

DÖNGÜSEL BİR EKONOMİYE DOĞRU TÜRKİYE: DÜŞÜK KARBONLU BİR EKONOMİ İÇİN GENİŞLETİLMİŞ STIRPAT MODELİNE DAYALI ANALİZ

TURKEY TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY: ANALYSIS BASED ON THE EXTENDED STIRPAT MODEL FOR A LOW-CARBON ECONOMY

Dr. Öğr. Üyesi Canan ŞENTÜRK¹

ÖZ

Sanayi altyapısının güçlendirilmesi ve kurumsallaşması, üretim esnekliğinin sağlanması, nitelikli insan sermayesi ve inovasyonu teşvik eden Ar-Ge ekosisteminin oluşturulması, ihracatın katma değeri yüksek ürünlerden oluşan güçlü bir yapıya kavuşturulması hususunda teknolojik yetkinlik ve sektörel yol haritalarının belirlenmesi gelişmekte olan ülkelerin büyüme ve kalkınma stratejilerinde belirleyici olmaktadır. Ancak tüm bu hedeflerin sağlanmasında kaynak verimliliğini esas alan, çevreye duyarlı teknolojilerle desteklenmiş üretim süreçlerinin varlığıyla döngüsellik tasarımları, hem küresel ölçekte hem de başta Çin ve AB üyesi ülkeler olmak üzere gelişmiş ülkelerin ulusal politikalarında özellikle küresel iklim kriziyle mücadele çerçevesinde önemli yer tutmaktadır. Bu açıdan Cumhuriyet'in 100. yılında söz konusu dönüşüm ve 'düşük karbonlu ekonomi modeliyle büyüme' atılması gereken önemli adımlar arasındadır. Bu bağlamda çalışmada genişletilmiş STIRPAT modeli kullanılmaktadır. Böylelikle, modelin ana unsurları nüfus, refah ve teknolojiye; ticari açıklık, enerji tüketimi ve sanayileşme eklenecek düşük karbonlu bir ekonomi yolunda Türkiye için temel argümanların araştırılmasında daha kapsamlı bir çerçeve sunmak amaçlanmaktadır. Çalışmada 1990-2020 dönemi verileri dikkate alınmakta ve ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmaktadır. Bulgulara göre, uzun dönemde, kişi başı gelir, ticari açıklık ve enerji tüketiminin artması daha fazla karbon emisyonu yaratmaktadır. Ayrıca kısa dönemde oluşacak bir dengeden sapma, 1,14 yıl sonra düzelterek uzun dönem dengesine yakınsamaktadır ve uyarlanma sürecinin hızlı olduğu söylenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Ticari Açıklık, Enerji, Sanayileşme, Teknolojik İlerleme.

JEL Sınıflandırma Kodları: F18, Q56, Q43, C22.

ABSTRACT

The determination of technological competence and sectoral road maps in terms of establishing and strengthening industrial infrastructure, enhancing production flexibility, promoting qualified human capital and innovation through the creation of an R&D ecosystem, and achieving a strong structure based on high-value-added exports play significant roles for the growth and development strategies of developing countries. However, for achieving all these goals requires the presence of resource-efficient production processes supported by environmentally friendly technologies and circular designs are of quite crucial for the construction of national policies particularly for the combat against global climate change at the global scale and for the developed countries, including China and EU member states. In this regard, it is thought that the aforementioned transformation and "growth with a low-carbon economic model" are required among the steps to be taken in the 100th year of the Republic. In this context expanded STIRPAT model is employed in the study. By adding the variables such as trade openness, energy consumption and industrialization to the main variables of model, namely population, welfare and technology, a more comprehensive framework is aimed to be presented for Turkey in the attainment of a low-carbon economy. In the study, data for the 1990-2020 period is utilized and are tested with ARDL bounds test. According to the results, in the long run, an increase in per capita income, trade openness, and energy consumption leads to higher carbon emissions. Additionally, the deviation from a short-term equilibrium will improve after 1.14 years and converge to the long-term equilibrium.

Keywords: Circular Economy, Trade Openness, Energy, Industrialisation, Technological Progress.

JEL Classification Codes: F18, F60, Q56, Q43.

¹  Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, canansenturk@sdu.edu.tr

EXTENDED SUMMARY

Purpose and Scope:

The determination of technological competence and sectoral road maps in terms of establishing and strengthening industrial infrastructure, enhancing production flexibility, promoting qualified human capital and innovation through the creation of an R&D ecosystem, and achieving a strong structure based on high-value-added exports play significant roles for the growth and development strategies of developing countries. However, for achieving all these goals requires the presence of resource-efficient production processes supported by environmentally friendly technologies and the presence of green economy and circular designs are of quite crucial for the construction of national policies particularly for the combat against global climate change at the global scale and for the developed countries, including China and EU member states. In this regard, it is thought that the aforementioned transformation and “growth with a low-carbon economic model” are required among the steps to be taken in the 100th year of the Republic and are of quite important for Turkey. In this context expanded STIRPAT model is employed in the study. By adding the variables such as trade openness, energy consumption and industrialization to the key variables of STIRPAT model, namely population, welfare and technology, a more comprehensive framework is aimed to be presented for Turkey in the attainment of a low-carbon economy.

Design/methodology/approach:

The circular economy approach proposes maximizing the reuse of resources to minimize the need for producing new materials, thereby eliminating the carbon costs of producing new materials. In other words, the circular economy inherently signifies lower emissions. In this regard, the study considers carbon emissions as the dependent variable and employs an expanded version of the STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) model, reformulated by Dietz and Rosa (1994, 1997). Unit root tests developed by Dickey and Fuller (1981) and Phillips and Perron (1988), namely ADF (Augmented Dickey-Fuller) and PP tests, are used to test the stationarity of the variables included in the model. In cases where the variables are integrated of the same order $I(1)$ or some variables are integrated at levels $I(0)$, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, developed by Pesaran (1997), Pesaran, Shin, and Smith (2001), is employed to test the long-term relationship among the series without considering the degrees of integration of the series. Moreover, in case of cointegration among the variables in the model, the Error Correction Model is estimated to explore the possibility of correcting short-term imbalances in the long run.

Findings:

According to the long-term results, the per capita gross national income variable (A), included in the model as a measure of welfare, is determined to be statistically significant and positive at 0.01 significance level. Trade openness (OP) and primary energy consumption (ENG) variables are also found to be statistically significant and positively related at 0.05 significance level. The results of the Error Correction Model indicate a statistically significant relationship between the variable population (P) and CO₂ emissions in the short term. A 1% increase in P could lead to a reduction of carbon emissions by approximately 0.14%. The sign of the error correction term is statistically significant and negative as expected. Evaluating the error correction coefficient suggests that a deviation from the short-term equilibrium would converge back to the long-term equilibrium after approximately 1.14 year.

Conclusion and Discussion:

The results indicate that Turkey's current environmental policies, energy conservation, and trade policies have not yet sufficiently reduced carbon emissions. Especially after the 1980s, the industrialization strategy focused on exports has led to the development of the manufacturing industry, which demands more energy sources. The implemented policies also encourage domestic and foreign investors, predominantly in urban areas, to engage in industrial activities. Consequently, this situation exposes the increasing industrialization activities to higher emission levels. As observed in many developing countries, the findings also demonstrate that in Turkey, there is still insufficient emphasis on designing a low-carbon economy in the formulation of policies related to fossil fuel/primary energy consumption and trade. It is imperative, particularly, to redirect energy production towards renewable energy sources (hydro and biomass) rather than primary sources and to invest in new (green) technologies and higher levels of R&D to enhance energy efficiency. Additionally, creating policies concerning climate change should assign more responsibilities to relevant stakeholders to develop advanced technologies and solutions to reduce carbon emissions and decrease the demand for fossil fuel energy. In summary, there is a need for a stronger focus on low-carbon economy design in Turkey, emphasizing renewable energy sources, energy efficiency, and technological advancements, as well as encouraging collaborative efforts to combat climate change and reduce carbon emissions in the country.

1. GİRİŞ

Dünyada yaşanan nüfus artışı, tüketimdeki çeşitlenme ve artış, sanayi üretiminin artması, kentleşmenin yoğunlaşması ve enerji ihtiyacının artması gibi sebeplerle insanoğlunun yarattığı atık ve karbon miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu artış, sera gazında artışa, ozon tabakasında telafisi mümkün görünmeyen ciddi hasara, küresel ısınmaya, iklim değişikliğine, kuraklığa, erozyona, çölleşmeye ve en genel anlamda çevre kirliliği ve yok oluşuna neden olmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun küresel riskler haritasına göre çevre sorunları ve iklim değişikliği 2011 yılından itibaren en önemli riskler arasında yer almaktadır. 2017 yılı sonrasında ise olağandışı hava olayları, iklim değişikliği, doğal afetler, insan kaynaklı çevre hasarları ve biyoçeşitlilik kaybı en önemli küresel riskler arasında gelmektedir (World Economic Forum, 2023, s. 29). Öte taraftan sınırlı olan dünya kaynakları artan talebi karşılamak için daha da fazla kullanılmakta, sürdürülebilirliği gün geçtikçe daha da risk altına girmektedir. Daha sistematik çözümlerin (doğrusal ekonomiden dögüsel ekonomiye geçiş) üretildiği dögüsel ekonomi, sürdürülebilirlik kavramının daha güçlü ve en güncel versiyonudur (Lewandowski, 2016, s. 1).

