuçlarla ilişkili bulmuştur (203). Basagaña ve ark. PM bileşimindeki (Ca, Fe, Zn, Cu, Ti, Mn, V ve Ni) elementleri ile kardiyovasküler ve göğüs hastanesine yatışlarda anlamlı artış

gözlenmiştir (204). Bilenko ve ark. çocuklarda, PM 10 bileşimindeki elementlerden Fe, Si ve K'u diyastolik kan basıncı ile pozitif ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır (205). Nkomo ve ark. erken ergenlik döneminde Pb'ye maruz kalmanın, yaşamın sonraki dönemlerinde fiziksel şiddet ile ilişkili bulmuştur (206). Gump ve ark. çocuklarda artan Pb maruziyeti değerleriyle, çocuklar daha yüksek düzeyde saldırganlık, güvensizlik, karşıt olma davranışları, daha memnuniyetsiz ve duyguları konusunda kararsız ve iletişimde güçlükler yaşadıkları gözlemlemiştir (207). Cesaroni ve ark. PM'nin element bileşenlerini (Cu, Fe, K, Ni, S, Si, V ve Zn) DDA (37. gebelik haftasından sonraki doğumlarda, ağırlık <2.500 g) ve SGA (gebelik yaşına göre küçük doğan) ile ilişkili bulunmuştur (208). Nitekim bizim çalışmamızda PM2.5-10 ve bileşimindeki element değerleri yüksek bulunmuş olup, belirtilen literatürlerde de görüldüğü üzere, bu durumun Keşan için önemli morbidite ve mortalite nedeni olması muhtemeldir.

Gül'ün 1 Ekim 2016-30 Eylül 2017 tarihleri arasında Edirne Merkez ilçesinde yaptığı çalışmasında PM10 bileşimindeki elementleri (Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb) incelemiştir. Çalışmasında Be (0.75 ng/m³), B (33638.28 ng/m³), Mg (1711.66 ng/m³), Na (57128.81 ng/m³), K (25678.33 ng/m³), Ca (16373.45 ng/m³), Cr (41.7 ng/m³), Mn (32.37 ng/m³), Fe (1918.47 ng/m³), Cu (73.53 ng/m³), Zn (23048,41 ng/m³), Pb (35.61 ng/m³), Tl (0.84 ng/m³), Ba (5317.47 ng/m³), Sb (2.94 ng/m³), Cd:3.37 ng/m³, Mo (11.27 ng/m³), Se (18.29 ng/m³), Sr (367.62 ng/m³), As (29.78 ng/m³), Ni (29.69 ng/m³), Co (1.4 ng/m³) elementlerini çalışmamızdan yüksek bulmuştur. Al (11342.17 ng/m³) ve V (5.8 ng/m³) elementlerini çalışmamızdan düşük bulmuştur. Ayrıca kış döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerlerini sırasıyla; Na %33, B %18, K % 14, Zn %13, Ca %8, Al %6, Ba %3 ve yaz döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerlerini sırasıyla; Ca %25, B %21, Na %18, K %18, Zn %5, Al %4, Fe %3 olarak bulmuştur. PM10 bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı >1 bulmasını kışın ısınma amaçlı yakıt kullanımına ve artan trafik yoğunluğu ile ilişkilendirmektedir. Çalışmasında Al, K, Ca, Fe, Na, Mg ve Zn element grubu için muhtemel emisyon kaynağının yer kabuğu elemanları olabileceğini; Fe, Zn, Pb, V, Mg, Cr, Cu, Ni, As, Co, Cd, V, Ni, Cr ve Zn element grubu için ise muhtemel emisyon kaynağının antropojenik kaynaklı olabileceğini açıklamaktadır. Bu durumda Edirne Merkez ve Keşan ilçesi için hava kirliliğinin doğal (yer kabuğu) ve antropojenik (ısınma ve trafik) ana kaynakların benzer olduğunu desteklemektedir (209).

Arkant'ın Edirne Merkez ilçe ve Keşan'da 2015-2016 döneminde hava kirliliğinin doğum sonuçlarına etkileri üzerine yaptığı çalışmasında; Keşan'da ikamet etmenin, Edirne'de ikamet etmeye göre perinatal sonuçlar açısından 1,6 kat (%95 GA (1,086-2,401)) ve preterm olma açısından 1,6 kat (%95 GA (1,061-2,442)) riskli olduğunu bulmuştur. Bu çalışmada hava kirliliğinin önemli bir halk sağlığı sorunu olduğu Keşan için, hava kirliliği ile perinatal sonuçların ilişkisini somut şekilde ortaya koymaktadır (210).



SONUÇLAR

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar şu şekildedir;

1. Keşan ilçesinde PM10 ve PM2.5 kaynaklı hava kirliliği vardır. Çalışmamızda Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM10 yıllık ortalaması 55,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM10 yıllık ortalaması ise 50,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM10 sınır değeri olan 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, ülkemizde 2018 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ve 2019 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir. Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması 40,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması ise 31,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM2.5 sınır değeri olan 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM2.5 sınır değeri olan 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir.

2. Keşan ilçesinde 2019 yılında 356 günde toplam 8567 saat PM10 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 2713 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 31,6'sı) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan yaklaşık her üç saatin birinde PM10 kirliliğine maruz kalmaktadır. Yine 2019 yılında 355 günde toplam 8552 saat PM2.5 ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin 3460 saati (ölçüm yapılan toplam saatin % 40,4'ü) DSÖ ve AB PM2.5 sınır değerleri üzerinde bulunmuştur. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan yaklaşık her 2.5 saatin birinde PM2.5 kirliliğine maruz kalmaktadır.

3. 2019 yılında ölçüm yapılan 294 günde (ölçüm yapılan toplam günün % 82,5'i) PM10 değerleri ülkemiz, DSÖ ve AB sınır değerlerini en az bir kez aşmıştır. 2019 yılında ölçüm yapılan 274 günde (ölçüm yapılan toplam günün % 77,1'i) PM2.5 değerleri DSÖ ve AB sınır

değerlerini en az bir kez aşmıştır. Bu verilere göre; Keşan halkı ölçüm yapılan hemen hemen her gün en az bir kez PM10 ve PM2.5 kirliliğine maruz kalmaktadır.

4. 2019 yılında günlük ortalama PM10 değerlerine bakıldığında ölçüm yapılan 128 günün (ölçüm yapılan toplam günün % 35,9'u) ülkemiz, DSÖ ve AB PM10 sınır değerleri üzerinde olduğu görülmektedir. Türkiye'de uygulanmakta olan Hava Kalitesi Yönetmeliği ve AB hava kalitesi direktifine göre PM10 günlük sınır değeri olan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yılda 35 kereden fazla aşılmamalıdır. Çalışmamızda bu değer 128 kez aşılmış olup AB hava kalitesi direktifine göre belirlenen değerden yaklaşık 3,6 kat daha fazladır.

5. 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında kış döneminde Keşan ilçesinde PM10 ortalaması $65,55 \pm 54,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup yaz döneminde bu değer $39,78 \pm 19,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi kış dönemi ortalaması yaz dönemi ortalamasına göre 1,6 kat artmıştır ($p < 0,001$). 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında kış döneminde Keşan ilçesinde PM2.5 ortalaması $49,91 \pm 46,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olup yaz döneminde bu değer $20,53 \pm 10,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur ($p < 0,001$).

6. Keşan ilçesinde 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında, PM10 ölçümü yapılan günlerin saat ortalamasına bakıldığında, kış döneminde PM10 değeri saat 11:00'da ve saat 22.00'de olmak üzere iki sefer pik yapmaktadır. En yüksek PM10 değeri saat 22:00'de en düşük değeri ise saat 08:00'de olmaktadır. Sabah 08:00'den başlayan PM10 yükselişi saat 11:00'de pik yaparak saat 17:00'de en düşük gündüz seviyesine ulaşmaktadır. Bu verilere göre kış döneminde PM10 yükselişlerine bakıldığında kalorifer yakma saatleriyle ve trafikte araç sayısını artışıyla örtüştüğü görülmektedir. DSÖ PM10 sınır değeri dikkate alınarak, gün içi PM10 değeri; gündüz saat 09:00-18:00 arası, gece saat 18:00-05:00 arası sınır değerler üzerinde olup, kış döneminde 24 saatin 20 saatinde PM10 kirliliği görülmektedir.

7. Keşan ilçesinde 1 Ekim 2018-30 Eylül 2019 tarihleri arasında, PM2.5 ölçümü yapılan günlerin saat ortalamasına bakıldığında, kış döneminde PM2.5 değeri saat 12:00'de ve saat 22.00'de olmak üzere iki sefer pik yapmaktadır. En yüksek PM2.5 değeri saat 22:00'de en düşük değeri ise saat 08:00'de olmaktadır. Sabah 08:00'den başlayan PM2.5 yükselişi saat 12:00'de pik yaparak saat 17:00'de en düşük gündüz seviyesine ulaşmaktadır. DSÖ sınır değeri dikkate alınarak, gün içi PM2.5 değişimi incelendiğinde; tüm gün sınır değerler üzerindedir. Kış döneminde Keşan'da 24 saatin tümünde PM2.5 kirliliği görülmektedir.

8. PM10 ve bileşimdeki elementlerin; kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM10 1.64, Be 1.2, Se 1.58, Sr 1.8 ve Mo 1.72 kat artmıştır ($p = 0,272$). Kış döneminde

PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %51, Na %22, Zn %13, K %7, Al %6, Ba %6, Ca %3, B %3 ve Si %2 olarak bulunmuştur. Yaz döneminde PM10 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %55, Na %22, Ba %7, K %4, Al %4, Zn %3, Ca %3, Fe %3, B %2, Si %1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur.

9. PM2.5 ve bileşimdeki elementlerin kış dönemi ve yaz dönemi ortalamala değerlerine göre PM 2.5 ve bileşimindeki elementlerinden Be, Se, Sr, Pb, Ag, Tl, Sb ve Mo kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı >1 çıkmıştır. Kış döneminde yaz dönemine göre ortalama bazında PM2.5 2.39, Se 1.53, Sr 4.74, Pb 3.69, Ag 14.6, Tl 1.21, Sb 1.69 ve Mo 3.55 kat artmıştır (p=0,596). Kış döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %54, Na %24, K %7, Zn %4, Ca %4, B %3, Ba %3, Si %2, Mg %1 ve Fe %1 olarak bulunmuştur. Yaz döneminde PM2.5 bileşimindeki elementlerin yüzdelik değerleri sırasıyla; Al %59, Na %28, K %2, Ca %5, Zn %3, Al %4, B %1, Mg %1 ve Si %1 olarak bulunmuştur.

ÖNERİLER;

Kısa vadede;

1. PM10 ve PM2.5 içindeki zararlı elementlerin kaynakları belirlenmeli ve bu kaynakların söz konusu zararlı elementleri havaya vermeleri engellenmelidir.

2. Doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması için alt yapının oluşturulması ve maddi olarak halka destek sağlanmalıdır.

3. Kömür kullanımı zaruri ise yüksek kalorili, yıkanmış, elenmiş kükürt oranı %1'den az linyit; ya da kükürt oranı azaltılmış kalorifer yakıtı kullanımını sağlanmalıdır. Linyit kömürü kullanımı durumunda %2.5 oranında kireç katılmalıdır.

4. Binalarda ısı yalıtımına ve yeni binalarda merkezi ısıtma sistemleri kullanımına önem verilmesi, kalorifer ve doğalgaz kazanlarının periyodik olarak bakımı yapılmalı, bilinçsiz yakımların önüne geçmek için kalorifercilerin ateşçi eğitim kurslarına katılımı sağlanmalıdır.

5. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü ile ilgili etkin denetleme yapmak için ilgili personele kömür numunesi alma esas ve usulleri eğitimi aldırılmalıdır.

6. Acil durumlarda sağlık sonuçlarının önlenmesi açısından alınacak önlemlerle ilgili olarak İlçe Hıfzısıhha Kurulu kararlarından yararlanılmalıdır.

Orta vadede;

7. Kentsel gelişim doğrultusu hava sirkülasyonunun daha rahat bir şekilde sağlandığı biçimde yönlendirilmelidir.

8. İlçede büyük binaların veya kentsel alanda kalan küçük ölçekli sanayi tesislerinin bacalarında filtre sistemleri kullanılmalıdır.

9. Motorlu araçların egzoz gazlarının kirleticiliğini azaltacak önlemlerin alınmalı; ucuz toplu taşımacılığa ağırlık verilmeli, çevreyi daha az kirleten araç yakıtlarının kullanımının desteklenmeli ve özendirilmeli; araçların periyodik bakım ve egzoz emisyon ölçümlerinin periyodik olarak yapılmalıdır.

10. Yeni fabrikaların ve diğer kirletici tesislerin yerleşim yeri dışında ve uygun yerlere kurulması, bacaların uygun yükseklikte, süzgeç ve çöktürme araçları gibi gaz kirleticilerin yayılmasına engel olacak araçlar takılmalıdır.

Uzun vadede;

11. Tüm kirleticilerinin sınır değerlerinin DSÖ'nün kılavuz değerleri ile uyumlu hale getirilmesi için mevzuat düzenlemesinin yapılmalı, çalışmakta olan sanayi tesisleri için kurallar titiz biçimde uygulanmalı ve uyulmaması durumunda yaptırım uygulanmalıdır.

12. Hava kalitesi ölçüm istasyonları iyileştirilerek yeterli ölçüm yapılan gün sayısının artırılması ve ölçüm yapılan kirlilik parametrelerinin (PM10, PM2.5, SO₂, NO_x, O₃) tüm istasyonlarda ölçülmesi, verilerin güvenilir ve anlık erişilebilir olmalı, yeni ölçüm istasyonu yerleri seçilirken kentin havasını temsil edecek modellemeler yapılmalıdır.

