

Sürdürülebilir Kalkınma, İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektöründe CO₂ Emisyonu: Ege Bölgesi Örneği

Serdar ÖZTÜRK¹, Tuğba İBİK²

Özet

İklim, doğal sebepler ya da insan faaliyetlerine bağlı olarak değişime uğrayabilir. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisini azaltmak gerekmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu meydana gelen CO₂ emisyonu atmosfere yayılmakta ve iklim değişikliği üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Bu emisyonların farklı sektörlerden kaynaklanarak ortaya çıktığı, bu sektörler arasında ulaşımın önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Özellikle ulaşım faaliyetleri sonucu CO₂ emisyonu meydana gelmektedir. Bu durum iklimi ve sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların ve iklim değişikliğinin azaltılmasına, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik etkili bir adım atılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla karayolu ulaşım emisyonlarının boyutlarının belirlenmesi, iklim değişikliğine olan etkisinin ortaya çıkarılabilmesi için önemlidir. Literatürde karayolu ulaşım emisyonunu ele alan çalışmalara rastlanmakta, bu çalışmada ulaşılan sonuçtan hareketle nüfus ve araç değişimi gibi farklı kriterlerle kıyaslama yaparak literatüre katkı sağlamak hedeflenmektedir. Bu bağlamda çalışmada Ege Bölgesi illerinde 2010 ve 2022 yıllarında karayolu ulaşımının yol açtığı CO₂ emisyonu hesaplanmaktadır. IPCC’nin önerdiği Tier 1 yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamada 2022 yılında en fazla emisyonun 5,150,33 GgCO₂ ile İzmir’de meydana geldiği sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca emisyonların tüm illerde arttığı ve tedbir alınmasının gerekli olduğu görülmektedir. Çalışmanın sonuç kısmında elde edilen bulgular ışığında yenilenebilir enerji, elektrikli araç, vergi, ekonomik destek ve araç özellikleri hususunda politika önerileri geliştirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, İklim Değişikliği, Ulaşım Sektörü, CO₂ Emisyonu, Ege Bölgesi

Jel Kodu: Q01, Q54,R40

Sustainable Development, Climate Change and CO₂ Emissions in the Transport Sector: Aegean Region Example

Abstract

The climate may change due to natural causes or human activities. To ensure sustainable development, it is necessary to reduce the impact of human activities on the climate. CO₂ emissions resulting from human activities spread into the atmosphere and have a significant impact on climate change. It is seen that these emissions originate from different sectors, and transportation has an important place among these sectors. Especially, CO₂ emissions occur as a result of transportation activities. This may negatively affect the climate and sustainable development. For this reason, there is a need to reduce emissions and climate change arising from the transportation sector in Türkiye and to take an effective step towards sustainable development. Therefore, determining the extent of road transportation emissions is important to reveal their impact on climate change. There are studies addressing road transportation emissions in the literature, and based on the results obtained in this study, it is aimed to contribute to the literature by making comparisons with different criteria such as population and vehicle change. In this context, the study calculates the CO₂ emissions caused by road transportation in the provinces of the Aegean Region in 2010 and 2022. In the calculation made using the Tier 1 method recommended by IPCC, it is concluded that the highest emission in 2022 occurs in İzmir with 5,150.33 GgCO₂. In addition, it is seen that emissions are increasing in all provinces and precautions are necessary. In the conclusion of the study, policy recommendations are developed regarding renewable energy, electric vehicles, taxes, economic support and vehicle features in the light of the findings.

Keywords: Sustainable Development, Climate Change, Transportation Sector, CO₂ Emission, Aegean Region

Jel Codes: Q01, Q54,R40

ATIF ÖNERİSİ (APA): Öztürk, S., İbik, T. (2025). Sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve ulaşım sektöründe CO₂ emisyonu: Ege Bölgesi örneği, *İzmir İktisat Dergisi*. 40(3). 790-813. Doi: 10.24988/ije.1529702

¹ Prof. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat, Merkez/Nevşehir,Türkiye
EMAIL: serdarozturk@nevsehir.edu.tr **ORCID:** 0000-0003-0650-0244

² Doktora Öğrencisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat, Merkez/Nevşehir,Türkiye
EMAIL: tugbaibik50@gmail.com **ORCID:** 0009-0001-8194-6740

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma, 20. yüzyılın sonlarına doğru popülerlik kazanmaya başlayan bir konudur. Özellikle ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik hedefleri bulunmaktadır. 20. yüzyıl ve sonrasında sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için çeşitli konferanslar düzenlenmiş ve kararlar alınmıştır. Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik faaliyete başlayan kuruluşların, anlaşmaların ve müzakerelerin ortak noktasının mevcut kaynakların insan yararı da gözetilecek şekilde zarar vermeden kullanılması olduğu görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın özellikle enerji kaynaklarının yenilenebilir olmasına, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanmasına, iklim ve karasal ekosistemlerin korunmasına yönelik çeşitli çevresel hedefleri bulunmaktadır. Ancak sürdürülebilir kalkınmanın temel dinamikleri arasında bulunan çevresel sürdürülebilirliğin önünde giderek değişen iklim koşulları bir tehdit unsuru olabilir. Antropojenik faaliyetlerin etkisiyle ortaya çıkan emisyonlar atmosferi kirletebilir ve iklim koşullarını olumsuz etkileyebilir. 20. yüzyılın sonlarına doğru iklimsel değişimin öneminin daha net anlaşılması, bu konuya yönelik adımların atılmasında etkili olmuştur.

İklim çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bireylerin faaliyetlerinin bu değişim üzerinde daha çok etkisi olabilir. İnsan sayısındaki hızlı yükseliş kaynakların kontrollü olmayan bir şekilde kullanımını beraberinde getirebilir. İklim değişikliğini kontrol edebilmek için sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında faaliyetler yapılmaktadır. Özellikle bireylerin eylemleri sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonları iklim değişikliğinin temel nedenleri arasında bulunmaktadır. Bu emisyonlar çeşitli sektörlerden kaynaklanarak ortaya çıkabilir. Bu nedenle başta ulaşım olmak üzere tüm sektörlerde insan faaliyetleri sonucu meydana gelen CO₂ emisyonlarının azaltılması çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması için gerekmektedir.

Konu ile ilgili literatüre bakıldığında sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini sırasıyla sağlık, iktisadi araçlar, eğitim ve kalkınma gibi çeşitli konuları dahil ederek ele alan çalışmalara (Karakaya ve Özçağ, 2001; Koçar-Uzan, 2023; Martens, Sloof ve Jackson, 1997; Mochizuki ve Bryan, 2015) rastlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım konusunu emisyon ilişkisi kapsamında (Najmuddin, Musa ve Kasim, 2018; Ramanathan ve Parikh 1999) ele alan çalışmalarda bulunmaktadır. Ayrıca emisyonların etkisini farklı yöntemlerle ele alan (Thambiran ve Diab, 2011; Usman, Abdulhamid, Gwadabe, Usman, Isah ve Mallam, 2017; Giannakis, Serghides, Dimitrou ve Zittis, 2018; Bhat ve Garcia, 2021) çalışmalar yer almaktadır. Bunun yanı sıra ulaşım sektörü ve emisyon ilişkisini Ege Bölgesi için ele alan ve Tier 1 yöntemini kullanan (Özdemir ve Evci-Kiraz, 2024) çalışmaya rastlanmaktadır. Bu çalışmalar seçilen ülke ve ülke grupları, yöntem, zaman ve kapsam bakımından birbirinden farklılık göstermektedir. Literatürde özellikle iklim değişikliği ve ulaşım sektörü ilişkisini ele alan çalışmalarda, genellikle ulaşım faaliyetlerinin meydana getirdiği emisyonların iklim için tehlikeli bir etken olduğu konusunda uzlaşıldığı görülmektedir. Ayrıca bu çalışmalar teorik ve ampirik şekillerde ele alınmış, bu değişkenlerin birbiriyle olan ilişkisine yer verilmiştir. Öte yandan konuyla ilgili emisyon hesaplamasına yönelik çalışmalar mevcut olsa da bu çalışmaların daha çok artırılması ve bu yönde politika önerileri geliştirilmesi daha somut katkılar sağlayabilir. Literatürde Ege Bölgesi'nde ortaya çıkan emisyonları belirlemeye yönelik yapılmış olan sınırlı sayıda çalışma karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmayla konu ekonomik bakımdan ele alınmakta, bu yönde bir farkındalık oluşturmak amaçlanmaktadır. Bu nedenle çalışmada sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve ulaşım sektöründen kaynaklanan CO₂ salımına yönelik Ege Bölgesi illerinin kıyaslaması yapılmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen metodoloji kullanılarak farklı kriterlerle değerlendirme yapılmakta ve elde edilen bulgulardan hareketle politika çıkarımlarında bulunarak literatüre katkı sağlamak hedeflenmektedir.

Genel olarak bakıldığında, dünyada en fazla emisyonun enerji kullanımı nedeniyle ortaya çıktığı, ulaşım sektörünün de bunda önemli bir payı olduğu görülmektedir. Özellikle karayolu ulaşımında bu emisyonlar yüksek seviyededir. Bunu azaltabilmek ve kontrol edebilmek için emisyonların

seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuda özellikle IPCC tarafından önerilen yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. IPCC'nin yayınladığı kılavuzda önerilen yaklaşımlar Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 şeklindedir. Bu çalışmada Ege Bölgesi illerinde karayolu ulaşımının ortaya çıkardığı CO₂ emisyonunu tahmin etmek için belirtilen yöntemler arasından Tier 1 kullanılarak hesaplama yapılmaktadır. Tier 1 yöntemi daha basit ve daha az veriye gereksinim duyulmasından dolayı tercih edilmiştir. Çalışmada ilk olarak ilgili literatür araştırmasına yer verilmiş, sonraki bölümde sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve ulaşım sektörü ilişkisine değinilmiş, bir sonraki bölümde Ege Bölgesi'nde bulunan Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinin karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesine yönelik çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem, bulgular ve tartışma bölümüne alt başlıklar halinde yer verilmiştir. Çalışma sonuç ve öneriler bölümüyle tamamlanmıştır.

1.1. Araştırmanın Amacı

"Sürdürülebilir Kalkınma, İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektöründe CO₂ Emisyonu: Ege Bölgesi Örneği" isimli makale çalışmasının amacı, Ege Bölgesi'nde Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinin neden olduğu karayolu ulaşımı nedeniyle meydana gelen CO₂ emisyonunu hesaplamaktır. Ayrıca bölgede bulunan illerde karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonların nüfus ve araç değişimiyle birlikte ele alınıp değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

1.2. Araştırmanın Önemi

İklim değişikliği günümüzde ciddi boyutlara ulaşan ve çözülmesi gereken bir sorundur. Bu sorun üzerinde ulaşım sektöründen kaynaklanan faaliyetler etkili olabilir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının ulaşım sektöründe yoğun olarak kullanılmakta olduğu, özellikle CO₂ salımında karayolu ulaşımının büyük bir payının olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ulaşım sektörü ve iklim değişikliği ilişkisinin sürdürülebilir kalkınma perspektifinde ele alınarak bu hedefler doğrultusunda hareket edilmesi ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan önemlidir. Literatürde farklı ülke, bölge ve illerde ulaşım sektörünün iklim üzerinde olumsuz etkiler bıraktığına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Dolayısıyla ulaşım emisyonunun belirlenmesi küresel boyutta önemli bir konudur. Özellikle Türkiye'de bulunan bölgelerin her biri için karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesi sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi ve iklim değişikliğinin azaltılması için gerekmektedir. Literatürde Ege Bölgesi'nde bulunan iller için ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların belirlenmesine dair sınırlı sayıda çalışma bulunduğu için bu bölge seçilmiştir. Karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesi sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve buna yönelik politika önerilerinin geliştirilmesi bakımından önemli görülmektedir.

