

Seçilen Ülkeler Üzerine Döngüsel Ekonomi Modeli Çerçevesinde Teorik ve Ampirik Bir İnceleme

A Theoretical and Empirical Examination on Selected Countries within the Scope of Circular Economy Model

Ph.D. candidate Ceren Altuntaş [ID 0000-0002-9071-2807](https://orcid.org/0000-0002-9071-2807)

Abstract

In recent years, the concept of circular economy has gained importance and emerged as a key factor in terms of industrial and environmental policies. Herein, the main purpose of the present paper is exploring the connection between resource productivity and greenhouse gas emission, which are among the circular economy indicators. Resource productivity was adopted as the main dependent variable and greenhouse gas emission as the independent variable. Human development index and R&D expenditures of countries are the control variables in the study. Data from 27 developed and developing countries in Europe for a period ranging from 2006 – 2019 were analyzed using panel regression and it was determined that resource productivity is statistically negatively affected by greenhouse gas emission. Aside from this, findings provide evidence of a positive relationship between resource productivity, human development index and R&D expenditures. These results claim that resource productivity can be increased by reducing the emission of greenhouse gasses and developing policies for clean energy transition.

1 Giriş

Mevcut ekonomik yaklaşımda doğrusal ekonomi, doğal kaynakların işlenerek ürün haline getirilmesini ve ürünlerin kullanılarak atık haline dönüştürülmesini ifade etmektedir. “Yap-kullan-at” şeklinde ilerleyen süreç atık oluşturma üzerine kurulmaktadır. Geçmişte uygulanan ekonomik büyüme modellerinin çevresel sürdürülebilirliği sağlayamadığı hususunda artan kaygılar ve gelecekteki olası iklim sorunlarına yönelik yükselen duyarlılık, kaynakların sınırsız olduğu anlayışıyla büyümeyi hedefleyen geleneksel ekonomik anlayışının sorgulanmasına neden olmaktadır. Bu sorgulama alternatif yaklaşım arayışlarını doğurmuş ve dengeli kalkınma modellerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar sonucunda; gerek sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı güçlendirmek gerekse küresel çapta rekabet edilebilirliği artırmak ve yeni iş olanakları sunmak adına Avrupa Birliği (AB) tarafından döngüsel ekonomi modeli geliştirilmiş ve teşvik edilmiştir. Döngüsel ekonominin literatürde birçok farklı tanımı bulunmaktadır. Fakat en basit ve niteleyici olan Avrupa Birliği’nin yapmış olduğu tanımdır. Bu tanıma göre döngüsel ekonomi; atık miktarının en aza indirildiği ve ürün, malzeme ve kaynakların değerlerinin olabildiğince uzun süre korunarak çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir büyümenin sağlandığı bir model olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2015a). Döngüsel ekonomi, Avrupa Birliği Ufuk 2020 stratejisinin odak noktasındadır. Bu doğrultuda döngüsel ekonomi onarıcı ve yenileyici bir kavram olarak genel bir çerçevede düşünülmelidir (Ellen MacArthur Foundation, 2015a). Döngüsel ekonomi esas olarak, ekonominin fiziksel ve maddi kaynaklarının geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması ve birincil kaynak tüketiminin azaltılması amacıyla atığın kullanılmasına odaklanmaktadır (EEA, 2014). Döngüsel ekonomi modeli, bütünsel bir süreci olan, ürün ve hammaddelerin yeniden kullanımını mümkün kılan, atığın geri kazanıldığı, enerji ve tüm kaynakların verimli kullanıldığı, neredeyse sıfır atık üretimiyle temiz üretim sisteminin oluşturulduğu bir modeldir. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik açısından önemli bir araçtır. Döngüsel ekonomiye geçişin sağlayacağı çeşitli faydalar ekonomik, çevresel, toplumsal alanlar ve kaynak kullanımı alanında görülmektedir. Döngüsel ekonomi, hem kaynak verimliliğine hem de eko-verimliliğe dayanmaktadır (Li ve Ma, 2015).