13. PM2.5 konusunda DSÖ'nün kılavuz sınır değerleri ile uyumlu güvenli sınır değerler konusunda, hızla mevzuat düzenlemesi yapılması ve PM2.5 ölçümlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ilçeyi temsil gücü olan sayıda ve yerlerde ölçüm istasyonu kurulması gerekmektedir.

14. Endüstriyel yatırımların Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) izin süreçlerinde yatırımcılardan hava kirliliğinin kümülatif etkilerinin modellenmesinin talep edilmelidir. ÇED raporunun yanı sıra, Sağlık Etki Değerlendirmesi (SED) raporunun hazırlanması, bu yönde bağlayıcı yasal yükümlülükler eklenmesi ve Sağlık Bakanlığı'nın da sanayi tesislerinin izin süreçlerine aktif olarak dahil edilmelidir.

15. Hava kirliliğinin sağlık etkilerinin değerlendirilmesi ve kirliliğin azaltılması ile ilgili politika geliştirilmesinde, özellikle Sağlık Bakanlığı ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın interdisipliner ve eşgüdümlü yaklaşım benimsenmeli ve bu alanda çalışan meslek örgütleri ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliğine açık çalışmalar yürütülmesi gerekmektedir.

16. Enerji kaynağı olarak kömür ve türevi yakıtlı termik santrallere destek verilmesi yerine, yenilenebilir temiz enerji kaynakları desteklenmelidir.

17. Kentleşme topografik yapıya uygun, hava koridorlarını (hakim rüzgarların yön ve hareket biçimleri göz önüne alınarak) kapatmayacak şekilde planlanmalı ve yeterli büyüklükte yeşil alanlar yerleşim yerlerinin inşasından önce belirlenmelidir.

18. Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Arttırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik kapsamında kent merkezlerinde belediyelerce düşük emisyon bölgeleri oluşturulmalıdır.

19. Belediyelerce, ulaşım planlarında, topografik yapısı uygun güzergahlara bisiklet kullanımı özendirilmeli, özel yol ve park düzenlemeleri yapılmalıdır. Belediyeler, elektrik piyasasına ilişkin ilgili mevzuat hükümlerine uygun olmak kaydıyla, ulaşımında alternatif enerji sistemlerini teşvik etmek için elektrikli araçların otopark, cadde ve sokaklar üzerinde şarj edilebilmesini sağlayacak altyapı planları oluşturmalıdır.

20. Yerleşim planlamasında ve kentsel dönüşüm projelerinde motorlu taşıtların şehir girişlerinde veya belirlenen merkezlerde park edilebilmesi için otopark kurulması sağlanır. Bu otoparklara park eden sürücülerin otoparktan şehir merkezine gidiş ve dönüş güzergâhlarında hizmet veren toplu taşıma araçları kullanmalarını teşvik edici yöntemler geliştirilmelidir.

21. Hekimler hastalarının çevresel bilgilerini değerlendirmeli ve hastanın tıbbi geçmişine dahil etmelidir.

22. PM10-PM2.5 ve bileşimlerinin, sağlık etki değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların sayısı artırılmalıdır.

ÖZET

Hava kirliliği sanayi devrimi ile başlayan ve fosil yakıt tüketiminin artışına paralel olarak artmıştır ve günümüzde küresel ölçekte yaşanan önemli bir çevre ve halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Dünyada her yıl ölümlerin 4,2 milyonu sanayi, trafik ve ısınma gibi dış ortam ve 3,8 milyonu ise ev içinde yemek ve ısınma için yakılan yakıtlardan kaynaklı iç ortam hava kirliliğinin yol açtığı hastalıklara bağlı olarak toplam 8 milyon erken ölüm gerçekleşmektedir.

Çalışmamızın amacı Keşan İlçesi Marmara Temiz Hava Merkezi İstasyonunda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihleri arasında ölçülen PM_{10} - $PM_{2.5}$ değerlerinin değişiminin incelenmesi ve PM_{10} - $PM_{2.5}$ bileşimindeki elementlerin analiz edilerek ortaya konmasıdır. Ayrıca PM_{10} - $PM_{2.5}$ kirliliği ve bileşiminin olası sağlık etkileri araştırılarak, ilgili mercilerle paylaşılacaktır.

Keşan İlçesi Marmara Temiz Hava Merkezi İstasyonunda PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerleri, ölçüm sırasında bir filtre kâğıdı üzerinde saatlik olarak toplanmaktadır. Araştırmanın evrenini bu istasyonda 1 Haziran 2018-31 Aralık 2019 tarihinde ölçülen PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerleriyle aynı zaman aralığında toplanan PM_{10} ve $PM_{2.5}$ filtre kâğıtları oluşturmaktadır. Çalışmamızın bağımsız değişkeni PM_{10} - $PM_{2.5}$ 'in saatlik konsantrasyon değerlerinden; ortalama (günlük, aylık, kış, yaz, yıllık), aşan saat sayısı, aşan gün sayısı, günlük ortalamayı aşan gün sayısı ayrıca PM_{10} - $PM_{2.5}$ bileşimindeki elementlerden günlük, yaz, kış ortalamaları elde edilmiştir. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ bileşimindeki TÜTAGEM laboratuvarında araştırılan 26 element şunlardır: Be, B, Mg, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Pb, Ag, Tl, Na, K, Ba, Sb, Mo ve Si.

Çalışmamızda Keşan ilçesinde 2018 yılı için PM10 yıllık ortalaması $55,52 \pm 23,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM10 yıllık ortalaması $50,45 \pm 27,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM10 sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM10 sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, ülkemiz için 2018 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ve yine ülkemiz için 2019 yılı için belirlenen PM10 yıllık sınır değeri olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir. 2018 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması $40,03 \pm 25,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için PM2.5 yıllık ortalaması $31,64 \pm 21,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değerler DSÖ yıllık PM2.5 sınır değeri olan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün, AB yıllık PM2.5 sınır değeri olan $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üstündedir. Ülkemiz için PM2.5 sınır değerine ilişkin bir mevzuat yoktur. PM10 ve PM2.5 değerleri ortalama, aşan saat sayısı, aşan gün sayısı, günlük ortalamayı aşan gün bakımından kış döneminde yaz dönemine göre anlamlı olarak artmaktadır ($p < 0,001$). Analizi yapılan 26 elementin hepsi PM10 ve PM2.5 bileşiminde bulunmuştur. İncelenen dönemde PM10 bileşimindeki ağırlıklı olan elementler Al (%43), Na (%25,41), Ca (%10,53), K (%5,56), Ba (%5,53), Zn (%3,84), B (%2,26), Si (%1,29), Mg (%0,86), Fe (%0,66)'dır. PM2.5 bileşimindeki ağırlıklı olan elementler Al (%47,6), Na (%24,93), Ca (%13,34), K (%5,24), Zn (%4,99), B (%1,62), Si (%1,23), Mg (%0,88), Fe (%0,55)'dir. PM10 ve PM2.5 bileşimindeki elementlerin kış dönemi ortalamalarının yaz dönemi ortalamalarına oranı anlamlı değildir ($p > 0,05$).

Sonuç olarak Keşan ilçesinde PM10 ve PM2.5 kaynaklı hava kirliliği vardır. Özellikle kış döneminde daha fazla olan PM10 ve PM2.5 kaynaklı kirliliğin, DSÖ limitlerine düşürülmesi halinde olumsuz etkileri önlenilecektir.

Anahtar kelimeler: Keşan, hava kirliliği, PM10, PM2.5, eser elementler

INVESTIGATION OF PM₁₀ and PM_{2.5} CONTENT MEASURED IN THE AIR QUALITY MONITORING STATION IN KEŞAN DISTRICT

SUMMARY

Air pollution, which started with the industrial revolution and increased in parallel with the increase in fossil fuel consumption, has become an important environmental and public health problem on a global scale today. A total of 8 million premature deaths occur in the world every year, with 4.2 million of deaths caused by the external environment such as industry, traffic and heating, and 3.8 million due to diseases caused by indoor air pollution caused by the fuels burned for food and heating inside the home.

The aim of our study is to examine the change of PM₁₀-PM_{2.5} values measured between June 1, 2018 and December 31, 2019 at the Marmara Clean Air Center Station in Keşan District, and to analyze and reveal the elements in the composition of PM₁₀-PM_{2.5}. In addition, possible health effects of PM₁₀-PM_{2.5} pollution and its composition will be investigated and shared with relevant authorities.

PM₁₀ and PM_{2.5} values are collected hourly on a filter paper during the measurement at the Marmara Clean Air Center Station in Keşan District. The universe of the research consists of PM₁₀ and PM_{2.5} filter papers collected at this station at the same time interval with PM₁₀ and PM_{2.5} values measured on June 1, 2018 - December 31, 2019. From hourly concentration values of PM₁₀-PM_{2.5} which was the independent variable of our study; The average (daily, monthly, winter, summer, annual), the number of hours exceeding, the number of days exceeding the daily average where obtained and the daily, summer and winter averages were

obtained from the elements in the composition of PM10-PM2.5. The 26 elements investigated in the TÜTAGEM laboratory in PM10 and PM2.5 composition were: Be, B, Mg, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Cd, Pb, Ag, Tl, Na, K, Ba, Sb, Mo and Si.

In our study, the annual average of PM10 for 2018 in Keşan district was $55.52 \pm 23.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and for 2019, the annual average of PM10 was $50.45 \pm 27.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. These values correspond to WHO annual PM10 limit value of $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, EU annual PM10 limit value of $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 annual limit value determined for 2018 for our country, $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and again, it is above the annual limit value of PM10 determined for 2019 for our country, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For 2018, the annual average of PM2.5 was $40.03 \pm 25.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and for 2019, the annual average of PM2.5 was $31.64 \pm 21.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. These values are above the WHO annual PM2.5 limit value of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and the EU annual PM2.5 limit value of $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. There is no legislation regarding PM2.5 limit value for our country. PM10 and PM2.5 values increase significantly in winter period compared to summer period in terms of average, number of hours exceeding, number of days exceeding, and days exceeding daily average ($p < 0.001$). All 26 elements analyzed were found in PM10 and PM2.5 composition. The predominant elements in PM10 composition in the period examined were Al (43%), Na (25.41%), Ca (10.53%), K (5.56%), Ba (5.53%), Zn (3%, 84), B (2.26%), Si (1.29%), Mg (0.86%), Fe (0.66%). The predominant elements in PM2.5 composition are Al (47.6%), Na (24.93%), Ca (13.34%), K (5.24%), Zn (4.99%), B (% 1.62), Si (1.23%), Mg (0.88%), Fe (0.55%). The ratio of the winter period averages of the elements in PM10 and PM2.5 composition to the summer period averages is not significant ($p > 0.05$).

As a result, there is air pollution from PM10 and PM2.5 in Keşan district. If the pollution caused by PM10 and PM2.5, which is more especially in the winter period, is reduced to WHO limits, its negative effects can be prevented.

Keywords: Keşan, air pollution, PM10, PM2.5, trace elements

KAYNAKLAR

1. Atmosfer Nedir?[internet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>
2. Hava Kirliliği Raporu-2018[internet].TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (Erişim Tarihi: 22.06.2020). Available from: http://cmo.org.tr/resimler/ekler/9d62b3a2bb620a4_ek.pdf
3. Air pollution[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 01.06.2020). Available from: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
4. Başar P, Okyay P, Ergin F, Coşan S, Yıldız A. Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği 1997-2004. ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi 2005;6(3):11-15
5. More than 90% of the world's children breathe toxic air every day[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 14.07.2020). Available from: <https://www.who.int/news-room/detail/29-10-2018-more-than-90-of-the-worlds-children-breathe-toxic-air-every-day#:~:text=Every%20day%20around%2093%25%20of,and%20development%20at%20serious%20risk.>
6. Laumbach RJ. Outdoor air pollutants and patient health. American family physician 2010;81(2):175-180.
7. Health Effects of Particulate Matter[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 26.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
8. Air Pollution and Cancer[internet]. WHO (Erişim tarihi: 9.10.2020). <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/AirPollutionandCancer161.pdf>
9. The Air Pollution in Edirne, Turkey [internet]. (Erişim Tarihi: 21.07.2020) Available from: https://breathelife2030.org/city_data/edirne/
10. Güler Ç, Vaizoglu S. Halk sağlığı temel bilgiler kitabı. Hacettepe Üniversitesi Baskı 3, Cilt 2; 2015:670.

11. Atmosfer Oluşturan Gazlar? [internet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>
12. State of global air report 2020[internet]. Health Effects Institute(Erişim Tarihi: 15.10.2020) Available from: <https://www.stateofglobalair.org/>
13. Health Risk Assessment of Air Pollution[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 26.08.2020). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf
14. Air Pollutants[internet]. Environmental Protection Agency (Erişim Tarihi: 27.07.2020) Available from: <https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics>
15. Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri:Kara Rapor[internet]. THH (Erişim Tarihi:27.06.2020) Available from: <https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2019/08/Hava-Kirlilig%CC%86i-ve-Sag%CC%86l%C4%B1k-Etkileri-Kara-Rapor-2019.pdf>
16. Peşkircioğlu N. 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri: Küresel Verimlilik Hareketine Doğru. Kalkınmada Anahtar Verimlilik 2016;335:1-8
17. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 22.07.2020) Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1>
18. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri[internet]. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (Erişim Tarihi: 22.06.2020) Available from: <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals.html>
19. Chen TM, Shofer S, Gokhale J, Kuschner WG. Outdoor air pollution: overview and historical perspective. Am J Med Sci 2007;333:230-4.
20. Nemery B, Hoet PH, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. Lancet 2001;357:704-8.
21. Helfand WH, Lazarus J, Theerman P. Donora, Pennsylvania: an environmental disaster of the 20th century. Am J Public Health 2001;91:553.
22. Bell ML, Davis DL, Fletcher T. A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. Environ Health Perspect 2004;112:6-8.
23. Dış Ortam Hava Kirlenmesi[İnternet]. Sağlık Bilimleri Üniversitesi (Erişim tarihi: 01.10.2020). Available from: <https://sbu.saglik.gov.tr/Ekutuphane/kitaplar/css8.pdf>
24. Zencirci SA, Işıklı B. Hava Kirliliği. Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Derg 2017;2(2):24-36
25. Kopar İ, Zengin M. Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi. Türk Coğrafya Derg 2009;53:51-68.