1.3. Araştırmanın Soruları

Bu amaç ve katkılara göre çalışmada şu sorulara cevap aranmaktadır;

S₁: Ege Bölgesi illerinde karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu tüm iller için artmakta mıdır?

S₂ : Ege Bölgesi illeri arasında 2022 yılında karayolu ulaşımında en fazla ve en az CO₂ emisyonu oluşumuna neden olan il hangisidir?

S₃: Ege Bölgesi illerinde 2022 yılında 2010 yılına kıyasla karayolu ulaşımının neden olduğu toplam CO₂ emisyonu değişimi nedir?

Bu çalışmada cevap aranan sorularda Ege Bölgesi'nde bulunan illerde emisyon seviyesinin yüksek olduğu ilin tespit edilmesi, ilk olarak önlem alınması gereken yerlerin belirlenmesi açısından önemli görülmektedir. Ayrıca emisyonların illerin tamamında artıp artmadığına ve toplam değişimlerine bakılarak ivedilikle müdahale edilmesi gereken iller belirlenmeye çalışılmaktadır.

1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmada zaman, yer, yöntem ve kapsam bakımından bazı sınırlamalar yapılmaktadır. Yer bakımından yalnızca Ege Bölgesi'nde bulunan Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinde karayolu ulaşım emisyonunu belirlemeye yönelik kısıtlama yapılmaktadır. Zaman bakımından yalnızca 2010 ve 2022 yıllarına yönelik CO₂ emisyon hesaplaması yapılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan raporlarda en son 2022 yılına ait verilere ulaşıldığı için hesaplama bu dönemle sınırlandırılmıştır. Ayrıca çalışmada yalnızca yakıt tüketim verileri kullanılmaktadır. Bu veriler IPCC'nin emisyon ve dönüşüm faktörleri aracılığıyla yapılan hesaplama için kullanılmakta, böylece CO₂ emisyon miktarı belirlenmektedir. Yöntem bakımından ise, karayolu ulaşım emisyonunun belirlenmesi için IPCC kılavuzunda önerilen yaklaşımlardan Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplama yapılmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ulaşım sektöründe artan faaliyetlere bağlı olarak ortaya çıkan hava kirliliği tüm dünyada iklim değişikliğine yol açabilir. İklim değişikliğinin pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Özellikle sürdürülebilirliğin sağlanması üzerinde engelleyici bir rol oynayabilir. Günümüzde iklim değişikliğine yönelik artan farkındalık bu alanda daha çok çalışma yapılmasını sağlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, iklim ve ulaşım sektörü konularını literatürde farklı bakış açıları ve yöntemlerle ele alan çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve ulaşım sektörü ilişkisini ele alan çalışmalara yer verilmektedir.

Buna göre sürdürülebilir kalkınma ve iklim konusunu ele alan çalışmalara bakıldığında; Martens ve diğerleri (1997), sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve sağlık konusunu ele aldıkları çalışmada, ülkelerin ekonomik durumuna göre sağlıklarının incelenmesi, tarım, sanayi ve nüfusa yönelik politikaların çevreye uyumlu bir şekilde yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Karakaya ve Özçağ (2001) sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini iktisadi araçlar ile birlikte ele aldıkları çalışmada, iktisadi araçların çevre üzerinde etkili olabileceğini öne sürmektedir. Bunun ise karbon vergisi ve emisyon ticaretiyle sağlanabileceğini belirtmektedir. Kılıç (2009), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini ele aldığı çalışmada, iklim değişikliğinin her ülkeyi aynı etkilemediğini, tedbir alınmadığı takdirde bu sorunun devam edeceğini belirtmektedir. Türkiye için ülkeye özgü ve uluslararası boyutta sürdürülebilir kalkınmaya yönelik enerji, sulama, Ar-Ge ve atık yönetimi konusuna yönelik adımlar atılması gerektiğini öne sürmektedir. Mochizuki ve Bryan (2015), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğinde eğitimi ele aldıkları çalışmada, bu konuda eğitime yeteri kadar önem verilmediğini, ancak iklim sorununun önüne geçilmesinde eğitimin etkili olacağını ifade etmektedir. Prajapati (2018), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini ele aldığı çalışmada, iklim değişikliğinin çeşitli nedenleri olduğunu, iklim değişikliğinin küresel boyutta etki gösterdiğini, bunun önüne geçebilmek için daha etkili mücadele verilmesi, bilim ve teknolojiye yönelik eğitim verilmesi gerektiğini belirtmektedir. Sharma ve Payal (2019), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini Paris Anlaşması kapsamında ele aldıkları çalışmada, iklim değişikliğiyle mücadele etmede sürdürülebilir kalkınmanın önemli olduğunu ve sera gazlarının giderek arttığını ifade etmektedir. Paris Anlaşması'nın iklim değişikliğinin önüne geçmede etkili olduğunu, gelişmişlik seviyesi düşük olan ülkelere daha fazla mali destek sağlanması ve teknolojinin aktarılması gerektiğini öne sürmektedir. Ayrıca emisyonların düşük olması, teknolojiyle müdahale edilmesi, teknoloji ve kurumsal değişimin sağlanması, ulusal emisyon envanterleri hazırlanması ve harekete geçilmesi önerisinde bulunmaktadır. Aydın ve Genç (2023), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan afetleri, 2015-2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında ele almaktadır. Bu hedeflerin gerçekleşmesinin önünde iklime bağlı afetlerin etkisinin olduğunu ifade etmektedir. Koçar-Uzan (2023), sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini kırsal kalkınma ile ele

aldığı çalışmada, tarım üzerinde iklim değişikliğinin etkisinin ciddi boyutlara ulaşacağını belirtmektedir. Ayrıca kırsal alanda kalkınmanın sürdürülebilir kalkınma kapsamında ele alınması gerektiğini ifade etmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara bakıldığında; Ramanathan ve Parikh (1999) Hindistan'da ulaşım sektörünü sürdürülebilir kalkınma kapsamında 1990 ve 2021 dönemleri için analiz ettikleri çalışmada, yolcu ve yük trafiğinin artış göstereceğini, böylece enerji kullanımına bağlı olarak CO₂ emisyonunun artacağını ifade etmektedir. Enerji kullanımına yönelik yapılan iyileştirmelerin ise CO₂ emisyonunu ve enerji kullanımını azaltıcı etkide bulunacağını öne sürmektedir. Jedlicka, Dostal ve Adamec (2011) sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım ilişkisini ele aldıkları çalışmada, ulaşım sektörünün ekonomik kalkınma için gerekli olduğunu, ancak bunun yalnızca altyapı ve piyasa sisteminde yapılacak düzenlemelerle değil sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda yapılması gerektiğini belirtmektedir. Simionescu, Albu, Raileanu-Szeles ve Bilan (2017), Avrupa Birliği ülkelerinde ulaşım sektöründe biyodizel kullanımını ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 2000 ve 2015 dönem verilerini kullanmaktadır. Panel veri ve Wald testi için Granger nedensellik analizini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, ekonomik büyümeyi biyodizel kullanımının olumlu yönde etkilediği, sera gazı emisyonlarının etkilemediği, biyoetanolün kullanımının ise olumsuz yönde etkilediği sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca ulaşım sektöründe biyodizel kullanımı ve ekonomik büyüme ile biyoetanol ve ekonomik büyüme arasında ilişkinin olduğunu belirtmektedir. Biyodizele yönelik düzenlemelere ağırlık verilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Najmuddin ve diğerleri (2018), Malezya'da sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektöründe CO₂ emisyonunu ele aldıkları çalışmada, yeşil ulaşımın iklim ve sürdürülebilir kalkınma üzerinde olumlu etki yaratacağını öne sürmektedir. Ulusal Yeşil Teknoloji Politikası'nın önemine değinmektedir. Hükümetin ekonomik büyüme ve enerjiye yönelik katkı sağlayacağını belirterek yeşil ulaşımın özendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Taghvaei, Nodehi Saber ve Mohebi (2022), İran'da sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektörünü analiz ettikleri çalışmada, VAR modelini kullanmaktadır. 1979 ve 2016 dönem verilerinin ele alındığı çalışmada elde edilen bulgulara göre, ülkede sürdürülebilirliğe yönelik destekleme yapıldığı, ulaşımında demiryolu, havayolu, karayolu ve denizyolu sıralaması ile sürdürülebilir kalkınmanın etkili olacağı sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca hükümetin sürdürülebilirliğe ve demiryolu ulaşımına öncelik vermesi tavsiyesinde bulunmaktadır.

İklim değişimi ve ulaşım sektörü arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara bakıldığında; Yevdokimov (2010), iklim değişikliği ve ulaşım sektörünü ele aldığı çalışmada, ulaşımın iklimi, ikliminde ulaşımı etkilediği, hükümetlerin buna yönelik önlemler alması gerektiğini ifade etmektedir. Bunun yanı sıra, ulaşım ve hizmet alanında yapılacak olan düzenlemelerin ve iyileştirmelerin kısa vadeli yapılmaması gerektiğini vurgulamaktadır. Dulal, Brodnig ve Onoriose (2011), ulaşım sektörü ve iklim değişikliğini ele aldıkları çalışmada, ulaşımında sera gazı emisyonunun sürekli arttığını, kısa vadede kentsel plânlamaların emisyon azaltmada önemli bir etkisi olmasa da uzun vadede yapılacak altyapı çalışması ile çevreye zarar vermeyen ulaşım araçlarının kullanılabileceğini, bina inşalarının yüksek olması, istihdam artışı ve destekleyici uygulamalarında etkili olacağını belirtmektedir. Thambiran ve Diab (2011), Güney Afrika'da karayolu ulaşım sektörü, iklim değişikliği ve hava kirliliğini ele aldıkları çalışmada, COPERT modelini kullanmaktadır. Çalışmaya göre araç kullanımının sera gazı emisyonu ve hava kirliliği üzerinde etkili olduğunu öne sürmektedir. Araçlarla seyahatin azalması ve karayolu ulaşımında verimliliğin sağlanmasının etkili çözüm olacağını vurgulamaktadır.

Vasile, Balan, Grabara ve Balan (2012), Romanya'da ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonunu ele almaktadır. Buna göre ulaşım sektörünün neden olduğu iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilmek için teknoloji, hizmetlerin devamlılığı, araçların buna uygun yapılması, altyapı gibi konulara ağırlık verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Snow ve Snow (2014), iklim değişikliği ve ulaşımında sera gazı emisyonunu ele aldıkları çalışmada, konunun toplumsal ve hükümet açısından

öneminin kavranması gerektiğini ifade etmektedir. Ayrıca iklim politikasının bunda etkili olacağını, emisyon azaltımının ekonomik bakımdan da katkı sağlayacağını öne sürmektedir. Usman ve diğerleri (2017), Nijerya Kano'da kentleşme, iklim değişikliği ve karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunu ele aldıkları çalışmada USEPA yöntemini kullanmaktadır. Buna göre, araçlarda saatlik toplam yoğunluğun sırasıyla otomobil ile otobüs, üç tekerli bisiklet ve kamyonlardan kaynaklandığı sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca yol ve üst geçitler ile ilgili düzenleme yapılması ve toplu ulaşımın kullanılması gerektiği tavsiyesinde bulunmaktadır. Gelete ve Gokcekus (2018) ulaşım sektöründe iklim değişikliğinin ekonomik etkisini ele almaktadır. Çalışmada ulaşılan sonuca göre, iklimde meydana gelen değişimlerin ulaşımaya yönelik yapılacak olan altyapı çalışmalarının ekonomi üzerinde maliyet oluşturacağını öne sürmektedir.

