

Döngüsel Ekonomi Perspektifinde Enerji Geçişi ve Ulaşım Sektörü: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği

Energy Transition and Transportation Sector in Circular Economy Perspective: The Case of Southeastern Anatolia Region

Tuğba İBİK¹, Serdar ÖZTÜRK²

Başvuru Tarihi/Submitted: 21.10.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 16.11.2025

Makale Türü/Article Type: Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Abstract

Ekonomik ve çevresel açıdan bakıldığında döngüsel ekonomi, doğrusal ekonomi yerine kullanılabilir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi sağlayan bir model olarak görülmektedir. Bu enerji kaynaklarına geçişle birlikte emisyon azaltılabilir. Türkiye’de yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının birçoğu bakımından yüksek potansiyele sahip olan yerler arasında bulunan Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yenilenemeyen enerjinin hâlen tercih edildiği görülmektedir. Ayrıca bölgede petrol çıkarım faaliyetlerinin çevreye dolaylı olarak etki ettiği ifade edilebilir. Özellikle bölgede yakıt kullanımı sonucunda ortaya çıkan kara yolu ulaşım emisyonunun belirlenmesi sürdürülebilirliğe yönelik adımlar atılması ve emisyon seviyesi yüksek olan ilin belirlenerek müdahale edilebilmesi için önemlidir. Bu nedenle çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde 2010 ve 2023 yıllarında kara yolu ulaşımının yol açtığı CO₂ emisyonunu hesaplamak amaçlanmaktadır. Bunun için IPCC tarafından yayımlanan kılavuzda önerilen Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Yapılan hesaplama sonucunda, emisyonların tüm illerde arttığı görülmektedir. Ayrıca 2023 yılında en fazla CO₂ emisyonu 2.483,63 GgCO₂ ile Gaziantep ilinde, en az 106,21 GgCO₂ ile Kilis ilinde gerçekleşmiştir. En fazla CO₂ emisyonuna ise dizel yakıt türü neden olmuştur. Çalışmada ulaşılan sonuçtan hareketle çeşitli politika önerileri getirilmiştir.

From an economic and environmental perspective, the circular economy can be used instead of a linear economy. It is also seen as a model that provides a tendency towards renewable energy sources. Emissions can be reduced by switching to these energy sources. It is seen that non-renewable energy is still preferred in the Southeastern Anatolia Region, which is among the places with high potential in terms of many renewable and non-renewable energy sources in Türkiye. It can also be stated that oil extraction activities in the region indirectly affect the environment. In particular, determining the road transportation emissions resulting from fuel use in the region is important for taking steps towards sustainability and determining the province with high emission levels and intervening. Therefore, the aim of the study is to calculate the CO₂ emissions caused by road transportation in the provinces of the Southeastern Anatolia Region between 2010 and 2023. For this purpose, the Tier 1 method recommended in the guide published by the IPCC is used. As a result of the calculation, it is seen that emissions increased in all provinces. In addition, the highest CO₂ emission in 2023 was in Gaziantep province with 2,483.63 GgCO₂, and the lowest was in Kilis province with 106.21 GgCO₂. The highest CO₂ emission was caused by diesel fuel type. Various policy recommendations have been made based on the results obtained in the study.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, enerji geçişi, ulaşım, Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Keywords: Circular economy, energy transition, transportation, Southeastern Anatolia Region

JEL Kodu: Q4, Q5, R4

JEL Code: Q4, Q5, R4

¹Bağımsız Araştırmacı, Dr., tuğbaibik50@gmail.com, ORCID: 0009-0001-8194-6740

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Prof. Dr., serdarozturk@nevsehir.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0650-0244

Giriş

Döngüsel ekonomi, çevre ve ekonomi bakımından önemli kazanımlar sağlayan ve doğrusal ekonomi yerine tercih edilmeye başlanan bir model olarak görülmektedir. Doğrusal ekonominin aksine daha çok ürünlerin döngüsel bir şekilde kullanılmasına fırsat tanıyan bu model çeşitli sektörler üzerinde etkili olabilir. Döngüsel ekonomi özellikle enerji kullanımını bakımından farklı alternatifler sunmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişte döngüsel ekonominin ilkeleri doğrultusunda hareket etmenin katkısı olabilir. Enerji kullanımının artması ve daha çok yenilenemeyen enerji kaynaklarının tercih edilmesi çevre açısından pek çok olumsuz durum meydana getirebilir. Bu durum ekonomik, çevresel ve sosyal bakımdan sürdürülebilirliğin sağlanmasını engelleyebilir.

Ulaşım sektörü enerji kullanımının yoğun olduğu sektörler arasındadır. Bu sektörde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına bağlı olarak emisyonlar açığa çıkmaktadır. Dolayısıyla ulaşım sektörü için döngüsel ekonomi kapsamında hareket edilmesi emisyonu azaltabilir. Ayrıca bu emisyonların azaltılması ve ulaşım sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanmaya çalışılması sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunabilir. Bunun yanı sıra kalkınma üzerinde ulaşım sektörünün önemli bir etkisi bulunduğu için döngüsel ekonominin ekonomi gözetilerek çevresel sürdürülebilirliği sağlaması bu model doğrultusunda atılacak adımların faydalı olabileceğini göstermektedir. Türkiye’de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji potansiyelinin yüksek olduğu bir bölgedir. Bu bölgede petrol elde edebilmek için yapılan faaliyetlerin etkileri dolaylı olarak çevreye yansır. Öte yandan bölgede ulaşım entegre edilebilecek türde yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunduğu ifade edilebilir. Ancak bu bölgede ulaşım başta olmak üzere çeşitli sektörlerde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına bağlı olarak emisyonun ortaya çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla döngüsel ekonominin uygulanabilir olması ve bölgede enerji kullanım tercihinin değişmesi çevresel bakımdan olumlu etkilerin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Literatürde döngüsel ekonomi, enerji geçişi ve ulaşım sektörünü ele alan çalışmalara rastlanmaktadır. Buna göre döngüsel ekonominin ulaşım sektörüne katkısı olduğunu öne süren (Dhonde ve Patel, 2020; La Cagnina vd., 2020; Mikichurova vd., 2021; Malagon vd., 2024) çalışmalar bulunmaktadır. Enerji geçişi ve ulaşım sektörünü ele alan ve bu geçişin ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonları azaltacağını öne süren (Saighani ve Summer, 2017; Pita vd., 2020; Bogdanov vd., 2021; Kany vd., 2022; Alnour vd., 2024; Kwilinski vd., 2024) çalışmalara rastlanmaktadır. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan bazı illerde ortaya çıkan emisyonları ele alan (Uslu-Şenel ve Atabey, 2020; Akalp ve Ayçam, 2022) çalışmalar da bulunmaktadır. Konu ile ilgili yapılan literatür araştırmasında döngüsel ekonomi, enerji geçişi ve ulaşım sektörü arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların yer, zaman ve yöntem bakımından farklılaştığı ve konu başlıklarının da bu doğrultuda değiştiği görülmektedir. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan illere özgü yapılan çalışmalarda Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen metodolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Öte yandan Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan tüm iller için kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunu Tier 1 yöntemiyle ele alıp kıyaslama yapan çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu çalışmada konu IPCC tarafından önerilen Tier 1 yöntemiyle ele alınıp kara yolu ulaşım emisyonu hesaplaması yapılarak farklılaştırılmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen enerji bakımından yüksek kapasitesinin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu durumun değerlendirilebilmesi için yeterli imkânlarla sahip olan bölgenin bu perspektiften ele alınması ve emisyon seviyelerinin belirlenip elde edilecek sonuçtan hareketle döngüsel ekonomi doğrultusunda enerji geçişinin öncelikli olarak uygulanması gereken yerlerin ortaya çıkarılması, özellikle kara yolu ulaşımı kaynaklı emisyonlarla mücadele etmede etkili sonuçlar ortaya çıkarılabilir.

Bu bağlamda bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan illerde kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun belirlenip karşılaştırma yapılarak literatürdeki yayın eksikliğinin giderilmesi ve bu doğrultuda politika önerileriyle alan yazınına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bunun için çalışmada ilk olarak literatür araştırmasına yer verilmiştir. Sonraki bölümde döngüsel ekonomi, enerji geçişi ve ulaşım sektörü konusuna değinilmiştir. Bir sonraki bölümde Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşım emisyonunun belirlenmesi için çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem ile bulgular kısmına alt başlıklar hâlinde yer verilmiştir. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümüyle tamamlanmıştır.

“Döngüsel Ekonomi Perspektifinde Enerji Geçişi ve Ulaşım Sektörü: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği” isimli makale çalışmasının amacı Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illerinde kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunu hesaplamaktır.

Enerji, özellikle son dönemlerde sorun hâline gelen önemli bir konudur. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı ulaşım faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini engelleyebilir. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasını güç hâle getirebilir. Bu durum döngüsel ekonomi modeline geçişi gerekli kılabilir. Bu model kaynakların yeniden kullanımını sağlayarak uzun ömürlü olmalarına katkıda bulunabilir. Ayrıca enerji kullanımı bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin sağlanmasını gerektirmektedir. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının potansiyeline bakıldığında döngüsel ekonominin uygulanabilir olması bölgesel olduğu kadar ulusal ve küresel açıdan faydalı olabilir. İşte bu sebeplerle çalışmada, kara yolu ulaşımında yakıt kullanımının ortaya çıkardığı CO₂ emisyonu IPCC tarafından yayımlanan kılavuzda yer alan Tier 1 yöntemi ile hesaplanmaktadır. Bu emisyonların belirlenmesi, döngüsel ekonomi kapsamında ulaşım ve enerji kaynaklarında sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından önemlidir.

Çalışmanın amacı ve önemi doğrultusunda cevap aranan sorular şu şekildedir:

S₁ : Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 2010-2023 yılları arasında kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu tüm iller için artmış mıdır?

S₂ : Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 2023 yılında kara yolu ulaşımının yol açtığı CO₂ emisyonunun en fazla olduğu il hangisidir?

S₃ : Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 2023 yılında kara yolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun en az olduğu il hangisidir?

S₄ : Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 2023 yılında 2010 yılına kıyasla kara yolu ulaşımının yol açtığı toplam CO₂ emisyonu değişiminin en fazla olduğu il hangisidir?

S₅ : Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşımının neden olduğu en fazla CO₂ emisyonuna neden olan yakıt türü hangisidir?

Bu çalışmadaki sorulara aranan yanıtlar Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun en yüksek olduğu ilin, yakıt türünün ve toplam emisyon değişiminin yüksek olduğu ilin belirlenmesi, bölge için ilk müdahale edilmesi gereken yerlerin ortaya çıkarılması ve buna uygun politika önerileri getirilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada, yer, zaman ve yöntem bakımından bazı kısıtlamalar yapılmaktadır. Yer bakımından yalnızca Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun belirlenmesi şeklinde bir sınırlama yapılmaktadır. Zaman bakımından yalnızca 2010 ve 2023 yılları verileri kullanılmaktadır. Yakıt kullanımına yönelik olan bu veriler Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayımlanan raporlardan elde edilmektedir. Bu raporlarda en son 2023 yılı verilerine ulaşılabildiği için çalışma bu dönemle sınırlandırılmaktadır. Ayrıca IPCC tarafından yayımlanan kılavuzlarda önerilen Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri arasından Tier 1 yönteminin kullanılması şeklinde bir kısıtlama yapılmaktadır. Bu yöntem kapsamlı veri kullanımını gerektirmeden tahmin yapabilme imkânı sağladığı için seçilmiştir.

