



# TSKB KALKINMA PERSPEKTİFİ

Aralık 2022

## Hayat Bir Nefes Derinden

Can Hakyemez

**TSKB**

Ekonomik Araştırmalar

## Hazırlayan

Can Hakyemez | hakyemez@tskb.com.tr

## Önsöz

Dr. Burcu Ünüvar | unuvarb@tskb.com.tr

Raporun hazırlanması sürecinde desteklerini esirgemeyen Dr. Feridun Tur'a teşekkür ederiz.

2022 Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. her hakkı mahfuzdur.

Bu doküman Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.'nin yatırım bankacılığı faaliyetleri kapsamında, kişisel kullanıma yönelik olarak ve bilgi için hazırlanmıştır. Bu dokümana dayalı herhangi bir işlem yapılması tarafımızdan öngörülen bir husus değildir. Belirtilen görüşler sadece bizim güncel görüşlerimizdir. Bu raporda yer alan bilgileri makul bir esasa dayalı olarak güncelleştirirken, bu konuda mevzuat, uygunluk veya diğer başka nedenlerle amaca uygunluk tam olarak sağlanamamış olabilir.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. ve/veya bağlı kuruluşları veya çalışanları, burada belirtilen senetleri ihraç edenlere ait menkul kıymetlerle ilgili olarak bir pozisyon almış olabilir veya alabilir; menkul kıymetler üzerinde opsiyonları olabilir veya ilgili diğer bir yatırıma girebilir; bu menkul kıymetleri ihraç eden firmalara danışmanlık yapmış, hisselerinin halka arzına aracılık veya yüklenim taahhüdünde bulunmuş olabilir.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. ve/veya bağlı kuruluşları bu raporda belirtilen herhangi bir şirket için yatırım bankacılığı da dahil olmak üzere önemli tavsiyeler veya yatırım hizmetleri sağlıyor veya sağlamış olabilir.

Bu raporun ilgili olduğu yatırım fiyatı veya değeri, direkt veya indirekt olarak, yatırımcıların menfaatlerine ters düşebilir. Döviz kurlarındaki herhangi bir değişimin yatırımın değeri veya fiyatı veya bu yatırımdan sağlanan gelir üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir. Geçmişteki performans her zaman gelecekteki performansın kılavuzu olacak demek değildir. Yatırım geliri dalgalanma gösterebilir.

Bu rapor kamuya açık bilgilere dayalıdır. Doğru veya tamam olmayan hiçbir beyan yapılmamıştır. Bu rapor söz konusu menkul kıymetlerin alınması veya satılması için bir teklif, yorum ya da yatırım tavsiyesi değildir veya bu menkul kıymetlerin alınıp satılmasına yönelik bir teklif için de bir istek veya zorlama değildir. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. ve kendisiyle bağlantılı olan diğerleri bahsedilen şirketlerin menkul kıymetleriyle ilgili pozisyon alabilirler veya bu menkul kıymetlerle ilgili işlem yapabilirler, ayrıca bu şirketler için yatırım bankacılığı hizmetleri de verebilirler.

Herhangi bir yatırım kararı yatırımcının tamamıyla kendi kişisel seçimine dayanmalıdır. Bu rapordaki bilgiler herhangi bir yatırım tavsiyesi olmayıp, raporda yer alan firmalara yatırım yapılmasından ötürü Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. hiç bir sorumluluk kabul etmez.

# İçindekiler

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| 4  | Grafik Listesi                                           |
| 4  | Tablo Listesi                                            |
| 4  | Şekil Listesi                                            |
| 4  | Kısaltmalar                                              |
| 5  | Açık Çağrı                                               |
| 7  | 1. Hava Kirliliği Nedir?                                 |
| 8  | 2. Hava Kirliliğinin Nedenleri Nelerdir?                 |
| 9  | 3. Hava Kirliliğinin Etkileri                            |
| 9  | 3.1 İnsan Sağlığına Etkileri                             |
| 10 | 3.2 Ekosisteme Etkileri                                  |
| 10 | 3.3 İklim Etkisi                                         |
| 11 | 3.4 Ekonomik Etkiler                                     |
| 12 | <i>Mercek 1 - Enerji Arz Güvenliği ve Hava Kirliliği</i> |
| 13 | 4. Hava Kalitesi Ölçümünde Kullanılan Kritik Değerler    |
| 15 | 5. Dünyada Hava Kirliliği                                |
| 15 | <i>Mercek 2 - Hava Kirliliği ve COVID-19</i>             |
| 16 | 6. Türkiye’de Hava Kirliliği                             |
| 16 | 6.1 Veri Kaynakları ve Yöntem                            |
| 17 | 6.2 PM <sub>10</sub> Konsantrasyonu                      |
| 18 | 6.3 NO <sub>2</sub> Konsantrasyonu                       |
| 20 | 6.4 PM <sub>2,5</sub> Konsantrasyonu                     |
| 21 | 7. Hava Kirliliğine İlişkin Düzenleme                    |
| 22 | 8. Hava Kirliliği ile Mücadelede Son Gelişmeler          |
| 23 | 9. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Hava Kirliliği    |
| 25 | Referanslar                                              |
| 26 | Ek-1                                                     |
| 26 | Partikül Maddeler (PM)                                   |
| 26 | Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> )                         |
| 26 | Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )                           |
| 26 | Ozon (O <sub>3</sub> )                                   |
| 26 | Karbonmonoksit (CO)                                      |
| 27 | Ek-2                                                     |

## Grafik Listesi

- 17 **Grafik 1:** 2016-2021 Döneminde Şehirlerde Ortalama  $PM_{10}$  Konsantrasyon Değişimi
- 18 **Grafik 2:**  $PM_{10}$  Konsantrasyonu Reel Üretim İlişkisi (2016-2019)
- 18 **Grafik 3:** Ortalama  $PM_{10}$  Konsantrasyonu 2019 ve 2021 Yılları Kıyaslaması
- 18 **Grafik 4:** 2021 Yılı Ortalama  $NO_2$  Konsantrasyonu
- 19 **Grafik 5:** Ortalama  $NO_2$  Konsantrasyonu 2016-2021 Dönemi YBBO
- 20 **Grafik 6:** 2016-2021 Döneminde Şehirlerde Ortalama  $PM_{2.5}$  Konsantrasyonu Gelişimi
- 27 **Grafik 7:**  $PM_{10}$  Konsantrasyonu Reel Üretim İlişkisi (2016-2020)

## Tablo Listesi

- 13 **Tablo 1:** WHO Kritik Değerler
- 14 **Tablo 2:** EC Kritik Değerler
- 14 **Tablo 3:** Türkiye İçin Kullanılan Kritik Değerler

## Şekil Listesi

- 15 **Şekil 1:** Ortalama  $PM_{2.5}$  Konsantrasyonu (2021)
- 17 **Şekil 2:** Ortalama  $PM_{10}$  Konsantrasyonu (2016 ve 2021)
- 19 **Şekil 3:** Ortalama  $NO_2$  Konsantrasyonu (2016 ve 2021)

## Kısaltmalar

- |                                                                                                   |                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>AB:</b> Avrupa Birliği                                                                         | <b>NO:</b> Azotoksit                                                    |
| <b>ABD:</b> Amerika Birleşik Devletleri                                                           | <b><math>NO_2</math>:</b> Azotdioksit                                   |
| <b>CAFE:</b> Avrupa İçin Temiz Hava                                                               | <b><math>O_3</math>:</b> Ozon                                           |
| <b>CO:</b> Karbonmonoksit                                                                         | <b>OECD:</b> Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü                      |
| <b>COP26:</b> Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 26'nci Taraflar Konferansı | <b>PM:</b> Partikül Madde                                               |
| <b>COP27:</b> Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 27'nci Taraflar Konferansı | <b>SKA:</b> Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları                            |
| <b>ÇŞİDB:</b> Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı                                    | <b><math>SO_2</math>:</b> Kükürtdioksit                                 |
| <b>EC:</b> Avrupa Komisyonu                                                                       | <b>UN:</b> Birleşmiş Milletler                                          |
| <b>EPA:</b> ABD Çevresel Koruma Ajansı                                                            | <b>UNECE:</b> Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu             |
| <b>GSYH:</b> Gayri Safi Yurtiçi Hasıla                                                            | <b>UNEP:</b> Birleşmiş Milletler Çevre Programı                         |
| <b>HKDYY:</b> Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği                                 | <b>UNFCCC:</b> Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi |
| <b>IPCC:</b> Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli                                             | <b>WHO:</b> Dünya Sağlık Örgütü                                         |
| <b><math>m^3</math>:</b> Metreküp                                                                 | <b>WWF:</b> Doğal Hayatı Koruma Vakfı                                   |
|                                                                                                   | <b>YBBO:</b> Yıllık Bileşik Büyüme Oranı                                |
|                                                                                                   | <b><math>\mu m</math>:</b> Mikrometre                                   |



## Açık Çağrı

Dünya genelinde her yıl 7 milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine neden olan hava kirliliği, günümüzün en önemli çevresel sağlık problemi olarak kabul ediliyor<sup>1</sup>. COVID-19 nedeniyle hayatını kaybedenlerin sayısının 2020 ve 2021’de toplam 5,4 milyon olduğu hatırlandığında hava kirliliğinin yarattığı tehdit daha net görülecektir.

Birleşmiş Milletler (UN), temiz havaya erişimi temel bir insan hakkı olarak sınıflandırmasına karşın, on kişiden dokuzu, Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) kriterlerine göre ‘temiz’ hava soluyamıyor<sup>2</sup>. Öte yandan, hava kirliliğinin etkisinin ülke grupları ve toplumun farklı kesimleri arasında ayrıştığını da not etmek gerek. Gelişmekte olan ülkeler daha yüksek hava kirliliği ile mücadele ederken, kadınlar, çocuklar, yaşlılar ve düşük gelir grubundakiler için hava kirliliğinin olumsuz etkileri daha hissedilebilir seviyede gerçekleşiyor.

<sup>1</sup> Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP). <https://www.unep.org/beatpollution/global-response-pollution>

<sup>2</sup> <https://www.breeze-technologies.de/blog/how-much-does-air-pollution-cost-society/>



Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) aktardığına göre, dünya genelinde 300 milyon çocuk, kabul edilebilir seviyeden 6 kat fazla hava kirliliğine maruz kalıyor<sup>3</sup>. Geçmişte örnekleri yaşandığı üzere, hava kirliliği tehlikeli boyutlara ulaştığı dönemlerde, plansız eğitim duraklamasına sebep olarak da çocukları/gençleri olumsuz etkileyebiliyor. COVID-19 pandemisi boyunca yaşanan kısmî ve / veya tam zamanlı okul kapatmalarının öğrenme üzerine olumsuz etkileri olduğunu biliyoruz. Dünya Bankası'nın paylaştığına göre, düşük ve orta gelirli ülkelerde 10 yaş grubu çocuklar içerisinde temel bir metni okuma becerisinden uzak olanların oranı %70<sup>4</sup>. "Öğrenme yoksulluğu" olarak da tanımlanan bu durum, önümüzdeki dönemde hem bu kaybın telafi edilmesi gerektiğine hem de okulların açık kalmasının önemine işaret ediyor. Hava kirliliğinin okul kapanmalarına neden olabilen etkenlerden bir tanesi olduğu hatırlandığında, temiz hava için mücadelenin bir an önce başlaması gerektiği de ortaya çıkıyor.

2021 içerisinde yayınlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporu, içinden geçmekte olduğumuz iklim krizinin insan faaliyetlerinin sonucu olduğunu bilimsel temelleriyle ortaya koyması açısından çok vurucuydu. Benzer çerçevede, insan faaliyetlerinin atmosferik etkisi değerlendirilirken, hava kirliliği de iklim krizi gibi önemli bir başlık olarak karşımıza çıkıyor (Adam D. K. Abelkop, 2017).

Havayı kirleten faktörlerin pek çoğunun küresel ısınmayı da tetiklemesi<sup>5</sup>, iklim krizi ile hava kirliliğinin birlikte ele alınmasını zorunlu hale getiriyor.

İklim krizi perspektifinden bakıldığında, yaşanan ve devam etmesi beklenen zararların bir kısmını telafi etmek mümkün olmasa da örneğin hava kirliliğinin iyileştirilmesi yolunda somut sonuçlar almak mümkün. Üstelik de Paris Anlaşması'yla uyumlu bir şekilde 2 derece hedefini yakalamak için uygulanacak politikalar ile kıyaslandığında, hava kirliliği ile mücadelenin, sadece sağlık harcamaları üzerinden sağladığı tasarrufun, azaltım politikalarının maliyetinin 1,4-2,5 katı olması bekleniyor. Elbette böylesi önemli bir mücadelede, kamudan, özel sektöre, yerel yönetimlerden, bireylere kadar hepimizin üstüne düşen görevler mevcut. Fakat iyi bir haberimiz var: Kapsayıcı bir strateji ve paydaşlar arasında iş birliğini gözetten bir yaklaşımla, hava kirliliği ile mücadelede başarı bizim elimizde!

O halde çağrımız açık:

- Hava kirliliği ile mücadele etmek için nedenimiz çok,
- Bu mücadeleyi geciktirmek için nedenimiz yok!