26. Garipağaoğlu N. Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası (Hava-Su-Toprak Ekosistemleri Açısından), İstanbul: Yeditepe Yayınevi, 2015:15-256.
27. Menteşe S, Tağıl Ş. Bilecik'te İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkisi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Derg 2012;15(28):3-16.
28. Demir M. Dilovası'nda Hava Kirliliğinin Meteorolojik Açısından Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2015.
29. Yalçın G, Demircan M, Ulupınar Y, Bulut E. Klimatoloji – I, Ankara: DMİ Yayınları, 2005:34-190.
30. İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri[internet]. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü(Erişim tarihi:2.11.2020). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/iklim-saglik-etki.pdf>
31. Climate Change and Health [Internet]. WHO (Erişim tarihi: 09.09.2020). Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>
32. Güler Ç, Vaizoğlu S. Açık hava kirliliği. Halk Sağlığı Temel Bilgiler Kitabı. Hacettepe Üniversitesi Yayıncılık. 2. Baskı. 2. Cilt. 2012;683-90.
33. Kunt F, Dursun Ş. Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Derg 2018;1(1):54-61.
34. Klimatoloji-II[internet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/klimatoloji2.pdf>
35. Türkeş M. (2017). Genel Klimatoloji, İstanbul: Kriter Yayınları
36. Edirne-Keşan-MTHM 2019 Yıllık Analiz Raporu[internet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı(Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: https://kiathm.csb.gov.tr/media/otomatikRapor/2019/yillik/pdf/Edirne-Kesan-MTHM_Rapor.pdf
37. Alkan A. Hava Kirliliğinin Ciddi Boyutlara Ulaştığı Kentlere Bir Örnek: Siirt. Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Derg 2018;7(2):641-666.
38. Elbir T ve ark. İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Derg 2010;12(1):1-17.
39. Motorlu Kara Taşıtları[İnternet]. (Erişim Tarihi: 21.10.2020) Available from: <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33657>
40. Ulaşım Kaynaklı Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri[internet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı(Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/k5ZJrB8L2eyV.pdf
41. The Unpaid Health Bill[Internet]. The Health and Environment Alliance(Erişim tarihi: 01.10.2020). Available from: <http://www.env->

- health.org/IMG/pdf/heal_report_the_unpaid_health_bill_how_coal_power_plants_make_us_sick_final.pdf
42. Hava Kirliliği[internet]. TÜBİTAK(Erişim tarihi: 01.10.2020). Available from: https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-6.pdf
 43. Industrial air pollution cost Europe up to €169 billion in 2009, EEA reveals[internet]. EEA (Erişim tarihi: 01.10.2020). Available from: <https://www.eea.europa.eu/media/newsreleases/industrial-air-pollution-cost-europe>
 44. Industrial pollution in Europe[internet]. EEA(Erişim tarihi: 01.10.2020). Available from: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/industrial-pollution-in-europe-3/assessment?utm_medium=email&utm_campaign=EEA+Newsletter+-+March+2020&utm_content=EEA+Newsletter+-+March+2020+CID_f9a0ac4309aa8abc050a4a3a60748bad&utm_source=EEA+Newsletter&utm_term=Industrial+pollution
 45. İran’ın önemli Bir Çevre Sorunu: Hava Kirliliği [internet]. İran Araştırma Merkezi (Erişim Tarihi: 16.08.2020) Available from: https://iramcenter.org/d_hbanaliz/iranin-onemli-bir-cevre-sorunu-hava-kirliligi_1.pdf
 46. A Guide to Air Quality and Your Health [internet]. Environmental Protection Agency (Erişim Tarihi: 16.08.2020) Available from: https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-04/aqi_brochure_02_14_0.pdf
 47. Hava Kalitesi İzleme Sistemi [internet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim Tarihi: 15.08.2020) Available from: <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20S%C4%B0STEM%C4%B0>
 48. Hava Kalitesi İzleme Sistemi [internet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim Tarihi: 15.08.2020) Available from: <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20S%C4%B0STEM%C4%B0>
 49. Güler Ç, Vaizoğlu S. Halk sağlığı temel bilgiler kitabı. Hacettepe Üniv Baskı 3, Cilt 2; 2015:728-31.
 50. Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R. Indoor Air Pollution In Developing Countries: A Major Environmental And Public Health Challenge. Bulletin Of The World Health Organization, 2000;78(9):1078-1092.
 51. Jiang XQ, Mei XD, Feng D. Air Pollution and Chronic Airway Diseases: What Should People Know And Do? J Thorac Disease. 2016;8(1):31–40.
 52. Aytaç S, Tüfekçi U. Hasta Bina Sendromunun Azaltılmasında Ergonomik Önlemlerin Önemi. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi 2018;6:137-142.
 53. Güler Ç, Vaizoğlu S. Halk sağlığı temel bilgiler kitabı. Hacettepe Üniv Baskı 3, Cilt 2; 2015:684.

54. Ambient air pollution: Pollutants[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 29.06.2020). Available from: <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>
55. Güler Ç, Vaizoğlu S. Halk sağılığı temel bilgiler kitabı. Hacettepe Üniv Baskı 3, Cilt 2; 2015:685-6.
56. Ambient Air Pollution[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 15.08.2020) Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
57. Our Nation's Air[internet]. Environmental Protection Agency (Erişim Tarihi: 26.08.2020) Available from: <https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2018/#sources>
58. Air quality in Europe 2019 report [internet]. European Environment Agency (Erişim tarihi: 26.08.2020). Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>
59. Ambient air pollution: Pollutants[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 29.06.2020). Available from: <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>
60. Outdoor Air Pollution[internet]. International Agency for Research on Cancer (Erişim Tarihi: 10.08.2020) Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK368024/pdf/Bookshelf_NBK368024.pdf
61. Ecer A and et al. Mardin Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi. VII. Ulusal hava kirliliğı ve kontrolü sempozyumu; 1-3 Kasım 2017-Antalya.
62. Household Air Pollution and Health[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 8.08.2020) Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
63. Guliyev R, Akgün M. Ardahan'da Kullanılan Kömürün Hava Kirliliğine Etkisinin İncelenmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Derg 2020;22(2):86-96.
64. Ergüder TO. Erzincan Şehir Merkezinde Motorlu Taşıt Emisyonları Kaynaklı Hava Kirliliğı Düzeyinin Araştırılması (Tez). Erzincan: Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019
65. Motorlu Kara Taşıt Sayısı[internet]. Türkiye İstatistik Kurumu (Erişim Tarihi: 21.07.2020). Available from: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051.
66. Yakup C, Polat EE. Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Derg 2015;18(2):1-11.
67. Öztekin Z. Halk sağılığı kuramlar ve uygulamalar kitabı. Maltepe Üniv Baskı 1, Cilt 1;2020:766-7.
68. Hava Kirliliğı Modellemesi[İnternet]. Sakarya Hava Kalitesi Koruma ve İyileştirme Projesi (Erişim tarihi: 23.01.2021). Available from:

<http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava%20kirliligi%20ve%20modellemesi%20II.pdf>

69. Hava kirliliği[İnternet]. Ege Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü (Erişim tarihi: 23.01.2021). Available from: <https://egethm.csb.gov.tr/hava-ve-hava-kirliligi-i-87404>
70. Organization W.H., Regional Office for Europe; 2016. WHO Expert, Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany; 29 September-1 October 2015.
71. Bourdrel T, Bind MA, Béjot Y, Morel O, Argacha JF. Cardiovascular effects of air pollution. Arch Cardiovasc Dis 2017;110(11):634–42.
72. Genc S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K. The adverse effects of air pollution on the nervous system. J Toxicol 2012;782462. doi: 10.1155/2012/782462
73. Noncommunicable Diseases and Air Pollution [internet]. WHO (Erişim Tarihi: 28.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/397787/Air-Pollution-and-NCDs.pdf
74. Preventing noncommunicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors [internet]. WHO (Erişim Tarihi: 25.07.2020). Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258796/WHO-FWC-EPE-17.01-eng.pdf?sequence=1>
75. Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution- REVIHAAP Project[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 22.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
76. Watson JG. Görünürlük: Bilim ve düzenleme. Hava ve Atık Yönetimi Derneği Dergisi 2002;52(6):628-713
77. Particulate Matter Pollution[internet]. EPA (Erişim Tarihi: 09.08.2020) Available from: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>
78. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: A review. Frontiers in public health. 2020;8(14):1-13.
79. Trafik kaynaklı ince partiküllerin metal içeriğinin ve sağlık riskini belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Lisanüstü Eğitim Enstitüsü;2019
80. Hime N, Cowie C and Marks G. Review of the health impacts of emission sources, types and levels of hel air pollution in ambient air in NSW; 2015.
81. Air quality in Europe 2019 Report [internet]. European Environment Agency (Erişim tarihi: 28.08.2020). Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>

82. Taner S. İç Ortam Havasında Partikül Maddelerin Boyut Dağılımının Ve Elementel Kompozisyonunun İncelenmesi (Tez) Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;2012.
83. Stakeeva B. Trafiğin Yoğun Olduğu Çevrelerde Maruz Kalınan İnce Partikül Maddenin (Pm2.5) Belirlenmesi (Tez) İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;2008.
84. Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air [İnternet]. National Public Health Institute (Erişim Tarihi:02.09.2020) Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/12360617.pdf>
85. Dorjsuren U. İstanbul Üniversitesi Avcılar Yerleşkesi'nde Solunabilir Partikül Maddenin Boyut Dağılımının Ve Element İçeriğinin İncelenmesi (Tez) İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;2008.
86. Positive Matrix Factorization Model for Environmental Data Analyses [Internet]. EPA (Erişim Tarihi: 22.10.2020). Available from: <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>
87. Ambient air pollution: Pollutants [Internet]. WHO (Erişim tarihi: 13.04.2017). Available from: <http://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>
88. Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri [Internet]. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 13.11.2020). Available from: <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi/hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Fl%C4%B1k-etkileri.html>.
89. Bilir N. İş Sağlığı ve Güvenliği kitabı. Güneş tıp kitabevleri Baskı 2 Cilt 1; 2016:193-221.
90. Health Effects of Particulate Matter[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 26.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
91. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide [internet]. Air Quality Guidelines Global Update 2005 (Erişim Tarihi: 13.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf
92. Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri: Kara Rapor[internet]. THH (Erişim Tarihi:02.09.2020) Available from: https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2020/08/Kara_Rapor_2020.pdf
93. Nieuwenhuijsen M, Basagana X, et al. Air pollution and human fertility rates. Environment International 2014;70(1):9–14.
94. The Clinical Respiratory Journal, Volume: 11, Issue: 5, Pages: 539-546, First published: 25 September 2015, DOI: (10.1111/crj.12389)
95. Poschl U. Atmospheric aerosols: Composition, transformation, climate and health effects. Angew Chem Int Ed Engl 2005;44(46): 7520-7540.

96. Clear the air for children[internet]. UNICEF (Erişim Tarihi: 14.08.2020). Available from: https://www.unicef.org/publications/files/UNICEF_Clear_the_Air_for_Children_30_Oct_2016.pdf
97. Salvi S. Health effects of ambient air pollution in children. Paediatric Respiratory Reviews 2007;8(4):275-280
98. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, et al. Acute Effects Of Ozone On Mortality From The “Air Pollution And Health: A European Approach” Project. Am J Respir Crit Care Med 2004;170(10):1080–7.
99. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution[internet]. WHO Regional Office Europe. (Erişim Tarihi:21.06.2020) Available from: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78647/E91843.pdf?ua=1
100. Health Effects of Particulate Matter[internet]. WHO (Erişim Tarihi: 26.07.2020). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
101. Bell ML, Davis DL. Reassessment Of The Lethal London Fog Of 1952: Novel Indicators Of Acute And Chronic Consequences Of Acute Exposure To Air Pollution. Environmental Health Perspectives 2001;109(Suppl 3):389–394.
102. Alıcılar A, Gürü M, Murathan A, Akkurt F. Baca Gazlarındaki Azot Oksitlerin Bentonit Üzerine Adsorpsiyon Yoluyla Dolgulu Kolonlarda Giderilmesi. GÜ Fen bilimleri Derg 2003;16(2):319-325.
103. Gillespie-Bennett J, Pierse N, Wickens K, Crane J, Howden-Chapman P. The Respiratory Health Effects Of Nitrogen Dioxide In Children With Asthma, European Respiratory Journal 2011;38(2):303-9.
104. Air quality in Europe 2018 report[internet]. European Environment Agency (Erişim tarihi: 26.05.2020). Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>
105. Troposferik Ve Stratosferik Ozon [internet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: <https://mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/ozonuv/tsozon.pdf>
106. Shore SA. The metabolic response to ozone. Frontiers in Immunology 2019;10(2890):1-7.
107. Yer Seviyesi Ozon Kirliliğı[İnternet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 01.06.2020). Available from: https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Ozon_kirlili%C3%84%C5%B8i_bilgi_notu.pdf
108. Nuvolone D, Petri D, Voller F. The effects of ozone on human health. Environ Sci Pollut Res 2018;25(9):8074–88.
109. Massachusetts Department of Public Health;2017[internet]. Massachusetts State Health Assessment (Erişim Tarihi:17.06.2020) Available from:

<https://www.mass.gov/files/documents/2017/11/03/2017%20MA%20SHA%20final%20compressed.pdf>