Giannakis ve diğerleri (2018), Kıbrıs'ta iklim değişikliği ve ulaşım sektöründe CO₂ emisyonunu ele almakta, IOA ve EE-IOA yöntemini kullanmaktadır. 1,200 kişinin seyahat ettiği adada emisyonun 132 kg CO₂/m²yıl olarak gerçekleştiği, toplam emisyon içinde araçların önemli bir payının olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca masraflı olmayan uygulamalar ve teknolojiyle ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonun azaltılabileceğini belirtmektedir. Bhat ve Garcia (2021) AB ülkelerinde karayolu ulaşımında dizel ve benzin kullanımı ile sürdürülebilirlik konusunu ele almakta ve bunun için 2000-2018 dönem verilerini kullanmaktadır. Tier 1 yönteminin kullanıldığı çalışmada, yakıt türlerinin kullanımının karbon miktarını artırarak iklim için tehlikeli olduğunu belirtmektedir. Öte yandan karayolu ulaşımının 0,237 ile 0,245 milyar ton arasında gerçekleştiği sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra tedbirlerin alınmadığı takdirde iklim üzerine belirlenen hedeflerin gerçekleşemeyeceğini vurgulamakta ve bunun için elektrifikasyonun etkili olacağını ifade etmektedir. Sunkur ve diğerleri (2021), Mauritius'ta iklim değişikliği ve karayolu ulaşımını ele aldıkları çalışmada, aralarındaki ilişkinin karmaşık olduğunu ve ulaşım sektöründe iklime zarar vermeyecek şekilde adım atılması gerektiğini belirtmektedir. Soni ve Jitendra (2022), ulaşım ve iklim değişikliğini ele aldıkları çalışmada, emisyonların ortaya çıkmasına hava ve karayolu ulaşım faaliyetlerinin neden olduğunu, bunun için kullanılan yakıtların değiştirilmesinin ve teknolojinin etkili olabileceği gibi insanların faaliyetlerinin, toplu taşımanın, kısa sürede yapılacak olan bireylerin hareketlerindeki değişimlerin de etkili olacağını belirtmektedir. David (2023), iklim değişikliği ve intermodal ulaşımı ele aldığı çalışmada, ikincil kaynaklardan bilgi toplayarak analiz yapmaktadır. Buna göre, iklim değişikliğinin ulaşımaya yağış ve emisyon gibi etkilerinin olacağını ve ulaşım sektörüne yönelik uygulamalar yapılmasını teşvik edeceğini öne sürmektedir.

İklim değişikliğini ulaşım sektöründe teknolojik gelişmelerle ilişkilendiren çalışmalara bakıldığında; Chapman (2007), ulaşım ve iklim değişikliğini ele aldığı çalışmada, karayolu ve havayolu ulaşımının atmosfere yayılan zararlı gazlar üzerinde önemli etkisinin olduğunu ifade etmektedir. Farklı yakıt türlerinin ve teknolojilerin etkili olabileceği düşünülse de bunun yeterli olmayacağını belirtmektedir. Ayrıca teknolojiye yönelik yapılacak olan hareketlerde kısa süreli çözümlere de yoğunlaşılması gerektiğini vurgulamaktadır. Rubin (2008), iklim değişikliği ve ulaşım sektörünü ele aldığı çalışmada, ulaşımın sera gazı emisyonuna neden olduğunu, yakıt tasarruflu teknoloji kullanımının bunu azaltılabileceğini belirtmektedir. Ancak bunun yeterli olmayacağını öne sürmektedir. Ayrıca hibrit sistemlerin desteklenmesi gerektiğini vurgulamakta, bireyler ve hükümet tarafından önlemlerin alınması gerektiğini ifade etmektedir. Li (2009), iklim değişikliği ve ulaşım sektörünü ele aldığı çalışmada, AB'nin iklim değişikliğine yönelik yaptığı politikaları incelemektedir. Buna göre AB'nin sera gazı ve ulaşım sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonunu azaltmaya çalıştığını, bunun için yeni araçlarda önlem alındığını, teknolojinin emisyon azaltımında etkili olacağını ifade etmektedir. Ayrıca tüm dünyayı ilgilendiren bu sorunun hükümetin yapacağı politika ve kanuni düzenlemelerin, bireylerin alternatif ulaşım yollarını tercih etmesinin faydalı olacağını belirtmektedir.

Zhang ve Fujimori (2019) iklim değişikliği ve ulaşımında elektrik kullanımını ele aldıkları çalışmada senaryolar oluşturmaktadır. Buna göre, enerji bakımından yenilenemeyen kaynakların kullanılması

ile ulaşımda elektrik kullanımına geçilmesinin etkili olmayacağını öne sürmektedir. Ayrıca elektrik kullanımının maliyet bakımından ekonomiye katkı sağlayacağını belirtmektedir. Bunun yanı sıra, iktisat bilimcilerin ve enerjiye yönelik politika yapanların işbirliği içinde olmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Bhowmik, Rahut ve Syed (2022), iklim değişikliğini azaltan teknolojiler ve ulaşım sektöründe CO₂ emisyonunu ele aldıkları çalışmada, panel kantil regresyon analizi yapmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, iklim değişikliğini azaltan teknolojilerde artış meydana gelmesi durumunda ulaşım sektörünün neden olduğu emisyonun farklı zaman dilimlerinde farklı oranlarda önlenebileceği sonucuna ulaşmaktadır. Buna göre bu teknolojilere yatırım yapılmasının etkili olacağı tavsiyesinde bulunmaktadır.

Din ve diğerleri (2023), iklim değişikliği ve sürdürülebilir ulaşım teknolojilerini ele aldıkları çalışmada, 410 katılımcının olduğu anket yöntemini kullanmakta, yapısal eşitlik modeli ile analiz yapmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, Çin’de iklim değişikliği teknolojilerinin, elektrikli demiryolu araçları ve sürdürülebilir ulaşımın iklim değişikliği üzerinde olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca sürdürülebilir iklim politikaları ve sistemlerinin fayda sağlayacağını belirtmektedir. Seçilmiş ve Gümüş-Akar (2024) 12 OECD ülkesinde taşımacılıkta teknoloji kullanımını ve iklim değişikliğini analiz ettikleri çalışmada, 1999 ve 2017 dönemleri arası verileri kullanmaktadır. ARDL ve Panel model tahmincilerinin kullanıldığı çalışmada, patent ve ticari açığın emisyon üzerinde etkisinin olmadığını, GSYH’nın sera gazı emisyonu üzerinde olumlu etkisinin olduğunu, teknoloji kullanımının ulaşım sektörünün yol açtığı sera gazı emisyonları üzerinde azaltıcı etkide bulunmak için yetersiz olacağını öne sürmektedir. Speizer ve diğerleri (2024) ulaşım sektöründe sıfır emisyon konusunu ele almakta, ulaşımda elektrik kullanımının karbonun azaltılmasında etkili olduğunu öne sürmektedir. Özellikle havayolu ve denizyolu ulaşımında hidrojen ve biyoyakıtların kullanımının önemli olduğunu belirtmektedir. Ayrıca emisyonların azalması için yakıt kullanımının, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının tercih edilmemesi ve diğer enerji kaynaklarının teknolojik gelişmelerle birlikte desteklenmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Ege Bölgesi’nde ulaşım sektörü ve emisyon ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Yalçinkaya (2020) İzmir Çiğli’de katı atık toplama ve taşımanın hava kirliliğine etkililerinin CBS tabanlı VTR yöntemiyle analiz etmektedir. Buna göre büyük araç kullanımının emisyonları %17 oranında artırdığı sonucuna ulaşmaktadır. Özdemir, Evci-Kiraz, Yıldırım (2021) iklim değişikliği ve düşük karbonlu ulaşımı Ege Bölgesi için ele aldıkları çalışmada, 2002 ve 2020 dönem verilerini kullanmaktadır. Buna göre yakıt türleri, araç sayıları, elektrikli araçlar, sera gazı emisyonu ve trafik kaza göstergelerini incelemektedir. Türkiye’de sürdürülebilir ulaşımaya yönelik kayda değer gelişmeler yaşanmaya başladığını öne sürmektedir. Özdemir ve Evci-Kiraz (2024) Ege Bölgesi’nde ulaşım emisyonları, çevre ve insan sağlığı konusunu ele almakta, 2010 ve 2019 dönem verilerini kullanmaktadır. Tier 1 yöntemini kullandıkları çalışmada, 2019 yılında sera gazı emisyonlarının 2010 yılına kıyasla %72,14 artış gösterdiğini belirtmektedir. Ayrıca sistematik derleme yapmakta karayolu ulaşımının yol açtığı emisyonların insan sağlığı ve çevre üzerinde etkisinin olacağı sonucuna ulaşmaktadır.

Konuyla ilgili literatür araştırmasına bakıldığında sürdürülebilir kalkınma, iklim ve ulaşım sektörü ilişkisine yönelik zaman, yer, yöntem ve kapsam bakımından çalışmaların farklılaştığı görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım sektörü ilişkisini ele alan çalışmalar genellikle ekonomik ve çevresel boyuta odaklanmaktadır. Ulaşım emisyonunun belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda Tier 1 yöntemide dahil olmak üzere farklı hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Ege Bölgesi özelinde bakıldığında ulaşım emisyonlarına yönelik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan zaman ve kriterler ile konuya farklı bir bakış açısı getirilmektedir. Ekonomik bir perspektifle ele alınan çalışmada, ulaşılan sonuçtan hareketle getirilen politika önerileriyle literatüre katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ULAŞIM SEKTÖRÜ EMİSYONU

Sürdürülebilir kalkınmanın, 20. yüzyılın ortalarından sonra önemi artmaya başlamıştır. 20. yüzyılın sonlarına doğru değişen iklim koşullarına yönelik farkındalığın artması sonucunda sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda hareket edilmeye çalışıldığı görülmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı, kaynakların etkin kullanımı ve refah ile devamlılığın sağlanabilmesini, kalkınma kavramı ise refahın azaltılmadan sürdürülebilirliğin gerçekleştirilmesini ifade etmektedir (Asheim, 1994: 1). Sürdürülebilir kalkınma kavramı tek bir anlama gelmemekle birlikte, yapılacak olanları doğrudan belirtmeyen ancak kuralları olan bir kavramdır. Genellikle refah düzeyini yükseltme odaklı, ekonomik, sosyal ve çevresel yaşam kalitesiyle etkileşime sahip olan bir kavram olduğuna yönelik görüşler bulunmaktadır (Torjman, 2000: 2). Lele (1991) sürdürülebilir kalkınma kavramını hiç bitmeyen bir döngü şeklinde ifade etmiştir (Lele, 1991: 609). Meadows (1998) ise sürdürülebilir kalkınmayı, canlı ve cansızların etkileşimde bulunduğu ortamla ilgili olan kimyasal süreçlerle burada ki birey ve ekonomi ilişkisini uzun bir dönemde ele alan basit olmayan yapıya sahip bir kavram olarak tanımlamıştır (Meadows, 1998: 7). Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik farklı görüşlerin ortaya çıkması ve çevrenin öneminin anlaşılmasıyla ortaya çıkan bu kavramın oluşumu uzun bir zaman dilimine dayanmaktadır. 1983 yılında ekonomik ve çevresel anlamda çözüm getirmeye yönelik hareket edilmesi için Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kanun çıkarılmıştır (Wibisana, 2014: 99). Ekonomi ve çevre arasındaki ilişki esasen 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Bu dönemlerde hava ve su kaynaklarındaki kirlilik, kimyasal ilaçlamalardan kalan atıklar ile doğal kaynakların sömürülmesi endişe verici bir durum olarak görülmüştür. Bu doğrultuda bazı ülkeler kirliliğin önüne geçmeye yönelik hareket etse de bunlar yeterli olmamış, bu sorunların denetim altında tutulup tamamen ortadan kaldırılması gerekmiştir. Su ve sera gazı emisyonları gibi gazlardan kaynaklanan kirlilikler tüm dünya iklimini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunlara insan sayısındaki artışla birlikte bireylerin faaliyetlerine dayalı ekonomik, sosyal ve çevresel sıkıntılar eşlik etmektedir. Bu bakımdan 1970 yılında sorunun Roma Kulübü tarafından duyurulmasının ardından "Büyümenin Sınırları" raporu ile çeşitli tedbirler alınmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde bireylerin talepleri doğrultusunda artan kaygılar için doğada bulunan kaynaklar tüketilmeden ve çevrede bulunan topluluklara zarar vermeden bir hayat sürülmesi beklenmiştir (UK Parliamentary Office of Science and Technology, 1997).