***Çünkü, hayat bir nefes derinden!***

**Dr. Burcu Ünüvar**  
TSKB Ekonomik Araştırmalar Müdürü, Baş Ekonomist

<sup>3</sup> UNEP, <https://wesh.unep.org/airpollution>

<sup>4</sup> Dünya Bankası, <https://blogs.worldbank.org/voices/reversing-pandemics-education-losses>

<sup>5</sup> Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve sözleşmesi (UNFCCC), <https://unfccc.int/news/clean-air-is-a-human-right-un-special-rapporteur>



## 1. Hava Kirliliği Nedir?

Her sene 7 milyon erken ölüme sebebiyet veren ve kirliliğin bir parçası olan “hava kirliliği”, günümüzde en önemli çevresel sağlık problemlerinden biri olarak kabul ediliyor<sup>6</sup>. Doğa ve / veya insan kaynaklı emisyonlar sonucu, atmosferde bulunan hava kirlleticilerinin belirli seviyeleri aşması ve belli meteorolojik koşullar altında canlı ve cansız varlıkları olumsuz etkilemesine hava kirliliği ismi veriliyor<sup>7</sup>. Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak, artan enerji kullanımı, sanayi gelişimi ve şehirleşme gibi faktörlerle ortaya çıkan hava kirliliği, sağlık sorunlarını artırırken canlılar üzerinde olumsuz etkiler de bırakıyor. ABD Çevresel Koruma Ajansı (EPA), insan sağlığını da göz önünde bulunduran altı farklı kirleticiyi “kriter hava kirleticisi” olarak tanımlıyor. Kriter hava kirleticilerinden olan partikül maddeler (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azotdioksit (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) ve karbonmonoksitin (CO) tanımlarına raporumuzun Ek-1 kısmından ulaşabilirsiniz.

UNEP tarafından yaşam hakkı ve sağlık hakkı başta olmak üzere temel insan haklarından yararlanmayı olumsuz etkilediği kabul edilen<sup>8</sup> hava kirliliği kavramının insanlar için yüzyıllardır zaman zaman gündeme geldiği görülüyor. “Sanayi Devrimi” sürecinde katı yakıt kullanımının da artması ile birlikte sanayiye yönelen ülkelerde hava kirliliği kötüleşirken, özellikle 19. yüzyılın ortalarında, İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Almanya’da fabrikalarda kömür kullanımı hava kirliliğini o tarihe kadarki en üst seviyeye çıkarıyor.

20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde ise hava kirliliğinin etkileri dünyanın dört bir yanındaki ülkelerde hissedilmeye başlıyor<sup>9</sup>. Çelik ve çinko üretimi yapılan Pensilvanya eyaletinin Donora şehrinde, 1948 yılında “**Donora Dumanı (Donora Smog)**” adı verilen sanayi kaynaklı şiddetli hava kirliliği oluşuyor. Bu dumanın birkaç gün boyunca şehrin üzerinde kalması sonucunda ise en az 20 kişinin dumandan zehirlenerek hayatını kaybettiği ve binlerce insanın hasta olduğu tecrübe ediliyor<sup>10</sup>.

1952 yılında yaşanan “**Londra Büyük Dumanı (The Great Smog of London)**” ise hava kirliliği ile mücadelenin en önemli mihenk taşlarından biri olarak önümüze çıkıyor. 1952 yılı Kasım ve Aralık aylarında İngiltere’de hava çok soğuk ve yoğun kar yağışlı iken, Londra’da haneler ısınmak için evlerinde çok miktarda katı yakıt yakıyor. Normal şartlar altında, dumanın atmosfere yükselip dağılması gerekirken, bölgenin üzerindeki yüksek basınç havayı aşağı doğru itiyor<sup>11</sup>. Bu nedenle, bacalardan yükselen kirli dumanlar atmosfere karışmadan Londra’nın üzerinde yayılıyor. Aynı yılda, 5-9 Aralık tarihleri arasında Londra üzerinde kalan bu duman bulutu, 4 binden fazla kişinin hayatını kaybetmesine sebep oluyor. Bu nedenle, Londra Büyük Dumanı, 1956’da hazırlanan ve hava kirliliğinin azaltılması için tanımlanan tedbirleri içeren “Temiz Hava Yasası”na zemin oluşturuyor<sup>12</sup>. Bu olaylardan sonra İngiltere, ABD ve diğer ülkeler, hava kirliliği ile mücadele kapsamında geliştirilen mevzuatlar ile hava kalitesi seviyelerini iyileştiriyor.

<sup>6</sup> UNEP, <https://www.unep.org/beatpollution/>

<sup>7</sup> Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), <https://webdosya.csb.gov.tr/db/nigde/webmenu/webmenu16107.pdf>

<sup>8</sup> UNEP, <https://www.unep.org/news-and-stories/video/human-rights-and-clean-air#:~:text=The%20right%20to%20breathe%20clean,in%20relation%20to%20vulnerable%20groups.>

<sup>9</sup> History.com, “Water and Air Pollution”, <https://www.history.com/topics/natural-disasters-and-environment/water-and-air-pollution>

<sup>10</sup> National Geographic, “Decades ago, this pollution disaster exposed the perils of dirty air”, <https://www.nationalgeographic.com/history/article/decades-ago-donora-smog-disaster-exposed-perils-dirty-air>

<sup>11</sup> Met Office, “The Great Smog of 1952”, <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/case-studies/great-smog>

<sup>12</sup> Smithsonian Magazine, “Air Pollution Goes Back Way Further Than You Think”, <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/air-pollution-goes-back-way-further-you-think-180957716/>

## 2. Hava Kirliliğinin Nedenleri Nelerdir?

Hava kirliliğinin birçok kaynağı olmakla beraber bu kaynaklar iki ana başlık altında toplanıyor; doğal nedenler ve insan yapımı nedenler.

Havayı kirleten maddeleri ortaya çıkaran doğal nedenler arasında yanardağ faaliyetleri, toz fırtınaları, orman yangınları ve yükselen hava sıcaklıkları bulunuyor.

Volkanik patlamalar, doğal hava kirliliğinin önemli bir kaynağıdır. Volkanik bir patlama, atmosfere salınan ve geniş alanlara dağılmak üzere rüzgarlar tarafından yayılabilen  $SO_2$  ve kül üretir<sup>13</sup>. Çok az bitki örtüsüne sahip olan veya hiç bitki örtüsü olmayan ve yağışların yetersizliği nedeniyle kuru olan geniş bölgelerde rüzgâr toz fırtınaları oluşturur. Yayılan bu tozun canlılar üzerinde sağlık tehlikesi oluşturması nedeniyle havayı kirleten bir özelliği mevcuttur. Bununla birlikte doğal nedenlerden biri olarak kabul edilen orman yangınları ise, genellikle kurak dönemlerde meydana gelir ve duman ve CO yayarak hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olur.

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliğinin tek bir sebebi yok. Atık yönetiminden, genel enerji tedarikine, hane halkı enerji kullanımından tarım ve sanayi pratiklerine, ulaştırma faaliyetlerinden toz oluşumunu tetikleyen uygulamalara kadar farklı gerekçeler hava kirliliğini etkileyen faktörler arasında sayılabilir. Atık yönetimi kapsamında sayılan geri dönüşüm, kompostlaştırma, yakma ve düzenli depolama gibi faaliyetler özellikle atıklarla doğrudan veya dolaylı çalışan insanların sağlığını ve refahını etkileyebilmektedir<sup>14</sup>. Düzenli atık depolama alanları, son derece yanıcı olan ve kontrolsüz bir şekilde büyüdüğü takdirde potansiyel olarak tehlike yaratabilen metan gazı üretir. Özellikle kentleşme ile birlikte düzenli atık depolama alanlarının genişlemesi, metan gazı üretiminin de artışına neden olmakta. WHO'ya göre ulaşım araçlarının yaydığı kirletenler de, ölümlerin yanı sıra solunum ve kalp damar hastalıkları üzerinde doğrudan etkiye sahip olması nedeniyle hava kirliliğinin ana kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir<sup>15</sup>.



<sup>13</sup> Universe Today. <https://www.universetoday.com/81977/causes-of-air-pollution/>

<sup>14</sup> Dünya Sağlık Örgütü (WHO). <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-AQH-2021.8>

<sup>15</sup> WHO. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/data-and-statistics/air-pollution-and-climate-change2>



### 3. Hava Kirliliğinin Etkileri

Hava kirliliği canlı sağlığına zarar verdiği gibi işgücüne katılımı ve üretkenliği de azaltır. Bu nedenle, hava kirliliği beşerî sermayeyi, dolayısıyla küresel ekonomiyi ve onu oluşturan insanların yaşamlarını negatif şekilde etkileyen bir çevre sorunudur (Dünya Bankası, 2018). Hem doğal nedenlerle oluşan hem de insan faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliği, hayatımız üzerinde büyük etkilere yol açan küresel bir tehdittir. Canlı hayatını her yönden etkileyen hava kirliliğinin etkilerini ana başlıklar altında toplamak mümkün. Bu ana başlıklar, insan sağlığına etkileri, ekosisteme etkileri, iklim etkisi ve ekonomik etkiler olarak sınıflandırılabilir.

#### 3.1 İnsan Sağlığına Etkileri

Yıllar ilerledikçe hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin çok daha önemli bir hale gelmesi, konuyu acil olarak çözülmesi gereken bir sağlık sorunu haline getiriyor. Doğmamış bebekler de dahil tüm insanları tehdit eden hava kirliliği, solunum sistemi ve dolaşım sistemi başta olmak üzere kalp damar hastalıklarında artış ve nefes bozukluklarına yol açıyor<sup>16</sup>.

WHO'ya göre, hava kirliliği her yıl dünya çapında tahminen yedi milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine neden oluyor. Nitekim partikül

maddeler (PM) olarak bilinen  $PM_{10}$  ve  $PM_{2,5}$  insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden ikisi olarak karşımıza çıkarken, bunların boyutları ile sağlık üzerindeki olumsuz etkileri doğrusal olarak bağlantılı<sup>17</sup>.

WHO verileri, küresel nüfusun neredeyse tamamının (%99), yüksek düzeyde kirletici içeren ve WHO kılavuz sınırlarını aşan hava soluduğunu işaret ederken, düşük ve orta gelirli ülkelerin bundan en çok etkilenen ülkeler olduğunu gösteriyor<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Türk Toraks Derneği. <https://toraks.org.tr/site/news/2622>

<sup>17</sup> T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, "Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri". <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi/hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Fl%C4%B1k-etkileri.html>

<sup>18</sup> Dünya Sağlık Örgütü (WHO). [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)

### 3.2 Ekosisteme Etkileri

Hava kirliliği insan ve canlı sağlığının yanı sıra, doğal ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerinde de doğrudan etkilere sahip. Hem kükürtdioksit ( $SO_2$ ) hem de azotdioksit ( $NO_2$ ) emisyonları suya ve toprağa “asit yağmuru” olarak karışarak flora ve fauna üzerinde olumsuz etkilerle asitliklerini artırırken, asitlenme, ekosistemde besin döngüsü ve karbon döngüsünü ve su teminini etkiliyor<sup>19</sup>. ***Bu kapsamda, 2011 yılında yapılan bir çalışmaya göre, yer seviyesindeki ozon ( $O_3$ ), her yıl 11-18 milyar dolar değerinde mahsul kaybına yol açıyor (S. Avnery, 2011).***

Hava kirliliğinin ekosistemde suyun kalitesini azaltıcı yönde de bir etkisi var. Kirleticiler, özellikle yeraltı suyu sızıntısı yoluyla doğrudan içme

suyuna karışabilirken, hava kirliliği artışı ile, suları filtrelemeye yardımcı olan bitki örtüsü olumsuz yönde etkilendiğinden su kalitesi de bozuluyor. Hava kirliliği artışının ekosistemde oluşan bir diğer etkisi de ötrofikasyon (fosfat kirlenmesi). Ötrofikasyon, bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması sonucu, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalması anlamına gelirken<sup>20</sup>, hava kirliliğinin bir sonucu olarak karşımıza çıkıyor<sup>21</sup>. ***Dolayısıyla, 2021 yılında Marmara Denizi’nde meydana gelen müsilaj probleminin de aslında ötrofikasyon artışının, yani dolaylı olarak hava kirliliğinin bir sonucu olarak meydana geldiği ifade ediliyor (Eren, 2021).***

### 3.3 İklim Etkisi

Son dönemlerde yapılan tüm çalışmalara paralel olarak 2021 yılı Ağustos ayında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli’nin (IPCC) yayınladığı 6’ncı Değerlendirme Raporu, büyük iklim değişikliklerinin kaçınılmaz ve geri dönülemez olduğuna değinirken, hava kirliliğine de önemli bir konu olarak yer veriyor. Rapor kapsamında çalışılan beş senaryonun hepsinde, küresel ortalama sıcaklık değişiminin 2050 yılına kadar  $1,5^{\circ}C$ ’nin üzerine çıkacağı hesaplanıyor. Rapor,  $CO_2$  emisyonlarındaki artışın, yüzyılın ortasında en yüksek seviyesine ulaşarak, istikrarlı hale geleceğini ve yüzyılın ikinci yarısında düşüşe geçeceğini belirtiyor<sup>22</sup>.