110. Alam K, Hankey GJ. Global, Regional, And National Comparative Risk Assessment Of 84 Behavioural, Environmental And Occupational And Metabolic Risks Or Clusters Of Risks, 1990-2016: A Systematic Analysis For The Global Burden Of Disease Study 2016. Lancet 2017;390(10100):1345-422
111. Carbon Monoxide's Impact on Indoor Air Quality[internet]. EPA (Erişim Tarihi: 01.08.2020). Available from: https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality#Health_Effects
112. WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018) [internet]. WHO (Erişim Tarihi: 29.07.2020). Available from: <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>
113. WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database; 2018.
114. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası [internet]. Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 2.07.2020). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2709.pdf>
115. Çevre Kanunu [internet]. Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 24.06.2020). <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2872.pdf>
116. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği[internet]. T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete (Erişim Tarihi: 9.06.2020). Available from: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm>
117. Yönetmelikler[internet]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim tarihi: 02.07.2020). Available from: <http://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440>
118. Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği [internet]. Resmi Gazete (Erişim tarihi: 02.07.2020). Available from: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100608-4.htm>
119. 1. Ulusal Hava Kalitesi Yönetimi Çalıştay[internet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim tarihi:24.07.2020). Available from: http://www.cevreshirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/7oOlfFELT7pu.pdf
120. Uluslararası Çevre Koruma Sözleşmeleri [internet]. Türkiye Barolar Birliği (Erişim tarihi:24.07.2020). Available from: http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/0a964846d55e228_ek.pdf
121. Çevre Yönetimi [internet]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim tarihi: 02.07.2020). Available from: <http://cygm.csb.gov.tr/gorev-i-18>
122. Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı Görev Tanımı [internet]. Sağlık Bakanlığı (Erişim tarihi: 2.07.2020). Available from: <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-baskanligimiz/g%C3%B6rev-tan%C4%B1m%C4%B1.html>
123. Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü Görev ve Çalışma Yönetmeliği [internet]. Beşiktaş Belediyesi (Erişim tarihi: 2.07.2020). Available from: <http://besiktas.bel.tr/Resimler/file/%C3%87evre%20Koruma%20ve%20Kontrol%20M>

%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20G%C3%B6rev%20ve%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fma%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi.pdf

124. Platform Bileşenlerimiz[İnternet]. Temiz Hava Hakkı Platformu (Erişim tarihi: 2.07.2020). Available from: <https://www.temizhavahakki.com/platform-bilesenlerimiz/>
125. Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü [İnternet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Erişim Tarihi: 29.03.2021) Available from: <https://mthmm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-olcum-istasyonlarimiz-i-85693>
126. Edirne İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu; 2020 [İnternet]. ÇŞB (Erişim tarihi: 29.03.2021). Available from: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/edirne/icerikler/2019-yili-edirne-il--cevre-durum-raporu-n-ha--20201216122442.pdf>
127. Keşan İlçesi için Genel Bilgiler[İnternet]. T.C. Keşan Belediyesi (Erişim tarihi: 2.9.2020). Available from: <https://www.kesan.bel.tr/kesan/cografi-bilgiler.html>
128. Özşahin E, Eroğlu İ, Pektezel H. Keşan'da (Edirne) Hava Kirliliği. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Derg 2016;36:83-100.
129. Edirne Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü, 25.03.2021 tarihli ve E-88437992-103.01-26091 sayılı yazı
130. Edirne Keşan MTHM 2019 Yıllık Analiz Raporu[İnternet]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı(Erişim tarihi: 2.10.2020). Available from: https://kiathm.csb.gov.tr/media/otomatikRapor/2019/yillik/pdf/Edirne-Kesan-MTHM_Rapor.pdf
131. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları[İnternet]. Türkiye İstatistik Kurumu (Erişim Tarihi: 15.10.2020). Available from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
132. Yıllara göre Keşan nüfusu[İnternet]. Trakyanet (Erişim tarihi: 2.10.2020). Available from: <https://www.trakyanet.com/istatistikler/nufus/yillara-gore-nufus/yillara-gore-nufus-edirne.html>
133. Keşan Belediyesi, 06.11.2020 tarihli ve 13930723045.99.02.01E. 194155 sayılı yazı
134. Kurtar E, Yılmaz M, Hereke Sığın İ. Keşan'da Hava Kirliliği ve Halk Sağlığı Raporu. Keşan İlçe Sağlık Müdürlüğü Toplum Sağlığı Merkezi, Keşan (2015).
135. Sanayi ve Ticaret[İnternet]. Keşan Ticaret Borsası (Erişim tarihi: 2.9.2020). Available from: http://www.kesantb.org.tr/site/kesanin_tarihcesi
136. Coğrafi Bilgi Haritası[İnternet] ÇŞB (Erişim Tarihi: 15.10.2020) Available from: <http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>
137. Keşan MTHM istasyonun tahmini temsil alanı[İnternet]. Tarım ziraat(Erişim tarihi: 2.10.2020). Available from: https://www.tarimziraat.com/tarimsal_harita_uygulamaları/haritadan_daire_cizme.php

138. Keşan MTHM[İnternet]. Google Earth (Erişim tarihi: 11.9.2020). Available from: <https://earth.google.com/web/search/ke%c5%9fan+hava+%c3%b6l%c3%a7%c3%bcm/@40.85136456,26.63520489,131.80956909a,219.66850242d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgo kCS08CHt0bURAEau5hKN7bERAGbJq2mrEpDpAIRpuwU4mnzpA>
139. BAM-1020[İnternet]. Econorm(Erişim tarihi: 2.07.2020). Available from: http://www.econorm.com.tr/site/assets/files/1220/bam1020_datasheet.pdf
140. Li MH, Fan LC, Mao B, Yang JW, Choi AM, Cao WJ, et al. Short-term exposure to ambient fine particulate matter increases hospitalizations and mortality in COPD: a systematic review and meta-analysis. *Chest* 2016;149(2):447-58.
141. Ozcan NS, Cubukcu KM. Evaluation of air pollution effects on asthma disease: The case of Izmir. *Procedia Soc Behav Sci* 2015;202:448-55.
142. Pun VC, Kazemiparkouhi F, Manjourides J, Suh HH. Long-term PM_{2.5} exposure and respiratory, cancer, and cardiovascular mortality in older US adults. *American journal of epidemiology* 2017;186(8):961-9.
143. Altunok A. 2015-2017 Yılları Arasında Trakya’da Partiküler Madde Kirliliği Ve Mortalite İlişkisinin Değerlendirilmesi (Tez). Edirne: Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2019.
144. Yorulmaz F, Altunok A, Eskiocak M, Tokuç B. Edirne Keşan İlçesinde 2015-2016 Kış Dönemi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi. 1. Uluslararası Çevre, Şehir ve Sağlık Kongresi, Kıbrıs; 2016.
145. Eskiocak M, Altunok A, Yorulmaz F, Tokuç B. Kırklareli İli 2015-2016 Kış Dönemi Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi. 1. Uluslararası Çevre, Şehir ve Sağlık Kongresi, Kıbrıs; 2016.
146. Bozkurt Z. PM₁₀ ve PM_{2.5} Boyutundaki Atmosferik Partiküllerin Bölgesel, Mevsimsel Değişimlerinin ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilerinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Derg* 2018;6(4):1305-20.
147. Sari MF, Esen F. PM₁₀ Ve SO₂ Konsantrasyonları Ve Meteorolojik Parametrelerin Konsantrasyonlar Üzerine Etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Derg* 2019;8(2):689-97.
148. Kahraman O. Nevşehir İlinde Hava Kalitesinin ve Meteorolojik Faktörlerin Hava Kirliliği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Derg* 2020;6(2):391-404.
149. Türkiye Ortalama Rüzgar [İnternet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 29.03.2021). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Ruzgar-2020.pdf>
150. Türkiye Ortalama Nem [İnternet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim tarihi: 29.03.2021). Available from: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Nem-2020.pdf>
151. Edirne İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu; 2020[İnternet]. ÇŞB (Erişim tarihi: 2.04.2021) Available from: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/edirne/icerikler/2019-yili-ed-rne-il--cevre-durum-raporu-n-ha--20201216122442.pdf>

152. Bozkurt Z, Taşpınar F, Gaga EO, Döğeroğlu T, Üzmez ÖÖ, Pekey B, et al. Düzce İlinde Partikül Madde (PM10) Konsantrasyonlarının ve Element İçeriklerinin Belirlenmesi. VI. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu; 7-9 Ekim 2015-İzmir.
153. Süren P. Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin; PM2.5 Ve PM10 Boyut Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi (Tez). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi; 2007.
154. Çelik İ, Kılavuz SA, İmamoğlu İ. Ankara Atmosferindeki Aerosollerin Kimyasal Kompozisyonlarının Belirlenmesi. VI. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu; 7-9 Ekim 2015-İzmir.
155. Yatkın S. Elemental Concentrations in İzmir Atmosphere and Their Source Apportionment (Tez). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen bilimleri Fakültesi; 2006.
156. Polat G. İstanbul Atmosferindeki Farklı Boyutlardaki Partikül Maddenin Metal İçeriğinin Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2011.
157. Kara M, Hopke PK, Dumanoglu Y, Altıok H, Elbir T, Odabasi M, et al. Characterization of PM using multiple site data in a heavily industrialized region of Turkey. Aerosol and Air Quality Research 2015;15:11-27.
158. Sağır E. Chemical Composition Of Particles At A Rural Site At Northwestern Turkey: Gateway To The Central Anatolian Plateau (Tez). Bolu; Abant İzzet Baysal Üniversitesi; 2013.
159. Dorjsuren U. İstanbul Üniversitesi Avcılar Yerleşkesi'nde Solunabilir Partikül Maddenin Boyut Dağılımının Ve Element İçeriğinin İncelenmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2012.
160. Tepe AM, Doğan G. Chemical characterization of PM2.5 and PM2.5–10 samples collected in urban site in Mediterranean coast of Turkey. Atmospheric Pollution Research 2021;12(1):46-59.
161. Balcılar İ, Zararsız A, Kalaycı Y, Doğan G, Tuncel G. Chemical composition of Eastern Black Sea aerosol—preliminary results. Science of The Total Environment 2014;488:422-428.
162. Tecer LH, Tuncel G, Karaca F, Alagha O, Süren P, Zararsız A, et al. Metallic composition and source apportionment of fine and coarse particles using positive matrix factorization in the southern Black Sea atmosphere. Atmospheric Research 2012;118:153-169.
163. Onat B, Sahin UA, Akyuz T. Elemental characterization of PM2.5 and PM1 in dense traffic area in Istanbul, Turkey. Atmospheric Pollution Research 2013;4(1):101-105.
164. Karaca F. Büyükçekmece bölgesine taşınan aerosollerdeki metal konsantrasyonlarının incelenmesi ve modellenmesi (Doctoral dissertation). İstanbul: YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü; 2005.
165. Munzur B. Chemical Composition Of Atmospheric Particles in The Aegean Region (Tez). Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi; 2008.

166. Öztürk F, Keleş M. Wintertime chemical compositions of coarse and fine fractions of particulate matter in Bolu, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research* 2016;23(14):14157-72.
167. Oruc HN, Ozdemir H, Flores RM, Sezen I, Akkoyunlu B, Demir G, et al. A study of metallic composition in the daily PM_{2.5} samples at Kırklareli, Turkey. 18th World Clean Air Congress; 23-27 September 2019, İstanbul.
168. Balçılar İ. Chemical Composition of Atmospheric Particles as a Tool to Identify Sources Affecting Aerosol Population in The Eastern Black Sea Atmosphere (Tez). Ankara; Orta Doğu Teknik Üniversitesi; 2018.
169. Goli T. Identification and Source Apportionment of Trace Elements in Urban and Suburban Area of Ankara (Tez). Ankara; Orta Doğu Teknik Üniversitesi; 2017.
170. Karadeniz H. Composition and Source Apportionment Of Atmospheric Particulate Matter: Bolu Case (Tez). Bolu: Abant İzzet Baysal University Graduate School Of Natural and Applied Sciences; 2017.
171. Fıçııcı M. Çorlu İlçesi Kent Atmosferinde Partikül Maddelerin Metalik Kompozisyonunun Ve Kaynak Katkılarının Belirlenmesi (Tez). Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2017
172. Hueglin C, Gehrig R, Baltensperger U, Gysel M, Monn C, Vonmont H. Chemical characterisation of PM_{2.5}, PM₁₀ and coarse particles at urban, near-city and rural sites in Switzerland. *Atmospheric Environment* 2005;39(4):637-51.
173. Pallarés S, Gómez E, Martínez A, Jordán MM. The Relationship Between Indoor and Outdoor Levels of PM₁₀ and Its Chemical Composition at Schools in a Coastal Region In Spain. *Heliyon* 2019;5(8):e02270.
174. Sharma SK, Mandal TK, Saxena M, Sharma A, Gautam R. Source Apportionment of PM₁₀ by Using Positive Matrix Factorization at an Urban Site of Delhi, India. *Urban climate* 2014;10:656-70.
175. Murillo JH, Roman SR, Marin JFR, Ramos AC, Jimenez SB, Gonzalez BC, et al. Chemical characterization and source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in the metropolitan area of Costa Rica, Central America. *Atmospheric Pollution Research* 2013;4(2):181-190.
176. Perrino C, Marcovecchio F, Tofful L, Canepari S. Particulate matter concentration and chemical composition in the metro system of Rome, Italy. *Environmental Science and Pollution Research* 2015;22(12):9204-14.
177. Li Y, Wu A, Wu Y, Xu J, Zhao Z, Tong M, et al. Morphological characterization and chemical composition of PM_{2.5} and PM₁₀ collected from four typical Chinese restaurants. *Aerosol Science and Technology* 2019;53(10):1186-96.
178. Ramírez O, de la Campa AMS, Sánchez-Rodas D, Jesús D. Hazardous trace elements in thoracic fraction of airborne particulate matter: Assessment of temporal variations, sources, and health risks in a megacity. *Science of The Total Environment* 2020;710: 136344.