Literatür Araştırması

Döngüsel ekonomi, enerji geçişi ve ulaşım sektörü ilişkisini literatürde farklı bakış açılarıyla ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Konu ile ilgili literatürde döngüsel ekonomi ve enerji ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Chen ve Kim (2019) döngüsel ekonomi ve enerji geçişi konusunu ele almakta, enerji geçişinin döngüsel ekonomi, enerji kullanımı ve sera gazı üzerinde olumlu etkilerinin olabileceğini belirtmektedir. Majeed ve Luni (2020) 131 ülke için döngüsel ekonomi, yenilenebilir enerji ve çevre kalitesini ele aldıkları çalışmada, yapılan analiz sonucu elde edilen bulgulara göre, döngüsel ekonomi ve yenilenebilir enerjinin çevre üzerinde olumlu etkisinin olduğunu, ekonomik büyüme, kentleşme ve enerji yoğunluğunun etkisinin ise tam tersi olduğunu öne sürmektedir. Ayrıca döngüsel ekonominin iklim değişikliğinin önüne geçilmesi için gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Su ve Urban (2021) döngüsel ekonomi ve enerji geçişini COVID-19 salgını ile birlikte ele aldıkları çalışmada, 2020 ve 2040 yıllarında döngüsel ekonomi sayesinde enerji tüketiminde %34’lük, CO₂ emisyonunda %40, PM_{2,5}’te ise %43’lük bir düşüş gerçekleşeceğini tahmin etmektedir. Buna göre döngüsel ekonominin daha çok katkısının olacağını, salgının bir avantaja çevrilebileceğini belirtmekte, aksi takdirde belirtilen yıla kadar enerji kullanımının %8, CO₂ emisyonunun %11 ve PM_{2,5}’in %17 oranında artış göstereceğini öne sürmektedir. Yamaka vd., (2022) 18 AB ülkesinde döngüsel ekonomide enerji, atık, sürdürülebilirlik ve çevre

ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 2011 ve 2018 dönem verilerini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, sürdürülebilir kalkınma endeksinin yüksek olduğu yerlerde ekonomik büyüme ve sera gazı emisyonu değişkenlerinin çift yönlü ilişkisinin bulunduğunu, endeksin yüksek olmadığı yerlerde ise enerji ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında çift yönlü ilişkinin var olduğunu tespit etmektedir. Endeksin yüksek olduğu yerlerde atıkların enerji olarak yeniden kullanımının sağlanmasının emisyon üzerinde olumlu etkisinin bulunduğunu, endeksin düşük olduğu yerlerin ise büyüme üzerindeki etkisinin olumsuz olduğunu öne sürmektedir.

Jakubelskas ve Skvarciancy (2023) Avrupa Birliği ülkelerinde döngüsel ekonomi, sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji ilişkisini ele aldıkları çalışmada, enerji verimliliğini belirlemek için veri zarflama analizini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, enerji verimliliğinin yüksek olduğu yerlerin İsveç, İrlanda, Lüksemburg, Estonya, Letonya, Malta, Bulgaristan ve Hollanda olduğu, düşük olan yerin ise Avusturya olduğu belirlenmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerjinin kullanılmasının sürdürülebilir kalkınma için gerekli olduğunu ifade etmektedir. Niwalkar vd., (2023) döngüsel ekonomi, yeşil enerjiye geçiş ve iklim değişikliğini ele aldıkları çalışmada, 2020 ve 2040 yılları için senaryolar oluşturmaktadır. Buna göre döngüsel ekonominin PM_{2,5} emisyonunu, CO₂ emisyonunu ve enerji kullanımını sırasıyla %24,3, %49 ve %49,3 düşüreceğini öne sürmektedir. Ayrıca COVID-19'un çevre üzerinde olumlu etkisinin olduğunu belirtmekte, bu durumun belirtilen yılın sonuna kadar enerji talebinde ve emisyonlar üzerinde sırasıyla %46 ve %45-60 civarında düşüş meydana getireceğini ifade etmektedir. Andrade ve Selosse (2024) Fransa'nın Güneydoğu Bölgesi'nde döngüsel ekonomi ve enerji geçişini ele aldıkları çalışmada, döngüsel ekonomiye uygun yerel bir enerji sisteminin CO₂ emisyonunu yarı yarıya düşüreceğini, elektrik kullanımında çok düşük maliyetlerin olacağını belirtmektedir. Tiwari vd., (2024) döngüsel ekonomi, enerji geçişi, çevre politikaları ve tedarik zincirinin CO₂ salınımına etkisini geliştirmekte olan ekonomiler için analiz ettikleri çalışmada, 1997 ve 2020 dönem verilerini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, döngüsel ekonomi ile iklim politikalarının sert olmasının emisyon üzerinde olumsuz etkide bulunduğunu, tedarik zinciri baskısı, enerji geçişi ve sanayileşmenin emisyonu etkilediğini, atıkların geri dönüşümünün önemli olduğunu tespit etmektedir. Tvaronaviciene (2024) çalışmasında döngüsel ekonomi ve yenilenebilir enerji ilişkisini ele almakta, döngüsel ekonominin yenilenebilir enerji kullanımının sağlanmasında önemli etkisinin olduğunu vurgulamaktadır.

Döngüsel ekonomi ve ulaşım ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Dhonde ve Patel (2020) Hindistan'da döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kent ulaşımını tekstil sektörü için ele aldıkları çalışmada, plânlanmış ve faydanın gözetildiği yolcu ve yük taşımacılığının tekstil ürünlerinin taşınmasının neden olduğu emisyonların düşüşüne katkı sağlayacağını ifade etmektedir. La Cagnina vd., (2020) döngüsel ekonomi ve ulaşımında karbon ayak izini ele aldıkları çalışmada, emisyon seviyesinin düşürülmesinde projeler, yaptırımlar, desteklemeler, emisyon ticareti, finansal olanaklar ve sertifikaların etkili olacağını vurgulamaktadır. Mikichurova vd., (2021) döngüsel ekonomi ve ulaşım konusunu ele aldıkları çalışmada, döngüsel ekonominin ulaşım sektöründe etkili olduğunu ifade etmektedir. De Abreu vd., (2022) döngüsel ekonomi, kara yolu ulaşımı, iklim ve kaynak tüketimini ele aldıkları çalışmada, 7R konseptini kullanmakta, kamusal politikaların döngüsel ekonominin tüm aşamalarına yönelik yapılmasının gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Wang vd., (2023) Guangdong-Hong Kong -Makao Büyük Körfez'de döngüsel ekonomi ve ulaşım konusunu ele aldıkları çalışmada, döngüsel ekonomiye dair ilerlemelerin olduğunu, ulaşım sektöründe altyapının geliştirilmesine yönelik uygulamaların civardaki yerlerin döngüsel ekonomisine katkı sağlayabileceğini, ancak kendi bölgelerinde döngüsel ekonomiyi olumsuz etkileyebileceğini belirtmektedir. Malagon vd., (2024) döngüsel ekonomi ve hava yolu ulaşımını ele aldıkları çalışmada, teknoloji ve yapılan yenilikler ile malzeme, yakıt, enerji, atık ve inşaat yönetimi konusunda döngüsel ekonominin katkı sağlayabileceğini belirtmekte, bunun sürdürülebilirliği ve rekabet edebilirliği olumlu etkileyeceğini ifade etmektedir. Matos ve Perello-Marin (2024) Portekiz'de döngüsel ekonomi ve kara yolu ulaşımını ele aldıkları çalışmada, yapılan görüşmeler sonucunda enerji ve dönüşüm konusunda döngüsel ekonominin sağlanabilmesi için teknik anlamda iyileştirmelerin yapılması gerektiğini öne sürmektedir.

Enerji geçişi ve ulaşım sektöründe emisyon konusunu ele alan çalışmalara bakıldığında; Sun vd., (2017) enerji geçişi ve ulaşım sektörünü ele aldıkları çalışmada, araçların yaşam döngüsü maliyetleri ve emisyonlarını kıyaslamakta, emisyonu azaltacak araçların maliyetinin fazla olduğunu, hükümetin enerji geçişine yönelik politikalar uygulamasının tüketicinin lehine bir durum oluşturduğunu öne sürmektedir. Bogdanov vd., (2021) Kazakistan'da enerji, ısı, ulaşım, sanayi sektöründe tamamen yenilenebilir enerjiye geçiş konusunu ele aldıkları çalışmada, enerji geçişinin sağlanabileceğini, elektrik kullanımı sayesinde maliyetlerin azalacağını ifade etmektedir. Ayrıca bu geçişin CO₂ eşdeğeri emisyonları üzerinde 2040 yılında %90 oranında bir düşüşe katkı sağlayacağını, 2050 yılında ise emisyonun ortaya çıkmayacağını belirtmektedir. Kany vd., (2022) Danimarka'da 2045 yılına kadar ulaşımı ve enerji karbonsuzlaşmasını ele aldıkları çalışmada, 2030 yılına kadar emisyonların

%41'e kadar düşüş göstereceğini, 2045 yılında ise hiç kalmayacağını öne sürmektedir. 2030-2045 yılları arasında kara yolu ulaşımında elektrik kullanımı, alternatif ulaşım türlerine yönelim ve elektro yakıtlara geçilmesinin buna katkı sağlayacağını belirtmektedir. Ram vd., (2022) 2050 yılına kadar ulaşım, ısı, enerji ve tuzdan arındırmada enerji geçişi ve istihdam yaratımı konusunu ele aldıkları çalışmada, bu yıla kadar enerji faaliyetlerinin artacağını, enerji geçişinin sağlanmasının ekonomik bakımdan katkısının olacağını öne sürmektedir. Azzopardi vd., (2023) enerji depolama, yenilenebilir enerji, ulaşım, ısınma ve enerji geçişini ele aldıkları çalışmada, yalnızca bir yerde sadece yenilenebilir enerjinin uygulanabilirliğini nicel ve nitel açıdan araştırmaktadır. Buna göre yenilenebilir enerjinin maliyetinin daha fazla olduğu ve çevre açısından daha çok katkı sağladığı ısınma ve ulaşımında kullanıldığında emisyon üzerinde azaltıcı etkide bulunacağını belirtmektedir. Enerji kullanımına yönelik talepte bir düşüş olmasının yenilenebilir sisteme geçişte etkili olduğunu öne sürmektedir.

Ulaşım ve yenilenebilir enerji ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Saighani ve Summer (2017), Almanya'da bulunan Kuzey Hesse'de ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonunu ele almaktadır. Buna göre ulaşım sektörünün enerji geçişinde etkili olacağını, CO₂ emisyonlarını azaltmada mühendislik alanı ve davranışlarda yapılacak olan farklılaşmanın yarar sağlayacağını öne sürmektedir. Ayrıca 2030 yılında ulaşım için kullanılacak elektriğin yenilenebilir enerji ile sağlanabileceğini ifade etmektedir. Bebkiewicz vd., (2020), Polonya'da kara yolu ulaşımı ve sera gazı emisyonunu ele aldıkları çalışmada, 1990 ve 2017 dönem verilerini kullanmaktadır. IPCC, EEA/EMEP ve COPERT5'i kullandıkları çalışmada, CO₂'nin %5, N₂O'nun %10 arttığı, metanın ise %150'nin üzerinde azaldığı sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının kara yolu ve emisyonlar için önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Pita vd., (2020) Tayland'da kara yolu ulaşımı, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimini ele aldıkları çalışmada, 2007 ve 2017 dönemleri için LMDI-I indeks yöntemini kullanmaktadır. Buna göre ulaşım araçlarının sera gazı emisyonunun ortaya çıkmasında önemli katkıların olduğu, biyoyakıt kullanımının bu emisyonun azaltılmasında etkili olacağı sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca toplu ulaşım, elektrikli araçlar, biyoyakıtlar ve enerji verimliliği hususuna yönelik tavsiyelerde bulunmaktadır. Asim vd., (2022), Pakistan'da kara yolu ulaşım emisyonu, enerji ve sürdürülebilir ulaşım politikalarını ele almaktadır. Buna göre elektrikli araç kullanımının, yakıt kullanımı ve emisyonun düşürülmesinde etkili olacağını öne sürmektedir. Jing vd., (2022), Çin'de toplu ulaşım, karbon emisyonu ve enerji tüketimini analiz ettikleri çalışmada, 2010 ve 2019 dönem verilerini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, toplu ulaşımında gelişim göstermeyle CO₂ emisyonları arasında negatif yönde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Özellikle Çin'de orta ve batı bölgelerde toplu ulaşımın emisyon üzerindeki azaltıcı etkisinin fazla olduğunu belirtmektedir. Ayrıca ulaşım altyapı, enerji ve hükümet politikalarının etkili olacağını ifade etmektedir. Setiawan ve Setiyo (2022), Endonezya'da ulaşım sektörü, yenilenebilir ve yeşil dizeli ele almaktadır. Buna göre yakıt için ham hurma yağının kullanımıyla çevreye verilen zararın azaltılacağını, böylece enerji kaynaklarında sürdürülebilirliğin sağlanabileceğini ve 2060 yılına kadar geçen süreçte emisyonların net sıfır seviyesine erişebileceğini ifade etmektedir.

