

Araştırma Makalesi / Research Article

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE ULAŞIM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONU: 2010-2021 YILI KAYSERİ İLİ ÖRNEĞİ

Tuğba İBİK¹ 

ÖZET

İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan çevresel bozulmalar günümüzde ciddi boyutlara ulaşmakta ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi daha önemli hale gelmektedir. Çevresel bozulmaların pek çok nedeni bulunmakta ve sera gazı emisyonu salınımı bu nedenler arasında gösterilmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için sera gazı emisyon salınımının azaltılması ve önüne geçilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla sera gazı emisyonuna neden olan sektörler arasında bulunan ulaşım sektörünün neden olduğu emisyonların belirlenip buna uygun önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de ulaşım sektörü en fazla sera gazı emisyon salınımının gerçekleştiği sektörler arasında yer almaktadır. Bu nedenle ülkede bulunan illerin emisyon seviyesinin belirlenmesi yerel ve ulusal düzeyde alınacak tedbirler için önemli olmaktadır. Bu bağlamda çalışmada Türkiye’de bulunan büyükşehirler arasında olan Kayseri ilinde 2010 ve 2021 yılları arasında karayolu ulaşımının neden olduğu sera gazı emisyonlarının, IPCC tarafından önerilen yaklaşımlar arasından Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanması amaçlanmaktadır. Buna göre Kayseri ilinde 2010 yılında toplam sera gazı emisyonunun 1.076.44 GgCO₂ iken 2021 yılında 1.797.68 GgCO₂ olduğu, toplam %67.00’lük bir artışın olduğu, en fazla sera gazı emisyonuna CO₂ emisyonunun, yakıt türlerinden dizelin neden olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ulaşılan sonuçtan hareketle farklı kriterler ile yapılan kıyaslamaların ve değerlendirmelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkı sağlaması, iktisadi araçların öneminin vurgulanmasının ileride yapılacak olan çalışma ve düzenlemelere yol gösterici nitelikte olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Ulaşım Sektörü, Karayolu Ulaşımı

JEL Sınıflandırması: Q01, O18, R40

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS RESULTING FROM TRANSPORTATION SECTOR: KAYSERİ PROVINCE EXAMPLE FOR 2010-2021

ABSTRACT

Environmental degradation resulting from human activities is reaching serious levels today and achieving sustainable development is becoming more important. There are many reasons for environmental degradation and the release of greenhouse gas emissions is among these reasons. To ensure sustainable development, greenhouse gas emissions must be reduced and prevented. Therefore, there is a need to determine the emissions caused by the transportation sector, which is among the sectors that

¹ Doktora Öğrencisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir, Türkiye
tugbaibik50@gmail.com

cause greenhouse gas emissions, and to take appropriate measures. The transportation sector in Türkiye is among the sectors with the highest greenhouse gas emissions. For this reason, determining the emission level of the provinces in the country is important for the measures to be taken at local and national levels. In this context, the study aims to calculate the greenhouse gas emissions caused by road transportation in Kayseri, one of the metropolitan cities in Türkiye, between 2010 and 2021, using the Tier 1 method among the approaches recommended by the IPCC. Accordingly, while the total greenhouse gas emission in Kayseri province was 1,076.44 GgCO₂ in 2010, it was 1,797.68 GgCO₂ in 2021, with an total increase of 67.00%. It is concluded that the most greenhouse gas emissions CO₂ emissions are caused by diesel, one of the fuel types. Based on the results achieved, it is expected that comparisons and evaluations made with different criteria will contribute to the achievement of sustainable development goals, and emphasizing the importance of economic tools will guide future studies and regulations.

Keywords: Sustainable Development, Transportation Sector, Road Transport

JEL Classification Codes: Q01, O18, R40

EXTENDED SUMMARY

Research Questions & Purpose

Sustainability is an issue that has a significant place not only in ensuring improvements in economic and social areas, but also in environmental areas. Increasing anthropogenic activities appear to be a situation that negatively affects sustainability. These activities need to be reduced, especially to ensure environmental sustainability. The transportation sector is seen as a sector where human activities are increasingly increasing and having negative effects on the environment. In this context, the issue of sustainable development is important, and it is necessary to act in this direction to ensure sustainability. It is seen that road transportation is the most preferred among road, air, sea and railway transportation types, and the greenhouse gas emissions it produces are higher than other types of transportation. Therefore, it is considered important to determine the emissions levels to make regulations to reduce emissions resulting from road transportation. This study aims to estimate greenhouse gas emissions resulting from road transportation. Determining the greenhouse gas emissions caused by the road transportation sector in Kayseri, one of the metropolitan cities in Türkiye, where the population and vehicle usage are high, especially in metropolitan cities, can contribute to local, national and global dimensions.

Literature Review

It is seen that the studies in the literature on sustainable development, transportation and greenhouse gases differ in terms of time, place and applied method. Therefore, the results and evaluations made in this regard also vary. It is seen that the emission calculations resulting from road transportation have increased, especially for the provinces in Türkiye and the emission emissions resulting from road transportation for different provinces are considered in these calculations. In this study, greenhouse gas emissions resulting from road transportation in Kayseri are discussed by comparing them with different criteria for the 2010 and 2021 periods, and the importance of economic tools is emphasized. The evaluations made based on the results obtained are expected to contribute to the measures to be taken in this direction and to subsequent studies.

Methodology

In this study, calculations are made using the Tier 1 method, which is among the Tier 1, Tier 2 and Tier 3 approaches recommended in the guidelines published by IPCC. Accordingly, with the calculations made using fuel consumption data in Kayseri between 2010 and 2021, it is determined whether greenhouse gas emissions have increased or not, the change in the annual course of this increase, which fuel type causes the most emissions, what the total change in total greenhouse gas emissions is in 2010-2021. Answers to these questions are sought.

Results and Conclusion

As a result of the calculations, it is concluded that greenhouse gas emissions increased in Kayseri province but decreased in 2012, 2019 and 2020; therefore, the annual greenhouse gas change rates decreased in these years, and the diesel fuel type caused the highest greenhouse gas emissions. In addition, the total greenhouse gas emissions caused by road transportation in Kayseri province, which was 1.076.44 GgCO₂ in 2010, will be 1.797.68 GgCO₂ in 2021, accordingly, in 2021 It was concluded that the change in total greenhouse gas emissions compared to 2010 was 67.00%. is reached. In addition, vehicle use in Kayseri province increases in 2021 compared to 2010. Greenhouse gas emissions from road transportation may gradually increase depending on the number of vehicles used along with the increasing population.

For this reason, to ensure economic, social and environmental sustainability in a country and to take steps towards sustainable development, it is necessary to implement practices to reduce greenhouse gas emissions. It is thought that reducing greenhouse gas emissions, especially in the transportation sector, which has an important place for a country's economy, can effectively ensure sustainability and sustainable development in the transportation sector. However, the increase in greenhouse gas emissions shows that this issue is not given due importance and the necessary practices are insufficient. For this reason, it can be said that it is important to conduct studies focusing on this issue and to offer alternative solutions. For this purpose, it may be beneficial first to reduce the use of transportation vehicles, choose fuel types that use renewable energy sources, and impose sanctions such as taxes and quotas to reduce emissions. Therefore, intervening in greenhouse gas emissions with economic tools is thought to be effective. Thus, it is expected that the effective fight against greenhouse gas emissions, which will be initiated for only one province, will positively affect the environment both locally and nationally.

1. Giriş

Sürdürülebilir kalkınmanın, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında etkili olduğu ve günümüzde giderek daha önemli bir konu haline geldiği görülmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu doğal kaynakların tahrip edilmesi gelecek nesilleri tehlike altına atabilir. Ulaşım sektöründe fosil yakıt kullanımına bağlı olarak sera gazı emisyonu ortaya çıkararak atmosferin kirletilmesi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına olumsuz yönde etki edebilir. Ulaşım sektörü bir ülkenin ekonomisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle karayolu ulaşımı ekonomik getirisinin yanı sıra çevresel tahribatta da önde gelen bir sektör olarak görülebilir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığı karayolu ulaşımının yarattığı çevresel bozulmaların önüne geçilmesi dünyanın geleceği açısından önemlidir.

Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilebilmesi için emisyonların azaltılması, bunun içinde Türkiye’de yer alan illerdeki sera gazı emisyonlarının seviyesinin bilinmesi ve bu yönde adımların atılması gerekmektedir. Literatürde ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların farklı iller için hesaplandığı (Bıyık & Civelekoğlu, 2020; Dünder, 2021; Dünder & Kolay, 2021; Yalılı-Kılıç vd., 2021; Özyonar & Gökkuş, 2022; Polat-Bulut, 2023) çalışmalara rastlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonlar ile ilgili yapılan çalışmalarda (Mosaberpanah & Khales, 2013; Liu vd., 2020; Godil vd., 2021; Nundy vd., 2021; Hussain vd., 2022; Kwilinski vd., 2023) sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için çeşitli öneri ve değerlendirilmelere yer verildiği görülmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma ve Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonu: 2010-2021 Yılı Kayseri İli Örneği” isimli makale çalışmasının amacı Kayseri ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen yöntemler arasında yer alan Tier 1 yöntemiyle hesaplamaktır. Bu çalışma sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sağlanması için yapılması gereken faaliyetler arasında olan emisyonların azaltılması ve hem yerel hem de ulusal sürdürülebilirliğin sağlanmasına yol göstermesi açısından önemlidir. Literatürde pek çok il için karayolu ulaşım emisyonunun belirlenmesine yönelik hesaplama yapılsa da çalışmaların çok fazla olmadığı görülmektedir. Ayrıca Kayseri ili için 2010-2021 yılları arasında kapsayacak şekilde çalışmaya rastlanmamakta, emisyon salınımına yönelik kapsamlı bir değerlendirme yapmak adına bu süreçteki değişim belirlenmeye çalışılmaktadır. Ortaya çıkan sonuçtan hareketle bu çalışma diğer çalışmalardan farklı olarak çeşitli kriterler ile kıyaslanmaktadır. Buna uygun ekonomik ve çevresel politika önerileri getirilerek literatüre katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Çalışmada zaman, mekân, yöntem açısından bazı kısıtlamalar yapılmaktadır. Buna göre Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’ndan elde edilen yakıt tüketim verileri 2010 ve 2021 yılları arasındaki veriler ile sınırlandırılmaktadır. Mekân açısından kısıtlama ise yalnızca Kayseri iline ait yakıt tüketim verileri kullanılarak hesaplama yapılması şeklindedir. Yöntem bakımından yapılan kısıtlama ise IPCC tarafından önerilen yöntemler arasında bulunan Tier 1 yönteminin kullanılması şeklinde yapılmaktadır. Çalışmada ilk olarak ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Daha sonra sürdürülebilir kalkınma, ulaşım ve sera gazı ilişkisine değinilmiş, ardından ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarına yer verilmiş ve sonraki bölümde Kayseri ile ilgili bilgi verilmiştir. Bir sonraki bölümde Kayseri’de sera gazı emisyonlarının belirlenmesi için veri, materyal ve yöntem ile bulgulara alt başlıklar halinde yer verilmiştir. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümüyle tamamlanmıştır.

