



## Dilovası Hava Kirliliğinin Trafik Emisyonları Açısından Değerlendirilmesi

Merve Yılmaz<sup>1</sup>, Hüseyin Toros<sup>1\*</sup>, Selahattin İncecik<sup>2</sup>, Zübeyde Öztürk<sup>3</sup>, Gökhan Kirkil<sup>4</sup>, Dilek Öztaş<sup>5</sup>, Murat Akçay<sup>6</sup>, Umur Dinç<sup>1</sup>, Mihriban Gültekin<sup>1</sup>, Hande Emanet Beba<sup>3</sup>, Onur Alp Arslantaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> IUAPPA (International Union of Air Pollution Prevention Associations), İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup> Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kadir Has Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>5</sup> T.C. Sağlık Bakanlığı, İstanbul, Türkiye

<sup>6</sup> Ankara Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye

E-Posta: yilmazmer@itu.edu.tr, toros@itu.edu.tr, inceciks@gmail.com, ozturkzu@itu.edu.tr, gokhan.kirkil@khas.edu.tr, doztas@hotmail.com, drmuratakcay@yahoo.com, umur.dinc@gmail.com, mihribangultekin@gmail.com, handeemanet@gmail.com, arslantasonur@gmail.com

**Gönderim 27.08.2019; Kabul 30.01.2020**

**Özet:** Dilovası, Gebze bölgesi hava kirliliği kaynakları, arazi yapısı ve meteorolojik şartları bakımından Türkiye'nin hava kirliliği potansiyelinin en yüksek seviyede bulunduğu yerlerin başında gelmektedir. Bu bölgede endüstriyel tesisler, D-100 ve E-80 karayollarındaki yoğun trafik ve konutlar bölgenin topoğrafyası ve meteorolojik şartların etkisi sonucunda yüksek hava kirliliği seviyelerinin oluşmasına yol açmaktadır. TÜBİTAK tarafından desteklenen bu COST projesinde öncelikle Dilovası bölgesindeki hava kirliliği problemlerine çözüm getirebilmek için kirlitici kaynaklardan yayılan emisyonların oluşturduğu PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> ve NO<sub>x</sub> derişimlerinin 2014-2019 dönemi içerisindeki yersel ve zamansal değişimleri incelenecek, bu seviyelerin meteorolojik şartlar ile olan bağlantıları araştırılacaktır. Weather Research Forecasting (WRF) modeli ile bölgede yıl boyunca rüzgar vektörleri ile rüzgar alanları belirlenecek, topoğrafyanın akışlar üzerindeki etkileri simülasyonlarla araştırılacaktır. Ayrıca WRF-Chem modeli ile simülasyonlar yapılarak emisyon kaynakları ve kirlilik seviyeleri arasındaki bağlantılar analiz edilecek ve Dilovası bölgesinde hava kirliliğinin azaltılması için alternatif ulaşım güzergahı senaryoları oluşturulacaktır. Bu çalışmada projemizin "Dilovası'ndaki Mevcut Hava Kirliliğinin Analiz Edilmesi" iş paketinin ilk sonuçları sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hava kirliliği, meteoroloji, trafik, kirlitici kaynağı

## Evaluation of Dilovası Air Pollution in Terms of Traffic Emissions

**Received 27.08.2019; Accepted 30.01.2020**

**Abstract:** Dilovası, Gebze district is among the primary locations in Turkey where the potential of air pollution is the highest in terms of the sources of air pollution, land structure and meteorological conditions. Industrial facilities in this district lead to high levels of air pollution due to the heavy traffic and dwellings on the D-100 and E-80 highways, the topography of the district and the impact of meteorological conditions. In order to find solutions to the air pollution problem in Dilovası district, in this COST project supported by TÜBİTAK, terrestrial and temporal changes of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> concentrations caused by emissions from pollutant sources during the 2014-2019 period will be examined and the connections of these levels with meteorological conditions will be investigated. With Weather Research Forecasting (WRF) model, wind vectors and wind fields will be determined throughout the year and the effects of topography on flows will be investigated by means of simulations. Furthermore, the links between emission sources and pollution levels will be analyzed by creating simulations with WRF-Chem model, and alternative transportation route scenarios will be created to reduce air pollution in Dilovası district. In this study, the first results of "Analysis of Existing Air Pollution in Dilovası" work package of our project are presented.