Hava kirliliği ve iklim değişikliği arasında karmaşık bir ilişki bulunurken, bu ilişki “madalyonun iki yüzü” olarak adlandırılıyor<sup>23</sup>. Hava kirliliği, iklim değişikliğini etkilediği gibi iklim değişikliği de hava kirliliğini tetikliyor. Aktif yanardağlar ve toz fırtınaları hava kirliliğine ve dolayısıyla iklim değişikliğine kaynak olabilecek doğal nedenler arasında sayılabilir. Doğal nedenlerin yanı sıra, Sanayi Devrimi’nden itibaren artan üretim ve tüketim miktarları daha fazla sera gazı ve “siyah karbon” dahil olmak üzere kimyasal madde artışına

ve PM şeklinde hava kirleticileri üretimine neden olur. Atmosferde bir hafta kadar havada kalabilen siyah karbon, güneş kaynaklı radyasyonu güçlü bir şekilde emer. Özellikle iç mekanlarda katı yakıtların ve açık alanlarda tarım ürünlerinin yakılmasından<sup>24</sup> kaynaklanan siyah karbon, küresel ısınmaya katkıda bulunurken, yapılan çalışmalara göre, siyah karbonun küresel sıcaklık artışının yaklaşık %15’inden sorumlu olduğu tahmin ediliyor (Avrupa Komisyonu Çevre Direktörlüğü, 2010).

Diğer taraftan, iklim değişikliği nedeniyle sayısı ve şiddeti artan aşırı hava olayları,  $O_3$  ve PM konsantrasyonlarında artışa neden olurken, ısı dalgası ve kuraklık dahil bazı aşırı hava olaylarının hava kirliliğini artırıcı etkisi var. Küresel veya bölgesel ortalama iklim değişikliği ile karşılaştırıldığında, bu aşırı hava olayları hava kalitesi ve insan sağlığı üzerinde daha şiddetli olumsuz etkilere sahip, altyapılarda ve ekonomide daha fazla tahribata ve daha fazla can kaybına neden oluyor (Zhang, Yang, Gao, Leung, & Bell, 2020). Örneğin EPA’ya göre, iklim değişikliği sebebi ile sayıları artan orman yangınları, çevrelerindeki bölgelerde hava kirliliğini artırdığı gibi bölgesel hava kalitesini de etkiliyor<sup>25</sup>.

<sup>19</sup> UNECE, “Air Pollution, Ecosystems and Biodiversity”. <https://unece.org/air-pollution-ecosystems-and-biodiversity>

<sup>20</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. <http://www.biyoloji.egitim.yyu.edu.tr/kf/tootrfksyn/index.htm>

<sup>21</sup> Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF). <https://www.wwf.org.tr/?9081/5-haziran-cevre-gunu-aciklamasi-hava-kirliligi-tehlikeli-boyutlara-ulasti>

<sup>22</sup> Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>

<sup>23</sup> UNEP, “Air pollution and climate change: two sides of the same coin”. [https://www.unep.org/news-and-stories/story/air-pollution-and-climate-change-two-sides-same-coin?\\_\\_cf\\_chl\\_managed\\_tk\\_\\_=pmd\\_Jfvaex5zl2tuGtYUOMc4bz38MCJ8oFV3hAtKw61wdE-1633691370-0-gqNtZGzNA3ujcnBszQjR](https://www.unep.org/news-and-stories/story/air-pollution-and-climate-change-two-sides-same-coin?__cf_chl_managed_tk__=pmd_Jfvaex5zl2tuGtYUOMc4bz38MCJ8oFV3hAtKw61wdE-1633691370-0-gqNtZGzNA3ujcnBszQjR)

<sup>24</sup> İklim & Temiz Hava Koalisyonu. <https://www.ccacoalition.org/en/activity/open-agricultural-burning#:~:text=Responsible%20for%20more%20than%20a,regions%20of%20snow%20and%20ice>

<sup>25</sup> ABD Çevresel Koruma Ajansı (EPA). <https://www.epa.gov/air-research/wildland-fire-research-health-effects-research>

### 3.4 Ekonomik Etkiler

Hava kirliliğinin yaratmış olduğu risklere sadece sağlık ve çevresel olarak bakmamak gerek. Hava kirliliği, doğrudan ve dolaylı olarak ekonomiyi de etkiliyor. OECD, tüm etmenler dikkate alındığında çevresel hava kirliliğinin toplam yıllık maliyetinin 2015'te küresel gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYH) %0,3'ünden 2060 yılına kadar küresel GSYH'nin %1'ine yükseleceğini tahmin ediyor (OECD, 2016). Aynı rapora göre, hava kirliliği ile mücadelede aksiyon almamanın hem piyasa hem de piyasa dışı maliyetleri bulunmakta. Piyasa maliyetlerinin alt kırımını incelediğimizde, sağlık harcamalarını, işgücü verimliliğini ve tarımsal üretimi görüyoruz. Piyasa dışı maliyetleri incelediğimizde ise hava kirliliği kaynaklı erken ölüm ve hastalıkların insanların refah düzeyini etkilediği dikkat çekiyor.

Hava kirliliğinin artışı, hastalıkların ve erken ölümlerin sayısını artırdığı için refah düzeyini de düşüren bir etkiye sahip. OECD tarafından 2019 yılı Aralık ayında yayınlanan çalışmaya göre, yıllık ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonunda  $1 \mu g/m^3$ 'lük bir artış Avrupa'nın GSYH'ini %0,8 azaltıyor<sup>26</sup>. Bu da 2020 yılı için kişi başı 273 dolarlık bir azalışa denk geliyor<sup>27</sup>. Dünya Bankası'na göre ise, hava kirliliği kaynaklı küresel erken ölümler nedeniyle oluşan yıllık işgücü geliri kayıpları, 1995 yılındaki 47 milyar dolardan 2015'te yaklaşık 179 milyar dolara ulaşmış durumda (Dünya Bankası, 2016). Yine bu çerçevede, WHO ve OECD tarafından 2015 yılında gerçekleştirilen



Kaynak: OECD

bir çalışmada Avrupa'da hava kirliliğinden kaynaklanan erken ölüm ve sakatlıkların ekonomik maliyetinin 1,6 trilyon dolara yakın olduğu tahmin ediliyor<sup>28</sup>.

UNEP, hava kirliliği kaynaklı refah kayıplarının 2013 yılı parasal değerinin 5,1 trilyon dolar (veya küresel üretimin %6,6'sı) olduğunu belirtiyor<sup>29</sup>. Çevresel hava kirliliğinin olumsuz etkileri, insan sağlığının kaybı ve yaşam süresinin kısalması üzerinden de inceleniyor. Bu amaçla, insanlar hava kirliliği nedeniyle sağlıklarını kaybetmemek ve yaşam sürelerini kısaltmamak için 2015 yılında her yıl kişi başına 500 dolara kadar bir bedel ödemeye razı olurken, bu rakamın 2060 yılında 2.800 dolara yükseleceği tahmin ediliyor (OECD, 2016). **Raporda, çevresel hava kirliliği nedeniyle erken ölümlerden kaynaklanan refah kaybının 2015 yılındaki 3,16 trilyon dolardan<sup>30</sup> 2060 yılında 18,3-25,3 trilyon dolara yükselebileceği öngörülmüyor.**

Hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık problemleri nedeniyle artan tedavi gereksinimleri genel bütçeye baskı yaratıyor. Bu çerçevede, küresel hava kirliliği kaynaklı sağlık harcamalarının 2015 yılındaki 21 milyar dolardan 2060 yılında 176 milyardolarayükselmesi öngörülmüyor (OECD, 2016). Bununla birlikte, 2018 yılı Kasım ayında yapılan bir çalışmaya göre,  $PM_{2,5}$  konsantrasyonunda 1 yüzde puanlık artış, hanehalkı sağlık harcamalarında %2,94'lük bir artışa neden oluyor (Jing Yang, 2018). 2020 yılında Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkelerini kapsayan bir çalışmaya göre ise, kişi başına düşen  $PM_{2,5}$  miktarında izlenen 1 yüzde puanlık artış, kişi başına toplam sağlık harcamasında %1,13'lük bir artış yaratıyor (Özocaklı D., 2020).

Hava kirliliğinin hastalık sayısını artırdığını da biliyoruz. Hastalık sayısının artışı ise işgücü verimliliğini etkiliyor. **Bu çerçevede, 2010 yılında hava kirliliği kaynaklı toplam 1,2 milyar gün olan yıllık iş günü kaybının 2060 yılında 3,7 milyar güne çıkacağı tahmin ediliyor.** Bununla birlikte, hastalık artışı nedeniyle kısıtlı aktivite günleri birikimli sayısının 2010 yılındaki toplam 4,9 milyar günden 2060 yılında 14,9 milyar güne yükselmesi bekleniyor (OECD, 2016).

<sup>26</sup> OECD (2019). [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ECO/WKP\(2019\)54&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ECO/WKP(2019)54&docLanguage=En)

<sup>27</sup> Dünya Bankası. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=EU>

<sup>28</sup> WHO. [https://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us\\$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says](https://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says)

<sup>29</sup> UNEP, Küresel Çevre Görünümü 6. <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6#:~:text=The%20United%20Nations%20Environment%20Programme's,the%20global%20environment%20since%202012.&text=GEO%2D6%20shows%20that%20a,prosperity%2C%20human%20health%20and%20wellbeing.>

<sup>30</sup> 2010 yılı satın alma gücü paritesine göre arındırılmış.

Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin tarım ürünleri üzerine etkisini gösteren de birçok çalışma mevcut. Hava kirliliği, hava kalitesine bağlı olan tarımsal verimde bir azalmaya neden oluyor. Son yıllarda, gelişmekte olan birçok ülkede sanayideki gelişmelerin ve kentleşmedeki artışın, tarım üzerindeki olumsuz etkileri hissediliyor. Çin'de, atmosferde yeterli miktarda yükselemeyen O<sub>3</sub>'ün, yaz buğdayının verimini her yıl tahmini olarak %6-12, soya fasulyesi verimini ise %21-25 oranında azalttığı tahmin ediliyor (Wang, 2004).

Tüm bu ekonomik etkilerinin yanı sıra, hava kirliliğinin eğitime etkisi ekonomik çerçeveden de okunabilir. Araştırmalar, yüksek kirletici konsantrasyonlarının solunum yolu hastalıklarını, yorgunluğu, okul devamsızlığı ve dikkat problemlerini şiddetlendirerek çocukların öğrenme sürecini etkilediğine işaret ediyor (Miller & Vela, 2013). Hava kirliliğine daha fazla maruz kalma, daha yüksek hasta olma ve dolayısıyla çocukların okula devamsızlıklarını artırma riskini de beraberinde getiriyor. Bu çerçevede, hava kirliliği nedeniyle çocukların okul devamsızlığındaki artış, ebeveynlerin de dolaylı olarak işgücü katılımlarını ve verimliliğini etkiliyor.

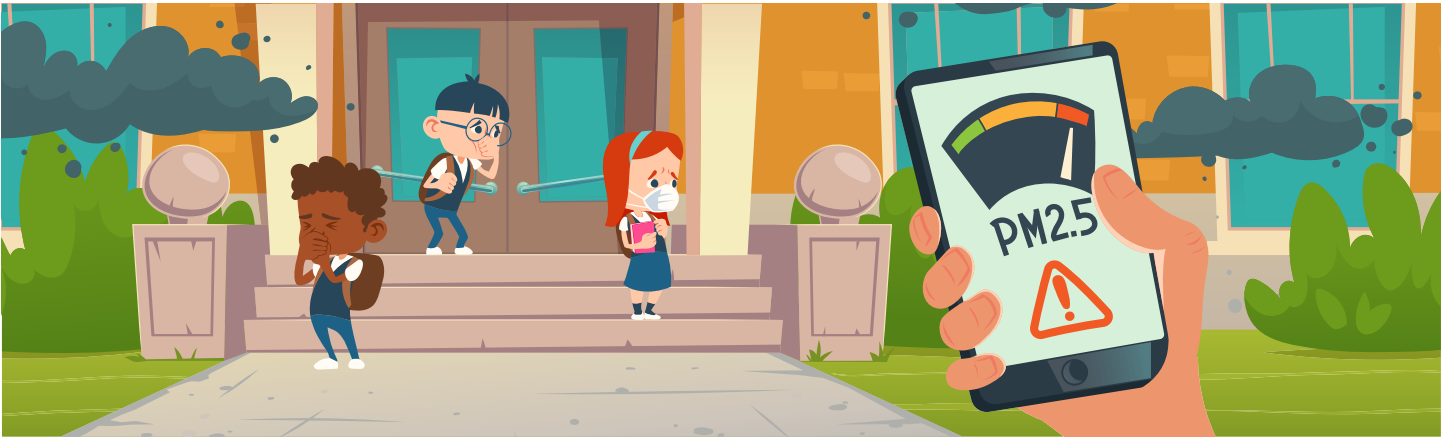


## ***Mercek 1 - Enerji Arz Güvenliği ve Hava Kirliliği***

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayınlanan 2016 yılı “Enerji ve Hava Kirliliği” raporuna göre, modern ve uygun fiyatlı enerjiye erişimi güvence altına almak ile temiz ve sağlıklı bir havayı garanti etmek birbirlerini tamamlayıcı iki hedef<sup>31</sup>. Ülkelerin enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye olan yatırımları, hem enerji arz güvenliğinin sağlanmasında hem de ekonomilerini karbondan arındırmada etkili.

