

Yapılması Planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki Taşıt Trafikinin Kocaeli İli Hava Kirliliğine Etkisi

The Effect of Vehicle Traffic on the Planned Southern Marmara Highway on Air Pollution in Kocaeli Province

Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
senayc@kocaeli.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5968-2948

Fatma SOSLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
fatmasoslu@gmail.com
ORCID: 0009-0003-1949-7758

Öz

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin Kocaeli ili hava kirliliğine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Güney Marmara Otoyolu'nu kullanan/kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı 'senaryolar' oluşturulmuştur. Senaryolar, mevcut 130-01 numaralı Gölçük-Altınova yolunu kullanan araçların %20 (S1), %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımları üzerine kurulmuştur. Çalışma kapsamında değerlendirilen kirleticiler; kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)'dir. Bu kirleticilere ilişkin hesaplanan trafik kaynaklı emisyonlar EPA onaylı hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek bölgeye ilişkin kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Belirlenen maks. kirletici konsantrasyonları ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır.

Modelleme çalışmasının sonuçlarına göre; taşıt kaynaklı NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂ ve SO₂ emisyonlarının 1 saatlik maks. konsantrasyonları sırasıyla S3'de mevcut duruma göre; %28, %53, %49, %50, %49 ve %35 azalırken, yıllık maks. konsantrasyonları ise; %7, %53, %49, %49, %49, %34 oranında azalmıştır. Maks kirletici konsantrasyonunun görüldüğü alıcı noktaları İzmit Şehir Merkezi (746985.59; 4516448.29) ve Dilovası (712439.79; 4518354.94) olarak belirlenmiştir. Modelleme çalışması ile belirlenen maks kirletici konsantrasyonları ulusal (HKDYY) ve uluslararası (DSÖ, AB) sınır değerler ile karşılaştırıldı; NO_x'in, NO₂ için verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu, PM₁₀'un; her ne kadar HKDYY'nde ve AB'deki yıllık sınır değeri karşılasa da DSÖ sınır değerini aştığı belirlenmiştir. Ancak tüm senaryolarda, DSÖ sınır değeri sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Taşıt Emisyonları, Emisyon Envanteri, Güney Marmara Otoyolu, Kocaeli.

Abstract

In this study, the effect of vehicle traffic on the planned Southern Marmara Highway on air pollution in Kocaeli province was evaluated. Within the scope of the study, different 'scenarios' were created depending on the number and types of vehicles using/will use the Southern Marmara Highway. The scenarios are based on the assumptions that 20% (S1), 30% (S2) and 35% (S3) of the vehicles using the existing Gölçük-Altınova road numbered 130-01 will use the Southern Marmara Highway. The pollutants evaluated within the scope of the study are sulfur dioxide (SO₂), particulate matter (PM₁₀), carbonmonoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxides (NO_x) and non-methane volatile organic compounds (NMVOC). The calculated traffic-related emissions related to these pollutants were entered into the EPA-approved air quality distribution model AERMOD and pollution distribution maps for the region were created. The determined maximum pollutant concentrations were compared with national and international standards.

In comparison to the current situation, S3's 1-hour maximum emission concentrations for NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂, and SO₂ decreased by 28%, 53%, 49%, 50%, 49%, and 35%, according to results of modelling. On the other hand, annual max concentrations reduced by -7%, 53%, 49%, 49%, 49%, 34%. The receptor points where the maximum pollutant concentration was observed were determined as İzmit City Center (746985.59; 4516448.29) and Dilovası (712439.79; 4518354.94). When the maximum pollutant concentrations determined by the modeling study were compared with national (HKDYY) and international (WHO, EU) limit values; NO_x was above the limit values given for NO₂, PM₁₀; although it meets the annual limit value in HKDYY and EU, it had been determined that it exceeded the WHO limit value. However, in all scenario cases the WHO limit value was not exceeded.

Keywords: Vehicle Emissions, Emission Inventory, Southern Marmara Highway, Kocaeli.

1. Giriş

Son yıllarda artan kentleşme ve sanayileşme ile birlikte hava kirliliği, küresel ve sosyal açıdan önemli bir sorun haline gelmiştir (Martins ve Da Graca, 2018). Hava kirliliği, dünya genelinde özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır (WHO, 1992). Motorlu taşıt egzozlarından dış ortama verilen zararlı gazlar hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Pan vd., 2016). Karayolu taşıtlarında yakıt olarak benzin, motorin ve LPG kullanılmaktadır. Bu yakıtların tüketiminden kaynaklanan emisyonlar havanın kirlenmesine ve araçların egzoz borularından çevreye, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbonlar (HC), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x) ve partiküler madde (PM) gibi çeşitli kirleticilerin salınmasına sebep olmaktadır (Jin vd., 2005). 2006 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzlarına göre karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Hidroflorokarbon (HFC), diazot (N₂O), perflorokarbon (PFC) ve kükürthekzaflore (SF₆) doğrudan sera gazları iken azotoksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), metandışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve kükürtdioksit (SO₂) ise dolaylı sera gazları olarak sınıflandırılmaktadır (IPCC, 2006). Sera gazları atmosferde doğal olarak bulunmakta ve sera etkisi adı verilen bir süreçle gezegenin yalıtımı ve ısınması için dünyanın yüzeyinden yayılan ısıyı tutmaktadır (Adeyanju, Manohar, 2017). Sera etkisi, sera gazlarının atmosferde birikmesine, atmosferin alt katmanlarının ısınmasına ve dünya yüzeyinin sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır (Huang vd., 2016). Bunun sonucunda atmosferde meydana gelen küresel sıcaklıktaki artış ve iklimdeki diğer değişiklikler, toplumsal açıdan büyük endişe kaynağıdır (Schwartz, 2022).

