



COVID-19 salgını dönemindeki kısıtlamaların sera gazı salınımına etkisi

Effect of the lockdown on greenhouse gas emissions during the COVID-19 pandemic

Hülya Aykaç Özen^{1,*} 

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun Türkiye

Özet

COVID-19 salgını nedeniyle, 2020 yılının Mart ayından itibaren alınan önlemler, dünya çapında çevreyi doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çıktılarının görülmesine neden olmuştur. Bu bakış açısından yola çıkarak; Samsun'da, COVID-19 salgını döneminde ısınma amaçlı doğalgaz tüketiminden ve karayolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyon değişimleri analiz edilmiştir. Sera gazları olan CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon miktarları COVID-19 salgını öncesi (Mart 2019 - Şubat 2020) ve COVID-19 salgını dönemini (Mart 2020 - Şubat 2021) kapsayacak şekilde, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından kabul edilen bir metodoloji olan Tier yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre, salgın döneminde ısınma ve karayolu ulaşımı sonucu açığa çıkan toplam sera gazı emisyon miktarı bir önceki yıla göre 17.3 Gg azalmıştır. Bulgular, karbon ayak izi yükü açısından incelendiğinde, salgın döneminde doğalgaz kaynaklı tüketim sonucu 8.1552 Gg eşdeğer CO₂, karayolu ulaşımı kaynaklı ise 9.1412 Gg eşdeğer CO₂ emisyonunun atmosfere salınmadığı göstermektedir. Sonuç olarak, 2020 yılında COVID-19 salgını kontrol altına almak için uygulanan önlemlerin, ısınmada ve karayolu ulaşımında kullanılan yakıt tüketimini etkilediği ve toplam yakıt miktarının azalmasına katkı sağlayarak sera gazı emisyon miktarını düşürdüğü görülmüştür.

Anahtar kelimeler: COVID-19, Sera gazı, Karayolu ulaşımı, Doğalgaz, Karbon ayak izi

Abstract

Due to the COVID-19 epidemic, the measures taken in since March 2020 have led to outcomes that directly or indirectly affect the environment worldwide. Based on this point of view, greenhouse gas emission changes due to natural gas consumption and road transportation during the COVID-19 pandemic were analyzed in Samsun province. Emissions of greenhouse gases for CO₂, CH₄ and N₂O were calculated using the Tier approach, a methodology adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) before and during the COVID-19 pandemic. According to results, the total amount of greenhouse gas emissions released due to natural gas and road transportation during the pandemic decreased by 17.3 Gg compared to the previous year. When the findings are examined in terms of carbon footprint, 8.1552 Gg equivalent CO₂ emissions from natural gas consumption and 9.1412 Gg equivalent CO₂ emissions from road transportation were not released into the atmosphere during the pandemic period. In conclusion, the restrictions on mobility due to the COVID-19 epidemic have reduced the amount of greenhouse gas emissions by causing a decrease in the total amount of fuel resulting from heating and road transport.

Keywords: COVID-19, Greenhouse gas, Highway transport, Natural gas, Carbon footprint

1 Giriş

2019 yılının sonlarında tanımlanan ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından salgın olarak ilan edilen korona virüs hastalığı (COVID-19), yirmi birinci yüzyılın en ciddi küresel sağlık durumlarından birini temsil etmektedir [1]. 31 Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrindeki ilk vaka raporundan bu yana, COVID-19 hastalığı kısa sürede dünya çapında yayılmış ve halen etkisini devam ettirmektedir [2]. Semptomları; nezle ve gribe benzer olmakla birlikte, hastanın yaşı ve bağışıklık sistemine bağlı olarak daha şiddetli solunum yolu enfeksiyonları, nörolojik hastalıklar, çoklu organ disfonksiyonu ve hatta ölümcül sonuçlar görülebilmektedir. Bugüne kadar, virüsün yayılmasını

tamamen önlemek için etkili bir tedavi yöntemi bulunamamıştır. 9 Eylül 2021 itibarıyla, 223 ülkede 223441854 vaka bildirmiş ve 4610408 kişinin COVID-19 salgını nedeniyle hayatını kaybettiği kaydedilmiştir [3]. Türkiye de dahil olmak üzere çoğu ülke, salgının etkilerini azaltmak ve yeni korona virüsün bulaşmasını durdurmak için yasal kısıtlama, sosyal kural ve önlemleri uygulamaya koymuştur [4-6]. Ülke çapında sokağa çıkma yasağı kapsamında restoranlar, sinemalar, okullar, alışveriş kompleksleri, eğitim kurumları gibi tüm sosyal toplanma yerleri kapatılmış, kronik hastalığı olanlar, hamileler ile 60 yaş üstü vatandaşların evlerinden çıkmaları yasaklanmış, kamu ve özel sektör çalışanları için esnek çalışma saatleri

* Sorumlu yazar/ Corresponding author, e-posta / e-mail: hulya.aykac@omu.edu.tr
Geliş / Received: 06.10.2021 Kabul / Accepted: 17.12.2021 Yayınlanma / Published: 14.01.2022
doi: 10.28948/ngumuh.1005439