Tarih boyunca sürdürülebilirlik bireylerin gelişim göstermesine öncülük etmiştir. Bunun üzerinde çevreye zarar verse bile ekonomik anlamda kalkınmanın gerçekleşebilmesi ve doğada bulunan kaynakların kullanımına yönelik tedirginliğin etkisi bulunmaktadır. İlk defa 1987 yılında Brundtland Komisyonu'nda kavramsal olarak sürdürülebilir kalkınmanın geniş bir tanımına yer verilmiş, ancak daha sonra çok sayıda farklı anlamlara gelen tanımlamalar yapılmıştır. Buna rağmen genellikle yapılan tanımlamalar ekonomi, yaşamın idame ettirilebilmesi ve çevrenin korunmasına işaret etmiştir (Keiner, 2004: 379). Birleşmiş Milletler'in 1987 yılında yayınladığı "Ortak Geleceğimiz" isimli raporunda sürdürülebilir kalkınma kavramı, mevcut gereksinimlerin tüm kuşaklar düşünülerek doğaya zarar vermeden giderilmesi şeklinde ifade edilebilir (United Nations, 1987). Brundtland Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma kavramı açıklanırken insanların gereksinimlerinin ön plânda olması ile tüm dönemler için kaynakların bol olmamasının etkisi vurgulanmıştır (Ciegis, Ramanauskiene ve Martinkus, 2009: 30). 1972 yılında yapılan Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Konferansı'nda sürdürülebilir kalkınmanın temellerinin atıldığına yönelik bir kanı olsa da esasen 1987 yılında yayınlanan "Ortak Geleceğimiz" isimli Brundtland Raporu ve "Dünya Zirvesi" şeklinde tabir edilen 1992 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı ile birlikte gelişme göstermiştir. Dünya Zirvesi'nde Rio Bildirisi, Orman İlkeleri, Biyolojik Çeşitlilik, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Gündem 21 gibi ekonomik, sosyal ve çevresel korumayı temel alan kararlar alınmıştır (Whitfield, 2015). 1992 yılında yapılan Rio Zirvesi üzerinde Brundtland Raporu'nun etkisi olmuş, bu zirvede sürdürülebilir kalkınmanın evrensel boyutta kurumsallaşması sağlanmaya

çalışılmıştır. Dünya Zirvesi'nde alınan sürdürülebilir kalkınmaya yönelik Gündem 21 ve hem kalkınma hem de çevreye yönelik Rio Bildirisi kararlarının, Stockholm Konferansı'nda hayata geçirilmesine karar verilmiştir (Drexhage ve Murphy, 2010: 8). 1993 yılında yapılan Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu'nun yanı sıra Gündem 21 ortaya çıkmış, 1997 yılında ise bunun uygulanabilirliğine Dünya Zirvesi +5'te bakılmıştır (Whitfield, 2015).

21. yüzyılın başında Birleşmiş Milletler'e üye olan 189 ülke aracılığıyla yapılan Milenyum Zirvesi ile birlikte "Binyıl Kalkınma Hedefleri" ortaya çıkmıştır. Yoksulluk, eğitim, cinsiyet ayrımcılığının olmaması, çocukların hayatını kaybetmesi, çocuk sahibi olan kadınların sağlıklı olması, bulaşıcı ve çeşitli hastalıklar, çevre sürdürülebilirliği ve ortak kalkınma gibi konular hedefleri arasında yer almıştır. 2015 yılına kadar geçerliliğini sürdürmesine karar verilen bu hedeflere 2012 yılında yapılan Rio+20 konferansı ile yeni amaçlar dahil edilmiştir (Zofia, 2017: 101-102). 2002 yılında Johannesburg'da yapılan "Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi"nde sürdürülebilirlik konusu gündeme getirilmiş ve etkin bir sürdürülebilirliğin sağlanamamasının nedenleri ele alınmıştır (Hens ve Nath, 2003: 8). 2012 yılına gelindiğinde çok sayıda katılımcı ile gerçekleşen Rio+20 konferansında "İstedığımız Gelecek" bildirisine onay verilmiş ve özellikle yoksulluk konusunun sürdürülebilir kalkınmanın sağlanamamasında etkili olduğu belirlenmiştir. 2016 yılında Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri ile ilişkilendirilerek sosyal, çevresel ve büyüme ile alakalı olacak şekilde bazı amaçlar belirlenmeye çalışılmıştır (Ogryzek, 2023: 7-8).

Birleşmiş Milletlerin 2015 yılında yayınladığı 17 tane sürdürülebilir kalkınma hedefi bulunmaktadır (Reid, 2020: 7). Sürdürülebilir kalkınmanın ilk hedefi yoksulluğu azaltmak, ikinci hedefi açlığı azaltmak, üçüncü hedefi refah ve sağlık, dördüncü hedefi eğitimin kaliteli olması, beşinci hedefi cinsiyet eşitliği, altıncı hedefi su kaynakları ve temizliği, yedinci hedefi temiz enerji, sekizinci hedefi ekonomik büyüme ve istihdam, dokuzuncu hedefi sanayi, yenilik ve altyapı, onuncu hedefi eşitsizlik, on birinci hedefi kentlerin ve toplumların sürdürülebilirliği, on ikinci hedefi üretim ve tüketim, on üçüncü hedefi iklim, on dördüncü hedefi su yaşamı, on beşinci hedefi karasal ekosistem, on altıncı hedefi barış, adalet ve kurumsallık, on yedinci hedefi ise ortak hareket etmedir (United Nations, t.y.).

Sürdürülebilir kalkınma, doğada bulunan kaynaklara zarar gelmemesi, bu kaynakların belirli bir yenilenme ölçüsünü geçmemesi, etrafa yayılan zarar verici maddelerin onarılmasının belirli bir sınırı olması nedeniyle önemlidir (Duran, Gogan, Artene ve Duran, 2015: 808-809). Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için, devam edecek kuşakların faydasının gözetilmesi, değişmeye ve bozulmaya elverişli yapıda olan doğanın ekonomiyle olan karşılıklı ilişkisinin sürmesi gerekmektedir (Daly, 2002: 1). 21. yüzyılda doğal nedenlerden dolayı ortaya çıkan afetler, iklimsel değişimler, ekonominin toplum üzerinde yarattığı etki, savaşlar ve siyasi sorunlar artış göstermeye başlamıştır. Antropojenik kaynaklı faaliyetler küresel boyutta tüm canlıların hayatını tehdit etmektedir. 20.yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma ile ekonominin toplum üzerindeki etkisi çevreye uyum sağlayacak şekilde yapılmaya, bireysel gereksinimler için gerekli olan kaynakların refah kapsamında kullanımı sağlanmaya çalışılmıştır. Sürdürülebilirlik ekonomi, sosyal ve çevre bakımından dengenin kurulmasını ifade etmektedir (Klarin, 2018: 67-68).

Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşebilmesi ve ekonomik, sosyal ve çevresel sorunların azaltılması ya da oluşmaması için iklimin neden olduğu olumsuz durumların önüne geçilmesi gerekmektedir (Watkiss, Downing, Handley ve Butterfield, 2005: 51). Kavramsal olarak iklim, bir yerde bulunan ve incelemeler sonucu ulaşılan meteorolojik olayların ortalaması şeklinde tanımlanabilir. İklim değişimi ise iklimde uzun vadeli etkide bulunan değişim şeklinde ifade edilebilir (Riedy, 2016). İklim değişiminin ortaya çıkmasında gezegenlerin yörüngelerinde meydana gelen değişimler ve atmosferik olaylar, volkanik olaylar ile bireylerin yaptığı ekonomik ve toplumsal aktivitelerden kaynaklanan durumlar etkili olmaktadır. Bu insan aktiviteleri arasında ormanlık alanların tahrip edilmesi, yapay göl için kurulan barajlar, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, tarımsal

faaliyetlerin yapılmasının ardından toprakta kalan otların yakılması ve araç kullanımından kaynaklanan emisyonlar gösterilebilir (Anyadike, 2009: 13).

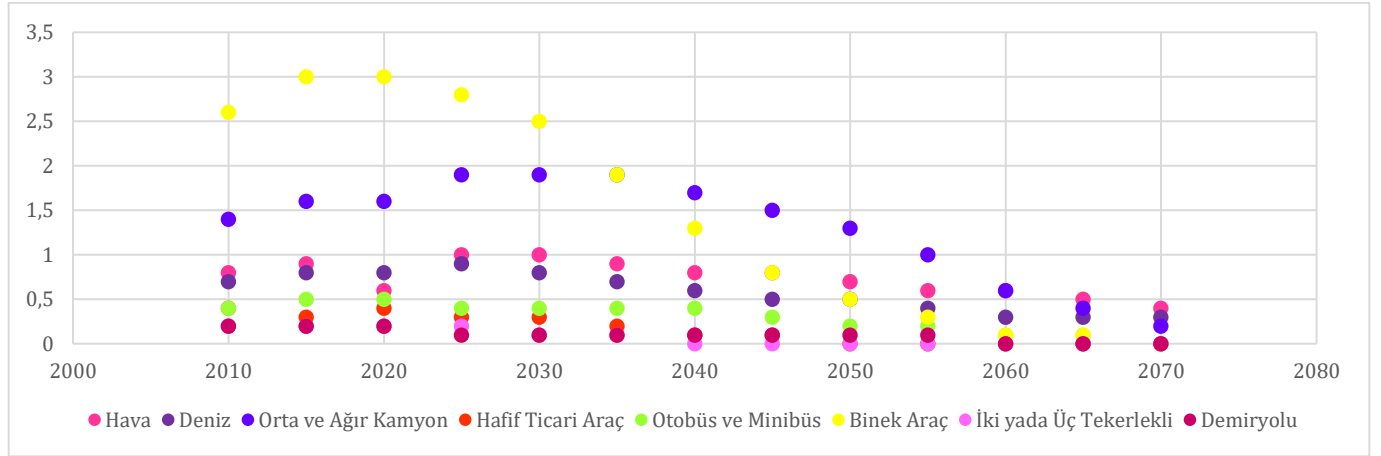
Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından yayınlanan raporda, iklimsel değişmelere antropojenik faaliyetlerin neden olduğu, sıcaklık artışı ile bu değişimin uzun yıllar boyunca devam edeceği öne sürülmüştür. Sosyal bakımdan pek çok sorunu da beraberinde getirecek olan bu durum ekonomisi gelişmemiş ülkeleri etkisi altına almaktadır (Koubi, 2019: 1). Ekonomisi gelişmemiş ülkelerde iklimin ortaya çıkardığı etkilerle başa çıkmak daha zordur (Watkiss ve diğerleri, 2005: 51). İklim değişimi üzerinde enerjinin kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının etkisi bulunmaktadır. Doğal nedenlerle veya bireylerin eylemlerinden kaynaklanarak meydana gelen sera gazının içeriğinde CO₂, CH₄, N₂O ve su buharı bulunmaktadır. Bu gazların yoğunluğundaki artma sonucunda değişen sera gazı, antropojenik eylemlerle sıcaklığı ciddi oranlarda artırmaktadır (Widhalm, Salazar ve Dorworth, 2021: 1). 20.yüzyılın ortalarından itibaren sera gazlarındaki artışın bilincinde olan bilim insanlarını zamanla toplum ile hükümetler takip etmiş ve pek çok kesim tarafından önemi anlaşılan bir konu haline gelmiştir (Koubi, 2019: 2). İklimde meydana gelen değişimler 1980'li yıllarda siyasi bir sorun olarak görülmüş, yapılan çalışmalar sonucunda karbondioksit emisyonunun bunun temel nedeni olduğu ancak etkilerinin boyutlarının belirlenmesinin kolay olmadığı ortaya çıkmıştır (Tol, Downing, Kuik ve Smith, 2003: 6).