**Key Words:** Air pollution, meteorology, traffic, pollutant supply

\* İlgili E-posta/Corresponding E-mail: toros@itu.edu.tr

## GİRİŞ

Doğal ya da insan kaynaklı (sanayi, trafik, ısınma vb.) faaliyetler sonucunda atmosfere salınan partiküller ve gaz bileşikleri hava kirliliğine sebep olmaktadır. Hava kirliliği, doğrudan insan ve çevre sağlığına zarar vermesinin yanı sıra iklim değişikliğini de tetiklemektedir <sup>[1]</sup>. Son yüzyılda (1901-2012 yılları arasında) fosil yakıt kullanımı ile birlikte artan sera gazı emisyonları, atmosfer bileşimini ciddi ölçüde değiştirmiş ve küresel ortalama yüzey (kara ve okyanus) sıcaklıklarının 0,89°C'lik doğrusal bir artış göstermesine sebep olmuştur <sup>[2]</sup>. İklim değişikliği; hava sıcaklıklarında büyük dalgalanmalara, yağış rejimlerinin değişmesine, buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, tatlı su kaynaklarının azalmasına, gıda temininde değişikliklerin gözlenmesine yol açabilmektedir. Ani ve şiddetli yağışlar, yanlış arazi kullanımının ve plansız yerleşimlerin gözlendiği bölgelerde taşkınlar ve sel baskınları oluşturarak ölümlere sebep olabilmektedir <sup>[3]</sup>. İklim değişikliği ile kentleşme arasında çift yönlü bir ilişki söz konusudur: iklim değişikliği kent yaşamını olumsuz yönde etkilerken kentleşme ile hava kirliliği seviyelerinin yükselmesi, bitki örtüsünün azalması ve plansız yapılaşma iklim değişikliğini artırmaktadır <sup>[4]</sup>. İklim değişikliğinin kentlerde doğurduğu sorunlar ekolojik ve sağlık boyutlarının yanında ekonomik, toplumsal ve siyasi boyutlar da içerdiğinden şehir planlamalarında iklim değişikliğinin dikkate alınması bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır <sup>[5]</sup>. İklim değişikliğinin bir kamu politikası sorunu olarak üretilmesi oldukça karmaşık bir süreçtir. Öncelikle sorunun sebebine (mitigasyon), daha sonra sonuçlarına (adaptasyon) yönelik politikalar geliştirilmelidir. Halka en yakın yönetim kademesi olan yerel yönetimler; enerji arzı ve yönetimi, ulaşım, imar planlaması ve atık yönetiminde sahip oldukları yetkiler sayesinde iklim değişikliğine sebep olan salımların kontrolü üzerinde etkili olabilir <sup>[6]</sup>.

İklim değişikliğinin başlıca sebebi olarak gösterilen sera gazlarının (CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CFC, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub> vb.) yer-atmosfer sisteminden yayılan uzun dalga boylu radyasyonu absorplayarak atmosfer sıcaklığını artırdığı bilinmektedir <sup>[7]</sup>. Sera gazları ile birlikte diğer hava kirleticileri de iklim değişikliği üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak etki gösterebilmektedir <sup>[8]</sup>. Atmosferdeki partiküller ve SO<sub>2</sub> molekülleri bulut çekirdeği gibi davranarak bulut oluşumuna sebep olmakta, böylece güneşten gelen radyasyonu yansıtarak yer-atmosfer sistemini soğutucu bir etki oluşturmaktadırlar <sup>[9]</sup>. Öte yandan, partiküler madde kirleticilerinin birincil bileşeni olarak kabul edilen siyah karbon, atmosferdeki radyasyonu soğurarak hava sıcaklıklarının artışına katkı yapabilmektedir <sup>[10]</sup>. Atmosfer sıcaklığındaki artış ise yer seviyesindeki ozon derişiminin yükselmesine sebep olmaktadır. Yer seviyesindeki ozon derişiminin artmasında azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) girdiği fotokimyasal reaksiyonlar da etkili olmaktadır <sup>[11]</sup>. Dolayısıyla, iklim değişikliği ve hava kirliliği arasında sıkı ve tehlikeli bir etkileşimin söz konusu olduğu söylenebilir.

## AKILLI ULAŞIM SİSTEMİ UYGULAMASI İLE DİLOVASI HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI SENARYOSU PROJESİ

Hava kirliliğinin iklim değişikliği üzerindeki etkileri sebebiyle yerel yönetimler tarafından hazırlanması gereken iklim eylem planları kapsamında öncelikli olarak hava kirliliği sorunları dikkate alınmalıdır. Hava kirliliği sorunlarının çözümünde emisyon azaltma ve arıtma teknolojilerinin geliştirilmesinin yanı sıra alternatif yöntemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Kocaeli'ye bağlı Dilovası ilçesi bölgede yaşanan hava kirliliği problemleri sebebiyle medyada sıklıkla yer almaktadır. Hava kirliliğinin başlıca sebebinin ilçede yoğun olarak bulunan sanayi tesisleri olduğu düşünülse de ulaşımdan kaynaklanan emisyonların kirlilik üzerindeki rolünün azımsanmayacak seviyelerde olduğu tahmin edilmektedir. Dilovası'nda trafikten kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik olarak TÜBİTAK tarafından COST (Bilimsel ve Teknik Araştırma Alanında Avrupa İşbirliği) Programı kapsamında desteklenen "Akıllı Ulaşım Sistemi Uygulaması ile Dilovası Hava Kirliliğinin Azaltılması Senaryosu" başlıklı (Proje No: 117Y298) bir proje yürütülmektedir.