belirlenmiş, demiryolu, karayolu ve havayolu dahil olmak üzere her türlü ulaşım hizmetleri, temel hizmetler dışında askıya alınmıştır. Karantinanın uygulanmasıyla COVID-19'un yayılmasını yavaşlatmayı amaçlayan hükümet politikaları, dünyadaki çoğu insan için çalışma ve yaşam alışkanlıklarını önemli ölçüde değiştirmiştir [7]. Davranıştaki bu ani değişiklik, konut ve ticari olarak kullanılan binaların doğalgaz talebini de etkilemiştir. Örneğin, COVID-19 önlemleri sonucu İtalya, Fransa ve İspanya'da sanayi sektörü tarafından doğal gaz tüketimi sırasıyla %25, %16 ve %14 azalmıştır. Ayrıca, karantina döneminde doğalgaz dağıtımını İtalya, Belçika, Hollanda ve Polonya'nın her birinde ortalama %15 oranında net bir düşüşe neden olmuştur [8]. Bir başka çalışmada, Mart 2020 döneminde konut sektöründe doğalgaz tüketimi 2019 ve 2018 yıllarının aynı dönemleri ile karşılaştırıldığında, birinci durumda %12.79 daha yüksek, ikinci durumda %27.08 daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır [9]. COVID-19 salgınında uygulanan kısıtlamaların bir diğer etkisi de karayolu ulaşımında görülmüştür. Sokağa çıkma kısıtlaması uygulanan süre ve günlerde zorunlu haller dışında vatandaşların toplu ulaşım vasıtaları dışında şehirlerarası seyahatlerine izin verilmemiş ve şehirlerarası ulaşımında şehirlerin giriş ve çıkışlarında kontrol noktaları oluşturulmuştur. Bu önlemler sonucu; araç sayısı azalarak trafik sıkışıklığı önlenmiş ve böylece mevcut araçların emisyon miktarında olumlu yönde düşüş görülmüştür. Cüce ve Uğur [10], COVID-19 tedbirleri sonucu Nevşehir genelinde azalan insan hareketliliği nedeniyle özellikle eşdeğer CO₂ emisyonunun 2020 yılı Mart-Ekim döneminde geçmiş yılların Mart-Ekim dönemi ortalamasından düşük olduğunu raporlamışlardır. Benzer bir çalışma Çin'in Pekin şehrinde gerçekleştirilmiş, COVID-19'un etkisi nedeniyle uygulanan karantina sırasında ortalama günlük trafik hacminin 2020'de %38.2 oranında azaldığı ve birincil atmosferik kirlenmelerin günlük emisyonları, 2020'de 2019'un aynı dönemine göre %29.2 azalma gösterdiği belirtilmiştir [11]. Kolombiya'da COVID-19 karantina döneminde ulaşımın kaynaklanan emisyonlardaki değişiklikleri analiz etmek için, IPCC Kılavuz İlkeleri ile uyumlu standart bir metodoloji kullanılmış ve CH₄, N₂O ve CO₂ sera gazı emisyonlarında sırasıyla %17, %21 ve %28; CO ve NMVOC gazlarında sırasıyla %21 ve %22, NOx miktarında ise %15'e kadar azalma olduğunu ifade edilmiştir [12]. COVID-19 salgını sırasında literatürde de bahsedildiği gibi, ısınma kaynaklı doğal gaz tüketimi ve karayolu ulaşımındaki değişiklikler, küresel ısınmayla mücadele noktasında hava kalitesi üzerinde olumlu katkı oluşturmuştur. Bu noktada, karbon ayak izi ile oluşan potansiyel etkilerin nedenlerini ve etkilerini anlamak mümkün olabilmektedir. Karbon ayak izi, faaliyetlerin fosil yakıtların yakılması yoluyla üretilen karbondioksit miktarı üzerindeki etkisinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir [13]. İklim değişikliği ile ilgili bilimsel değerlendirmeler yapan IPCC, sera gazı emisyonlarını daha iyi yönetmek ve emisyon azaltma önlemlerini belirlemek için kuruluşların emisyonlarının nerede oluştuğunu daha iyi anlamasının yolunun karbon ayak izi hesaplanmasının olduğunu ifade etmiştir [14].

Bu çalışma, COVID-19 salgını döneminde uygulanan kısıtlamaların Samsun'da iklim değişikliği açısından yarattığı etkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, IPCC tarafından kabul edilen bir metodoloji olan Tier yaklaşımı kullanılarak, COVID-19 salgını öncesi ve sırasında Samsun'da ısınma amaçlı doğalgaz kullanımından ve karayolu ulaşımından kaynaklanan karbon ayak izi çalışması gerçekleştirilmiştir.

2 Materyal ve metot

2.1 Veri temini

Samsun'da, COVID-19 salgını döneminde uygulanan kısıtlamaların; ısınma amaçlı doğalgaz kullanımına ve ulaşımından kaynaklanan yakıt tüketimine ve dolayısıyla sera gazı salınımına etkisini değerlendirmek için, çalışma periyodu salgın öncesi (Mart 2019 - Şubat 2020) ve salgın dönemi (Mart 2020 - Şubat 2021) olarak ikiye ayrılmıştır. Doğalgazdan kaynaklı karbon ayak izi miktarını hesaplayabilmek için Samsun Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. (SAMGAZ) kurumundan; Mart 2019 ile Şubat 2021 tarihleri arasında mevcut aktif abone sayısı ve aktif abonelere ait doğalgaz tüketim miktarları temin edilmiştir (Şekil 1). SAMGAZ, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun 06.07.2004 tarih ve DAG/336-12/058 sayılı kurul kararı ile Tekkeköy, Canik, İlkadım, Atakum ve Kavak ilçelerinde kesintisiz olarak hizmet vermektedir. Dolayısıyla, Samsun'un 5 ilçesindeki veriler kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Samsun'da salgın döneminde uygulanan kısıtlamaların karayolundan kaynaklanan karbon ayak izi miktarına etkisini hesaplayabilmek için ise, Mart 2019 - Şubat 2020 ve Mart 2020 - Şubat 2021 tarihlerinde, taşıtlarda kullanılan yakıt türleri ve yakıtların miktarları, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Petrol Piyasası Sektör Raporu ile Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası Sektör Raporu'ndan temin edilmiştir [15-20]. Buna göre Samsun'da benzin, motorin ve LPG olmak üzere üç farklı yakıt türleri ve bu yakıtların tüketim miktarları çalışmada değerlendirmeye alınan dönemi kapsayacak şekilde aylık olarak Tablo 4'te verilmiştir. Bu bilgiler ışığında Samsun'da salgın öncesinde ve salgın döneminde uygulanan kısıtlamalar sonucu hem doğalgaz hem de ulaşımından kaynaklanan yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi hesaplanmıştır

2.2 Karbon ayak izi hesaplama yöntemi

Karbon ayak izinin belirlenmesi, IPCC tarafından geliştirilen yöntem olan Tier-1, Tier-2 ve Tier-3 olmak üzere üç farklı yaklaşım ile yapılmaktadır. Bu çalışmada, uygulanması basit ve hızlı olan ayrıca yakıt miktarı ile oluşacak emisyonun yakıtla orantılı olarak ortaya çıkması prensibine dayanan Tier-1 yöntemi seçilmiştir. Hesaplamalar COVID-19 salgını öncesi (Mart 2019 - Şubat 2020) ve COVID-19 salgını dönemini (Mart 2020 - Şubat 2021) kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Isınma amaçlı doğalgaz kullanımından kaynaklı karbon ayak izinin belirlenmesi için gerekli olan emisyon faktörleri IPCC'nin 2006 yılında yayınlamış olduğu raporda yer almakta olup, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kaynağa göre emisyon faktörleri [14].