Dünyada ulaşım, elektrik, tarım ve ısınma gibi çeşitli faaliyetler enerji kullanımını gerektirmekte, bunun büyük bir kısmı fosil yakıt gibi çeşitli yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu yakıt maliyetinin daha az olması, kolay erişim sağlanabilmesi ve kaynak kıtlığının olmaması gibi nedenler yüzünden kullanılsa da çevreyi kirletmekte ve iklimi olumsuz etkilemektedir (MacCracken, 2001: 1). İnsanların ve eşyaların bir yere yaptığı hareket şeklinde ifade edilen ulaşım (Dinu, 2018: 183), CO₂ gibi çeşitli sera gazlarını ortaya çıkararak iklim değişiminde etkili olan (Kulash, 2011: 18), toplumu, ekonomiyi ve sektörlerin tamamını kapsayan tüm dünyayı ilgilendiren bir sektördür (Heldmann, 1973: 340). Ulaşım sektörü, fosil yakıt ya da bu yakıt kaynaklı ortaya çıkan partiküller nedeniyle atmosferde kirliliğe neden olmakta, çevre ve sağlık bakımından tehlikeli durumlar meydana getirmektedir (Immers ve Stada, 2004: 51-52). Karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu araçlarını kapsayan ulaşım sektöründe, en fazla enerji kullanımı karayolu ulaşımı tarafından yapılmaktadır (OECD, 2002: 17).

Şekil 1'de dünyada 2010 ve 2070 yılları arasında sürdürülebilir kalkınma senaryolarına göre ulaşım türlerinde meydana gelecek olan değişim gösterilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na¹ göre hava, deniz, orta ve ağır kamyon, hafif ticari araç, otobüs ve minibüs, binek araç, iki ya da üç tekerlekli araç ve demiryolundan kaynaklanan emisyonların gelecekte azalması beklenmektedir.

¹ IEA, tekerlekli araçların 2040, demiryolunun 2050, hafif ticari araçların 2055, binek araçları ve otobüs ve minibüslerin 2070 yılında fosil yakıt kullanımının karbondioksit emisyonuna neden olmadığını belirtmektedir.

Şekil 1: 2010-2070 Yılları Dünyada Ulaşım Türlerine Göre Sürdürülebilir Kalkınma Senaryoları (GtCO₂)



Kaynak: IEA, (2020a)

4. EGE BÖLGESİ İLLERİNDE KARAYOLU ULAŞIM EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde Ege Bölgesi'nde bulunan illerde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun hesaplaması yapılmaktadır.

4.1. Çalışma Alanı

Ege Bölgesi'nde bulunan illerin ekonomik bakımdan önemli katkıları bulunmakta, nüfus ve araç sayısı birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu illerde nüfus, kişi başına düşen GSYH ve toplam araç sayısına kısaca değinilmektedir.

Ege Bölgesi, İzmir, Aydın, Muğla, Denizli, Afyonkarahisar, Manisa, Kütahya ve Uşak illerinin bulunduğu bir bölgedir. İzmir, Manisa ve Aydın illerinde yoğun nüfusa sahip olan bölgede tarım sektörüyle uğraşmakta ve coğrafi şekiller nedeniyle zengin iklim yapısı da bu duruma katkıda bulunmaktadır (Taşkın, Yılmaz, Söylemez ve Karaş, t.y.: 78-79). Nüfus açısından bakıldığında TÜİK'e göre 2022 yılında Afyonkarahisar'da 747,555, Aydın'da 1,148,241, Denizli'de 1,056,332, İzmir'de 4,462,056, Kütahya'da 580,701, Manisa'da 1,468,279, Muğla'da 1,048,185, Uşak'ta 375,454 kişi bulunmaktadır (TÜİK, 2023a). Ekonomik bakımdan illerin kişi başına düşen GSYH'ye katkılarının ise TÜİK'ten elde edilen verilere göre Afyonkarahisar'ın 6,889 \$ Aydın'ın 7,591 \$, Denizli'nin 9,456 \$, İzmir'in 13,201 \$, Kütahya'nın 8,442 \$, Manisa'nın 10,208 \$, Muğla'nın 11,246 \$, Uşak'ın 8,851 \$ olduğu görülmektedir (TÜİK, 2023b). Dolayısıyla ekonomiye kişi başı en büyük katkısı İzmir ili en az katkısı ise Afyonkarahisar sağlamaktadır.

İllerin araç sayısına bakıldığında ise TÜİK'e göre 2022 yılında Afyonkarahisar'da 247,099, Aydın'da 525,427, Denizli'de 464,481 İzmir'de 1,650,646 Kütahya'da 227,377, Manisa'da 662,380, Muğla'da 591,730, Uşak'ta 151,266 araç bulunmaktadır (TÜİK, 2023c). Buna göre en fazla araç sayısına sahip olan il İzmir, en az araç sayısına sahip olan il ise Uşak'tır.

4.2. Veri

Ege Bölgesi'nde yer alan Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu EPDK yakıt tüketim verileri ve IPCC kılavuzunda yer alan faktör ve oranlar kullanılarak Tier 1 yöntemiyle hesaplanmaktadır. Buna göre EPDK'den elde edilen Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinin yakıt tüketimine ait veriler Tablo 1'de ton cinsinden gösterilmektedir. EPDK raporlarında en son 2022 yılının verilerine ulaşıldığı için çalışma bu dönemle sınırlandırılmıştır.

Tablo 1: Ege Bölgesi İlleri Yakıt Tüketimi (ton)

	2010			2022		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Afyonkarahisar	14,442	132,121	30,288	26,169	263,171	44,039
Aydın	33,090	179,981	39,170	56,072	317,209	52,490
Denizli	24,465	215,009	39,472	39,512	580,704	59,728
İzmir	125,914	747,277	161,193	207,822	1,300,660	140,727
Kütahya	10,604	94,639	23,290	18,155	246,985	35,865
Manisa	30,141	215,381	53,703	60,798	644,026	81,611
Muğla	49,772	221,519	40,658	92,851	472,228	58,466
Uşak	6,976	74,555	13,680	12,598	99,543	24,629

Kaynak: EPDK, (2011a); EPDK, (2011b); EPDK, (2023a); EPDK, (2023b)

4.3. Materyal ve Yöntem

İklim değişikliğinin ortaya çıkardığı etkileri belirlemek ve bunlarla mücadele etmek için BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli gibi anlaşma ve kurumlar aracılığıyla çalışmalar yapılmaktadır (Abromovitz ve diğerleri, 2001: 8). IPCC'ye göre yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan CO₂ emisyonları Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri ile belirlenebilir (IPCC, 1996a: 1). Tier 1 yöntemi ile yakıtların yanması sonucu oluşan emisyonlar yakıt kullanımı ve emisyon faktörlerine göre hesaplanmaktadır. Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri ise daha fazla yakıt ve teknik bilgilerin kullanımını gerektirmektedir (IPCC, 1996b: 3). Basit bir metodolojiye dayanmayan Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri, sırasıyla temel, orta ve karmaşık şekilde sınıflandırılmakta ve özellikle Tier 3 yöntemi için daha çok veri kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır (IPCC, 2006a: 6). IPCC tarafından 2006 yılında yayınlanan kılavuzda yakıt kullanımı nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonu şu şekilde hesaplanmaktadır (IPCC, 2006b: 5);

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

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (2)$$

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

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyon Miktarı [Gg CO}_2\text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times 44/12 \quad (4)$$

Tier 1 yönteminde kullanılan kategoriler ülkelere özgü verilerin kullanılabilmesine yönelik hazırlanmaktadır. Dolayısıyla bu kategoriler bütün ülkeler için kullanılabilir (IPCC, 2006a: 6). Bu bağlamda yakıt tüketim verilerinin bulunması ve IPCC kılavuzlarında yer alan emisyon ve dönüşüm faktörleri ile oksitlenme oranlarının kullanılmasıyla genel bir emisyon tahmini yapılabilir. Tablo 2'de IPCC kılavuzlarında yer alan faktör ve oranlar gösterilmektedir.

Tablo 2: IPCC Emisyon ve Dönüşüm Faktörleri

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

Kaynak: IPCC, (1996b); IPCC, (2006c)

4.4. Bulgular

Tablo 1 ve Tablo 2’de yer alan veri ve oranlar ile eşitlik (1), (2), (3), (4) aracılığıyla Tier 1 yöntemi kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda ulaşılan sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4’te gösterilmektedir. Tablo 3’te Ege Bölgesi’nde bulunan illerin yakıtlara göre CO₂ emisyonlarına yer verilmektedir.

Tablo 3: Ege Bölgesi İlleri CO₂ Emisyonu

	2010			2022		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Afyonkarahisar	43,89	416,58	89,90	79,54	829,78	130,71
Aydın	100,57	567,48	116,26	170,42	1,000,17	155,80
Denizli	74,36	677,93	117,16	120,09	1,830,97	177,28
İzmir	382,69	2,356,18	478,44	631,63	4,101,00	417,70
Kütahya	32,23	298,40	69,13	55,18	778,75	106,45
Manisa	91,61	679,10	159,40	184,78	2,030,63	242,23
Muğla	151,27	698,45	120,68	282,20	1,488,94	173,54
Uşak	21,20	235,07	40,60	38,29	313,86	73,10

Tablo 4’te ise Tablo 3’te ulaşılan sonuçlar doğrultusunda toplam CO₂ emisyonu ile 2022 yılında 2010 yılına kıyasla meydana gelen değişime ulaşılmaktadır. Buna göre 2022 yılında en fazla CO₂ emisyonunun 5,150,33 GgCO₂ ile İzmir’e ait olduğu, bunu 2,457,64 GgCO₂ ile Manisa ilinin takip ettiği, daha sonra sırasıyla Denizli’de 2,128,34 GgCO₂ ile, Muğla’da 1,944,68 GgCO₂ ile, Aydın’da 1,326,39 GgCO₂, Afyonkarahisar’da 1,040,03 GgCO₂ olduğu belirlenmektedir. Kütahya’da 940,38 GgCO₂, Uşak’ta 425,25 GgCO₂ ile karayolu ulaşım emisyonu diğer illere nispeten daha düşüktür. Toplam değişimin en yüksek %164,23 ile Manisa’da, en düşük %43,24 ile Uşak’ta olduğu görülmektedir.