Küresel düzeyde, iklim değişikliği sorunlarının çözümüne yönelik olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), 1997 yılında Kyoto Protokolünü ve 2015 yılında Paris Anlaşmasını kabul etmiştir (Lazăr vd., 2019). 16 Şubat 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelerin ve ekonomilerin sera gazı (GHG) emisyonlarını sınırlama ve azaltma taahhüdünde bulunmalarını istemekte, emisyonların azaltılması konusunda politika ve önlemlerin benimsenmesini talep etmektedir (URL-1). 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe giren Paris Anlaşması'nın temel amacı ise, bu yüzyıldaki küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere göre 2°C'nin çok altında tutarak iklim değişikliği tehlikesine karşı küresel tepkiyi güçlendirmek ve sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlandırmaktır (URL-2).

Küresel olarak ulaşım sektörü, dünya üzerinde toplam sera gazı emisyonlarının %15'ini ve CO₂ emisyonlarının ise %23'ünü oluşturmaktadır (Jamshidi Kalajahi ve diğ., 2020). İklim değişikliğiyle mücadelede yönelik politikalar, ulaşım sektöründeki en önemli emisyon kaynaklarından olan benzinli ve dizel araç kullanımının azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %55 oranında azaltma amacına yönelik olarak benzinli ve dizel araç satışlarını kademeli olarak azaltmayı hedeflemektedir (URL-3). Araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik çözümler, şehirlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından son derece önemlidir (Piracha ve Chaudhary, 2022). Günümüzde de fosil yakıtlı araçların kullanımının olumsuzluklarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için elektrikli araçlar hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik bir seçenek olarak görülmektedir (Egede vd., 2015).

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin, Kocaeli İli hava kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle, mevcut durum değerlendirilmiş, daha sonra mevcut durumdan yola çıkarak D-130'u kullanan araçların %20 (S1) - %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımı ile yollardan geçmesi tahmin edilen araç sayıları belirlenmiş ve 'senaryolar' oluşturulmuştur. Hem mevcut durum hem de senaryolara göre emisyon hesabı yapılmış ve elde edilen sonuçlar EPA onaylı Hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek; kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM₁₀), karbonmonoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) için kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolunun Kocaeli ili hava kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen bu çalışma, yeni yol güzergahının bölgenin kirlilik dağılımında nasıl bir değişikliğe sebep olacağını belirlemek açısından önemlidir. Ulaşımdan kaynaklanan hava kirleticileri üzerine, ülkemizde birçok araştırma yapılmış ve yapılmaya

devam etmektedir. Sera gazı etkisinin bu denli önemli olduğu bir dönemde, ülkenin tüm yolları için taşıt araçlarından kaynaklanan emisyonların dağılımlarının belirlenmesi ve benzer çalışmaların yapılması, yasa çıkarıcı kurumların emisyon azaltma kararları almalarında katkı sağlayabilir.

2. Materyal ve Metod

Kocaeli, Avrupa'yı Anadolu'ya ve Ortadoğu'ya bağlayan önemli ulaşım ağlarının merkezinde bulunmaktadır. İlin büyük metropollere yakınlığı sanayi, ticaret, ulaşım ve lojistik merkezi olarak gelişmesinde etken olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından açıklanan verilere göre, Kocaeli ilinde trafiğe kayıtlı araç sayısı 2023 Haziran ayı sonu itibarıyla 491.867'dir (URL-4). Bölgede yerel trafik ile şehirlerarası ve uluslararası trafiğin birbirinden ayrılması adına, toplamda 86 kilometre uzunluğunda Güney Marmara Otoyolu'nun yapılması planlanmaktadır. Bu otoyol planlamalara göre Karamürsel Valide Köprüsü mevkiinde yapılacak kavşak ile başlayacak olup, Gölcük, Başiskele ve Kartepe ilçelerinin üst kesiminde Samanlı Dağları eteklerinde Kartepe Cengiz

Topel Havaalanı'nın ön tarafında TEM'e ve D-100 karayoluna bağlanacaktır. 65 kilometresi Kocaeli'den geçecektir. Kocaeli sınırları içinde 4 tünel, 5 kavşak, 10 viyadük yapılacaktır (URL-5). Planlama aşamasındaki otoyol güzergahı Şekil 1'de verilmiştir.

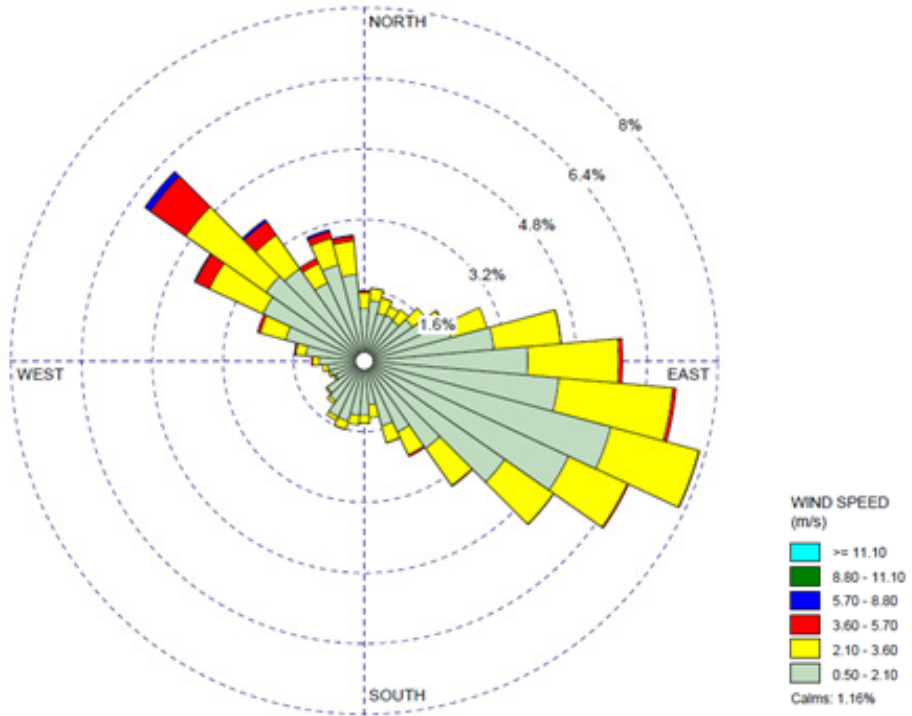
Çalışma kapsamında, kirleticilerin atmosferik dağılımını incelemek için EPA onaylı AERMOD View 9.5.0 modelleme programı kullanılmıştır. AERMOD modeli doğrusal kararlı hal duman modellemesi olup, kararlı durumlarda yatay ve dikey dispersiyonu, Gaussian modelleriyle hesaplamaktadır. Modelleme sistemi bir ana programdan (AERMOD) ve iki ön işlemciden (AERMET ve AERMAP) oluşmaktadır. Meteorolojik, orografik ve emisyon verisi olmak üzere üç farklı türde giriş verisi gerekmektedir (Ergün Yüksel vd., 2024).