Lindstad vd., (2023), ulaşım sektörü ve yenilenebilir enerji kullanımını ele aldıkları çalışmada, 2050'ye kadar geçen süreçte kömür kullanımının bırakılarak yenilenebilir enerjinin kullanılmaya başlanacağını, kara yolu ulaşım türünde elektriğin yavaş yavaş kullanılacağını, deniz ve hava yolunda yenilenemeyen kaynakların kullanımınınsa bitmeyeceğini belirtmektedir. Supron ve Lacka (2023), Vişegrad ülkelerinde ekonomik büyüme, enerji, kara yolu ulaşımı ve CO₂ emisyonu ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 1990 ve 2019 dönem verilerini kullanmaktadır. ARDL analizi sonucu elde edilen bulgulara göre, Çek Cumhuriyeti ve Slovakya'da ekonomik büyüme ve yakıt tüketimi arasında uzun süreli ilişkinin var olduğunu, Slovakya ile Polonya'da kara yolu ulaşımı ve CO₂ emisyonu arasında ilişkinin bulunduğunu tespit etmektedir. Ayrıca kara yolu yük hacmi ile CO₂ emisyonu arasında Macaristan, Polonya ve Çek Cumhuriyeti'nde kısa vadede ilişkinin olduğunu saptamaktadır. Alnour vd., (2024), Meksika'da ulaşım, emisyonlarda kamu ve özel iş birliğini ve yenilenebilir enerji ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 1990 ve 2022 dönem verilerini kullanmaktadır. ARDL analizi sonucu elde edilen bulgulara göre, ulaşım sektöründe iş birliğinin emisyonu azaltsa da bunun çok fazla etkili olmadığı, çevre üzerinde yenilenebilir enerjinin olumlu etkide bulunduğu, kentlerde yaşayan bireylerin artmasının emisyon üzerinde kısa süreliğine de olsa olumsuz tesir ettiği sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra ekonomik büyümenin emisyon üzerinde uzun sürede artırıcı bir etkiye sahip olduğunu belirtmekte, yeşil enerjiye yönelik adımlar atılması tavsiyesinde bulunmaktadır. Kwilinski vd., (2024), Avrupa Birliği ülkelerinde ulaşım sektörü, teknoloji ve yenilenebilir enerjiyi analiz ettikleri çalışmada, 2007 ve 2020 dönem verilerini kullanmaktadır. Panel düzeltilmiş standart hata ve GMM yöntemi ile yapılan analiz sonucu elde edilen bulgulara göre, yenilenebilir enerji ile emisyon arasında pozitif korelasyonun var olduğunu tespit etmektedir. Dolayısıyla ulaşım, altyapıya ve yenilenebilir enerjiye verilen önemin ve yatırımın artmasının gerekli olduğunu vurgulamaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde emisyon konusunu ele alan çalışmalara bakıldığında; Cuci ve Ergün-Polat (2015) Gaziantep ilinde trafik nedeniyle ortaya çıkan emisyonları ele aldıkları çalışmada, şehrin merkezinde ve kuzey bölgesinde bulunan Organize Sanayi Bölgesi'nde emisyonların fazla olduğunu belirtmektedir. Bunun yanı sıra NO_x salınımında sınır aşımına ulaşılmadığını ifade etmektedir. Uslu-Şenel ve Atabey (2020) Diyarbakır'da sektörel bakımdan CO₂ salınımını ele aldıkları çalışmada, Tier 1 ve Tier 2 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre en fazla emisyonun kara yolu ulaşımından kaynaklanmakla birlikte, enerji, toplu ulaşım, alternatif ulaşım, yakıt, araç ve trafik gibi konularda düzenlemeler yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Akalp ve Ayçam (2022) Diyarbakır ilinde iklim ve karbon ayak izini ele aldıkları çalışmada, doğalgaz kullanımı nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonunu belirlemek için 2016 ve 2020 dönem verilerini kullanmaktadır. Suriçi, Kayapınar, Bağlar ve Yenışehir için Tier 2 yöntemini kullanarak yaptıkları hesaplama sonucunda Kayapınar'ın en yüksek, Suriçi'nin ise en düşük emisyonu neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca ulaşım ve konutlarda ortaya çıkan emisyon için bireysel faaliyetlerin değişmesine ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

Konu ile ilgili literatür araştırmasına bakıldığında yer, yöntem, zaman ve kapsam bakımından konu başlıklarının değişim gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmalarda döngüsel ekonomi kapsamında enerji geçişinin sağlanmasının gerekli olduğuna yönelik fikir birliği sağlandığı ifade edilebilir. Ayrıca bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak kara yolu ulaşımından kaynaklanan emisyon, Tier 1 yöntemi ile hesaplama yapılarak tahmin edilmekte ve ulaşılan sonuç döngüsel ekonomi perspektifinde değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan bazı iller için IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımları ile bir tahmin yapılsa da bölgede bulunan tüm iller için bir kıyaslama yapılmadığı belirlenmektedir. Bu bağlamda literatürdeki yayın eksikliğinin giderilmesi ve farklı kriterler ile kıyaslama yapılarak politika önerilerinin getirilmesi hedeflenmektedir.

Döngüsel Ekonomi, Enerji Geçişi ve Ulaşım Sektörü

Ekonomi ve çevre arasındaki ilişkinin giderek daha çok önem kazandığı, özellikle döngüsel ekonomiyle yeni bir boyuta ulaştığı, bu kapsamda doğrusal ekonomi yerine getirilen bir model olarak döngüsel ekonominin bazı alanlarda ön plâna çıktığı görülmektedir.

Kavramsal olarak döngüsel ekonomi, ürün ve ham maddelerin kısa ömürlü kullanılmamasını, tekrar kullanıma elverişli hâle gelmesini kapsayan üretim ve tüketim modeli şeklinde ifade edilebilir. Bu sayede kaynakların gereksiz yere kullanılmasının önüne geçilebilir ve ürünlerin yeniden kullanılmasıyla ekonomik yarar gözetilebilir (European Parliament, 2023). Preston (2012) tarafından döngüsel ekonomi, ekonomi içinde mevcut olan kaynakların farklı amaçlar için kullanılabilmesi şeklinde ifade edilmiştir (Preston, 2012). Ellen MacArthur Foundation (2013) döngüsel ekonomiyi onarıcı bir işleve sahip olan, zehirli kimyasalların bulunmadığı, yenilenebilir enerjinin tercih edildiği, atıkların meydana gelmesine son veren endüstriyel bir model olarak tanımlamıştır (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Su vd., (2013) döngüsel ekonomiyi atıkların tekrar kullanılabilir hâle getirilmesinden ziyade kaynak verimliliği ve yönetiminin gözetildiği, su, atık, toprak, enerji, arazi, kaynak, verimlilik gibi konularda yönetimin esas alındığı model şeklinde ifade etmiştir (Su vd., 2013). Sauve vd., (2015) döngüsel ekonomiyi, üretim ve tüketim aşamasında döngüsel bir şekilde ham madde ve atık gibi çevresel sorunların çözüme kavuşması şeklinde tanımlamıştır (Sauve vd., 2015). Mitchell'e (2015) göre döngüsel ekonomi uzun bir zaman diliminde kaynakların en çok fayda sağlanacak şekilde tekrar kullanılabilir hâle gelmesine imkân veren ve doğrusal ekonomi yerine geçebilen bir model şeklinde ifade edilmiştir (Mitchell, 2015).

Malzeme ve enerjinin bol olmaması, uygun bir şekilde saklanmayan atıkların çevre ve sağlık üzerinde zarar verici etkiler göstermesi doğrusal ekonominin etkisini kaybetmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla piyasa rekabetiyle baş etmek için farklı bir modelin kullanılması gerekmekte ve bu döngüsel ekonomi modeli olarak kendini göstermektedir. Kavramsal bakımdan ilk kez 1966 yılında Kenneth Boulding tarafından kaleme alınan "Uzay Gemisi Ekonomisi" isimli çalışmada bahsedilen döngüsel ekonomiyle, kaynakların bol olmaması nedeniyle atıkların saklandığı yerlerin sürekli olarak yenilenmesi ve üretimin içine dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. 20.yüzyılın ortalarından sonra ekonomi ve çevre ilişkisi Karl Goran-Mahler'in kaleme aldığı "Çevre Ekonomisi: Teorik Bir Araştırma", Pearce ve Turner'in yazdığı "Doğal Kaynakların Ekonomisi ve Çevre" isimli eserlerle ele alınmıştır. Döngüsel ekonomi 21.yüzyıla gelindiğinde en çok Ellen Macarthur Vakfı sayesinde ilerleme göstermiştir (Popovic ve Radivojevic, 2022). Döngüsel ekonomi bazı görüşlere göre ithal ham madde ve enerji kullanımını en aza indirirken, toplum içinde yaşayanların yaşam kalitesini olumlu yönde değiştirecek ve kalkınmayı sağlayacak bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bazılarına göreyse döngüsel ekonomi sayesinde ekonomik kazanç ve büyüme sağlanabilir. Ayrıca bu ekonomi modeli sayesinde iklim ve çevre konusunda yaşanan sıkıntılara müdahale edilebilir. Bunu yapabilmek için sorunların kaynağına inilmesi ve yapılan eylemlerin tüm dünyayı etkileyeceğinin bilinmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu ekonomi modelinin

kullanılabilmesi ve ilerleme gösterebilmesi için ortak hareket edilmesine gereksinim duyulmaktadır (Tambovceva ve Titko, 2020).