Tablo 4: 2010 ve 2022 Yılı Ege Bölgesi İlleri Toplam CO₂ Emisyonu ve Değişimi (GgCO₂-%)

	2010	2022	2010-2022
	Toplam	Toplam	Değişim %
Afyonkarahisar	550,37	1,040,03	88,97
Aydın	784,31	1,326,39	69,12
Denizli	869,45	2,128,34	144,79
İzmir	3,217,31	5,150,33	60,08
Kütahya	399,76	940,38	135,24
Manisa	930,11	2,457,64	164,23
Muğla	970,40	1,944,68	100,40
Uşak	296,87	425,25	43,24

Ulaşılan sonuçlara bakıldığında, yakıt tüketiminin artmasına bağlı olarak toplam CO₂ emisyonunun artmaya başladığı görülmektedir. Buna göre en fazla CO₂ emisyonuna dizel yakıt türü neden olmuştur. Karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu en yüksekten en düşüğe sırasıyla 2010 yılında İzmir, Muğla, Manisa, Denizli, Aydın, Afyonkarahisar, Kütahya ve Uşak şeklinde gerçekleşmiştir. 2022 yılında sıralama İzmir, Manisa, Denizli, Muğla, Aydın, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak iken, toplam değişim ise sırasıyla Manisa, Denizli, Kütahya, Muğla, Afyonkarahisar, Aydın, İzmir ve Uşak ili şeklindedir.

Tablo 5’te Ege Bölgesi illerinde nüfus sayılarına bakıldığında 2010 ve 2022 yıllarında sıralamanın İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Muğla, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak şeklinde olduğu görülmektedir. TÜİK’ten elde edilen veriler doğrultusunda yapılan hesaplama göre nüfus değişimi ise en fazla Muğla ilinde gerçekleşmiştir. Kütahya ilinde ise nüfus azalmıştır. Araç sayılarına bakıldığında 2010

ve 2022 yıllarında en yüksekten en düşüğe sıralama İzmir, Manisa, Muğla, Aydın, Denizli, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak şeklindedir. TÜİK verileriyle yapılan hesaplama sonucunda ise araç değişimi en yüksekten en düşüğe sırasıyla Muğla, Aydın, Denizli, İzmir, Uşak, Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya şeklinde gerçekleşmiştir.

Tablo 5: Ege Bölgesi İlleri Nüfus ve Araç Sayıları

	2010	2022	2010-2022	2010	2022	2010-2022
	Nüfus	Nüfus	Nüfus Sayısı Değişimi	Araç	Araç	Araç Sayısı Değişimi
Afyonkarahisar	697,559	747,555	7,17	152,017	247,099	62,55
Aydın	989,862	1,148,241	16,00	289,388	525,427	81,56
Denizli	931,823	1,056,332	13,36	268,415	464,481	73,05
İzmir	3,948,848	4,462,056	13,00	971,366	1,650,646	69,93
Kütahya	590,496	580,701	-1,66	149,041	227,377	52,56
Manisa	1,379,484	1,468,279	6,44	405,385	662,380	63,40
Muğla	817,503	1,048,185	28,22	318,739	591,730	85,65
Uşak	338,019	375,454	11,07	90,366	151,266	67,39

Kaynak: TÜİK,2023a, TÜİK

2010 yılında nüfus ve karayolu ulaşımının yol açtığı toplam CO₂ emisyonuna bakıldığında, Muğla ilinin nüfusunun Manisa, Aydın ve Denizli'den daha az olmasına rağmen emisyon seviyesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. 2022 yılında ise Denizli ve Muğla ilinin nüfusunun Aydın ilinin nüfusundan az olmasına rağmen karbondioksit salımı daha yüksek gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra Kütahya ilinde nüfus 2022 yılında 2010 yılına kıyasla azalsa da araç sayısında ve emisyonda artış meydana gelmiştir. Araç sayısındaki artış ile karayolu ulaşımının yol açtığı toplam CO₂ emisyonu kıyaslandığında, 2022 yılında Muğla ve Aydın illerindeki araç sayısı Denizli iline göre daha fazla olsa da bu illere kıyasla Denizli'de karbondioksit salımında daha yüksek bir artış gerçekleşmiştir. Dolayısıyla özellikle nüfus ve araç gibi kriterle ele alındığında bazı illere kıyasla daha az sayıda olmasına rağmen Denizli ilinin emisyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Kütahya ilinde ise CO₂ emisyonları üzerinde araç ve yakıt kullanımının etkisi olabilir.

4.5. Tartışma

Bu çalışmada ulaşım sektörüne yönelik faaliyetlerin sürdürülebilir kalkınma ve iklimle olan ilişkisine odaklanılmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi ve iklim değişikliğinin azaltılabilmesi için gereken önlemlerin alınabilmesinde illerin emisyon seviyesinin bilinip buna uygun hareket edilmesi fayda sağlayabilir. Bu konuda özellikle ilgili literatürde verilen önerilere ve farklı değişkenlerin etkisine bakıldığında iklim değişimi üzerinde azaltıcı etkisi olan ve olmayan faktörlerin bulunduğu görülmektedir. Yalnızca teknoloji kullanmanın iklim değişimini azaltmada tek başına etkili olmayacağını öne süren Chapman (2007), Rubin (2008) yenilenebilir ve enerji kullanımına geçilmesinin yeterli olmayacağını öne süren Zhang ve Fujimori (2019) çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan teknoloji kullanımının, elektrifikasyonun, sürdürülebilirliğin etkili olduğunu öne süren Din ve diğerleri (2023), yenilenebilir enerji ve elektrik kullanımının etkili olacağını öne süren Speizer ve diğerleri (2024) çalışmalar bulunmaktadır. Teknoloji kullanımı, enerji, elektriğin ulaşım entegre edilmesi önemli olsa da bunun iklim değişikliğini azaltmada tek başına yeterli olmayacağına yönelik neticelere ulaşan çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada Ege Bölgesi'nde tüm iller için artış gösteren karbondioksit salımının düşürülmesine yönelik etkin mücadele verilmesi adına yapılacak faaliyetlerin yalnızca bununla sınırlı olmaması

gerektiği öne sürülmektedir. Literatürdeki bu çalışmaların bulgularından hareketle bazı politika önerileri getirdikleri görülmektedir. Chapman (2007) teknoloji açısından kısa vadeli etkilere odaklanılmasını önermekte, Rubin (2008) araç türlerinde hibrit kullanımına geçişi ve tedbirler alınması, Zhang ve Fujimori (2019) iktisat bilimiyle uğraşanlar ile enerjiye yönelik karar alıcıların ortak hareket etmesi gerektiği tavsiyesinde bulunmaktadır. Din ve diğerleri (2023) sürdürülebilir iklim politikalarının uygulanmasını, Speizer ve diğerleri (2024) yakıt ve enerjinin teknolojiyle desteklenmesini önermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular sonucunda, teknolojinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmemesinin emisyonların artmasında etkili olduğu çıkarımı yapılabilir. Özellikle bölgenin coğrafi zenginliği ve bazı illerde diğerlerine kıyasla kişi başına düşen gelirin fazla olması nüfus için çekici bir faktör olabilir. Bu durum illerde nüfus yoğunluğuna yol açabilir. Dolayısıyla burada yapılan faaliyetleri artırabilir. Bunun sonucunda karbondioksit salımı artabilir. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve iklim değişimlerinin azaltılabilmesi için sürdürülebilir kalkınmanın 3.,7.,11.,12.,13. ve 15. hedefleri doğrultusunda hareket edilmesi etkili olabilir. Bu hedefler sağlık, enerji, ekonomi ve çevre konusunda sürdürülebilirliğin sağlanmasını amaçlamaktadır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar fosil yakıtların kullanımının emisyon üzerinde artırıcı etkisinin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden yenilenebilir enerji kullanımına geçiş, kentsel sürdürülebilirliğin, sağlık, ekonomik ve ekosistemdeki sürdürülebilirliğin sağlanması açısından faydalı olabilir. Antropojenik faaliyetlere yönelik tedbir alınması, ekonomik desteklemeler sağlanması, araç ve yakıtlara yönelik bazı kriterlerin getirilmesi katkı sağlayabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Sürdürülebilir Kalkınma, İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektöründe CO₂ Emisyonu: Ege Bölgesi Örneği” isimli makale çalışmasında Ege Bölgesi’nde bulunan Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illeri için 2010 ve 2022 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyon hesaplaması yapılmaktadır. Bunun için IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda yer alan Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri arasından Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem diğer yöntemler kadar karmaşık bir yapıya sahip olmaması ve daha az veri gerektirmesi nedeniyle tercih edilmektedir.

Dünyada en fazla CO₂ salımında ulaşım sektörünün önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Ulaşımında yenilenemeyen yakıt türlerinin kullanılması, teknolojik gelişmelere yeterince adapte olunmaması ve gelişim gösterilmemesi enerji kullanımına, dolayısıyla emisyon artışına yol açabilir. Özellikle nüfusu kalabalık olan illerde daha çok ulaşım faaliyeti yapılacağı düşüncesinden hareketle bu illerin emisyon seviyelerinin belirlenmesinin ve buna yönelik önerilerde bulunulmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü kontrol edilmeyen ve sürekli artış gösteren emisyonlar iklim değişikliğini beraberinde getirebilir. Bu sorun çözülemediği takdirde sürdürülebilirliğin sağlanması güç hale gelebilir. İklim değişimi ve sürdürülebilir kalkınma konusunun son dönemlerde önemi artan bir konu olduğu görülmektedir. Özellikle ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların ileride sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda azaltılacağı yönünde beklentiler oluşmaktadır. Hatta bazı ulaşım araçlarında yenilenemeyen enerji kullanımının son bulacağına yönelik öngörüler de mevcuttur.

Ancak Türkiye’de halen ulaşım sektöründe yenilenemeyen enerji kullanımının yoğun olduğu görülmektedir. Çalışmada ele alınan Ege Bölgesi illerinde karayolu ulaşım emisyonundan kaynaklanan CO₂ emisyonundaki artışta buna örnek teşkil edecek niteliktedir. Tier 1 yöntemiyle yapılan hesaplamada ulaşılan sonuçlar ile en fazla CO₂ emisyonun İzmir’e, en az ise Uşak iline ait olduğu görülmektedir. Belirtilen yıllarda emisyonlar her il için artmıştır. 2022 yılında emisyonlar en yüksekte en düşüğe doğru İzmir, Manisa, Denizli, Muğla, Aydın, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak şeklinde sıralanabilir. Dolayısıyla öncelikle müdahalede bulunulması gereken iller bu sıralama ile

daha net görülebilir. Öte yandan emisyonların toplam değişimleri ise 2022 yılında 2010 yılına kıyasla en fazla olandan en aza doğru Manisa, Denizli, Kütahya, Muğla, Afyonkarahisar, Aydın, İzmir ve Uşak şeklindedir. Buna göre bazı illerde toplam emisyon değişiminin diğerlerine kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. Nüfusu diğer illere kıyasla nispeten az olan yerlerde daha yüksek karbonsioksit salımının meydana gelmesinde ya da araç sayısının diğer illere kıyasla düşük olduğu bazı illerde toplam emisyon değişiminin yüksek olması üzerinde kullanılan yakıt türü etkili olabilir. Özellikle dizel yakıt türünün kullanıldığı bireysel araçlanma emisyon artış hızını etkileyebilir. Bunun yanı sıra bu durum bireysel ve toplu ulaşım araçlarında elektrikli araçların kullanımının yaygın olmadığını gösterebilir.