Şekil 1. Güney Marmara Otoyol Güzergahı (URL-6).

Modellemede 2018 yılına ait meteoroloji dosyası kullanılmış olup, saatlik ham yüzey gözlemleri (Kocaeli istasyon numarası: 17066) ve ham üst hava verileri (Kartal istasyon numarası: 17062) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) veri tabanından temin edilmiştir (URL-7). Temin edilen saatlik bazda yıllık meteorolojik veri dosyası, AERMET ön işlemci programı ile işlenmiş ve kullanılmıştır. Çalışma alanı için 2018 verilerine ilişkin rüzgârgülü Şekil 2'de verilmiştir. Gerekli arazi yükselteleri ise, AERMAP ön işlemcisi içinde yer alan WebGIS modülü ile programa girilmiştir. Emisyon verisi olarak ise, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı trafik ve ulaşım bilgilerinden otoyollardaki ve devlet yollarındaki araç sayılarına ilişkin veriler esas alınarak "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023" isimli veri tabanında yer alan Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplanan NO_x , PM_{10} , CO, NMVOC, CO_2 ve SO_2 kirleticilerine ilişkin emisyon verileri kullanılmıştır (URL-5).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 verilerine göre Aralık ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 13 milyon 706 bin 65 adet otomobilin %37,6'sı dizel, %35,9'u LPG ve %25,5'i benzin yakıtlıdır (URL-4). Hesaplamalarda bu oranlar göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında, öncelikle mevcut durum değerlendirilmiş daha sonra yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. D130 devlet yollarında günde ortalama 171.230 otomobil, 19.294 orta yüklü ticari taşıt, 1.858 dizel otobüs 11.066 kamyon ve 14.905 tır geçmektedir (URL-5). S1: D-130'da seyreden araçların %20'sinin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S2: D-130'da seyreden araçların %30'unun Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S3: D-130'da seyreden araçların %35'inin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği varsayımları üzerine kurulmuştur. Bu senaryolara göre D-130 ve yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nda seyredecek araç sayıları tekrar hesaplanmıştır.



Şekil 2. Çalışma Alanı İçin 2018 Verilerine İlişkin Rüzgârgülü- WRPLOT View Program Çıktısı.

Modelde, bu giriş verilerine ilave olarak; dağılım katsayısı (kentsel), arazi yükseklik seçenekleri (düz + yüksek), kaynak türü (çizgi), Kaynak konumu (X, Y: UTM Koordinatları),

Alıcı seçenekleri (625 tek tip kartezyen alıcı noktası (aralık (m) 2834,35 × 2062,87) de dikkate alınmıştır.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında hem mevcut durum hem de oluşturulan senaryolara dayalı olarak hesaplanan emisyonlar EPA onaylı hava kalitesi dağılım modeli olan AERMOD'a girilerek saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık maks. konsantrasyonlar belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Senaryolar, mevcut 130-01 numaralı Gölcük-Altınova yolunu kullanan araçların %20 (S1), %30 (S2) ve %35'inin (S3) Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacağı varsayımları üzerine kurulmuş olup, tablo verileri incelendiğinde senaryo 1-3 durumlarında emisyonlarda azalmalar gözlenmiştir. S1 ve S2 için oluşturulan dağılım haritaları S3 için oluşturulan haritalara benzediğinden, sadece mevcut durum ve S3 için kirlilik dağılım haritaları Şekil 3-8'de verilmiştir. Tablo verileri ve şekillerde verilen yıllık dağılım haritaları incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

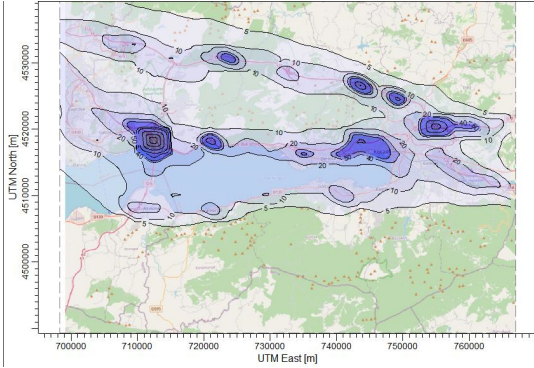
- Mevcut durum için en yüksek NO_x konsantrasyonu 302 µg/m³ olup maks. konsantrasyonun görüldüğü bölge Dilovası'dır. S3'e göre 324 µg/m³ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü yer Kocaeli Şehir Merkezidir. S3 durumunda mevcut duruma göre yıllık maks NO_x konsantrasyonu %7 oranında artmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 22,07 µg/m³ tür. S3'e göre yıllık PM₁₀ konsantrasyonu 10,48 µg/m³ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde kirletici konsantrasyonu %53 oranında azalmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek NMVOC konsantrasyonu 188,8 µg/m³ tür. S3'e göre yıllık NMVOC konsantrasyonu 96,24 µg/m³ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde NMVOC kirletici

konsantrasyonu %50 oranında azalmıştır.