Projenin "Dilovası'ndaki Mevcut Hava Kirliliğinin Analiz Edilmesi" başlıklı ilk iş paketi kapsamında, öncelikle bölgede kurulu hava kalitesi istasyonlarında ölçülen kirliliğin bölge açısından ne boyutta olduğu tespit edilecektir. Kirletici derişimlerinin günlük, aylık ve yıllık ortalamaları hesaplanarak Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği'nde verilen limit

değerlerle kıyaslanacaktır. Kirleticilerin zamansal dağılımları ile rüzgar yönüne ve hızına bağlı olarak nasıl yayıldığı tespit edilecektir. PM10 kirleticisi referans alınarak, incelenen dönem içindeki episod günleri tespit edilecek ve WRF modeli yardımıyla o günlerdeki kirliliğin taşınımı araştırılacaktır. Episod, üç veya daha fazla gün boyunca hava kirliliği seviyesinin günlük ortalama değerlerin limit değerlerin üstünde seyretmesine denmektedir. Episod günleri, Dilovası'ndaki hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen PM<sub>10</sub> derişimlerine ait günlük ortalama değerlerinin limit değeri (50 µg/m<sup>3</sup>) eş zamanlı olarak aşması göz önünde bulundurulurken belirlenecektir. Kirlilik taşınımı modellenmesi için kimyasal özellikli derlenmiş WRF (Weather Research and Forecast) modelinin 4.1.2 sürümü kullanılacaktır. WRF modeli grib veya grib2 dosya formatındaki meteorolojik veri ile yer yüzeyi bilgisinin (topoğrafya, arazi kullanımı, bitki örtüsü gibi) WPS (WRF Pre-Processing System) programı aracılığı ile ızgaralar üzerine işlenmiş değerleri fiziki ve dinamik formüllerle hesaplayıp zaman adımları için tahmin değerleri oluşturur. Kimyasal olarak derlenmiş WRF modelinde ayrıca emisyon değerleri de ızgaralara işlenip PM10, PM2.5 gibi değerler de tahmin olarak üretilir. WRF modelinde meteorolojik veri olarak Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi NOAA'nın (National Oceanic and Atmospheric Administration) her 6 saate bir çalıştırılan 0.25 derece çözünürlüklü GDAS (Global Data Assimilation System) analiz verisi kullanılacaktır. PREP-Chem programı antropojenik ve doğal kaynaklı emisyon envanterini ızgaralara işlemek için kullanılmaktadır. Antropojenik emisyon envanteri olarak EDGAR-HTAP verisi kullanılacaktır.

Daha sonraki iş paketleri kapsamında ise sırasıyla;

- Dilovası için geçmişte oluşturulmuş emisyon envanterleri göz önünde bulundurularak güncel bir trafik emisyon envanteri oluşturulacak,
- US EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) tarafından geliştirilen BenMAP-CE programı kullanılarak bölgedeki hava kirliliği koşullarının nüfus üzerinde oluşturduğu sağlık etkileri tespit edilecek ve bu etkilerin maliyet hesabı yapılacak,
- Ulaşımın hava kirliliği üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla, akıllı ulaşım sistemleri ile donatılmış alternatif güzergahlar önerilecek,
- Belirlenen alternatif güzergahlar, maliyet analizleriyle birlikte sunularak hava kirliliğine olan etkileri ile birlikte değerlendirilecektir. Alternatif güzergahların hava kirliliğine olan etkilerini belirlemede yine WRF modeli ile yapılacak tahminler kullanılacaktır.

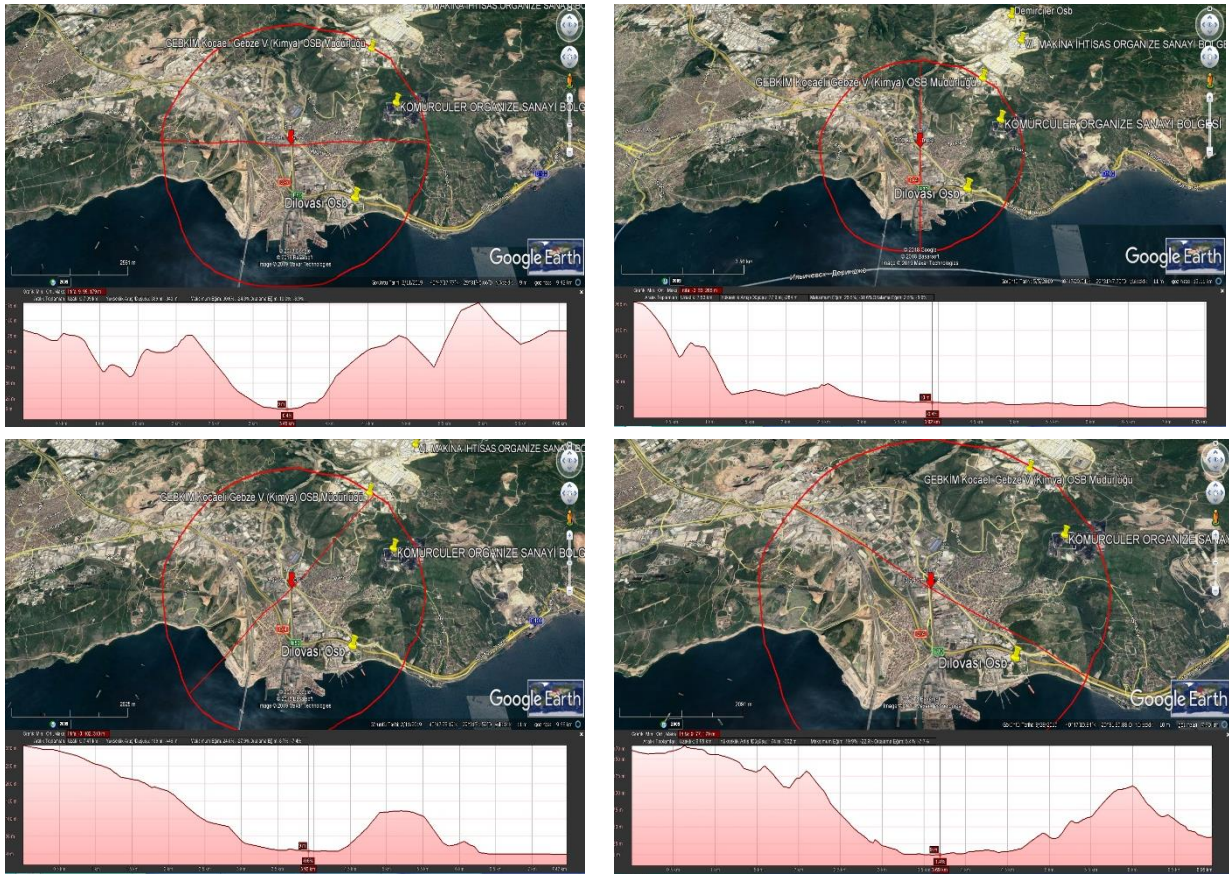
Bu çalışmada söz konusu proje tanıtılarak ilk iş paketi kapsamında elde edilen bulgular sunulmuştur.

