



ESKİŞEHİR İLİNDE KARAYOLU TAŞIMACILIĞINDA YAKIT TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONLARININ TİER 1 YÖNTEMİNE GÖRE TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çisil TİMURALP¹

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliği, Eskişehir, ORCID No : 0000-0002-2894-3575

Anahtar kelimeler

Öz

*İklim değişikliği,
Eşdeğer CO₂ emisyonu,
Tier 1, Karbon ayak izi,
Karayolu taşımacılık*

Ulaştırımadan kaynaklanan emisyonların azaltılması sadece ülkemizin değil aynı zamanda AB ülkelerinin de öncelikli problemidir. Bu problemin çözümünde öncelikle verimliliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bunun için de yapılan araştırmaların somut verilerle yapılması ve sürekli güncellenmesi gereklidir. Bu çalışmada Eskişehir ilinin 2011-2021 yılları arasında karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonu IPCC'de belirtilen Tier 1 yöntemine göre hesaplanmıştır. Karayolu taşımacılığında kaynaklanan emisyonun 2011 yılından 2021 yılına kadar % 46.5 arttığı görülmüştür. Ayrıca Covid-19 pandemi etkisi de incelenerek, seçilen aylarda hareketliliğin kısıtlanması nedeniyle emisyon miktarlarında düşüş olduğu fakat bunun kısa vadede etkili olduğu çalışmada görülmüştür. Ayrıca çalışmada yakıt tüketimini azaltmak için neler yapılabileceği ile ilgili önerilere de yer verilmiş olup gerekli tedbirler alınmadığı takdirde her geçen sene emisyon miktarlarındaki artışın önlenmesi daha da zorlaşacaktır.

¹ Sorumlu yazar; e-posta: cisil@ogu.edu.tr
doi : muhendismakina.1318997

DETERMINATION AND EVALUATION OF CO₂ EMISSIONS FROM FUEL CONSUMPTION IN ROAD TRANSPORTATION IN ESKİŞEHİR ACCORDING TO TIER 1 METHOD

Keywords

*Climate change,
equivalent CO₂ emission,
Tier 1, carbon footprint,
road transportation*

Abstract

Reducing emissions from transportation is a priority problem not only for our country, but also for EU countries. In the solution of this problem, first of all, it is necessary to ensure efficiency and sustainability. It is necessary to carry out the researches made in this context with concrete data and to be constantly updated. In this study, the CO₂ emissions of Eskişehir from road transport between the years 2011-2021 were calculated according to the Tier 1 method specified in the IPCC. It has been observed that emissions from road transport increased by 46.5 % from 2011 to 2021. In addition, the effect of the Covid-19 pandemic was examined, and it was seen in the study that there was a decrease in the amount of emissions due to the restriction of mobility in the selected months, but this was effective in the short term. In addition, suggestions about what can be done to reduce fuel consumption are also included in the study, and if necessary precautions are not taken, it will be difficult to prevent the increase in the amount of emissions amounts every year.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 11.05.2022

Kabul Tarihi : 06.06.2022

Research Article

Submission Date : 11.05.2022

Accepted Date : 06.06.2022

Extended Abstract

Increasing greenhouse gas emissions as a result of human activities cause global warming and climate change. Transportation plays a crucial role in society and the economy. Our quality of life depends on an efficient and accessible transportation system. In addition, fossil fuels used in conventional transportation systems cause climate change, air pollution and noise. One third of the energy consumed in our country belongs to the transportation sector. Since global warming and climate change are a global problem, countries seek solutions by acting together. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), which entered into force in 1994, encourages the parties to cooperate to prevent the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere and to reduce their emissions. The long-term goal of the Paris Agreement, which constitutes the climate change framework for the post 2020 years, is to keep the average temperature rise 2°C lower than in the pre-industrial period. Turkey has declared to reduce its greenhouse gas emissions by 21% in 2030, according to the reference scenario.

The primary way to reduce greenhouse gas emissions from transportation will be through accurate measurement and easy access to accurate statistical data. According to Turkish Statistical Institute (TUIK) data, the total greenhouse gas emission in Turkey in 2020 has been calculated as 523.9 Mt CO₂ equivalent. Total greenhouse gas emissions increased by 163.3% from 1990 to 2020 and reached 367.6 Mt CO₂ equivalent. The share of the transportation sector, which is below the energy-related emissions, is approximately 16.1% according to the 2017 TUIK inventory. According to this inventory, 93% of CO₂ emissions originate from road transport, while the remaining 7% originates from airway, maritime and rail transport.