Sera Gazı Emisyon kaynağı	Emisyon faktörü	Birimi
Doğalgaz	1.88496	kg/m ³ CO ₂
Doğalgaz	0.000168	kg/m ³ CH ₄
Doğalgaz	0.00000336	kg/m ³ N ₂ O

Samsun'da doğalgaz kullanımı kaynaklı karbon ayak izinin tahminlenmesi sırasında, emisyonlarının CO₂ cinsinden eşdeğerleri kullanarak hesaplanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, salgın öncesi ve salgın döneminde Samsun'da doğalgaz tüketim miktarları temin edilmiş (Şekil 1) ve Tablo 1'de yer alan emisyon faktörleri ile çarpılarak CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon miktarları Denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır (IPCC 1996):

$$\text{Emisyon (Gg)} = \frac{\text{Toplam Tüketim Miktarı (m}^3\text{)*}}{\text{Emisyon Faktörü (kg/m}^3\text{)*10}^{-6}} \quad (1)$$

Emisyon miktarları elde edildikten sonra CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları için IPCC, AR-5:5 Değerlendirme Raporunda tanımlanan Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) değerleri kullanılarak eşdeğer CO₂ miktarları hesaplanmıştır (Tablo 2). Örnek olarak; salgın öncesi dönemde ısınmadan kaynaklanan doğalgaz tüketimi sonucu oluşan CO₂ ve CH₄ emisyonları ile bu emisyonların eşdeğer CO₂ miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

CO₂ emisyonu hesabı

$$\begin{aligned} \text{Doğalgaz tüketim miktarı} &= 249449253 \text{ m}^3 \\ \text{Emisyon Faktörü} &= 1.88496 \text{ kg/m}^3 \\ \text{CO}_2 \text{ emisyonu (Gg)} &= \text{Doğalgaz tüketim miktarı} * \text{Emisyon Faktörü} \\ \text{CO}_2 \text{ emisyonu (Gg)} &= 249449253 \text{ m}^3 * 1.88496 \text{ kg/m}^3 * 10^{-6} \\ &= 470.209 \text{ Gg} \\ \text{Eşdeğer CO}_2 &= \text{CO}_2 \text{ Emisyon miktarı} * \text{GWP} \\ &= 470.209 \text{ Gg} * 1 = 470.209 \text{ Gg} \end{aligned}$$

CH₄ emisyonu hesabı

$$\begin{aligned} \text{Doğalgaz tüketim miktarı} &= 249449253 \text{ m}^3 \\ \text{Emisyon Faktörü} &= 0.000168 \text{ kg/m}^3 \\ \text{CH}_4 \text{ emisyonu (Gg)} &= \text{Doğalgaz tüketim miktarı} * \text{Emisyon Faktörü} \\ \text{CH}_4 \text{ emisyonu (Gg)} &= 249449253 \text{ m}^3 * 0.000168 \text{ kg/m}^3 * 10^6 \\ &= 0.0419 \text{ Gg} \\ \text{Eşdeğer CO}_2(\text{CH}_4) &= \text{CH}_4 \text{ Emisyon miktarı} * \text{GWP} \\ &= 0.0419 \text{ Gg} * 28 = 1.1734 \text{ Gg} \end{aligned}$$

Yukarıdaki hesaplamalara göre, Samsun ilinde ısınma amaçlı doğalgaz kullanımından kaynaklanan sera gazlarının salgın öncesi ve dönemindeki miktarları ve karbon ayak izlerinin belirlenmesi ayrıntılı olarak Tablo 3'te verilmiştir. Karayolu ulaşımında kullanılan yakıt çeşitlerine göre tüketim değerleri (ton) her bir yakıt türü için belirlendikten sonra (Tablo 4), IPCC Kılavuzu'ndan alınan dönüşüm faktörleri uygulanmıştır (Tablo 2). Bu sayede tüketilen yakıt miktarına karşılık gelen enerji içeriğine veya enerji tüketimi birimine (TJ) geçilmiştir. Bir sonraki adımda Tablo 2'de

verilmiş olan emisyon faktörleri kullanılarak, tüketilen yakıtın emisyon içeriği bulunmuştur. Burada yakıt türüne göre emisyon faktörleri kullanılarak emisyon içeriği Gg cinsinden elde edilmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan gazlar olan CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları için IPCC, AR-5:5. Değerlendirme Raporunda tanımlanan Küresel Isınma Potansiyeli değerleri kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı yakıt türlerinde kullanılacak emisyon faktörleri ve katsayılar [21].

Yakıt Tipi	Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	Emisyon Faktörleri (kg/TJ)			Küresel Isınma Katsayısı (kg CO ₂ eşd/kg)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Benzin	44.3	69300	33	3.2	1	28	265
Motorin	43.0	74100	3.9	3.9	1	28	265
LPG	47.3	63100	62	0.2	1	28	265

Karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonlar Denklem (2) ve Denklem (3) kullanılarak hesaplanmıştır [22].

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \frac{\text{Yakıt tüketimi (Gg)*}}{\text{Dönüşüm faktörü (TJ/Gg)}} \quad (2)$$

$$\text{Emisyon (Gg)} = \frac{\text{Enerji tüketimi (TJ)*}}{\text{Emisyon faktörü (kg/TJ)*10}^{-6}} \quad (3)$$

Örnek olarak; salgın öncesi dönemde karayolu ulaşımından kaynaklanan benzin tüketimi sonucu oluşan CO₂ ve CH₄ emisyonları ile bu emisyonların eşdeğer CO₂ miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

CO₂ emisyonu hesabı

$$\begin{aligned} \text{Benzin tüketim miktarı} &= 30704.6690 \text{ ton} \\ \text{Dönüşüm faktörü} &= 44.3 \text{ TJ/Gg} \\ \text{Enerji Tüketimi (TJ)} &= 30704.6690 \text{ ton} * 44.3 \text{ TJ/Gg} * 10^{-3} \\ &= 1360.2168 \text{ TJ} \\ \text{Emisyon faktörü} &= 69300 \text{ kg/TJ} \\ \text{CO}_2 \text{ emisyonu (Gg)} &= 1360.2168 \text{ TJ} * 69300 \text{ kg/TJ} * 10^{-6} \\ &= 94.2630 \text{ Gg} \\ \text{Eşdeğer CO}_2 &= \text{CO}_2 \text{ Emisyon miktarı} * \text{GWP} \\ &= 94.2630 \text{ Gg} * 1 = 94.2630 \text{ Gg} \end{aligned}$$

CH₄ emisyonu hesabı

$$\begin{aligned} \text{Benzin tüketim miktarı} &= 30704.6690 \text{ ton} \\ \text{Dönüşüm faktörü} &= 44.3 \text{ TJ/Gg} \\ \text{Enerji Tüketimi (TJ)} &= 30704.6690 \text{ ton} * 44.3 \text{ TJ/Gg} * 10^{-3} \\ &= 1360.2168 \text{ TJ} \\ \text{Emisyon faktörü} &= 33 \text{ kg/TJ} \\ \text{CH}_4 \text{ emisyonu (Gg)} &= 1360.2168 \text{ TJ} * 33 \text{ kg/TJ} * 10^{-6} \\ &= 0.0449 \text{ Gg} \\ \text{Eşdeğer CO}_2(\text{CH}_4) &= \text{CH}_4 \text{ Emisyon miktarı} * \text{GWP} \\ &= 0.0449 \text{ Gg} * 28 = 1.2568 \text{ Gg} \end{aligned}$$

Samsun ilinde karayolları ulaşımından kaynaklanan sera gazlarının salgın öncesi ve salgın dönemindeki değerleri Tablo 5'te ayrıntılı olarak yer almaktadır. Bu yaklaşımla; emisyon hesaplaması için tüketilen yakıt miktarı ve standart emisyon faktörlerinin belirlenmesi olmak üzere iki ana nokta yeterlidir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan dönem aralığında hem ısınma amaçlı doğalgaz kullanımı hem de ulaşım kaynaklı CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları hesaplanarak sera gazı emisyon miktarı belirlenmiş ve karbon ayak izi bazında karakterize edilmiştir.