Ekonomi ve çevre arasında bir bağlantı bulunsa da iktisat biliminde çevre konusuna çok fazla yer verilmemektedir. Ancak yine de iktisat teorisi ve çevre ilişkisinin nasıl olacağına yönelik bilgiler bulunmaktadır (Heshmati, 2015). Kullandıktan sonra tekrar kullanmaya imkân vermeyen doğrusal ekonomi bazı yerlerde uygulanmaktadır. Ancak ürünlerin kullanıldıktan sonra tekrar dönüştürülmesine izin veren döngüsel ekonomiye daha çok yer verilmeye başlanmaktadır. Ekonomi ve çevre arasındaki ilişkinin birbirine zarar verici hâle gelmesi uzun süredir devam eden bir durumdur (Tambovceva ve Titko, 2020). Ekonomi ve çevre arasındaki ilişkiyi ürün kullanımını en aza indirme, kullanım süresini uzatma ve yeniden kullanılabilir hâle getirmeyi ifade eden 3R ilkesini kapsayan döngüsel ekonomi net bir şekilde açıklamaktadır (Heshmati, 2015). Sürdürülebilir kalkınmayla döngüsel ekonomi üzerinde ürün kullanımındaki temel ilkeleri kapsayan 3R'nin yanı sıra kullanımın yapılmamasını, fazla ürün kullanılmamasını, ürünün tekrar kullanılabilmesini, yeniden kullanılabilir duruma getirilmesini ve hasarın giderilmesini içeren 5R ilkeleri ve ürünler hakkındaki kararların yeniden gözden geçirilmesi, fazla kullanımının olmaması, tekrar kullanılabilmesi, tekrar kullanılacak duruma getirilmesi, iyileştirmelerin yapılması, dayanıklılığının sağlanması ve kullanımıyla ilgili düzenlemelerin yapılmasını içeren 7R ilkeleri önemli bir işleve sahip olmaktadır (Xing vd., 2017). Ürünlerin kullanımındaki işlevi, farklı malzemeleri ve sürdürülebilirliği kapsayan 9R ilkelerinden kastedilirse ürün kullanımının en aza indirilerek aynı ürünün daha çok kullanılmasıdır. 0 ve 9 arasında yukarı çıkıldıkça döngüsel ekonomi artmakta ve buna bağlı olarak doğal olan kaynakların kullanımında düşüş meydana gelmektedir (Muljaningsih vd., 2023).

Döngüsel ekonominin hâkim olduğu bir modelde (Lisitsa vd., 2022);

- Çevrenin sürdürülebilir olmasından ziyade ekonomi ön plânda tutulmaktadır. Ayrıca beşeri sermaye sayesinde devamlılık sağlanmaya çalışılmaktadır.
- Beşeri sermayeyle sermayenin ikame edilmesi mümkün olmamaktadır. Çevrenin verimli olması gözetilmekte ve ekonomide büyümenin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak tahribat minimize edilmeye çalışılmaktadır.
- Ekonomi ve çevre arasındaki ilişkinin uyumlu bir şekilde sürdürülmesi sağlanabilir.
- Bireylerin gereksinimlerinin giderilmesinde teknoloji yeterli olmayabilir ve çevrede kendiliğinden meydana gelen durumlar ekonomi üzerinde olumsuz etkiler bırakabilir.
- Sermayeler ikame edilememekte ve ekonominin gelişmesiyle birlikte çevre üzerindeki etkisi ortadan kaldırılabiliyorsa ekonomik gelişimin sağlanması ağır basmaktadır.
- Çevrenin devamlılığının sağlanmasına yönelik uygulamalar teknik bilgilerin yerine kullanılmaktadır.

Döngüsel ekonomi çeşitli şekillerde ifade edilse de ortak kuralları bulunmaktadır. Atık oluşumunu azaltmakta, yeniden kullanım sağlamakta, zarar gelmesini önlemekte, çevre, ekonomi ve toplumların yaşam kalitesini gözetmektedir. Ürün ve enerji kullanımının düşürülmeye çalışıldığı bu modelde diğer enerji kaynaklarının kullanımının bırakılması ve enerji geçişinin sağlanması hedeflenmektedir (Vogiantzi ve Tserpes, 2023). 21.yüzyılda büyük bir sorun hâline gelen enerji geçişinin gerçekleşmesine en önemli katkı döngüsel ekonomi sayesinde olabilir. Genellikle kaynakların verimli olmasının esas alındığı bu ekonomide enerji konusunda farklı alternatifler kullanılabilir. Enerji geçişi sayesinde hem karbon salınımı azaltılmakta hem de döngüsel ekonominin kullanım alanı genişletilmektedir. Enerjinin geri dönüşüme imkân verecek şekilde kullanımı ekonomide sürdürülebilirlik için kilit rol oynamaktadır (Kalchenko vd., 2019).

Enerji kavramı pek çok kez düzenlendiği ve çeşitli kullanım alanları olduğu için farklı anlamlarda kullanılmaktadır (Mehling, 2017). Enerji genellikle fiziki anlamda iş yapma kapasitesi olarak ifade edilse de cisimlerin ya da bir sistemin iş yapabilmesi şeklinde de tanımlanabilmektedir (Bussotti, 2023). Enerji her bireyin taleplerini karşılamak için önemli olmakta ve bu kaynağın sağlanmasında sıkıntı olması durumunda ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Aktar vd., 2020). Çevrede devamlılığı sağlayamayan yenilenemeyen enerji kaynakları doğal gaz, petrol ve kömür gibi enerjilerden oluşmakta, güneş, su ve rüzgâr gibi kaynakların olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının yerine kullanılması durumunda emisyonla yol açmakta ve yaşam alanlarını tehdit etmektedir (Ansari, 2017). Genellikle kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı daha yaygın hale gelmektedir. Ayrıca enerjide yüksek fiyatlar oluşmakta, bu durum hem enerji kullanımını olumsuz etkilemekte hem de çevresel konularda sorunlar ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Chun-Sheng vd., 2012). Oluşumu uzun yıllar süren fosil yakıtlar, bol miktarda bulunmamakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise bol miktarda bulunan, CO₂ emisyonu üzerinde

azaltıcı etkisi olan çevre dostu kaynaklar olup bu kaynakların kullanımı artış göstermeye başlamaktadır (Petrovic-Randelovic ve Stojanovic-Randelovic, 2020).

Çevre ve küreselleşmenin ekonomik boyutu dikkate alındığında enerjiye olan talebin yüksek olması, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanmasını önemli hâle getirmektedir. Genellikle ülke ekonomilerinde sanayi, ticaret, konut ve ulaşım gibi pek çok sektörde enerji yaygın olarak kullanılmakta, bu nedenle çevre kirliliği meydana gelmektedir (Rosen, 2009). Ulaşım sektöründe farklı ulaşım türleri için enerji tüketimi yapılmaktadır. Bu tüketim ekonomiye ve araç kullanan insan sayısının artışına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Chukwu vd., 2015). Ekonomik ve sosyal bakımdan kalkınma üzerinde etkili olan ulaşım sektöründe (Sharapiyeva vd., 2019), fosil yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sıkıntılar yalnızca bir yerde değil tüm dünya üzerinde etkili olmaktadır (Smokers ve Kampman, 2006). Ulaşım sektörü, bireyler ve malların hareket etmesi ve kentsel gelişmenin sağlanmasında kilit rol oynamaktadır. Kentlerde ulaşım sürdürülebilirliğinden kastedilen insanların ve ulaşım araçlarının yüksek masraflara maruz kalmadan, çevreyi de koruyarak hareket etmesidir (Amirazodi, 2012). Kentlerde ulaşımın sürdürülebilirliği için ulaşım ile ilgili düşünceler ve hareketliliğe yönelik stratejiler geliştirmek, kentlerde meydana gelen sorunları gidermek, çevresel iyileştirmeler yapmak ve sürdürülebilir hareketleri özendirme amaçlanmaktadır (Ivanova vd., 2023).

Kentlerin kalkınabilmesi için ulaşım faaliyetlerinin devamlılığının sağlanması gerekmektedir. Bunun için döngüsel ekonomi etkili bir çözüm olabilir (Brzica, 2023). Döngüsel ekonomi üretim için kullanılan malzeme ve emisyon üzerinde azaltıcı etkide bulunabilir. Ayrıca kaynaklarda verimliliği sağlayarak iklimle ilgili olumsuz durumlara müdahale etmek için kullanılabilir (Sardianou vd., 2024). Çevre ve işletme açısından katkı sağlayabilen döngüsel ekonomi, ulaşımda sürdürülebilirlik üzerinde olumlu etkide bulunabilir. Bu sayede ulaşım sektörünün çevreye vereceği zarar tersine çevrilebilir ve örgütlenme için de uzun süreli bir değer yaratılabilir (Turon ve Czech, 2016). Ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan olumlu etkileri olan döngüsel ekonomi modelinin kalkınma üzerinde etkisi bulunabilir. Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınmaya yönelik hedeflerle ilişkili olan bu ekonomi modeli, kalkınmada sürdürülebilirliğin sağlanmasını hedef hâline getirmektedir (Tambovceva ve Titko, 2020). Sürdürülebilir kalkınma ile ulaşım sektörü arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Ekonomik faaliyette bulunmak için işçiler ve tarımsal faaliyette bulunan kesimin ulaşım erişim sağlayamaması durumunda yoksulluk sorunu artış gösterecektir. Bu durum da sürdürülebilir kalkınma için yoksulluk, açlık ve ekonomiyle ilişkilendirilen maddelerin, kız çocuklarının ayrımcılığa uğramadan eğitim görmesinin, kentleşme ve ulaşım faaliyetlerinin artmasına bağlı olarak iklim hedeflerinin, toplu ulaşım, yenilenebilir enerji, emisyon ve ulaşım güvenliğiyle ilişkilendirilen hedeflerin hayata geçirilmesini güç hâle getirecektir (SLoCaT, 2019).

Kısacası, döngüsel ekonomi kavramı pek çok şekilde ifade edilmektedir. Ancak genellikle prensiplerin ortak bir amaca hizmet ettiği görülmektedir. Özellikle enerji geçişinde döngüsel ekonomi modeli etkili bir alternatif olabilir. Enerji geçişinin başta ulaşım sektörü için gerekli olduğu, dolayısıyla bunun sağlanmasının hem döngüsel ekonomi hem de sürdürülebilir kalkınma için etkili olabileceği ifade edilebilir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İllerinde Kara Yolu Ulaşım Emisyonunun Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem ile bulgular yer almaktadır.

Çalışma Alanı

Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve burada bulunan illerin yapısı, ekonomik ve tarihi özellikleri, enerji ve ulaşım sektörüne bakıldığında bölgenin hem zengin bir coğrafi yapıya sahip olduğu hem de yeterince gelişme göstermediği görülmektedir.

Hava kirliliği küresel boyutta ortaya çıkan önemli bir konu olmakta ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi bu sorunların yaşandığı yerler arasında bulunmaktadır. Bölgede Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illeri yer almaktadır (Yılmaz, 2018). Uygarlıkların merkezi arasında olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi, kültürel, tarihi ve ekonomik açıdan önemli bir yerdir. Türkiye'nin enerji üretiminde büyük bir potansiyele sahip olan bu bölgede yenilenebilir ve yenilenemeyen pek çok kaynak bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin yapıldığı bölgede barajlar kurulmuş, petrol ve kömür gibi kaynakların bol olması nedeniyle rafineri ve tesisler inşa edilmiştir (Ertuğrul ve Kurt, 2009). Türkiye'de 2010 ve 2023 yılında ham petrol üretim verilerine bakıldığında bunun milyon ton cinsinden 2010 yılında 2.496.113, 2023 yılında 4.094.898 olarak gerçekleştiği görülmektedir (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, t.y.). Türkiye'de petrolün büyük bir kısmı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden karşılanmakta, dolayısıyla bölge bu açıdan lider bir rol üstlenmektedir (Ulay,

2005). Ancak yakıt elde etme isteği, petrol bulmak için yapılan çalışmalar, bu kaynağın farklı yerlere ulaştırılması esnasında katedilen yol, rafineri tesislerinde bu petrolün işlenmesi ve ulusal sınırlar içinde farklı yerlere ulaşımının sağlanması atmosferi kirleten zehirli gazların salınımına yol açabilir (Dones vd., 2004). Dolayısıyla bölgede çıkarılan enerji kaynağının yine ulusal sınırlar içinde kullanılması ve yapılan faaliyetler, ulaşım üzerinde dolaylı bir etki ortaya çıkacağını gösterebilir.