In the energy sector, greenhouse gas emissions have the highest CO₂ emissions. The amount of CO₂ emissions in the transportation sector comes from road transportation at a rate of 90%. In this study, CO₂ emissions from road transportation in Eskişehir were calculated using the Tier 1 method for the years between 2011 and 2021. In addition, the effect of the pandemic was examined in the time period specified as pre-pandemic and pandemic period. In the Tier 1 method, which is one of the three methods developed by the IPCC, there is CO₂ emission that occurs with the emission factors of fuel consumption and fuel type, since combustion technology is not taken into account (TUIK 1990-2020 Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022). Finding emission amounts by using consumption data according to fuel types is an important step in preparing future scenarios and determining the measures to be taken. For this, it is necessary to carry out the researches with concrete data and to be constantly updated. When the sales quantities are examined according to the types of fuel, 80-82% of the fuel consumed is diesel, while 20% is LPG and gasoline in almost equal proportion.

It is seen that the highest emission was 1406.6 Gg CO₂ in 2017 and the lowest emission was 778.5 Gg CO₂ in 2012. The amount of CO₂ emissions caused by road transport in Eskişehir has increased by 45.5 % from 2011 to 2021. In 2019 and 2020, there was a decrease due to the COVID 19 pandemic. As mobility was restricted during the pandemic period,

the most affected area was the transportation sector. Emissions from Eskişehir road transport in 2020 decreased by 10.2 % compared to 2018, and decreased by 1.4 % compared to 2019. In 2021, there was an increase of 8.4 % compared to the previous year.

Within the scope of the measures taken during the pandemic process, the travel and movement restrictions, the implementation of the distance education model, the opportunity to work from home for the employees and the partial and full closures have greatly affected the transportation sector. Since the restrictions and prohibitions within the scope of pandemic measures started in mid-March 2020, the fuel consumption data of March, April and May were selected for the years 2019-2020 and 2021, and the effect of the pandemic process was examined. Equivalent CO₂ emissions from fuel consumption in road transport decreased by 1.1 % in March 2020, when the restrictions began, compared to March 2019. In 2021, when the pandemic was ongoing, it increased by 7.8 % compared to 2019. In April 2020, there was a decrease of 18.6 % compared to the pre-pandemic period, and the decrease in May was 4.5 %.

Global warming is a major threat that needs to be addressed urgently today. It is necessary to ensure energy efficiency in land vehicles. If fuel consumption is reduced, there will be a corresponding reduction in CO₂ emissions. With the widespread use of electric or hybrid cars, the widespread use of public transportation vehicles will also reduce the amount of emissions caused by fuels.

1. Giriş

Kentleşme sonucunda insanların ulaşım ihtiyacı arttığı için her geçen gün trafikteki araç sayısında artış olmaktadır. Taşıt sayısının artmasıyla yakıt tüketimi de artmakta, bunun sonucunda da emisyonlarda artış görülmektedir. İnsanların faaliyetleri sonucu artan sera gazı emisyonları küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği küresel bir sorun olduğu için ülkeler birlikte hareket ederek çözüm yolu aramaktadırlar.

1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) taraf ülkeleri atmosferdeki sera gazları birikimini önlemek, emisyonlarını azaltmak ve bunun için iş birliğine teşvik etmektedir. Sera gazları salımının artarak devam etmesi nedeniyle emisyon azaltım hedeflerinin net olarak konulduğu ve tarafları bağlayıcılığı olan Kyoto Protokolü 1997 yılında kabul edilmesine rağmen 2005 yılında yürürlüğe girmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kyoto Protokolü,2022). 2020 sonrası iklim değişikliği çerçevesini oluşturan ve taraf olan ülkelerin katkılarına dayanan Paris Antlaşması 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Paris Antlaşmasının uzun dönemli hedefi ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme göre 2°C daha düşük tutulmasıdır Ülkemiz, 2030 yılında, referans senaryoya göre sera gazları emisyonlarını %21 düşürmeyi beyan etmiştir (T.C. Dışişleri Bakanlığı Paris Anlaşması, 2022). Ancak 2022 yılında yayınlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Raporunda acil önlemler alınmazsa Paris Antlaşmasında alınan hedeflere ulaşılamayacağını ve bu yüzyılın sonuna kadar dünyanın yaklaşık 3,2°C kadar ısınacağı belirtilmiştir (IPCC Assessment Report, 2022).