## VERİ VE YÖNTEM

### *Bölgenin Tanıtımı*

Dilovası; kuzeyde ve batıda Gebze ilçesi, doğuda Körfez ilçesi, güneyde İzmit körfezi ile çevrilidir. Gebze'ye 8 km, İzmit'e 25 km ve İstanbul'a 45 km uzaklıktadır. Üç tepenin arasındaki bir ovada yer alan Dilovası, adını da doğrudan doğruya bu ovoiden almaktadır. Günümüzde Anadolu'yu İstanbul'a ve Avrupa'ya bağlayan deniz, kara ve demiryolu ağları üzerinde önemli bir konuma sahiptir. Dilovası üzerinden geçen otoyol (E-80) ve devlet karayolu (D-100) trafiğini rahatlatmak için Gebze - İzmit Otoyolu Projesi dahilinde İzmit Körfezi üzerinde inşa edilen Osmangazi Köprüsü Dilovası-Hersek Burnu arasında yer almaktadır. Kuru ve sıvı yük tahmil ve tahliyesine uygun yüksek kapasiteli önemli limanların bulunduğu ilçe aynı zamanda Sabiha Gökçen Havalimanı'na 30 km mesafededir. Ulaşım imkanlarının, ticaret merkezleri ile her yönden bağlantı kurmaya elverişli olması Dilovası ilçesinde sanayileşmenin hızla gelişmesine sebep olmuştur<sup>[12]</sup>. Enerji temini amacıyla fosil yakıtların yakılması, proses atığı veya yan ürünü olarak çıkan gazların bacalardan salınması ve açık depolama alanlarından çevre havasına partiküllerin yayılması Dilovası'ndaki sanayi bölgelerinden kaynaklanan hava kirliliğinin sebeplerindedir. İş imkanları dolayısıyla endüstriyel tesislerin çevresindeki yerleşim bölgeleri çoğalmakta, bu durum hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki olumsuz etkisini de artırmaktadır<sup>[13]</sup>.

Hava kirliliği incelemelerinde topografik ve meteorolojik koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 1’de Dilovası ve çevresine ait yükseklik profilleri verilmiştir. Yükseklik, çemberle gösterilen bölgenin merkezinde 10 m. civarında iken bölgenin kuzeyinde 200 m., kuzeydoğusunda 300 m., kuzeybatısında ise 150 m. ye çıkmaktadır. Doğu-batı doğrultusunda çizilen yükseklik profiline bakıldığında yükseklik hem doğu hem batı yönlerinde ortalama 125 m. dir. Merkezden güneydoğu ve güneybatı yönlerine doğru gidildiğinde yükseklik yine artmakta ve 100 m. civarlarına kadar çıkmaktadır. Dolayısıyla bölge, etrafına kıyasla bir çukurda yer almaktadır. Bu durum bölge havasının esen rüzgarlarla yeterince karışmamasına ve zaman zaman bölge üzerinde yüksek atmosferik basınç oluşmasına sebep olmaktadır. Böyle zamanlarda bölge üzerinde gözle görülür derecede puslu hava katmanları oluşmaktadır. Bu görüntüler medyada da yer almaktadır. Bölge üzerinde çöken hava özellikle Dilovası OSB ve yerleşim alanlarından kaynaklanan hava kirliliğinin dağılamamasına ve bölgede yaşayan insanların hava kirleticilerine maruz kalma sürelerinin artmasına sebep olabilmektedir.