Öte yandan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin diğer bölgelere göre güneşten yararlanılarak enerji elde edilebilecek yüksek potansiyele sahip bir bölge olduğu ifade edilebilir (Çakar vd., 2009). Yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcudiyeti açısından bakıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi, güneş ve hidroelektrik bakımından elverişli şartlara sahiptir. Jeotermal kaynaklardan belirli bir ölçüde yararlanılarak enerji üretilmesine olanak tanınan bölgede rüzgâr gücünden yararlanılarak üretim yapılması genellikle diğer bölgelere kıyasla daha düşük olarak görülmektedir (Ertuğrul ve Kurt, 2009). Özellikle petrol, hidroelektrik ve güneş enerjisi açısından değerlendirildiğinde bölgenin ciddi boyutlarda petrol rezervlerinin olduğu ve hidroelektrik ile güneş enerjisi üretme kapasitesinin bulunduğu görülmektedir. Yine rüzgâr enerjisi bakımından da bölgenin üretime uygun olduğu ifade edilebilir (Ökten, 2023). Bu nedenle Türkiye'de elektrik enerjisi elde edebilmek için ülkede bulunan kapasitenin değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerjinin tercih edilmesi, yenilenemeyen enerji kaynaklarında yabancı ülkelere duyulan ihtiyacın önüne geçilmesinde etkili olabilir (Karagöl ve Kvas, 2017). Özellikle ulaşım gibi çeşitli sektörlerde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı yerine, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin kullanılması karbon salınımının azaltılmasında etkilidir. Dolayısıyla ulaşımında fosil yakıt kullanımı yerine elektrikli araçlara yönelim olması, konut ve sanayi alanlarında da bu tarz değişimlerin yapılması emisyonla mücadelede öncelikli hedefler arasında yer almaktadır (Acar vd., 2024).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi turizm, iletişim, yerel yönetim, eğitim, sağlık ve ulaşım gibi pek çok konuda yeterince gelişme gösterememiştir (Demir, 2003). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde doğal nedenlerin dışında, antropojenik kaynaklı ısıtma, endüstriyel ve ulaşım faaliyetlerinin hava kalitesinin bozulmasında etkisi bulunmaktadır. İklimsel ve coğrafi özelliklerin yanı sıra kentleşme, yenilenemeyen enerji kaynakları ve ulaşım nedeniyle ortaya çıkan emisyonların hava kirliliğinin meydana gelmesinde etkisi bulunmaktadır (Şengün ve Kıranşan, 2013). Özellikle bölgede mültecilerin bulunması ve altyapı sorunları nedeniyle ulaşım sektörüne yönelik düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca illerde bulunan insan sayısının artış göstermesi toplu ulaşımına yönelik adımların atılmasını gerekli kılmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Kısacası, bölgede yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji üretme potansiyelinin yüksek olduğu, ancak yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına hâlen devam edildiği görülmektedir. Nitekim çeşitli faaliyetler sonucu emisyonların açığa çıktığı ifade edilebilir. Özellikle ulaşım sektörü bu faaliyetler arasında gösterilebilir. Bu durumda ulaşım kaynaklı sorunların ortaya çıktığı görülmektedir.

Veri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illerinde kara yolu ulaşımının yol açtığı CO₂ emisyonu, EPDK yakıt tüketim verileri ve IPCC tarafından önerilen Tier 1 yöntemi ile hesaplanmaktadır. Buna göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan illerin yakıt tüketim verileri Tablo 1'de ton cinsinden gösterilmektedir.

Tablo 1

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Yakıt Tüketim Miktarı (Ton)

İller	2010			2023		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Adıyaman	4,775	63,688	17,957	12,799	169,890	33,560
Batman	5,211	71,894	6,740	9,784	202,269	8,556
Diyarbakır	13,923	121,005	29,199	36,727	288,122	42,135
Gaziantep	26,029	279,500	46,224	72,408	644,347	78,138
Kilis	807	4,236	1,648	5,783	22,382	6,086
Mardin	4,005	31,537	11,359	13,924	164,703	12,752
Siirt	1,681	14,317	3,394	3,534	61,759	3,227
Şanlıurfa	11,643	94,156	50,553	37,127	357,998	94,357
Şırnak	2,026	23,551	2,284	5,213	96,955	3,126

Kaynak: EPDK,2011a; EPDK,2011b; EPDK, 2024a; EPDK, 2024b

Materyal ve Yöntem

IPCC tarafından 2006 yılında yayımlanan kılavuzda kara yolu ulaşımında yakıt kullanımına bağlı karbon salınımı Tier 1 ve Tier 2 yönteminde genellikle benzer olmaktadır. Bu yöntemler yalnızca karbon içeriğinin belirlenmesi durumunda birbirinden farklılaşmaktadır (IPCC, 2006a). Ülkelerde CO₂ emisyonu ve diğer emisyonların belirlenmesinde Tier 1 yöntemi kullanılarak genel bir tahmin yapılabilir. Tier 1 yöntemi için yakıtlara göre belirlenen faktörler kullanılmaktadır (IPCC, 1996). Yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonunu hesaplama yöntemi şu şekildedir (IPCC, 2006b);

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

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

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [t C]} \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Oksitlenme} \quad (4)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyon Miktarı [Gg CO}_2\text{]} = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times 44/12 \quad (5)$$

IPCC kılavuzlarında yer alan dönüşüm ve emisyon faktörleri, oksitlenme ve molekül ağırlık oranı Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2

IPCC Dönüşüm ve Emisyon Faktörü, Oksitlenme Oranı ve Molekül Ağırlık Oranı

	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, 1996; IPCC,2006c

Bulgular

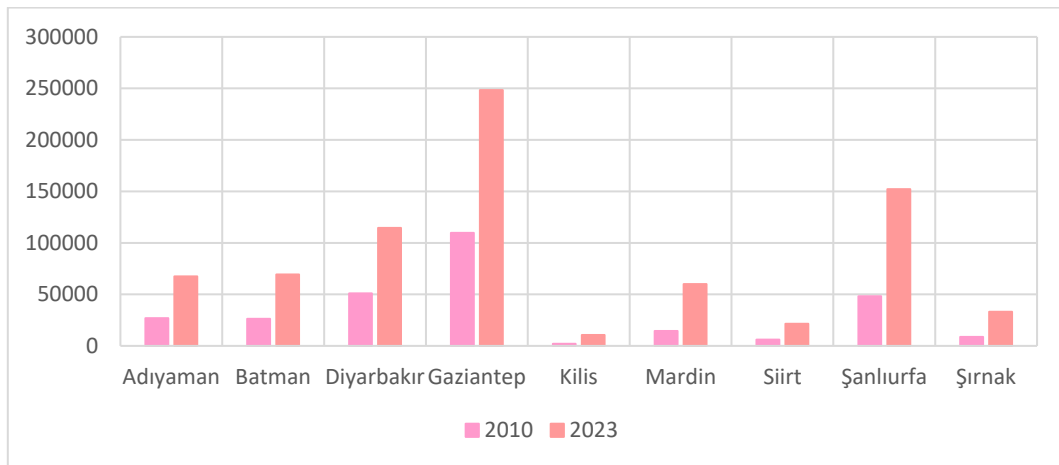
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan iller için IPCC tarafından önerilen Tier 1 yöntemi ile hesaplama yapılmaktadır. Bunun için Tablo 1'deki veriler ve Tablo 2'de faktör ve oranlar kullanılmaktadır. Eşitlik (1), (2), (3), (4) ve (5) kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda elde edilen bulgular Tablo 3 ve Şekil 1'de gösterilmektedir. Tablo 3'te Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde yakıt türlerine göre kara yolu ulaşımından kaynaklanan karbondioksit emisyonu gösterilmektedir. Buna göre en fazla emisyonun dizel yakıt türünden kaynaklandığı görülmektedir.

Tablo 3

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Yakıt Türlerine Göre Kara Yolu Ulaşımı CO₂ Emisyonu

İller	2010			2023		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Adıyaman	14,51	200,81	53,30	38,90	535,67	99,61
Batman	15,84	226,68	20,01	29,74	637,76	25,40
Diyarbakır	42,32	381,53	86,67	111,62	908,45	125,06
Gaziantep	79,11	881,27	137,20	220,07	2.031,64	231,92
Kilis	2,45	13,36	4,89	17,58	70,57	18,06
Mardin	12,17	99,44	33,72	42,32	519,31	37,85
Siirt	5,11	45,14	10,07	10,74	194,73	9,58
Şanlıurfa	35,39	296,88	150,05	112,84	1.128,77	280,06
Şırnak	6,16	74,26	6,78	15,84	305,70	9,28

Şekil 1'de Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde yakıt türlerine göre kara yolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu gösterilmektedir. Buna göre 2010 ve 2023 yıllarında sırasıyla kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu Adıyaman ilinde 268,62 GgCO₂ ve 674,18 GgCO₂, Batman ilinde 262,53 GgCO₂ ve 692,90 GgCO₂, Diyarbakır ilinde 510,52 GgCO₂ ve 1.145,13 GgCO₂, Gaziantep ilinde 1.097,58 GgCO₂ ve 2.483,63 GgCO₂, Kilis ilinde 20,70 GgCO₂ ve 106,21 GgCO₂, Mardin ilinde 145,33 GgCO₂ ve 599,48 GgCO₂, Siirt ilinde 60,32 GgCO₂ ve 215,05 GgCO₂, Şanlıurfa ilinde 482,32 GgCO₂ ve 1.521,67 GgCO₂, Şırnak ilinde 87,20 GgCO₂ ve 330,82 GgCO₂ dir. Buna göre emisyonların bölgede bulunan tüm illerde arttığı, 2023 yılında en fazla emisyonun Gaziantep ilinde meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Kara Yolu Ulaşımı Toplam CO₂ Emisyonu (GgCO₂)

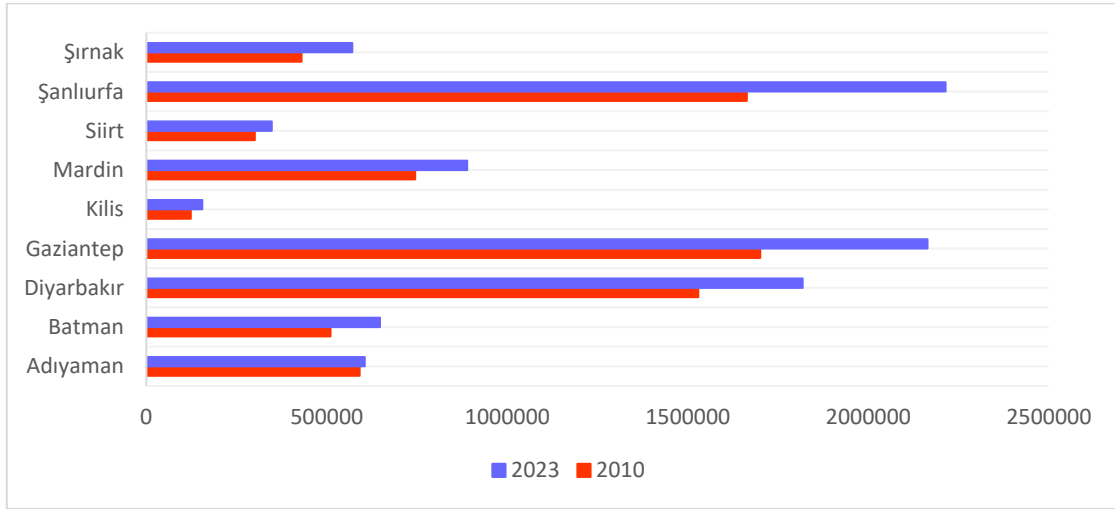
Tablo 4’te Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde yakıt türlerine göre kara yolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyon değişimi gösterilmektedir. Buna göre en fazla değişim Kilis ilinde meydana gelmiştir.