Ulaştırmadan kaynaklı sera gazı emisyonlarını azaltmanın öncelikli yolu ise doğru ölçümleme ve doğru istatistikî verilere erişimin kolaylıkla sağlanması yoluyla olabilecektir. TÜİK verilerine göre 2020 yılında toplam sera gazı emisyonu 523,9 Mt CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Toplam sera gazı emisyonunu 1990 yılından 2020 yılına kadar %163,3 artış göstererek 367,6 Mt CO₂ eşd. ulaşmıştır (TÜİK 1990-2020 Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022). Enerji kaynaklı emisyonların altında yer alan taşıma sektörünün payı ise 2017 TÜİK envanterine göre yaklaşık %16,1'dir. Bu envantere göre, CO₂ emisyonunun %93'ü karayolu taşımacılığında kaynaklanırken geriye kalan %7'lik kısmı havayolu, denizyolu ve demiryolu taşımacılığında kaynaklanmaktadır (TÜİK Çevresel Göstergeler, 2022).

2. Bilimsel Yazın Taraması

Soruşbay (2007), karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonları ile ilgili yaptığı çalışmada alternatif yakıt kullanılmasını, enerji tüketimini azaltmak için toplu taşımanın tercih edilmesini ve karayolu taşımacılığının yanında deniz ve havayolu taşımacılığının da kullanılmasını önermiştir. COPERT 3 programı-

nı kullanan Soylu (2007) çalışmasında, 2003 yılı verilerini kullanarak 2004 yılı için Türkiye'deki karayolu taşımacılığı emisyon miktarlarını tahmin etmiştir. Kamakate ve Schipper (2009) seçili OECD ülkelerinde kamyon taşımacılığında enerji kullanımı ve karbon emisyonlarını, McKinnon ve Piecyk (2009) ise, Birleşik Krallık'ta karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonlarını hesaplamak için kullanılan yöntemleri incelemişlerdir. Özen ve Yaman (2013), COPERT 4 programını kullanarak 2000-2019 yılları arasında Türkiye şehirlerarası devlet yollarındaki kamyonlar için CO₂ emisyonlarını önerdikleri metod ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Palander (2017) senkronize hesaplama yöntemini kullanarak büyük ve ağır araçların CO₂ emisyonlarını araştırmıştır. Güzel ve Alp (2020), 2016-2050 yılları için İstanbul'un karayolu taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyon miktarını üç farklı senaryo üzerinden MARKAL EFOM-TİMES modeli ile hesaplamışlardır. Elektrikli-raylı ulaşım, elektrikli ve hibrit arabalar ile sınırlı CO₂ emisyonları olarak hazırlanan senaryolarda toplam sera gazı azaltımı en yüksek %39 olarak sınırlı CO₂ emisyonlarında çıkmıştır. Bıyık ve Civelekoğlu (2020) Isparta ilinin karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonunu 2010-2016 yılları arası için Tier 1 ve Tier 2 yöntemine göre hesaplamışlardır. Çanakkale karayolu taşımacılığında karbon ayak izini 2015-2018 yılları için Yalılı Kılıç, Dönmez ve Adalı (2021) hesaplamışlar ve üç yılda %7 artış olduğunu görmüşlerdir. Dünder ve Kolay (2021), 2010-2018 yıllarında Konya ilinde karayolu ve yük taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonunu IPCC'de yer alan Tier-1 metodunu kullanarak hesaplamışlar ve sekiz yıl sonunda toplam sera gazı emisyonununun %87, kişi başına düşen emisyonun da %70 arttığını bulmuşlardır. Nevşehir ili karayolu taşımacılığında sera gazı emisyonlarını pandemi başlangıç dönemindeki süreç için Cüce ve Uğur (2021) çalışmıştır. Mart-Ekim dönemini kapsayan sürede 2020 yılı ortalamasının geçmiş yılların aynı dönemlerinden daha düşük olduğunu görmüşlerdir. Aminzadegan, Shahriari, Mehranfer ve Abramovic (2022) yaptıkları literatür çalışmasında farklı ulaşım sektörlerinde sera gazı emisyonlarının kontrolünü etkileyen faktörleri çıkararak temel analizler yaparak çözüm önerileri sunmuşlardır.

Enerji sektöründe sera gazı emisyonlarında CO₂ emisyonu en yüksek oranda bulunur. Ulaştırma sektöründeki CO₂ emisyon miktarı ise %90 oranında karayolu taşımacılığında kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada Eskişehir iline ait karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonu Tier 1 yöntemi kullanılarak 2011-2021 arasındaki yıllar için değerlendirilmiştir. Ayrıca pandeminin etkisi de pandemi öncesi ve pandemi dönemi olarak belirtilen zaman diliminde incelenmiştir. Yakıt türlerine göre tüketim verileri kullanılarak emisyon miktarlarının bulunması, gelecek senaryolarının hazırlanmasında ve alınacak tedbirlerin belirlenmesinde önemli bir adımdır.