Bu kapsamda enerji çeşitliğinin artırılması (yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim) enerjinin birçok kaynaktan elde edilmesini sağlarken bunların depolama teknolojileri ile birlikte kullanımı enerji arz güvenliğini artırıyor. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim konvansiyonel yakıtlardan enerji üretimine olan bağımlılığı da düşüreceğinden, hava kirliliğini azaltıcı yönde etkisi oluyor. Bununla birlikte, düşük karbonlu teknolojiler ve enerji verimliliği iyileştirmeleri, daha güvenilir, esnek ve çeşitlendirilmiş bir enerji portföyünü teşvik ederek ülkeler ve bölgelerin enerji arz güvenliği hedeflerini daha da ilerletmeye yardımcı olabilecektir.

<sup>31</sup> IEA, “Enerji ve Hava Kirliliği” (2016). <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13467/1/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>



## 4. Hava Kalitesi Ölçümünde Kullanılan Kritik Değerler

Hava kirliliği herkesi etkileyen önemli bir çevre sorunu. Hava kirliliğinin sağlık ve çevresel etkilerinin yanı sıra ekonomik etkilerinin de her geçen gün artması ile birlikte, ülkeler ve kurumlar hava kalitesini iyileştirmeye ve hava kirliliği ile ilişkili halk sağlığı yükünü ve maliyetlerini azaltmaya çalışıyor.

1950'li yıllarda hem İngiltere'de hem de ABD'de meydana gelen ve ölümlere neden olan hava kirliliği olaylarının ardından WHO, ilk olarak 1958 yılında hava kalitesi kritik değerlerini konuşmaya başlıyor. Hava kirlitici kriterlerinin WHO tarafından yayınlanan ilk sürümü 1987'de kaleme alınıyor<sup>32</sup>. 1987 yılından itibaren, birkaç güncellenmiş versiyon geliştiriliyor ve küresel olarak ilk versiyon 2005'te yayınlanıyor (WHO, 2005). 2021 yılı Eylül ayında ise WHO, 2005 yılında yürürlüğe girmiş olan bu kritik değerleri güncelliyor<sup>33</sup>. WHO tarafından yapılan güncelleme ile birlikte Avrupa Birliği (AB) ülkeleri hava kirliliğinin azaltılmasına ilişkin politikalar için yeni yönergeleri takip edeceklerini ve 2030 yılına kadar hava kirliliği kaynaklı erken ölümleri %55 azaltacaklarını taahhüt ediyor<sup>34</sup>.

Tablo 1: WHO Kritik Değerler

| Kirletici                              | Ortalama Süre | 2005 Kritik Değerleri | 2021 Kritik Değerleri |
|----------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )  | Yıllık        | 20                    | 15                    |
|                                        | 24 Saatlik    | 50                    | 45                    |
| PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | Yıllık        | 10                    | 5                     |
|                                        | 24 Saatlik    | 25                    | 15                    |
| NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | Yıllık        | 40                    | 10                    |
|                                        | 24 Saatlik    |                       | 25                    |
| O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )    | Pik Sezon     |                       | 60                    |
|                                        | 8 Saatlik     | 100                   | 100                   |
| SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | 24 Saatlik    | 20                    | 40                    |
| CO (mg/m <sup>3</sup> )                | 24 Saatlik    |                       | 4                     |

Kaynak: WHO, TSKB Ekonomik Araştırmalar

**Avrupa cephesine geldiğimizde ise Avrupa Komisyonu'nun (EC) kritik değerleri belirlerken oluşturduğu hava kalitesi politikasının, hava kalitesini iyileştirmek için uygun araçlar geliştirmeyi ve uygulamayı amaçladığı görülüyor<sup>35</sup>.** EC, bu kritik değerleri belirlerken, 2004<sup>36</sup> ve 2008<sup>37</sup> yıllarında yayınlanan direktifleri baz alıyor. Avrupa Çevre Ajansı (EEA), AB üyesi ülkelerin (İngiltere dahil), PM<sub>2.5</sub> yıllık ortalama sınır değerini 2015'ten itibaren 25 µg/m<sup>3</sup> olarak belirlediğine işaret ediyor<sup>38</sup>.

<sup>32</sup> WHO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107335/9789289013581-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>33</sup> WHO (2021). <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>

<sup>34</sup> Reuters. <https://www.reuters.com/business/environment/eu-tighten-pollution-laws-clean-up-air-water-2021-05-12/>

<sup>35</sup> Avrupa Komisyonu (EC). <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/>

<sup>36</sup> EC (2004). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0107&qid=1633959496784>

<sup>37</sup> EC (2008). [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_08\\_570](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_08_570)

<sup>38</sup> Avrupa Çevre Ajansı. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-concentrations/air-quality-standards>

EC yönergelerine göre, 24 saatlik PM<sub>10</sub> konsantrasyonu için kritik değer olan 50 µg/m<sup>3</sup> bir yıl içerisinde 35 gün aşılabiliyor.

**Tablo 2: EC Kritik Değerler**

| Kirletici                              | Ortalama Süre | Kritik Değer | Yıllık Aşma Sayısı <sup>39</sup>               |
|----------------------------------------|---------------|--------------|------------------------------------------------|
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )  | Yıllık        | 40           |                                                |
|                                        | 24 Saatlik    | 50           | 35 gün / yıl                                   |
| PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | Yıllık        | 25           |                                                |
| NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | Yıllık        | 40           |                                                |
|                                        | 24 Saatlik    |              |                                                |
| O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )    | 8 Saatlik     | 120          | 25 gün / yıl (üç yıllık ortalama alınmaktadır) |
| SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | Saatlik       | 350          | 24 saat / yıl                                  |
|                                        | 24 Saatlik    | 125          | 3 gün / yıl                                    |
| CO (mg/m <sup>3</sup> )                | 8 Saatlik     | 10           |                                                |

Kaynak: EC, TSKB Ekonomik Araştırmalar

Türkiye, kendisi için AB yönergelerini baz alırken, belirlenen hedef değerlere kademeli olarak ulaşmayı planlıyor. 6 Haziran 2008 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nin (HKDYY) 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 sağlamak<sup>40</sup>. Buna ek olarak, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), 17 Mayıs 2021 tarihinde “Dış Ortam Hava Kalitesinin Yönetimi Yönetmeliği”ni yayınlarak PM<sub>2,5</sub> kirleticisi için 2021 yılı ve sonrasındaki kritik değerleri belirlemiştir.

**Tablo 3: Türkiye İçin Kullanılan Kritik Değerler<sup>41</sup>**

| Kirletici                              | Ortalama Süre        | 2017 Kritik Değer         | 2018 Kritik Değer | 2019 Kritik Değer | 2020 Kritik Değer | 2021 Kritik Değer | 2022 Kritik Değer | 2023 Kritik Değer | 2024 Kritik Değer |
|----------------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )  | Yıllık               | 48                        | 44                | 40                | 40                | 40                | 40                | 40                | 40                |
|                                        | 24 Saatlik           | 70                        | 60                | 50                | 50                | 50                | 50                | 50                | 50                |
| PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | Yıllık <sup>42</sup> |                           |                   |                   |                   | 30                | 29                | 29                | 28                |
| NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | Yıllık               | 54                        | 52                | 50                | 48                | 46                | 44                | 42                | 40                |
|                                        | 24 Saatlik           | 270                       | 260               | 250               | 240               | 230               | 220               | 210               | 200               |
| O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )    | 8 Saatlik            | hedef değer <sup>43</sup> |                   |                   |                   |                   | 120               | 120               | 120               |
| SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )   | Saatlik              | 410                       | 380               | 350               | 350               | 350               | 350               | 350               | 350               |
|                                        | 24 Saatlik           | 175                       | 150               | 125               | 125               | 125               | 125               | 125               | 125               |
| CO (mg/m <sup>3</sup> )                | 8 Saatlik            | 10                        | 10                | 10                | 10                | 10                | 10                | 10                | 10                |

Kaynak: Resmi Gazete, TSKB Ekonomik Araştırmalar

Türkiye’de PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu ölçümleri halen yeterince yaygın değildir. Tablo 3’te de görüldüğü üzere ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu sınır değerleri 2021 yılından itibaren yönetmeliklere dahil oluyor. Bu konuda önümüzdeki dönemde atılması beklenen adımlar önem arz ediyor.

<sup>39</sup> Bir yıl içerisinde kritik değeri aşma sayısı anlamına gelmektedir. Bir yıl içerisinde kritik değerlerin maksimum frekansta aşılabılme sayısını göstermektedir.

<sup>40</sup> Resmi Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm>

<sup>41</sup> Tablodaki gri olarak işaretlenmiş değerler Türkiye’deki kritik değerlerin EC kritik değerleri ile aynı olacağı yılları göstermektedir.

<sup>42</sup> T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, “Dış Ortam Hava Kalitesinin Yönetimi Yönetmeliği”, 2021.

<sup>43</sup> Hedef değer, çevre ve/veya insan sağlığı üzerindeki uzun dönemli zararlı etkilerden kaçınmak, bunları önlemek veya azaltmak amacıyla belirlenen ve öngörülen süre sonunda mümkün olan yerlerde ulaşılması gereken seviyeyi ifade etmektedir. Hedef değer bölge bazlı farklılık içermektedir.

## 5. Dünyada Hava Kirliliği

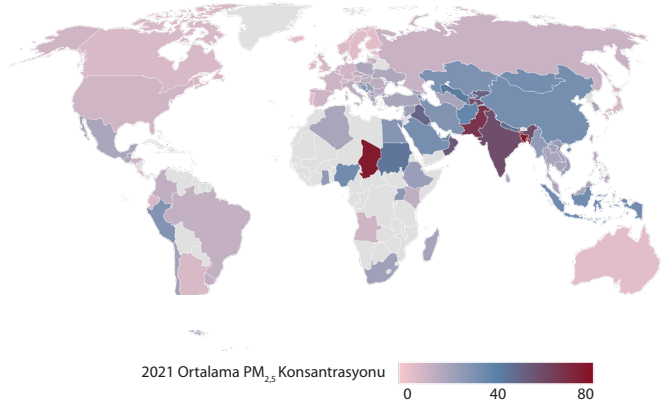
IQAir tarafından 2021 yılına ilişkin veriler kullanılarak yapılan hesaplamalara göre, 2021'de dünya genelinde ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu ölçümü yapılan 6,475 şehirden sadece 222'sinde WHO'nun kritik değeri olan  $5 \mu g/m^3$ 'ten daha düşük seviyeler gerçekleşiyor (IQ Air, 2021).

IQAir tarafından hazırlanan "2021 Yılı Dünya Hava Kalitesi Raporu"na göre, en yüksek ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonuna sahip ülke  $76,9 \mu g/m^3$  değeri ile Bangladeş. Bangladeş'i  $75,9 \mu g/m^3$  ile Çad ve  $66,8 \mu g/m^3$  ile Pakistan izliyor. Ülke değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu değerine sahip ilk on beş ülkenin on üçünün Asya ülkesi olması dikkat çekiyor. En yüksek ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu değerine sahip 16'ncı ülke ise bir Avrupa ülkesi olan Karadağ.

**Türkiye'nin  $20,0 \mu g/m^3$  değeri ile 117 ülke arasında 46'ncı sırada olduğu listede, en düşük değerleri ada ülkeleri alırken, OECD ülkeleri arasında en düşük  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu değerine sahip ülke  $5,5 \mu g/m^3$  ile Finlandiya.**

OECD ülkeleri arasında yapılan karşılaştırmada, Türkiye'de 2021 yılı ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu Şili'nin ( $21,7 \mu g/m^3$ ) ardından ikinci sırada. Öte yandan iklim ve coğrafya bakımından Türkiye ile aynı kategoride olabilecek diğer ülkeler olan Yunanistan ve İtalya'da 2021 yılı ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonun sırasıyla  $19 \mu g/m^3$  ve  $15,2 \mu g/m^3$  olarak kaydedildiği görülüyor<sup>44</sup>.

Şekil 1: Ortalama  $PM_{2,5}$  Konsantrasyonu (2021)\*



Kaynak: IQAir, TSKB Ekonomik Araştırmalar

\*Daha koyu bir renk,  $PM_{2,5}$  konsantrasyonunun daha yüksek olduğu anlamına geliyor.

### Mercek 2 - Hava Kirliliği ve COVID-19

Tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisi ile hava kirliliğinin çift yönlü bir ilişkisi var. 2020 yılının başında Çin'in Wuhan eyaletinde başlayan ve zamanla tüm dünyayı etkisi altına alan pandeminin, ülkeleri kısıtlama ve karantina aksiyonlarını uygulamaya mecbur ettiği biliniyor. Pandeminin başlangıcından itibaren dünya genelinde yaşanan kısıtlamalar, hareketlilik azalması ve dünya ekonomisinin daralmasının etkisiyle, 2020 yılında hava kirliliğinde hem bölgesel hem de küresel azalmalar gözlemlendiği kaydediliyor. WHO tarafından gerçekleştirilen bir analize göre, 2020 yılı içerisindeki tam karantina tedbirleri sürecinde  $PM_{2,5}$  konsantrasyonunda 2015-2019 yıllarının aynı dönemlerine kıyasla %30-40'a varan bir azalma gerçekleşti<sup>45</sup>.