2. Literatür Araştırması

Sürdürülebilir kalkınma, ulaşım sektörü ve sera gazı emisyonları ile ilgili literatürde çok sayıda ulusal ve uluslararası çalışma ile karşılaşılmaktadır. Buna göre ilgili literatürde ulaşım ve sera gazı emisyonlarını ele alan çalışmalara bakıldığında; Shadid vd., (2014) Malezya'da ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon salınımının son yıllarda azaldığını ancak yeterli olmayacağını ifade etmektedir. Wang vd., (2014) Çin'in Pekin eyaletinde 2000 ve 2009 yıllarında değişen kent formunun emisyonları üzerinde etkili olduğu, araba kullanımı ve işe varış dönüş mesafesindeki artışın emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşmaktadır. Mustapa & Bekhet (2015) Malezya'da 1990 ve 2013 yılları için çoklu regresyon modelini kullanmakta ve yakıt tüketimi, yakıt verimliliği, yakıt fiyatı, mesafe, karayolu taşımacılığının emisyonlarını etkilediğini tespit etmektedir. Zhang vd., (2018) iklim değişikliği ve ulaşım sektörünü analiz ettiği çalışmada, CGE modelini kullanmakta ve karbon fiyatlarının ve maliyetin azaltılabileceği sonucuna ulaşmaktadır. Peng vd., (2020) Çin'de 2001-2016 yıllarında ulaşım sektöründe enerji tüketimi ve karbon emisyon faktörlerini panel veri analiziyle ele aldıkları çalışmada, emisyonların bu dönemlerde arttığı ancak mekânsal farklılıkların olduğu, nüfusun, kişi başına düşen GSYH'nın emisyonları artırmada etkili olduğunu tespit etmektedir. Bunun yanı sıra enerji veriminin iyileştirilmesi, yük taşımaya kıyasla yolcu taşımacılığının enerji kullanımı ve hızlı büyüme konusunda emisyonunun azaltımında daha önemli olduğu, elektrik enerjisinin kullanımının da emisyonu durdurucu etkisinin olduğunu ifade etmektedir. Solaymani (2022), 1978 ve 2018 yıllarında Malezya'da ulaşım sektörü ve emisyonu ilişkisini ARDL modeli ile analiz ettiği çalışmada, kentleşmenin emisyonlarını artırdığı, enerji karbon yoğunluğunun ulaşımında kişi başına düşen GSYH ve ulaşımında emisyonunu kısa ve uzun vadede artırdığı sonucuna ulaşmaktadır. Sun vd., (2019) Çin'de 2005 ve 2016 yıllarında ulaşım sektörü ve emisyonu arasındaki ilişkiyi analiz ettikleri çalışmada panel veri yöntemini kullanmaktadır. GML endeksinin kullanıldığı çalışmada ekonomik büyüme, trafiğin sıkışık olması, özel araç kullanımı, kamu taşıtlarının emisyonuna neden olduğu, kentleşme, kentsel nüfus yoğunluğu ve yük hacminin emisyonu durdurucu yönde etkisinin olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca emisyon verimliliği dağılımının farklı olduğu ve bunun üzerinde teknik nedenlerin etkili olduğunu öne sürmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektörü kaynaklı emisyon salınımı arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara bakıldığında; Mosaberpanah & Khales (2013), sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektörü arasındaki ilişkiyi ele aldıkları çalışmada, sürdürülebilirliğin sağlanması için toplu taşımanın tercih edilmesi, etkin yol yönetiminin yapılması, fiyatlandırma politikası, teknoloji, temiz yakıt kullanımı, kültürel ilerleme ve ulaşımın planlanması gibi çeşitli stratejiler uygulanması gerektiğini öne sürmektedir. Liu vd., (2020) Çin'de Yangtze Nehri Deltasındaki şehirlerde 1990 ve 2018 yıllarında sürdürülebilir kalkınma ile ulaşımında karbon emisyonunu ele aldıkları çalışmada, Şangay, Suzhou ve Nanjing'de erken sanayileşmenin de etkisiyle emisyonların çok yüksek olduğu, 2010 yılından sonra ulaşımında elektrik kullanımının artması ile birlikte T'nin arttığı sonucuna ulaşmakta ve ekonomik, çevresel ve sosyo-ekonomik düzenlemeler yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Godil vd., (2021) Çin'de 1990 ve 2018 yıllarında ulaşım sektöründe salınımı, yenilenebilir enerji ve teknolojik yenilenmenin sürdürülebilir kalkınma kapsamında analiz ettikleri çalışmada, QARDL modeli kullanmaktadır. Buna göre yenilenebilir enerji ve inovasyonun ulaşım kaynaklı salınımı üzerinde azaltıcı etkisinin bulunduğu, fakat GSYH artışının emisyonunu artırıcı etkisinin olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca Çin'in yenilikçi politikalar yapması gerektiğini vurgulamaktadır. Nundy vd., (2021), sürdürülebilir

kalkınma ile Covid-19'un sosyo-ekonomik, enerji-çevre ve ulaşım sektörü ilişkisi ele aldığı çalışmada, karantina döneminin talep edilen enerjinin azalması ile çevreye katkı sağladığını, ancak ekonomik durumda olumsuz etkiler ortaya çıkardığını ifade etmektedir. Ulaştırma sektöründe enerji kullanımına dikkat edilmesi ve finansal desteklemelerin yapılması gerektiğini, ancak salgının bazı yerler için sorun teşkil etmeye devam ettiğini ve 2030 yılına kadar Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi'nin bundan olumsuz etkileneceğini belirtmektedir. Hussain vd., (2022) OECD ülkelerinde 2000 ve 2020 yıllarında ekonomik kalkınma, gelir eşitsizliği, ulaşım, çevre harcamaları ve ulaşım emisyonu arasındaki ilişki panel zaman serisi ve kesitsel oto-regresif dağıtılmış gecikme yöntemi ile analiz etmektedir. Elde edilen bulgulara göre, ulaşım sektörünün karbon emisyonlarını %46.45 artırdığı, ekonomik kalkınma ve çevre vergilerinin ise %14,70 azalttığı, ekonomik kalkınma ve ulaşım sektörü arasında ters U ilişkisinin geçerli olduğu, gelir eşitsizliği, çevresel harcamalar ve yeşil ulaşım ile emisyon arasında negatif ilişkinin olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra trafik kontrolü, çevre harcamaları ve yeşil ulaşım hakkında değerlendirmeler yapmaktadır. Sulik-Gorecka & Strojek-Filus (2022) sürdürülebilir kalkınmada hava ve denizyolu ulaşımında emisyonu ele aldığı çalışmada, yapılan raporlamada yöntemlerin farklılaştığını, bilgilerin yeterli olmadığını ifade etmektedir. Ayrıca finansal ve finansal olmayan hususların bir arada olması ve rapor halinde sunulması gerektiğini belirtmektedir. Kwilinski vd., (2023) 2006 ve 2020 yıllarında sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlikte ulaşım sektörü ve dijitalleşmenin rolünü analiz ettikleri çalışmada, AB ülkelerini ele almakta, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına dijitalleşmenin katkıda bulunduğunu öne sürmektedir.

Karayolu ulaşımı ve emisyon salınımı arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara bakıldığında; Bıyık & Civelekoğlu (2020), 2010 ve 2016 yıllarında Isparta'da karayolu kaynaklı karbon ayak izini hesapladıkları çalışmada, karbon ayak izinin Tier 1'e göre %34, Tier 2'ye göre %43 arttığı sonucuna ulaşmaktadır. Dünder (2021), Türkiye'de büyükşehirlerde 2010 ve 2019 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunu Tier 1 yöntemiyle hesapladıkları çalışmada, toplam sera gazı emisyonunun 2010 yılında 43.303 Gg iken 2019 yılında 70.271 Gg olduğunu ifade etmektedir. Belirtilen yıllarda sera gazı emisyonunun, kişi başına düşen emisyonun, araç başına ve 'ye düşen emisyonun sırasıyla %61.97, %40.83, %3.77 ve %61.90 olduğunu belirtmektedir. Dünder & Kolay (2021), 2010 ve 2018 yıllarında çevresel sürdürülebilirlik açısından karayolu yük ve yolcu taşımacılığını ele alarak Konya'da sera gazı emisyonu hesapladıkları çalışmada, Tier 1 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre toplam sera gazı emisyonunun %87'ye ulaştığı, kişi başına düşen emisyonun ise yalnızca 2014 yılında azalmak suretiyle %70 arttığı sonucuna ulaşmakta ve çevresel önerilere yer vermektedir. Yalılı-Kılıç vd., (2021) 2015 ve 2018 yıllarında Çanakkale'de karayolu ulaşımında yakıt tüketimi ve karbon ayak izini hesapladıkları çalışmada, Tier 1 yöntemine göre karbon ayak izinin 2015 ve 2018 yılında sırasıyla 701.435 Gg ve 752.536 Gg olduğu, Tier 2 yöntemine göre ise sırasıyla 686.85 Gg ve 736.89 Gg olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Özyonar & Gökkuş (2022) Kayseri'de karayolu ulaşımı kaynaklı karbon ayak izini ele aldıkları çalışmada, Tier 1 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre 2016, 2017 ve 2018 yıllarında toplam karbon ayak izinin sırasıyla 1726.4 Gg, 1710.58 Gg ve 1585.87 Gg olduğunu belirtmektedir. Polat-Bulut (2023) Sivas'ta 2015 ve 2021 yıllarında karayolu kaynaklı karbon ayak izini hesapladıkları çalışmada, emisyonunun Tier 1 yöntemine göre 640 Gg , Tier 2 yöntemine göre 634 Gg olduğunu, en düşük emisyonun 2015 en yüksek emisyonun 2018 yılında gerçekleştiğini ifade etmektedir. emisyonunun 2015

yılına kıyasla 2021 yılında %20 arttığı, motorin ve otomobilin emisyonuna katkısının büyük olduğunu vurgulamaktadır.

Literatür incelendiğinde özellikle ulaşım ve sera gazı emisyonu arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların ülke, zaman aralığı ya da yöntemler açısından farklılaştığı, yapılan çalışmalarda ulaşılan sonuçların genellikle ulaşım sektörünün emisyon salınımını artırdığı yönünde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de sera gazı emisyonu yayılımına en çok büyükşehirlerin neden olacağı düşüncesinden hareketle Kayseri ili seçilmiştir. Kayseri’de 2010 ve 2021 yılları arasında geçen süreçte sera gazı emisyonlarının değişiminin belirlenmesinin, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için alınacak önlemlere yol gösterici nitelikte olması ve literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

3. Sürdürülebilir Kalkınma, Ulaşım ve Sera Gazı Emisyonu

Sürdürülebilirlik konusu günümüzde giderek önemi artan bir konu haline gelmiştir. Özellikle kaynakların doğru ve etkin bir şekilde çevreye zarar vermeden kullanımının sağlanması gelecek nesillere aktarılması bakımından önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilirlik kavramının, kapsamının ve ulaşım ile sera gazı emisyonu gibi alanlarda etkilerinin ve öneminin daha net kavranması gerekmektedir.