3. Yöntem

Bu çalışmada Eskişehir ili için 2011-2021 yılları arasında karayolu taşımacılığın-
dan kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı IPCC'nin geliştirdiği Tier 1 yöntemi kul-
lanılarak hesaplanmıştır. Sunulan üç yöntemden biri olan bu yöntemde yanma
teknolojisi dikkate alınmadığı için, yakıt tüketimi ve yakıt türüne ait emisyon fak-
törleriyle ortaya çıkan CO₂ emisyonu bulunmaktadır (IPCC guidelines for natio-
nal greenhouse gas inventories: General guidance and reporting-methodological
choice and identification of key categories, 2006). Tablo 1'de IPCC Kılavuzuna
göre yakıt türlerine göre yakıtların dönüşüm faktörleri ve karbon emisyon fak-
törleri verilmektedir (IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories:
Energy-mobile combustion, 2006)

Tablo 1. Yakıt Türlerine Göre Yakıtların Dönüşüm Faktörleri Ve Karbon Emisyon Faktörleri

Yakıt	Dönüşüm faktörü (TJ/Gg)	Emisyon faktörü (kg/TJ)
Benzin	44,3	69300
Motorin	43	74100
LPG	47,3	63100

Farklı yakıt türlerinden kaynaklanan enerji tüketimini bulmak için kullanılan ya-
kıt miktarı ile dönüşüm faktörü çarpılır.

$$\text{Enerji Tüketimi} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Dönüşüm Faktörü} \quad (1)$$

Hesaplanan bu enerji tüketimi ve emisyon faktörü ile kullanılan yakıtın karbon
içeriği bulunur.

$$\text{Karbon İçeriği} = \left(\frac{\text{Enerji}}{\text{Tüketimi}} \right) \times \left(\frac{\text{Karbon Emisyon}}{\text{Faktörü}} \right) \quad (2)$$

Karbon emisyonunun hesaplanmasında Eşitlik 3 kullanılır. Eşitlikte yer alan kar-
bon oksitlenme oranı değeri sıvı yakıt olan benzin ve motorin için 0,99; LPG için
ise 0,995 alınır

$$\text{Karbon Emisyonu} = \left(\frac{\text{Karbon}}{\text{İçeriği}} \right) \times \left(\frac{\text{Karbon}}{\text{Oksitlenme Oranı}} \right) \quad (3)$$

Son olarak Denklem 4 ile CO₂ emisyonu hesaplanır. Denklemde yer alan 44/12,
CO₂'in molekül ağırlığının karbonun mol ağırlığına oranını ifade etmektedir.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu} = \text{Karbon Emisyonu} \times \left(\frac{44}{12} \right) \quad (4)$$

4. Tartışmalar ve Bulgular

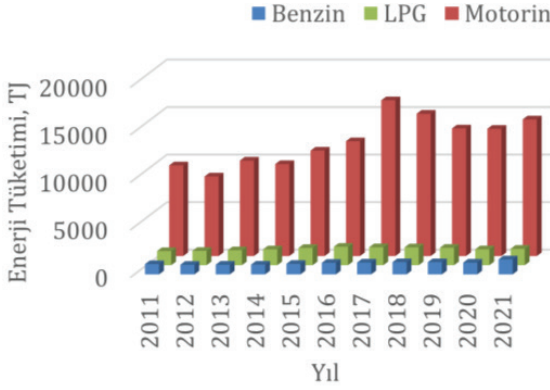
Eskişehir karayolu taşımacılığında 2011-2021 yılları arasındaki yakıt türlerine göre satış verileri T.C Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Petrol ve LPG Piyasası Sektör Raporlarından düzenlenmiş ve Tablo 2’de verilmiştir (EPDK Petrol ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) piyasaları için 2011-2021 yılları yıllık sektör raporları, 2022).

Tablo 2’ye bakıldığında 2011 yılında tüketilen yakıtın % 8,8’ini benzin, % 11,4’ü LPG ve % 79,8’i motorin iken 2021 yılına kadar bu sıralama neredeyse değişmemiş, 2021 yılında % 8,7’sinin benzin, % 9,1’inin LPG ve %82,2’sinin de motorin olduğu görülmektedir.