Döngüsel ekonomi kavramı, mevcut ekonomik anlayış olan ve “yap-kullan-at” şeklinde tanımlanan doğrusal ekonominin karşıtı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu karşıtlık ortak paydada kabul edilse de döngüsel ekonominin neyi gerektirdiğine dair farklı anlayışlar mevcuttur (Ghisellini vd., 2016). Döngüsel ekonomi geniş anlamda sürdürülebilirliğin ve sürdürülebilir kalkınmanın sosyal veya ekonomik yönlerini içermektedir. Bu görüşü destekleyen çalışmaların (Finkbeiner vd., 2006) yanı sıra, yalnızca atık yönetimine odaklanan çalışmalar (Ghisellini vd., 2016) da bulunmaktadır. Döngüsel ekonomi kavramını teorik olarak irdeleyen Andersen (2007), entegre sürdürülebilirlik anlayışı çerçevesinde döngüsel ekonomi kavramının çevre ekonomisinin bazı temel ilke ve yaklaşımlarıyla bağlantılarını ele almıştır. Diğer yandan Blomsma ve Brennan (2017), döngüsel ekonomi kavramını atık ve kaynak verimliliği bağlamında inceleyerek kavramın gelişimine önemli katkı sağlamayı amaçlamışlardır. Geisendorf ve Pietrulla (2018) ise, ilgili en önemli kavramları analiz edip karşılaştırdıktan sonra en geniş döngüsel ekonominin tanımını öne sürmüşlerdir. Bu kavramların değerlendirilmesi, döngüsel ekonomi ile farklılaşan ve örtüşen kavramlar arasında net bir değerlendirme yapılabilmesini sağlayacaktır.

Döngüsel ekonomi; çevreyi korumak, emisyonları azaltmak, malzeme ve enerji kullanımında verimliliği artırarak yeşil ve sürdürülebilir bir ekonomik kalkınmayı amaçlamaktadır ve bu doğrultuda bir model olması nedeniyle ekonomi açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla döngüsel ekonomi göstergelerine ilişkin

araştırmaların yapılması gerekli olmaktadır. Bu anlamda çalışmanın temel amacı, döngüsel ekonomi göstergelerinden kaynak verimliliği ve sera gazı emisyonu arasındaki ilişkiyi irdelemektir. Kaynak verimliliği temel bağımlı değişken ve sera gazı emisyonu bağımsız değişken olarak çalışmaya dahil edilmiştir. İnsani gelişmişlik endeksi ve ülkelerin ARGE harcamaları çalışmadaki kontrol değişkenlerini oluşturmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan 27 Avrupa ülkesinin 2006 – 2019 dönemi verileri panel regresyon kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın yapısı şu şekilde özetlenebilir: Çalışma beş bölümden meydana gelmektedir. Giriş kısmında döngüsel ekonomiye ilişkin kavramsal çerçeveye yer verilmiştir. İkinci bölümde ulusal ve uluslararası kaynaklardan yararlanılarak ilgili literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde veri seti tanıtılmakta ve izlenen yöntemden bahsedilmektedir. Dördüncü kısımda analiz sonuçları tartışılmakta olup, son bölümde ise çalışmadan elde edilen bulgular toparlanmakta ve gelecekteki çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

2 İlgili Literatür

Son yıllarda yaşanan çevre ve iklim sorunları mevcut yaklaşım olan doğrusal ekonominin sorgulanmasına yol açarak, döngüsel ekonomiye olan ilgiyi artırmıştır. Döngüsel ekonomi disiplinlerin ilgi alanlarına ve yorumlarına bağlı olarak multi-disipliner çalışmaların yoğun olduğu bir kavramdır. Bu çalışmadaki bakış açısı ekonomi disiplini yönündedir. Literatürde döngüsel ekonomi ile ilgili ampirik çalışmalardan bazılarında aşağıda yer verilmiştir.