Kavramsal olarak sürdürülebilirlik çeşitli anlamlara gelse de her durum için geçerli olmayabilir. Bu kavram kalıcılığın sonsuza kadar devam etmesi şeklinde ifade edilse de kullanımı çok tercih edilmemektedir. Ehrenfeld bu kavramı evrendeki tüm yaşam formlarının varlığının devam etmesi şeklinde ifade etmektedir. Ancak bu ifade ile çevresel ve sosyal alan kastedilmektedir. Teknik olarak ifade edilirse, bir bölgede bulunabilecek en yüksek nüfusu, kaynak ve çevrenin yeterliliğini temsil etmektedir. Esas itibarıyla sürdürülebilirlik ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan ayrıma tabi tutulmaktadır (Rosen, 2018: 3). Kalkınma kavramı ise genel olarak kullanılan ekonomik ve sosyal anlamlarının dışında farklı anlamlara da gelebilmektedir (Gudynas, 2013: 15). Sürdürülebilir kalkınma kavramının da sürdürülebilirlik ve kalkınma kavramları ile ilgili uzlaşma sağlanamaması nedeniyle genel kabul gören bir tanımlanmamaktadır (Barbosa vd., 2014: 7).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı genellikle, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun “Ortak Geleceğimiz” isimli raporunda “*bugünün ihtiyaçları için gelecektekilerin ihtiyaçlarının karşılanmasında kaliteden ödün verilmemesi*” şeklinde tanımlanmıştır (Gallopın, 2001: 7). Sürdürülebilir kalkınmanın farklı tanımları da yapılsa da bu tanımla özellikle farklı kuşakların eşitliğine vurgu yapılmaktadır. Bu nedenle özellikle kaynak kullanımında sürdürülebilirliğinin sağlanması önem arz etmekte, sürdürülebilir kalkınma ile ekonomi ve çevrenin etkileşim içinde olması amaçlanmaktadır (Emas, 2015: 2). Ekonomik, sosyal ve çevresel olarak kategorilere ayrılan sürdürülebilir kalkınmada, sosyal sürdürülebilirliğin bireyin gereksinimlerini ifade ederken, bu gereksinimlerin karşılanmasını ekonomik sürdürülebilirliğin, tüm bunlar sonucunda meydana gelen etkiyi ise çevresel sürdürülebilirliğin temsil ettiği görülmektedir (Petrovich & Saeed, 2017: 12770). Çevre sorunlarına yönelik bilincin arttığı 1960’lı yıllarda çevre hareketleri ortaya çıkmış, 1970’li yıllarda ise ulusal sınırları aşmıştır. Bu sayede 1983 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Birleşmiş Milletler aracılığıyla kurulmuş, sonraki süreçte ise kalkınma ve çevre arasındaki ilişki gündeme gelmiş, bunun sonucunda 1987 yılında Brundtland Raporu ortaya çıkmıştır. Brundtland komisyonu

aracılığıyla ve 1992 yılında Gündem 21 ile Rio de Janeiro’da gerçekleşen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma zirvesinde sürdürülebilir kalkınma kavramı yaygın hale gelmiştir. Rio Konferansı’nın ardından yapılan Rio +5 zirvesi 1997 yılında yapılmakta, 2002 yılında yapılan Johannesburg Zirvesi ile bu konferanstaki kararların uygulanabilirliği konu edilmiştir (Ozmehmet, 2008: 5). 2000 yılında BM Binyıl Zirvesi’nde onaylanan Binyıl Bildirisi ile Binyıl Kalkınma Hedefleri’nin 2015 yılına kadar gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu hedeflerin ve Rio Konferansı’nın neticelerinin izlenmesi için 2002 yılında Johannesburg’da “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi” yapılmış, yine 2012 yılında Rio+20 konferansı yapılmış, sürdürülebilir kalkınma için yapılacak olan planlar belirlenmiştir. 2015 yılında ise New York’ta “Gündem 2030: BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefler (SKH)” ile dünya çapında kalkınmanın sağlanması için planlar yapılmış, çevresel sürdürülebilirlik ön planda tutulmuştur (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2024).

Birleşmiş Milletler aracılığıyla 21.yüzyılda yapılan “2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi” 17 hedeften oluşmuş ve 2030 yılına kadar bu hedeflerin tamamlanması amaçlanmıştır (Vorisek & Yu, 2020: 2). Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan rapora göre, yoksulluk, açlık sorunu, sağlık ve refah, eğitimin kaliteli olması, cinsiyet ayrımcılığı, su kaynaklarının kirliliğinin önlenmesi, yenilenebilir enerji, ekonomi ve istihdam, sanayide sürekliliğin sağlanması ve yenilik, eşitsizliğin önüne geçilmesi, kentlerin ve toplulukların devamlılığı, üretimin ve tüketimin sürekliliği, iklimsel farkındalık, su kaynaklarındaki yaşamın devamlılığı, karasal kaynakların ve biyoçeşitliliğin sürekliliği, toplumsal barış, adalet ve kurumsallık ve ortak hareket etme gibi hedefler bulunmaktadır (United Nations, 2021: 8-24). Sürdürülebilir kalkınmanın 7. hedefine göre kalkınma üzerinde enerjinin büyük bir etkisinin olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarına herkes tarafından erişimin sağlanmasının toplumsal, ekonomik ve iklimsel açıdan olumlu etkisinin olacağı görüşü hakimdir (Chundi vd., 2023: 521). Doğal kaynak, zararlı maddeler, atıklar ve çevresel kirleticilerinin önüne geçilmesini amaçlayan sürdürülebilir kalkınmanın 12.hedefine göre anlaşma ya da politika gibi konularda adımların atılması ile üretimde ve tüketimde süreklilik esas alınmaktadır (UNEP, tarihsiz). Sürdürülebilir kalkınmanın 12. hedefi bunun dışındaki hedeflerin gerçekleşmesiyle ilişkilendirilmektedir (Arora & Mishra, 2023: 5). Sürdürülebilir kalkınma 13.hedefine göre iklim konusu ile ilgili ivedilikle harekete geçilmesi ve iklime bağlı olan değişimlerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır (Sami vd., 2017: 4). Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmanın bu hedeflerinin enerji, iklim ve çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili olduğu görülmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik, günümüzde farklı kesimler tarafından ele alınan ve tüm dünyayı ilgilendiren bir konu haline gelmektedir. İnsan sayısındaki artışla birlikte doğada bulunan kaynakların sonunun getirilmesi noktasından hareketle tüm ekosistemden yaşanan dönemde ve gelecekte eşit yararlanılması çevresel sürdürülebilirliğin kapsamına girmektedir (Arora, 2018: 2). Çevreye yayılan bazı gazlar sonucunda ortaya çıkan kirlilik, çevreyi ve sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkilemektedir (Nazeer vd., 2016: 591). İnsanların çeşitli eylemleri sonucu ortaya çıkan sera gazlarının giderek artış göstermesi durumunda bu gazlar tüm ekosistemi etkileyecek kadar geniş alanlara yayılmaktadır (Buha, 2011). Sera gazı, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O), su buharı ve ozon gibi çeşitli gazlardan oluşmakta ve ısıyı tutup tekrar yayarak dengeyi bozmaktadır (Brander & Davis, 2012: 1). Küresel ısınmanın nedeni olan sera gazlarının doğal yaşamda oluşabilecek etkenlerin yanı sıra insanların gerçekleştirdiği çeşitli faaliyetlerinden kaynaklanan nedenleri de bulunmaktadır. Ayrıca güneşten gelen ışınımın

miktar ve kalitesi, bazı doğal ve jeolojik afetlerin oluşumu gibi dış faktörlerden de kaynaklanabilmektedir (Oriakhi, 2021: 183). Sanayileşme döneminde ekonomide üretim yaparken yüksek kazanç elde etme düşüncesinden hareketle doğayı tahrip eden insanoğlunun sayısı da her geçen gün artmış, buna bağlı olarak da dünyada ekonomik faaliyetler, fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel faaliyetler artış göstermiştir (Ioan vd., 2009: 51). Ekonomik kaynaklı küresel emisyonların ortaya çıkmasında etkili olan nedenleri üç kategoriye ayırmak mümkündür. İlk olarak yenilenemeyen çeşitli yakıtların elektrik ve ısı üretimi için yakılması sırasında, ikinci olarak sanayi de çeşitli bileşenlerin dönüşümü ve atık yönetiminin neden olduğu faaliyetler sonucu, üçüncü olarak ulaşım türü fark etmeksizin fosil yakıtlardan kaynaklanan ulaşım sektörü nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Telwatta, 2021: 5).

Ulaşım, kişinin ya da malın bir yere ulaştırılması ya da nakil edilmesi şeklinde tanımlanan bir kavramdır (Oxford English Dictionary, 2024). Ulaşım, kentlerde yapılan temel faaliyetler arasında görülmekte, ekonomik ve sosyal gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir sektör olarak görülmektedir. Ulaşım sektörü dünya enerji tüketiminin %25'ine yakınına neden olmakta, sürdürülebilirlik konusu önemli hale gelmektedir (Daneshgar vd., 2023: 1194). Sera gazı oluşumunda önemli bir yere sahip olan kara yolu ulaşımı, trafik güvenliğinin sağlanamamasına, fosil yakıt kullanımına bağlı olarak kaynaklarının sonunun getirilmesine, duyu durumunda değişmelere, ulaşımın aksamasına dolayısıyla çeşitli sağlık ve çevre sorunlarına neden olmaktadır (Wadhwa, 2000: 284). Karayolu ulaşımında araç tasarımı ve yolun altyapısı emisyon yayılımı üzerinde etkili olabilmektedir. Yol kullanımında sürenin uzun olmasına, araç sayısına ve yük durumuna uygun olarak yapılmayan yollara, kullanılan makine ve ekipmanlara, yolun hangi bölgede bulunduğuna bağlı olarak emisyonlar artış gösterebilmektedir. Kent planlamasının düzgün yapılması ve yolun tasarımı da emisyon üzerinde etkili olmakta, alternatif ulaşım yolları ve yakıt tüketimine elverişli alt yapı, temiz teknoloji ve arazi planlamaları ile emisyonlar azaltılabilir, ekonomi üzerinde olumlu etkiler yaratılabilir (Asimakopoulou & Kehagia, 2023: 2-3).

Kısacası, sera gazı emisyonlarının oluşumunda insan kaynaklı faaliyetlerin etkili olduğu görülmektedir. Çevreyle etkileşimi sonucu doğal kaynaklara zarar veren insanoğlunun yarattığı tahribatın önüne geçilebilmesi ve emisyonlarla mücadele edilebilmesi için farklı müdahale araçları bulunmaktadır.