Tablo 2. 2011-2021 yılları için Eskişehir karayolu taşımacılığına ait yakıt satış verileri

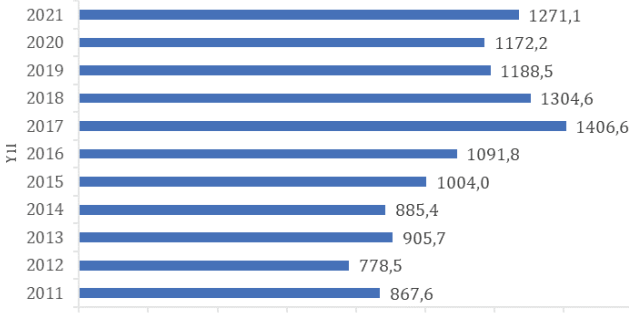
Yıl	Yakıt Türü		
	Benzin (ton)	Motorin (ton)	LPG (ton)
2011	24151	220224	31544
2012	22668	193289	31906
2013	22849	231831	33312,8
2014	22975	223397	35376,2
2015	24791	256081	38465
2016	27273,5	278815,1	41140
2017	27964,6	378275,8	39998
2018	28760,8	345633	39760
2019	28803,7	309893,3	38868
2020	27708,9	309023,7	35426
2021	35197	331799,7	36636,4

Tablo 2’deki verilerle hesaplanan Eskişehir ilinde karayolu taşımacılığında kullanılan yakıt türlerine göre enerji tüketim miktarları Şekil 1’de verilmiştir. Tüm yıllarda motorinin satış miktarı, dizel ve LPG ile karşılaştırıldığında çok yüksek olduğu için motorinin kullanılmasıyla oluşan enerji tüketimi de yüksek çıkmıştır.



Şekil 1. Eskişehir için 2011-2021 yılları arasında yakıt türlerine göre enerji tüketim miktarları [TJ]

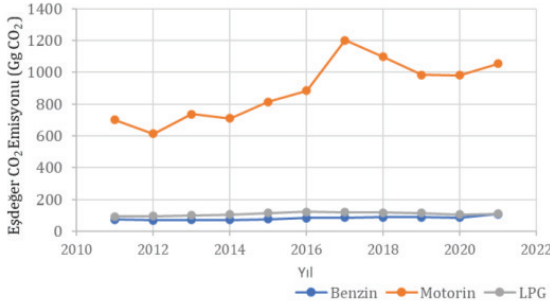
Şekil 2 Tier I yöntemine göre hesaplanan CO₂ emisyonlarını göstermektedir.



Şekil 2. Eskişehir'de karayolu taşımacılığında kaynaklanan eşdeğer CO₂ emisyonları [Gg CO₂]

Şekil 2'ye göre, en yüksek emisyonun 1406,6 Gg CO₂ olarak 2017 yılında, en düşük emisyonun da 778,5 Gg CO₂ olarak 2012 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Eskişehir ilinde karayolu taşımacılığının neden olduğu CO₂ emisyon miktarı 2011 yılından 2021 yılına kadar % 45,5 artış göstermiştir. 2012 yılındaki düşüşün nedeni ise yaşanan küresel ekonomik kriz, 2019 ve 2020 yıllarındaki düşüşün nedeni ise COVID19 pandemisidir.

Oluşan CO₂ emisyonunun yakıt türlerine göre dağılımı ise Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Eşdeğer CO₂ emisyonunun yakıt türlerine göre değişimi

Şekil 3'e göre, motorinden kaynaklanan emisyonun benzin ve LPG'den kaynaklanan emisyonlara kıyasla çok daha fazla olduğu görülmektedir. En az emisyon, yıllık satış miktarı diğerlerine göre daha az olan benzinden kaynaklanmaktadır. LPG'den kaynaklanan emisyon ise çok az bir farkla benzinin üstünde yer almaktadır. Bunun nedeni 2011-2020 yılları arasında tüketilen LPG miktarı benzinden % 2-% 4,5 daha fazla iken 2021 yılında bu fark neredeyse kaybolmuş % 0,4'e düşmüştür. İncelenen tüm yıllar göz önüne alındığında, benzin ve LPG'den kaynaklanan eşdeğer CO₂ emisyonu neredeyse yatay bir yol izlemiştir. 2011 yılında bu iki yakıt türünden oluşan emisyon oranı % 19,4 iken 2021 yılında % 17,1 olmuştur. Motorinden kaynaklanan emisyon miktarı ise zigzaglı bir yol izlese de yıllar içinde artış olmuştur. 2011 yılında motorinden kaynaklanan eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 699,7 Gg CO₂ iken, 2012 yılında 614,1 Gg CO₂'e düşmüş, 2013 yılında ise 2011 yılındaki değerinde üstüne çıkarak 736,6 Gg CO₂ olmuştur. 2021 yılında da 1054,2 Gg CO₂ olarak hesaplanmıştır.