Madalyonun diğer tarafında ise hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgelerde COVID-19'un sağlık üzerindeki etkilerinin daha ağır olduğu gözleniyor. Hava kirliliğinin kalp krizi, felç ve yüksek tansiyon gibi ölüm oranını artıran hastalıklara neden olabileceğini biliyoruz. 2020 yılı Kasım ayında

yayınlanan bir çalışma uzun süre hava kirliliğine maruz kalmanın COVID-19'un etkilerini daha da kötüleştirebileceğini söylüyor (Wu, Sabbath, Nethery, Braun, & Dominici, 2020). İtalya, İspanya, Fransa ve Almanya'dan veriler ile gerçekleştirilen bir çalışma, uzun süre azotdioksit ( $NO_2$ ) konsantrasyonuna maruz kalmanın bu bölgelerde COVID-19'un neden olduğu ölümleri artıran önemli etmenlerden biri olabileceğini gösteriyor (Ogen, 2020). **İngiltere'de yapılan bir çalışma sonuçlarına göre,  $NO_2$  ve  $PM_{2,5}$  konsantrasyonlarında meydana gelen her  $1 \mu g/m^3$  yükseliş COVID-19 nedeni ölüm oranını sırasıyla %0,5 ve %1,4 artırıyor (Konstantinoudis, et al., 2021).**

2020 yılında dünya genelinde birçok yerde hava kirliliğinin azaldığını görüyoruz. Hareketliliğin azalması ve dünya ekonomisinin daralması bazı yerlerde hava kirliliğinin de azalmasına neden olurken, diğer bazı bölgelerde ise hava kirliliğinin yine de arttığını tecrübe ettik. Bu da hava kirliliğinin sadece ekonomik faaliyetler ve hareketlilikten kaynaklanmadığını gösteriyor.

<sup>44</sup> 2021 yılında yıllık olarak 38 ülkenin ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonunda azalma, 59'unda artış görüldüğü dikkat çekiyor. Türkiye'nin ortalama  $PM_{2,5}$  konsantrasyonu %7'lik bir büyümeye oranına sahipken, OECD ülkeleri arasında 24 ülkede artış ve 10 ülkede azalma kaydediliyor. OECD ülkeleri arasında en şiddetli artış İsveç'te (%32) gerçekleşirken en derin daralma %25'lik azalma ile Avustralya'da görülüyor.

<sup>45</sup> Birleşmiş Milletler (2021). <https://news.un.org/en/story/2021/09/1099092>



## 6. Türkiye’de Hava Kirliliği

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hava kirliliği sağlık sorunlarının sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkıyor. Washington Üniversitesi’nde bulunan Sağlık Metrikleri ve Değerlendirme Enstitüsü verilerine göre Türkiye’de en çok ölüm ve sakatlığı bir araya getiren risk faktörleri arasında hava kirliliği de bulunuyor. Risk sıralamasında 2009 yılında 6’ncı sırada olan hava kirliliğinin 2019 yılında 5’inci sıraya yükselmesi dikkat çekiyor<sup>46</sup>. Dünya Bankası tarafından 2022 yılında yayınlanan Türkiye’ye ilişkin “Ülke İklim ve Kalkınma Raporu”, Türkiye’nin hava kirliliğini azaltmada ilerleme kaydetmiş olduğunu belirtirken, sağlık maliyetlerinin yüksek gelirli ülkelere kıyasla daha yukarıda olduğunu ifade ediyor<sup>47</sup>. **Rapor,  $PM_{10}$  ve  $NO_2$  konsantrasyonlarının ülkenin ekonomik büyümesine göre azalıyor olduğunu ve Türkiye’de  $PM_{2.5}$  konsantrasyonunun ekonomik maliyetinin GSYH’nin %5’inden fazlasına denk gelebileceğini belirtiyor.**

Tüm bu çerçevede, Türkiye’de özellikle  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarının ölçümünün önemi daha da artıyor. Bu bölümde sunacağımız çalışmamızın, kalkınma perspektifinden hava kirliliği araştırmalarına katkı sunmasını umuyoruz.

### 6.1 Veri Kaynakları ve Yöntem

Çalışmamızda kullanılan kirleticilerin değerleri, ÇŞİDB’ye ait Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı Web Sitesi’nde bulunan İstasyon Veri İndirme bölümünden temin ediliyor<sup>48</sup>. Türkiye genelinde değerleri yayınlanan kirleticiler arasından  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyonlarının şehir bazlı karşılaştırılması yapılıyor. Partikül maddeler ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ) sağlık açısından en tehlikeli hava kirleticileri olması, azotdioksit ( $NO_2$ ) ise orman yangınları gibi yüksek sıcaklıklarda yanma sonucunda oluşması ve motorlu taşıtlar tarafından üretilmesi nedeniyle çalışmamıza konu oluyor.

2015-2021 yılları arasında toplam 343 istasyon verisi

incelenmekte olup bu istasyonlara ait günlük verilerin yıllık ortalamaları, hesaplamalarda kullanılıyor. Her bir istasyona ait hava kirliliği hesaplamalarında verilerin sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için istasyonun, yıl içindeki günlerin en az %75’inde, yani en az 274 gün (artık yıllarda 275 gün), veri toplamış olması durumu kriter olarak alınıyor. Bu nedenle bir yıl içindeki günlerin %74’ünde ve altında veri kaydetmiş olan istasyonlar hesaplamamızda kapsam dışı bırakılıyor. Her bir şehir için hava kirliliği hesaplamalarında en az iki istasyona sahip olması verinin temizleme sürecinde önem arz ettiği için, daha önce belirtilen kriterlere uyan en az iki istasyona sahip şehirler çalışmamıza konu oluyor.

<sup>46</sup> Sağlık Metrikleri ve Değerlendirme Enstitüsü. <http://www.healthdata.org/turkey>

<sup>47</sup> Dünya Bankası (2022). “Türkiye – Ülke İklim ve Kalkınma Raporu”. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37521>

<sup>48</sup> Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. [https://sim.csb.gov.tr/STN/STN\\_Report/DataBank](https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/DataBank)

## 6.2 PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu

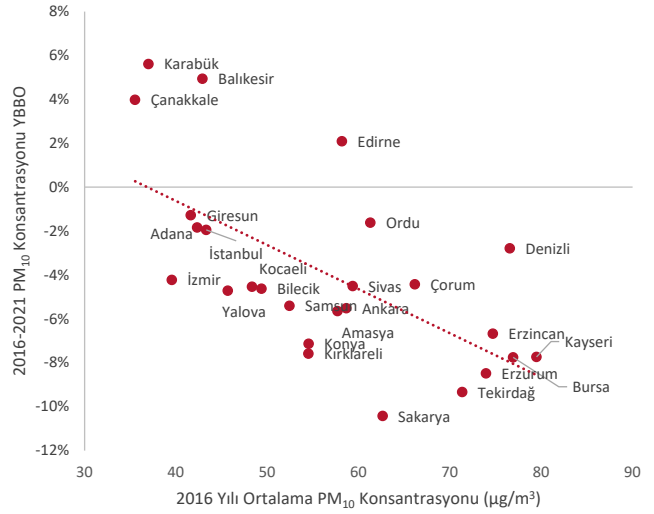
Veri temizleme süreci sonunda, 10 µg/m<sup>3</sup>'ten daha küçük partikül madde (PM<sub>10</sub>) kirleticisi veri kriterlerini sağlayan 26 şehri<sup>49</sup> kapsayan bir çalışma yaptık ve bu şehirlere ait 2016 ve 2021 yılları ortalama konsantrasyonlarını karşılaştırdık.

Çalışmada incelenen şehirler arasında 2016-2021 yılları arasında Balıkesir, Çanakkale, Edirne ve Karabük'te ortalama PM<sub>10</sub> değerlerinde artış görülüyor. 2016-2021 yılları arasında Karabük'ün ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllık bileşik büyüme oranı (YBBO) %5,6 olurken Karabük'ü %4,9 ile Balıkesir, %4,0 ile Çanakkale ve %2,1 ile Edirne izliyor. Çalışmanın bu kısmına dahil edilen diğer 22 şehirde ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında iyileşme gözleniyor.

Başlangıç yılında daha yüksek ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu değerine sahip şehirlerde daha güçlü bir azalma gözlenen çalışmanın sonuçlarına göre, çalışmaya dahil edilen şehirlerin yarısından fazlasında ortalamadan daha güçlü bir azalma kaydediliyor. 2016 yılı ile başlayan 5 yıllık dönemde Sakarya %10,4 ile en kuvvetli iyileşmeyi gerçekleştirirken, Sakarya'yı %9,3 ile Tekirdağ izliyor. Bununla birlikte Erzurum, Bursa, Kayseri, Kırklareli ve Konya gibi şehirlerin ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllık %7'den daha sert gerilediği görülüyor.

Türkiye'de belirlenmiş kritik değerler ile çalışmaya dahil edilen şehirlerin ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu değerleri karşılaştırıldığında ise 2016 yılında PM<sub>10</sub> kritik değerinden yüksek ortalamaya sahip şehir sayısı 16 iken bu sayı 2021 yılında 15 olarak kaydedildi.

**Grafik 1: 2016-2021 Döneminde Şehirlerde Ortalama PM<sub>10</sub> Konsantrasyon Değişimi**

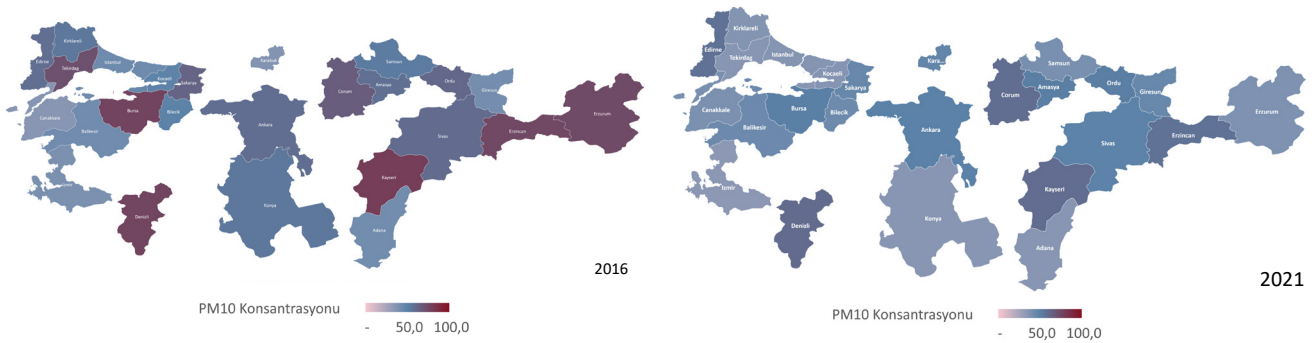


**Kaynak:** Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), TSKB Ekonomik Araştırmalar

2016 yılında Türkiye için belirlenmiş kritik değerden daha düşük ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonuna sahip Balıkesir, Çanakkale ve Karabük'te, 2021 yılında kritik değerden daha yüksek ortalama kaydedildi. Bununla birlikte 2016 yılında Türkiye kritik değerinden yüksek ortalamaya sahip Kırklareli, Konya, Sakarya ve Samsun ise, 2021 yılında kritik değerden daha düşük ortalama izlendi. (Bknz Şekil 2)

Hava kirliliği; teorik olarak nüfusa paralel artan kentleşme, ulaşım ve sanayileşme ile yükselir. WHO'ya göre PM<sub>10</sub>'un ana kaynağı olarak sanayi ve taşıt emisyonları kabul ediliyor. Bu kapsamda, çalışmamızda 2016 ve 2019 yılları arasında reel sanayi üretimi değişimi ile ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu değişimi arasındaki ilişki inceleniyor.

**Şekil 2: Ortalama PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu (2016 ve 2021)**

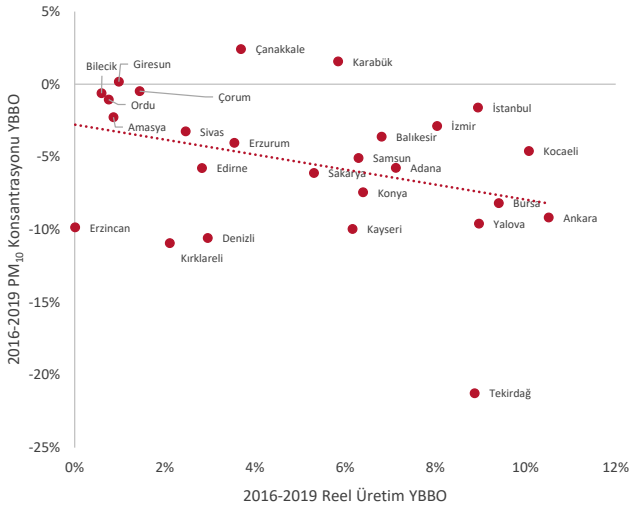


**Kaynak:** ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar

<sup>49</sup> Adana, Amasya, Ankara, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Edirne, Erzincan, Erzurum, Giresun, İstanbul, İzmir, Karabük, Kayseri, Kırklareli, Kocaeli, Konya, Ordu, Sakarya, Samsun, Sivas, Tekirdağ, Yalova.

Grafik 2’de görüldüğü üzere, çalışmaya dahil edilen tüm şehirlerde reel sanayi üretimi artışı gerçekleşirken, Çanakkale, Giresun ve Karabük hariç diğer şehirlerde ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu azalıyor. **Dolayısıyla mevcut veriler üretim ile hava kirliliği göstergesi arasında doğru yönlü bir ilişkiye işaret etmiyor. Bu durum, hava kirliliğini artırmadan üretimin artırılabilceğini ima ediyor**<sup>50</sup>.