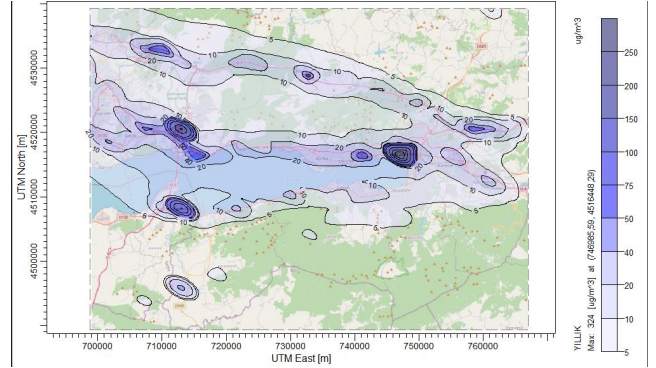
- Mevcut durumda yıllık en yüksek CO konsantrasyonu 1335 µg/m³ iken S3'e göre 678 µg/m³ seviyelerine inmiş, %49 oranında konsantrasyonda düşüş olmuştur. Her durum için de maks. konsantrasyonun görüldüğü yer Kocaeli Şehir Merkezidir.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek CO₂ konsantrasyonu 101.518 µg/m³ tür. S3'e göre yıllık CO₂ konsantrasyonu 51.668 µg/m³ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde CO₂ kirletici konsantrasyonu %49 oranında azalmıştır.
- Mevcut durumda yıllık en yüksek SO₂ konsantrasyonu 0,67 µg/m³ tür. S3'e göre yıllık SO₂ konsantrasyonu 0,439 µg/m³ seviyelerinde olup maks. konsantrasyonun görüldüğü Kocaeli Şehir Merkezinde SO₂ kirletici konsantrasyonu %34 oranında azalmıştır.
- Modelleme çalışması ile belirlenen maks. kirletici konsantrasyonları ulusal, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDY) ve uluslararası, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Avrupa Birliği (AB) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; NO_x'in, NO₂ için HKDY'de belirtilen yıllık (40 µg/m³) sınır değerini, DSÖ'de belirtilen 1 saatlik (200 µg/m³), 24 saatlik (25 µg/m³) ve yıllık (10 µg/m³) sınır değerlerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 µg/m³) sınır değerini aştığı belirlenmiştir. PM₁₀'un; her ne kadar mevcut durum için HKDY'de belirtilen yıllık (40 µg/m³) sınır değerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 µg/m³) sınır değerini karşılasa da DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değerini (15 µg/m³) aştığı belirlenmiştir. Ancak senaryo durumlarında (S1, S2 ve S3) DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değeri (15 µg/m³) sağlanmaktadır (URL-8; URL-9; URL-10).

Tablo I: Tüm Durumlar (Mevcut Durum, S1, S2 ve S3) için Maks. Kirletici Konsantrasyonları.

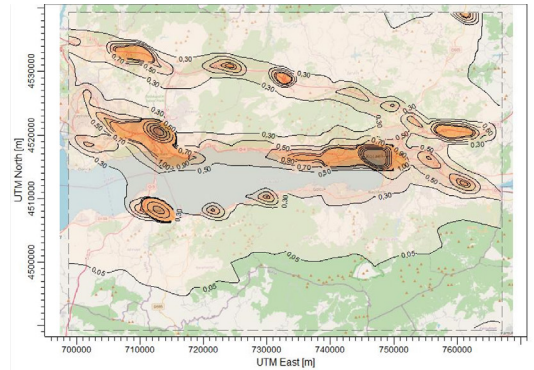
Kirletici	Zaman Periyodu	Mevcut Durum		S1		S2		S3	
		Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)	Maks. Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alıcı Noktası Koordinatları X-Y (m)
NO_x	Saatlik	1.694,55	712439.79 4518354.94	1.500,77	746985.59 4516448.29	1.314,66	746985.59 4516448.29	1.222	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	593,79		704,66		618,24		575,07	
	Aylık	376,60		490,03		430,394		400,599	
	Yıllık	302,48		395,69		347,597		323,56	
PM_{10}	Saatlik	84,27	746985.59 4516448.29	48,69	746985.59 4516448.29	42,648	746985.59 4516448.29	39,63	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	39,45		22,86		20,049		18,648	
	Aylık	27,34		15,88		13,943		12,976	
	Yıllık	22,07		12,82		11,259		10,479	
CO	Saatlik	5.130,053	746985.59 4516448.29	3.182,99	746985.59 4516448.29	2.786,369	746985.59 4516448.29	2.588,17	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	2.393,74		1.486,98		1.302,804		1.210,769	
	Aylık	1.655,68		1.030,76		903,648		840,129	
	Yıllık	1.335,45		831,52		729,005		677,779	
CO_2	Saatlik	387.842,12	746985.59 4516448.29	240.896,85	746985.59 4516448.29	210.959,863	746985.59 4516448.29	196.002,139	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	181.445,19		112.902,18		99.000,119		92.053,89	
	Aylık	125.815,80		78.388,54		68.793,887		63.999,87	
	Yıllık	101.517,74		63.271,85		55.534,108		51.667,917	
NMVOC	Saatlik	723,56	746985.59 4516448.29	451,19	746985.59 4516448.29	395,00	746985.59 4516448.29	366,92	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	337,83		210,94		184,847		171,81	
	Aylık	234,06		146,28		128,273		119,27	
	Yıllık	188,81		118,02		103,498		96,24	
SO_2	Saatlik	2,566	746985.59 4516448.29	2,055	746985.59 4516448.29	1,799	746985.59 4516448.29	1,67	746985.59 4516448.29
	24 Saatlik	1,199		0,961		0,843		0,78	
	Aylık	0,831		0,667		0,585		0,54	
	Yıllık	0,670		0,538		0,472		0,439	