179. Khan MF, Hirano K, Masunaga S. Quantifying the sources of hazardous elements of suspended particulate matter aerosol collected in Yokohama, Japan. *Atmospheric Environment* 2010;44(21-22):2646-57.
180. Dubey B, Pal AK, Singh G. Trace metal composition of airborne particulate matter in the coal mining and non-mining areas of Dhanbad Region, Jharkhand, India. *Atmospheric Pollution Research* 2012;3(2):238-46.
181. López ML, Ceppi S, Palancar GG, Olcese LE, Tirao G, Toselli BM. Elemental concentration and source identification of PM₁₀ and PM_{2.5} by SR-XRF in Córdoba City, Argentina. *Atmospheric Environment* 2011;45(31):5450-57.
182. Gholampour A, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Taghipour H, Rafee M, Alizadeh Z, et al. Characterization and source identification of trace elements in airborne particulates at urban and suburban atmospheres of Tabriz, Iran. *Environmental Science and Pollution Research* 2016;23(2):1703-13.
183. Maenhaut W, Vermeylen R, Claeys M, Vercauteren J, Roekens E. Sources of the PM₁₀ aerosol in Flanders, Belgium and re-assessment of the contribution from wood burning. *Science of the Total Environment* 2016;562:550-60.
184. Szigeti T, Dunster C, Cattaneo A, Cavallo D, Spinazzè A, Saraga DE, et al. Oxidative potential and chemical composition of PM_{2.5} in office buildings across Europe—The OFFICAIR study. *Environment international* 2016;92:324-33.
185. Wang X, He S, Chen S, Zhang Y, Wang A, Luo J, et al. Spatiotemporal characteristics and health risk assessment of heavy metals in PM_{2.5} in Zhejiang Province. *International Journal of environmental research and public health* 2018;15(4):583.
186. Xia L, Gao Y. Characterization of trace elements in PM_{2.5} aerosols in the vicinity of highways in northeast New Jersey in the US east coast. *Atmospheric Pollution Research* 2011;2(1):34-44.
187. Sanguineti PB, Lanzaco BL, López ML, Achad M, Palancar GG, Olcese LE. PM_{2.5} monitoring during a 10-year period: Relation between elemental concentration and meteorological conditions. *Environmental monitoring and assessment* 2020;192(5):1-19.
188. Raysoni AU, Armijos RX, Weigel MM, Echanique P, Racines M, Pingitore NE, et al. Evaluation of sources and patterns of elemental composition of PM_{2.5} at three low-income neighborhood schools and residences in Quito, Ecuador. *International journal of environmental research and public health* 2017;14(7):674.
189. Grivas G, Cheristanidis S, Chaloulakou A, Koutrakis P, Mihalopoulos N. Elemental composition and source apportionment of fine and coarse particles at traffic and urban background locations in Athens, Greece. *Aerosol and Air Quality Research* 2018;18(7):1642-1659.
190. Ogundele LT, Owoade OK, Olise FS, Hopke PK. Source identification and apportionment of PM_{2.5} and PM_{2.5–10} in iron and steel scrap smelting factory environment using PMF, PCFA and UNMIX receptor models. *Environmental monitoring and assessment* 2016;188(10):1-21.

191. Murillo JH, Roman SR, Marin JFR, Ramos AC, Jimenez SB, Gonzalez BC, et al. Chemical characterization and source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in the metropolitan area of Costa Rica, Central America. *Atmospheric Pollution Research*, 2013;4(2):181-190.
192. Sofowote UM, Rastogi AK, Debosz J, Hopke PK. Advanced receptor modeling of near–real–time, ambient PM_{2.5} and its associated components collected at an urban–industrial site in Toronto, Ontario. *Atmospheric Pollution Research* 2014;5(1):13-23.
193. Lü S, Zhang R, Yao Z, Yi F, Ren J, Wu M, et al. Size distribution of chemical elements and their source apportionment in ambient coarse, fine, and ultrafine particles in Shanghai urban summer atmosphere. *Journal of Environmental Sciences* 2012;24(5):882-90.
194. Tan JH, Duan JC, Ma YL, Yang FM, Cheng Y, He KB, et al. Source of atmospheric heavy metals in winter in Foshan, China. *Science of the total environment* 2014;493:262-70.
195. Park SS, Cho SY, Jo MR, Gong BJ, Park JS, Lee SJ. Field evaluation of a near–real time elemental monitor and identification of element sources observed at an air monitoring supersite in Korea. *Atmospheric Pollution Research* 2014;5(1):119-28.
196. Mansha M, Ghauri B, Rahman S, Amman A. Characterization and source apportionment of ambient air particulate matter (PM_{2.5}) in Karachi. *Science of the Total Environment* 2012;425:176-183.
197. De Miranda RM, de Fatima Andrade M, Ribeiro FND, Francisco KJM, Pérez-Martínez PJ. Source apportionment of fine particulate matter by positive matrix factorization in the metropolitan area of São Paulo, Brazil. *Journal of cleaner production* 2018;202:253-63.
198. Wolf K, Stafoggia M, Cesaroni G, Andersen ZJ, Beelen R, Galassi C, et al. Long-term exposure to particulate matter constituents and the incidence of coronary events in 11 European cohorts. *Epidemiology* 2015;26(4):565-74.
199. Hampel R, Peters A, Beelen R, Brunekreef B, Cyrys J, de Faire U, et al. Long-term effects of elemental composition of particulate matter on inflammatory blood markers in European cohorts. *Environment international* 2015;82:76-84.
200. Zhang Z, Weichenthal S, Kwong JC, Burnett RT, Hatzopoulou M, Jerrett M, et al. A Population-Based Cohort Study of Respiratory Disease and Long-Term Exposure to Iron and Copper in Fine Particulate Air Pollution and Their Combined Impact on Reactive Oxygen Species Generation in Human Lungs. *Environmental Science and Technology* 2021;55(6):3807-18.
201. Badaloni C, Cesaroni G, Cerza F, Davoli M, Brunekreef B and Forastiere F. Effects of long-term exposure to particulate matter and metal components on mortality in the Rome longitudinal study. *Environment international* 2017;109:146-54.
202. Health Impact Of Ambient Air Pollution In Serbia: A Call To Action (2019) [Internet]. WHO (Erişim tarihi: 07.01.2021). Available from: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0020/412742/Health-impact-pollution-Serbia.pdf

203. Yang Y, Ruan Z, Wang X, Yang Y, Mason TG, Lin H, et al. Short-term and long-term exposures to fine particulate matter constituents and health: a systematic review and meta-analysis. *Environmental pollution* 2019; 247:874-82.
204. Basagaña X, Jacquemin B, Karanasiou A, Ostro B, Querol X, Agis D, et al. Short-term effects of particulate matter constituents on daily hospitalizations and mortality in five South-European cities: results from the MED-PARTICLES project. *Environment international* 2015;75:151-8.
205. Bilenko N, Brunekreef B, Beelen R, Eeftens M, de Hoogh K, Hoek G, et al. Associations Between Particulate Matter Composition And Childhood Blood Pressure—the PIAMA study. *Environment international* 2015;84:1-6.
206. Nkomo P, Mathee A, Naicker N, Galpin J, Richter LM, Norris SA. The association between elevated blood lead levels and violent behavior during late adolescence: The South African Birth to Twenty Plus cohort. *Environment international* 2017;109:136-45.
207. Gump BB, Dykas MJ, MacKenzie JA, Dumas AK, Hruska B, Ewart CK, et al. Background lead and mercury exposures: Psychological and behavioral problems in children. *Environmental research* 2017;158:576-82.
208. Cesaroni G, Cerza F, Davoli M, Michelozzi P. Elemental constituents of particulate matter and pregnancy outcomes. *Environmental Epidemiology* 2019;3:56.
209. Gül İ. Edirne Merkez İlçede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen Partiküler Madde 10 (PM10) Bileşiminin Araştırılması (Tez). Edirne: Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2018
210. Arkant C. Edirne Merkez İlçe ve Keşan'da 2015-2016 Döneminde Hava Kirliliğinin Doğum Sonuçlarına Etkileri (Tez). Edirne: Trakya Üniveristesi Tıp Fakültesi; 2017

EKLER



Ek-1. Etik Kurul İzni.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU Edirne, Türkiye

ARAŞTIRMA BAŞVURUSU/ ONAYBAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU	TUTF-BAEK 2018/285	
	PROTOKOL ADI	Keşan İlçesinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen PM10 ve PM2.5 İçeriğinin Araştırılması	
	SORUMLU ARAŞTIRICI UNVANI / ADI	Prof. Dr. Faruk YORULMAZ	
	ARAŞTIRMA MERKEZİ		
	DESTEKLEYİCİ		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	Tek Merkez Ulusal	Çok Merkez Uluslararası
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 14/03	Tarih: 13.04.2018	
	Fakültemiz Halk Sağlığı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Faruk YORULMAZ'ın sorumluluğunda yapılması planlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen Araş. Gör. Dr. Mesut ÖZKÜTÜKÇÜ'nün tez çalışmasının araştırma başvuru dosyasını ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş; araştırmaya ilişkin giderlerin gönüllüye ve/veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödölmediği koşullarda ve veri toplanacak yerlerden gerekli izinler alındıktan sonra gerçekleştirilmesinde etik bilimsel standartlar açısından sakınca bulunmadığına mevcudun oy birliği ile karar verilmiştir.		
ETİK KURUL BİLGİLERİ			
ÇALIŞMA ESASI	Helsinki Bildirgesi, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu, TUTF-BAEK Yönergesi		

ÜYELER

İsim/Ad/ Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İlişki(*)	Katılım (**)	İmza
Prof. Dr. Ülfet VATANSEVER ÖZBEK Başkan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Ruşen KÖSE ÇINAR Başkan Yardımcısı	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Ruh Sağ. ve Has. A.D.	K	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi Rıhan Deoiz TOPUZ Üye	Tabii Farmakoloji	T.Ü.T.F. Tıbbi Farmakoloji A.D.	K	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi F. Naci TURAN Üye	Biyoistatistik	T.Ü.T.F. Biyoistatistik A.D.	K	E H	E H	
Doç. Dr. Hakan GÜRKAN Üye	Tabii Genetik	T.Ü.T.F. Tıbbi Genetik A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Hasan UMIT Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi Oktay KAYA Üye	Fizyoloji	T.Ü.T.F. Fizyoloji A.D.	E	E H	E H	
Doç. Dr. Cüneyt Sadık ZORKUN Üye	Kardiyoloji	T.Ü.T.F. Kardiyoloji A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Muzaffer ESKİOCAK Üye	Halk Sağlığı	T.Ü.T.F. Halk Sağlığı A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Niyazi Cenk SAYIN Üye	Kadın Hastalıkları ve Doğum	T.Ü.T.F. Kadın Hastalıkları ve Doğum A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Sevil HEKİMOĞLU ŞAHİN Üye	Anestezi ve Reanimasyon	T.Ü.T.F. Anestezi ve Reanimasyon A.D.	K	E H	E H	
Prof. Dr. Atakan SEZER Üye	Genel Cerrahi	T.Ü.T.F. Genel Cerrahi A.D.	E	E H	E H	
Avukat Özden İPÇİ Üye		T.O. Reklamcılık	E	E H	E H	
Emekli Öğretimci Sinan SEÇKİN Üye		Serbest Üye	E	E H	E H	

*Araştırma ile ilişki
**Toplantıda Bulunma

Prof. Dr. Ahmet ZEL

Ek-2. Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü'nün 27.09.2018 Tarih ve 13930723-045.99-E.123810 Sayılı Yazısı.



T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü

Sayı : 83626245-125.02.01-E.172245
Konu : Hava Kalitesi

02.10.2018

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Trakya Üniversitesi Rektörlüğü 22030 Balıkesir Yerleşkesi/ EDİRNE)

İlgi : 27.09.2018 tarihli ve 13930723-045.99-E.123810 sayılı yazınız.

İlgi yazıda, üniversiteniz Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Faruk YORULMAZ'ın yürütücüsü olduğu, Halk Sağlığı Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Dr. Mesut ÖZKÜTÜKÇÜ'nün "Keşan İlçesi'nde Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen PM10 ve PM2.5 İçeriğinin Araştırılması" adlı tez çalışmasını yapabilmesi için PM10 ve PM2.5 disklerinin alınması talep edilmektedir.

Kurumunuza ait Keşan İlçesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'nda kullanılan PM10 ve PM2.5 disklerinin tarafınızdan alınması uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi rica ederim.



e-imzalıdır

Ramazan ÖZÇELİK
Bölge Temiz Hava Merkezi Müdürü

Şahin İNCE
Evrak Birim Sorumlusu

Elektronik İmza
02.10.2018

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Tespkiye Mah. Dumlupınar Sk. No:7/A Şişli / İSTANBUL
Telefon No: 0 212 231 0721 Faks No: 0 212 231 08 91

Bilgi için: Özkan ÇAPRAZ
Mülhendis

**Ek-3a. Keşan Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nün
11/12/2020 Tarih ve 045.99-E.480676 Sayılı Yazısı.**

Evrak Tarih ve Sayısı: 09/12/2020-247403



T.C.
KEŞAN BELEDİYE BAŞKANLIĞI
İmar ve Şehircilik Müdürlüğü

Sayı : E-14696342-000-12165
Konu : Bilgi/Belge Talebi (Arş. Gör. Dr. Mesut ÖZKÜTÜKÇÜ)

08/12/2020

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Genel Sekreterlik)

İlgi : 06.11.2020 tarihli ve 13930723-045.99.02.01-E.194155 sayılı yazınız

İlgi sayılı yazı ile; Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Faruk YORULMAZ'ın danışmanlığında Arş. Gör. Dr. Mesut ÖZKÜTÜKÇÜ tarafından yürütülmekte ve 2018 tarih ve 316 sayılı TÜBAP projesi olarak desteklenmekte olan "Keşan İlçesinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen PM10 ve PM2.5 içeriğinin araştırılması" başlıklı uzmanlık tezi için söz konusu yazı ekinde talep edilen bilgilere ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir.

Keşan İlçesinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen PM10 ve PM2.5 içeriğinin araştırılması" proje kapsamında istenilen bilgiler;

1) İlçemizde Toplam 10.063 adet Bina, 30.125 adet bağımsız bölüm, 6.194 adet işyeri-ofis ve 197 adet Kamu Binası bulunmaktadır.