Tablo 4

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Kara Yolu Ulaşımı Toplam CO₂ Emisyon Değişimi (%)

	2010-2023
Adıyaman	150,98
Batman	163,93
Diyarbakır	124,31
Gaziantep	126,28
Kilis	413,09
Mardin	312,50
Siirt	256,52
Şanlıurfa	215,49
Şırnak	279,38

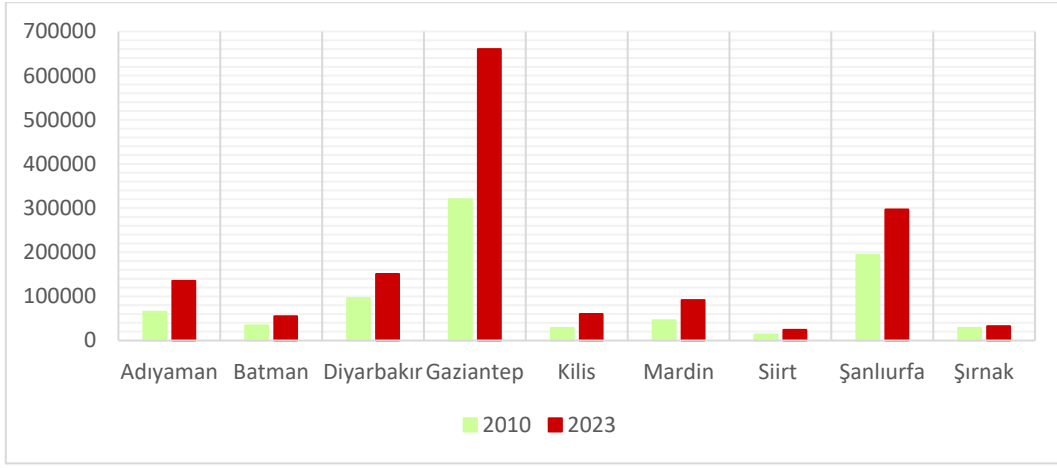
Şekil 2’de Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri nüfus sayıları gösterilmektedir. Buna göre 2023 yılında en fazla nüfusun Şanlıurfa iline en az nüfusun ise Kilis iline ait olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Nüfusu

Kaynak: TÜİK,2024

Şekil 3’te Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri araç sayısı gösterilmektedir. Buna göre en fazla araç sayısının Gaziantep iline ait olduğu görülmektedir. En az araç sayısının ise Siirt ilinde olduğu ifade edilebilir.



Şekil 3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Araç Sayıları

Kaynak: TÜİK

Tablo 5'te TÜİK'ten elde edilen veriler doğrultusunda yapılan hesaplama sonucunda Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde 2010 ve 2023 yılları arasında meydana gelen nüfus ve araç değişimi gösterilmektedir. Buna göre araç değişiminin nüfus değişiminden daha fazla olduğu, en fazla nüfus değişiminin Gaziantep ilinde, araç değişiminin ise Kilis ilinde olduğu görülmektedir.

Tablo 5

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İllerinde Nüfus ve Araç Değişimi (%)

	Nüfus Değişimi	Araç Değişimi
Adıyaman	2,38	108,02
Batman	26,85	59,71
Diyarbakır	18,91	56,46
Gaziantep	27,24	106,28
Kilis	26,02	111,41
Mardin	19,38	99,67
Siirt	15,54	78,80
Şanlıurfa	33,10	52,88
Şırnak	32,70	14,42

Sonuç ve Değerlendirme

Döngüsel ekonomide karbon emisyonunun önemi göz önüne alınarak hazırlanan “Döngüsel Ekonomi Perspektifinde Enerji Geçişi ve Ulaşım Sektörü: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği” adlı bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illerinde kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu hesaplanmaktadır. 2010 ve 2023 yılları verilerinin kullanıldığı çalışmada IPCC tarafından önerilen Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem detaylı veri kullanımına ihtiyaç olmadan hesaplama yapılabilirdi için tercih edilmiştir.

Enerjinin, ekonomi ve çevre için önemli yere sahip olan bir kaynak olduğu görülmektedir. Özellikle nüfusun ve kentleşmenin artmasına bağlı olarak enerjiye olan talep yükseliş göstermektedir. Kentlerde çeşitli sebeplerle artan insan sayısı ulaşım faaliyetlerinin de yoğunlaşmasına neden olabilir. Bu durum araç kullanımının artmasına ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının tercih edilerek emisyonların ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu bakımdan Türkiye'de enerji üretme potansiyelinin yüksek olduğu bir bölge olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kara yolu ulaşımında yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan CO₂ emisyonunun belirlenmesi önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle 2010 ve 2023 yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan illerde kara yolu

ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu Tier 1 yöntemiyle hesaplanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, kara yolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu Adıyaman ilinde 2010 yılında 268,62 GgCO₂ iken 2023 yılında 674,18 GgCO₂ olarak gerçekleşmiştir. Batman ilinde 2010 yılında 262,53 GgCO₂, 2023 yılında 692,90 GgCO₂ dir. Diyarbakır ilinde 2010 yılında 510,52 GgCO₂, 2023 yılında 1.145,13 GgCO₂, Gaziantep ilinde 2010 yılında 1.097,58 GgCO₂, 2023 yılında 2.483,63 GgCO₂, Kilis ilinde 2010 yılında 20,70 GgCO₂, 2023 yılında 106,21 GgCO₂, Mardin ilinde 2010 yılında 145,33 GgCO₂, 2023 yılında 599,48 GgCO₂, Siirt ilinde 2010 yılında 60,32 GgCO₂, 2023 yılında 215,05 GgCO₂, Şanlıurfa ilinde 2010 yılında 482,32 GgCO₂, 2023 yılında 1.521,67 GgCO₂, Şırnak ilinde 2010 yılında 87,20 GgCO₂, 2023 yılında 330,82 GgCO₂ olduğu belirlenmiştir. Buna göre emisyonların bölgede bulunan tüm illerde arttığı, 2023 yılında en fazla emisyonun Gaziantep ilinde meydana geldiği görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu 2023 yılında 2010 yılına kıyasla artmıştır. 2023 yılında emisyonun en yüksek 2.483,63 GgCO₂ ile Gaziantep ilinde gerçekleştiği, en az ise 106,21 GgCO₂ ile Kilis ilinde meydana geldiği görülmektedir. En fazla emisyon oluşumuna dizel yakıt türü neden olmuştur. Toplam CO₂ emisyon değişimi ise en fazla Kilis ilinde gerçekleşmiştir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde kara yolu ulaşımının yol açtığı CO₂ emisyonuna bakıldığında bu iller için tedbir alınması gerektiği görülmektedir. Bu illerde en fazla nüfus Şanlıurfa iline, en fazla araç sayısı ise Gaziantep iline aittir. Bunun yanı sıra nüfus değişimi en fazla Gaziantep ilinde, araç değişimi ise Kilis ilinde gerçekleşmiştir. Bu açıdan bakıldığında ilk olarak Gaziantep ilinde enerji geçişinin yapılması gerekmektedir. Ancak bölgede bulunan illerin emisyon seviyelerindeki artışa bakıldığında yalnızca emisyon seviyesi yüksek olan illerde değil diğer iller için de önlem alınması emisyonların azaltılmasını sağlayabilir ve bu kirlilikle mücadele edilmesinin güç hâle gelmesini engelleyebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yenilenemeyen enerji kaynakları bakımından yüksek kapasitesinin olduğu, bunun bölgeye ve ülkeye dolaylı olarak yansıdığı, yenilenebilir enerji potansiyelinin etkili bir şekilde değerlendirilemediği dikkate alındığında, bölgede enerji kullanımı konusunda döngüsel ekonomi kapsamında hareket edilmesi bölgeye ve ülkeye önemli katkı sağlayabilir. Bu bakımdan yenilenemeyen enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapılması sektörlerde emisyon seviyelerinin azaltılması için faydalı olabilir. Özellikle ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak yapılan elektrikli araçların kullanımının artması ve altyapının geliştirilmesi, toplu ulaşım araç sayısının artması, araçların emisyon kontrolünün sıkı denetime tabi tutulması etkili olabilir. Dizel araç kullanımının azaltılmasına ve elektrikli araçların satın alınmasına yönelik devlet desteği sağlanması, araçların teknik ve mekanik özelliklerinin çevreyle uyumlu olması bölgede emisyon seviyesini azaltabilir.

Bölgede nüfus artışında önemli bir etken olan mülteci sorununun çözüme kavuşturulması da araç kullanımını düşürebilir. Ulaşım sektörü, yerel ve ulusal kalkınma için etkili bir sektör olarak görülebilir. Dolayısıyla bu sektörün sürdürülebilirliğinin sağlanması ekonomi, çevre ve sosyal açıdan önemlidir. Bunun için döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda hareket edilebilir. Nitekim döngüsel ekonomi ile ilişkilendirilen sürdürülebilir kalkınma hedeflerine bakıldığında pek çok konu ulaşım sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması ile bağlantılıdır. Bu nedenle ulaşım sektöründe enerji geçişine yönelik adımların bu perspektifle atılması, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine adapte olunması yerel, ulusal ve küresel düzeyde etkili olabilir.

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kara yolu ulaşım emisyonu ele alınmış ve döngüsel ekonomi perspektifinde yapılacak olan enerji geçişi uygulamalarının etki potansiyeline yer verilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada emisyonlara yönelik ulaşılan sonucun literatürde özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kara yolu ulaşım emisyonunu ele alan çalışmalarda (Uslu-Şenel ve Atabey, 2020; Akalp ve Ayçam, 2022) ulaşım kaynaklı emisyonların arttığına yönelik sonuçlarla tutarlı olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada yapılan öneriler ve vurgulanan enerji geçişi hususunun ulaşımında etkin bir rol oynadığına dair hemfikir olan çalışmaların (Saighani ve Summer, 2017; Bebkiewicz vd., 2020; Pita vd., 2020; Asim vd., 2022; Kany vd., 2022; Setiawan ve Setiyo, 2022) bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda emisyonlara yönelik farklı metodolojiler kullanılmıştır. Ancak özellikle konunun IPCC tarafından önerilen yöntemlerle ele alınması ya da farklı hesaplama metodolojileriyle saptanması daha somut sonuçlar elde edilmesine ve daha etkin politika önerilerinde bulunulmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmaların bu yöntemler kapsamında farklı ülke/bölge/il perspektifinden ele alınması ve bu yerlerin kıyaslanması, soruna küresel çaplı yaklaşım ve çözüm önerileri getirilmesine katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Acar, A., Güllü, A.B., Aksoy, H., Çalışkan, R.Y., Serhadlıoğlu, S., & Taranto, Y. (2024). Türkiye enerji dönüşümü görünümü 2023, *SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi*, <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2024/04/SHURA-2024-04-Rapor-outlook-2023-rev.pdf> adresinden alındı.
- Akalp, S., & Ayçam, İ. (2022). İklim değişikliğine duyarlı yerleşimlerde karbon ayak izi analizi: Diyarbakır örneği, *11th International Conference on Social Sciences Konferansı*, Erzurum, www.farabicongress.org adresinden alındı.
- Aktar, M.A., Harun, M.B., & Alam, M.M. (2020). Green energy and sustainable development, In: Leal Filho W., Azul, A., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) *Affordable and Clean Energy, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, Springer, Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71057-0-47-1>.
- Alnour, M., Awan, A., & Hossain, Md.E. (2024). Towards a green transportation system in Mexico: The role of renewable energy and transport public-private partnership to curb emissions, *Journal of Cleaner Production*, 442, 140984, 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140984>
- Amirazodi, T. (2012). Sustainable urban transport management and its strategies, *International Journal of Transport and Vehicle Engineering*, 6(5), 881-884, <https://publications.waset.org/4056/sustainable-urban-transport-management-and-its-strategies> adresinden alındı.
- Andrade, C., & Selosse, S. (2024). Circular economy for the energy system as a leverage for low-carbon transition: Long-term analysis of the case of the South-East region of France, *Energies*, 17, 1407, <https://doi.org/10.3390/en17061407>
- Ansari, Md.A. (2017). Environmental impacts of non-renewable energy sources, *International Journal of Creative Research Thoughts*, 5(1), 57-61, <https://ijcrt.org/papers/IJCRT1133009.pdf> adresinden alındı.
- Asim, M., Usman, M., Abbasi, M.S., Ahmad, S., Mujtaba, M.A., Soudagaar, M.E.M., & Mohamed, A. (2022). Estimating the long-term effects of national and international sustainable transport policies on energy consumption and emissions of road transport sector of Pakistan, *Sustainability*, 14, 5732, 1-19, <https://doi.org/10.3390/su14095732>.
- Azzopardi, B., Pinczynski, M., Kasperowicz, R., & Bilan, Y. (2023). Energy transition in power, heating and transport sectors, based on the majority of RES and energy storage, *Acta Polytechnica Hungarica*, 20(10), 217-231, https://acta-uni-obuda.hu/Azzopardi_Pinczynski-Kasperowicz_Bilan_139.pdf adresinden alındı.
- Bebkiewicz, K., Chlopek, Z., Lasocki, J., Szczepanski, K., & Zmakowska-Laskowska, M. (2020). Analysis of emission of greenhouse gases from road transport in Poland between 1990 and 2017, *Atmosphere*, 11, 387, 1-13, doi:10.3390/atmos11040387.
- Bogdanov, D., Gulagi, A., Fasihi, M., & Breyer, C., (2021). Full energy sector transition towards 100% renewable energy supply: Integrating power, heat, transport and industry sectors including desalination, *Applied Energy*, 283, 116273, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116273>.
- Brzica, D. (2023). Urban transformation: Environmental issues, wicked problems and transport development in the context of circular economy, *European Journal of Social Impact and Circular Economy*, 4(1), 19-26, DOI:10.13135/2704-9906/7040.
- Bussotti, P. (2023). Introducing the concept of energy: educational and conceptual considerations based on the history of physics, *Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education*, BalticSTE2023, <https://doi.org/10.32225/BalticSTE/2023.38>.
- Chen, W-M., & Kim, H. (2019). Circular economy and energy transition: A nexus focusing on the non-energy use of fuels, *Energy&Environment*, 30(4), 586-600, DOI:10.1177/0958305X19845759
- Chukwu, P.U., Isa, A.H., Ojosu, J.O., & Olayande, J.S. (2015). Energy consumption in transport sector in Nigeria: *Current Situation and Ways Forward*, *Energy*, 5(1), 20-29, https://www.researchgate.net/publication/286928670_Energy_Consumption_in_Transport_Sector_in_Nigeria_Current_Situation_and_Ways_Forward adresinden alındı.