2.3 İstatistiksel analiz

Isınma amaçlı doğalgaz tüketiminden ve karayolları ulaşımından kaynaklanan karbon ayak izi miktarlarını karşılaştırmak için, salgın öncesi ve salgın döneminde elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş ve değerlerin normal bir dağılım göstermesinden dolayı Paired-T testi uygulanmıştır. Verilerin analizinde %5 anlamlılık düzeyi kullanılarak SPSS (23. Sürüm) paket programı kullanılmıştır.

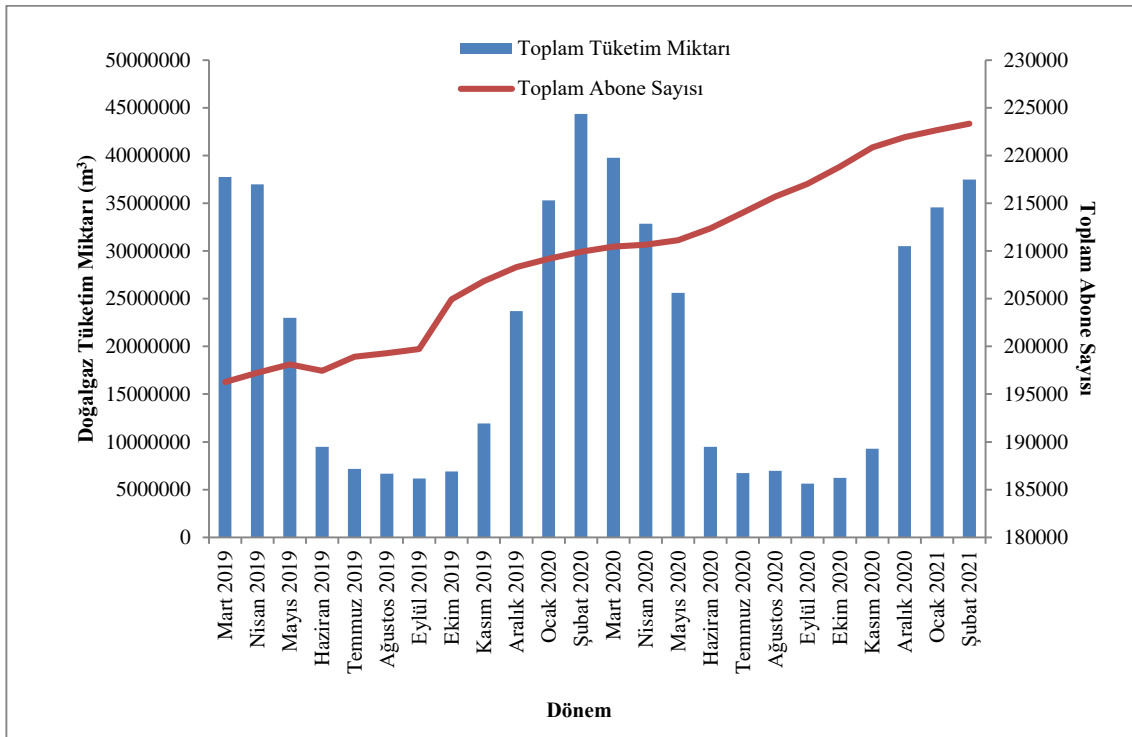
3 Bulgular ve tartışma

3.1 Isınma amaçlı doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarının hesabı

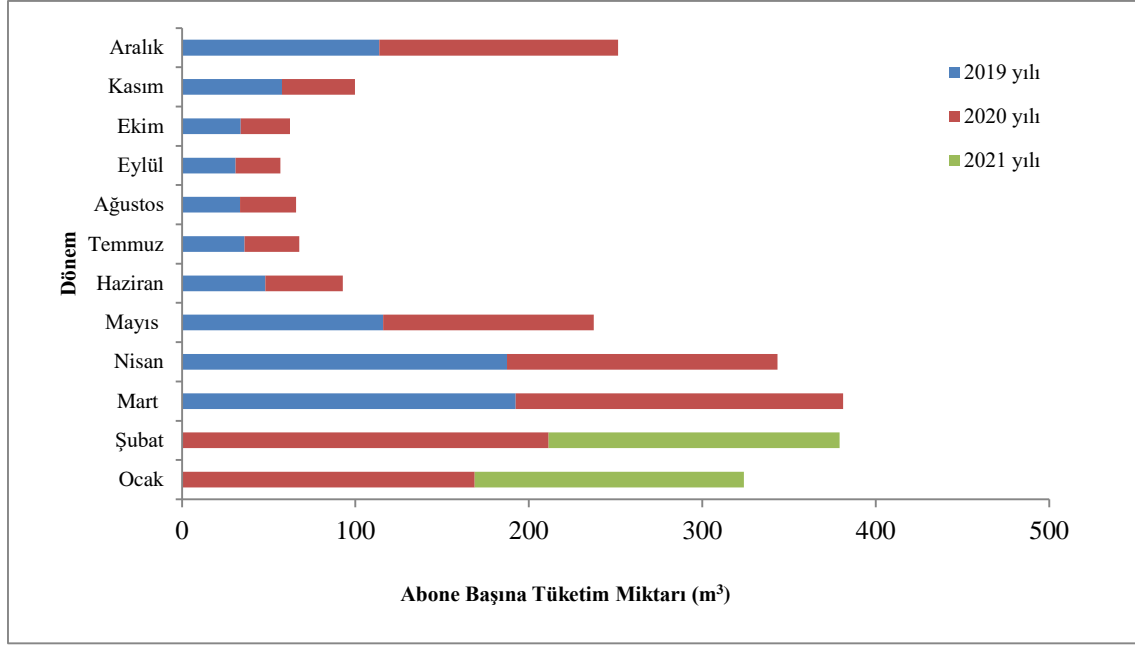
Salgın döneminde, ısınma amaçlı doğalgaz tüketiminin karbon ayak izine olan etkisini incelemek amacıyla SAMGAZ Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. kurumundan Mart 2019 ile Şubat 2021 tarihleri arasında mevcut aktif abone sayısı ve aktif abonelere ait doğalgaz tüketim miktarları alınarak, çalışma; salgın öncesi (Mart 2019 - Şubat 2020) ve salgın dönemi (Mart 2020 - Şubat 2021) olarak iki başlık altında