Emisyonların azaltılması için pek çok araç bulunmakla birlikte hangisinin etkili olacağı konusunda fikir birliği bulunmamaktadır. Genellikle tarihsel olarak bakıldığında ekonomik araçlara önem verilmediği ancak son yıllarda piyasa merkezli kalkınma model ve politikalarının benimsendiği görülmektedir. Diğer politikalara kıyasla piyasa temelli iktisadi yaklaşımlar maliyetinin az olması, çevreyle uyumlu teknolojileri bulunması ve yeniliklere elverişli olması bakımından daha üstün görülmektedir (Karakaya & Özçağ, 2001: 3-4). İktisadi araçları kendi içinde farklı kategorilere ayırmak mümkündür. Bunlar karbon vergisi, devredilebilir izinler, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki, enerji verimliliğinin sağlanması, teknik standartlar, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve sübvans edilmesi şeklinde olup iklimi korumaya yöneliktir. Bu araçlardan biri olan karbon vergisi, içeriğinde hidrokarbon bulunan yakıtların yanması sonucu meydana gelen durumların önüne geçebilmek için getirilen ve yüksek maliyete neden olarak talebi engellemeye yönelik olan bir vergidir (Pesic vd., 2018: 276). Ticareti yapılabilen izinler, doğada kendiliğinden var olan kaynakların kullanımı ya da çeşitli faaliyetler sonucu

ortaya çıkan zarar verici maddelerle ilgili bir hakkın satışının gerçekleştiği kurumsal düzenlemelerdir. Bu izinler ile kaynakların sömürülerek yok edilmesi telafi edilebilmekte ve kirlenici emisyonların belirli bir seviyede kalarak artmasının önüne geçilmektedir (Serre, 2008). Ekonomi içinde bulunan tüm kesimlerin sera gazı emisyonlarını azaltmasına imkân veren bir araç olan emisyon ticareti (Leining & Kerr, 2018: 1), düşük maliyetle emisyon azaltımının sağlanması ve tam tersi durumda olanlar için emisyon izinlerini satmaları şeklinde gerçekleşmektedir (Ruddell vd., 2006: 3). Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıt yerine kullanılması, bu kaynaklara finansal destek verilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Enerji verimlilik teşviki hem üretim hem de kullanım aşamasında yapılmakta ve buna uygun finansal destek ve yetkinliğini gösteren belge gibi düzenlemeler yapılmaktadır. Teknik standartlar ise en düşük enerji verimliliği ölçüsünün belirlenmesi şeklindedir. Karbon salınımı yapmayan teknolojiler, buna uygun finansal destekler ve özendirici faaliyetler ile insan kaynaklı bozulmaların önüne geçeceği savunulmaktadır (Pescic vd., 2018: 277-278).

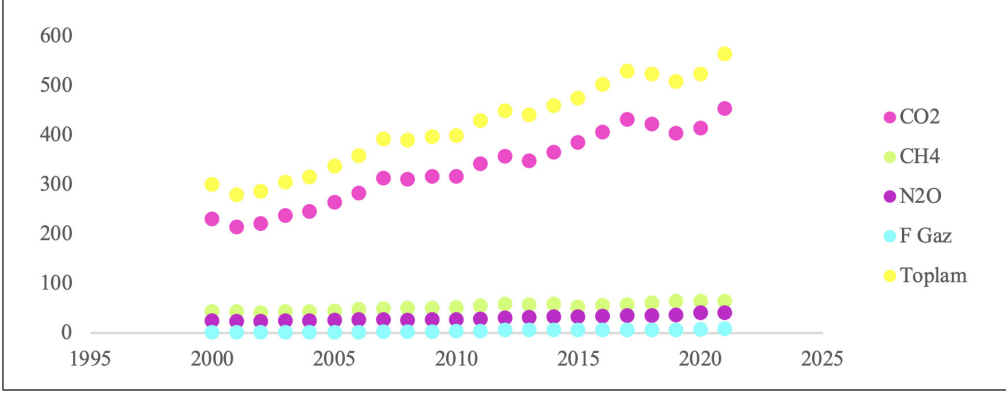
Kısaca ifade etmek gerekirse, sera gazı emisyonlarının oluşumunun önlenmesi ve azaltılabilmesi için çeşitli araçlar bulunmakta, özellikle iktisadi araçlara verilen önem günümüzde giderek artmaktadır. İktisadi araçlarla insanların fosil yakıt kullanımını caydıracak ve alternatif enerji kullanımı teşvik edecek şekilde düzenlemeler yapılması gerektiği görülmektedir. Dolayısıyla çevreye yönelik yapılan düzenlemeler içinde hükümet politikalarında daha çok yer alması gerektiği düşünülen iktisadi araçlar, ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında etkin rol oynayabilir.

3.1. Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonu

Sera gazı emisyonunun oluşumuna pek çok faaliyetin etki ettiği görülmektedir. Özellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının yoğun şekilde kullanımı çevresel tahribatlara yol açabilir. Ulaşım sektörü de sera gazının ortaya çıkmasına neden olan sektörler arasındadır.

Ulaşım sektörü, ekonomi içindeki çeşitli hizmetlere erişimi sağlamakla beraber çoğu ülke için iklim etkisinin azaltılması gerekmektedir. Dünyada sera gazı emisyonunun %20'si taşımacılıktan kaynaklanmakta, insan sayısının artması ve ekonomik gelişim gibi nedenlerle birlikte emisyonun 2050 yılında %60'lara ulaşabileceği öne sürülmektedir (Worldbank, 2023). 2021 yılında %38 ile sanayi, %23 ile ulaşım, %26 ile inşaat küresel yakıt emisyonlarını oluşturmaktadır (International Energy Agency, 2023). Türkiye'de 2000 ve 2021 yılları arasında toplam sera gazı emisyonunun durumu Şekil 1'de gösterilmektedir. Sera gazları içinde CO₂'nin en fazla salınımına neden olduğu bunu CH₄, N₂O ve F gazının takip ettiği görülmektedir.

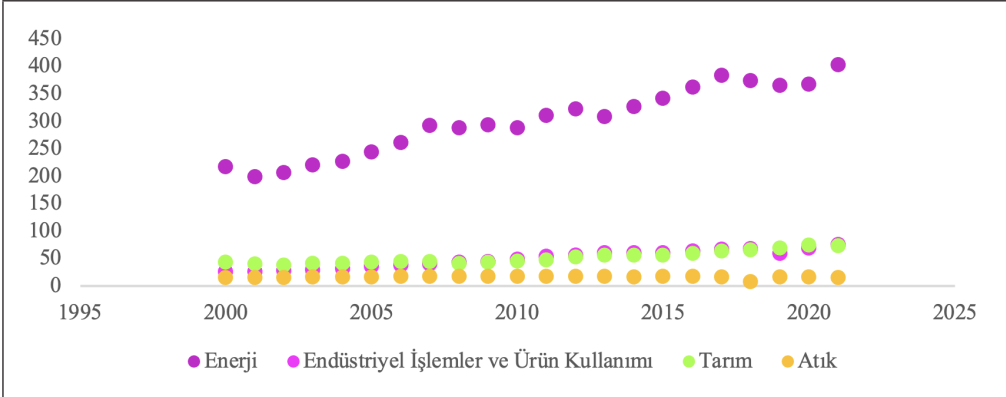
Şekil 1: Türkiye Sera Gazı Emisyonları (Mte)



Kaynak: TÜİK, 2023a

Şekil 2'de Türkiye'de sektörlere göre sera gazı emisyon verileri gösterilmektedir. Buna göre sera gazı emisyonuna en çok enerji sektörünün neden olduğu görülmektedir.

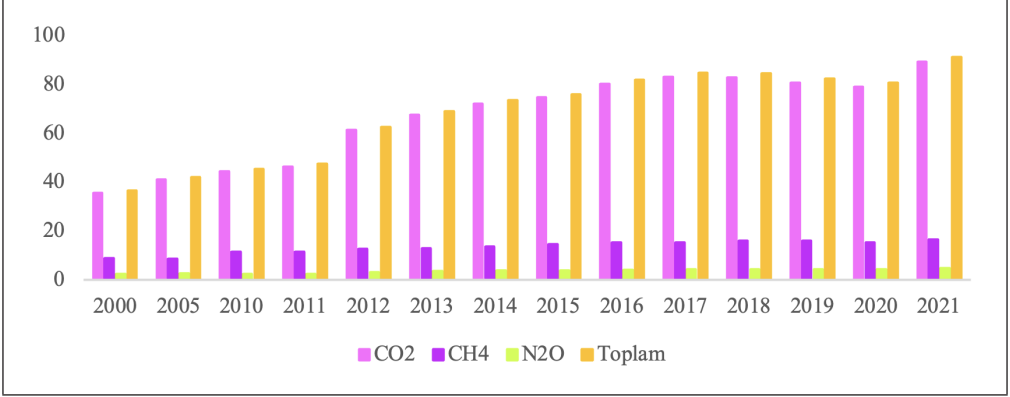
Şekil 2: Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonu (Mte)



Kaynak: TÜİK, 2023a

Şekil 3'te Türkiye'de 2000 ve 2021 yılları arasında ulaşım sektöründen kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu gösterilmekte, buna göre en fazla emisyon salınımına neden olmaktadır.

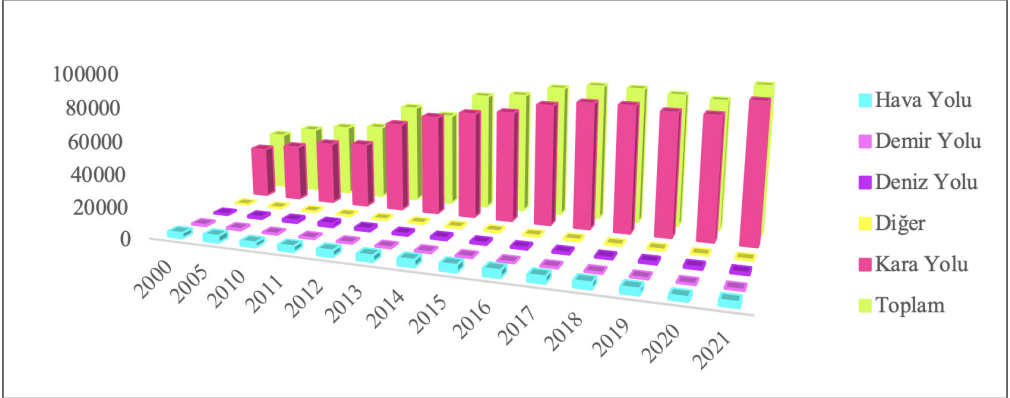
Şekil 3: Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonu (kt-kte)



Kaynak: TÜİK, 2023b

Şekil 4'te Türkiye'de ulaşım türüne göre sera gazı emisyonlarına bakıldığında, karayolu ulaşım emisyonu en fazla sera gazı emisyonu oluşumuna neden olmakta, bunu hava yolu ulaşımı, deniz ve demir yolu ulaşımı takip etmektedir.