2) İlçe merkezimizde 38.124,36 m2 yeşil alan ve 467,371,68 m2 park alanı vardır.

3) Keşan'da 2017 yılı Şubat ayından itibaren doğalgaz kullanımına başlanmış olup ilçe merkezinde doğalgaz kullanım oranı %60'tır. 2019 yılı fosil yakıt kullanım miktarı 10782 tondur. Belediye çevre denetim ekipleri tarafından sürekli olarak İlçemize giren kömürlerin kontrolü yapılmakta, kriterlere uygun olmayan kömürler toplatılmakta, uygunsuz kömürleri satan kömür satıcılarına ve alımını yapanlara gerekli idari yaptırımlar uygulanmaktadır. Kalorifer kazanlarının genel bakımları ve temizliği yılda bir defa, rutin temizliği her hafta düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Binaların baca temizliği yılda en az 2 defa yapılmalıdır. Çevre denetim ekibi tarafından yapılan hava kirliliği ile mücadele denetimlerinde; kazan dairesinde havalandırmanın yeterli olup olmadığı, kömürün kullanıma uygun olup olmadığı, kömürle birlikte kireç kullanımı, ateşçinin kazan yakma yöntemi konusunda bilgisi olup olmadığı, ateşçinin kaç binada bu işi yaptığı, teknik anlamda kazan dairesinin durumu, baca gazı ölçümü yapıp yapılmadığı, baca temizliği vb. gibi konularda denetimler yapılmaktadır. Edirne Valiliği İl Mahalli Çevre Kurulu Kararları gereğince; Keşan'da kullanılan kömürlerin kriterleri tabloda belirtilmiştir.

Yerli Kömürün Özellikleri	Sınırlar
Toplam Kükürt (kuru bazda)	En çok % 1,6
Alt Isıl Değer	En az 5800 Kcal/kg (-200 tolerans)
Toplam Nem (orjinalde)	en çok % 21
Kül (kuru bazda)	en çok % 21
Boyut * (satışa sunulan)	18-150 mm (18 mm altı ve 150 mm üstü için en çok % 10 tolerans)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: oXVouu-2dW1tK-6BW5ah-VcNdPW-Mp16Un76 Doğrulama Linki: <https://www.turkiye.gov.tr/cicisleri-belediye-ebis>

Yukarı Zafertepe Mahallesi İlyas Bey Caddesi No:23/E
Telefon No: (284)714 11 85 Faks No: (284)714 09 85
e-Posta: kesanbelediyesi@hs01.kep.tr İnternet Adresi: <http://www.keşan.bel.tr>
Kep Adresi: kesanbelediyesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Gökden YUMUŞAK
Belediye İçişleri
Telefon No:



**Ek-3b. Keşan Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nün
11/12/2020 Tarih ve 045.99-E.480676 Sayılı Yazısı.**

İthal Kömürün Özellikleri	Sınırlar
Toplam Kükürt (Kuru Bazda)	En çok % 0,9 (% +0,1 tolerans)
Alt Isıl Değer (Kuru Bazda)	En az 6400 Kcal/kg (-200 tolerans)
Uçucu Madde (Kuru Bazda)	% 12-31 (+2 tolerans)
Toplam Nem (Orjinalde)	En çok % 10
Kül (Kuru Bazda)	En çok % 16 (+2 tolerans)
Boyut * (Satışa Sunulan)	18-150 mm (18 mm altı ve 150 mm üstü için en çok % 10 tolerans)

Bilgilerinize rica ederim.

Yakup BALCI
Belediye Başkan Yardımcısı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: oXVouu-2dW1tK-6BW5ah-VcNdfW-Mp16Un76 Doğrulama Linki: <https://www.turkiye.gov.tr/ictisleri-belediye-ebys>

Yukarı Zafertepe Mahallesi İyaz Bey Caddesi No:23/E
Telefon No: (284)714 11 85 Faks No: (284)714 09 85
e-Posta: kesanbelediyesi@hs01.kep.tr İnternet Adresi: <http://www.keşan.bel.tr>
Kep Adresi: kesanbelediyesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Gökden YUMUŞAK
Belediye İcisi
Telefon No:



Ek-4. Edirne Meteoroloji Müdürlüğü'nün 25.03.2021 Tarihli ve 36671965 Sayılı Yazı.



T.C.
EDİRNE VALİLİĞİ
Meteoroloji Müdürlüğü



Sayı : E-88437992-103.01-26091
Konu : Meteorolojik Bilgi, rn ve Veri

25.03.2021

TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA
(Halk Sağlığı Anabilim Dalı Başkanlığı)

İlgi : 25.03.2021 tarihli ve 36671965-/ sayılı yazınız.

İlgide kayıtlı yazınızla istemiş olduğunuz, 2018-2019 yılları arasındaki Aylık Meteorolojik Parametreler, yazınızda adı geçen ğretim üyesine ileilmek üzere MEVBİS sisteminden alınarak yazınız ekinde sunulmuştur.

Bilgilerinize arz/rica ederim.

NOT: Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereğİ elektronik olarak imzalanmış ve KEP üzerinden gönderilmiştir. Ayrıca fiziki ortamda gönderilmeyecektir.

*****KEŞAN OMGİ'de Atmosfer Basıncı lmleri yapılmamaktadır.**

Osman ŞENTÜRK
Meteoroloji Müdürü V.

Ek: Aylık Meteorolojik Parametreler (2018-2019)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 9BF60406-17EC-4AB4-A43D-3F3E195D4E35 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/tarim-ebys>
Mithat Paşa Mah. Talat Paşa Cad. No:157 Merkez EDİRNE Bilgi için: Tunç POYRAZ İstidalcı
Tel: (0284) 223 10 51 Faks: (0284) 212 99 55
Kep: meteorolojigenealmudurlugu@hs01.kep.tr



Ek-5a

Tablo 44. Örneklem tarihinde PM10 ölçüm sonuçları ve PM10 bileşimdeki elementlerin analiz sonuçları

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)	
9.Ha z.18	55, 61		358, 2896		153, 8063	81,7 4583	0,0 28 3	0,0 40 4	0,2 97 1					323, 7179	0,3 62 5	0,01 25	4,06 13	0,05 88	0,3 79 6	0,00 25	0,00 4167							
28.H az.18	28, 29		341, 7075		144, 3521	76,4 3542	0,0 24 2	0,0 99 2	0,2 85 8					300, 3629	0,2 96 7	0,00 958	3,76 13	0,05 54	0,3 68 8	0,00 208	0,00 4167							
7.Te m.18	42, 95		388, 4288		160, 6838	86,1 7208	0,0 26 7	0,1 16 7	0,3 10 8					329, 3954	0,3 15 4	0,00 917	4,15 92	0,06 29	0,4 5	0,00 25	0,00 5							
26.Te m.18	32, 16				63,2 904		0,0 15 4	0,0 36 3	0,0 20 8						0,3 36 7	0,00 208	0,07 67	0,00 0833	0,0 22 1	0,00 167	0,00 0417							
4.Ağ u.18	47, 16		355, 8688		168, 3117	88,0 5375	0,0 29 2	0,0 32 1	0,3 20 4					349, 0113	0,3 46 3	0,01 04	4,16 21	0,05 83	0,3 4	0,00 208	0,00 375							
30.A ğu.18	59, 44		343, 6775		161, 1842	82,1 4042	0,0 28 8	0,1 10 8	0,3 25 4					328, 7342	0,3 53 3	0,01 08	4,16 75	0,05 71	0,3 48 3	0,00 208	0,00 375							
1.Eyl .18	52, 57		348, 3517		161, 6304	76,5 2792	0,0 27 9	0,0 52 9	0,3 05					328, 8804	0,3 54 6	0,01 17	4,14 21	0,05 75	0,3 52 9	0,00 208	0,00 375							
27.E yl.18	41, 22		362, 5017		169, 2029	90,2 4542	0,0 27 5	0,0 49 6	0,3 17 5					345, 8142	0,3 35 4	0,01 04	4,22 63	0,06	0,3 61 7	0,00 25	0,00 4167							
06.E ki.18	24, 88	0,2 37 5	486, 9458	164, 8333	8799 ,142	709, 0167	2,6 12 5	1,6 54 2	2,9 37 5	183, 1625	0,07 917	1,2 66 7	4,1 37 5	755, 8875		11,9 125	16,0 917	0,2	3,7 95 8	0,43 75	0,10 4167	3855 ,333	1174 ,479	1054 ,888	0,4 37 5	3,5 70 8	369, 5042	
25.E ki.18	46, 95	0,2 54 2	485, 7625	168, 4333	8522 ,263	734, 8208	2,4 79 2	1,6 5	2,5 62 5	191, 7292	0,08 75	1,2 5	3,9 66 7	726, 6958		11,8 875	15,8 333	0,18 75	3,3 91 7	0,53 75	0,1	3841 ,183	1187 ,463	1038 ,504	0,5 12 5	3,7 87 5	354, 0542	
3.Ka s.18	44, 19	0,2 54 2	495, 5042	143, 7042	8267 ,388	691, 4833	2,4 08 3	1,5 87 5	2,1 79 2	172, 7083	0,07 083	1,2 3	3,6 37 5	704, 3667		11,6 042	14,9 625	0,18 33	3,7 12 5	0,65	0,14 1667	3663 ,075	1147 ,225	1009 ,283	0,6 16 7	4,4 5	356, 7	

Tablo 44 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
13.K as.18	42, 25	0,2 75	512, 7625	176, 35	9510 ,446	806, 0167	2,7 458	1,6 875	2,8 208	183, 125	0,08 75	1,2 125	4,0 708	777, 8375		12,3 5	17,1 667		0,2 3,2	0,7 667	0,09 1667	4061 ,617	1206 ,2	1108 ,513	0,5 542	4,66 67	411, 2917
29.K as.18	32, 17	0,3	484, 2	173, 675	8848 ,617	788, 5375	2,7 208	1,6 958	2,1 042	186, 0083	0,08 75	1,2 958	3,8 958	735, 225		12,8 917	16,0 125	0,1 708	3,14 17	1,0 208	0,11 25	3812 ,746	1172 ,975	1030 ,208	0,6 458	5,52 92	387, 375
1.Ar a.18	99, 7	0,3 5	414, 6417	132, 5	7065 ,975	576, 4458	2,3 458	1,5 958	1,5 75	163, 625	0,08 75	1,3 875	3,8 917	662, 5625		12,6 833		0,2 14,5	4,99 333	1,4 458	0,24 1667	3751 ,879	1158 ,475	959, 7208	0,9 417	6,87 08	299, 5458
11.A ra.18	58, 39	0,5 417	375, 95	147, 9083	1062 5,19	576, 6875	3,2 083	3,6 542	3,2 875	167, 8417	0,27 917	8,8 042	4,4 333	622, 6083		11,2 708	13,7 292	0,1 875	3,98 75	0,8 583	0,17 9167	3403 ,429	1254 ,917	901, 0583	1,8 833	16,0 292	700, 2208
27.A ra.18	16 3,8	0,4 292	366, 8042	142, 2792	1042 7,53	578, 5375	3,4 583	3,8 458	3,1 917	174, 3417	0,29 167	9,3 333	4,4 917	633, 55		11,1 667	13,6 458	0,2 042	5,97 08	0,6 25	0,28 3333	3374 ,267	1250 ,442	893, 325	1,5 958	12,3 625	705, 0083
5.Oc a.19	39, 45	0,3 875	297, 55	110, 5125	7182 ,104	477, 0583		3,4 083	2,8 708	160, 0458	0,27 917	8,7 958	3,1 833	483, 8458		10,9 625	10,8 667	0,1 292	3,27 08	0,5 125	0,15 8333	2619 ,013	1036 ,154	710, 95	1,3 042	10,0 208	485, 6917
15.O ca.19	74, 6	0,3 875	411, 0125	162, 7583	1143 7,47	670, 3042	3,4 625	3,8 875	3,1 833	179, 7542	0,28 333	8,9 25	4,5 167	721, 1375		11,1 292	16,2 792	0,1 75	5,23 33	0,4 125	0,22 0833	3793 ,1	1313 ,521	1039 ,033	1,2 417	9,02 08	725, 5375
31.O ca.19	31, 83	0,1 708	752, 2958	180, 3792	1082 0,8	646, 4042	3,0 458	1,8 25		109, 3958	0,10 417	5,3 583	4,8 75	1027 ,458			24,0 5	0,2 417	5,83 75	0,5 25	0,15 8333	5095 ,913	1475 ,088	1520 ,779	0,7 625		243, 8833
2.Şu b.19	40, 41	0,1 792	940, 4083	248, 3792	1506 7,61	694, 0958	4,2 792	2,2 583	2,6 5	134, 3458	0,12 5	5,7 167	6,4 583	1455 ,958		5,41 67	32,5 333	0,3 167	6,47 92	0,7 542	0,17 9167	7025 ,221	2055 ,713	1904 ,396	1,0 5	9,59 17	395, 2167
12.Ş ub.1 9	45, 02	0,1 958	971, 3083	247, 2833	1501 9,9	794, 1	3,9 25	2,2 667	2,5 042	131, 2458	0,12 083	5,6 792	6,2 458	1387 ,575		5,44 17	31,3 5	0,3 167	7,62 08	0,8 5	0,27 9167	6901 ,288	2016 ,079	1958 ,558	1,0 583	10,7 5	276, 5292
28.Ş ub.1 9	60, 58	0,2 292	988, 0208	243, 0375	1502 2,95	774, 7125	3,8 292	2,7 958	2,5 625	134, 5125	0,13 333	5,8 375	6,6 25	1413 ,163		5,42 92	32,1 958	0,3 875	10,0 083	1,0 417		7014 ,433	2007 ,246	1998 ,233	1,3 25	12,8 333	267, 6708