Dögüsel ekonomi kavramının doğuşu ve gelişimi hakkında farklı görüşler mevcuttur. Boulding (1966) terim olarak kullanmamış olsa da dögüsel bir sistemin işleyişine dair imasıyla ilk çalışmalardan sayılabilmektedir. Endüstriyel ekoloji ve büyüyen bir ekonomide çevresel kalite bağlamındaki çalışmasında dünyadaki tüm olası söylem ve nesnel kümesinin bir alt kümesi olan "ekonoför (econosphere)" olarak tanımladığı doğrusal ekonominin, madde, enerji ve bilgiden oluşan üç önemli yapıya da açık olduğunu vurgulamaktadır. Doğrusal süreçleri 'Kovboy' ekonomisi, dögüsel sistemi ise 'Uzay Gemisi' ekonomisi² (cowboy / spaceship economies) kavramları ile tanımlamaktadır. Bu sayede dögüsel bir ekonominin termodinamiğini anlatmakta; sistemlerin bir dizi girdi ve çıktı sınıfına göre açık veya 'kapalı' olabileceği çıkarımında bulunarak kapalı dögü ekonomik sistem ihtiyacına dikkat çekmektedir (Boulding, 1966, s.2). Stahel (1981; 1982) ise 'malların kullanım ömrünün uzatılmasını', dünyanın mevcut sınırlı kaynaklarıyla tutarlı ilerlemenin kaydedildiği sürdürülebilir bir topluma doğru kademeli bir geçiş başlatmak için mantıklı bir nokta olarak tanımlamakta ve süreci yeniden kullanım, onarım, yenileme ve geri dönüşümden oluşan 4 dögü ile açıklamaktadır. Pearce ve Turner (1990) ise özellikle dögüsel sistemin işleyişini içeren şema ile konuya katkıda bulunmaktadır (Pearce ve Turner, 1990, s. 40). Diğer yandan, bu ve benzer mantıktaki yaklaşımları Royal Society of Chemistry'in ilk başkanı R.W. Hofman'a (1848) kadar götürülenler de mevcuttur (Sarıatlı, 2017, s. 32; Gedik, 2020, s. 18). Önceki çalışmalar kavramın özü, işleyişi ve açıklamalarıyla ilgilenmiş olsa da tanım ve kavramsal olarak Dögüsel Ekonomi (Circular Economy) ifadesi bir dizi büyük şirket ve McKinsey danışmanlığıyla ortaklık kuran Ellen MacArthur Vakfı'nın yayınlarında görülmektedir (Ekins vd., 2019, s. 9). Vakfın en genel tanımıyla dögüsel ekonomi "iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, atık ve kirlilik gibi küresel zorlukların üstesinden gelen bir sistem çözümü çerçevesi"dir (Ellen MacArthur Foundation, 2021; MacArthur, 2013). Ancak yapılan çalışmalar ve farklı bakış açıları kavramın tanımında da oldukça geniş bir yelpazeye neden olmaktadır. Dolayısıyla dögüsel ekonominin tanımı yapılırken; daha temiz üretim, yenilenebilir enerji kullanımı, atıkların kaynağında sıfırlanması veya azaltılması, çevresel duyarlılık, üretici ve tüketici bilinci, geri dönüşüm, dayanıklı/kaliteli ve daha tamir edilebilir ürün, ekonomik refah, nesiller-arası denge/adalet, yeni iş modelleri, israfın azaltılması, iyi tasarım, malzeme minimizasyonu, işlenmemiş/doğal kaynak kullanımının minimizasyonu, kaynak kıtlığı, yeşil ekonomi, sürdürülebilirlik, ekoverimlilik, ekonomik ve çevresel dögü gibi kavramlar ile beşikten beşiğe, biyotaklit, çevre ekonomisi, ters lojistik, ekoloji kanunları, performans ekonomisi, mavi ekonomi, rejeneratif tasarım, permakültür, doğal kapitalizm, endüstriyel simbiyoz, kapalı dögü, endüstriyel ekoloji ve ekolojik ekonomi gibi kavramlar kullanılabilir³. Bu bağlamda dögüsel ekonomi, tüm bu kavramları içerecek ve ürünün doğal kaynaktan çöpe kadar uzanan doğrusal yaşam çizgisini; birincil doğal kaynakları koruyan, ürünlerin birden fazla defa kullanımını teşvik eden ve bu amaçla yeni tasarım, iş modeli, mevzuat, teşvik ve benzerlerinin hayata geçirilmesini de kapsayacak şekilde dögüsel bir yapıya kavuşturulması olarak tanımlanabilir.

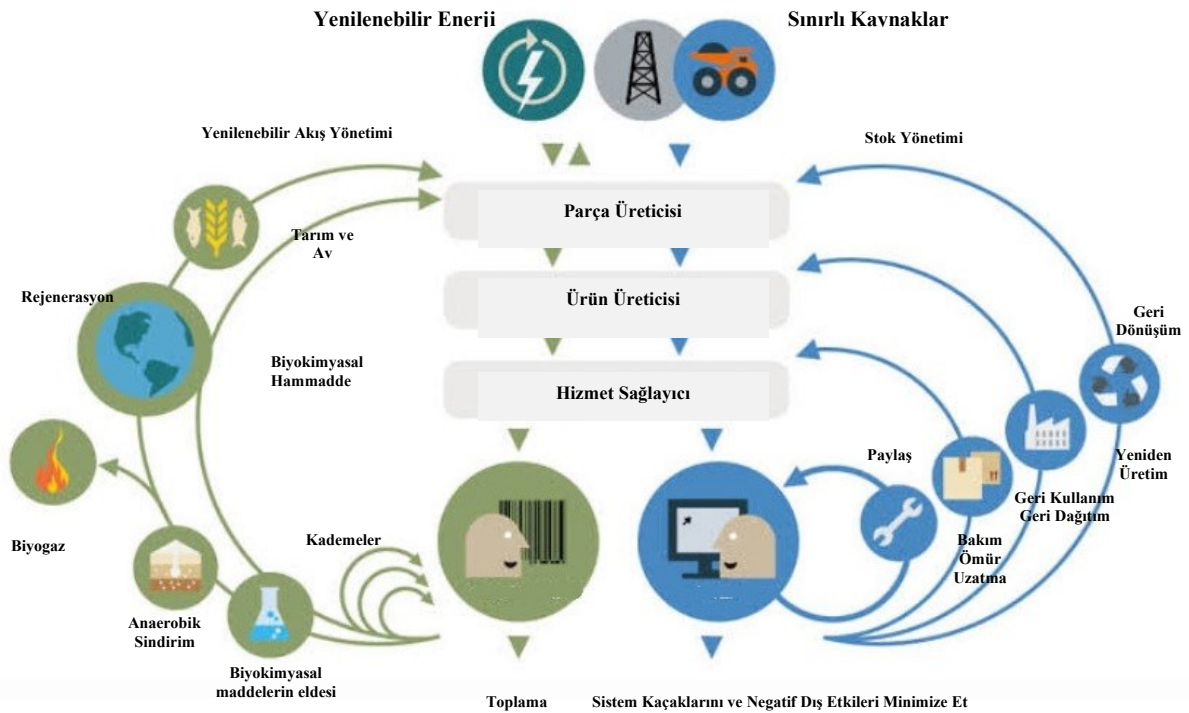
Dögüsel ekonomiye geçiş için 4 temel bileşen gerekmektedir: materyal ve ürün tasarımı, yeni iş modelleri, küresel ters ağlar ve olanak sağlayan koşullar (Planing, 2015, s. 2). Bu 4 bileşen, yap-kullan-bertaraf et (veya al/yap-kullan-at) mantığı ile işleyen doğrusal ekonominin (Lahti vd., 2018, s. 1; Sauve vd., 2016, s. 53), yeniden

² Uzay Gemisi Ekonomisi'nde dünyanın tek bir uzay gemisi haline geldiğini, insanların girdi almaktan kaçamasa bile, maddi biçimi sürekli olarak yeniden üretme yeteneğine sahip dögüsel bir ekolojik sistem içinde yerini bulması gerektiğini kabul etmekte ve kapalı dögüye işaret etmektedir.

³ Dögüsel ekonomi kavramının farklı tanımları için bkz. Gedik (2020, s. 19-21 ve 23-25).

kullan-onar-geri dönüştür-tamir edilemeyeni yeniden üret mantığı ile işleyen döngüsel ekonomiye geçişin altyapısını oluşturmayı amaçlamaktadır (Şekil 1). Diğer bir ifade ile katma değere odaklanan doğrusal ekonomiden, değer korunmasına odaklanan döngüsel ekonomiye geçiş amaçlanmaktadır (Stahel ve Clift, 2016, s. 140).

Şekil 1. Kelebek Diyagramı-Döngüsel Ekonomi Sistemi



Kaynak: (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Şekil orijinalden Türkçeleştirilmiştir.