irdelenmiştir. Dönemsel olarak toplam abonelik sayısı ve toplam doğalgaz tüketim miktarları Şekil 1'de gösterilmiştir. Ayrıca, aylara göre abone başına düşen doğalgaz tüketim miktarları hesaplanarak elde edilen sonuçlar, Şekil 2'de sunulmuştur. Samsun'da çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan salgın öncesi dönemde toplam doğalgaz abone sayısı 202181, salgın döneminde ise 216578 kişidir. Buna karşılık doğalgaz toplam tüketim miktarları incelendiğinde; salgın öncesinde 249449253 m³, salgın döneminde ise 245135594 m³ tüketim gerçekleşmiştir. Yani, salgın döneminde abone sayısı artmasına rağmen doğalgaz tüketiminde azalma söz konusudur. Salgın döneminde uygulanan kısıtlamaların insanların yaşam alışkanlıklarını değiştirerek binalardaki doğalgaz ihtiyacını etkilediğini göstermektedir. Abone başına düşen doğalgaz tüketim miktarları salgın öncesi ve salgın dönemi olarak karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir: Mart 2020'de salgının başlamasıyla abone başına düşen tüketim miktarı Mart 2019 yılına göre sadece %1.79 azalma göstermiştir.

Mart ayının ortasında Türkiye'de ilk vakanın görülmesi ve ayın sonunda sadece 65 yaş üstü vatandaşların sokağa çıkmasının yasaklanması, Mart ayında doğalgaz tüketiminde etkili bir değişime sebep olmamıştır. Nisan ayından itibaren tüm okul ve üniversitelerin yüz yüze eğitim yerine uzaktan eğitim sistemi uygulaması, çalışanlar için esnek çalışma saatlerinin belirlenmesi, iki hafta kısmi kapanma olması ve hafta sonları sokağa çıkma yasağı ilan edilmesi, kişilerin evde kalma süresinin artmasına ve özellikle Mayıs 2020 döneminde doğalgaz tüketiminde artışa neden olduğu tahmin edilmektedir. 2020 yılının Mayıs ayında, önceki yılın aynı dönemine göre abone başı tüketim miktarlarında %4.53 artış söz konusudur.



Şekil 1. Mart 2019-Şubat 2021 döneminde Samsun'da ısınma amaçlı tüketilen doğalgaz miktarları



Şekil 2. Mart 2019 - Şubat 2021 döneminde aylara göre abone başına düşen doğalgaz tüketim miktarları

Salgın döneminde, Haziran ayından Aralık ayına kadar doğalgaz tüketimi azalma trendi sergilemiş ve Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım aylarında tüketimde sırasıyla %7.04, %12.71, %3.44, %16.04, %15.61, %27.06 oranında düşüş görülmüştür. Haziran ayından itibaren kontrollü normalleşme sürecine geçilmesi ve yaz döneminde kentten kırsal kesimlere göçün, salgın öncesi döneme göre doğalgaz tüketimini azalttığını düşündürmektedir. 2020 ve 2021 yılı Ocak ve Şubat ayları tüketim miktarları incelendiğinde Ocak ayında tüketim 2020 yılına göre %8, Şubat ayında ise %20.64 düşüş sergilemiştir. 2021 yılında abone başı tüketim miktarının düşük olmasının sebebi insanların COVID-19 virüsünün olası etkilerinden korunmak için kalabalık ortamlardan uzaklaşıp yazlık ve kırsal bölgelere yerleşerek, buralarda ısınma amaçlı diğer yakıtları kullanması ile doğalgaz kullanımının azalması olarak düşünülmektedir.

Samsun ilinde, doğalgaz abone sayıları ve toplam tüketim miktarları elde edildikten sonra, IPCC metodolojisine göre ısınma amaçlı doğalgaz tüketiminden

kaynaklanan karbon ayak izi miktarı belirlenmiştir. Doğalgaz tüketimi sonucu açığa çıkan CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonlarının miktarları hesaplanarak, her bir emisyon CO₂ eşdeğeri üzerinden ifade edilmiştir. Salgın öncesi ve salgın döneminde oluşan emisyonlara ilişkin hesaplamalar Tablo 3'te verilmiştir. SAMGAZ'dan alınan veriler ve Tier-1 yaklaşımı ile yapılan hesaplamalar yardımı ile doğalgazdan kaynaklı sera gazı emisyon miktarları belirlenmiştir. Buna göre, salgın öncesi dönemde atmosfere salınan CO₂ emisyonu 470.2019 Gg, CH₄ emisyonu 0.0419 Gg ve N₂O emisyonu 0.0008 Gg olarak hesaplanmıştır. Salgın döneminde ise CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon değerlerinin sırasıyla 462.0708 Gg, 0.0412 Gg ve 0.0008 Gg olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan salgın öncesi dönemde toplam sera gazı emisyon miktarı 470.2446 Gg iken, salgın döneminde 462.1128 Gg değeri elde edilmiştir. Bulgular, Samsun'da salgın döneminde ısınma amaçlı doğalgaz kaynaklı tüketimin 359471.75 m³ azalması ile yaklaşık 8.1318 Gg sera gazı emisyonunun atmosfere salınmadığını göstermektedir.

Tablo 3. Samsun ilinde ısınma amaçlı doğalgaz kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi hesabı

	Doğalgaz Toplam Tüketim Miktarı (m ³)	Emisyon Faktörü (kg/m ³)	Emisyon Miktarı (ton)	Emisyon Miktarı (Gg)	Küresel Isınma Potansiyeli	Eşdeğer CO ₂ (Gg CO ₂)
CO₂ Emisyonu						
Salgın öncesi	249449253	1.88496	470201.8639	470.2019	1.00	470.2019
Salgın dönemi	245135594	1.88496	462070.7893	462.0708	1.00	462.0708
CH₄ Emisyonu						
Salgın öncesi	249449253	0.000168	41.9075	0.0419	28.00	1.1734
Salgın dönemi	245135594	0.000168	41.1828	0.0412	28.00	1.1531
N₂O Emisyonu						
Salgın öncesi	249449253	0.00000336	0.8381	0.0008	265.00	0.2221
Salgın dönemi	245135594	0.00000336	0.8237	0.0008	265.00	0.2183

Ayrıca, salgın öncesi ve salgın dönemi arasında doğalgaz kullanımından kaynaklanan CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları için hesaplanan karbon ayak izi miktarları arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre, ısınma amaçlı doğalgaz tüketimi sonucu oluşan karbon ayak izi miktarında salgın öncesi ve salgın dönemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tanımlanamamıştır (p=0.72). Salgın öncesi dönemde oluşan toplam eşdeğer CO₂ miktarı 471.5974 Gg, salgın döneminde eşdeğer CO₂ miktarı 463.4422 Gg olarak hesaplanmıştır. Salgın döneminde, doğalgaz kullanımının azalması ile toplam 8.1552 Gg eşdeğer CO₂ atmosfere verilmeyerek, CO₂ salınımlarında %1.73 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, 2020 yılında COVID-19 salgını sebebiyle ülkemizde alınan tedbirlerin doğalgaz tüketimini etkilediği ve sosyal, ekonomik ve ticari faaliyetlerin değişimiyle ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz kaynaklı emisyon miktarını az da olsa düşürdüğünü göstermektedir. Ancak, elde edilen sonuçlar birbirlerine yakın değerler olduklarından istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamıştır.