Tablo 44 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
2.Ma r.19	61, 09	0,2 37 5	929, 3708	232, 65	1390 2,59	798, 9667	4,1 95 8	2,0 79 2	2,4 58 3	129, 2792	0,12 917	6,72 08	5,90 42	1313 ,913		5,4 66 7	29,7 25	0,2 95 8	6,6 16 7	1,2 91 7	0,22 0833	6540 ,433	1858 ,025	1878 ,304	1,47 08	15,7 875	251, 5625
12.M ar.19	39, 8	0,2 75	1061 ,454	264, 8958	1590 1,61	765, 9792	4,7 20 8	2,4 58 3	2,6 66 7	143, 5667	0,14 167	7,58 33	6,67 5	1469 ,308		5,4 33 3	34,3 167	0,3 58 3	7,3 91 7	1,6 29 2		7327 ,475	2098 ,783	2165 ,538	1,77 92	21,8 875	283, 5333
28.M ar.19	68, 81	0,3 5	1015 ,05	235, 5333	1439 7,6	792, 0083	4,1 79 2		2,6 20 8	137, 8		7,60 42	6,37 5	1369 ,467		5,5 33 3	31,9 667	0,3 41 7	6,5 41 7	2,4 62 5	0,25 4167	6664 ,508	1924 ,158		2,40 83		262, 6125
6.Nis .19	72, 79	0,4 75	890, 1458	217, 2792	1323 4,01	711, 8833	4,4 58 3	2,3 20 8	2,5 5	132, 7875	0,17 917	7,88 75	6,15 42	1316 ,496		6,0 91 7	30,6 75	0,4 54 2	7,5 70 8	3,9 04 2	0,38 3333	6152 ,038	1888 ,529	1901 ,367	3,55 83		239, 0208
25.Ni s.19	80	0,4 58 3	420, 075	170, 3875	9915 ,85	840, 1708	5,4 12 5	2,7 75	3,4 87 5	143, 075	0,28 333	8,58 33	26,2 958	652, 6083		7,0 12 5	19,0 25	0,4 70 8	7,2 20 8	1,9 20 8	0,64 1667	3139 ,746	1104 ,904	1038 ,158	18,2 125		658, 925
4.Ma y.19	33, 42	0,4 83 3	383, 0333	169, 8083	8290 ,288	739, 9917	3,6 29 2	2,1 45 8	2,9 45 8	122, 7542	0,53 75		24,0 292	525, 375		8,3 20 8	16,2 708	0,4 12 5	4,0 41 7	1,3 12 5	0,29 5833	2528 ,517	1088 ,558	841, 5583	5,17 5		592, 9667
30.M ay.19	31, 05	0,1 20 8				123, 9583	0,1 08 3	0,2 66 7	0,2 08 3	30,0 208	0,08 333	1,51 67	19,8 125		0,1 62 5	9,4 66 7	1,63 33	0,0 75	0,9 37 5	0,1 70 8	0,16 25		87,7 125		0,7		45,7 125
1.Ha z.19	34, 27	0,1 08 3				124, 9875	0,1 29 2	0,2 66 7		30,2 5	0,09 583	1,41 67	19,8 292		0,1 5	9,2 04 2	1,39 58	0,0 83 3	0,6 75	0,1 91 7	0,16 25		85,5		0,52 08		34,5 375
27.H az.19	42, 32															1,6 54 2				4,2 75	4,10 4167				2,51 25	17,1 042	2023 ,854
6.Te m.19	42, 14					8716 ,438	4,0 29 2	6,4 91 7		1073 ,463	6,22 917	16,4 083	8,06 67			2,8 95 8				0,9 5	1,07 5			6350 ,829	6,45 42	3,03 33	411, 8708
25.Te m.19	30, 34	0,0 75	3318 ,296	186, 3292		3047 ,504	0,5 58 3	1,3 41 7	1,1 33 3	103, 2917	0,05 417	4,63 75	1,01 67	89,5 208	1,0 66 7	4,0 58 3	14,2 125	0,0 66 7	6,8 87 5	0,2 41 7		1224 ,004	610, 7375		0,17 92	1,53 33	174, 7

Tablo 44 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
3.Ağ u.19	36, 24	0,0 12 5	947, 45			108, 345 8	0,0 958	0,4 625	0,0 958	68,1 167	1,2 208 3		0,1 375	207, 016 7	0,2 45 8	3,4 375	0,0 54 2	0,0 79 2	1,4 667	0,0 41 7	0,13 333 3		219, 975		0,3 16 7	0,0 083 3	105, 408 3
29.A ğu.1 9	35, 75		318 3,66 3	134 1,78 3	773 85,9 8	480 3,72 9	24, 320 8	13, 725	29, 704 2	115 3,25 8	0,6 166 7	14, 195 8	64, 508 3	582 3,86 3				1,8 04 2	28, 675		0,65 416 7	369 03,0 7	926 6,02 1	927 9,22 1	0,5 37 5	7,5 208	198 3,95 4
7.Eyl .19	33, 09		330 7,45 4	130 6,65 4	803 48,6 4	499 2,96 3	24, 666 7	14, 641 7	25, 437 5	116 0,55	0,5 75	13, 291 7	69, 945 8	589 5,03 3				1,6 20 8	26, 845 8	0,5 41 7	0,65 416 7	381 19,8 4	940 2,62 1	969 8,71 3	0,5 70 8	7,5 417	204 5,80 4
26.E yl.19	32, 6		288 4,00 4	113 9,08 8	700 43,8 8	483 2,92 1	27, 387 5	13, 612 5	17, 958 3	102 1,1	0,4 5	13, 179 2	61, 862 5	528 6,01 3				1,5 79 2	26, 287 5	0,5 12 5	0,66 25	347 47,6 4	856 2,37 5	867 8,48 8	1,0 25	7,1 625	169 5,18 8
5.Eki .19	19, 19		312 7,41 7	116 2,55 8	738 51,8 8	415 6,72 9	22, 7	13, 495 8	17, 866 7	107 3,00 8		9,2	57, 666 7	535 5,19 2				1,6 20 8	23, 637 5	0,4 95 8	0,60 833 3	343 52,0 2	871 9,55 8	884 5,19 2	0,3 25	7,4 292	215 9,36 3
31.E ki.19	31, 03	<0. 00	909, 037 5	559, 783 3	334 36,7 3	270 28,2 9	16, 858 3	2,9 292	6,1 542	238, 866 7	0,7 583 3	0,7 333	49, 054 2	643 9,23 8		1,9 083		0,1 79 2	4,8 458		0,11 25	186 09,9 7	191 2,81 7	190 3,69 6	0,0 20 8	3,0 625	729, 741 7
2.Ka s.19	36, 25	0,0 75	294 3,11 7	113 5,40 8	686 25,6 1	273 72,6 9	19, 445 8	8,8 833	8,4 25	838, 141 7	0,6 375	0,4	31, 620 8	573 2,05 8		29, 425		0,7 75	16, 554 2		0,62 083 3	372 49,0 3	748 8,58 8	524 3,64 2	0,4 95 8	6,4 125	125 1,32 5
12.K as.19	79, 73	0,0 66 7	236 1,57 5	818, 987 5	471 95,6 4	288 48,4 3	18, 183 3	6,6 958	12, 879 2	694, 862 5	0,8 333 3	1,1 75	27, 575	507 2,94 6		18, 308 3		0,5 79 2	14, 141 7		0,25 833 3	237 20,2 3	432 9,57 9	436 7,57 9	0,5 75	3,7 417	669, 754 2
28.K as.19	35, 81	0,0 29 2	271 9,05 4	100 2,66 3	621 62,0 6	271 38,3 9	15, 841 7	7,3 625	2,9 917	562, 170 8	0,5 875	<0. 00	25, 841 7	542 0,99 6		25, 537 5		0,5 12 5	8,3 542		0,21 666 7	311 29,9 3	641 0,34 2	472 2,08 3	0,1 37 5	4,3 25	978, 516 7
7.Ar a.19	15 3,7 5	0,0 16 7	224 5,95 4	710, 154 2	506 61,5 4	265 30,8 4	13, 154 2	6,2 417	1,5 833	506, 941 7	0,4 75	<0. 00	28, 608 3	463 7,42 1		27, 187 5		0,8 12 5	20, 145 8		0,72 5	263 36,6 4	512 0,47 1	414 8,47 9	1,0 54 2	4,1 625	855, 658 3
10.A ra.19	11 0,9 3	0,0 41 7	266 3,54 2	946, 845 8	668 13,4 9	330 51,1 8	17, 041 7	8,4 667	4,9 917	596, 387 5	0,6 625	<0. 00	29, 016 7	573 5,75 4		26, 4		0,6 70 8	13, 337 5		0,39 583 3	318 08,6 9	698 5,02 5	501 0,08 3	0,6 37 5	4,9 583	145 2,84 2
26.A ra.19	64, 89	0,0 54 2	285 8,71 3	821, 145 8	597 63,6 7	277 39,6 4	15, 008 3	7,0 625	4,3 958	553, 370 8	0,5 958 3	<0. 00	27, 670 8	590 5,87 5		20, 420 8			20, 683 3		0,84 166 7	283 34,3 5	606 4,01 7	515 7,31 7	0,8 83 3	4,2 167	806, 070 8

Tablo 45. Örneklem tarihinde PM2.5 ölçüm sonuçları ve PM2.5 bileşimdeki elementlerin analiz sonuçları

Ek-5b

ÖRNEKLE M TARİHİ	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	M (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
9.Ha z.18	28, 51		3,79 17		70,3 033		0,0 2	0,0 28 3	0,0 26 7		0,00 166 7	0,07 083 3	0,0 383		0,40 33	0,00 541 7	0,08 083 3	0,00 125	0,03 958 3	0,00 208 3	0,00 041 7						
28.H az.18	17, 15		3,69 04		58,5 742		0,0 146	0,0 19 6	0,0 13 8		0,00 083 3	0,03 958 3	0,0 292		0,31 88	0,00 125	0,06 5	0,00 083 3	0,03 208 3	0,00 25	0,00 041 7						
7.Te m.18	24, 84		5,39 83		84,1 754		0,0 233	0,0 22 1	0,0 26 3		0,00 125	0,06 208 3	0,0 463		0,49 13	0,00 208 3	0,10 5	0,00 125	0,04 291 5	0,00 7	0,00 041 7						
26.T em.1 8	18, 82		6,80 88		94,3 946		0,0 242	0,0 27 9	0,0 35		0,00 166 7	0,05 833 3	0,0 6		0,49 92	0,00 208 3	0,10 458 3	0,00 166 7	0,04 708 3	0,00 375	0,00 041 7						
4.Ağ u.18	21, 91		1,60 92				0,0 020 8	0,0 59 6	0,0 37 1		0,00 25	0,09 708 3	0,0 079 2		0,00 041 7	0,00 166 7	0,08 125	0,00 083 3	0,00 958 3	0,00 083 3	0,00 083 3						
30.A ğu.1 8	21, 99		1,65 58				0,0 012 5	0,0 2 2	0,0 20 8		0,00 083 3	0,03 5	0,0 054 2		<0,0 0	0,00 166 7	0,07 583 3	0,00 041 7	0,00 791 7	0,00 125	0,00 041 7						
1.Eyl .18	22, 58		1,77 92				0,0 020 8	0,0 23 8	0,0 35		0,00 125	0,04 541 7	0,0 075		0,00 041 7	0,00 166 7	0,09 791 7	0,00 041 7	0,01 083 3	0,00 083 3	0						
27.E yl.18	13, 27		1,91				0,0 012 5	0,0 39 2	0,0 17 1		0,00 166 7	0,06 958 3	0,0 054 2		0,00 208	0,00 125	0,07 125	0,00 041 7	0,01 041 7	0,00 083 3	0,00 041 7						
06.E ki.18	16, 41	0,3 79 2	434, 083 3	128, 029 2	843 0,20 8	525, 433 3	2,4 542	1,6 25	1,2 33 3	159, 225	0,08 333 3	1,29 583 3	3,7 042	722, 558 3		13,2 625	15,3 458 3	0,22 5	5,01 666 7	1,82 5	0,23 75	362 4,77 1	115 9,24 2		0,87 5	8,71 25	354, 375
25.E ki.18	33, 59	0,4 62 5	486, 770 8	137, 787 5	920 1,04 2	571, 808 3	2,5 833	1,6 58 3	1,3 12 5	160, 675	0,07 916 7	1,18 75	4,0 25	778, 858 3		12,8 375	16,0 458 3	0,23 333 3	4,45 416 7	2,50 833 3	0,19 166 7	373 5,6	119 6,55		1,03 75	9,69 583 3	387, 079 2
3.Ka s.18	25, 86	0,4 95 8	510, 491 7	131, 820 8	852 4,6	568, 004 2	2,7 333	1,6 62 5	1,3	162, 287 5	0,09 583 3	1,15 833 3	3,5 375	768, 591 7		13,2 416 7	16,0 458 3	0,21 666	3,60 416 7	3,2	0,15 833 3	376 9,47 5	118 9,47 9		1,32 916 7	13,8 916 7	352, 125