Değerin korunması Şekil 1’de diagramın sağ tarafındaki akışla (paylaş, bakım-onarım, geri kullanım-dağıtım, yeniden üretim, geri dönüşüm) sağlanmaktadır. Eğer bu dönüşüm sağlanamazsa atık oluşmakta olup, bu dönüşüm ve atık sürecinin tamamı atık yönetimi hiyerarşisi ile yönetilmelidir. Atık yönetim hiyerarşisine göre öncelikle atıklar oluşmadan önlenmeli veya azaltılmalı, ürünler yeniden kullanılmalı eğer mümkün değilse sırasıyla geri dönüşüm sağlanmalıdır. Geri dönüşüm de mümkün değilse atıklar enerji üretimi için kullanılmalıdır. Son çare olarak ise atıklar bertaraf edilmeli veya bertaraf edilecek ülkelere ihraç edilmelidir (Zero Waste, 2022).

Tüm bu süreçleri ekonomisine en fazla entegre etmeye çalışan ülkeler arasında AB ülkeleri, Japonya, Güney Kore ve Çin gelmektedir. Bu ülkeler mevzuattaki değişimler, proje bazlı dönüşümler, firma ve birey farkındalığını artırma, geri dönüşüm altyapısını iyileştirme, emisyon/karbon değerlerini azaltıcı adımlar atma ve benzeri adımlar ile döngüsel ekonomiye geçiş sürecini tasarlamaktadırlar. Ancak döngüsel geçiş için herkese uyan tek bir çözüm yoktur ve her ülkenin kendine özgü döngüsel zorlukları ve fırsatları söz konusudur. Cumhuriyet’in 100. yılında atılması gereken önemli adımlar arasında söz konusu dönüşümün ve ‘düşük karbonlu bir ekonomi modeliyle büyüme’nin Türkiye açısından da önem taşıdığı düşünülmektedir. Bunu göz önünde bulundurarak, çalışmada karbon emisyonları üzerine nüfus, refah, teknoloji, ticari açıklık, enerji tüketimi ve sanayileşmenin etkisi analiz edilerek kapsamlı bir çerçeve sunmak amaçlanmaktadır. Böylelikle Türkiye’nin son yıllarda ekonomik büyüme ve ihracat performansına yapılan vurgunun, sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile örtüşüp örtüşmediği çıkarımına da imkan sağlamak ikincil amaç olarak görülmektedir. Böylelikle çalışma, döngüsel ekonomi ile ilgili literatürdeki ampirik sonuçlara dayalı ve makro ölçekli çalışma eksikliğini giderme yönünde katkı sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle çalışmada, STIRPAT modelinin ana unsurlarına (nüfus, refah ve teknoloji); ticari açıklık, enerji tüketimi ve sanayileşme eklenerek 1990-2020 dönemi verileriyle düşük karbonlu bir ekonomi yolunda Türkiye için temel argümanların araştırılmasında daha kapsamlı bir çerçeve sunmak amaçlanmaktadır. Söz konusu modelin

analizinde ARDL Sınır Testi yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu bağlamda ikinci bölümde döngüsel ekonomi tasarımı ve Türkiye ve Avrupa Birliği'nde mevzuat gelişimine yer verilmektedir. Literatür incelemesi ve analiz ve bulgularını içeren üç ve dördüncü bölümlerin ardından, çalışmanın sonuç ve değerlendirmesi yapılmaktadır.

2. DÖNGÜSEL EKONOMİ TASARIMI

Döngüsel ekonomiye geçiş sürecini tasarılmanın en temel adımlarından bir tanesi mevzuattaki değişimlerdir. Mevzuatın değişimi; üretim, tüketim, uluslararası ticaret, tedarik zinciri vb. süreçleri yönlendirebileceği gibi bu süreçler tarafından da yönlendirilir. Dolayısıyla iki taraflı bir etkileşim söz konusudur. Bu etkileşim uzun soluklu olup, her planda, her projede ve her adımda değişiklikler gerektirebilmektedir. Örneğin, Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'de hukuki düzenlemelerde çok sayıda değişime ve revizyona sebebiyet vermiş ve vermeye devam edecektir (TÜSİAD, 2021, s. 6).

2.1. AB'de Döngüsel Ekonomi Mevzuatının Gelişimi

Avrupa Komisyonu 2015 yılında Avrupa'nın döngüsel ekonomiye geçişini hızlandırmak, küresel rekabet gücünü geliştirmek, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi desteklemek ve yeni iş alanları / iş modelleri yaratmak amacıyla Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nı kabul etmiştir. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı üretim, tüketim, atık yönetimi, ikincil hammadde piyasası ve atık mevzuatına kadar tüm döngüyü kapsayan önlemlerle birlikte somut ve iddialı bir eylem planı oluşturmuştur. Bu sayede doğrusal ekonominin açık uçlu yapısı değişecek, ürün yaşam döngülerinin yapısı ucu kapalı bir döngü yapısına kavuşturulacaktır (GAİB, 2022, s. 7).

Komisyon 2018 yılında Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'na ek olarak plastik ürünlerin çevreye verdiği zararı azaltmak için ek yönerge ve AB Plastik Stratejisini kabul etmiştir. Yönerge kapsamında özellikle tek kullanımlık plastik ürünlerin ve sulama suyunun kullanım şartları ile ilgili önlemler alınmıştır.

11 Aralık 2019 tarihinde ise Avrupa Yeşil Mutabakatı kabul edilmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatının ana amacı 2050 yılına kadar sera gazı emisyonunu sıfırlamak (karbon nötr ilk kıta olmak) ve ekonomik büyümeyi kaynak kullanımından ayırmaktır. Bu bağlamda büyüme 1. temiz enerji, 2. sürdürülebilir sanayi, 3. bina ve yenileme, 4. tarladan sofraya, 5. kirliliği ortadan kaldırma, 6. sürdürülebilir hareketlilik ve 7. biyolojik çeşitlilik politika alanları bağlamında sağlanacaktır (Baltbay, 2021, s. 558). Emisyonları azaltırken iş imkânları yaratacak ve yaşam kalitesini arttıracaktır. Belirlenen hedefler dâhilinde büyüme stratejisi 7 politika alanı altında oluşturulmuştur: i) temiz enerji, ii) sürdürülebilir sanayi, iii) bina ve yenileme, iv) tarladan sofraya, v) kirliliği ortadan kaldırma, vi) sürdürülebilir hareketlilik ve vii) biyolojik çeşitlilik.

11 Mart 2020'de Avrupa Komisyonu tarafından sunulan ve 10 Şubat 2021 tarihinde Avrupa Parlamentosu tarafından kabul edilen Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı Avrupa Yeşil Mutabakat yapısını oluşturan en önemli bileşenlerden biridir. Yeni Plan ile doğal kaynaklar üzerindeki baskı azaltılacak, sürdürülebilir büyüme ve istihdam yaratılacaktır. 2019 Avrupa Yeşil Mutabakatı ile amaçlanan iklim nötrlüğü hedefinin tutturulması ve biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulması için Plan bir ön koşul niteliğindedir. Planın amaçları şunlardır (GAİB, 2022, s. 8-10; TÜSİAD, 2021, s. 17):

- Sürdürülebilir ürünleri, hizmetleri ve iş modellerini AB'de norm haline getirmek,
- Tüketicileri ve kamu alıcılarını güçlendirmek,
- Elektronik ve bilgi ve iletişim teknolojileri, piller ve araçlar, ambalaj, plastik, tekstil, inşaat ve binalar, gıda, su ve besin maddeleri gibi en çok kaynağı kullanan ve döngüsellik potansiyelinin yüksek olduğu sektörlerle⁴ odaklanmak,
- Daha az atık yaratmak,
- İnsanlar, bölgeler ve şehirler için döngüsellik çalışması yapmak,
- Döngüsel ekonomi konusunda küresel çabalara öncülük etmek.

⁴ AB, bu ve benzeri sektörler için Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile ilişkilendirilmiş çok sayıda strateji belgesi ve rapor yayınlamış ve benimsemiştir. Bu strateji belgeleri ve raporların listesi için bkz. TÜSİAD (2021, s. 15-17).

2.2. Türkiye’de Döngüsel Ekonomi Mevzuatının Gelişimi

Türkiye’de döngüsel ekonomi mevzuatının ilk adımını 2872 sayılı ve 09.08.1983 tarihli Çevre Kanunu oluşturmaktadır. Kanuna döngüsel ekonomi kavramı ilk defa 29.11.2018 tarihinde girmiş, aynı yıl Kanuna plastik poşetlerin ücretlendirilmesi, geri kazanım katılım payı uygulaması, sıfır atık yönetim sistemlerinin yaygınlaştırılması, depozito-iade sistemine yönelik düzenlemelerin yapılması maddeleri eklenmiştir (Sıfır Atık, 2023).

2017 yılında Sıfır Atık Projesi hayata geçirilmiş, 2018 yılında ise Sıfır Atık bilgi sistemi kurulmuş, 2019 yılında da Sıfır Atık Yönetmeliği (2021’de revize edilmiştir), 2020 yılında da Sıfır Atık Yönetim Sistemi Uygulama Kılavuzları yayımlanmıştır.

Türkiye’de döngüsel ekonomi, 2019 yılından itibaren sürdürülebilirlik adı altında uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde döngüsel ekonomi çalışmalarının hızlı ilerlemesine katkı yapan 2 kuruluş mevcuttur: Türkiye Döngüsel Ekonomi Platformu ve DCUBE Döngüsel Ekonomi Kooperatifi (Balbay vd., 2021, s. 564-565).