Şekil 1. Dilovası bölgesinin yükseklik profilleri

Dilovası ilçesinde yer alan Organize Sanayi Bölgeleri yaklaşık 2200 hektarlık sanayi alanını kapsamaktadır <sup>[12,14,15]</sup>. Dilovası’nda faaliyet gösteren OSB’ler; Dilovası OSB (822 hektar), IV Makina OSB (300 hektar), V GEBKİM (Kimyacılar) OSB (243 hektar), VI İMES OSB (Makina İhtisas) (300 hektar), Kömürçüler OSB (78 hektar), Mermerciler Sanayi Sitesi’dir (270 hektar). Bölgedeki konut yerleşimleri Dilovası OSB ile bölgeden geçen D-100 ve E-80 karayollarının iki yanında yer almaktadır. Dilovası OSB’den sonra kurulan sanayi bölgeleri yerleşimden biraz daha uzağa, yerleşim bölgelerinin kuzey ve kuzeydoğusundaki yüksek arazilere inşa edilmiştir. Şekil 2’de bölgedeki OSB’lerin konumları gösterilmiştir.

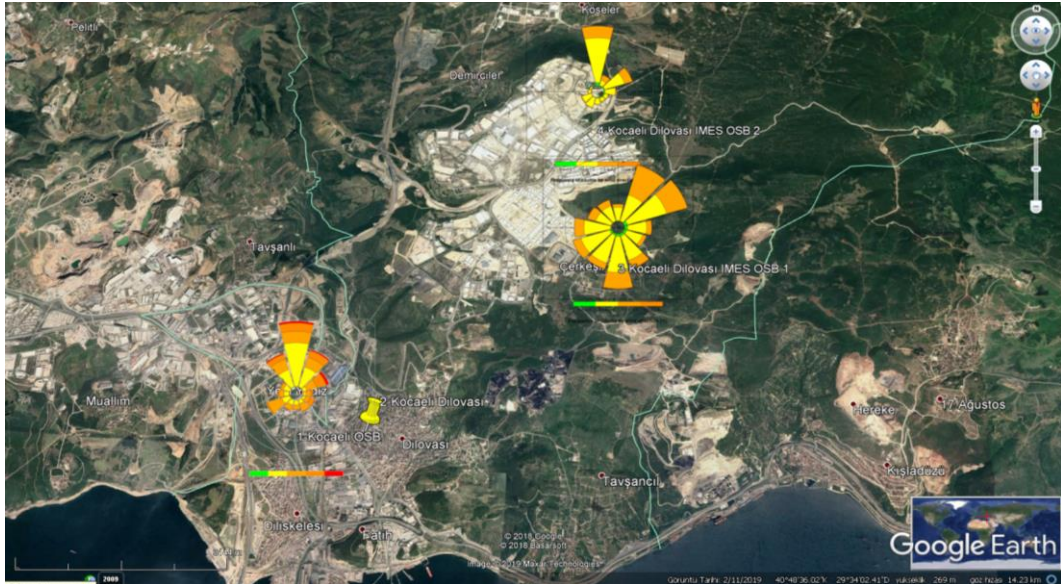




Şekil 2. Dilovası'nda faaliyet gösteren OSB'ler

### ***Kirlilik Ölçüm Metodolojisi***

Bölgenin hava kalitesinin sağlanması ve korunması özellikle Dilovası'nda yaşayan insanlar için son derece önemlidir. Bu sebeple ilçede bir tanesi T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)'na, bir tanesi Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)'ne ve iki tanesi Marmara Temiz Hava Merkezi (MHTM)'ne ait toplam dört adet hava kalitesi izleme istasyonu yer almakta ve sürekli olarak ölçüm yapmaktadır [16]. Şekil 3'te bu istasyonların bölgedeki konumları istasyonlarda ölçülen rüzgar verisine dayanarak oluşturulmuş rüzgargülleriyle birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3. Dilovası'nda yer alan hava kalitesi izleme istasyonlarının konumları

Söz konusu dört istasyonda ölçülen hava kirletici derişimleri, rüzgar hızı, rüzgar yönü, hava sıcaklığı ve hava basıncı parametreleri tanımlayıcı istatistik kullanılarak değerlendirilmiştir. Ham veri T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı web sitesinden temin edilmiştir. Analizlerin öncesinde veri temizleme işlemi uygulanmış, eksik ve gürültülü veri analizlere dahil edilmemiştir. Her istasyonda ölçülen parametreler ve istasyonun faaliyete başlama tarihi farklı olabilmektedir. Tablo 1'de Dilovası'nda yer alan istasyonlara ait bilgiler verilmiştir.

**Tablo 1.** Dilovası'nda yer alan hava kalitesi izleme istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	Ölçülen Parametreler	Kirletici	Ölçüm Aralığı	Tarih
Kocaeli - OSB	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	PM10, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>		01.01.2014-01.01.2019 (5 yıl)	
Kocaeli Dilovası	DOSB	PM10, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO		01.01.2014-01.01.2019 (5 yıl)	
Kocaeli Dilovası - İMES OSB 1	MTHM	PM10, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO		01.01.2016-01.01.2019 (3 yıl)	
Kocaeli Dilovası - İMES OSB 2	MTHM	PM10, NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO		01.01.2016-01.01.2019 (3 yıl)	