**Grafik 2: PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu Reel Üretim İlişkisi<sup>51</sup> (2016-2019)\***



Kaynak: ÇŞİDB, TÜİK, TSKB Ekonomik Araştırmalar

\* 2021 yılına ilişkin şehir bazlı üretim verisi bulunmaması nedeni ile 2016-2019 dönemi hesaba katılmıştır. 2020 yılı Covid-19 kapatma etkisi nedeni ile dışarıda bırakılmıştır.

## 6.3 NO<sub>2</sub> Konsantrasyonu

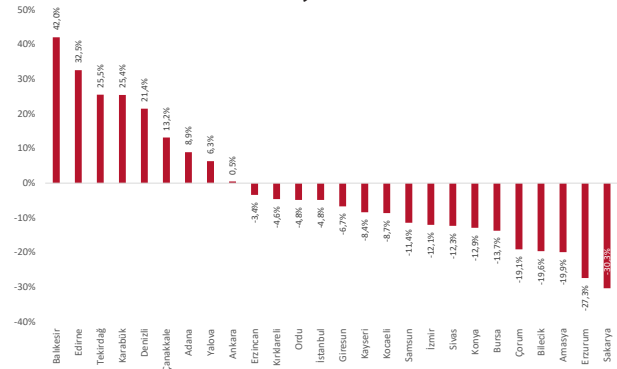
Azotdioksit (NO<sub>2</sub>) konsantrasyonu dikkate alındığında 2016 ve 2021 yılları arası verilerin analiz edildiği çalışmamız 12 şehri<sup>52</sup> kapsıyor.

Grafik 4’te de görüldüğü üzere çalışmaya dahil edilen şehirler arasında ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek şehirlerin başında Ankara, Erzurum ve Trabzon geliyor. 2021 yılında Ankara, Erzurum ve Trabzon’un ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun WHO ve EC kritik değerlerinin üzerinde olduğu görülüyor.

Türkiye’de belirlenmiş kritik değerler ile karşılaştırıldığında ise 2016 yılında çalışmaya dahil edilen hiçbir şehrin yıllık ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Türkiye kritik değerinin üzerinde değilken, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında Ankara’nın ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Türkiye kritik değerinin üzerinde hesaplanıyor.

Grafik 3’te görüldüğü üzere, 2021 yılındaki ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 2019 yılı ile karşılaştırıldığında 9 şehirde yükseliş kaydedilirken 17 şehirde azalma gerçekleştiği görülüyor. 2021 yılında 2019 yılına göre en güçlü ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyon büyümesi %42,0 ile Balıkesir’de gerçekleşirken Balıkesir’i %32,5 ile Edirne, %25,5 ile Tekirdağ izliyor. Bununla birlikte ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunda en büyük azalma %30,3 ile Sakarya’da kaydedilirken, Sakarya’dan sonra %27,3’lük azalma ile Erzurum ve %19,9’luk azalma ile Amasya geliyor.

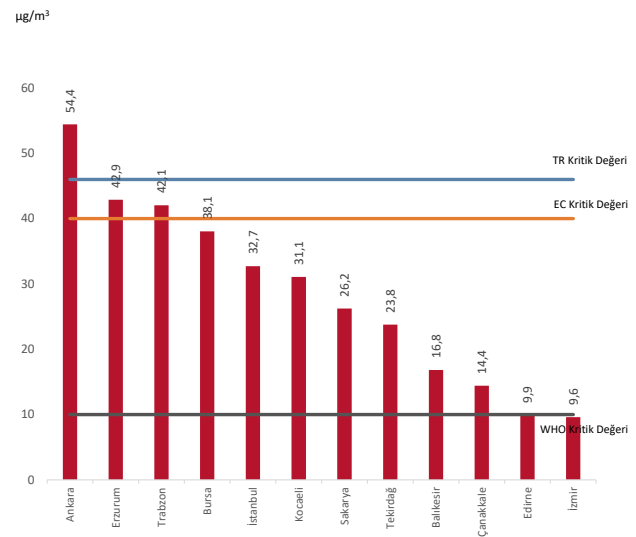
**Grafik 3: Ortalama PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu 2019 ve 2021 Yılları Kıyaslaması\***



Kaynak: ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar

\* 2020 yılı Covid-19 kapatma etkisi nedeni ile dışarıda bırakılmıştır.

**Grafik 4: 2021 Yılı Ortalama NO<sub>2</sub> Konsantrasyonu**



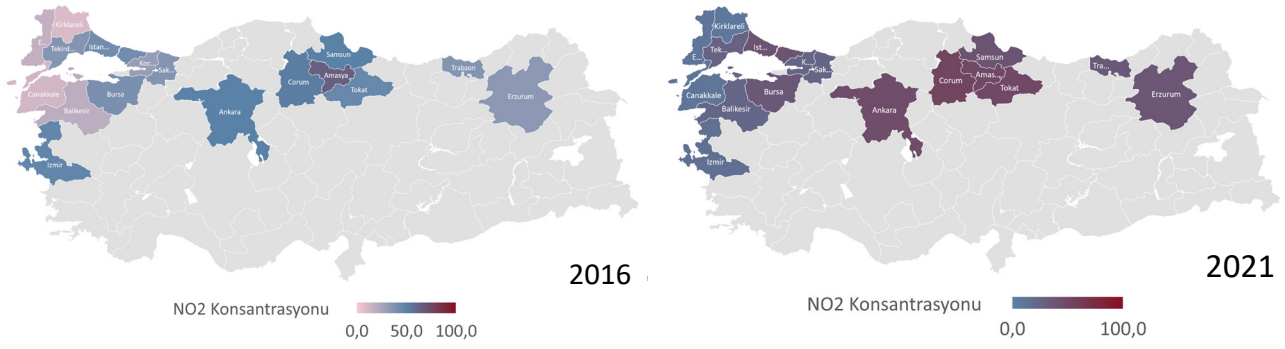
Kaynak: ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar

<sup>50</sup> 2020 yılı reel üretim verilerini kullanarak yapılan hesaplamaları içeren grafik “Ek-2” başlığı altında sunuluyor.

<sup>51</sup> 2016 ve 2019 yılları arasında reel üretim değişimi ile ortalama PM10 konsantrasyonu değişimi arasındaki ilişkiyi tespit etmek için TÜİK tarafından yayımlanan ekonomik faaliyet ve büyüklük gruplarına göre üretim değeri verileri ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Girişimci Bilgi Sistemi bölgesel büyüklük, başatlık ve uzmanlık verileri kullanılıyor. Bu veriler reelleştirildikten sonra yıllık bileşik büyüme oranları ile ÇŞİDB tarafından yayınlanan yıllık ortalama PM10 konsantrasyonunun yıllık bileşik büyüme oranı karşılaştırılıyor.

<sup>52</sup> Ankara, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Edirne, Erzurum, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ, Trabzon.

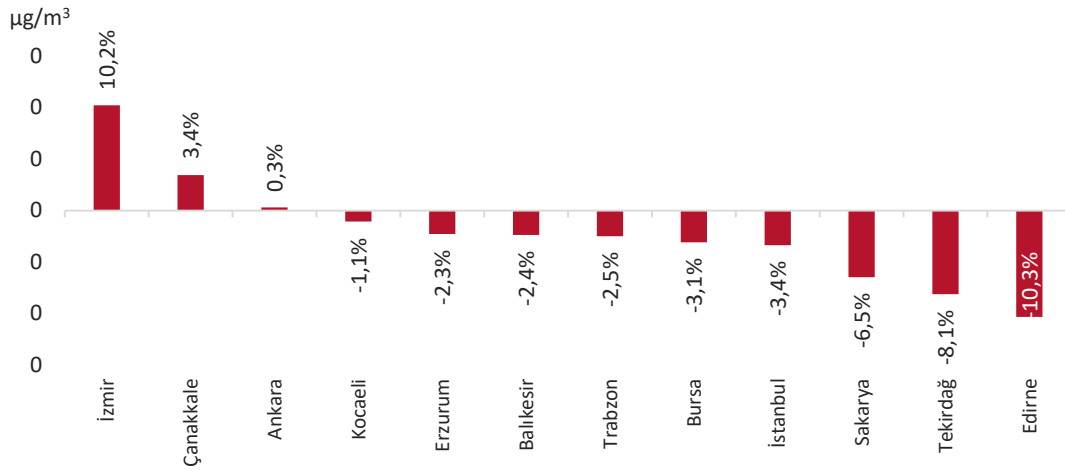
Şekil 3: Ortalama NO<sub>2</sub> Konsantrasyonu (2016 ve 2021)



Kaynak: ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar

Çalışmaya dahil edilen 12 şehrin ortalama YBBO'su ise -%2,1 olarak hesaplanıyor. Grafik 5'te görüldüğü üzere 2016-2021 yılları arasında en güçlü ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyon YBBO'su %10,2 ile İzmir'de kaydedilirken İzmir'i %3,4 ile Çanakkale ve %0,3 ile Ankara izliyor. Bununla birlikte çalışmaya dahil edilen şehirler arasında ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu YBBO'sunda en büyük azalma %10,3 ile Edirne'de gerçekleşirken, Edirne'nin ardından %8,1'lik azalma ile Tekirdağ ve %6,5'lik azalma ile Sakarya geliyor.

Grafik 5: Ortalama NO<sub>2</sub> Konsantrasyonu 2016-2021 Dönemi YBBO



Kaynak: ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar

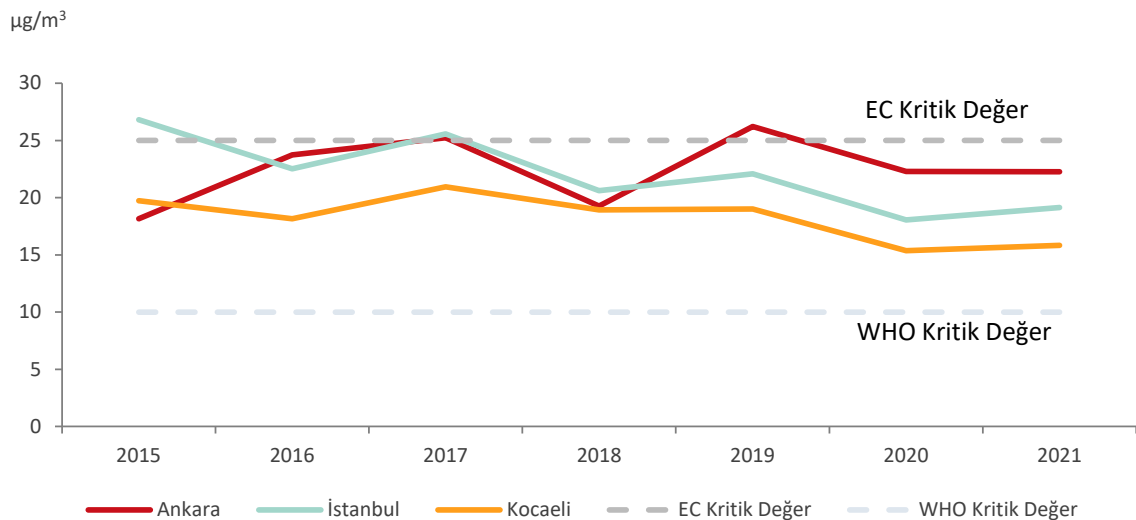


## 6.4 PM<sub>2,5</sub> Konsantrasyonu

Partikül maddeler arasında en tehlikelisi olarak bilinen 2,5 µg/m<sup>3</sup>'ten daha küçük partikül madde (PM<sub>2,5</sub>) kirleticisi son yıllarda daha da önemli hale geldi. Akciğer hastalıkları ile bağlantısı çok yüksek olan PM<sub>2,5</sub> kirleticisi için Türkiye'de yeterli miktarda ölçüm mevcut değil. Bu çalışma kapsamında 2016-2021 yılları aralığında veri kriterlerini sağlayan yalnızca 3 şehir (Ankara, İstanbul, Kocaeli) için ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu analizi yapılıyor.

Ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyon değerlerini kritik değerler ile karşılaştırdığımızda, çalışmaya dahil edilen şehirlerin tamamı 2020 ve 2021 yıllarında ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu açısından WHO kritik değerlerinden yüksek, EC kritik değerinden düşük hesaplanıyor. Ankara'da 2020 yılında 22,29 µg/m<sup>3</sup> olarak kaydedilen ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu, 2021 yılında yıllık bazda %0,1'lik bir azalma ile 22,23 µg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşiyor. Kocaeli ve İstanbul'da ise 2021 yılı ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu değerleri EC kritik değeri ve Ankara'dan daha düşük olmasına rağmen yıllık bazda sırasıyla %3,0 ve %6,1'lik artış gösteriyor. Aynı zamanda bu şehirlere ait 2021 yılı ortalama konsantrasyon değerleri 17 Mayıs 2021 tarihinde ÇŞİDB tarafından yayımlanan "Dış Ortam Hava Kalitesinin Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında belirlenmiş olan PM<sub>2,5</sub> kritik değerinden düşük kaydediliyor.