2019 yılında plastik poşetler ücretli hale getirilmiş ve Türkiye Depozito İade Sistemi Projesi başlatılmıştır. 2020 yılında Türkiye Çevre Ajansı kurulmuştur. 2021 yılına gelindiğinde ise Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği yayımlanmış, Paris Anlaşması onaylanmış ve Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı hazırlanmıştır. Aynı yıl yine Atık Getirme Merkezlerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Sıfır Atık Uygulamalarına İlişkin Usul ve Esaslar yayımlanmıştır. 2022 yılında ise Orta ve Uzun Vadeli Program’a sıfır atık dahil edilmiş, İklim Değişikliği Başkanlığı kurulmuş ve Atık Toplayıcıları Genelgesi yayımlanmıştır. 2022 yılından itibaren yerel yönetimlerde Sıfır Atık Müdürlükleri (Çankaya, Dikili, Beyoğlu, Edirne, Nilüfer Belediyeleri vs.) kurulmaya başlanmıştır.

3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Döngüsel ekonomi literatürü incelendiğinde, kavramın disiplinler arası çalışmalara uygun geniş kapsamı dolayısıyla farklı boyutlarının olduğu görülmektedir. Ancak ekonomi bilimi ölçeğinde incelendiğinde; çalışmaların önemli bir kısmı dünyanın, bölgelerin veya ülkelerin döngüsel ekonomi bağlamında mevcut durumunu irdelemektedir. Bunun yanında döngüsel ekonomiyi teorik bir çerçevede ele alan⁵ ya da firma ve birey farkındalığına odaklanan çalışmalar da mevcuttur. Ayrıca literatüre ilişkin bibliyometrik çalışmalar da söz konusudur. Ancak, literatürde Çin ve AB başta olmak üzere tüm dünyada artan oranda ilgi gören konuya ilişkin (özellikle makro ölçekte) nicel analize dayalı çalışmaların sayısı görece azdır ve bu yönde çalışmaların artırılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Goyal vd., 2021; Kirchherr ve van Santen, 2019, s. 1). Tablo 1’de literatürde yer alan çalışmaların bir kısmının bulguları sunulmuştur.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yurtdışı Çalışmalar	
Dar vd. (2022)	Dünyanın en fazla CO ₂ emisyonu yapan 10 ülkesinde panel veri analizi yapılarak ekonomik kalkınma-emisyon ilişkisi incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımı ile CO ₂ emisyonu arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Ülkeler arasında kısa ve uzun dönemde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımı genel olarak GDP üzerinde pozitif yönlü etki göstermektedir. Ayrıca temiz enerji kullanımı karbon emisyonunu azaltmada önemli bir role sahip görünmektedir.
Magazzino vd. (2021)	Çalışmada Danimarka’da nüfus başına katı atık, gelir düzeyi, kentleşme oranları ve emisyon değerleri arasında nedensellik analizi yapılmıştır. Yapay sinir ağlarının da kullanıldığı analiz sonucuna göre kişi başına hasıladaki artış emisyonu artırıcı etki yaratırken, atık sektöründen kaynaklanan emisyonu azaltmaktadır.
Apostu vd. (2023)	Çalışmada 31 Avrupa ülkesi için enerji tüketimi, GSYİH, brüt sabit sermaye oluşumu ve emisyon değerleri ile panel veri analizi gerçekleştirilmiştir. Brüt sabit sermaye oluşumu ve sera gazı miktarı arttıkça evsel atık üretiminin azaldığı, enerji tüketimi, GSYİH ve SO _x ve NO _x emisyon değerlerinde artışın ise evsel atık üretimini artırdığı tespit edilmiştir.
Chen (2022)	Veri zarflama tekniğinin ve mekânsal Durbin modelinin kullanıldığı çalışmada Çin’de yer alan 285 şehre ait emisyon değerleri kullanılmıştır. Yapılan mekânsal analizler sonucunda ağır sanayi bölgelerinin yüksek emisyon değerleri ile karakterize olduğu, döngüsel ekonominin karbon emisyonu üzerinde belli bölgelerde azaltıcı etki gösterdiği bulunmuştur.

⁵ Döngüsel ekonomi farkındalığına dayalı literatürden seçilmiş çalışmaların listesi için bkz. Gedik (2020, s. 16-17).

Nedelea vd. (2018)	Çalışmada Avrupa Birliği üyesi 28 üyenin 2008-2015 yılları arası verileri kullanılarak yatay kesit analizi yapılmıştır. Beşeri sermaye, döngüsel ekonomi ve ekonomik büyüme rakamları üzerinden en küçük kareler yönteminin kullanıldığı analizde, biyoekonomik sektörlerin inovatif performansı (patent sayısı) proxy değişken olarak tespit edilmiştir. AB-28 ülkeleri biyoekonomi inovasyon kapasitesi açısından heterojen bir yapı sergilemektedir ancak Arvege yatırımlarının verimliliği konusunda belirgin farklılık bulunmamaktadır. Biyoekonomi çalışanlarının verimliliği ise ekonomik büyümeye olumlu etki yapmaktadır.
Lyeonov vd. (2019)	Makalede 2008-2016 dönemi için AB üyesi ülkelerin kişi başına gelir, sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji ve yeşil yatırımları arasındaki ilişki incelenmektedir. Panel eşbütünleşme testlerinin kullanıldığı çalışmada, yeşil yatırımların kişi başına GSMH'yı pozitif yönde, sera gazı emisyonlarını ise negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir.
Knable vd. (2022)	Çalışma döngüsel ekonominin sürdürülebilir kalkınmaya olan etkisini analiz etmektedir. 2010-2019 yılları arası 25 AB ülkesi verileri ile panel veri analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji ve yeniden kullanım, sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji işsizlik üzerinde olumsuz etki ile sosyal bir maliyet yaratmaktadır.
Su vd. (2013)	Çalışma Çin hükümetinin önerdiği döngüsel ekonomi temelli kalkınma stratejisini incelemektedir. Şehirler itibarıyla döngüsel ekonomi politikaları öncesi ve sonrası değişimleri ve politika uygulanmasında yaşanan zorlukları ele almaktadır.
Rao vd. (2023)	Çalışmada Çin'in karbon emisyon hedefine ne zaman ve nasıl ulaşacağına dair tartışmalar yer almaktadır. STIRPAT modeli ile emisyon ve karbon pik değerlerinin ne zaman yaşanacağı belli senaryolar dahilinde incelenmektedir. İnceleme Çin'in endüstriyel yapısı, enerji yapısı, kentleşme düzeyi, yeşil ve döngüsel ekonomiye geçiş süreçleri dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir.
Udeagha ve Ngepah (2022)	Çalışma Güney Afrika'da 1960-2000 yılları arasında karbon emisyonunu etkileyen faktörler olarak mali merkezileşme, yeşil teknolojik yenilik, ticaret açıklığı, nüfus büyüklüğü, kişi başına GSYİH, kurumsal kalite ve enerji tüketimini STIRPAT modeli çerçevesinde analiz etmektedir. Analiz sonucunda mali merkezileşme, yeşil teknolojik yenilik ve kurumsal kalite faktörlerinin sürdürülebilirliği kısa ve uzun vadede olumlu etkilediği, ticari açıklığın çevresel kaliteyi olumsuz etkilediği, kişi başına GSYİH'daki artışın CO ₂ emisyonlarını artırdığı ve nüfus ve enerji tüketiminin ise çevresel bozulmayı tetiklediği bulunmuştur.
Yurtiçi Çalışmalar	
Balbay vd. (2021)	Dünyada ve Türkiye'de firmaların döngüsel ekonomi uygulamaları incelenmiş, Türkiye için döngüsel ekonominin PEST ve SWOT analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Türkiye'de Yeşim Tekstil, Sun Tekstil, İpeker Tekstil ve Akkim firmasının döngüsel ekonomi uygulamaları ele alınmıştır.
Mısır ve Arıkan (2022)	AB ve Türkiye'de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi ile ilgili atılan adımlar (mevzuat değişimi, uygulamaya konan projeler ve gelecek hedefleri) tarihsel gelişim sürecinde verilmiştir.
İskenderoğlu vd. (2022)	Çevresel Performans Endeksi'nde yer alan 14 ülke (Avustralya, Avusturya, Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Fransa, Lüksemburg, İsviçre, Bahreyn, Norveç, İsveç, İrlanda, Almanya, Finlandiya) ve 1990-2018 dönemi için panel veri ile ekonometrik bir analiz yapılmış ve ekonomik büyüme, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımlarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.
Yılmaz (2019)	Döngüsel ekonomi üzerine 80 makalenin bibliyometrik analizi nicel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda 32 ülkeden yazarların olduğu; ilk 3 ülkenin İsveç, Çin ve İtalya olduğu; ortalama yazar sayısının 3,67 olduğu ve ortalama 10,91 sayfadan oluştuğu tespit edilmiştir.
Yalçın ve Negiz (2020)	Döngüsel ekonomi kent bağlamında ele alınmıştır. Çalışmada nitel analiz yöntemlerinden olan doküman incelemesi tekniği kullanılmış ve Türkiye'de hazırlanmış ve yeşil / mavi / kırmızı ekonomi kelimelerinin içeren lisansüstü tezler incelenmiştir. Çalışma sonucunda mavi ve kırmızı ekonomi konularını ele alan veya döngüsel ekonomi konusunu kent bağlamında ele alan herhangi bir lisansüstü teze rastlanmamıştır. Öte yandan incelenen tezlerin genel olarak iktisat anabilim dalında hazırlandığı görülmüştür.
Bölük ve Güven (2022)	Çalışma, 1963-2015 döneminde Türkiye'de ekolojik ayak izine enerji tüketimi, turizm, kentleşme ve ekonomik büyümenin etkisini vektör hata düzeltme modeli yardımıyla ölçmektedir. Enerji kullanımı, kentleşme ve uluslararası turist gelişlerinin Türkiye'de çevresel bozulmaya neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sürdürülebilir büyüme ve kentleşme sağlanması için döngüsel ekonomi sisteminin hayata geçirilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.
Özpolat (2020)	Çalışmada Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu Gelecek-11 ülkeleri için 1990-2014 arası karbon emisyonunu belirleyen faktörler ele alınmaktadır. Gelir, dışa açıklık, kentleşme, sanayileşme ve enerji tüketimi belirleyiciler arasındadır. Bu sonuca göre sektörlere göre çevre düzenlemeleri ve yeşil enerjiye geçişin sağlanması, çevresel bozulmayı azaltacaktır.