Apaydın (2020), döngüsel ekonomi kavramlarından biri olan atık yönetim şekillerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini OECD ülkeleri ekseninde panel kantil regresyon ve panel regresyon tahmini yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Ampirik sonuçlar, atık yönetim biçimleri ile geri dönüştürülen ve kompost edilen atık oranının ekonomik büyümeyi pozitif olarak etkilediğini göstermektedir. Bulgular ayrıca, döngüsel ekonomi modelindeki azalt-yeniden kullan-geri dönüştür biçimindeki ilkeyi destekler niteliktedir.

Hysa vd. (2020) çalışmalarında, 2000 – 2017 yılları arasında 28 AB ülkesi için çevre vergisi gelirleri, hammaddelerin geri dönüşüm oranı, özel yatırım, istihdam/brüt katma değer, geri dönüşümle ilgili patentler, geri dönüştürülebilir hammadde ticareti gibi döngüsel ekonomi göstergelerinin büyüme üzerindeki etkisini dinamik panel veri analizi kullanarak değerlendirmişlerdir. Ampirik çalışmanın sonuçlarına göre, bağımsız değişkenlerin büyüme üzerinde pozitif yönde etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, döngüsel ekonomi göstergeleri olarak benimsenen ve sürdürülebilir kalkınmanın üç temel bileşenini (çevresel, sosyal, ekonomik) oluşturan faktörlerin de ekonomik büyümeyi pozitif etkilediklerini belirlemişlerdir.

Ateş (2021), 2008 – 2017 dönemi için döngüsel ekonomideki geri dönüşüm kavramını, Avrupa'daki 30 ülkeyi kapsar biçimde panel veri yöntemlerini ve dirençli tahminci Prais-Winsten (PCSEs) kullanarak incelemiştir. Plastik atıkların ve eski otomobil aksanlarının geri dönüşüm oranlarının ekonomik büyümeyi negatif, elektronik, evsel, ambalaj, kağıt, metal, cam ve odun atıkları değişkenlerinin ise ekonomik büyümeyi pozitif etkiledikleri sonucuna ulaşmıştır.

Magazzino vd. (2021), 1994 – 2018 yılları arasında Danimarka'daki kişi başına düşen GSYİH, kentleşme, kişi başına evsel atık üretimi ve atık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları arasındaki nedensel ilişkiyi ele almışlardır. Yapay sinir ağları ve Granger nedensellik testiyle analizlerini gerçekleştiren araştırmacılar, ekonomik büyüme ile zararlı emisyonlara neden olan atıkların yönetimi arasında birleştirici-ayrıcı bir ilişki olduğunu ve kentsel nüfus ve belediye atığından atık emisyonlarına tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu öne sürmüşlerdir.

Dar vd. (2022) çalışmalarında 1990 – 2014 dönemini ve gelişmekte olan 10 ülkenin verilerini esas alarak, nükleer enerji, doğal gaz, yenilenebilir enerji ve doğrudan yabancı yatırımların ekonomik büyüme ve karbon emisyonları ile ilişkisini mercek altına almışlardır. Sonuç olarak, hem yenilenebilir enerji hem de nükleer enerji kullanımını teşvik eden politikaların GSYİH'yı artırmaya ve karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı olduğunu vurgulamışlardır.

Sayın (2022), Avrupa Birliği üye ülkeleri için gelir düzey sınıflaması çerçevesinde insani gelişme endeksi ile atık yönetimi arasındaki ilişkiyi dinamik panel genelleştirilmiş momentler metodunu kullanarak irdelemiştir. Elde edilen bulgular beklentiyle uyumlu bir şekilde, insani gelişmişlik düzeyi arttıkça atıkların geri dönüşüm oranının arttığını ortaya koymuştur.