- Chun-Sheng, Z., Shu-Wen, N.I.U., & Xin, Z. (2012). Effects of household energy consumption on environment and its influence factors in rural and urban areas, *Energy Procedia*, 14, 805-811, doi:10.1016/j.egypro.2011.12.887.
- Cuci, Y., & Ergün-Polat, E. (2015). Gaziantep'in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-11, jes.ksu.edu.tr/tr/pub/issue/19367/205387 adresinden alındı.
- Çakar, M.C., Başaran-Filik, Ü., & Kurban, M. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları ve ulaşım sistemlerinde kullanım uygulaması, *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır, https://www.emo.org.tr/ekler/d353925919e6f1c_ek.pdf adresinden alındı.
- De Abreu, V.H.S., Da Costa, M.G., Da Costa, V.X., De Assis, T.F., Santos, A.S. & D'Agosto, M.d.A. (2022). The role of the circular economy in road transport to mitigate climate change and reduce resource depletion, *Sustainability*, 14, 8951, <https://doi.org/10.3390/su14148951>.
- Demir, E. (2003). Güneydoğu Anadolu Projesi'nin ülke ekonomisine katkısı ve bölge yerleşim alanlarına etkisi, *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3), 189-205, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gefad/issue/6761/90956> adresinden alındı.
- Dhonde, B., & Patel, C.R. (2020). Implementing circular economy concepts for sustainable urban freight transport: Case of textile manufacturing supply chain, *International Scientific Journal About Logistics*, 7(2), 131-143, doi.10.22306/al.v7i2.172.
- Dones, R., Heck, T. & Hirschberg, S. (2004). Greenhouse gas emissions from energy systems: Comparison and overview, DOI: 10.1016/B0-12-176480-X/00397-1 .
- Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the circular economy, Vol:1: An Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition, <https://www.aquafil.com/assets/uploads/ellen-macarthur-foundation.pdf> adresinden alındı.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2011a). Petrol piyasası sektör raporu 2010, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> adresinden alındı.
- 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> adresinden alındı.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2024a). Petrol piyasası sektör raporu 2023, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> adresinden alındı.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK (2024b). Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasası 2023 yılı sektör raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> adresinden alındı.
- Ertuğrul, Ö.F., & Kurt, M.B. (2009). Güneydoğu Anadolu Bölgesinin yenilenebilir enerji kaynakları yönünden değerlendirilmesi, *V.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Konferansı*, Diyarbakır, https://www.emo.org.tr/ekler/f7e78ev76v2v19b_ek.pdf adresinden alındı.
- European Parliament (2023). Circular economy: Definition, importance and benefits, https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2023/5/story/20151201STO05603/20151201STO05603_en.pdf adresinden alındı.
- Heshmati, A. (2015). A review of the circular economy and its implementation, *Discussion Paper Series, IZA DP No.9611*, <https://docs.iza.org/dp9611.pdf> adresinden alındı.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, 3(1), <https://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> adresinden alındı.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2006a). 2006 guidelines for national greenhouse gas inventories: mobile combustion, 2(3), https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf adresinden alındı.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006b). IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Reference Approach, 2,(6), https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_6Ch6_Reference_Approach.pdf adresinden alındı.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006c). 2006 guidelines for national greenhouse gas inventories, 2,(1), https://www.jpcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf adresinden alındı.
- Ivanova, D., Yeralina, E., & Shatila, K. (2023). Strategies for sustainable transportation in road way system in urban areas, *E3S Web of Conferences*, 389, 05001, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338905001>.
- Jakubelskas, U., & Skvarciancy, V. (2023). Circular economy practices as a tool for sustainable development in the context of renewable energy: What are the opportunities for the EU?, *Oeconomia Copernicana*, 14(3), 833-859, doi:10.24136/oc.2023.025.
- Jing, Q-L., Liu, H-Z., Yu, W-Q., & He, X. (2022). The impact of public transportation on carbon emissions- from the perspective of energy consumption, *Sustainability*, 14, 6248, 1-18, <https://doi.org/10.3390/su14106248>.
- Kalchenko, O., Evseeva, S., & Plis, K. (2019). Circular economy for the energy transition in Saint Petersburg, Russia, *E3S Web of Conferences*, 110, 02030, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002030>.
- Kany, M.S., Mathiesen, B.V., Skov, I.R., Korberg, A.D., Thellufse, J.Z., Lund, H., Sorknaes, P., & Chang, M. (2022). Energy efficient decarbonisation strategy for the Danish transport sector by 2045, *Smart Energy*, 5, 100063, <https://doi.org/10.1016/j.segy.2022.100063>.
- Karagöl, E.T., & Kavaz, İ (2017). Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji, SETA, Sayı:197, <https://www.setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf> adresinden alındı.
- Kwilinski, A., Lyulyov, O. ve Pimonenko, T. (2024). Reducing transport sector CO₂ emissions patterns: *Environmental Technologies and Renewable Energy, Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, 10, 100217, 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.joitme.2024.100217>
- La Cagnina, L., Marotta, D.D.G., Mertoli, F., Matarazzo, A., & Di Martino, M. (2020). The carbon footprint applied to the transport sector as an instrument of transition to the circular economy, *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 7(1), 95-104, https://www.procedia-esem.eu/pdf/issues/2020/no1/12_12_La_Cagnina_20.pdf adresinden alındı.
- Lindstad, E., Ask, T.O., Cariou, P., & Eskeland, G.S., (2023). Wise use of renewable energy in transport, *Transportation Research Part D*, 119, 103713, 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103713>.
- Lisitsa, M., Khutieva, E., Doroshenko, O., Konareva, A., & Trifonova, L. (2022). Circular economy as an alternative to green economy, *Advances in Engineering Research*, 213, 178-181, <https://www.atlantis.press.com/proceedings/eaf-21/125971476> adresinden alındı.
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (t.y). Petrol istatistikleri, <https://www.mapeg.gov.tr/Sayfa/Genel/Petrolistatistikleri> adresinden alındı.
- Majeed, M.T., & Luni, T. (2020). Renewable energy, circular economy indicators and environmental quality: A global evidence of 131 countries with heterogeneous income groups, *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 14(4), 866, 912, <https://hdl.handle.net/10419/228728>.
- Malagon, R.C., Cruz Reyez, M.A., & Saldana, R.S.R. (2024). Circular economy: A technological innovation strategy for sustainability in air transport, *Mercados y Negocios*, 25(52), 31-52, <https://doi.org/10.32870/öyn.vi52.7726>.
- Matos, F., & Perello-Marin, M.R. (2024). Circular economy challenges within the road freight transport: Case study of Portuguese companies, *Procedia Computer Science*, 232, 2181-2190, DOI: 10.1016/j.procs.2024.02.037.
- Mehling, H. (2017). What is energy and why is it conserved? A review analysis and suggested explanation and definition, *Forthcoming*, https://www.researchgate.net/publication/312071321_What_is_energy_and_why_is_it_conserved_A_review_analysis_and_suggested_explanation_and_definition adresinden alındı.
- Mikichurova, O., Klyuyeva, Y., & Armash, N. (2021). Transport in the circular economy, *Revista Turismo Estudos e Praticas-RTEP/UERN*, 1, 1-9, <https://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/859/820> adresinden alındı.
- Mitchell, P. (2015). Employment and the circular economy job creation through resource efficiency in London, *Report Produced by WRAP for the London Sustainable Development Commission the*