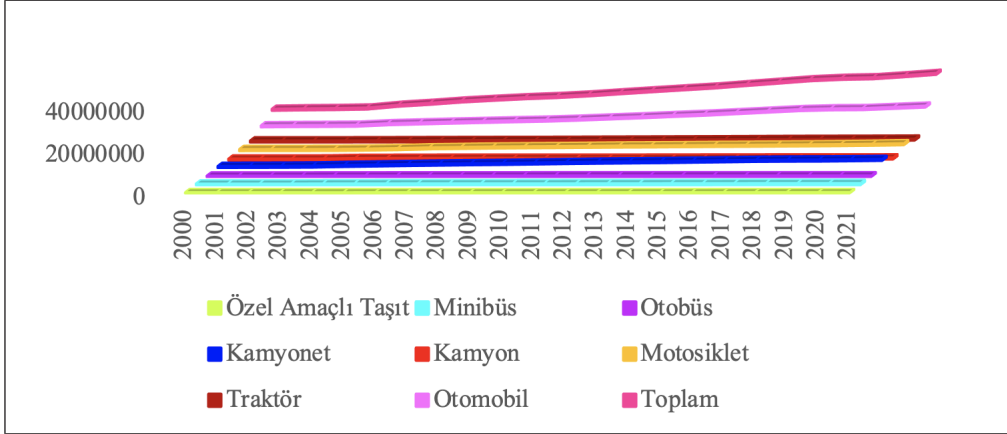
Şekil 4: Ulaşım Türüne Göre Sera Gazı Emisyonu (kt-kt e)



Kaynak: TÜİK, 2023b

Şekil 5'te Türkiye'de toplam motorlu kara taşıt sayısına bakıldığında, 2000 ve 2021 yılları arasında artışı ve bu artışta ilk sırayı otomobillerin aldığı görülmektedir.

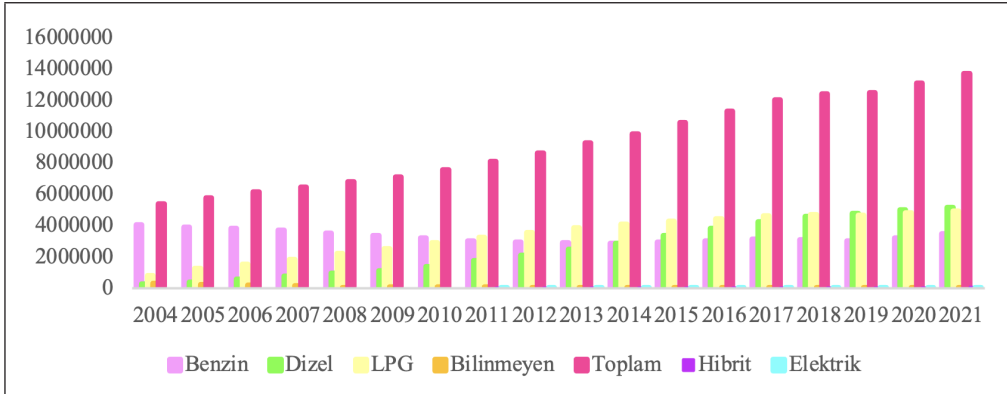
Şekil 5: Türkiye'de Motorlu Kara Taşıt Sayısı



Kaynak: TÜİK, 2024a

Şekil 6'da trafiğe kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımına bakıldığında 2004 yılından 2011 yılına kadar benzin kullanımının, 2011 yılı ve sonrasında LPG kullanımının arttığı, 2014 yılından sonra dizel kullanımının benzin kullanımını geçtiği, dizelin 2019, 2020 ve 2021 yıllarında LPG'yi geçtiği görülmektedir. Hibrit ve elektrikli otomobil kullanımının ise oldukça düşük olduğu, 2011 yılında kullanıma başlandığı görülmektedir.

Şekil 6: Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı



Kaynak: TÜİK, 2024a

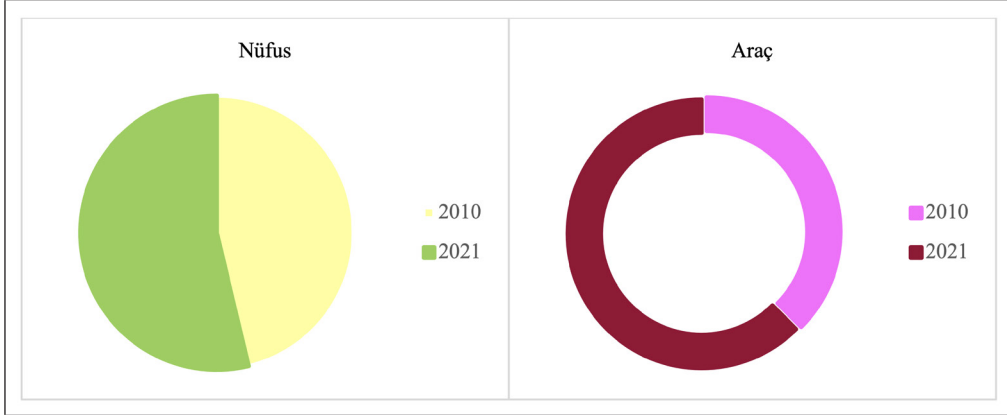
Kısacası, Türkiye'de emisyonunun diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu, ulaşım türleri içinde en fazla emisyonun karayolu ulaşımından kaynaklandığı ve araçlarda genellikle fosil yakıtların tercih edildiği görülmektedir.

3.2. Kayseri İline Genel Bakış

Kayseri ili bulunduğu konum itibarıyla çok sayıda yerleşim yerlerinin kurulmasına ev sahipliği yapmış olan ve burada çeşitli ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesine imkân veren yapıya sahip bir kent olarak görülmektedir.

İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kayseri, Orta Kızılırmak bölümünde bulunmaktadır. 16.913.82023 'lük bir yüzölçümüne sahip olan ilde tarımsal alanlar yüz ölçümünün %53'lük bir kısmını kapsamaktadır. Karasal iklimin hâkim olduğu bölgede, çok sayıda dağ ve su kaynakları bulunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilen veriler doğrultusunda 2021 yılında nüfusun 1.434.357 olduğu, büyükşehir olması nedeniyle kentlerde yaşamın yoğun olduğu görülmektedir (ÇED, 2022: 2). Kayseri ilinin büyükşehir olması 1988 yılında çıkarılan yasa sayesinde gerçekleşmiştir. En eski yerleşim yerleri arasında görülen Kayseri eski dönemlerde Kapadokya olarak bilinmektedir. Sanayi, madencilik, tarım, hayvancılık, ormancılık, turizm ve ticari anlamda ekonomiye katkı sağlamaktadır. İlde ulaşımın sağlanması için otobüs ve tramvaylar hizmet etmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, tarihsiz). Şekil 7'de Kayseri ilinde 2010 ve 2021 yıllarında nüfus ve araç sayıları gösterilmektedir. Buna göre 2010 yılında nüfusun 1.234.651 iken 2021 yılında 1.434.357' ye ulaştığı, toplam araçların sayısına bakıldığında 2010 yılında 245.832 iken 2021 yılında 408.991 olduğu görülmektedir.

Şekil 7: Kayseri İli Nüfus ve Araç Sayıları



Kaynak: TÜİK, 2023c; TÜİK, 2024a

Kısacası, elde edilen veriler doğrultusunda Kayseri ilinde nüfusun 2021 yılında 2010 yılına kıyasla %16.18, araç sayısının ise %66.37 oranında değişim gösterdiği, araç sayısındaki artışın nüfus sayısındaki artıştan daha yüksek olduğu görülmektedir.

4. Kayseri'de Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonu Tespiti

Çalışmanın bu bölümünde Kayseri ili için yapılan sera gazı emisyon hesaplaması için kullanılan veri, materyal ve yöntem ile bulgular yer almaktadır.

4.1. Veri

Kayseri ilinde ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının belirlenmesi için IPCC tarafından önerilen metodolojiye uygun olacak şekilde çalışmada Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. EPDK verileri aracılığıyla Kayseri iline ait olan yakıt tüketim verilerinin kullanıldığı çalışmada 2010 ve 2021 dönem verileri ile hesaplama yapılmaktadır.

Tablo 1’de EPDK verilerine göre Kayseri’de karayolu ulaşımı yakıt tüketim miktarları ton cinsinden gösterilmektedir.

Tablo 1: Kayseri’de Karayolu Ulaşımı Yakıt Tüketim Miktarı (Ton)

	Benzin	Dizel	LPG
2010	22.950	223.253	76.050
2011	23.567	245.579	79.406
2012	22.749	239.476	79.540
2013	23.755	282.701	80.121
2014	25.161	288.061	83.881
2015	28.727	331.165	90.089
2016	31.720	349.430	95.545
2017	34.092	381.513	95.898
2018	34.398	385.445	96.381
2019	35.730	335.336	97.025
2020	35.742	329.535	88.703
2021	47.809	401.429	87.982

Kaynak: EPDK, 2011a; EPDK, 2011b; EPDK, 2012a; EPDK, 2012b; EPDK, 2013a; EPDK, 2013b; EPDK, 2014a; EPDK, 2014b; EPDK, 2015a; EPDK, 2015b; EPDK, 2016a; EPDK, 2016b; EPDK, 2017a; EPDK, 2017b; EPDK, 2018a; EPDK, 2018b; EPDK, 2019a; EPDK, 2019b; EPDK, 2020a; EPDK, 2020b; EPDK, 2021a; EPDK, 2021b; EPDK, 2022a; EPDK, 2022b

4.2. Materyal ve Yöntem

IPCC tarafından 2006 yılında yayınlanan kılavuzlar sera gazı emisyonlarının ortaya çıkışının önüne geçilebilmesi için kıyaslanabilir ve doğru bir kaynak olmakta, bu kılavuzlar güncel tutularak içeriğindeki bilgilerin gelişmesi sağlanmaktadır. İnsanların neden olduğu emisyonların belirlenmesine ve ortadan kaldırılmasına uygun hesaplamaların yapılabilmesi için yöntemler bulunmaktadır. Emisyonların belirlenmesi, buna uygun politika çıkarımı yapılabilmesi ve gelişimin takip edilebilmesi için önemlidir (IPCC, 2008: 5). Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri yakıtlar nedeniyle oluşan , ve emisyonlarının tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemler ülkelere ve yakıt türüne göre farklılık gösterebilmekte, ekipman farklılıkları nedeniyle verilerin elde edilmesinde zorluklar sonucunda verilerin erişiminde güçlük yaşanmasına sebep olmaktadır (IPCC, 2006a: 32-33). Tier 1, genellikle ulusal enerji istatistiklerindeki yakıt miktarı ve ortalama emisyon faktörünün kullanıldığı yakıt temelli bir yöntemdir (IPCC, 2006b: 6). IPCC 2006 yılında yayınlanan kılavuzuna göre yakıt kullanımı

sonucu ortaya çıkan emisyonunun belirlenmesinde öncelikle yakıt tüketim miktarı bulunmakta, daha sonra enerji dönüşüm miktarı elde edilmekte, daha sonra karbon içeriği ortaya çıkarılarak karbon miktarı hesaplanmakta, ardından karbon içermeyen miktarı ve son olarak oksitlenme ile emisyonu tahmin edilmektedir. Bunun için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (IPCC, 2006c);