Bianchi ve Cordella (2023), 2010 – 2019 dönemi için 28 Avrupa ülkesinin verilerinden yola çıkarak, doğal kaynak çıkarımı ve döngüsel ekonomi arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yöntemiyle araştırmışlardır. Ayrıca, ekonomik büyüme ve nüfus büyümesi gibi önemli sosyoekonomik faktörlerin kaynak çıkarımı üzerindeki etkilerine odaklanmışlardır. Sonuçlar, döngüsel ekonomik sistemlere geçişin teşvik edilmesinin birincil kaynakların çıkarımını azaltabileceğini doğrulamıştır.

Köroğlu ve Yavuz (2023) çalışmalarında, döngüsel ekonominin kaynak verimliliği üzerindeki etkisini panel veri analizi kullanarak incelemiştir. Seçilmiş Avrupa ülkelerinin 2010 – 2021 yılları arasındaki verilerinden faydalanan araştırmacılar, bağımlı değişken olarak kaynak verimliliğini, bağımsız değişken olarak ise atık üretimi, katı atık üretimi, biyoyakıt atıkların geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşüm faaliyetlerini esas

almışlardır. Çalışma sonucundaki bulgular, tüm bağımsız değişkenlerin kaynak verimliliğini artırmada etkili olduklarını göstermiştir.

Gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda, Avrupa ülkelerine ilişkin döngüsel ekonomi göstergelerinden kaynak verimliliği ve sera gazı emisyonları arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışmayla literatürde görülen bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır.

3 Veri Seti ve Metodoloji

Çalışmada döngüsel ekonomi göstergelerinden kaynak verimliliği ve sera gazı emisyonu arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda ülkelerin araştırma – geliştirme (ARGE) harcamaları ile insani gelişme endeksi (HDI) kontrol değişkenleri olarak araştırmaya dahil edilmiştir. İlgili değişkenlere ait tanımlamalar Tablo 1’de görülmektedir.

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
CEI_PC	Kaynak verimliliği göstergesi, yurtiçi malzeme tüketimine (DMC) bölünen gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYİH) olarak tanımlanır.	EUROSTAT, Avrupa İstatistik Ofisi
ARGE	Araştırma ve geliştirme harcamaları (%GDP)	DB, Dünya Bankası, UNESCO Institute for Statistics (UIS), UNESCO İstatistik Ofisi
SERA	Yıllık toplam sera gazı emisyonları (milyon ton CO ₂ eşdeğeri)	UN SDG, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları UNFCCC, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
HDI	İnsani Gelişme Endeksi	UNDP, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

Tablo 1. Değişken Tanımları

Çalışma kapsamında 27 Avrupa ülkesinin 2006 – 2019 dönemi verileri analiz edilmiştir. Bu ülkeler, Avrupa Birliği üyesi ve aday ülkeler ile Türkiye’den oluşmaktadır. İncelenen ülkeler Tablo 2’de sunulmuştur.

Avusturya	Letonya
Almanya	Litvanya
Belçika	Lüksemburg
Bulgaristan	Malta
Çek Cumhuriyeti	Macaristan
Estonya	Polonya
Finlandiya	Portekiz
Fransa	Romanya
Hollanda	Slovakya
Hırvatistan	Slovenya
İspanya	Sırbistan
İsveç	Türkiye
İtalya	Yunanistan
Kıbrıs	

Tablo 2. Analize Dahil Edilen Ülkeler

Değişkenlere ait gözlem sayıları, minimum – maksimum değerler, standart sapma gibi verilerin sunulduğu tanımlayıcı istatistikler Tablo 3’te verilmiştir. Kaynak verimliliği ortalama 1.52 €/kg ve maksimum 4.97 €/kg olduğu, ortalama sera gazı emisyonunun ise 153 megaton (mt) olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Belirlenen periyotta çalışmadaki ülkeler bakımından insani gelişme endeksi ortalama 0.864 değerini aldığından dolayı yüksek düzeyde bir standarttan bahsetmek hatalı olmayacaktır. Araştırma kapsamında Avrupa ülkelerinin buldukları düşünlüğünde, bu durum normal karşılanmaktadır. Öte yandan, ülkelerin gayri safi yurt içi hasıllarının ortalama %1.43’ünü araştırma – geliştirme faaliyetlerine aktardıkları dikkat çekmektedir.

Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Std.sapma	Min.	Maks.	Çarpıklık	Basıklık
CEI_PC	378	1.529433	1.041144	0.2754	4.9711	1.082611	3.482024
ARGE	378	1.435864	0.8671492	0.38161	3.73402	0.8723835	2.670044
SERA	378	0.1531531	0.1989344	0.00188	0.93173	1.971739	6.668558
HDI	378	0.8647619	0.0471067	0.704	0.947	-0.5432953	3.129398

Tablo 3. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Kaynak verimliliği ile sera gazı emisyonu arasındaki ilişkinin araştırılması için yöntem olarak panel regresyon analizi benimsenmiştir. Bu bağlamda kurulan denklem aşağıdaki gibidir.

$$CEI_PC_{it} = \beta_0 + \beta_1 SERA_{it} + \beta_2 ARGE_{it} + \beta_3 HDI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Denklemdaki CEI_PC_{it} kaynak verimliliğini, $SERA_{it}$ sera gazı emisyonlarını, $ARGE_{it}$ araştırma-geliştirme harcamalarını, HDI_{it} insani gelişme endeksini, β_0 sabit parametreyi, ε_{it} hata terimini ifade etmektedir.

Çalışmada yer alan değişkenlere ilişkin Spearman korelasyon katsayıları Tablo 4'tedir.

	CEI PC	ARGE	SERA	HDI
CEI PC	1.000			
ARGE	0.5618**	1.000		
SERA	0.1713**	0.3172**	1.000	
HDI	0.7817**	0.7896**	0.1470**	1.000

Not: **%1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı belirtmektedir.

Tablo 4. Korelasyon Matrisi

Yukarıda yer alan tabloya göre, tüm değişkenlerin arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Başka bir deyişle, söz konusu değişkenler aynı yönlü hareket etmektedirler. Fakat bu bulgu, değişkenlerin birbirleri üzerinde etkiye sahip olup olmadıkları konusunda fikir vermekten uzaktır. Çünkü örneğin, iki değişken aynı yönde hareket ederlerken, bu hareket her iki değişkeni de etkileyen ortak değişken/değişkenler nedeniyle gerçekleşebilmektedir. Dolayısıyla, böyle bir etkinin var olup olmadığının ortaya konulabilmesi için nedensellik veya regresyon gibi ek analizlerin yapılması gerekmektedir.

4 Bulgular

Çalışma çerçevesinde belirlenen amaca ulaşabilmek gayesiyle panel regresyon analizi kullanılmıştır. Panel regresyon modelleriyle tahminde bulunmak için öncelikle yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans sınamalarının yapılması gerekmektedir. Bu sebeple, değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığının tespiti için, yatay kesitin zaman kesitinden büyük olduğu ($N > T$) durumlarda kullanılan Pesaran (2004) CD testi uygulanmıştır. Oluşturulan hipotezler ise şu şekildedir:

$H_0 =$ Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1 =$ Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Elde edilen test sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir. Değişkenlere ilişkin p- değerleri incelendiğinde tamamının 0.05'ten küçük oldukları belirlenmiş ($p < 0.05$) ve dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Diğer deyişle veri setindeki birimler arası korelasyon bulunmaktadır.