Pandemi sürecinde alınan tedbirler kapsamında başta seyahat ve hareket kısıtlamalarının olması, uzaktan eğitim modelinin uygulanması, çalışanlar için evden çalışma imkanlarının sunulması ve yapılan kısmi ve tam kapanmalar ulaşım sektörünü fazlasıyla etkilemiştir. Tablo 3'de 2019, 2020 ve 2021 yıllarında Mart, Nisan ve Mayıs aylarına ait Eskişehir'de karayolu taşımacılığında kullanılan yakıt türlerinin satış miktarları verilmiştir (EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol piyasası ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) piyasası 2019-2020-2021 yılları için Mart-Nisan-Mayıs aylık sektör raporları, 2022). 2020 yılı Mart ayının ortalarında Covid-19 tedbirleri kapsamında kısıtlamalar ve yasaklar başladığı için mart, nisan ve mayıs ayı verileri ele alınarak pandemi sürecinin etkisi incelenmiştir.

Tablo 3. Pandemi öncesi ve pandemi sürecinde Eskişehir ili karayolu taşımacılığında kullanılan yakıtların satış verileri

Yıl	Ay	Yakıt Türü		
		Benzin (ton)	Motorin (ton)	LPG (ton)
2019	Mart	2258,1	26493,2	2884,8
	Nisan	2346,6	27505,8	3046,4
	Mayıs	2424	27812,7	2996,3
2020	Mart	2250	26446,6	2582,1
	Nisan	1343,9	23528,9	1847,3
	Mayıs	1348,8	28403,2	1878,1
2021	Mart	2343,7	28812,8	2925,6
	Nisan	2094,4	28171,4	2462,5
	Mayıs	2035,9	23764,4	2354,9

2019 ve 2020 yıllarına ait satış verilerine bakıldığında önlemlerin alınmaya başladığı 2020 Mart ayında yakıt tüketim miktarlarının düşmeye başladığı sonraki aylarda da bu düşüşün çok daha fazla olduğu görülmektedir. Pandeminin devam ettiği 2021 yılında ise satış miktarlarının bir önceki seneye göre arttığı fakat Nisan ve Mayıs aylarında pandemi öncesi sayılan 2019 yılı tüketimlerinin altında olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de pandemi nedeniyle insanların toplu taşıma araçlarını tercih etmeyip kendi araçlarını kullanmalarıdır.

Tablo 4’de seçilen aylarda pandeminin Eskişehir karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonuna etkisi incelenmiştir. Covid-19 salgınının başlamasıyla ülkemizde 2020 yılının Mart ayı ortalarında tedbirler alınmaya başlanmıştır. İl genelinde karayolu taşımacılığını etkileyen ilk tedbir 16 Mart 2020 tarihinde okulların 2 hafta eğitime ara vermesi ve daha sonra uzaktan eğitim modeline geçilmesidir. 2019 Mart ayında tüm yakıt türleri için toplam 99,7 Gg CO₂ olarak hesaplanan eşdeğer CO₂ emisyonu kısıtlamaların başladığı 2020 Mart ayında % 1,1 azalarak 98,6 Gg CO₂ olmuştur. Pandeminin devam ettiği 2021 yılında ise 2019 yılına göre % 7,8 artarak 107,4 Gg CO₂ olmuştur. Nisan 2020’de hafta sonları tam kapanma ve 2 haftalık kısmi kapanma tedbiri uygulanan bu ayda ise CO₂ emisyonu 84,4 Gg CO₂ olarak hesaplanmış ve pandemi öncesine göre % 18.6 düşüş yaşanmıştır. 20 günlük tam kapanmanın olduğu Mayıs 2020’de ise pandemi öncesine göre düşme % 4.5’dir. Pandemi öncesinde mart ayından mayısa doğru gidildiğinde hesaplanan toplam eşdeğer CO₂ emisyonlarında artış görülürken pandemi döneminde, ülke genelinde en sıkı tedbirlerin alındığı Nisan 2020 hariç, bir önceki aya göre düşüş görülmektedir.