**Grafik 6:** 2016-2021 Döneminde Şehirlerde Ortalama PM<sub>2,5</sub> Konsantrasyonu Gelişimi



Kaynak: ÇŞİDB, TSKB Ekonomik Araştırmalar



## 7. Hava Kirliliğine İlişkin Düzenleme

Son yıllarda çok önemli bir sorun haline gelen hava kirliliği, başta sağlık olmak üzere çevreyi ve ekonomiyi doğrudan ve dolaylı bir şekilde etkiliyor. Kirlilik, insan sağlığını etkilemenin yanı sıra biyoçeşitliliğin kaybının ana nedenlerinden biri ve ekosistemlerin karbon tutma yeteneğini azaltıyor. Doğal nedenler, orman yangınlarına ve toz fırtınalarına daha yatkın kurak bölgelerde yerel hava kirliliğine önemli ölçüde sebep olurken, insan faaliyetlerinin katkısı doğal nedenlerden çok daha yüksek kalıyor.

Sanayi devriminden bu yana, soluduğumuz havanın kalitesi, esas olarak insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak, önemli ölçüde bozuluyor. Artan sanayi ve enerji üretimi ve trafikteki çarpıcı artış da hava kirliliğini yükseltmekte. 1979 yılında 32 ülke tarafından imzalanan "Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi"<sup>53</sup> ve 1999 yılında imzalanan "Göteborg Protokolü"<sup>54</sup> hava kirliliği ile mücadelede yol gösterici dokümanlar oldular. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) 2019 yılı Aralık ayında yayınladığı "2020-2030 ve Sonrası için Temiz Hava Bildirgesi" raporunda, hava kirliliğinin uzun mesafeler boyunca taşınması nedeniyle yüksek etkilere sahip bir sorun olduğunu belirtirken, yerel hava kirliliğinin sınır aşan hava kirliliğinden büyük ölçüde etkilendiğini söylüyor ve UNECE bölgesinde farklı hükümetler seviyesinde işbirliği yapılmasını onaylıyor<sup>55</sup>.

Bu kapsamda, 12 Mayıs 2021 tarihinde EC, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında "Hava, Su ve Toprak için Sıfır Kirliliğe Doğru" AB Eylem Planı'nı kabul etti<sup>56</sup>. EC'nin 2050 yılı itibarıyla sıfır kirlilik vizyonu, hava, su ve toprak kirliliğinin sağlığa ve ekosistemlere zararlı olmayacak seviyelere indirilmesi ve böylece toksik olmayan bir çevre yaratılmasıdır. Bu kapsamda, kirliliği kaynağında azaltmayı hızlandırmak için 2030 hedefleri belirlenirken, bu hedefler arasında, hava kirliliğinden kaynaklanan erken ölümlerin sayısını %55 oranında azaltmak için hava kalitesinin iyileştirilmesi ve hava kirliliğinin biyoçeşitliliği tehdit ettiği ekosistemlerin %25 oranında azaltılması bulunuyor.

Türkiye'de hava kirliliğine ilişkin bir yönetmelik olarak karşımıza çıkan ve 6 Haziran 2008 yılında Resmi Gazete'de yayımlanan "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği"nin amaçları arasında 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 sağlamak yer alıyor.

<sup>53</sup> UNECE. <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/1979%20CLRTAP.e.pdf>

<sup>54</sup> UNECE. <https://unece.org/gothenburg-protocol>

<sup>55</sup> UNECE. <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2019/AIR/EB/Declaration.pdf>

<sup>56</sup> EC. [https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan_en)

## 8. Hava Kirliliği ile Mücadelede Son Gelişmeler

İklim değişikliğini artıran birçok gaz aynı zamanda, sağlığımızı ve çevreyi etkileyen yaygın hava kirlleticileri olarak karşımıza çıkıyor. Nitekim, iklim değişikliğini değerlendirmek için kurulan uluslararası bir kuruluş olan IPCC, 2007 tarihli raporunda gelecekte iklim değişikliği nedeniyle şehirlerdeki hava kalitesinde bir azalma olacağını öngörmüştü (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2007). Dolayısıyla günümüzün en büyük sağlık tehditlerinden olan kirlilik çeşitlerinden biri olan hava kirliliği ile mücadele, iklim değişikliğini azaltma çabalarını da destekliyor. Bu perspektiften bakıldığında hava kirliliği, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de birçok şehirde insan ve çevre sağlığını doğrudan etkilemesi nedeniyle iklim değişikliği ile mücadele adımları kapsamında ön sıralarda yer alıyor / almalı.

Pekçok farklı sebepten kaynaklanabilen hava kirliliği sorununa çözümün de çok paydaşlı olacağı/olması gerektiği görülüyor. 2017’de Nairobi’de 170 ülkeden katılımcıyla gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre Asamblesi, kirlilikle mücadele konusunda bakanlıklar seviyesinde bir deklarasyon<sup>57</sup> yayınlayarak önemli bir adım atmıştı. Sonrasında yayınlanan uygulama planı çerçevesinde ise, çözümün çok paydaşlı olması gerektiğini teyit eder şekilde katılımcılar arasında, bakanlıklar, politika yapıcılar, işletmeler, sanayi tesisleri, sivil toplum kuruluşları, yerel yönetimler ve vatandaşların sayıldığı görülüyor.

Çözüme giden yolda hem sanayi tesisleri hem de şehirler için atık yönetiminin iyileştirilmesi büyük önem taşıyor. Enerji verimliliğinin sanayi ile sınırlı kalmaması, yeşil binaların yapılması, erişilebilir toplu taşıma hizmetlerinin sağlanması, bisiklet yollarının, yaya dostu yeşil şehirlerin kurulması hem önemli hem de acil eylemler olarak listede yer alıyor. Elbette, orman yangınlarının engellenmesi ve doğal bitki örtüsünün desteklenmesi, tarım faaliyetleri-orman alanı ilişkisinin dengelenmesi de diğer yönetim alanları içerisinde.

Elektrifikasyon olarak bilinen fosil yakıtlı alternatifler yerine elektrikli son kullanım teknolojilerinin benimsenmesi, aynı zamanda kriter kirlitici emisyonları azaltan ve hava kalitesini iyileştiren, ekonomi çapında önemli bir dekarbonizasyon stratejisi olarak da karşımıza çıkıyor<sup>58</sup>. ABD’de yapılan



bir çalışmaya göre, elektrifikasyon karbondioksiti önemli ölçüde azaltırken, hava kalitesini artırıyor. Özellikle, ulaştırma sektöründeki elektrifikasyon çabaları, ozon ve PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonlarını bölgesel olarak değiştiriyor<sup>59</sup>.

2021 yılında Glasgow’da gerçekleşen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 26’ncı Taraflar Konferansı’nda (COP26) 40’tan fazla ülkenin aşamalı olarak kömürden çıkış için taahhüt verme kararı almıştı. Sonuç Bildirgesi’nde kömür kaynaklarının kullanımının “aşamalı olarak azaltması” (phase down) ibaresinin yer alması iklim krizine alınan tedbirler kapsamında kayda değer bir çaba olarak not edilmişti<sup>60</sup>. 2022 yılı Kasım ayında gerçekleştirilen COP27’de hava kirliliği “Sağlık” günü altında ele alındı. Hava kirliliği ile mücadelede atılan adımların aynı zamanda iklim değişikliği ile mücadelede de etkili olduğu belirtildi. Bununla birlikte, aynı dönemde WHO tarafından yayımlanan “Sağlık ve İklim Değişikliği Türkiye Ülke Profili” başlıklı rapor, Türkiye’de hava kirliliği yüzünden her yıl 37 bin erken ölüm yaşandığına işaret ediyor<sup>61</sup>.

Tüm bu çerçevede hem dünyanın hem de Türkiye’nin hava kirliliği ile mücadelede konusunda yürümesi gereken uzun bir yol olduğu gerçeğini kabul etmemiz gerekiyor. Kamunun, belediyelerin, özel sektör şirketlerinin ve bireylerin, sorumluluk olarak birlikte atacağı adımlara hava kirliliği ile mücadele kapsamında geliştirilecek finansman olanaklarının da eklenmesi, dünyanın ve Türkiye’nin hava kalitesini artırmaya destek olacaktır.

<sup>57</sup> UNEP. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31015/k1800398.english.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

<sup>58</sup> <https://www.nature.com/articles/s41467-022-33902-9>

<sup>59</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36335099/>

<sup>60</sup> COP26 Glasgow İklim Anlaşması. <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>

<sup>61</sup> WHO, “Sağlık ve İklim Değişikliği Türkiye Ülke Profili”. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/353977/WHO-HEP-ECH-CCH-22.01.05-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



## 9. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Hava Kirliliği

İklim, su ve doğal kaynaklar gibi pek çok kalkınma temasıyla bağlantısı nedeniyle hava kirliliği ile mücadele neredeyse tüm Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ile yakından ilişkili. Bu genel çerçeve içerisinde, 3 numaralı “Sağlık ve Kaliteli Yaşam”, 6 numaralı “Temiz Su ve Sanitasyon”, 7 numaralı “Erişebilir ve Temiz Enerji”, 8 numaralı “İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme”, 11 numaralı “Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar”, 12 numaralı “Sorumlu Üretim ve Tüketim”, 13 numaralı “İklim Eylemi”, 14 numaralı “Sudaki Yaşam” ve 15 numaralı “Karasal Yaşam” amaçları ile doğrudan bir ilişki olduğu söylenebilir.

“Sağlık ve Kaliteli Yaşam” amacı ile sağlıklı yaşamın güvence altına alınması ve mutluluğun her yaşta desteklenmesi hedefleniyor. Bu amaç çerçevesinde, hedef; 2030 yılına kadar zararlı kimyasallardan ve hava

kirliliğinden kaynaklanan hastalıkların ve ölümlerin sayısının azaltılması. Bu kapsamda 3.9 numaralı alt hedef, 2030 yılına kadar, tehlikeli kimyasallar ile hava, su ve toprak kirliliği ve kontaminasyondan kaynaklanan ölüm ve hastalıkların sayısını önemli ölçüde azaltmak.

“Temiz Su ve Sanitasyon” amacı, hava kirliliğinin etkilediği bir amaç olarak da karşımıza çıkıyor. Herkes için suyu ve sıhhi koşullara erişimi ön planda tutan bu başlıkta, su ekosistemlerinin ve biyolojik çeşitliğinin korunması hedefleniyor. Hava kirlleticiler, iklimsel koşulların da etkisiyle suyu kirleterek su kalitesinin bozulmasına neden olur. Bazı nehirler, göller veya kıyı bölgeleri temiz görünebilir, ancak yağmur, kar ve partikül maddelerden kaynaklanan asit yağışları nedeniyle yine de kirlenebilir<sup>62</sup>.

<sup>62</sup> Kanada Çevre ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-pollution/quality-environment-economy/ecosystem/effects-soil-water.html>

Dolayısıyla, hava kirliliği ile mücadelede atılacak her adım dolaylı olarak su kirliliği ile mücadeleye de katkıda bulunuyor. Hava kirliliği ile enerji üretimi ve tüketimi ayrıştırılamayan bir ikili. Bu nedenle, SKA'lardan 7 Numaralı "Erişilebilir ve Temiz Enerji" üretimi ve kullanımı hava kirliliği ile doğrudan bağlantılı. Elektrik üretimi kompozisyonunu yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönleltmek hem temiz enerji hedefine hem de hava kirliliğini azaltmaya katkı sağlıyor.

Tüketim ve üretimde kademeli olarak küresel kaynak verimliliğini artırmayı ve ekonomik büyümeyi çevresel bozulmadan ayırmayı hedefleyen 8 Numaralı "İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme" amacı ile hava kirliliği arasındaki bağlantı çalışanların sağlığı ve verimliliği açısından önemlidir. İyileştirilmiş çalışan sağlığı ve ferahı ile hava kirliliği az olan çalışma alanları, üretkenlik ve verimlilik artışı ile ekonomik büyümeye yol açar.

11 Numaralı "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar" SKA'sı altında 2030 yılına kadar hava kalitesine özel önlem göstererek kentlerin kişi başına düşen olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması hedefi bulunuyor. Özellikle 11.6 hedefi, şehirlerin dış hava kirliliği de dahil olmak üzere olumsuz çevresel etkilerini azaltmaya öncelik veriyor. Bununla birlikte, 11.6.2 numaralı indikatör, hava kalitesinin (özellikle yıllık ortalama partikül madde düzeylerinin) kentleşmiş bölgelerde yaşayan insanları ne kadar etkilediğini ölçüyor<sup>63</sup>. Dolayısıyla bu hedef doğrudan hava kirliliği ile mücadeleye pozitif katkı sunuyor.

"Sorumlu Üretim ve Tüketim" başlıklı 12 Numaralı amaç, doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde üretilmesi ve tüketilmesi hedefine dayanıyor. Bu amaç kapsamındaki hedeflerden biri 2020 yılına kadar, kimyasalların ve tüm atıkların yaşam döngüleri boyunca üzerinde mutabık kalınan kurallara uygun

olarak çevreye duyarlı bir şekilde yönetilmesini sağlamak. Bir diğer hedef ise, 2030 yılı itibarıyla atık üretimini önleme, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yolları ile kademeli olarak düşürmek. Bu çerçevede, atık üretiminin azaltımı ile hava kirliliği ile mücadele, doğrudan konuşan iki kavram olarak karşımıza çıkıyor.