4. VERİ, METODOLOJİ VE BULGULAR

Doğası gereği döngüsel bir ekonomi, doğrusal bir ekonomiden daha düşük karbon emisyonuna sahip olmak durumundadır. Doğrusal süreçlerde birincil kaynak kullanımı ile yeni malzemeler üretmek, karbon emisyonlarıyla sonuçlanmaktadır. Oysa döngüsel ekonomi yaklaşımı, kaynakların yeniden kullanımını en üst düzeye çıkararak yeni malzeme üretme ihtiyacını en aza indirmeyi önermekte ve böylece yeni malzeme üretmenin karbon maliyetlerinin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Başka bir ifadeyle, döngüsel ekonomi, tasarım gereği daha az emisyon anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda çalışmada karbon emisyonları bağımlı değişken olarak ele alınmakta⁶ ve Dietz ve Rosa (1994, 1997) tarafından yeniden formüle edilen STIRPAT (Nüfus, Refah ve Teknoloji Üzerine Regresyonun Stokastik Etkileri) (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology) genişletilmiş versiyonu kullanılmaktadır. Söz konusu modelin temel denklemi ise, Ehrlich ve Holdren (1971)'in geliştirdiği IPAT (Impacts, Population, Affluence, and Technology) modeline dayanmaktadır:

$$I = P \cdot A \cdot T \quad (1)$$

$$I = \alpha \cdot P_i^b \cdot A_i^c \cdot T_i^d e_i \quad (2)$$

2 nol'lu denklemde yer alan α sabiti ifade eder. I, çevresel etkiyi; b, c, d sırasıyla P (nüfus), A (Refah) ve T (Teknoloji)'nin tahmin edilmesi gereken üslerini ifade etmektedir. Ancak IPAT'tan farklı olarak STIRPAT modeli hipotezleri ampirik olarak test etmek için kullanılabilen stokastik bir modeldir. Ayrıca söz konusu modelle logaritmik formda katsayılarla, diğer faktörler sabit tutularak, itici güçteki %1'lik bir değişime yanıt olarak bağımlı değişkendeki yüzde değişim gösterilebilmektedir (Dietz ve Rosa, 1994, 1997; York vd., 2003; Shahbaz vd. 2016; Ghazali vd. 2019; Schneider, 2022).

$$\ln I = \alpha + b(\ln P) + c(\ln A) + d(\ln T) + \ln e \quad (3)$$

Dietz ve Rosa (1997)'ye göre teknoloji terimi sadece genel olarak algılandığı şekliyle teknolojiyi değil, aynı zamanda nüfus ve refah dışında sosyal organizasyon, kurumlar, kültür ve insanın çevre üzerindeki etkisini ifade eden bütün diğer faktörleri de içermektedir. Dolayısıyla teknoloji terimi içerisinde kısıtlanmış söz konusu faktörlerin modele dahil edilmesi önem taşımaktadır.

Refah ve düşük karbonlu ekonomi ilk bakışta pozitif bir ilişkiye sahiptir. Çünkü ekonomik büyüme, sürdürülebilirliğin temel boyutlarından biri olduğundan, sürdürülebilirlik sürecini hızlandırmaktadır. Gelir düzeyi yüksek bir ülkenin sadece ekonomisinin güçlü değil aynı zamanda sosyal olarak gelişmiş ve çevresel bozulmanın da düşük olması muhtemeldir. Bu durum söz konusu ekonomilerin sosyal ve çevresel kurumları/projeleri finanse edebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte daha derin bir bakış, zenginliğin tehlikeli sonuçlarını ortaya çıkarmaktadır. Refah sahnesinin arkasında, enerji ve doğal kaynakların tüketimine ihtiyaç duyan, çevreyi ve sürdürülebilirlik sürecini tehdit eden ekonomik büyüme yattığı düşünülmektedir (Grossman ve Krueger, 1991; Nasrollahi vd., 2020). Refah göstergesi olarak ele alınan kişi başına gelirdeki artış ile karbon emisyonları arasındaki ilişki çevresel bozulma ile kişi başına gelir düzeyi arasındaki hipotetik ilişkiyi ele alan çevresel Kuznets eğrisine dayandırılabilir. Buna göre çevre kirliliği, ekonomik gelişme sürecini takiben önce artmakta daha sonra azalmaktadır (Erataş ve Uysal, 2014, s. 6). Teknoloji ve düşük karbonlu ekonomi birbiriyle iki koşulda tutarlı olabilir. Bu iki koşul altında, teknoloji ve sanayileşmenin düşük karbonlu ekonomi üzerinde farklı potansiyel etkileri söz konusudur. İlk olarak, enerji verimli teknolojiler, belirli bir girdi ile daha fazla çıktı üreterek, geri dönüşüm ve yeniden kullanım aşamalarından inovatif tasarım ve teknik gelişim yaratarak, teknolojiyi döngüsel bir süreçte ekonomik büyüme için hızlandırıcı olarak önermektedir. Diğer koşulda ise, döngüsellüğün bir başka boyutu olan çevresel kalite ancak enerji verimli teknolojilerle korunduğundan, temiz teknolojilere geçişin olmadığı durumlarda karbon emisyonunu artırıcı etki yaratacaktır. Ticari açıklığın ise çevresel bozulma faktörü dolayısıyla döngüsellüğe etkisi söz konusudur. Grossman ve Krueger (1991), uluslararası ticaretin artan gelir, endüstriyel iyileşme ve teknolojinin yayılması olmak üzere üç yolla karbon emisyonunu etkilediği iddiasındadır (Wu vd., 2021, s. 1590). Ayrıca gelir atışı-çevresel bozulma ilişkisindeki 'ölçek, teknik ve kompozisyon' etkilerinin uyarlanmasıyla, bu etkilerin ticari açıklık-çevresel bozulma ilişkisine dönüşümü sağlanmaktadır (Mutascu, 2018,

⁶ Esasen döngüsel ekonomiyi temsilen özellikle AB ülkeleri üzerine çalışmalarda yaygın olarak 'döngüsel kaynak kullanım oranı' verileri kullanılmaktadır. Ancak AB'nin veritabanlarında bu gösterge için yalnızca üye ülke verileri mevcuttur ve söz konusu oranın formülünden faydalanarak hesaplama için gerekli veriler de henüz Türkiye için mevcut olmadığından bu çalışma, döngüsellüğün bir boyutu olarak çevresel bozulma ya da emisyon yaratımı üzerinden tasarlanmaktadır.

s. 443). Ölçek etkisi, ekonomik faaliyetlerdeki artışın yarattığı tüketim artışı, ticari açıklıkla artan ticaret hacmi ve enerji tüketimi nedeniyle karbon emisyonları ve doğal kaynakların tükenmesindeki artışları ifade etmektedir (Grossman ve Krueger, 1993, Shahzad vd., 2017). Dolayısıyla ölçek etkisi doğrusal süreçlere hizmet etmektedir. Teknolojik etki, daha iyi teknolojiler ve daha iyi çevresel uygulamalarla gelir arttıkça ve ticaret genişledikçe daha düşük karbonlu bir üretim sürecine sahip olmayı ifade eder. Bileşik etki ise, dışa açıklık derecesi tarafından belirlenen çıktı kompozisyonunun çevresel bozulma üzerindeki etkisini ve yapısal düzenlemeleri göstermektedir (Grossman ve Krueger, 1996; Shahzad vd., 2017). Dolayısıyla ekonomik büyüme ve sanayileşme ile karbon emisyonu arası ilişki de benzer bir yapı sergilemektedir. Doğrusal bir ekonomide, enerji tüketimindeki bir artış ise, daha büyük ekonomik büyüme için üretim ve daha fazla malzeme çıktısı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla doğrusal süreçle işleyen mevcut ekonomik büyümenin bir uzantısı olarak özellikle fosil enerji kaynaklarının kullanımı, karbon emisyon hacmini arttırmakta ve döngüsel ekonomiyi olumsuz etkilemektedir (Neves ve Marques, 2022, s. 8).