Ege Bölgesi illerinde karayolu ulaşımında CO₂ emisyon artışına bakıldığında, başta emisyonun yüksek olduğu iller olmak üzere, nüfusun yoğun olduğu illerde bir an önce tedbir alınmasının gerekli olduğu görülmektedir. Bu emisyonların küresel boyutta iklim üzerinde olumsuz etki bırakacağı düşüncesiyle atılacak adımlar tüm dünya üzerinde yapıcı bir etki bırakabilir. Bunun için sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda hareket etmenin önemli bir etkisi olabilir. Bu bağlamda sürdürülebilir ve temiz enerji kullanımı iklim yönetiminin etkin yapılmasına, doğada bulunan hiçbir alanın zarar görmemesine katkı sağlayabilir. Bunun yanı sıra ağaçlandırmanın artması bir nebze de olsa etkili olabilir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetlerinin düşük tutulması, elektrikli araç kullanımını teşvik edecek sübvansiyonların sağlanması fayda sağlayabilir. Ancak sadece araçların değil araçlarda kullanılan enerjinin de temiz enerji kaynaklarından elde edilmiş olması daha etkin mücadele için gerekli olabilir. Bu adımların dışında soruna hükümetlerin yaklaşımlarının da son derece önemli olduğu, getirilecek ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sınırlayıcı tedbirlerin fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Alınacak ekonomik tedbirler arasında vergi uygulamaları, bireysel araç almaya yönelik kredi faizlerinin caydırıcı olması etkili olabilir. Emisyon ölçümlerinin yapılması sonucunda CO₂ emisyonu sınırını geçen araçlara yönelik yüksek vergi uygulaması bu araçların kullanımını azaltabilir. Özellikle araç yaşlarına dikkat edilmesi ve yaşı büyük olan araçların sahiplerinden devlet desteği ile alınması katkı sağlayabilir. Yine bireysel araçların kullanımını azaltabilmek adına faizlerin yüksek tutulması yeni araç alımını engelleyebilir.

Ege Bölgesi illerinde yapılan hesaplamalar sonucunda ulaşılan toplam CO₂ emisyonu, nüfus ve araç verileriyle kıyaslandığında özellikle Denizli ve Kütahya illerinde araç ve yakıt kullanımı emisyon artışında etkili olabilir. Dizel yakıt kullanımının bu artışta etkisi bulunabilir. Dolayısıyla başta bu iller olmak üzere bölgede dizel yakıtlı araç satışının yapılması durdurulabilir. Ayrıca emisyon seviyesinin yüksek olduğu başta İzmir olmak üzere diğer illerde toplu ulaşım ağlarının geliştirilmesi, bireylerin araçlarını park edip alternatif ulaşım araçlarını kullanabilecekleri sistemlerin geliştirilmesi, altyapının iyileştirilmesi, toplu ulaşımında elektrikli araç kullanımına yönelimin artırılması katkı sağlayabilir.

Toplumu bilinçlendirmeye yönelik belirli dönemlerde ulaşım aracı kullanmadan hareketin teşvik edilmesi, temiz yakıt maliyetlerinin düşük tutulması, medya aracılığıyla kamuoyunun bilinçlendirilmeye çalışılması alınabilecek tedbirler arasında bulunabilir. Emisyon seviyelerinin artmasında kullanılan yakıt türünün dışında, nüfusun artmasına bağlı olarak antropojenik faaliyetlerin artması, araç sayısının artış göstermesi etkili olabilir. Emisyonların azaltılmasına yönelik tedbir alınmadığı takdirde atmosfere salınan kirleticiler insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler bırakabilir. Ayrıca ekonomi için önemli bir yere sahip olan ulaşım faaliyetlerinin devamlılığının sağlanmasını engelleyebilir. Bu durumda ekonomik bakımdan sürdürülebilirliğin sağlanmasını olumsuz etkileyebilir. Bu bakımdan sürdürülebilir kalkınmanın özellikle 3.,7.,11.,12.,13. ve 15. hedefleri doğrultusunda ortak bir bilinçle hareket etmek oldukça önemlidir. Ayrıca yalnızca ulaşım sektöründe değil enerji kullanımının olduğu tarım, sanayi gibi çeşitli sektörler için alınacak tedbirlerin hem yerel hemde ulusal düzeyde karbondioksit salımı üzerinde olumlu yansımaları olabilir.

Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi ve iklim değişiminin azaltılabilmesi için bireylere ve hükümetlere önemli görevler düşmektedir. Türkiye’de emisyonların azaltılması için alınan tedbirlerin yasal hale gelmesi ve emisyon seviyesi ölçütlerini karşılamayanlara maddi yaptırımlar uygulanması etkili olabilir. Ayrıca henüz ülkede kullanılmayan karbon vergisi emisyon seviyesinin yüksek olduğu yerlere uygulanarak etkinliği konusunda ölçümler yapılabilir. Bunun yanı sıra konuyla ilgili farkındalığın artması için bu çalışmada kullanılan Tier 1 yöntemide dahil olmak üzere IPCC tarafından önerilen diğer yöntemlerle farklı bölgeleri kıyaslayan yeni çalışmalar yapılabilir. Emisyonların uzun vadede azaltılmasına ve etkinliğine yönelik çalışmaların yapılması da literatüre katkı sağlayabilir. Bunun dışında konu çok kriterli karar verme yöntemleri ile ele alınıp farklı alternatiflerin eksik ve güçlü yönlerini ortaya çıkararak buna yönelik değerlendirmeler yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Abromovitz, J., Banuri, T., Girot, P.O., Orlando, B., Schneider, N., Spanger-Siegfried, E., Switzer, J. ve Hammill, A. (2001). *Adapting to climate change: Natural resource management and vulnerability reduction*. The International Institute for Sustainable Development.
- Anyadike, R.C. (2009). Climate Change and sustainable development in Nigeria: Conceptual and empirical issues. *İçinde Enugu forum Policy Paper*,10,13-18.
- Asheim, G.B. (1994). Sustainability ethical foundations and economic properties. *The World Bank, Policy Research Working Paper*,1302.
- Aydın, G. ve Genç, F.N. (2023). İklim değişimine bağlı afetler ve sürdürülebilir kalkınma. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2), 563-590.
- Bhat, A. ve Garcia, J.O. (2021). Sustainability and EU road transport carbon emissions from consumption of diesel and gasoline in 2000 and 2018. *Applied Sciences*, 11,7601,1-12.
- Bhowmik, R., Rahut, D.B. ve Syed, Q.A. (2022). Investigating the impact of climate change mitigation technology on the transport sector CO₂ emissions: Evidence from panel quantile regression. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 916356.
- Chapman, L. (2007). Transport and climate change: A review. *Journal of Transport Geography*, 15,354-367.
- Ciegis, R., Ramanauskiene, J. ve Martinkus, B. (2009). The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. *Engineering Economics*,62(2),28-37.
- Daly, H.E. (2002). *Sustainable development: Definitions, principles, policies, invited address*. Worldbank, Washington.
- David, M. (2023). Impact of climate change on intermodal transportation. *International Journal of Climatic Studies*, 2(1),40-52.
- Din, A.U., Rahman, I.U., Vega-Munoz, A., Elahi, E., Salazar-Sepulveda, G., Contreras-Barraza, N. ve Alhrahshah, R.R. (2023). How sustainable transportation can utilize climate change technologies to mitigate climate change. *Sustainability*, 15,9710,1-22.
- Dinu, A-M. (2018). The importance of transportation to tourism development. *Academic Journal of Economic Studies*, 4(4),183-187.
- Drexhage, J. ve Murphy, D. (2010). *Sustainable development: From Brundtland to Rio 2012*. United Nations Headquarters, New York,9-13.
- Dulal, H. B., Brodnig, G. ve Onoriose, C. G. (2011). Climate change mitigation in the transport sector through urban planning: A review. *Habitat International*, 35(3), 494-500.
- Duran, D.C., Gogan, L.M., Artene, A. ve Duran, V. (2015). The components of sustainable development- a possible approach. *Procedia Economics and Finance*,26,806-811.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2011a). *Petrol piyasası sektör raporu 2010*. <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2011b). *Sıvılaştırılmış petrol gazları (lpg) piyasası 2010 yılı sektör raporu*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2023a). *Petrol piyasası sektör raporu 2022*. <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>.

- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2023b). *Sıvılaştırılmış petrol gazları (lpg) piyasası 2022 yılı sektör raporu*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu>.
- Gelete, G. ve Gokcekus, H. (2018). The economic impact of climate change on transportation assets. *Journal of Environmental Pollution and Control*, 1(1), 105,1-6.
- Giannakis, E., Serghides, D., Dimitrou, S. ve Zittis, G. (2018). Land transport and CO2 emissions in Cyprus: Smart decarbonisation strategies for climate change mitigation. *İçinde 6th International Conference on renewable energy & energy efficiency*, Nicosia, November.
- Heldmann, H. (1973). The role of transport and traffic in national economy. *Intereconomics*, ISSN 0020-5346, Verlag Weltarchiv, Hamburg, 8(11), 340-343.
- Hens, L. ve Nath, B. (2003). The Johannesburg Conference. *Environment, Development and Sustainability*, 5,7-39.
- IEA. (2020a). <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-in-transport-by-mode-in-transport-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2070> , (Erişim : 20.05.2024).
- Immers, L.H. ve Stada, J.E. (2004). Basics of transport economics. *Faculty of engineering, Katholieke Universiteit*, Leuven,6.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996a), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Volume 2, Chapter 1, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.html>.
- 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>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996c), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Chapter 1, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006a). Introduction to the 2006 guidelines, Volume 1, Chapter 1, https://www.ipcc-nggip-iges.or.jp/public/2006l/pdf/1_Volume1/V1_1Ch1_Introduction.pdf .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006b). 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 .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006c). 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.
- Jedlicka, J., Dostal, I. ve Adamec, V. (2011). Sustainable Development and Transport Sciences,Transactions on Transport Sciences, 4(3),151.
- Karakaya, E. ve Özçağ, A.G.M. (2001). Sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişimi: Uygulanabilecek iktisadi araçların analizi, İçinde *First Conference in Fiscal Policy and Transition Economies*, University of Manas.
- Keiner, M. (2004). Re-emphasizing sustainable development-the concept of 'evolutionability', *Environment, Development and Sustainability*,6,379-392.