İklim değişikliği insan faaliyetlerinden kaynaklanmakta ve dünyanın ve insanların geleceğini tehdit etmekte. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları iklim değişikliğini tetiklemekte ve küresel ısınmayı artırmakta. Konvansiyonel yakıtların kullanımı hava kirliliğini ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarını artırmakta olup küresel ısınmaya neden olan en önemli faaliyetlerden biri olarak karşımıza çıkıyor. Bu nedenle hava kirliliğini azaltma amaçlı gerçekleştirecek aksiyonların büyük bir çoğunluğu sera gazı emisyonlarının da azalmasına neden oluyor. Bu nedenle SKA'lardan 13 Numaralı "İklim Eylemi" hava kirliliği ile doğrudan bağlantılı olan amaçlardan biri.

"Sudaki Yaşam" başlıklı 14 Numaralı amaç, hava kirlitcilerinin su yolu üzerinde birikmesi ile suyun kalitesinin ve su altındaki yaşamın olumsuz bir şekilde etkilenmesini ön plana çıkarıyor. Hava kirliliğinin de etkisiyle denizlerde ve tatlı sulardaki ötrofikasyon su altındaki yaşamı ve ekosistemi yok edecek seviyeye gelebilir. Gelişen ekosistemlerin temiz toprak ve su kaynakları gerektirdiğini belirten 15 Numaralı "Karasal Yaşam" amacı, hava kirliliğini de kapsayan bir mücadelenin, karadaki yaşamı korumak için gerekliliğini belirtir. Yağışlarla karışan konvansiyonel yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar, ormanlar ve ekosistem için büyük bir tehdit oluşturan asit yağmurlarına neden olur<sup>64</sup>. Bu nedenle hava kirliliği ile mücadele kapsamında atılacak her adım 15 Numaralı SKA'yı da doğrudan etkileyecektir.



<sup>63</sup> Dünya Bankası. <https://datatopics.worldbank.org/sdgoalatlas/goal-11-sustainable-cities-and-communities/>

<sup>64</sup> <https://medium.com/climatewed/cleanairforall-air-pollution-and-impacts-on-sustainable-development-goals-79a90e1473f9>

# Referanslar

- Adam D. K. Abelkop, J. D. (2017). Persistent, Bioaccumulative, and Toxic (PBT) Chemicals Technical Aspects, Policies, and Practices. CRC Press.
- Avrupa Komisyonu Çevre Direktörlüğü. (2010, November). Reducing Black Carbon Emissions Benefits Both Climate and Health. Science for Environment Policy, p. 4.
- Colville, R., Hutchinson, E., Mindell, J., & Warren, R. (2001). The Transport Sector as a Source of Air Pollution. Atmospheric Environment, 1537-1565.
- Dünya Bankası. (2016). The Cost of Air Pollution Strengthenin the Economic Case for Action. Washington.
- Dünya Bankası. (2018). Air Pollution: Impact on Human Health and Wealth. In W. B. Group, The Changing Wealth of Nations 2018 Building a Sustainable Future (pp. 171-188). Washington.
- Eren, Z. (2021). Zararlı Alg Patlaması ve Marmara Denizindeki Müsilaj Problemi İlişkisi. Journal of Environmental and Natural Studies, 182-192.
- Greenpeace. (2020). Toxic Air: The Price of Fossil Fuels.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Geneva.
- IQAir. (2021). World Air Quality Report.
- IQAir. (2020). 2020 World Air Quality Report Region & City PM2.5 Ranking.
- Jing Yang, B. Z. (2018). Air pollution and healthcare expenditure: Implication for the benefit of air pollution control in China. Environment International, 443-455.
- Konstantinoudis, G., Padellini, T., Bennett, J., Davies, B., Ezzati, M., & Blangiardo, M. (2021). Long-term exposure to air-pollution and COVID-19 mortality in England: A hierarchical spatial analysis. Environment International.
- Lopez R., I. A. (2013). Government Spending and Air Pollution in the US. Retrieved from United States Department of Agriculture Research, Education & Economics Information System: <https://reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/0218802-government-expenditure-and-air-pollution-in-the-us.html>
- McCollum, D., Krey, V., Riahi, K., Klop, P., Grubler, A., Makowski, M., & Nekicenovic, N. (2013). Climate Policies Can Help Resolve Energy Security and Air Pollution Challenges. Climate Change, 479-494.
- Miller, S., & Vela, M. (2013). The Effects of Air Pollution on Edocational Outcomes: Evidence from Chile. Inter-American Development Bank Working Paper Series.
- Mosley, S. (2014). Environmental History of Air Pollution and Protection. In N. S. Agnoletti M., The Basic Environmental History. Environmental History, vol 4 (pp. 143-169). Springer, Cham.
- OECD. (2016, December). The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution. Paris.
- Ogen, Y. (2020). Assessing nitrogen dioxide (NO2) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. Science of The Total Environment.
- Özocaklı D., A. Ö. (2020). The Effect of Air Quality and Smoking Prevalence on Different Categories of Health Expenditures: An Empirical Evidence From MENA Countries. Eurasian Journal of Researches in Social and Economics, 85-103.
- S. Avnery, D. M. (2011, April). Global Crop Yiled Reductions due to Surface Ozon Exposure: 1. Year 2000 Crop Production Losses and Economic Damage. Atmospheric Environment, pp. 2284-2296.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. (2020). Kara Rapor 2020 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri. İstanbul.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. (2021). Kara Rapor 2021 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri.
- Urrutia-Pereira, M., Mello-da-Silva, C., & Sole, D. (2020). COVID-19 and air pollution: A dangerous association? Allergologia et immunopathologia, 496-499.
- Wang, X. a. (2004). Characterizing Distributions of Surface Ozone and Its Impact on Grain Production in China, Japan, and South Korea: 1990 and 2020. Atmospheric Environment.
- WHO. (2006). Air Quality Guidelines Global Update 2005. Copenhagen.
- Wu, X., Sabath, M. B., Nethery, R. C., Braun, D., & Dominici, F. (2020). Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. Science Advances.
- Zhang, Y., Yang, P., Gao, Y., Leung, R., & Bell, M. (2020). Health and economic impacts of air pollution induced by weather extremes over the continental U.S. Environment International.

# Ek-1

## Partikül Maddeler (PM)

PM, havada bulunan katı partiküller ve sıvı damlacıkların karışımından oluşan bir hava kirleticisidir. Toz, kir, kurum veya duman gibi bazı partiküller gözle görülebilecek kadar büyük olabilmektedir<sup>65</sup>. Hava kirliliğinin en zararlı bileşenleri, çapı 10 mikrometre ( $\mu\text{m}$ ) veya daha düşük olan partikül maddelerdir ( $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2,5}$ ).  $\text{PM}_{2,5}$ , organik bileşikler ve bazı metaller dahil olmak üzere  $\text{PM}_{10}$ 'dan daha ince partiküllerden oluşur.

$\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  ile beraber toz ve polen gibi katı partiküllerden oluşuyor. Bu partiküller, karayolu ve demiryolu taşımacılığı, nakliye, sanayi ve katı yakıt yakma yoluyla insan faaliyetlerinden veya kum ve deniz tuzu gibi doğal olarak meydana gelen faaliyetlerden ortaya çıkar.  $\text{PM}_{10}$  partiküllerinin havada kalma süresi saatleri içerirken,  $\text{PM}_{2,5}$  partiküllerinin havada kalma süresi haftalara kadar uzayabilmektedir.

## Kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ )

Renksiz bir gaz olan  $\text{SO}_2$ , kükürt içeren bir malzeme veya yakıt yakıldığında ortaya çıkar.  $\text{SO}_2$  doğal nedenlerin arasında bulunan yangınlar ve volkanlardan yayılır.  $\text{SO}_2$ 'nin havada kalış süresi 40 gün civarındadır<sup>66</sup>.

## Azotdioksit ( $\text{NO}_2$ )

Azotoksitler ( $\text{NO}$ ) renksiz ve kokusuz gazlar olup yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yanmanın tüm şekillerinde meydana gelir.  $\text{NO}$ 'nun bir tipi olan azotdioksit ( $\text{NO}_2$ ) ise insan kaynaklı olup gübreleme ve ulaşım araçları gibi kaynaklardan üretilir. Havada kalış süresi yaklaşık 1 gün olan  $\text{NO}_2$ 'nin, genel olarak kaynakları arasında egzoz gazları, yakıtlar ve organik maddeler bulunuyor.

## Ozon ( $\text{O}_3$ )

Üç oksijen atomunun bir araya gelmesiyle oluşan  $\text{O}_3$  renksiz bir gazdır.  $\text{O}_3$ , atmosferin üst katmanlarında bulunur ve dünyayı güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından korur. Buna rağmen, yer seviyesinde çok zararlı bir hava kirleticisi olarak bilinir.  $\text{O}_3$ , sanayi tesislerinden çıkan emisyonlar, araç egzozları ve güneş ışığındaki kimyasal çözücüler arasındaki kimyasal reaksiyonlarla oluşur.  $\text{O}_3$ ; kirleticilerin bol miktarda olduğu alanlarda,  $\text{NO}$  ve uçucu organik bileşiklerin güneş ışığının varlığında reaksiyona girmesiyle de karşımıza çıkar.



## Karbonmonoksit ( $\text{CO}$ )

Renksiz bir gaz olan  $\text{CO}$ , karbon içeren yakıtların tam yanmaması durumunda ortaya çıkar. Birkaç dakika içerisinde öldürebilen bir gaz olan  $\text{CO}$ 'nun havada kalma süresi 2 aydan fazla olabilmektedir. Son yıllarda  $\text{CO}$ , çoğunlukla karayolu taşımacılığında, özellikle de benzinli araçlarda üretilir.

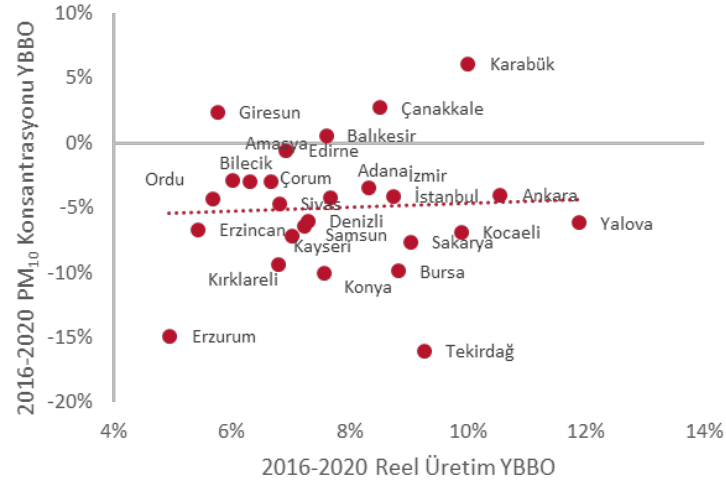
<sup>65</sup> ABD Çevresel Koruma Ajansı (EPA). <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

<sup>66</sup> Sakarya Üniversitesi, "Hava Kirliliği ve Kirleticiler". [http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava\\_kirliligi\\_ve\\_kirleticiler\\_rapor1.pdf](http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf)

## Ek-2

2016 ve 2020 yılları arasında reel sanayi üretimi değişimi ile ortalama  $PM_{10}$  konsantrasyonu değişimi arasındaki ilişki incelendiğinde, çalışmaya dahil edilen tüm şehirlerde reel sanayi üretimi artışı gerçekleşirken, Çanakkale, Giresun, Balıkesir ve Karabük hariç diğer şehirlerde ortalama  $PM_{10}$  konsantrasyonu azalıyor.

**Grafik 7:  $PM_{10}$  Konsantrasyonu Reel Üretim İlişkisi (2016-2020)**



Kaynak: ÇŞİDB, TÜİK, TSKB Ekonomik Araştırmalar

# Notlar



Danışmanlık Hizmetleri

Ekonomik Araştırmalar  
ekonomikarastirmalar@tskb.com.tr

Meclisi Mebusan Caddesi No. 81  
Fındıklı İstanbul 34427, Türkiye  
T: +90 (212) 334 50 41 F: +90 (212) 334 52 34

TSKB Ekonomik Araştırmalar ürünlerine ulaşmak için aşağıdaki karekodu kullanabilirsiniz:



**Dr. Burcu Ünüvar**

Ekonomik Araştırmalar Müdürü  
Baş Ekonomist

unuvarb@tskb.com.tr

**Dr. Feridun Tur**

Grup Yöneticisi  
*Kalkınma Ekonomisi, Dış Ticaret, İklim,  
Toplumsal Cinsiyet, Gıda Güvencesi*

turf@tskb.com.tr

**Şakir Turan**

Grup Yöneticisi  
*Makro Ekonomi, Finansal Piyasalar*

turans@tskb.com.tr

**Dr. Buket Alkan**

Yönetici  
*Makro Ekonomi, Modelleme*

alkanb@tskb.com.tr

**Can Hakyemez**

Yönetici  
*Enerji, Enerji Verimliliği, Su,  
Hava Kirliliği*

hakyemez@tskb.com.tr

**Cem Avcioglu**

Yönetici  
*Dijitalleşme, İnovasyon, Sürdürülebilir  
Turizm, Afet Dayanıklılığı*

avciogluc@tskb.com.tr

**Dr. Emre Aylar**

Yönetici Yardımcısı  
*Makro Ekonomi, Finansal Piyasalar,  
Genç İstihdamı*

aylare@tskb.com.tr



Türkiye Sınai Kalkınma Bankası  
www.tskb.com.tr

T: +90 212 334 50 50 F: +90 212 334 52 34

E: info@tskb.com.tr