Tablo 45 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
13.K as.18	25, 86	0,6 70 8	525, 391 7	134, 15	889 6,65	561, 516 7	2,9 29 2	1,7 58 3	1,6 41 7	164, 012 5	0,09 583 3	1,25 833 3	3,5 70 8	769, 075		13,1 916 7	16,0 625	0,21 25	3,13 75	4,68 333 3	0,15 416 7	384 1,25 4	119 9,82 1		1,75 416 7	22,2 333 3	377, 783 3
29.K as.18	31, 65	0,7 58 3	487, 987 5	130, 345 8	830 8,05	573, 479 2	3,6 70 8	1,9 16 7	1,3 41 7	159, 645 8	0,13 75	1,39 166 7	3,7 79 2	708, 75		13,2 25	15,3 833 3	0,29 583 3	3,28 333 3	10,2 458 3	0,23 333 3	350 5,52 9	117 3,29 2		2,83 333 3	40,5 875	418, 416 7
1.Ar a.18	97, 65	1,4 87 5	479, 641 7	123, 029 2	747 0,37 5	541, 145 8		2,2 25	1,4 70 8	155, 15	0,36 25	1,47 916 7	4,1 95 8	645, 262 5		13,6 208 3	14,6 041 7	0,63 333 3	4,25 416 7	40,5 416 7	0,86 25	343 6,12 9	107 4,33 3		15,3 541 7		464, 075
11.A ra.1 8	55, 94	0,3 20 8	397, 825	154, 195 8	984 7,07 5	685, 083 3	2,3 83 3	3,5 70 8	4,4 08 3	176, 466 7	0,27 5	8,86 666 7	4,6 25	676, 954 2		11,0 083 3	13,0 5	0,16 666 7	6,42 5	0,66 666 7	0,15 416 7	363 9,34 6	132 4,95 4		0,95 416 7	7,06 25	576, 916 7
27.A ra.1 8	13 7,7 5	0,2 75	332, 6	159, 312 5	101 39,8 1	772, 233 3	3,0 20 8	3,8 33 3	3,7 70 8	184, 170 8	0,26 666 7	8,94 583 3	4,8 29 2	679, 133 3		10,9 958 3	13,3 916 7	0,27 5	9,50 833 3	0,43 75	0,31 666 7	372 5,74 2	125 2,67 5		0,87 083 3	6,23 333 3	611, 445 8
5.Oc a.19	41, 58	0,2 91 7	310, 729 2	130, 15	867 5,34 6	606, 183 3	2,1 66 7	4,2 95 8	3,2 54 2	163, 687 5	0,25	9,15	3,8 16 7	596, 116 7		10,8 875	11,9 875	0,14 583 3	6,51 25	0,4		326 0,62 1	114 2,99 6		0,65 416 7	5,62 083 3	475, 454 2
15.O ca.1 9	58, 13	0,2 25	283, 483 3	123, 854 2	711 9,48 8	776, 037 5	1,8 04 2	3,8 5	3,5 29 2	171, 758 3	0,26 25	8,55 833 3	3,5 33 3	519, 895 8		10,4 541 7	10,7 5	0,12 083 3	5,76 25	0,34 166 7	0,16 666 7	288 0,11 7	103 1,51 3		0,6	4,30 833 3	522, 891 7
31.O ca.1 9	27, 69	0,1 04 2	707, 012 5	203, 595 8	124 67,8 8	632, 887 5	3,4 45 8	1,9 83 3	1,9 37 5	121, 579 2	0,10 833 3	4,53 75	5,9 95 8	108 3,52 5		5,18 333 3	26,9 458 3		6,63 333 3	0,3	0,17 916 7	568 8,18 3	165 1,23 3		0,37 916 7	3,49 166 7	258, 820 8
2.Şu b.19	22, 88	0,1 08 3	770, 258 3	243, 5	132 54,2 5	897, 229 2	3,8 08 3		2,5 41 7	138, 704 2	0,11 666 7	4,72 5	6,2 41 7	117 3,69 6		5,12 5	29,9 166 7	0,26 666 7	6,40 416 7	0,25	0,15 833 3	619 3,87 9	176 5,01 3		0,35	3,75 416 7	262, 979 2
12.Ş ub.1 9	34, 08	0,1 12 5	745, 216 7	211, 570 8	135 98,0 9	929, 133 3	3,2 58 3	2,2 5	2,5 37 5	140, 529 2	0,11 666 7	4,72 083 3	6,7 29 2	115 6,35		5,03 333 3	29,8 666 7	0,25 833 3	6,82 5	0,29 166 7	0,21 666 7	609 4,31 7	172 5,47 9		0,40 416 7	3,94 583 3	266, 95
28.Ş ub.1 9	45, 51	0,1 12 5	720, 687 5	228, 287 5	131 68,0 5	777, 166 7	4,0 66 7	2,1 20 8	2,5 83 3	150, 404 2	0,12 916 7	5,13 333 3	6,3 75	111 9,53 8		5,10 416 7	29,1 833 3	0,30 416 7	8,90 416 7	0,32 916 7	0,31 25	611 5,33 8	170 9,04 2		0,53 75	4,52 5	268, 2

Tablo 45 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As (ng/m^3)	Se (ng/m^3)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)	
2.Ma r.19	48 ,1 4	0,1 25	774, 525	255, 595 8	147 35,6 1	134 2,11 7	4,2 54 2	2,3 75	3,9	192, 141 7	0,16 25	5,27 083 3	7,4 917	122 5,60 4		5,45 416 7	32,7 166 7	0,32 083 3	12,2 333 3	0,38 333 3	0,43 75	677 7,23 8	184 3,14 6			0,65	5,07 5	290, 625
12.M ar.19	26 ,9 7	0,1 375	745, 325	232, 608 3	139 33,7 6	977, 216 7	3,5 37 5	2,4 04 2	3,1 25 3	161, 883 3	0,13 333 3	5,23 333 3	6,4 583	116 1,14 6		5,3	30,1 666 7	0,27 916 7	8,73 75	0,40 833 3	0,30 833 3	617 9,16 3	172 5,96 3		0,66 25	5,57 916 7	257, 8	
28.M ar.19	27 ,8 3	0,1 333	740, 295 8	251, 245 8	140 06,2 2	129 0,10 4		2,3 75	4,2 37 5	192, 770 8	0,15 833 3	5,53 333 3	6,8 167	119 2,95 4		5,20 833 3	31,0 875	0,26 25	6,35 416 7	0,44 166 7	0,18 333 3	639 9,75 4	178 3,49 6		0,63 75		279, 941 7	
6.Nis .19	46 ,9 1	0,1 583	729, 966 7	232, 612 5	140 10,7 4	883, 325	4,6 29 2	2,3 41 7	2,9 33 3	153, 120 8	0,13 75	5,90 833 3	6,6 125	119 3,59 6		5,43 333 3	29,2 833 3	0,29 166 7	7,47 083 3	0,50 833 3		622 4,90 4	179 6,75 8		0,76 25	6,81 25	261, 487 5	
25.N is.19	46 ,1 9	0,1	18,0 333				0,1 16 7	0,2 79 2	0,2 20 8	30,2 5	0,12 916 7	1,43 75	19, 825		0,1 70 8	9,17 916 7	1,46 666 7	0,09 166 7	0,77 083 3	0,15 833 3	0,19 166 7		85,0 375	0,43 333 3	0,58 75			
4.Ma y.19	15 ,4 2	0,1 25	15,8 542				0,1 12 5		0,2 29 2	30,8 75	0,13 75	1,45 833 3	19, 820 8		0,1 58 3	9,19 583 3	1,64 166 7	0,09 166 7	0,88 75	0,20 416 7	0,21 666 7		83,5 166 7	0,50 833 3	0,62 083 3			
30.M ay.1 9	13 ,9 4	0,1	14,6 083				0,1 0,1	0,2 87 5	0,2 16 7	30,4 417	0,11 666 7	1,42 083 3	19, 825		0,1 54 2	8,90 416 7	1,60 416 7	0,08 333 3	0,69 583 3	0,15 416 7	0,20 416 7		82,9 958 3	0,39 166 7	0,6			
1.Ha z.19	17 ,1 5	0,1	14,5 625				0,1 12 5	0,2 62 5	0,1 91 7	29,1 958	0,12 5	1,17 916 7	19, 833 3		0,1 37 5	8,66 25		0,07 916 7	0,72 083 3	0,17 916 7	0,19 166 7		79,1 458 3	0,44 583 3	0,53 333 3			
27.H az.19	19 ,6 1	0,0 041 7	320, 154 2				0,1 79 2	0,4 45 8	0,0 83 3	64,7 583	22,3 5	0,07 5	0,1 333	140 6,57 5	0,2 79 2	2,23 75		8,26 666 7	0,62 083 3	0,01 25	0,09 166 7		199, 058 3	10,5 375			0,00 416 7	131, 895 8
6.Te m.19	22 ,5 2	0,0 083 3	424, 870 8				0,9 79 2	0,7 04 2	0,0 70 8	52,1 75	9,40 833 3	0,08 75	1,7 583	110 7,69 6	0,8 87 5	3,18 75	0,08 75	4,05 833 3	0,42 5	0,01 25	0,07 083 3		180, 65	10,5 375			0,00 833 3	102, 779 2
25.T em.1 9	16 ,9 6	0,0 083 3	957, 945 8				1,7 58 3	1,0 58 3	0,0 91 7	40,6 708	10,4 083 3	0,08 333 3	1,1 542	492, 325	1,4 95 8	2,13 75	0,07 916 7		0,41 666 7	0,01 25	0,05		165, 583 3	10,5 375			0,00 833 3	91,7 375

Tablo 45 devam

ÖRNEKLEM TARİHİ	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Be (ng/m^3)	B (ng/m^3)	Mg (ng/m^3)	Al (ng/m^3)	Ca (ng/m^3)	V (ng/m^3)	Cr (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)	Fe (ng/m^3)	Co (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Se ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sr (ng/m^3)	Cd (ng/m^3)	Pb (ng/m^3)	Ag (ng/m^3)	Tl (ng/m^3)	Na (ng/m^3)	K (ng/m^3)	Ba (ng/m^3)	Sb (ng/m^3)	Mo (ng/m^3)	Si (ng/m^3)
3.Ağ u.19	20 ,6 2	0,0 041 7	169 0,56 3					1,0 792	0,0 958	37,0 125	26,4 208 3	0,07 5	0,7 5	367, 75	1,2 33 3		0,05 416 7	1,54 583 3	0,68 75	0,01 25	0,05 416 7		145, 058 3	10,5 416 7		0,00 833 3	89,5 958 3
29.A ğu.1 9	16 ,9 4	7,9	32,6 167	130, 375		236 4,71 3	1,5 083	2,0 667	1,6 375	239, 375	0,05 416 7	1,14 583 3	0,0 417		0,4 20 8		8,25 833 3	0,08 333 3	4,5	0,22 916 7	0,09 166 7		562, 858 3	2,95	<0.0 0	0,03 75	390, 75
7.Ey l.19	17 ,2 1	8,0 583	254 7,93 8	132 0,97 9	703 89,5 6	999 2,92 9	22, 933 3	15, 5	22, 512 5	100 8,96 3	1,37 916 7	232, 325		723 3,47 1				3,22 916 7		1,04 166 7	0,54 166 7	337 39,0 2	100 68,9 4		0,71 666 7	7,43 333 3	192 4,85 8
26.E yl.19	22 ,2 1	8,0 625	287 7,26 3	110 5,23 3	711 73,3 8	390 6,27 5	25, 187 5	13, 870 8	15, 758 3	961, 15	0,56 25	31,8 75		587 1,05				1,69 166 7		0,72 083 3	0,64 166 7	343 39,9 8	851 2,47 5		0,75 416 7	7,21 25	221 2,52 1
5.Ek i.19	13 ,7 7	0,1 792	296 4,31 7	108 4,62 5	756 42,1 3	314 2,32 9	22, 408 3	13, 104 2	12, 762 5	908, 508 3	0,40 416 7	16,0 125		578 8,25				1,53 75		0,54 166 7	0,58 75	317 12,9 1	813 4,86 3		0,29 166 7	7,42 083 3	230 0,52 1
31.E ki.19	24 ,2 8	<0. 00	125 8,67 1	465, 008 3	354 82,4	270 42,3 1	8,0 25	4,2 708	<0. 00	328, 387 5	0,37 5	3,29 166 7	12, 829 2	347 8,05				0,06 666 7	2,6		0,09 166 7	168 15,7	273 7,62 1		0,00 833 3	2,55	568, 258 3
2.Ka s.19	25 ,7	0,0 208	180 8	641, 791 7	482 71,0 8	242 66,9 9	11, 770 8	5,7 958	0,2 625	443, 579 2	0,35 833 3	<0.0 0	17, 037 5	414 3,02 1				0,4	8,57 083 3		0,34 583 3	236 49,0 1	460 8,79 6		0,18 333 3	3,39 583 3	808, 020 8
12.K as.19	47 ,5 1	<0. 00	132 4,89 6	379, 1	323 84,1	260 73,5 4	8,8 708	4,0 5	<0. 00	330, 175	0,34 166 7	<0.0 0	11, 358 3	328 0,42 9				0,14 166 7	5,70 416 7		0,09 583 3	142 04,4 9	237 7,91 7		0,12 5	1,95	409, 6
28.K as.19	24 ,8 1	<0. 00	496, 983 3	80,6 333	980 0,58 8	230 78,3	2,2 583	1,2 375	<0. 00	191, 366 7	0,27 083 3	<0.0 0	2,7 5	156 6,66 3			18,5 916 7	0,00 833 3	1,02 083 3		0,00 416 7	485 4,02 5	<0.0 0		0,20 833 3	0,43 333 3	150, 279 2
7.Ar a.19	12 8, 2	0,0 125	804, 770 8	129 6,71 7	205 37,6		7,2	8,1 667	9,0 958	414, 275	4,21 25	1,57 083 3	10, 05	957 7,87 5				0,17 916 7	4,01 666 7		0,21 25	103 93,2 2	843 5,26 3		0,61 666 7	1,35 833 3	304, 537 5
10.A ra.1 9	88 ,8 7	0,0 208	178 2,35 4	708, 65	414 84,9 3		10, 033 3	5,4	0,6 875	407, 045 8	0,95 416 7	<0.0 0	15, 05	470 5,90 8				0,29 166 7	6,5		0,23 333 3	213 68,5 3	481 6,39 6		0,18 333 3	3,12 916 7	685, 354 2
26.A ra.1 9	55 ,1 2	0,0 083 3	247 4,02 9	800, 604 2	592 45,0 1	241 70,2 1	13, 045 8	6,5 292	0,1 875	513, 75	0,4	<0.0 0	19, 608 3	489 8,94 2				0,58 333 3	15,0 166 7		0,6	299 31,5 2	572 3,16 3		0,60 416 7	4,45 416 7	978, 104 2