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (1)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t}_{\text{C}}\text{/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Oksitlenme Oranı (Küresel Isınma Katsayısı)} \quad (3)$$

$$\text{Emisyonu [GgCO}_2\text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times \text{Molekül Ağırlığı Oranı} \quad (4)$$

Atmosferde kalma ve ısı tutmasına göre sera gazlarının hesaplanabilmesi ve karşılaştırılabilmesi için karbondioksit eşdeğerine dönüştürülen emisyonlar 100 yıllık küresel ısınma potansiyeli ölçüt alınarak katkısı ölçülmektedir (EPA, 2014: 14). Küresel ısınma potansiyelinin hesaplanma yöntemi şu şekildedir (Özyonar & Gökkuş, 2022: 863);

$$\text{Küresel Isınma Potansiyeli (CO}_2\text{, CH}_4\text{, N}_2\text{O) [GgCO}_2\text{]} = \text{Küresel Isınma Potansiyeli}_{\text{Değer}} \times \text{Emisyon Miktarı [GgCO}_2\text{]} \quad (5)$$

IPCC'den elde edilen dönüşüm faktörü, CO₂, CH₄, ve N₂O emisyon faktörü, oksitlenme oranı ve molekül ağırlık oranı Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: IPCC Emisyon ve Dönüşüm Faktörleri

	Dönüşüm Faktörü (TJ/kt)	Emisyon Faktörü (tC/TJ)	Emisyon Faktörü	Emisyon Faktörü	Oksitlenme Oranı	Molekül Ağırlık Oranı
Benzin	44,80	18,90	33	3,2	0,99	44/12
Dizel	43,33	20,20	3,9	3,9	0,99	44/12
LPG	47,31	17,20	62	0,2	0,995	44/12

Kaynak: IPCC, 1996a; IPCC, 1996b; IPCC, 2006a; IPCC,2006b

Tablo 3'te küresel ısınma potansiyeline yer verilmektedir. Çalışmada beşinci değerlendirme raporundaki oranlar kullanılmaktadır. Bu oranlar eşitlik (5)'teki denklemde kullanılmakta ve hesaplanmaktadır.

Tablo 3: Küresel Isınma Potansiyeli

	İkinci Değerlendirme Raporu	Dördüncü Değerlendirme Raporu	Beşinci Değerlendirme Raporu
CO ₂	1	1	1
CH ₄	21	25	28
N ₂ O	310	298	265

Kaynak: Greenhouse Gas Protocol

Buna göre eşitlik (1), (2), (3), (4) ve (5) ile Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'teki veriler ve oranlar kullanılarak yapılan hesaplamalarda ulaşılan sonuçlar Tablo 4 ve Şekil 8'de gösterilmektedir.

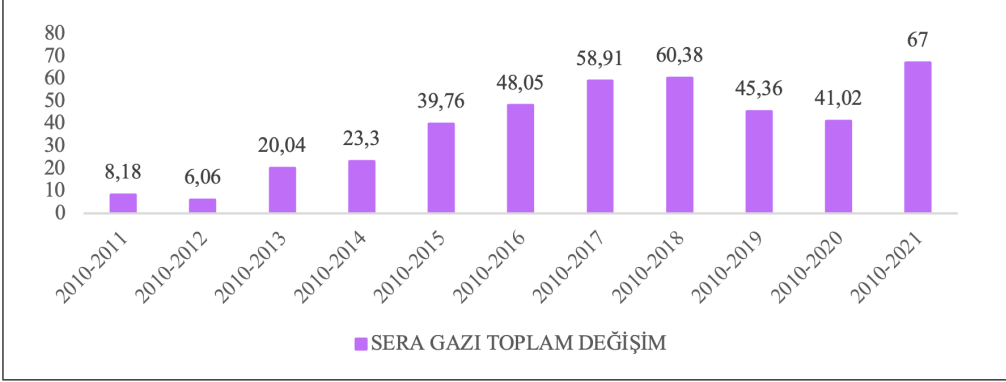
4.3. Bulgular

2010 ve 2021 yılları Kayseri ilinde karayolu ulaşımı nedeniyle meydana gelen sera gazı emisyonu IPCC kılavuzunda yer alan Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. EPDK ve IPCC'den elde edilen veriler ve oranlar doğrultusunda Kayseri'de karayolu ulaşımından kaynaklı yakıt tüketim verilerinin hesaplanması sonucunda elde edilen yakıt türüne göre enerji tüketim miktarlarına ulaşılmakta, Tier 1 yöntemi ile yapılan hesaplamalar doğrultusunda yakıt türüne göre toplam sera gazı emisyonu (CO₂, CH₄, ve N₂O) ve yıllık değişimleri Tablo 4'te gösterilmektedir. Buna göre sera gazının 2012, 2019 ve 2020 yıllarında azaldığı, 2012 yılında % -1,96, 2019 yılında bir önceki yıla göre % -9.37, 2020 yılında % -2.99 oranında düşüş gösterdiği ancak 2021 yılında bu oranın artarak %18.43 oranına ulaştığı görülmektedir.

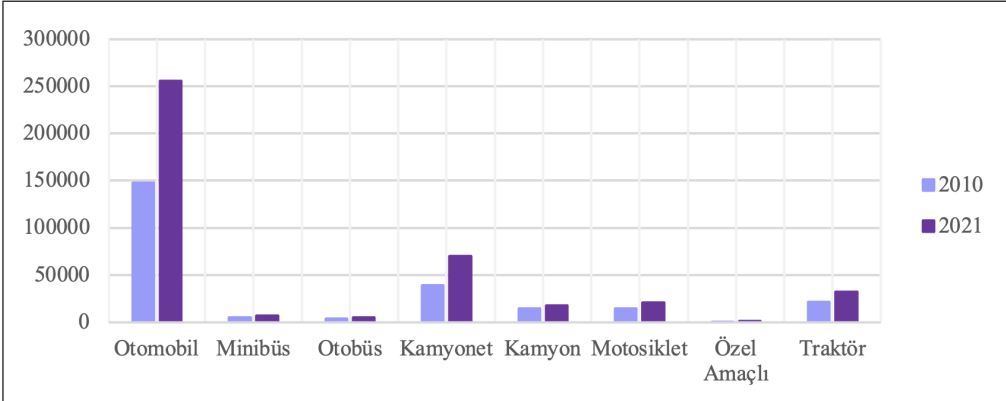
Tablo 4: Kayseri'de Toplam Sera Gazı ve Yıllık Değişim (Gg-%)

	Toplam Sera Gazı	Yıllık Sera Gazı Değişimi
2010	1.076,44	
2011	1.164,52	8,18
2012	1.141,70	-1,96
2013	1.292,18	13,18
2014	1.327,23	2,71
2015	1.504,38	13,35
2016	1.593,67	5,94
2017	1.710,57	7,34
2018	1.726,40	0,93
2019	1.564,68	-9,37
2020	1.517,97	-2,99
2021	1.797,68	18,43

Şekil 8'de Kayseri ilinde toplam sera gazı değişim oranına bakıldığında sera gazı emisyonlarının 2019 ve 2020 yıllarında azaldığı, 2021 yılında 2010 yılına kıyasla toplam değişimin %67.00 olarak gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 8: Kayseri İli Sera Gazı Emisyonu Toplam Değişimi (%)

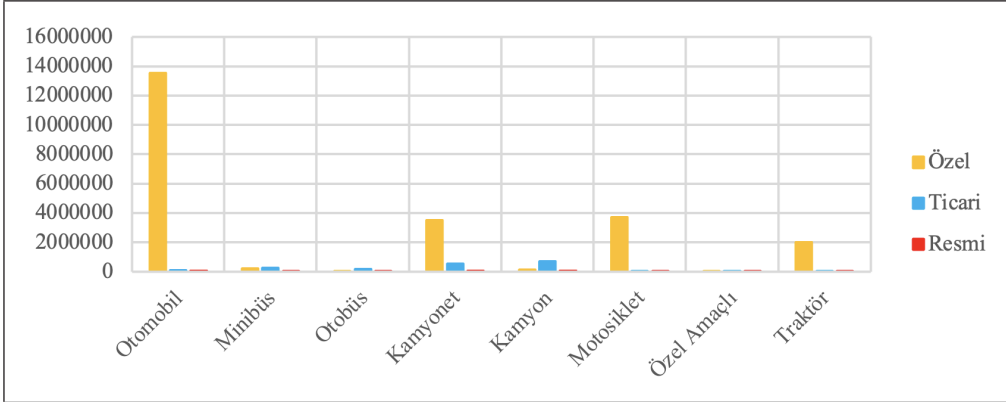
Ulaşım da taşıt kullanımına bağlı olarak emisyon miktarı da artış göstermekte, özel otomobillerde emisyon salınımının kontrol edilmeye çalışılmasına yönelik kayda değer gelişmeler yaşansa da araçların sürekli artmaları olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır (Cordova-Lopez vd., 2007: 1). Kayseri ilinde 2010 ve 2021 yıllarında türlerine göre araç sayılarının gösterildiği Şekil 9'da araç sayısının 2023 yılında 2010 yılına kıyasla arttığı, bu artışın özellikle otomobilden kaynaklandığı, toplu ulaşım araçlarına bakıldığında sayılarının oldukça az olduğu görülmektedir.

Şekil 9: Kayseri İlinde Türüne Göre Araç Sayısı

Kaynak: TÜİK

Şekil 10'da Türkiye'de 2021 yılında araçların kullanımı açısından bakıldığında otomobillerin genellikle özel amaçlar için kullanıldığı, minibüs ve otobüslerin ticari, kamyonetlerin özel, kamyonların ticari, motosiklet ve traktörlerin özel, özel amaçlı araçların ise resmi nedenlerle daha fazla kullanıldıkları görülmektedir.