3.2. Karayolları ulaşımından kaynaklanan karbon ayak izi miktarının hesabı

Samsun'da ulaşımda kullanılan yakıt türü ve miktarları, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Petrol ve LPG Piyasası Sektör Raporları'ndan elde edilmiştir [15-20]. Mevcut verilerle; IPCC metodolojisi olan Tier-1 yaklaşımına göre, salgın öncesi ve salgın dönemini kapsayacak şekilde yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi hesaplanmıştır. Yakıt türleri ve dönemsel olarak yakıt tüketim miktarları Tablo 4'te gösterilmiştir. Samsun'da salgın öncesi dönemde karayolu ulaşımına ait benzin tüketim miktarı 30704.669 ton, motorin tüketim miktarı 456368.056 ton, LPG tüketim miktarı 61580.124 ton iken; salgın döneminde benzin, motorin ve LPG tüketim miktarları sırasıyla 30731.259 ton, 460518.716 ton ve 54199.13 ton'dur. Toplam tüketilen yakıt miktarları çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan her iki dönem için de incelendiğinde, salgın öncesi dönemde 548652.849 ton, salgın döneminde ise 545449.105 ton olarak hesaplanmıştır.

Salgın döneminde toplam karayolu ulaşımına ait yakıt miktarında 3203.744 ton azalma olduğunu görülmektedir. Azalmanın nedeni, COVID-19 virüsünün yayılmasını önlemek için uygulanan tedbirler olan uzaktan eğitim ve çalışma imkânlarının oluşması, sokağa çıkma yasağı ve şehirlerarası seyahat kısıtlamaları gibi doğrudan ulaşımı etkileyen yaptırımlar ile ilişkilendirilebilmektedir.

Samsun ilinde karayolu ulaşımında kullanılan yakıt türleri için tüketim değerleri belirlendikten sonra, tüketilen yakıt değerleri üzerinden IPCC kılavuzunda yayınlanan Tier-1 yaklaşımı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Her yakıt türü için CO₂, CH₄, N₂O emisyon değerleri hesaplanarak elde edilen veriler, eşdeğer karbondioksit miktarı cinsinden ifade edilmiştir. Samsun ilinde salgın öncesi ve salgın döneminde karayolu araçlarında kullanılan yakıtlardan kaynaklanan emisyon miktarını gösteren hesaplamalar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Samsun ilinde belirlenen çalışma döneminde karayolu ulaşımına ait yakıt satış miktarları (ton)[15-20].

	Dönem	Yakıt Türü		
		Benzin	Motorin	LPG
Salgın Öncesi	Mart 2019	2160.11	36490.23	4327.00
	Nisan 2019	2234.19	37194.13	4715.47
	Mayıs 2019	2430.76	39077.24	4763.43
	Haziran 2019	3105.05	35868.57	5834.30
	Temmuz 2019	3187.33	41339.32	5804.50
	Ağustos 2019	3822.34	41668.79	7041.32
	Eylül 2019	2429.93	38898.43	5506.21
	Ekim 2019	2464.01	40190.76	5060.02
	Kasım 2019	2423.66	41443.83	4855.93
	Aralık 2019	2275.24	35516.20	4721.59
	Ocak 2020	2122.18	33833.05	4775.90
	Şubat 2020	2049.86	34847.50	4174.47
Salgın Dönemi	Mart 2020	2202.25	41707.35	3943.84
	Nisan 2020	1714.89	28474.42	3008.35
	Mayıs 2020	1926.11	31860.01	3207.45
	Haziran 2020	2937.21	41827.76	4965.80
	Temmuz 2020	3878.79	47879.99	6409.71
	Ağustos 2020	3943.54	46647.91	6741.97
	Eylül 2020	3147.33	47274.95	5298.64
	Ekim 2020	2514.50	41504.17	5239.73
	Kasım 2020	2617.29	40704.2	4590.22
	Aralık 2020	1916.01	36714.58	3582.76
	Ocak 2021	2028.72	28885.18	3711.26
	Şubat 2021	1904.62	27038.21	3499.41

Salgın öncesi dönemde Tier-1 yöntemine göre hesaplanan yakıt türleri için, CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon değerleri sırasıyla 1732.1824 Gg, 0.302 Gg ve 0.0815 Gg bulunmuştur. Salgın döneminde benzin, motorin ve LPG kullanımı ile oluşan toplam emisyon miktarı ise CO₂, CH₄ ve N₂O gazları için sırasıyla 1723.4598 Gg, 0.281 Gg ve 0.0821 Gg hesaplanmıştır. Çalışmada COVID-19 salgını ortaya çıkmadan önce seçilen dönem aralığında ulaşımdan kaynaklanan toplam sera gazı emisyon miktarı 1732.5659 Gg iken salgın döneminde 1723.8230 Gg değerine ulaşmıştır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, salgın karantinası döneminde karayolu ulaşımında yakıt tüketiminin 3203.744 ton azalması yaklaşık 8743 ton sera gazı emisyonunun atmosfere salınmadığını göstermektedir. Ayrıca, Tablo 5'te salgın döneminde ve önceki yılın aynı dönem aralığında tüketilen yakıt türlerine ait eşdeğer CO₂ emisyon miktarları da yer almaktadır. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan dönem aralığında Tier-1 yöntemine göre hesaplanan yakıt türlerine ait toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 3515.3144 Gg'dır. Bu değer 1762.2278 Gg miktarını salgından önceki dönem oluştururken, salgın döneminde ise 1753.0866 Gg eşdeğer CO₂ emisyonu oluşmuştur. COVID-19 salgın döneminde sıkı önlemlerin başında gelen seyahat kısıtlaması ve sokağa çıkma yasağının olduğu günlerde zorunlu haller dışında şehir içi toplu taşıma araçlarının kullanılmaması gibi tedbirler Samsun'da karayolları ulaşımından kaynaklanan eşdeğer CO₂ miktarına etkisi önceki yılın aynı dönemi ile karşılaştırıldığında, yakıt tüketiminde 9.1412 Gg azalma göstermiştir.