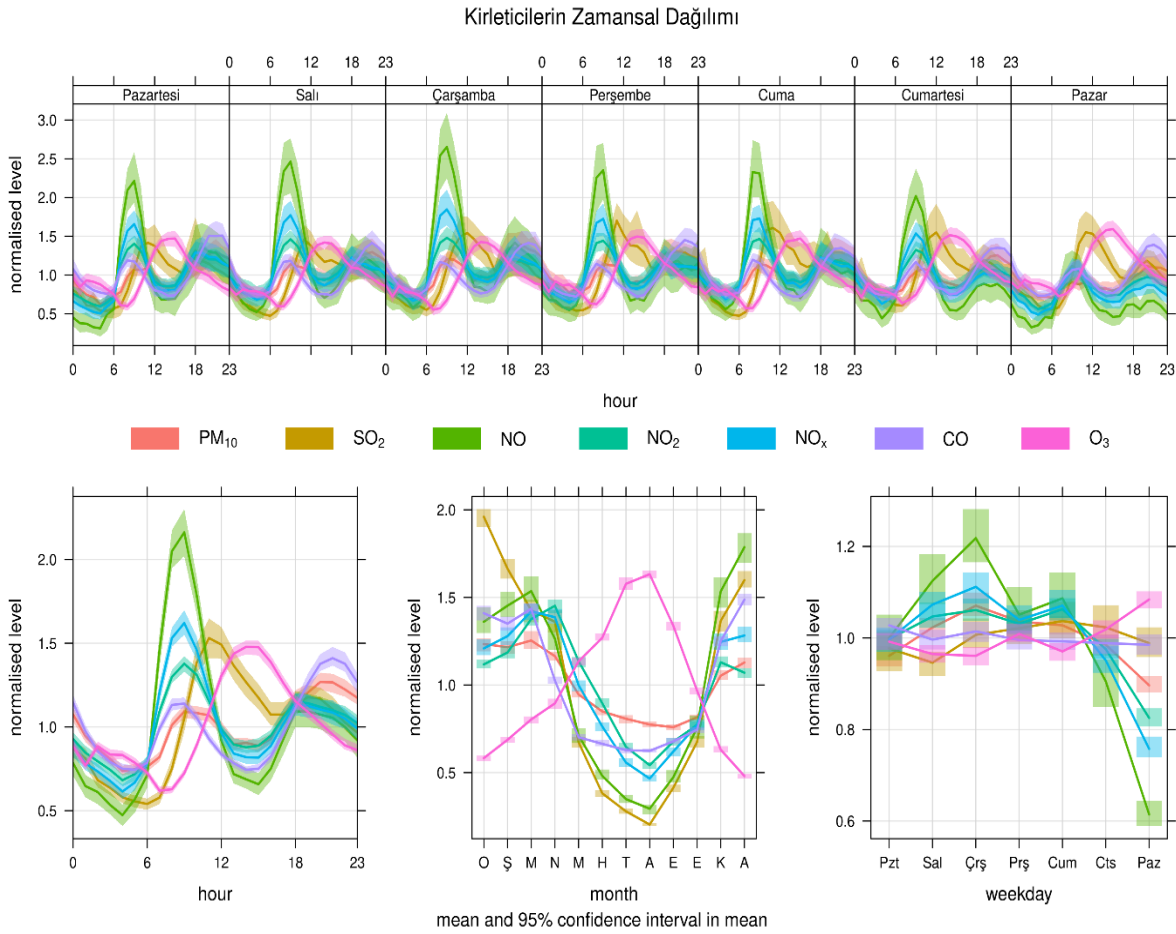
Verinin işlenmesi, tanımlayıcı istatistiksel analizler ve görselleştirme için R yazılımı kullanılmıştır. R hızlı sonuç vermesi ve *openair* gibi hava kalitesi analizleri için özel kütüphanelere sahip olması sebepleriyle tercih edilmiştir. Her bir istasyon verisi, istasyon konumu göz önünde bulundurularak ayrı ayrı incelenmiştir.

#### **Karayolu trafik verisi**

Dilovası'nda gözlenen hava kirliliğine trafik emisyonlarının etkisini incelemek amacıyla bölgeden geçen araç sayıları T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Araç sayısı verisinde süreklilik olmadığı için temsili olarak projemize destek amaçlı saatlik ölçümler yapılmıştır. Ayrıca genel amaçlı karayollarında olan veriler de temin edilmiştir. Hem D-100 devlet yolu hem de E-80 otoyolunda yapılan araç sayımları olmak üzere iki ayrı trafik veri seti kullanılmıştır. D-100 devlet yolunun 100-07 numaralı kısmından geçen araç sayısı bir saatlik aralıklarla tespit edilmiş, 2015-2018 yılları için saatlik araç sayılarının aylık ortalamaları kaydedilmiştir. Bu veri seti kullanılarak günlük araç sayısı ortalamalarının yıllara ve aylara bağlı değişimleri incelenmiştir. Otoyol araç sayısı verisi ise sadece 2018 yılı Ocak ayı süresince Hereke-Körfez arasında saatlik olarak yapılan sayımla tespit edilmiştir. Bir aylık veri seti kullanılarak Dilovası'ndan geçen araç sayısının haftanın günlerine göre nasıl değiştiği gözlenebilmiştir.