Şekil 10: Türkiye’de 2021 Yılında Kullanım Amacına Göre Araçlar

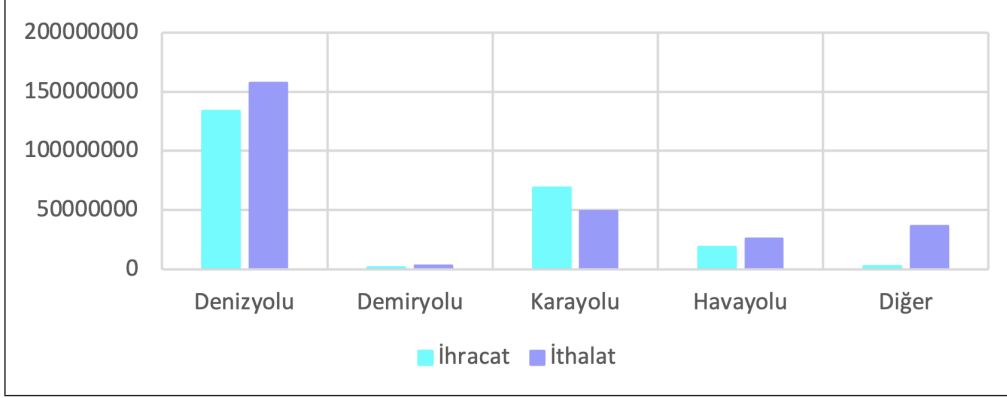


Kaynak: TÜİK,2024b

Genellikle ulaşım türünün seçimine ya da taşımacılığa bağlı olmayan emisyon salımı ağırlıklı ile ilişkilendirilmektedir. Karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu gibi ulaşım türlerinde emisyon salınımının boyutları farklılık göstermektedir (Cristea, 2012: 2). Ticari faaliyetlerin üretim ve ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon salınımına neden olmakta, karbon yoğunluğuna bağlı olarak emisyon salınımındaki artış değişim göstermektedir. Ayrıca ticaret, emisyonların azaltılmasında etkili olup yeşil teknolojiyi ve ekonomiyi teşvik etmede önemli bir yere sahiptir (WTO, 2021: 4). Karayolu ile yapılan taşımacılık faaliyetleri ağırlık seviyesi orta seviyede olan yüklerin kısa süre içerisinde taşınmasında etkili olmakta, denizyolu ulaşımı ise yalnızca su kaynaklarında yapılmakta yine taşınan yükler karayolu ulaşımı ile yerlerine ulaştırılmaktadır. Dolayısıyla bu ulaşım türlerinin altyapısının geliştirilmesi gerekli olmaktadır (Nusa & Kodak, 2023: 57).

Şekil 11’de Türkiye’de 2021 yılında ulaşım türlerine göre ihracat ve ithalat faaliyetlerinin taşımacılığı gösterilmektedir. Buna göre ticari taşımacılıkta en fazla kullanılan ulaşım türü denizyolu olup, bunu karayolu ulaşımı takip etmektedir.

Emisyon salınımında bir sınır belirlenmesi ve emisyon ticareti ulaşım sektöründeki faaliyetleri kısıtlayıcı ve ekonomik bakımdan yararlı bir uygulama olabilir. Dolayısıyla ulaşım faaliyetlerinin artması halinde ekonomik bakımdan maliyetin de yükseleceği bir durum ortaya çıkacaktır (Bart, 2011: 815). Uluslararası yapılan taşımacılık faaliyetlerinde karbonun fiyatlandırılması, ulaşım türlerini kullanımında, ticari yapı ve malların hacimlerinde ve enerji kullanımında değişimler meydana getirebilir. Genellikle denizyolu ulaşımının hâkim olduğu taşımacılıkta kara ve havayolu ulaşımı da önemli bir yere sahip olmakta, ekonomide yolcu taşımada havayolu, mal taşımacılığında denizyolu önemli gelir kaynağı olmaktadır (Mundaca & Strand, 2020: 2). Bir yere özgü, ulusal ya da uluslararası şekilde emisyon azaltılmasında yönelik çeşitli uygulamalar yapılsa da bu durum özellikle hükümetler tarafından ele alınması gereken bir konudur. Yakıt kullanımına getirilen vergiler emisyon azaltılmasında etkili olsa da daha çok tepki ile karşılaşılmasına neden olmaktadır (Bart, 2011: 814). Dolayısıyla yakıt üzerine getirilecek mali bir külfet yerine karbon sınırlaması ve fiyatlandırması gibi müdahalelerin hükümetler tarafından yapılması daha etkin sonuçlar verebilir.

Şekil 11: Türkiye’de 2021 Yılında Taşıma Şekline Göre Ticaret (Bin ABD\$)

Kaynak: TÜİK,2024c

5. Sonuç ve Değerlendirme

Sürdürülebilir kalkınma, devamlılığın esas alındığı ve tüm ekosistemi ilgilendiren bir kavram olarak görülmekte, sürdürülebilirliğin sağlanması için ulusal ve uluslararası boyutlarda çeşitli kararlar alınmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için belirlenen hedeflerin gerçekleştirilmesi için adımlar atılmaktadır. Özellikle 7, 12 ve 13. hedeflerin kaynakların ve çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemli olduğu görülmektedir. Ancak insanların faaliyetlerine bağlı olarak bu hedeflerin sağlanması güçleşebilir. Çünkü bu faaliyetler nedeniyle sera gazı emisyonları ortaya çıkabilir ve sürdürülebilirlik için tehlikeli bir durum meydana gelebilir. Türkiye’de çeşitli faaliyetlere bağlı olarak sera gazı emisyon salınımına neden olan bir ülke olarak görülebilir. Türkiye’de sera gazı emisyonunun ortaya çıkmasında pek çok faktörün etkisi olmaktadır. Ulaşım sektörünün bu durum üzerinde önemli bir yeri bulunmakta ve araç sayısı artmaktadır. Bu araçlarda kullanılan yakıtların büyük bir kısmı yenilenemeyen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Dolayısıyla sera gazı emisyon salınımının azaltılabilmesi için karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonun boyutlarının belirlenmesi ve buna uygun önerilerde bulunulması önemlidir.

Ulaşım sektörleri arasında en fazla sera gazı emisyonunun yayılımına neden olan karayolu ulaşım sektörünün Kayseri ili için ele alındığı bu çalışmada, 2010 ve 2021 yılları arasında gerçekleşen emisyon miktarları IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Buna göre Kayseri ilinde toplam sera gazı emisyonunun 2010 yılında 1.076,44 Gg iken 2021 yılında 1.797,68 Gg olduğu, 2010 ve 2021 yılında gerçekleşen sera gazı emisyonunda %67,00’lük bir artışın gerçekleştiği, yıllık sera gazı emisyon değişimlerine bakıldığında 2012, 2019 ve 2020 yıllarında düşüş gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Buna göre sera gazı emisyonları arasında en fazla kirliliğe emisyonunun neden olduğu, toplam sera gazı emisyonu oluşumuna en fazla neden olan yakıt türünün ise dizel olduğu görülmektedir. 2010 yılında %8,18 olan sera gazı değişim miktarının, 2021 yılında %67,00 seviyesine çıkmasını çevre açısından olumsuz bir durum olarak değerlendirmek mümkündür. Bunun yanı sıra 2021 yılında Kayseri ilinde nüfus ve araç sayılarının 2010 yılına kıyasla sırasıyla %16,18 ile %66,37’lik artış gösterdiği belirlenmektedir. Buna göre araç sayısındaki artışın yüksek ol-

duğu, araç türlerine göre bakıldığında otomobil kullanımının artışının diğer araçlara kıyasla fazla olduğu görülmektedir.

Türkiye geneline bakıldığında bireysel araç kullanımı yaygın olup, genellikle özel amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ticari faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde karayolu ulaşımı deniz yolu ulaşımından sonra en fazla kullanılan ulaşım türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi esnasında da emisyon salınımı ortaya çıkmakta, bu nedenle bazı kriterlerin belirlenip bunları karşılayamayanların faaliyette bulunmasının önüne geçilmesi gerekmektedir. Bunun için karbon fiyatlandırması ya da karbonlar için bir sınırlamanın yapılması etkili olabilir. Ayrıca karayolu ulaşımı ile taşımacılığın yapılmasının mecburi olduğu durumlarda temiz yakıt kullanılan araçların tercih edilmesi katkı sağlayabilir. Kısaca ifade etmek gerekirse, Kayseri ilinde ve Türkiye genelinde sera gazı emisyonunun azaltılması, çevre ve iklim değişikliğinin önüne geçilmesi açısından gereklidir. Öncelikle hükümetlerin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik çeşitli araçları kullanarak düzenlemeler yapmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu hususta özellikle son dönemlerde popülerlik kazanmaya başlayan iktisadi araçların öneminin vurgulanması gerekmektedir. Kayseri ili için araç sayısının azaltılması, bireysel araçlar yerine toplu taşıma, alternatif ulaşım araçları ya da araçsız ulaşım, en fazla emisyon salınımına neden olan yakıt türü yerine çevre dostu yakıtların tercih edilmesi teşvik edilmelidir. Hibrit ve elektrikli araç üretimi ve kullanımının artırılması, yol alt yapılarının iyileştirilmesi, elektrikli araç şarj ünitelerinin artırılması da son derece önemlidir. Ancak insanların faaliyetlerine kısıtlama getireceği düşünülen iktisadi araçlar ile müdahale edilmesi diğer araçlara göre daha etkin bir mücadele aracı olabilir. Özellikle karbon vergisiyle ilgili gerekli düzenlemelerin yapılması, alternatif enerji kaynaklarına yönelimin sağlanması, kotalar belirlenerek düşük emisyon yayılımını sağlamaya yönelik teşviklerin getirilmesi, teknolojiye daha çok önem verilmesi ve bu yönde düzenleme ve desteklemelerin sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Araştırma tek yazar tarafından hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışmada herhangi bir çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan ederim.

Kaynakça

- Arora N.K. (2018). Environmental sustainability-necessary for survival, *Environmental Sustainability*, 1, 1-2.
- Arora, N.K., & Mishra, I. (2023). Responsible consumption and production: A roadmap to sustainable development, *Environmental Sustainability*, 6, 1-6.
- Asimakopoulou, M.N. & Kehagia, F. (2023). Road network, emissions, linked to sustainable development: a European analysis, *E3S Web of Conferences*, 436, 11010.
- Barbosa, G.S., Drach, P.R. & Corbella, O.D. (2014). A conceptual of the terms sustainable development and sustainability, *International Journal of Social Sciences*, 3(2), 1-15.
- Bart, I. (2011). Muncial emissions trading: Reducing transport emissions through cap-and-trade, *Climate Policy*, 11(19), 813-828.
- Bıyık, Y., & Civelekoğlu, G. (2020). Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 78-87.