Bu noktadan hareketle çalışmada, STIRPAT modelinin ana unsurlarına (nüfus, refah ve teknoloji); ticari açıklık, enerji tüketimi (Ghazali vd., 2019; Shahbaz vd., 2016) ve sanayileşme eklenerek düşük karbonlu bir ekonomi yolunda Türkiye için temel argümanların araştırılmasında daha kapsamlı bir çerçeve sunmak amaçlanmaktadır. 1990-2020 dönemi için söz konusu modelin değişkenlerine tablo 2’de yer verilmektedir:

Tablo 2. Verilerin Tanımlanması

I	CO ₂ emisyon Kişi başı metrik ton	Dünya Bankası
P	Nüfus	Dünya Bankası
A	Refah (KBGSYİH)	Dünya Bankası
T	Teknoloji (patent başvuruları, yerleşiklerin)	Dünya Bankası
OP	Ticari Açıklık	Dünya Bankası
IND	Sanayi Katma Değer	Dünya Bankası
ENG	Enerji Tüketimi, Kişi başına kg petrol	Uluslararası Enerji Ajansı https://www.iea.org/

STIRPAT modelinin genişletilmiş hali aşağıdaki denklemde sunulmaktadır:

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln A_{it} + \beta_2 \ln T_{it} + \beta_2 \ln OP_{it} + \beta_2 \ln IND_{it} + \beta_2 \ln ENG_{it} + \ln e_t \quad (4)$$

Bu aşamada öncelikle modele dahil edilen değişkenlerin durağanlığını sınamaya yönelik Dickey ve Fuller (1981) ve Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen birim kök testleri (sırasıyla ADF-Augmented Dickey-Fuller ve PP) kullanılmaktadır. Değişkenlerin aynı dereceden durağan [I(1)] veya bazı değişkenlerin düzeyde durağan [I(0)] olması halinde, bir başka ifade ile serilerin bütünleşme derecelerini dikkate almaksızın, seriler arasında uzun dönemli ilişkinin sınanmasında Pesaran (1997), Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilmiş olan Otoregresif Gecikmesi Dağıtılmış Model (ARDL-The Autoregressive Distributed Lag) kullanılmaktadır. Ek olarak modelde yer alan değişkenler arasında eşbütünleşme tespit edilmesi durumunda, Hata Düzeltme Modeli tahmin edilerek kısa dönemde oluşacak dengesizliğin uzun dönemde düzeltilebilirliği araştırılmaktadır.

Durağanlık, zaman içinde serilerin belli bir değere yaklaşmasını başka bir ifadeyle serilerin sabit bir ortalama ve varyansın yanı sıra gecikme seviyesine bağlı kovaryansa sahip olması anlamına gelmektedir. Serilerin durağan olması yani birim kök içermemesi bu koşullara ulaşmış olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmanın bu aşamasında analiz öncesi durağanlığın sınanmasını gerekli kılmaktadır. Bu sebeple en sık kullanılan Augmented Dickey Fuller (ADF) ve Philip-Perron (PP) testlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 3. Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	ADF		PP	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
I	2,24 (0,9925)	-5,03 (0,0000)*	-4,47 (1,0000)	-5,03 (0,0000)*
P	-1,67 (0,0874)***	-2,42 (0,0171)**	-1,43 (0,1376)	-2,56 (0,0122)*
A	1,20 (0,9375)	-5,38 (0,0000)*	1,25 (0,9432)	-5,39 (0,0000)*
T	-1,53 (0,7951)	-4,42 (0,0077)*	-1,77 (0,6926)	-4,55 (0,0057)*
OP	2,02 (0,9870)	-4,48 (0,0001)*	2,43 (0,9952)	-4,77 (0,0000)*
IND	3,86 (0,9999)	-3,48 (0,0011)*	5,98 (1,0000)	-3,47 (0,0011)*
ENG	2,37 (0,9944)	-5,45 (0,0000)*	2,72 (0,9976)	-5,51 (0,0000)*

Not: *, **, *** işaretli değerler sırasıyla 0,01; 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerinde durağan değişkenleri ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. Değişkenlerin her biri doğal logaritmalarıyla kullanılmaktadır.

ADF ve PP testleri sonucunda değişkenlerin farklı derecelerde eşbütünlük olduğu tespit edilmiş ve çalışmada ARDL testi kullanılmıştır. ARDL, serilerin durağanlık derecelerinde farklılıkların olması temeline dayanmakta (I(0) ve I(1)), ancak değişkenlerde 2. dereceden durağanlığın (I(2)) olmaması da önem taşımaktadır. Dolayısıyla ARDL açısından serilerin birim kök içerip içermediğinden ziyade 2. derecede durağan hale gelen değişken olup olmadığının incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışma sonuçlarında değişkenlerin en fazla I(1)'de durağan hale geldiği gözlenmektedir.

1990-2020 yılları arası Türkiye'ye ait veriler kullanılarak model kurgusu ve değerlendirme yapılmış ve uygun model ARDL (1,0,1,0,0,0,0) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. ARDL (1,0,1,0,0,0,0) Modeli Tahmin Sonuçları

Model: ARDL (1,0,1,0,0,0,0)		
Bağımlı değişken CO ₂		
Bağımsız Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği
I(-1)	0,127586	0,994422 (0,35)
P	-0,147466	-2,215150 (0,03)**
P(-1)	0,144304	2,048644 (0,05)**
A	0,132002	3,511883 (0,00)*
T	0,028219	1,152188 (0,26)
OP	0,111524	1,931603 (0,06)***
IND	0,033157	0,030262b (0,97)
ENG	0,276637	2,162321 (0,04)**
c	-4,599665	-2,848819 (0,00)*
Diagnostik Testler		
R ²	0,986791	
Düzeltilmiş R ²	0,9817	

Not: *, **, *** işaretli değerler sırasıyla 0,01; 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Bu aşamada sınır testi uygulaması önem taşımaktadır. Sınır testi boş hipotezi 'değişkenler arası eşbütünlük ilişkisi yoktur'a dayanmaktadır. F istatistik değeri eğer kritik değerlerde üst sınırdan büyükse boş hipotez reddedilir, yani eşbütünlük ilişkinin varlığı söz konusudur. F istatistik değeri kritik değerlerde alt sınırdan küçükse boş hipotez reddedilemez. Alt ve üst sınır arasında yer alması halinde ise eşbütünlük ilişkinin bulunup bulunmadığına dair herhangi bir yorum yapılamaz.

Tablo 5. ARDL Sınır Testi Sonuçları

ARDL (1,0,1,0,0,0,0)		
F İstatistiği	8,4231	
k	6	
Anlamlılık Düzeyi	Kritik Değer	
	Alt Sınır	Üst Sınır
0,01	3,15	4,43
0,05	2,45	3,61
0,10	2,12	3,23

Tablo 5'teki değerler incelendiğinde, eşbütünleşme için sınır testinin sonuçlarına göre, hesaplanan F-istatistiği %1 anlamlılık düzeyindeki üst kritik değerden yüksek olduğu için (8,42 > 4,43), değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki söz konusudur. Uzun dönem tahmin sonuçlarına Tablo 6'da yer verilmektedir.

Tablo 6. ARDL Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: I		
Bağımsız Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği
P	-0,003624	-0,094484 (0,92)
A	0,151307	3,099715 (0,00)*
T	0,032346	1,228176 (0,23)
TO	0,127834	2,017875 (0,05)**
IND	0,003619	0,030285 (0,97)
ENG	0,317094	2,078369 (0,05)**

Not: *, ** işaretleri sırasıyla 0.01, 0.05 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Uzun dönem sonuçlarına göre, modele refahı temsilen eklenen kişi başı milli gelir değişkeni (A) istatistiksel olarak 0,01 anlamlılık düzeyinde pozitif ve anlamlıdır. Ticari açıklık (OP) ve birincil enerji tüketimi değişkenlerinin (ENG) ise 0,05 düzeyinde pozitif ve anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 7. ARDL (1,0,1,0,0,0,0) Hata Düzeltme Modeli Tahmin Sonuçları

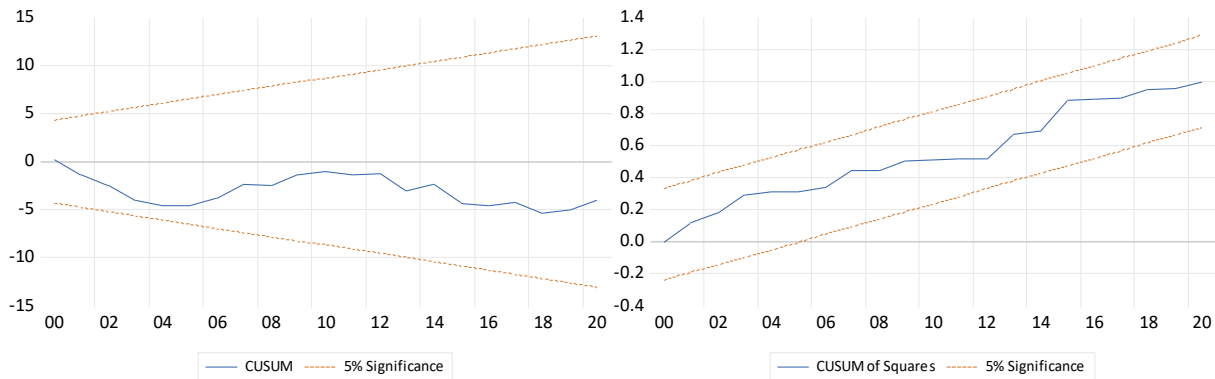
Bağımlı değişken I		
Bağımsız Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği
$\Delta(P)$	-0,147466	-3.503046 (0.0021)*
CointEq(-1)*	-0,872414	-9.782248 (0.0000)*
Diagnostik Testler		
R2	0,742780	
Düzeltilmiş R2	0,733594	
Normallik Jarque- Bera	0,376544 (0,8283)	
Otokorelasyon (Breusch-Pagan-Godfrey)	0,628425 (0,5442)	
Değişen Varyans (Breusch-Godfrey LM)	0,725277 (0,6680)	
Model Kurma (Ramsey Reset)	0,009415 (0,9237)	