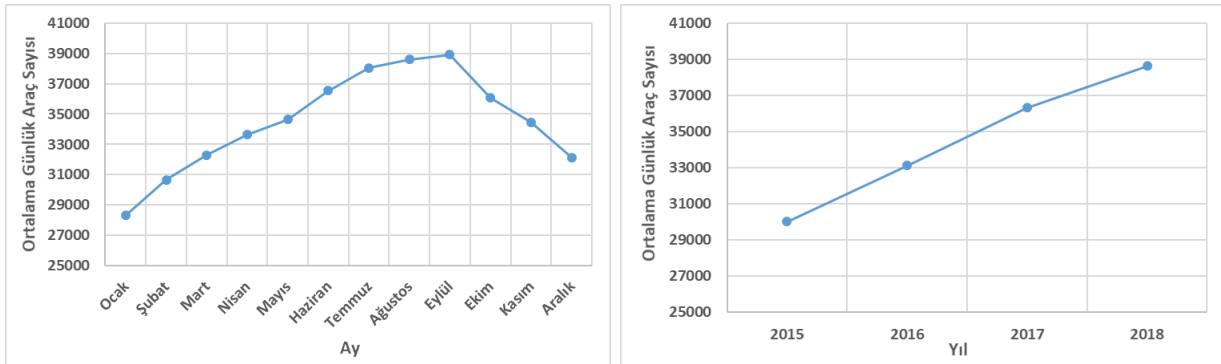
#### **SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME**

Kocaeli-Dilovası istasyonu bölgedeki diğer hava kalitesi istasyonlarından farklı olarak herhangi bir OSB içinde değil yerleşim alanı içinde kurulmuştur. 40,7887 Kuzey enlemi ve 29,5371 Doğu boylamı konumunda, Dilovası Mehmet Zeki Obdan İlkokulu bahçesinde yer almaktadır. Doğrudan Dilovası'nda yaşayan insanların soluduğu hava kalitesini izlemektedir. Mart 2007'de kurulan istasyonda PM10, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ve O<sub>3</sub> parametrelerinin saatlik derişimleri ölçülmekte, diğer istasyonların aksine meteorolojik parametrelerin ölçümü yapılmamaktadır. Bu çalışmada 01.01.2014 ve 01.01.2019 tarihleri arasındaki beş yıllık süre boyunca yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve istasyonda ölçülen tüm kirleticilerin zamansal dağılım grafikleri Şekil 4'te verilmiştir. Bu grafiklerde kirletici derişimleri standardize edilerek tek bir zaman çizgisi üzerinde nasıl dağıldıklarına bakılmıştır.



**Şekil 4.** Kocaeli-Dilovası istasyonunda ölçülen kirleticilerin aylık, haftalık, günlük ve saatlik dağılımları

Aylık, haftalık ve 24 saatlik dağılım grafikleri sayesinde kirlilik kaynakları hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Aylık dağılımlara bakıldığında O<sub>3</sub> dışında tüm kirletici derişimlerinin kış aylarında daha fazla olduğu, yaz aylarında azaldığı gözlenmektedir. Şekil 5'te verilen ortalama günlük araç sayılarının aylık değişim grafiğine göre bölgeden geçen ortalama araç sayısı yaz aylarında daha fazla olsa da kış aylarında ısınma kaynaklı emisyonların artmasının bu durumun sebebi olduğu söylenebilir. Araç sayılarının her yıl artması ise hava kirliliği üzerindeki trafik etkisinin giderek arttığını göstermektedir.

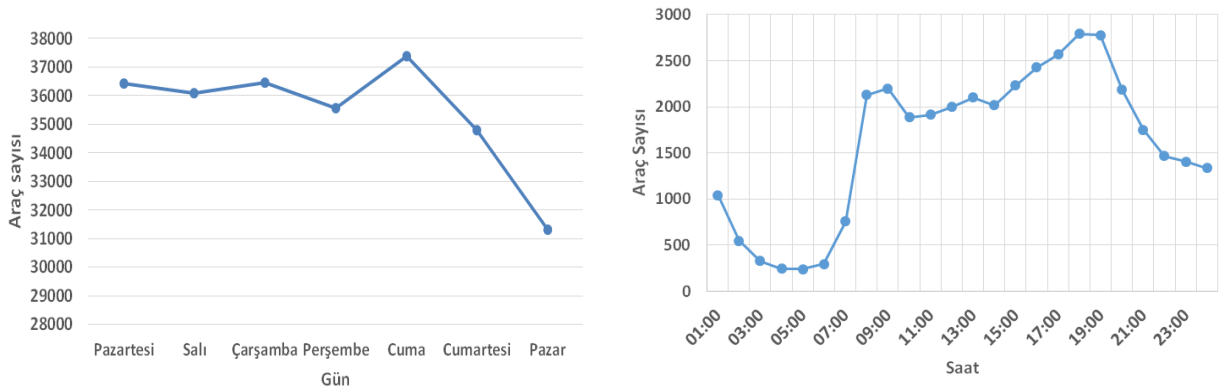


**Şekil 5.** Dilovası'nda kaydedilen ortalama günlük araç sayısının aylık ve yıllık değişimi

Şekil 4'teki kirleticilerin haftalık dağılımlarına bakıldığında tüm kirletici derişimlerinin hafta sonunda azalmaya başladığı görülmektedir. Kirliliğin en düşük seviyelerde gözlendiği gün Pazar günüdür, çoğu iş yeri ve okul için tatil günü olması sebebiyle araç trafiğinin daha seyrek olması, özellikle