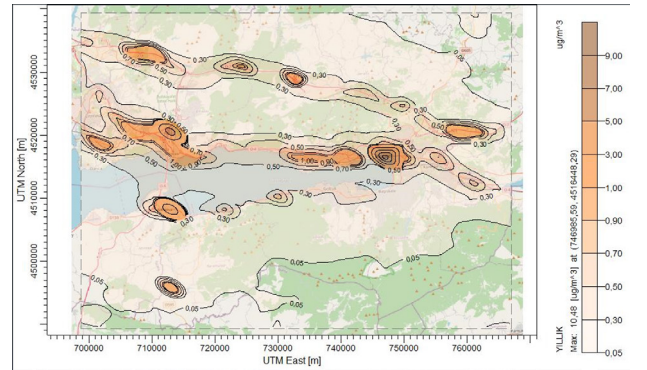
Mevcut durum

Şekil 3. NO_x Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.

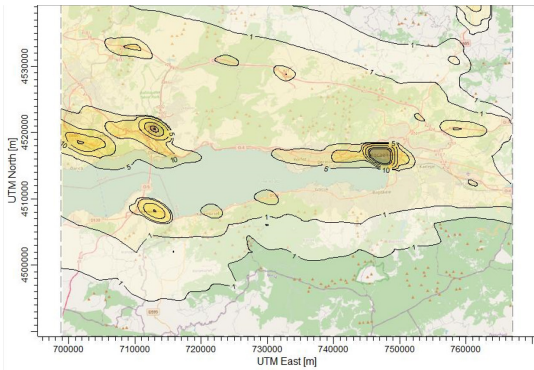
S3



Mevcut durum

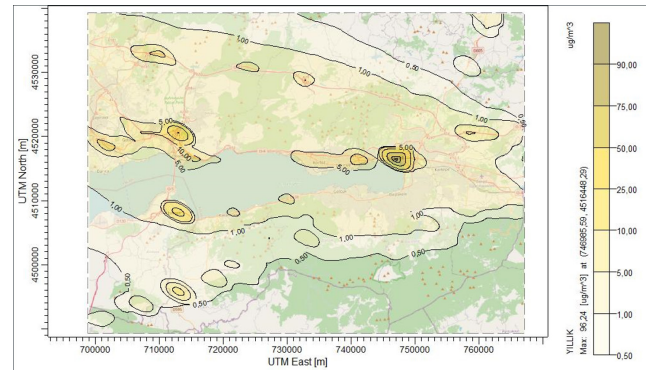
Şekil 4. PM₁₀ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.

S3

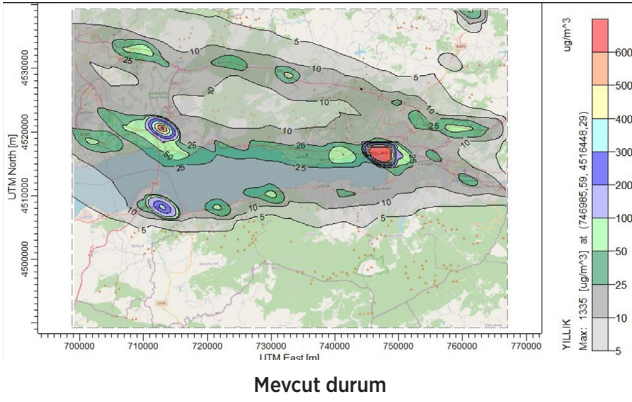


Mevcut durum

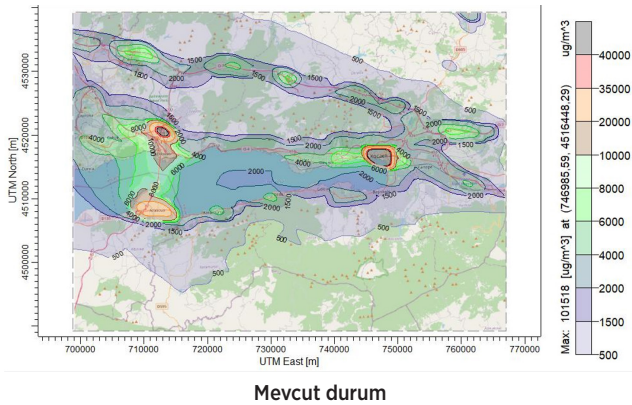
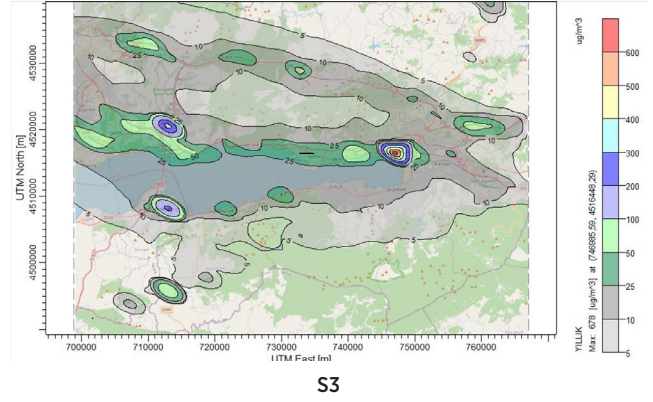
Şekil 5. NMVOC Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