Tablo 4. Eskişehir ili karayolu taşımacılığında kaynaklanan eşdeğer CO₂ emisyonuna pandeminin etkisi

Dönem	Yıl	Ay	Yakıt Türü	Eşdeğer CO ₂ Emisyonu [Gg CO ₂]	Toplam Eşdeğer CO ₂ Emisyonu [Gg CO ₂]
Pandemi Öncesi	2019	Mart	Benzin	6,9	99,7
			Motorin	84,2	
			LPG	8,6	
	2019	Nisan	Benzin	7,2	103,6
			Motorin	87,4	
			LPG	9,0	
	2019	Mayıs	Benzin	7,5	104,7
			Motorin	88,4	
			LPG	8,9	
	Pandemi Dönemi	2020	Mart	Benzin	6,9
Motorin				84,0	
LPG				7,7	
2020		Nisan	Benzin	4,1	84,4
			Motorin	74,8	
			LPG	5,5	
2020	Mayıs	Benzin	4,1	100	
		Motorin	90,2		
		LPG	5,6		
Pandemi Dönemi	2021	Mart	Benzin	7,2	107,4
			Motorin	91,5	
			LPG	8,7	
	2021	Nisan	Benzin	6,4	103,3
			Motorin	89,5	
			LPG	7,3	
2021	Mayıs	Benzin	6,3	88,8	
		Motorin	75,5		
			LPG	7,0	

5. Sonuçlar

Kirlenen denizlerimiz, kuruyan su kaynaklarımız, azalan orman varlığımız, verimsizleşen topraklarımız hepimiz için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle yaşanabilir bir dünya için doğamıza, çevreye ve hayata bakış açımızın düzeltilmesi gerekmektedir. Çevrenin korunmasının bütün bireylerin ve tüm insanlığın ortak meselesidir. Bununla birlikte yeni nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakılması için ilgili tüm kurum ve kuruluşların çevreye duyarlı bir anlayışla işbirliği içerisinde hareket etmeleri gerekmektedir.

Günümüzde acil önlemlerin alınması gerekli olan küresel ısınma sorununa çözüm yolu bulunabilmesi için ülkelerin emisyonları azaltmak için uygulanacak politika ve stratejilerini net bir şekilde belirlemeleri gerekmektedir. Türkiye'nin hedefi 2053 yılına kadar net sıfır emisyonudur. Enerjiden kaynaklı emisyonlar içerisinde yer alan karayolu taşımacılığı, ulaştırma sektöründeki emisyonların %90'ını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Eskişehir ili için 2011-2021 yıllarını kapsayan karayolu ulaşımından kaynaklanan farklı yakıt türlerine ait CO₂ emisyonu incelenmiştir. Tüm yıllarda motorin yakıt türü satış verilerine bakıldığında ilk sırada yer alırken en fazla CO₂ emisyon oranı da yine motorine aittir. 2011 yılında motorinden kaynaklı CO₂ emisyonu %80 iken 2021 yılında % 82 olarak hesaplanmıştır. Tüm yakıt türleri göz önüne alındığında ise karayolu taşımacılığına ait toplam emisyon miktarında 2021 yılında 2011 yılına göre % 46,5 artmıştır. Pandemi döneminde hareketlilik kısıtlandığı için en çok etkilenen alan ulaşım sektörü olmuştur. 2020 yılına ait Eskişehir karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyon 2018 yılına göre % 10,2 azalma gösterirken, 2019 yılına göre % 1,4 azalmıştır. 2021 yılında ise bir önceki seneye göre % 8,4 artış olmuştur. Acil ve kesin önlemler alınmadığı takdirde, fosil yakıtların yerine alternatiflerini kullanarak fosil yakıt tüketim miktarlarındaki azalmayı sağlamazsak karbon emisyonu insanlığın en büyük problemi olmaya devam edecektir.

Kontrolsüz nüfus artışı ve sanayileşme ile birlikte enerji talebinde ve şehirleşme ihtiyacında artış olmaktadır. Bunların sonucu olarak da sera gazlarında artış görülmektedir. Küresel ısınma günümüzde acilen ele alınması gereken büyük bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Kara taşıtlarında enerji verimliliğinin sağlanması gereklidir. Yakıt tüketimi azaltıldığı takdirde buna bağlı olarak CO₂ emisyonlarında da azalma olacaktır.