NO<sub>x</sub> kirleticilerinin emisyonunu azaltan bir durumdur. Pazar günleri NO<sub>x</sub> derişimlerdeki ciddi azalma, Kocaeli-Dilovası istasyonu çevresindeki NO<sub>x</sub> kirliliği üzerinde trafik emisyonlarının katkısına işaret etmektedir. 24 saatlik dağılım grafiğine bakıldığında ise kirletici derişimlerinin gün içinde de artış azaldığı görülmektedir. Sabah saatlerinden itibaren tüm kirletici derişimlerinde bir artış söz konusudur. NO<sub>x</sub> derişimleri sabah saat 10 civarlarında en yüksek değerlerine ulaştıktan sonra öğle saatlerinden itibaren azalma eğilimi göstermekte ancak öğleden sonra tekrar artmaktadır. Ozon kirliliği ise genellikle NO<sub>x</sub> kirliliği ile ters orantılı olarak değişmektedir. NO<sub>x</sub> kirleticilerinin yüzey seviyesindeki ozon oluşumunda öncül moleküller olarak rol oynaması bu durumun sebebidir.

Dilovası'ndan geçen araç sayılarının günlük ve saatlik değişim grafikleri Şekil 6'da verilmiştir. Trafik yoğunluğunun en yüksek olduğu gün Cuma günüdür, hafta sonu yoğunluk azalmaktadır. Gün içinde ise işe gidiş (07:00-09:00) ve işten çıkış (17:00-19:00) saatlerinde araç sayılarında artış gözlenmektedir. Araç sayılarının gün içindeki ve haftalık dağılımlarına bakıldığında NO<sub>x</sub> kirliliğinin zamansal dağılımlarına benzer şekilde değiştii görülmektedir.



Şekil 6. Dilovası'nda kaydedilen günlük ve saatlik araç sayıları

CO ve PM10 kirleticileri NO<sub>x</sub> dağılımına benzer bir dağılım göstermekte ancak en yüksek değerleri gece saatlerinde gözlenmektedir. SO<sub>2</sub> kirliliğinin gün içinde en yüksek seviyede yaşandığı saatler öğle saatleridir. Genellikle SO<sub>2</sub> kirliliğinin başlıca sorumlusu olarak evlerde ısınma amacıyla yakılan kömürler gösterilse de bu bölge için asıl sorumlunun iş saatleri içinde faaliyet gösteren tesisler olduğu yorumu yapılabilir.

Dilovası'nda gözlenen hava kirliliğine sanayi tesisleri, yerleşim alanları ve ulaşım gibi çeşitli emisyon kaynaklarının sebep olduğu bilinmektedir. Bölge için tüm kaynakları içeren bir emisyon envanterinin hazırlanması çok kapsamlı bir çalışma gerektirmektedir. Proje kapsamında sadece ulaşım emisyonlarına ve ulaşımdan kaynaklanan kirliliğin azaltılmasına odaklanılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Proje (Proje No:117Y298) desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a, hava kalitesi verisi için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ve trafik verisi için T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Kampa, M. ve Castanas, E, 2008. Human health effects of air pollution, Environmental Pollution, 151, 362-367.
- [2] IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [3] Tuęaç, Ç., 2018. Türkiye İçin İklim Değişikliğine Dayanıklı Kentsel Planlama Modeli Önerisi: Eko-Kompakt Kentler, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi (32), 4, 1047-1068.



- [4] Çobanyılmaz, P. ve Duman Yüksel Ü., 2013. Kentlerin İklim Değişikliğinden Zarar Görebilirliğinin Belirlenmesi: Ankara Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(3), 39-50.
- [5] Uysal Oğuz, C., 2010. İklim Değişikliği ile Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Seattle Örneği, Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F., 17(2), 25-41.
- [6] Demirci, M., 2014. İklim Değişikliğinin Yerel Bir Sorun Olarak İnşası, Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(1), 103-114.
- [7] Kadioğlu, Mikdat, (2007), Küresel İklim Değişimi ve Türkiye Bildiğiniz Havaların Sonu, (İstanbul: Güncel Yayıncılık)
- [8] Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 2016. Atmospheric Chemistry and Physics : from Air Pollution to Climate Change, 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- [9] Batan, M., 2013. Batman İlinde Kirletici Emisyonlardan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Küresel Isınmaya Etkisi, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 2(3), 90-104.
- [10] EPA, 2012. Report to Congress on Black Carbon, U.S. Environmental Protection Agency, 388 pp.
- [11] Ramanathan, V. ve Feng, Y., 2009. Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives, Atmospheric Environment, 43, 37-50.
- [12] URL 1, Dilovası Belediyesi, Dilovası'nı Tanyalım, <http://dilovasi.bel.tr/icerik/17/13/dilovasinitanialim.aspx> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- [13] MARKA, 2012. Green Kocaeli-Gelişmiş Rehabilitasyon ve Endüstriyel Nüanslarla Kocaeli'de Çevre Konsepti Çalıştay Kitabı, Kocaeli Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Doğu Marmara Kalkınma Ajansı (MARKA) Doğrudan Faaliyet Destek Programı.
- [14] URL 2, Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi, Tarihçe, <http://dosb.com.tr/TR/Contents.aspx?ID=3> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- [15] URL 3, VI. Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi (İMES OSB), Hakkımızda, <https://imesdilovasi.org/hakkimizda/> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- [16] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, <https://www.havaizleme.gov.tr/> (Erişim tarihi: 11.09.2019)