Değişkenler	CD – test değeri	p- value
CEI PC	32.765	0.000
ARGE	18.868	0.000
SERA	45.767	0.000
HDI	66.38	0.000

Tablo 5. Yatay Kesit Bağımlılığı Sonuçları

Analizde kullanılacak regresyon modeline karar verebilmek için çeşitli öncül testler yapılmaktadır. Söz konusu testlerden bazıları Hausman (1978) testi, F-testi ve Breusch – Pagan (1980) LM testi'dir. Bu testlerden Hausman testi, sabit etkiler modeli (fixed effect) ve rassal etkiler modeli (random effect) modeli arasında seçim yapma olanağı tanımaktadır. Olasılık değerinin 0.05'den küçük olması durumunda rassal etkilerin mevcut olmadığı çıkarımı yapılmakta ve sabit etkiler modelinin kullanılmasının uygun olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. F-testi havuzlanmış etkiler modeli (pooled effect) ve sabit etkiler modelini kıyaslarken, Breusch – Pagan LM testi ise esasen hataların varyanslarının sifıra eşit olup olmadığını test ederek heteroskedastinin varlığını ortaya koyarken, rassal etkiler modeli ve havuzlanmış etkiler modeli arasında tercih imkanı sunmaktadır. Bu çerçevede gerçekleştirilen sınamaların sonuçları Tablo 6'dan okunabilmektedir.

Sınamalar	Test istatistiği	p- value
Hausman testi	65.77	Prob > chi2 = 0.0000
F-testi	226.15	Prob > F = 0.0000
Breusch – Pagan LM testi	1721.01	Prob > chibar2 = 0.0000

Tablo 6. Panel Modeli Seçimine İlişkin Test Sonuçları

Yukarıdaki tablodan hem Hausman testinin hem F-testinin olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük oldukları ve böylece, her iki test sonucunun da sabit etkiler modelinin kullanılması gerektiğini işaret ettikleri saptanmıştır. Dolayısıyla çalışmada panel regresyon modellerinden "sabit etkiler modeli" benimsenmiştir.

Yatay kesit bağımlılığının yanı sıra, panel verilerde değişen varyans ve otokorelasyon problemlerinin varlıkları da araştırılmalıdır. Bu gibi durumlar değişkenler arasında sahte regresyon gibi sorunlara yol açabilmekte ve ayrıca regresyon katsayılarının hatalı olarak belirlenebilmesine neden olabilmektedir. Değişen varyansın (heteroskedasite) olup olmadığını tespit edebilmek amacıyla Modifiye Edilmiş Wald testi uygulanmış ve aşağıdaki hipotezler sınanmıştır:

$H_0 =$ Değişen varyans yoktur.

$H_1 =$ Değişen varyans vardır.

Ulaşılan sonuçların sergilendiği Tablo 7'ye göre, H_0 hipotezi reddedilmektedir ($p < 0.05$). Yani veri setinde bulunan değişkenler bakımından değişen varyans sorunu mevcuttur.

Sınama	Test istatistiği	p- value
Modifiye Wald testi	8746.50	0.0000

Tablo 7. Değişen Varyans Testi Sonuçları

Otokorelasyon varlığının belirlenebilmesine yönelik olarak Bhargava, Franzini, Narendranathan (1982) Durbin – Watson ve Baltagi – Wu (1999) LBI testleri dikkate alınmış ve sağlanan sonuçlar Tablo 8'de aktarılmıştır.

Sınama	Test istatistiği
Bhargava vd. D – W	0.55698459
Baltagi – Wu LBI	0.80413842

Tablo 8. Otokorelasyon Testi Sonuçları

Hata terimleri arasında korelasyon bulunması durumunu ifade eden ve panel regresyon modelleri için sorun oluşturan otokorelasyonun var olmadığını öne sürebilmek için, test istatistiklerinin 2.00 dolaylarında veya en ileri ihtimallerle 1.50 – 2.50 arasında olmaları gerekmektedir. Yapılan sınamalara göre, her iki test değerinin de 2.00'dan oldukça uzak değerler aldıkları göze çarpmaktadır. Bundan dolayı, hata terimleri arasında otokorelasyon probleminin bulunduğunu belirtmek yerinde olacaktır.