Gelişen teknoloji ile araçlarda alternatif yakıt kullanılmasına rağmen ulaştırma sektöründe yine de yeterli azaltım sağlanamamakta, sürekli artış olmaktadır. Elektrikli veya hibrit arabaların kullanılması yaygınlaşmasıyla aynı zamanda toplu taşıma araçlarının geniş kitlelerce kullanılması da yakıtlardan kaynaklanan emisyon miktarını azaltacaktır.

Sürücü davranışı ve sürüş tekniği yakıt tüketimini doğrudan etkilediği için sürücüler bu konuda bilgilendirilmelidir. Kullanılan kara taşıtların bakımı da zamanında yapılmalı, özellikle yakıt tüketiminin artmasına neden olacak tıkanmış filtreler hemen değiştirilmeli ve lastik basıncına dikkat edilmelidir. Kullanıcıların yakıt tüketimi az araçları satın almaları için teşvikler sunulmalıdır.

Kaynakça

- Aminzadegan, S., Shahriari, M., Mehranfar, F. ve Abramovic B. (2022). Factors affecting the emission of pollutants in different types of transportation: A literature review, *Energy Reports*, 8, 2508-2539. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.161>
- Bıyık, Y. ve Civelekoğlu, G. (2020). Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 78-87. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilgesci/issue/56891/608623>
- Cüce, H. ve Uğur, O. (2021). Nevşehir İlinde Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Covid-19 Salgını Başlangıç Döneminde Değerlendirilmesi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 118-134. doi: <https://doi.org/10.31466/kfbd.885206>
- Dündar, A. O. ve Kolay, A. (2021). Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 317-334. doi: <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.786463>
- EPDK (2022), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) piyasaları için 2011-2021 yılları yıllık sektör raporları. Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> Son erişim tarihi: 28.02.2022
- EPDK (2022), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol piyasası ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) piyasası 2019-2020-2021 yılları için Mart-Nisan-Mayıs aylık sektör raporları. Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-104-1008/petrolaylik-sektor-raporu> Son erişim tarihi: 15.04.2022
- Güzel, T. D. ve Alp K. (2020). Modeling of greenhouse gas emissions from the transportation sector in Istanbul by 2050, *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2190-2201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.08.034>
- IPCC Assessment Report 6, (2022). Climate Change 2022 Mitigation of Climate

- te Change- Summary For Policymakers. https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf Son erişim tarihi: 15.04.2022
- IPCC, (2006) 2006 guidelines for national greenhouse gas inventories: General guidance and reporting-methodological choice and identification of key categories, Volume 1, Chapter 4, Erişim adresi: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_4_Ch4_MethodChoice.pdf Son erişim tarihi: 15.04.2022
- IPCC, (2006), 2006 guidelines for national greenhouse gas inventories: Energy-mobile combustion, Vol. 2, Chapter 3. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf Son erişim tarihi: 15.04.2022
- Kamakate, F. ve Schipper L. (2009). Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2005, *Energy Policy*, 37(10), 3743-3751. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.029>
- McKinnon, A.C. ve Piecyk, M.I. (2009). Measurement of CO2 emissions from road freight transport: A review of UK experience, *Energy Policy*, 37(10), 3733-3742. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.007>
- Özen, M. ve Tüydeş Yaman, H. (2013). Türkiye'de Şehirlerarası Yük Trafiği CO₂ Emisyonlarının Tahmini, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 56-64. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20802/221984>
- Palander, T. (2017). The environmental emission efficiency of larger and heavier vehicles – A case study of road transportation in Finnish forest industry, *Journal of Cleaner Production*, 155(1), 57-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.095>
- Soruşbay, C. (2007). Karayolu ulaşımından kaynaklanan CO2 emisyonlarının çevreye etkisi ve kontrolü, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 48(564), 22-27.
- Soylu, S. (2007). Estimation of Turkish road transport emissions, *Energy Policy*, 35(8), 4088-4094. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.02.015>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Kyoto Protokolü. (2022). Erişim adresi: <https://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363> , Son erişim tarihi: 15.04.2022
- T.C. Dışişleri Bakanlığı, Paris Anlaşması. (2022). Erişim adresi: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> , Son erişim tarihi: 15.04.2022

TÜİK, (2022), Türkiye İstatistik Kurumu, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 1990-2020. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2020-45862>, Son erişim tarihi: 15.04.2022

TÜİK, (2022), Türkiye İstatistik Kurumu, Çevresel Göstergeler, Erişim adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>, Son erişim tarihi: 15.04.2022

Yalılı Kılıç, M., Dönmez, T. ve Adalı, S. (2021). Karayolu ulaşımında yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi: Çanakkale örneği, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(3), 943-955. doi: <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.848016>