- Kılıç, C. (2009). Küresel iklim değişimi çerçevesinde sürdürülebilir kalkınma çabaları ve Türkiye. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 19-41.
- Klarin, T. (2018). The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics&Business*, 21(1), 67-94.
- Koçar-Uzan, H. (2023). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde iklim değişiminin kırsal kalkınmaya etkisi. *Fiscaeconomia*, 7(3), 2250-2272.
- Koubi, V.(2019). Sustainable development impacts of climate change and natural disaster. *Background Paper Prepared for Sustainable Development Outlook*, 1-55.
- Kulash, G.J. (2011). Transportation and society. *Transportation Planning Handbook*, 4-24
- Lele, S.M. (1991). Sustainable development: A critical review. *World Development*, 19(6), 607-621.
- Li, S.(2009). Reduction emission from transport sector eu action against climate change. *Modern Applied Science*, 3(8), 56-62.
- MacCracken, M.C. (2001). Global warming: A science overview. İçinde *Global warming and energy policy* (ss. 151-159). Boston, MA: Springer US.
- Martens, W.J.M., Slooff, R. ve Jackson, E.K. (1997). Climate change, human health and sustainable development. *Bulletin of the World Health Organization*, 75(6), 583-588.
- Meadows, D. (1998). Indicators and information systems for sustainable development. A report to the balaton group. *The Sustainability Institute*, 174.
- Mochizuki, Y. ve Bryan, A. (2015). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. *Journal of Education for Sustainable Development*, 9(1), 4-26.
- Najmuddin., W.S.W.A., Musa, M.A. ve Kasim, N.I. (2018). CO₂ emission reduction in transportation sector for sustainable development: Challenges and opportunities. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 1338-1345.
- OECD (2002). *Strategies to reduce greenhouse gas emissions from road transport: Analytical methods, organization for economic co-operation and development*. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/02greenhouse.pdf>.
- Ogryzek, M. (2023). The sustainable development paradigm. *Geomatics and Environmental Engineering*, 17(1), 5-18.
- Özdemir, T., Evci-Kiraz, E.D. ve Yıldırım, B. (2021). İklim değişikliği ile mücadelede düşük karbonlu ulaşım sistemlerine geçiş uygulamaları. *İklim ve Sağlık Dergisi*, 1(2), 47-57.
- Özdemir, T. ve Evci-Kiraz, E.D. (2024). Ulaşım kaynaklı emisyonların çevresel etkilerinin ve insan sağlığına yansımalarının incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(2), 530-561.
- Prajapati, R. (2018). Climate change and sustainable development. *International Journal of Science and Research*, 8(9), 816-818.
- Ramanathan, R. ve Parikh, J.K. (1999). Transport sector in India: An analysis in the context of sustainable development. *Transport Policy*, 6, 35-45.
- Reid, S.K. (2020). Mapping the sustainable development goals (SDGs) in the University Curriculum. The University of Edinburgh, https://www.ed.ac.uk/sites/default/files/atoms/files/mapping_the_sustainable_development_goals_in_the_university_curriculum.pdf.

- Riedy, C. (2016). *Climate Change*. Blackwell Encyclopedia of Sociology, Blackwell Editors: George Ritzer.
- Rubin, J. (2008). Transportation and climate change. *Maine Policy Review*, 17(2), 115-119.
- Seçilmiş, N. ve Gümüş-Akar, P. (2024). Technology oriented struggle against climate change in transportation sector: An empirical investigation. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 9(2),323-335.
- Sharma, P. ve Payal, P. (2019). *Climate change and sustainable development: Special context to Paris Agreement, international conference on sustainable computing in science*. Technology&Management,Amity University Rajasthan,Jaipur-India,1720-1727.
- Simionescu, M., Albu, L-L., Raileanu-Szeles, M. ve Bilan, Y. (2017). The impact of biofuels utilisation in transport on the sustainable development in the European Union. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(4),667-686.
- Snow, R. ve Snow, M. (2014). Reduction of transportation greenhouse gas emissions to mitigate climate change impacts. *Advances in Research*, 2(9),494-499.
- Soni, A. ve Jitendra (2022). A review paper on transport and climate change. *International Journal of Innovative Research in Engineering&Management*,9(1),261-264.
- Speizer, S., Fuhrman, J., Lopez, L.A., George, M., Kyle, P., Monteith, S. ve McJeon, H. (2024). Integrated assessment modeling of a zero-emissions global transportation sector. *Nature Communications*, 15(1),1-15.
- Sunkur, R., Naiko, K., Agundhoo, A., Jhugroo, R. ve Bokhoree, C. (2021). An assessment of the underlying relationship between land transportation and climate change: case study mauritius. *Journal of Air Pollution and Health*,6(2),79-90.
- Taghvaei, V.M., Nodehi, M., Saber, R.M. ve Mohebi,M. (2022). Sustainable development goals and transportation modes: Analyzing sustainability pillars of environment. *Health and Economy, World Development Sustainability*, 1,100018,1-15.
- Taşkın, E., Yılmaz, M., Söylemez, C. ve Karaş, G. (t.y.). *Ege Bölgesi'nin kalkınma ve ihracat ilişkisi üzerine bir değerlendirme*, <https://ulk.ist/media/kitap/I-UKODTLK/ege-bolgesinin-kalkinma-ve-ihracat-iliskisi-uzerine-bir-degerlendirme.pdf>.
- Thambiran, T. ve Diab, R.D. (2011). Air pollution and climate change co-benefit opportunities in the road transportation sector in Durban, South Africa. *Atmospheric Environment*, 45(16),2683-2689.
- Tol, R. S. J., Downing, T. E., Kuik, O. J. ve Smith, J. B. (2004). Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*, 14(3), 259-272. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.04.007>
- Torjman, S. (2000). *The Social Dimension of Sustainable Development*. Toronto: Caledon Institute of Social Policy.
- TÜİK , <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=89&locale=tr> (Erişim:21.09.2024).
- TÜİK,(2023a),<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685#:~:text=TÜİK%20Kurumsal&text=Türkiye'de%20ikamet%20eden%20nüfus,575%20bin%20441%20kişi%20oldu> ,(Erişim: 19.05.2024).

- TÜİK (2023b). [https://data.tuik.gov.tr/Bulten\(Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2022-45867#:~:text=Kişi%20başına%20GSYH'de%202022%20yılında%2C%20Kocaeli%20302%20bin%20772,son%20üç%2,sırada%20yer%20aldı.\(Erişim:19.05.2024\).](https://data.tuik.gov.tr/Bulten(Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2022-45867#:~:text=Kişi%20başına%20GSYH'de%202022%20yılında%2C%20Kocaeli%20302%20bin%20772,son%20üç%2,sırada%20yer%20aldı.(Erişim:19.05.2024).)
- TÜİK (2023c). [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436,\(Erişim:19.05.2024\).](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436,(Erişim:19.05.2024).)
- UK Parliamentary Office of Science and Technology (1997). Sustainable development-theory and practice. UK Parliament POST Publications,91.
- United Nations (t.y.). <https://sdgs.un.org/goals> (Erişim:22.09.2024).
- United Nations (1987) Our Common future, report of the world commission on environment and development.
- Usman, S.U., Abdulhamid, A.I., Gwadabe, S., Usman, A.K., Isah, B. ve Mallam, I. (2017). Urbanization and climate change: the role of road transport in carbon dioxide emission in Kano Metropolis, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(1), 536-540.
- Vasile, E., Balan, M., Grabara, L. ve Balan, S. (2012). Measures to reduce transportation greenhouse gas emissions in Romania. *Polish Journal of Management Studies*,6,215-223.
- Watkiss, P., Downing, T., Handley, C. ve Butterfield, R. (2005). *The impacts and costs of climate change*. Brussels, European Commission DG Environment,19.
- Whitfield, K. (2015). *Quick guide to sustainable development: history and concepts*. <https://senedd.wales/research%20documents/qg15-003%20-%20sustainable%20development%20history%20and%20concepts/qg15-003.pdf>.
- Wibisana, A.G. (2014). The elements of sustainable development: principles of in-tegration and sustainable utilization. *Mimbar Hukum-Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 26(1),102-116.
- Widhalm, M., Salazar, K. ve Dorworth, L. (2021). *Climate change and sustainable development*. PURDUE University, <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ID/ID-524-W.pdf>.
- Yalçinkaya, S. (2020). Katı atık toplama ve taşıma sisteminden kaynaklanan hava kirleticileri emisyonlarının mekansal analiz teknikleri ile farklı araç kapasiteleri için hesaplanması: İzmir Çiğli Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2),366-376.
- Yevdokimov, Y. (2010). Transportation and climate change. *İçinde Climate change and variability*,427. Intechopen Publishing.
- Zhang, R., Fujimori, S. (2019). The role of transport electrification in global climate change mitigation scenarios. *Environmental Research Letters*,15,034019,1-12.
- Zofia, W. (2017). Millenium development goals/un and sustainable development goals/un as instruments for realising sustainable development concept in the global economy. *Comparative Economic Research, Central and Eastern Europe*,20(1),101-118.



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

EXTENDED ABSTRACT

Sustainable Development, Climate Change and CO₂ Emissions in the Transport Sector: Aegean Region Example

1. Introduction

Climate change is a universal problem that arises as a result of various factors and concerns the whole world. It can be said that anthropogenic activities, which accelerate especially with the increase in the number of individuals, have devastating effects on the climate. In order to prevent these effects, it is thought that it would be effective to act in line with the goals of sustainable development. For sustainable development, which gained importance towards the end of the 20th century, many negotiations are held, institutions and organizations are mobilized, and new targets are determined to adapt to changing conditions. It can be said that in line with the objectives determined for sustainable development to adapt to climate change, it is necessary to act towards the non-exploitation of natural resources and the reduction of environmental pollution. In this context, CO₂ emissions, which are among the problems that cause environmental pollution, need to be reduced and controlled. The transport sector has an important place in the CO₂ emissions that occur as a result of sectoral activities in the world and in Türkiye. CO₂ emissions occur due to the increase in the number of individuals and the increase in vehicle use in the transportation sector, and it is seen that road transportation is the most effective on this. Therefore, it is thought that in order to reduce CO₂ emissions arising from road transportation, the level of these emissions must first be known.

Nowadays, there are national and international studies addressing the issues of sustainable development, climate change and transportation, which are gaining more importance. When we look at the literature on the subject, we come across studies that address sustainable development and climate issues by including different variables and examine sustainable development and transportation in the context of emerging emissions. In this study, sustainable development, climate change and CO₂ emissions resulting from the transportation sector are discussed, and the CO₂ emissions caused by road transportation in 2010 and 2022 are estimated by calculating with the Tier 1 method recommended by IPCC, and the Aegean Region provinces in Türkiye are selected for this. There is no study on the subject that makes a comparison by applying this method for the provinces in the region in the specified period, and for these reasons, the study is expected to be a source for future studies and regulations by filling the lack of publications in the literature.

2. Data Set and Method

In this study, fuel consumption data obtained by EMRA and the Tier 1 method in the guide published by IPCC were used to determine the CO₂ emissions caused by road transportation for Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla and Uşak provinces in the Aegean Region calculation is made.

3. Empirical Findings

As a result of the calculation made with the Tier 1 method to determine the CO₂ emission caused by the road transportation sector for the provinces of the Aegean Region, whether the CO₂ emission has increased for all provinces, the province causing the highest and lowest CO₂ emission, and the answer to the annual change in CO₂ emission between the specified periods. The questions sought are answered as follows. Accordingly, it is determined that CO₂ emissions resulting from road transportation have increased in all provinces, with the highest emission occurring in İzmir and the least in Uşak. Accordingly, the total emission change is 164.23% in Manisa, 144.79% in Denizli, 135.24% in Kütahya, 100.40% in Muğla, 88.97% in Afyonkarahisar, 69.12% in Aydın, 60.08% in İzmir and 43.24 % in Uşak.

4. Discussion and Conclusion

In the study where sustainable development, climate change and CO₂ emissions in the transportation sector were discussed for the provinces of the Aegean Region, according to the calculation made with the Tier 1 approach recommended by IPCC, CO₂ emissions increased in the specified year range, and based on this result, both sustainable development and climate change are important for now and the future. It is thought to be a dangerous rise for change. It is seen that emissions are high especially in provinces with dense population, but there is also a rapid increase in emissions in other provinces. Therefore, it can be said that it will be effective for all provinces, especially the provinces where the population and the number of vehicles are dense, to adapt to climate change and take action in line with the goals determined by sustainable development. In order for this to happen, the energy used must be clean, afforestation activities must be carried out, government policies must be made in line with sustainable development and climate goals, economic and financial measures must be implemented, and steps must be taken to raise awareness. These measures are thought to have a reducing effect on emissions originating from the transportation sector and are expected to contribute.