Hata düzeltme modeli sonuçları, kısa dönemde CO₂ emisyonları üzerine P değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu sonucunu vermektedir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin yönü negatif ve katsayısı 0,14'tür. Buna göre, P'de meydana gelecek %1'lik bir artış, karbon emisyonunu %0,14 oranında azaltacaktır. Hata düzeltme teriminin katsayısı (CointEq(-1)) ise, -0,872414 olarak tespit edilmiştir. Hata düzeltme terimi istatistiksel olarak anlamlı ve beklenildiği gibi negatif işaretlidir. Hata düzeltme katsayısı

değerlendirildiğinde, kısa dönemde oluşacak bir dengeden sapmanın, 1,14 yıl sonra düzelerek uzun dönem dengesine yakınsayacağı söylenebilmektedir. Bir başka ifade ile kısa dönem şoklarını takiben uzun dönem dengesinde oluşacak sapmanın bir dönem sonrasında %87'sinin giderilebildiğini yani uyarlanma sürecinin hızlı olduğunu göstermektedir. Modelin tanimsal test sonuçları değerlendirildiğinde Breusch-Godfrey LM testi sonuçlarına göre modelde otokorelasyon olmadığı, Jarque- Bera test sonuçlarına göre hata teriminin normal dağıldığı, White testi sonuçlarına göre modelde değişen varyans sorunu olmadığı ve Ramsey Reset Testi sonuçlarına göre modelin doğru spesifikasyonlarda kurulmuş olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlar elde edilen tahmin sonuçlarının güvenilir olduğunu desteklemektedir.

ARDL uzun dönem katsayılarının kararlılığını sınamak için Brown vd. (1975) tarafından geliştirilen CUSUM ve CUSUMsq testleri kullanılmaktadır. Söz konusu testler modelin kararlılık tespiti için veya bir diğer ifade ile geri dönüşlü hata terimlerinin kareleri yardımıyla yapısal kırılma varlığının sınaması için kullanılmakta, sonuçlar Şekil 2'de sunulmaktadır.

Şekil 2. CUSUM ve CUSUMsq Test Grafikleri



İstatistik değerleri 0,05 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde kalırsa, modeldeki katsayıların kararlı (istikrarlı) olduğunu ifade eden boş hipotez kabul edilecektir (Bahmani-Oskooee ve Ng, 2002). Şekil 2'de yer alan sonuçlara göre, hata terimlerine yönelik test istatistikleri sonucu elde edilen eğriler 0,05 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar arasında bulunduğundan, tahmin edilen parametreler kararlıdır.

5. SONUÇ

Düşük karbonlu bir ekonomi için veya döngüsel bir ekonomiye doğru ilerlemenin ana amacı, kıt doğal kaynakların tükenmesini yavaşlatmak, işlenmemiş malzemelerin çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklanan çevresel zararı azaltmak ve malzemelerin işlenmesi, kullanımı ve ömrünün sonundan kaynaklanan kirliliği azaltmaktır. Bu hedefe ulaşabilmek için temel önermeler ise, kaynak kullanımının etkinliğini ve üretkenliğini artırmak ve atılan malzeme miktarını azaltmaktır. Böylece kaynak kullanımına ilişkin tüm sistem perspektifinin bir parçası olan ve ürünlerin ömrünü uzatan kapalı tedarik zincirlerini, yenilenebilir tasarımı ve tersine lojistiği birleştiren, böylece malzemelerin değerini ve bunlardan elde edilen toplam değeri daha uzun süre koruyarak daha az malzemenin atık olarak sonuçlanmasını sağlayan yeni iş modellerini zorunlu kılmaktadır (Ekins, vd., 2019). Bu tür iş modellerinin oluşumu maliyet yaratmakla birlikte finansal olarak sürdürülebilir olmalıdır. Türkiye ve benzeri gelişmekte olan ülkelerde ise söz konusu koşulların sağlanması ve başarılı sonuçlar elde edilmesi henüz pek çok engelle sınırlıdır. Bu noktada var olan engellerin ortadan kaldırılması, birey/firma farkındalığının oluşturulmasına yönelik adımların yanı sıra; kamu politikaları ile hem ulusal hem de sektörel ölçekte yol haritalarının çizilmesi ve ayrıca iş organizasyonundaki değişiklikler aracılığıyla ekonomik yapıda köklü değişiklikleri gerektirmektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, kısa dönemde hata düzeltme teriminin işareti beklenen şekilde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işaretlidir. Hata düzeltme katsayısı değerlendirildiğinde, kısa dönem şoklarını takiben uzun dönem dengesinde oluşacak sapmadan bir dönem sonrası, söz konusu şokun etkisinin %87'sinin giderilebildiğini yani uyarlanma sürecinin hızlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Uzun dönemde ise, modele eklenen kişi başı milli gelir değişkeni (A) istatistiksel olarak 0,01 anlamlılık düzeyinde pozitif ve anlamlıdır. Söz konusu değişken aynı zamanda büyüme temsili için de kullanılabilir. Kişi başı gelir arttıkça daha fazla karbon emisyonu yaratılmaktadır. Bu durum mevcut ekonominin büyük kısmının henüz dönüşümü

sağlayamadığından yani doğrusal süreçlere dayalı üretim sistemlerine dayalı ekonomik yapıdan kaynaklandığı söylenebilmektedir. Ticari dışa açıklık (OP) ve birincil enerji tüketimi değişkenlerinin (ENG) ise 0,05 düzeyinde pozitif ve anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yani hem ticari açıklık hem de enerji tüketimi arttıkça karbon emisyonu artmaktadır. Bu durumda ticari açıklık için ölçek etkisinin, teknik ve kompozisyon etkisine oranla daha ön planda olduğu söylenebilmektedir. Bu sonuçlar ışığında ticari açıklığın, enerji kirleticilerini azaltmada yardımcı olabilecek ileri teknolojiyi gelişmiş dünyadan yükselen ve gelişmekte olan ekonomilere aktarabileceği iddiası Türkiye için henüz geçerli değildir. Türkiye için doğrusal süreçlerde ekonomik aktiviteyi (dolayısıyla ekonomik büyümeyi) teşvik ederek enerji tüketimini arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca enerjinin geri dönüşümü ve temiz enerji kullanımı düşük karbonlu ekonomik yapı ve döngüsellik açısından önem arz etmektedir.

Sonuçlar, Türkiye'nin mevcut çevre politikaları, enerji tasarrufu ve ticaret politikalarının karbon emisyonunu azaltmadığını göstermektedir. Özellikle 1980 sonrası dönemde ihracata yönelik sanayileşme stratejisinin de etkisiyle gelişim gösteren imalat sanayi daha fazla enerji kaynağına ihtiyaç duymaktadır ve uygulanan politikalar da yerli ve yabancı yatırımcıları, çoğunlukla kentsel alanlarda olmak üzere, sanayileşme faaliyetlerine katılmaya teşvik etmektedir. Bu durum, artan sanayileşme faaliyetlerini yüksek emisyon hacmi ile birlikte karşı karşıya bırakmaktadır. Söz konusu sonuçlar Türkiye'de fosil yakıt/birincil enerji tüketimi ve ticaret politikalarına ilişkin politika oluşumlarında düşük karbonlu ekonomi tasarımına halen yeterli vurgunun yapılmadığını ve/veya yapılan düzenlemelerin gecikmeli etkisi olacağını göstermektedir. Özellikle enerji üretiminin, birincil kaynaklardan ziyade yenilenebilir enerji üretim kaynaklarına yönlendirilmesi (hidro ve biyokütle) ve enerji verimliliğini arttırmak için yeni (yeşil) teknolojiler ve daha yüksek düzeyde Ar-Ge ile beslenmesinin zorunluluğu anlamına gelmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine ilişkin oluşturulacak politikalarda ilgili paydaşlara, karbon emisyon azaltımı ve fosil yakıt enerjisine olan talebin azaltılması için ileri teknolojiler ve çözüm geliştirilmesine dair daha fazla görev düşmektedir.

YAZARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Yazar, çalışmanın tümüne tek başına katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

- Apostu, S. A., Gigauri, I., Panait, M. ve Martín-Cervantes, P. A. (2023). Is Europe on the way to sustainable development? Compatibility of green environment, economic growth, and circular economy issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1078.
- Bahmani-Oskooee, M. ve Ng, R. C. W. (2002). Long-run demand for money in Hong Kong: an application of the ARDL model. *International Journal Of Business and Economics*, 1(2), 147.
- Balbay, Ş., Sarihan, A. ve Avşar, E. (2021). Dünya'da ve Türkiye'de döngüsel ekonomi/endüstriyel sürdürülebilirlik yaklaşımı, *European Journal of Science and Technology*, 27: 557-569.
- Boulding, K. E. (2013). *The economics of the coming spaceship earth. In Environmental quality in a growing economy* (s. 3-14). RFF Press. <http://www.ub.edu/prometheus21/articulos/obsprometheus/boulding.pdf> adresinden 19 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Bölük, G. ve Güven, M. (2022). The role of tourism, energy consumption, urbanization, and economic growth on ecological footprint: The Turkish case. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 440-449.
- Brown, R. L., Durbin, J. ve Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 37(2), 149-163.
- Chen, P. (2022). The spatial impacts of the circular economy on carbon intensity-new evidence from the super-efficient SBM-DEA model. *Energy ve Environment*, 0958305X221125125.