- London Waste and Recycling Board and the Greater London Authority*, https://www.researchgate.net/publication/286443540_Employment_and_the_circular_economy_Job_creation_through_resource_efficiency_in_London adresinden alındı.
- Muljaningsih, S., Andayani, W., Ekawaty, M., & Asrofi, D.A.N. (2023). Scenario for mitigating climate change in Indonesia: Circular economy-based waste management (9r), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1268, 012001, doi:10.1088/1755-1315/1268/1/012001.
- Niwalkar, A., Indorkar, T., Gupta, A., Anshul, A., Bherwani, H., Biniwale, R., & Kumar, R. (2023). Circular economy based approach for green energy transitions and climate change benefits, *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 89, 37-50, <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00137-7>.
- Ökten, M. (2023). Yüzüncü kuruluş yılında Türkiye'nin enerji görünümü, hedefleri ve gelecek projeksiyonu, *Türk Mühendislik Araştırma ve Eğitimi Dergisi*, 2(1), 52-60, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3096648>.
- Petrovic-Randelovic, M., & Stojanovic-Randelovic, B. (2020). The importance of renewable energy sources for sustainable development, *Economics of Sustainable Development*, 4(2), 15-24, DOI: 10.5937/ESD2002016P.
- Pita, P., Winyuchakrit, P., & Limmeechokchai, B. (2020). Analysis of factors affecting energy consumption and CO₂ emissions in Thailand's road passenger transport, *Heliyon*, 6, e05112, 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05112>.
- Popovic, A., & Radivojevic, V. (2022). The circular economy-principles, strategies and goals, *Economics of Sustainable Development*, Scientific Review Paper, 6(1), 45-56, DOI:10.5937/ESD2201045P.
- Preston, F. (2012). A global redesign? Shaping the circular economy, https://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/d/d7/Bp0312_preston.pdf adresinden alındı.
- Ram, M., Osorio-Araveba, J.C., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport and desalination sectors by 2050, *Energy*, 238, 12690, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121690>.
- Rosen, M.A. (2009). Energy sustainability: A pragmatic approach and illustrations, *Sustainability*, 55-80, doi:10.3390/su1010055.
- Saighani, A., & Sommer, C. (2017). Potentials for reducing carbon dioxide emissions and conversion of renewable energy for the regional transport market-a case study-, *Transportation Research Procedia*, 25, 3479-3494, DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.259.
- Sardianaou, E., Nikou, V., & Kostakis, I. (2024). Harmonizing sustainability goals: Empirical insights into climate change mitigation and circular economy strategies in selected European Countries with SDG13 framework, *Sustainability*, 16, 296, <https://doi.org/10.3390/su16010296>.
- Sauve, A., Bernard, S., & Sloan, P. (2015). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary, *Research, Environmental Development*, 17, 48-56, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>.
- Setiawan, I.C., & Setiyo, M. (2022). Renewable and sustainable green diesel (D100) for achieving net zero emission in Indonesia transportation sector, *Automotive Experiences*, 5(1), 1-2, <https://doi.org/10.31603/ae.6895>.
- Sharapiyeva, M.D., Duissekul, K., Gulmira, N., & Zhanna K. (2019). Energy efficiency of transport and logistics infrastructure: The example of the republic of Kazakhstan, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(5), 331-338, <https://doi.org/10.32479/ijee.8204>.
- SLoCaT (2019). Sustainable transport: A critical driver to achieve the sustainable development goals, www.slocat.net/vnr adresinden alındı.
- Smokers, R., & Kampman, B. (2006). Energy efficiency in the transport sector, *Discussion Paper Prepared for the PEEREA Working Group on Energy Efficiency and Related Environmental Aspects*, https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/06_4382_62.pdf adresinden alındı.
- Su, B., Heshamati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A Review of the circular economy in China: moving from the theory to implementation, *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>.

- Su, C., & Urban, F. (2021). Circular economy for clean energy transitions: A new opportunity under the Covid-19 pandemic, *Applied Energy*, 289, 116666, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116666>.
- Sun, W., Yang, X., Han, S., & Sun, X. (2017). Energy transition in transport sector from energy substitution perspective, *AIP Conference Proceedings*, 1890, 030014, <https://doi.org/10.1063/1.5005202>.
- Supron, B., & Lacka, I. (2022). Research on the relationship between CO₂ emissions, road transport, economic growth and energy consumption on the example of the Visegrád group countries, *Energies*, 16, 1340, 1-21, <https://doi.org/10.3390/en16031340>.
- Şengün, M.T., & Kıranşan, K. (2013). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hava kalitesi üzerine etkisi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 59, 59-68, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21222/227764> adresinden alındı.
- Tambovceva, T., & Titko, J. (2020). Introduction to circular economy, *Ekonomikas un Kulturas Augstskola*, https://www.augstskola.lv/upload/book_Introduction_to_Circular_Economy_2020.pdf.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2020). Bölgesel iklim değişikliği eylem planları, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ordu/menu/bidep_rapor_v14_maket-1_20210315075810.pdf.
- Tiwari, S., Mohammed, K.S., Mentel, G., Majewski, S., & Shahzadi, I. (2024). Role of circular economy, energy transition, environmental policy stringency and supply chain pressure on CO₂ emissions in emerging economies, *Geoscience Frontiers*, 15, 101682, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101682>.
- Turon, K., & Czech, P. (2016). Circular economy in the transport industry in terms of corporate social responsibility concept, *Journal of Corporate Responsibility and Leadership*, 3(4), 83-94, <https://dx.doi.org/10.12775/JCLR.2016.025>
- TÜİK, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=89&locale=tr> adresinden alındı.
- TÜİK, (2024) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684#:~:text=Türkiye%20nüfusunun%20%18%2C34',249%20kişi%20ile%20Antalya%20izledi.&text=Bayburt%20%2086%20bin%2047%20kişi,nüfusa%20sahip%20olan%20il%20oldu> adresinden alındı.
- Tvaronaviciene, M. (2024). The transition towards renewable energy: The challenge of sustainable resource management for a circular economy, *Energies*, 17, 4242, <https://doi.org/10.3390/en17174242>.
- Ulay, S. (2005). Güneydoğu Anadolu Bölgesi petrol rezervi ve TPAO, *Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enerji Forumu*, https://www.emo.org.tr/ekler/fdd149fcaa7058c_ek.pdf adresinden alındı.
- Uslu-Şenel, G., & Atabey, T. (2020). Diyarbakır ilinde farklı sektörlerden kaynaklanan karbondioksit salınımının hesaplanması, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(1), 37-47, jes.ksu.edu.tr/tr/pub/issue/53426/676975.
- Vogiantzi, C., & Tserpes, K. (2023). On the definition, assessment and enhancement of circular economy across various industrial sectors: A literature review and recent findings, *Sustainability*, 15, 16532, <https://doi.org/10.3390/su152316532>
- Wang, L., Wu, Z., Ye, H., & Feng, W. (2023). Spatial effect of transportation infrastructure on regional circular economy: Evidence from Guandong-Hong Kong-Macao Greater Bay area, *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 50620, 50634, <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25967-w>.
- Xing, J., da Silva, J.M.V.B., & de Almeida, I.D. (2017). A new conceptual perspective on circular economy: preliminarily confirmation of the 7R principle by a descriptive case study in Eastern China, *The 23rd International Sustainable Research Society Conference*, https://www.researchgate.net/publication/333755946_A_New_Conceptual_Perspective_on_Circular_Economy_preliminarily_confirmation_of_the_7R_Principle_by_a_descriptive_Case_Study_in_Eastern_China adresinden alındı.
- Yamaka, W., Chimprang, N., & Klinkumpu, C. (2022). The dynamic linkages among environment, sustainable growth and energy from waste in the circular economy of EU countries, *Energy Reports*, 8, 192-198, <https://doi.org/10.1016/j.egry.2022.02.122>.
- Yılmaz, M. (2018). Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2011 ile 2015 yılları arasındaki partikül madde ve kükürtdioksit ölçümlerinin değerlendirilmesi, *Konuralp Medical Journal*, 10(3), 305-310, <https://dergipark.org.tr/pub/ktd/issue/40463/299553>.

Extended Abstract

Purpose

Circular economy is seen as a model that does not allow short-term use of products and raw materials and makes them reusable. Circular economy, which has an important place especially in economy and environment, can be effective in ensuring economic development and energy transition. In the provinces located in the Southeastern Anatolia Region, where the energy potential in Türkiye is high, emissions occur due to activities in various sectors, especially transportation. This may make it difficult to ensure sustainability. For this reason, it is necessary to determine the emissions caused by the transportation sector in the provinces in the region in order to take appropriate measures. In this context, it is aimed to determine the CO₂ emissions caused by road transportation in the provinces of Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa and Şırnak in the Southeastern Anatolia Region between 2010 and 2023.

Methodology

Energy use has become an important problem, especially in recent times. The transition from the use of non-renewable energy sources to renewable energy sources has become an increasingly important issue. Among the reasons for this can be shown the emissions resulting from energy use. Human activities have an impact on emissions arising from various sectors. Emissions resulting from the use of non-renewable energy resources, especially in the transportation sector, may prevent economic, social and environmental sustainability. The circular economy is particularly associated with sustainable development goals. It is seen that there is a connection between the transportation sector and development, and ensuring the continuity of transportation activities is important in this respect. Ensuring the sustainability of the transportation sector affects not only climate, energy and continuity in cities, but also issues such as poverty and hunger problems of societies, education, health, economy and employment, industry, infrastructure and innovation, gender inequality and water resources. Therefore, the circular economy model appears as a model that can be used instead of the linear economy in ensuring sustainability and reducing emissions resulting from energy use in the transportation sector. Acting in line with the principles of the circular economy regarding energy use can have a positive impact on the economy and the environment. However, continuing to use non-renewable energy sources may increase emissions. For this purpose, the Tier 1 method, which is among the Tier 1, Tier 2 and Tier 3 methods recommended by the IPCC, is used. Accordingly, the study seeks answers to questions such as whether the CO₂ emissions caused by road transportation have increased for all provinces, which province causes the most and least emissions, which provinces have the highest total emission change, and which fuel type causes the most emissions.

Findings

In this study, the CO₂ emission caused by road transportation in the provinces of Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa and Şırnak located in the Southeastern Anatolia Region is calculated. For this purpose, fuel consumption data for the years 2010 and 2023 in the reports published by EMRA are used. In addition, the Tier 1 method recommended in the guide published by IPCC is used to make this calculation. According to the findings obtained as a result of the calculation, it is seen that the CO₂ emission caused by road transportation has increased in all provinces in the region. Accordingly, the CO₂ emission caused by road transportation in 2010 was 268.62 GgCO₂ in Adıyaman province, and 674.18 GgCO₂ in 2023. In Batman province, while it was 262.53 GgCO₂ in 2010, it was 692.90 GgCO₂ in 2023. In Diyarbakır province, while it was 510.52 GgCO₂ in 2010, it was 1,145.13 GgCO₂ in 2023. In Gaziantep province, while it was 1,097.58 GgCO₂ in 2010, it is 2,483.63 GgCO₂ in 2023. In Kilis province, while it was 20.70 GgCO₂ in 2010, it will be 106.21 GgCO₂ in 2023. In Mardin province, while it was 145.33 GgCO₂ in 2010, it will be 599.48 GgCO₂ in 2023. In Siirt province, while it was 60.32 GgCO₂ in 2010, it will be 215.05 GgCO₂ in 2023. In Şanlıurfa province, while it was 482.32 GgCO₂ in 2010, it will be 1,521.67 GgCO₂ in 2023. In Şırnak province, while it was 87.20 GgCO₂ in 2010, it will be 330.82 GgCO₂ in 2023. However, it is concluded that among these provinces, the highest emission release belongs to Gaziantep, and the least to Kilis, especially in 2023. It is seen that the highest emission release is caused by the use of diesel fuel, and the total CO₂ emission change occurs in Kilis province.

Limitations

There are some limitations in this study, which aims to determine the CO₂ emissions caused by road transportation depending on fuel use. In terms of location, only the provinces of Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa and Şırnak, located in the Southeastern Anatolia Region, are used. In terms of time, emission calculations are made for 2010 and 2023 data. In terms of method, there is a restriction on using the Tier 1 method recommended by the IPCC.

Implication

Considering the results obtained, it is necessary to take measures to reduce emissions caused by road transportation for the provinces in the region. In this regard, it may be beneficial to act in line with circular economy principles. Considering the energy potential of the region, ensuring energy transition can be effective in sustainable development and the transition to a circular economy. Especially the number of vehicles is high in Gaziantep compared to other provinces. Therefore, emissions may increase due to population growth and vehicle use. Therefore, controlling population growth in the region and finding a solution to the refugee problem can reduce the increase in vehicle use. In addition, regulations and supports regarding vehicle fuels, vehicle age, type and engine volume may contribute. In addition, strict control over the measurements of emissions from vehicles may be useful in controlling emissions. Acting in line with circular economy and sustainable development goals can have a positive impact on ensuring economic, environmental and social sustainability at local, national and global levels.

Originality and Value

There are studies in the literature that address the issues of circular economy, energy transition and transportation sector from different perspectives in terms of time, place and method. However, in this study, the issue is handled with the Tier 1 method recommended by IPCC and differentiated by estimating emissions. Additionally, there are studies that estimate emissions for different provinces in the Southeastern Anatolia Region. However, these studies appear to be quite limited. In addition, there is no study that makes comparisons for all provinces in the region. Therefore, it is expected that the study will contribute to the literature by filling the lack of publications in the literature.