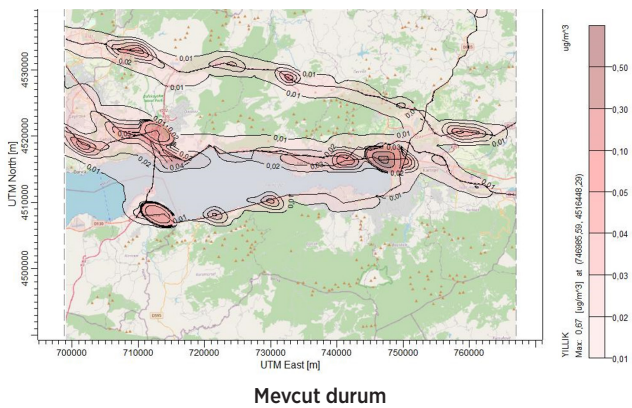
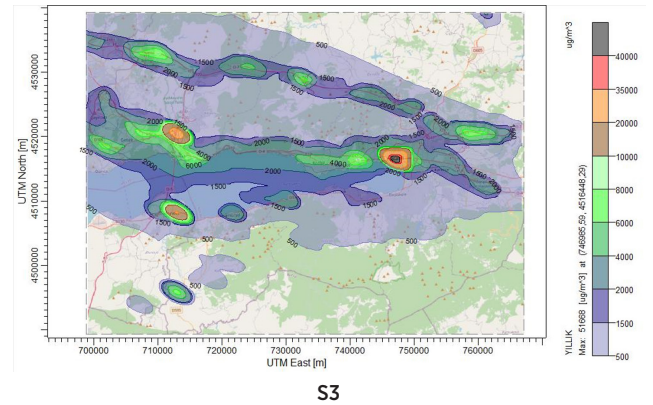
S3



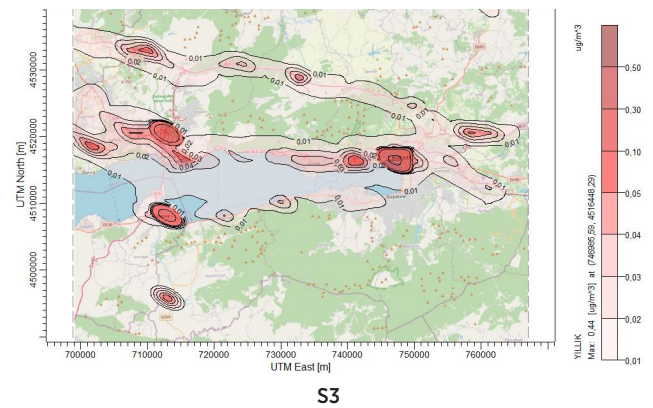
Şekil 6. CO Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Şekil 7. CO₂ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Şekil 8. SO₂ Emisyonunun Yıllık Atmosferik Dağılımı.



Alternatif yollar, köprü ve otoyol projeleri şehirler arası geçiş kolaylığı sağlamakla kalmayıp trafik yoğunluğunu azaltarak trafik akışını kolaylaştırma ve trafik kaynaklı emisyon miktarının azalmasına da katkı sağlaması bakımından önemlidir. Ancak alternatif olarak yapılan ya da yapılacak olan otoyolların ya da köprü projelerinin doğal yaşam alanlarını tahrip etme, biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkileme gibi olumsuz yönlerini de göz ardı etmemek gerekmektedir. Bu sebeple de taşıt kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması için sadece alternatif yollar değil, beraberinde farklı önlemler de düşünmek gerekmektedir. Fosil kökenli yakıtların azaltılması bu önlemlerden biri olabilir. İtalya’da yapılan elektrikli ve hibrit araçların sera gazı emisyonlarının ne düzeyde düşürdüğünü tespit etmeye yönelik modelleme çalışmasında, elektrikli ve hibrit araçların üretiminden son kullanımına kadar olan süreç içten yanmalı motorlu araçlara göre kıyaslanmış ve yapılan çalışmada eğer elektrikli araçların enerji kaynağı yenilenebilir olarak elde edilseydi elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçlara oranla %63 kadar daha az sera gazı emisyonuna sebep olacağı tespit edilmiştir (Franzö & Nasca, 2020). Toplu taşıma kullanımının özellikle de demiryolu taşımacılığının yaygınlaştırılması böylece kişisel araç kullanımının azaltılması bir diğer önlem olarak söylenebilir. Chenyiysu ve Whalley (2012) tarafından yapılan çalışmada, trafik modları açısından ulaşımın düşük karbonlaşmasında demiryolu taşımacılığının önemli bir rol oynadığını ve kilometre başına ortalama karbon emisyonunun otobüslerinkinin %50’si olduğunu bulunmuştur. Anderson (2014) tarafından yapılan çalışmada ise, Los Angeles’ın metro işletim verilerine dayanarak, metro seyahatinin trafik sıklığına hızla azaltılabileceği ve çevresel kaliteyi iyileştirebileceği bulunmuştur. Genel olarak, çoğu ampirik çalışma, toplu taşımanın hava kirliliği üzerindeki azaltıcı etkisini doğrulamıştır. Trafikte gereksiz dur-kalk işlemlerinin azaltılması, trafik ışık sinyalizasyonunun geliştirilmesiyle rutin bir trafik akışının sağlanması gibi bazı önlemler uygulanabilir (Altuntaş, 2019).