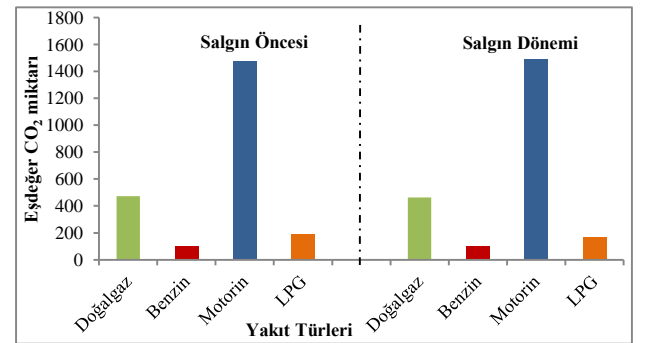
Tablo 5. Samsun ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan karbon ayak izi hesabı

	Yakıt Türü	Yakıt Tüketim Miktarı (ton)	Yakıt Tüketim Miktarı (Gg)	Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Emisyon İçeriği (Gg)	Küresel Isınma Potansiyeli	Eşdeğer CO ₂ (Gg)
CO₂ Emisyonu										
Salgın Öncesi	Benzin	30704.6690	30.7047	44.3	1360.2168	69300	94263026.8	94.2630	1	94.2630
	Motorin	456368.0560	456.3681	43	19623.8264	74100	1454125536.8	1454.1255	1	1454.1255
	LPG	61580.1240	61.5801	47.3	2912.7399	63100	183793885.5	183.7939	1	183.7939
Salgın Dönemi	Benzin	30731.2590	30.7313	44.3	1361.3948	69300	94344657.8	94.3447	1	94.3447
	Motorin	460518.7160	460.5187	43	19802.3048	74100	1467350784.8	1467.3508	1	1467.3508
	LPG	54199.1290	54.1991	47.3	2563.6188	63100	161764346.4	161.7643	1	161.7643
CH₄ Emisyonu										
Salgın Öncesi	Benzin	30704.6690	30.7047	44.3	1360.2168	33	44887.2	0.0449	28	1.2568
	Motorin	456368.0560	456.3681	43	19623.8264	3.9	76532.9	0.0765	28	2.1429
	LPG	61580.1240	61.5801	47.3	2912.7399	62	180589.9	0.1806	28	5.0565
Salgın Dönemi	Benzin	30731.2590	30.7313	44.3	1361.3948	33	44926.0	0.0449	28	1.2579
	Motorin	460518.7160	460.5187	43	19802.3048	3.9	77229.0	0.0772	28	2.1624
	LPG	54199.1290	54.1991	47.3	2563.6188	62	158944.4	0.1589	28	4.4504
N₂O Emisyonu										
Salgın Öncesi	Benzin	30704.6690	30.7047	44.3	1360.2168	3.2	4352.7	0.0044	265	1.1535
	Motorin	456368.0560	456.3681	43	19623.8264	3.9	76532.9	0.0765	265	20.2812
	LPG	61580.1240	61.5801	47.3	2912.7399	0.2	582.5	0.0006	265	0.1544
Salgın Dönemi	Benzin	30731.2590	30.7313	44.3	1361.3948	3.2	4356.5	0.0044	265	1.1545
	Motorin	460518.7160	460.5187	43	19802.3048	3.9	77229.0	0.0772	265	20.4657
	LPG	54199.1290	54.1991	47.3	2563.6188	0.2	512.7	0.0005	265	0.1359

Samsun'da karayolları ulaşımından kaynaklanan CO₂, CH₄ ve N₂O emisyonları için hesaplanan karbon ayak izi miktarları arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre, salgın öncesi ve salgın döneminde benzin (p=0.84) ve motorin (p=0.98) kullanımı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Salgın öncesi dönemde karayolunda benzin ve motorin tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarı sırasıyla 96.67 Gg ve 1476.55 Gg iken, salgın döneminde 96.76 Gg ve 1489.98 Gg olarak hesaplanmıştır. Çalışmada değerlendirmeye alınan salgın öncesi döneminde LPG kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi 189.01 Gg iken salgın döneminde 166.35 Gg'dir. LPG kullanımından kaynaklanan karbon ayak izinde salgın öncesi ve salgın dönemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p=0.001). Bu durum LPG kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun salgın döneminde anlamlı derecede azalarak karbon ayak izi oluşumunu azalttığını ifade etmek mümkündür.

Tier-1 yaklaşımına göre; COVID-19 salgınında Samsun'da sınırlı aktiviteler sonucu doğalgaz tüketiminden ve araçlardan kaynaklanan eşdeğer CO₂ emisyon miktarlarının yakıt türüne göre dağılımı Şekil 3'te gösterilmektedir. Salgın öncesinde doğalgaz kullanımı kaynaklı 471.60 Gg eşdeğer CO₂ emisyonu atmosfere verilirken, salgın döneminde emisyon miktarı 463.44 Gg'a düşmüştür. Karayolları ulaşımında kullanılan benzin,

motorin ve LPG yakıtları içerisinde eşdeğer CO₂ emisyonunda en fazla düşüş %12 azalma ile LPG'de görülmüştür.



Şekil 3. Samsun'da yakıt türüne göre atmosfere salınan eşdeğer CO₂ miktarları

Motorin ve benzinde ise dikkate değer bir değişiklik gözlenmemiş ve önceki yıla yakın eşdeğer CO₂ emisyon salınımı oluşmuştur. Salgın öncesi seçilen dönem aralığında toplam yakıt miktarının eşdeğer CO₂ emisyonuna katkısı 2233.83 Gg iken, salgın döneminde azalma göstererek 2216.53 Gg hesaplanmıştır. Aradaki fark, COVID-19 salgınında kısa dönem karantinanın ısınma ve ulaşım üzerindeki etkisini gösterdiği düşünülmektedir.