- Brander, M. & Davis, G. (2012). Greenhouse gases, , and carbon: what do all these terms mean?, *Econometrica*.
- Buha, A. (2011). The greenhouse gas effect, *Toxipedia Connecting Science and People*, <https://healthandenvironment.org/docs/ToxipediaGreenhouseEffectArchive.pdf> .
- Chundi, T., Ismail, T.N.T., & Kassim, A. (2023). Sustainable development goal 7 (SDG-7)- affordable and clean energy: Sarawak scenario, *International Conference on Public Policy & Social Sciences 2023*, ICoPS2023Bosnia.
- Cordova-Lopez, L.E., Mason, A., Cullen, J.D., Shaw, A., & Al-Shamma'a, A.I. (2007). Online vehicle and atmospheric pollution monitoring using GIS and wireless sensor networks, *Sensors and Their Applications XIV, Journal of Physics: Conference Series 79*, 012019.
- Cristea, A., Hummels, S., Puzzello, L., & Avetisyan, M. (2012). Trade and the greenhouse gas emissions form international freight transport, *Journal of Environmental Economics and Management*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2012.06.002>.
- ÇED (2022). *Kayseri ili 2021 yılı çevre durum raporu*, T.C. Kayseri Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kayseri-ilcdr-2021-20220816111744.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- Daneshgar, D., Keymanesh, M.R. & Monajjem, S. (2023). Sustainability analysis of urban transportation network based on determination of the relative importance of evaluation criteria, *IJTE*, 10(4), 1193-1215.
- Dündar, A.O. (2021). Türkiye'deki büyükşehirlerin karayolu ulaşımı kaynaklı sera gazı emisyon miktarının karşılaştırmalı analizi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), 318-337.
- Dündar, A.O. & 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.
- Emas, R. (2015). The concept of sustainable development definition and defining principles, *Brief for GSDR*, 10-13140.
- EPDK (2011a). Petrol piyasası sektör raporu 2010, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2011b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2010 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2012a). Petrol piyasası sektör raporu 2011, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2012b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2011 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2013a). Petrol piyasası sektör raporu 2012, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2013b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2012 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2014a). Petrol piyasası sektör raporu 2013, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2014b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2013 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- EPDK (2015a). Petrol piyasası sektör raporu 2014, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.

- EPDK (2015b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2014 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2016a). Petrol piyasası sektör raporu 2015, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2016b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2015 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2017a). Petrol piyasası sektör raporu 2016, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2017b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2016 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2018a). Petrol piyasası sektör raporu 2017, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2018b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2017 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2019a). Petrol piyasası sektör raporu 2018, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2019b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2018 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2020a). Petrol piyasası sektör raporu 2019, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2020b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2019 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2021a). Petrol piyasası sektör raporu 2020, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2021b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2020 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2022a). Petrol piyasası sektör raporu 2021, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPDK (2022b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2021 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- EPA (2014). Climate change indicators in the United States, *Third Edition*, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-07/documents/climateindicators-full-2014.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- Gallopın, G.C. (2001). Science and technology, sustainability and sustainable development, *Economic Commission for Latin America and the Caribbean*.
- Godil, D.I., Yu, Z., Sharif, A., Usman, R. & Khan, S.A.R. (2021). Investigate the role of technology innovation and renewable energy in reducing transport sector emission in china: a path toward sustainable development, *Sustainable Development*, 1-14.
- Greenhouse Gas Protocol https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- Gudynas, E. (2013). Debates on development and its alternatives in Latin America: a brief heterodox guide, *Beyond Development*, 15.
- Hussain, Z., Khan, M.K. & Shaheen, W.A. (2022). Effect of economic development, income inequality, transportation and environmental expenditures on transport emission: evidence from OECD countries, *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 56642-56657.

- International Energy Agency (IEA) (2023). Greenhouse gas emissions from energy data explorer, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:02.11.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996a), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 2, Chapter 1, <https://www.jpcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.html> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996b), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 3, Chapter 1, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 18.10.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006a). 2006 Guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 2, Chapter 3 https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006b). 2006 Guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 2, Chapter 1, https://www.jpcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006c). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Reference Approach, Volume 2, Chapter 6, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_6Ch6_Reference_Approach.pdf sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2008). 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, A Primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Miwa, K., Srivastava, N. and Tanebe, K. (eds), Publishes: IGES, Japan.
- Ioan, B., Gabriela, T.A., Elena, T.C. & Georgeta, M. (2009). The criteria and principles of sustainable development in terms of changing the quality of It, *Acta Universitatis Danubius Oeconomica*, 5(1), 50-57.
- Karakaya, E. & Özçağ, A.G.M. (2001). Sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği: uygulanabilecek iktisadi araçların analizi, *In First Conference in Fiscal Policy and Transition Economies*, University of Manas.
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). Environmental sustainability within attaining sustainable development goals: The Role of Digitalization and The Transport Sector, *Sustainability*,15, 11282.
- Leining, C., & Kerr,S. (2018). A guide to the New Zealand emission trading scheme, *Report Prepared for the Ministry for the Environment*, Wellington: Motu Economic and Public Policy Research.
- Liu, J., Zhu, Y., Zhang, Q., Cheng, F., Hu, X., Cui, X., Zhang, L. & Sun, Z. (2020). Transportation carbon emissions from a perspective of sustainable development in major cities of Yangtze River Delta, China, *Sustainability*, 13, 192.
- Mosaberpanah, M.A., & Kholes, S.D. (2013). The role of transportation in sustainable development, *In ICSDCEC 2012: Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering and Construction*, 441-448.
- Mundaca, G., & Strand, J. (2020). Carbon pricing of international transport fuels: Impacts on carbon emissions and trade activity, *MPRA Paper No.100347*.
- Mustapa, S.I., & Bekhet, H.A. (2015). Investigating factors affecting emissions in Malaysian road transport sector, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4), 1073-1083.
- Nazeer, M., Tabassum, U., & Alam, S. (2016). Environmental pollution and sustainable development in developing countries, *The Pakistan Development Review*, 55:4, Part 2,589-604.

- Nundy, S., Ghosh, A., Mesloub, A., Albaqawy, G.A., & Alnaim, M.M. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on socio-economic, energy-environment and transport sector globally and sustainable development goal (SDG), *Journal of Cleaner Production*, 312, 1-24.
- Nusa, K., & Kodak, G. (2023). Comparison of maritime and road transportations in emissions perspective: A review article, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(2), 048-060.
- Oriakhi, E. (2021). Impact of greenhouse gases emission on sustainable economic development of the Niger Delta Region, *International Journal of Development and Sustainability*, 10(5), 182-199.
- Oxford English Dictionary, <https://www.oed.com/search/advanced/Entries?q=transport&sortOption=Frequency> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:17.01.2024.
- Ozmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları, *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 3(12), 1853-1876.
- Özyonar, F. & Gökkuş, Ö. (2022). Change in highway transportation-induced carbon footprint of Kayseri province, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 40(4), 860-868.
- Peng, Z., Wu, Q., & Li, M. (2020). Spatial characteristics and influencing factors of carbon emissions from energy consumption in China's transport sector: An Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data, *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(1), 217-232.
- Pesic, R., Ivanis, M. & Prodanovic, R. (2018). Economic instruments for reduction of greenhouse gas emission in agriculture and forestry, *Economics of Agriculture*, 65(1), 269-291, doi:10.5937/eko-Polj1801269P.
- Petrovich, D.V. & Saeed, J.H. (2017). Sustainable development-the definition of the concept and the perspectives of development, *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(22), 12767-12771.
- Polat-Bulut, A. (2023). Sivas ilinde karayolundan kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesi, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1).
- Rosen, M.A. (2018). Issues, Concepts and applications for sustainability, *Glocalism: Journal of Culture, Politics and Innovation*, 3, 1-21.
- Ruddell, S., Walsh, M.j. & Kanakasabai, M. (2006). Forest carbon trading and marketing and United States, <https://www.fs.usda.gov/ecosystems-services/pdf/forest-carbon-trading.pdf>.
- Sami, N., Singh, C., & Bazaz, A. (2017). Climate change policy in India and goal 13, <https://iihs.co.in/knowledge-gateway/wp-content/uploads/2017/10/Climate-Change-Policy-in-India-and-Goal-13.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023
- Serre, C. (2008). Tradable permit schemes in environmental management: evolution patterns of an expanding policy Instrument, *Öko-Institute e.V.* Berlin.
- Shadid, S., Minhans, A. & Puan, O.C. (2014). Assessment of greenhouse gas reduction measures in transportation sector of Malaysia, *Jurnal Teknologi*, 70(4), 1-8.
- Solaymani, S. (2022). emissions and the transport sector in Malaysia, *Frontiers in Environmental Science*, doi:10.3389/fenvs.2021.774164.
- Sulik-Gorecka, A. & Strojek-Filus, M. (2022). emission reporting maritime and air transport in the context of sustainable development, *Production Engineering Archives*, 28(4), 381-389.
- Sun, H., Li, M. & Xue, Y. (2019). Examining the factors influencing transport sector emissions and their efficiency in Central China, *Sustainability*, 11, 4712, doi:10.3390/su11174712.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (tarihsiz). <https://kayseri.csb.gov.tr/kayseri-hakkinda-i-768> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi: 13.02.2024.

- T.C. Dışişleri Bakanlığı (2024). Sürdürülebilir kalkınma, *T.C. Dışişleri Bakanlığı Kurumsal Web Sayfası*, <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:09.01.2024.
- Telwatta, Y.I. (2021). The sustainability challenge of greenhouse gas emission and its impact on businesses, DOI:10.13140/RG.2.2.36566.16968.
- TÜİK, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=89&locale=tr> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024.
- TÜİK,(2023a)<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- TÜİK, (2023b), Turkish greenhouse gas inventory 1990-2021, National Inventory Report for Submission Under The United Nations Framework Convention on Climate Change, <https://enrji.gov.tr/Medis/Dizin/EVCED/tr/ÇevreVeKlim/İklimDeğişikliği/UlusalSeraGaziEmisyonEnvanteri/Belgeler/Ek-1.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- TÜİK, (2023c), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685#:~:text=Türkiye%20nüfusu%2085%20milyon%20279.279%20bin%20553%20kişiy%20ulaştı.> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- TÜİK, (2024a) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralık-2023-49432> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- TÜİK, (2024b) <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Ulastirma-ve-Haberlesme-112> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024.
- TÜİK, (2024c) https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p_Dis-Ticaret-104 sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024.
- UNEP (tarihsiz). <https://unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-12> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024.
- United Nations (2021). The sustainable development goals report, <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021.pdf> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024.
- Vorisek, D., & Yu, S. (2020). Understanding the cost of achieving the sustainable developmet goals, *Policy Research Working Paper, World Bank Group*, 9146.
- Wadhwa, L.C. (2000). Sustainable transportation: the key to sustainable cities, *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 39.
- Wang, Y., Hayashi, Y., Chen, J. & Li, Q. (2014). Changing urban form and transport emissions: an empirical analysis of Beijing, China, *Sustainability*, 6, 4558-4579, doi:10.3390/su6074558.
- Worldbank (2023). Transport: overview, <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/overview#1> sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:04.09.2024
- WTO (2021).The carbon content of international trade, Trade and Climate Change, https://www.wto.org/english/news_e/news21_e/clim_03nov21-4_e.pdf sayfasından erişilmiştir. Erişim Tarihi:18.10.2023.
- Yahlı-Kılıç, M., Dönmez, T. & Adalı, S. (2021). Karayolu ulaşımında yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi: Çanakkale örneği, *GÜFBED/GUSTIJ*, 11(3), 943-955.
- Zhang, R., Fujimori, S., Dai, H. & Hnaoka, T. (2018). Contribution of the transport sector to climate change mitigation: insight from a global passenger transport model coupled with a computable general equilibrium model, *Applied Energy*, 211, 76-88.