Çalışma kapsamında belirlenen kirleticilerin max konsantrasyonlarının, Dilovası ve kent merkezinde olmasının sebeplerinden birisi, kuzeybatıdan (0,50-8,80 m/s) kuvvetli esen rüzgarlar ve güneydoğudan esen rüzgarlar (0,50-5,70 m/s) olarak düşünülebilir. Kocaeli’nin Körfez kıyılarıyla Karadeniz kıyısında ılıman, günlük kesimlerin de ise daha sert bir iklim hüküm sürer. İkliminin, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş oluşturduğu

söylenebilir (URL-11). Dilovası Bölgesinin çanak şeklindeki topografik yapısı da hava kirletici bileşenlerin Dilovası üzerinde birikmesine neden olmaktadır. Dilovası üç tarafı tepelerle çevrili, diğer yanında ise deniz yer alan bir vadi olmakla beraber vadinin deniz tarafındaki ağız kısmı da bir tepe ile kapanmış durumdadır. Vadinin dört tarafı yükseltilerle çevrili yapısı hava akımlarını önemli ölçüde etkilemekte ve bölgede bulunan hava kirleticilerinin önemli bir bölümü hava akımları ile taşınmadan bölgede kalmaktadır (Başaran, 2009). Kocaeli, Asya ve Avrupa’yı birbirine bağlayan stratejik bir yol noktasında yer almakta olup Türkiye’nin sanayi alanındaki en önemli merkezlerinden biridir (URL-12). Türkiye’nin en sanayileşmiş illerinden biri olması, artan iş gücü imkanları ve buna bağlı olarak nüfus artışı, trafik yoğunluğunda ve trafikten kaynaklı emisyon miktarında artışa neden olmaktadır. Aynı zamanda son yıllarda gelişen teknolojinin gelişmesi motorlu taşıt kullanımında ciddi bir artış meydana getirmiştir. TÜİK verilerine göre; Kocaeli İlinde, 2016 yılı aralık ayında 357.826 olan kayıtlı araç sayısı 2023 yılında 518.343’e yükselmiştir (URL-4). Özellikle kent merkezi ve Dilovası bölgesi bu bakımdan değerlendirildiğinde trafik akışının fazla olduğu yollardır.

Çalışma kapsamında, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na bağlı Ulusal Hava Kirliliği İzleme Ağı’nda ölçülen 2021 yılı PM₁₀, CO, NO_x değerleri İzmit, Yeniköy ve Dilovası istasyonları için incelenmiş ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Bu istasyonlarda diğer parametreler ölçülmediğinden onlara ilişkin sonuçlar verilememiştir (URL-13). Aynı tabloda, bu istasyonların bulunduğu koordinat noktalarındaki, dağılım modeliyle hesaplanan kirletici konsantrasyonları da verilmiştir. Böylelikle ölçüm sonuçları ile model çıktıları karşılaştırılarak çalışmanın sonuçları yorumlanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında model sonuçlarının daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’na ait ölçüm sonuçları trafik kaynaklı emisyonlar ile birlikte sanayi ve ısınma kaynaklı emisyonları da içermektedir. İstasyonlar; kentsel, trafik, endüstri ve kırsal olarak 4 ayrı kategoride kurulmuştur (URL-14). Bu istasyonların özelliklerine bakıldığında Kocaeli-İzmit-MTHM; trafik, Yeniköy-MTHM; ısınma, Kocaeli-Dilovası; ısınma kaynaklı kirleticilerin belirlenmesi amacıyla kurulan istasyonlardır. Çalışma kapsamında belirlenen emisyonlar ise sadece trafik kaynaklıdır.

Tablo II: Ölçüm Sonuçları ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması.

İSTASYON	Kirletici Parametreleri	Ölçüm Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ort.
Kocaeli-İzmit- MTHM	PM ₁₀	49,59	10 (45)
	CO	1.639,19	800 (3000)
	NO _x	132,69	50 (390)
Yeniköy-MTHM	PM ₁₀	36,80	0,3 (2)
	CO	0	15 (160)
	NO _x	41,36	10 (90)
Kocaeli-Dilovası	PM ₁₀	-	3 (10)
	CO	657,86	75 (600)
	NO _x	-	120 (850)

4. Sonuç

Bu çalışmada, yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'ndaki araç trafiğinin, Kocaeli ilindeki taşıt kaynaklı hava kirleticilerin atmosferik dağılımı üzerine etkisi, mevcut durumun üzerine üç senaryo kurularak değerlendirilmiştir. Çalışma ile varılan sonuçlar:

- AERMOD modeli ile kirleticilerin dağılımlarının modellenmesi çalışmasına göre; taşıt kaynaklı NO_x, PM₁₀, NMVOC, CO, CO₂ ve SO₂ emisyonlarının 1 saatlik maks. konsantrasyonları sırasıyla S3'de mevcut duruma göre; %28, %53, %49, %50, %49 ve %35 azalırken, yıllık maks. konsantrasyonları ise; %7, %53, %49, %49, %49, %34 oranında azalmıştır. S1've S2'de S3'e kıyasla daha az olsa da aynı şekilde azalmalar gözlenmiştir. Maks. kirletici konsantrasyonunun görüldüğü alıcı noktaları şehir merkezi (746985.59; 4516448.29) ve Dilovası (712439.79; 4518354.94) olarak belirlenmiştir.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Ulusal Hava Kirliliği İzleme Ağı'nda ölçülen 2021 yılı PM₁₀, CO, NO_x değerleri İzmit, Yeniköy ve Dilovası istasyonları için incelenmiş ve sonuçlar bu istasyonların bulunduğu koordinat noktalarındaki dağılım modeliyle hesaplanan kirletici konsantrasyonlarıyla karşılaştırılmıştır. Böylelikle model sonuçlarının ölçüm sonuçlarından daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na ait ölçüm sonuçları trafik kaynaklı emisyonlar ile birlikte sanayi ve ısınma

kaynaklı emisyonları da içerdiğinden bu beklenen bir sonuçtur.