- Dar, A. A., Hameed, J., Huo, C., Sarfraz, M., Albasher, G., Wang, C. ve Nawaz, A. (2022). Recent optimization and panelizing measures for green energy projects; insights into CO2 emission influencing to circular economy. *Fuel*, 314, 123094.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 1057-1072.
- Dietz, T. ve Rosa, E. A. (1994). Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology. *Human Ecology Review*, 1(2), 277-300.
- Dietz, T. ve Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175-179.
- Ehrlich, P. R. ve Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth: complacency concerning this component of man's predicament is unjustified and counterproductive. *Science*, 171(3977), 1212-1217.
- Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N. ve Lotti, L. (2019). The circular economy: what, why, how and where. *OECD/EC Workshop on 5 July 2019*, Paris.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Circular economy systems diagram*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram> adresinden 19 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *The nature imperative: how the circular economy tackles biodiversity loss*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/biodiversity-report> adresinden 19 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Erataş, F. ve Uysal, D. (2014). Çevresel Kuznets eğrisi yaklaşımının “Briç” ülkeleri kapsamında değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 64(1), 1-25.
- GAİB (Güneydoğu Anadolu İhracatçı Birlikleri). (2022). *Avrupa Birliği sanayi stratejisi ve döngüsel ekonomi eylem planı*. Eğitim ve Ekonomik Araştırmalar Şubesi, AYM-4, Ekim.
- Gedik, Y. (2020). Döngüsel ekonomiyi anlamak: teorik bir çerçeve. *Turkish Business Journal*, 1(2), 13-40.
- Ghazali, A., ve Ali, G. (2019). Investigation of key contributors of CO2 emissions in extended STIRPAT model for newly industrialized countries: a dynamic common correlated estimator (DCCE) approach. *Energy Reports*, 5, 242-252.
- Goyal, S. (2020). *Reducing waste in circular economy*. *Encycl. Renew. Sustain. Mater.* 467-473.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *NBER Working Papers Series*, Working Paper No. 3914.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1996). The inverted-U: what does it mean?. *Environment and Development Economics*, 1(1), 119-122.
- İskenderoğlu, Ö., Ünlübulduk, S. N. ve Karadeniz, E. (2022), Karbon salımının belirleyicileri: çevresel performans endeksindeki ülkelerde bir araştırma. *Verimlilik Dergisi*, (Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı), 23-36.
- Kirchherr, J. W. ve van Santen, R. (2019). *Research on the circular economy: A critique of the field*. *Resources, Conservation and Recycling*, 151.

- Knäble, D., de Quevedo Puente, E., Pérez-Cornejo, C. ve Baumgärtler, T. (2022). The impact of the circular economy on sustainable development: A European panel data approach. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 233-243.
- Koçan, A., Güner Gültekin, D. ve Baştuğ, M. (2019). Yeni ekonomi ve iş modelleri: döngüsel ekonomi ve paylaşım ekosistemleri. *Uluslararası Ekonomi Araştırmaları ve Finansal Piyasalar Kongresi*, 7-8-9 Kasım, Gaziantep.
- Lahti, T., Wincent, J. ve Parida, V. (2018). A definition and theoretical review of the circular economy, value creation, and sustainable business models: where are we now and where should research move in the future?. *Sustainability*, 10 (2799), 1-19.
- Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy—towards the conceptual framework, *Sustainability*, 8(43), 1-28.
- Lin, S., Zhao, D. ve Marinova, D. (2009). Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(6), 341-347.
- Lyeonov, S., Pimonenko, T., Bilan, Y., Štreimikienė, D. ve Mentel, G. (2019). Assessment of green investments' impact on sustainable development: Linking gross domestic product per capita, greenhouse gas emissions and renewable energy. *Energies*, 12(20), 3891.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44.
- Magazzino, C., Mele, M., Schneider, N. ve Sarkodie, S. A. (2021). Waste generation, wealth and GHG emissions from the waste sector: Is Denmark on the path towards circular economy?. *Science of the Total Environment*, 755, 142510.
- Mısır, A. ve Arıkan, O. A. (2022). Avrupa Birliği (AB) ile Türkiye'de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 1(1), 69-78.
- Mutascu, M. (2018). A time-frequency analysis of trade openness and CO2 emissions in France. *Energy Policy*, 115, 443-455.
- Nasrollahi, Z., Hashemi, M. S., Bameri, S. ve Mohamad Taghvaei, V. (2020). Environmental pollution, economic growth, population, industrialization, and technology in weak and strong sustainability: using STIRPAT model. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 1105-1122.
- Nedelea, A. M., Mironiuc, M., Huiian, M. C., Bîrsan, M. ve Bedrule-Grigoruță, M. V. (2018). Modelled interdependencies between intellectual capital, circular economy and economic growth in the context of bioeconomy. *Amfiteatru Economic*, 20(49), 616-630.
- Neves, S. A. ve Marques, A. C. (2022). Drivers and barriers in the transition from a linear economy to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130865.
- Özpolat, A. (2020). Sektörel CO2 emisyonlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Gelecek-11 ülkeleri örneği. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 57(653), 115-136.
- Özuyar, P. ve Gürsoy, Ç. (2021). Türkiye'deki bilimsel yayınlarda döngüsel ekonomi teriminin yeri. *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(4), 315-331.
- Pearce, D. W. ve Turner, R. K. (1989). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.

- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Phillips, P. C. ve Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Planing, P. (2015). Business model innovation in a circular economy reasons for non-acceptance of circular business models. *Open Journal of Business Model Innovation*, in press: 1-11.
- Rao, C., Huang, Q., Chen, L., Goh, M. ve Hu, Z. (2023). Forecasting the carbon emissions in Hubei Province under the background of carbon neutrality: A novel STIRPAT extended model with ridge regression and scenario analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 57460-57480.
- Sarıatlı, F., 2017. Linear economy versus circular economy: a comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), 31-34.
- Sauve, S., Bernard, S. ve Sloan, P., 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48-56.
- Schneider, N. (2022). Unveiling the anthropogenic dynamics of environmental change with the stochastic IRPAT model: A review of baselines and extensions. *Environmental Impact Assessment Review*, 96, 106854.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A. T., Ahmed, K. ve Jabran, M. A. (2016). How urbanization affects CO2 emissions in Malaysia? The application of STIRPAT model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 83-93.
- Shahzad, S. J. H., Kumar, R. R., Zakaria, M. ve Hurr, M. (2017). Carbon emission, energy consumption, trade openness and financial development in Pakistan: a revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192.
- Sıfır Atık. (2023). *Kilometre taşları*. <https://sifiratik.gov.tr/kutuphane/kilometre-taslari> adresinden 22 Haziran 2023 tarihinde alınmıştır.
- Stahel, W. (1982). *Product-Life Factor*. Mitchell Prize Winning Paper, Product-Life Institute, <http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor> adresinden 19 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Stahel, W. ve G. Reday-Mulvey (1981). *Jobs for tomorrow: the potential for substituting manpower for energy*, Vantage Press.
- Stahel, W. ve Clift, R. (2016). Stocks and flows in the performance economy. R. Clift ve A. Druckman (Ed.) *Taking stock of industrial ecology*, Springer, Cham.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y. ve Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.
- TÜSİAD. (2021). *Avrupa yeşil mutabakatı döngüsel ekonomi eylem planı Türk iş dünyasına neler getirecek?*. Yayın no: 621. https://www.aso.org.tr/uploads/1/ui/51-06_18_21-74469368148.pdf adresinden 10 Haziran 2023 tarihinde alınmıştır.
- Udeagha, M. C. ve Ngepah, N. (2022). Dynamic ARDL simulations effects of fiscal decentralization, green technological innovation, trade openness, and institutional quality on environmental sustainability: evidence from South Africa. *Sustainability*, 14(16), 10268.

- World Economic Forum. (2023). *The global risks report 2023*. 18th Edition. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf adresinden 10 Haziran 2023 tarihinde alınmıştır.
- Wu, Y., Shi, X. ve Hu, C. (2021). Per capita CO2 emissions divergence influenced by bilateral trade with china under the belt and road initiative. *Sustainable Production And Consumption*, 27, 1589-1601.
- Yalçın, Ö. ve Negiz, N. (2020). Türkiye’de kentsel alanlarda döngüsel ekonomi uygulamaları üzerine bir yazın incelemesi. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 6(1), 25-44.
- Yılmaz, V. (2019). Sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonominin bibliyometriği, *Enderun Dergisi*, 3(2), 60-72.
- York, R., Rosa, E. A. ve Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351-365.
- Zero Waste. (2022). *Zero waste network*. <https://zerowaste.co.nz/why-zero-waste> adresinden 21 Haziran 2023 tarihinde alınmıştır.