4. Sonuçlar

Samsun'da; COVID-19 salgını nedeniyle kısıtlanmış faaliyetlerinin sera gazı emisyonuna etkisini değerlendirmek üzere, salgın öncesi ve salgın dönemi olarak seçilen dönem aralığında elde edilen veriler karşılaştırılarak, karbon ayak izi miktarı hesaplanmıştır. Isınma amaçlı doğalgaz kullanımı ve karayolu ulaşımı kaynaklı emisyon miktarlarının hesaplanması için gerekli veri setleri ilgili kurumlardan temin edilmiş ve hesaplama aşaması IPCC Tier-1 yaklaşımına göre yapılarak sera gazı emisyon miktarları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan dönemlerde, sera gazı emisyon ve eşdeğer CO₂ miktarlarına bağlı olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir: Çalışmada, doğalgaz kullanımından ve ulaşımdan kaynaklanan yakıt tüketimlerinde en düşük emisyon miktarları salgın döneminde gerçekleşmiştir. Doğalgaz kullanımı sonucu üretilen sera gazı emisyon miktarı geçen yılın aynı dönemine göre %1.73 azalma göstermiştir ve karbon ayak izi yükünde ise 8155 ton azalmaya katkıda bulunmuştur. Karayolları ulaşımında ise salgın döneminde oluşan sera gazı emisyon miktarı salgın öncesi döneme göre % 0.51 ile azalma trendi sergilemiştir, bu azalmanın eşdeğer CO₂ miktarına etkisi ise 9141 ton olarak hesaplanmıştır. Yapılan inceleme sonucunda, Samsun'da yakıtlar arasında en yüksek sera gazı emisyonunun karayolları ulaşımındaki yakıt tüketiminden kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan salgın döneminde hem doğalgaz hem de karayollarından oluşan toplam sera gazı emisyon miktarı salgın öncesi döneme göre 16.8747 Gg azalarak, atmosfere salınan 17.3 Gg sera gazı emisyonu elimine edilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, alınan önlemler, Samsun'da hava kalitesi üzerinde fark edilebilir sonuçları olan kirlilik emisyonlarında azalma sağlamıştır. Genel olarak, COVID-19 kısıtlamaları sırasında ulaşım sektörü ve doğalgaz kullanımı gibi bazı insan faaliyetlerinin azalması sonucu küresel hava kalitesinde iyileşme görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, özellikle akaryakıtla çalışan araçlara yönelik kısıtlamalara odaklanılmalı, hava kirliliğini etkin bir şekilde kontrol etmek için yakıtla çalışan araçların kullanımı azaltılmalı ve geleneksel yakıtla çalışan araçların yerine yeni enerji kullanan araçlar teşvik edilmelidir. Toplu taşıma araçlarını seyahat etmeye teşvik ederken, araçların toplu taşıma için kullandıkları yakıt türünün iyileştirilmesine de dikkat edilmelidir. Bu çalışma, gelecekte çevre ile ilgili altyapı ve politikaların planlanabilmesi için, politikacılar ve araştırmacılar için kirleticilerin azaltılması üzerindeki çeşitli faktörlerin etkisini analiz etmeleri ve bunlara erişmeleri için faydalıdır. Çünkü kısıtlamanın kaldırılması ve faaliyetlerin normalleştirilmesi sonucu hava kirliliği seviyelerinde artış görülmesi kaçınılmazdır. Son olarak, salgın önlemleri kısa vadede uygulanmış olsa bile, sera gazı konsantrasyon seviyesini uzun bir süre boyunca nasıl en aza indirilebileceğini anlamak için iyi bir fırsat sunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmaya sağladıkları katkılarından dolayı Samsun Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. (SAMGAZ) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'na teşekkür ederim.

Çıkar çatışması

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %9

Kaynaklar

- [1] WHO, General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 11 March 2020. <https://www.who.int/directorgeneral/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020>, Accessed 26 May 2020.
- [2] V. J. Munster, M. Koopmans, N. van Doremalen, D. van Riel and E. de Wit, A novel coronavirus emerging in China—key questions for impact assessment. *New England Journal of Medicine*, 82(8), 692-694, 2020. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2000929>.
- [3] Worldometers, COVID-19 Pandemic. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, Accessed 9 September 2021.
- [4] M.F. Bashir, B. Jiang, B. Komal, M.A. Bashir, T.H. Farooq, N. Iqbal and M. Bashir, Correlation between environmental pollution indicators and COVID-19 pandemic: A brief study in Californian context. *Environmental Research*, 187, 109652, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109652>.
- [5] M. Pasic, I. Bijelonja and M. Pasic, Air quality during SARS-CoV-2 (COVID-19) lockdown in Sarajevo. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 8 (2), 884-892, 2020. <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v8i2.1327>.
- [6] P. Wang, K. Chen, S. Zhu, P. Wang, and H. Zhang, Severe air pollution events not avoided by reduced anthropogenic activities during COVID-19 outbreak. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104814, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104814>.
- [7] M. Krarti and M. Aldubyan, Review analysis of COVID-19 impact on electricity demand for residential buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110888, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110888>.
- [8] C. Philippe, F.M. Bréon, S.N. Dellaert, Y. Wang, K. Tanaka, L. Gurriaran and Z. Liu, Impact of lockdowns and winter temperatures on natural gas consumption in Europe. *Earth and Space Science Open Archive ESSOAr*, 2021.
- [9] D. Cvetković, A. Nešović and I. Terzić, Impact of people's behavior on the energy sustainability of the residential sector in emergency situations caused by COVID-19. *Energy and Buildings*, 230, 110532, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110532>.
- [10] H. Cüce ve O. Uğur, Nevşehir ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının Covid-19 salgını başlangıç döneminde değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 118-134, 2021. <https://doi.org/10.31466/kfbd.885206>.
- [11] X. Cao, Y. Tian, Y. Shen, T. Wu, R. Li, X. Liu and A. Lian, Emission variations of primary air pollutants

- from highway vehicles and implications during the Covid-19 pandemic in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4019, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084019>.
- [12] Y. Camargo-Caicedo, L.C. Mantilla-Romoand T.R. Bolaño-Ortiz, Emissions reduction of greenhouse gases, ozone precursors, aerosols and acidifying gases from road transportation duringthe COVID-19 lockdown in Colombia. *Applied Sciences*, 11(4), 1458, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11041458>.
- [13] T. Wiedmannand J. Minx, A definition of ‘Carbon Footprint’. *Ecological economics research trends*, Nova Science Publishers, 2008.
- [14] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Chapter 3, Mobil Combustion. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, Accessed 12 August 2021.
- [15] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2019a), Petrol piyasası 2019 yılı sektör raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Accessed 2 August 2021.
- [16] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2020a), Petrol piyasası 2020 yılı sektör raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Accessed 2 August 2021.
- [17] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021a), Petrol piyasası 2021 yılı Ocak ve Şubat ayı sektör raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-104-1008/petrolaylik-sektor-raporu>, Accessed 2 August 2021.
- [18] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2019b), Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2019 yılı sektör raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108-1002/lpgyillik-sektor-raporlari>, Accessed 2 August 2021
- [19] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2020b), Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2020 yılı sektör raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108-1002/lpgyillik-sektor-raporlari>, Accessed 2 August 2021.
- [20] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2021b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2021 yılı Ocak ve Şubat ayı sektör raporları. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-105-1002/lpgaylik-sektor-raporlari>, Accessed 2 August 2021.
- [21] IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, Accessed 7 August 2021.
- [22] IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual,1996, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>, Accessed 7 August 2021.