- Modelleme çalışması ile belirlenen maks. kirletici konsantrasyonları ulusal, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ve uluslararası, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Avrupa Birliği (AB) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; NO_x'in, NO₂ için HKDYY'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini, DSÖ'de belirtilen 1 saatlik (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 24 saatlik (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve yıllık (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerlerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini aştığı belirlenmiştir. PM10'un; her ne kadar mevcut durum için HKDYY'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini ve AB'de belirtilen yıllık (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sınır değerini karşılasa da DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değerini (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aştığı belirlenmiştir. Ancak senaryo durumlarında (S1, S2 ve S3) DSÖ'de belirtilen yıllık sınır değeri (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sağlanmaktadır (URL-8; URL-9; URL-10).

Yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolunun Kocaeli ili hava kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen bu çalışma, yeni yol güzergahının bölgenin kirlilik dağılımında nasıl bir değişikliğe sebep olacağını göstermesi bakımından önemlidir. Ülkenin tüm yolları için benzer çalışmaların yapılması, yasa çıkarıcı kurumların emisyon azaltma kararları almalarında katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Adeyanju, A. A., Manohar, K. (2017). Effects of Vehicular Emission on Environmental Pollution in Lagos. *Sci-Afric J Sci Issues Res Essays*, 5(4), 34-51.
- Altuntaş, O. (2019). Osmangazi Köprüsünün Kocaeli İli Körfez Bölgesindeki Taşıt Kaynaklı Emisyon Kirliliğine Etkisinin Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 591868.
- Anderson, M. L. (2014). Subways, Strikes, and Slowdowns: The Impacts of Public Transit on Traffic Congestion. *American Economic Review*, 104(9), 2763-2796. DOI: 10.1257/aer.104.9.2763.
- Başaran, Y. (2009). Dilovası Çanağı'nda Ozon Prekürsörü Olan NOx Dağılımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 251524.
- Chen, Y., & Whalley, A. (2012). Green Infrastructure: The Effects of Urban Rail Transit on Air Quality. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(1), 58-97. DOI: 10.1257/pol.4.1.58
- Egede, P., Dettmer, T., Herrmann, C., Kara, S. (2015). Life Cycle Assessment of Electric Vehicles—A Framework to Consider Influencing Factors. *Procedia CIRP*, 29, 233-238.
- Ergün Yüksel, B., Çetin Doğruparmak, Ş., Pekey, B., & Pekey, H. (2024). Assessment of Environmental Odor Pollution Using a Dispersion Model in an Industrialized Urban Area of Kocaeli, Turkey. *CLEAN—Soil, Air, Water*, 52(5), 2300221.
- Franzò, S., Nasca, A. (2020). The Environmental Impact of Electric Vehicles: A Comparative LCA-Based Evaluation Framework and Its Application to The Italian Context. Fifteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies. Monte-Carlo, Monaco, 10-12 September 2020.
- Huang, S. K., Kuo, L., Chou, K. L. (2016). The Applicability of Marginal Abatement Cost Approach: A Comprehensive Review. *Journal of Cleaner Production*, 127, 59-71.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Mobile Combustion, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Jamshidi Kalajahi, M., Khazini, L., Rashidi, Y., Zeinali Heris, S. (2020). Development of Reduction Scenarios Based on Urban Emission Estimation and Dispersion of Exhaust Pollutants from Light Duty Public Transport: Case of Tabriz, Iran. *Emission Control Science and Technology*, 6, 86-104.
- Jin, T., & Fu, L. (2005). Application of GIS to Modified Models of Vehicle Emission Dispersion. *Atmospheric Environment*, 39(34), 6326-6333.
- Lazăr, D., Minea, A., Purcel, A. A. (2019). Pollution and Economic Growth: Evidence from Central and Eastern European countries. *Energy Economics*, 81, 1121-1131
- Martins, N. R., & Da Graca, G. C. (2018). Impact of PM2.5 in Indoor Urban Environments: A review. *Sustainable Cities and Society*, 42, 259-275.
- Pan, L., Yao, E., Yang, Y. (2016). Impact Analysis of Traffic-Related Air Pollution Based on Real-Time Traffic and Basic Meteorological Information. *Journal of Environmental Management*, 183, 510-520. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.09.010
- Piracha, A., & Chaudhary, M. T. (2022). Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of the Literature. *Sustainability*, 14(15), 9234.
- Schwartz, S. E. (2022). The Greenhouse Effect and Climate Change. *American Journal of Physics*, 86(9), 645-656. DOI: 10.1002/essoar.81ea1b43594141c6.558e238c20a84445.1
- WHO/UNEP, E. (1992). *Urban Air Pollution in Megacities of the World* (1st ed.). Oxford: Blackwell Reference
- URL-1: <https://unfccc.int/>
- URL-2: <https://unfccc.int/most-requested/key-aspects-of-the-paris-agreement>
- URL-3: <https://eur-lex.europa.eu>
- URL-4: <https://data.tuik.gov.tr>
- URL-5: <http://www.kgm.gov.tr>
- URL-6: <https://earth.google.com/>
- URL-7: <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>
- URL-8: <https://www.mevzuat.gov.tr/>
- URL-9: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>
- URL-10: <https://www.eea.europa.eu>
- URL-11: <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Demografik-Yapi>
- URL-12: <http://www.kocaeli.gov.tr/kocaeli-ekonomisinde-sa-nayinin-yeri>
- URL-13: <https://sim.csb.gov.tr>
- URL-14: <https://mthmm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-olcum-istasyonlarımız-i-85693>