Gerçekleştirilen analizler bir bütün olarak ele alındığında, değişkenler açısından yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans ve otokorelasyon sorunlarının tümünün mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Buradan hareketle, her üç probleme de çözüm sunan Driscoll – Kraay (1998) dirençli tahmincisi regresyona dahil edilerek sabit etkiler modeli tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Driscoll – Kraay standart hatalar regresyonu				
Yöntem : Sabit etkiler modeli				
Bağımlı değişken : CEI_PC				
R ²	%46.73			
Gözlem sayısı	378			
Grup sayısı	27			
Prob > F	0.000			
Değişkenler	Katsayı	Drisc/Kraay Std. Hata	t - istatistiği	p > t
SERA	-6.079433	0.6223664	-9.77	0.000
ARGE	0.0983662	0.0344519	2.86	0.014
HDI	5.637174	0.3978352	14.17	0.000
Sabit	-2.555536	0.3942589	-6.48	0.000

Tablo 9. Panel Regresyon Analizi Sonuçları

Sağlanan sonuçlara göre, sera gazı emisyonunun kaynak verimliliği üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı ve negatif etkisinin olduğu belirlenmiştir ($p = 0.000$). Şöyle ki, sera gazı emisyonundaki 1 birimlik artış, kaynak verimliliği 6 birim düşürmektedir. Diğer yandan, çalışmaya kontrol değişkenleri olarak dahil edilen arge harcamaları ve insani gelişme endeksinin bağımlı değişkeni pozitif etkiledikleri görülmektedir. Ülkelerin yapmış oldukları araştırma – geliştirme harcamalarındaki ve insani gelişme endeksindeki %1'lik artışın kaynak verimliliği sırasıyla %0.09 ve %5.63 arttırdıkları gözlemlenmektedir ($p < 0.05$). Genel olarak bakıldığında, sonuçların teoriyle uyumlu oldukları, araştırma – geliştirme çalışmalarına daha çok bütçe ayrılarak, ayrıca ortalama yaşam süresi, refah ve eğitim seviyesi gibi faktörlerin geliştirilmesine yönelik daha fazla emek harcanarak ve böylece insani gelişme endeksinde ilerleme kaydedilerek kaynak verimliliği yükseltilebileceği söylenebilmektedir. Bunların yanı sıra, f- değeri kurulan modelin bütün olarak anlamlı bulunduğunu ($p = 0.000$) ifade ederken, R^2 değerinin %46.73 olduğu ve dolayısıyla modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenin varyansında meydana gelen değişimlerin yaklaşık yarısını açıkladıkları göze çarpmaktadır.

5 Sonuç

Sera gazı emisyonundaki artış, yenilenemeyen kaynakların tükenmesi ve artan atık miktarından kaynaklanan iklim değişikliği mevcut süreçteki en önemli sorunlardan bazılarıdır. Bu sorunların giderilmesi için mevcut ekonomik yaklaşımdan dögüsel ekonomi modeline geçiş çevresel sürdürülebilirliğin hedeflenmesinde önemli rol oynamaktadır. Dögüsel ekonomi ilkelerinin AB ekonomisi genelinde uygulanmasının doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltması ve sürdürülebilir büyüme ve istihdam yaratması beklenmektedir. Bu doğrultuda, AB'nin 2050 iklim nötr hedefine ulaşma, biyoçeşitlilik kaybını durdurma ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını gözeterek sürdürülebilir kalkınma amaçlarının gerçekleşmesi açısından önemlidir.

Çalışmada gelişmiş ve gelişmekte olan 27 Avrupa ülkesinin 2006 – 2019 dönemi verileri panel regresyon kullanılarak analiz edilmiş ve sera gazı emisyonunun, kaynak verimliliği istatistiksel olarak negatif şekilde etkilediği saptanmıştır. Diğer yandan, insani gelişmişlik endeksi ve ARGE harcamaları ile kaynak verimliliği arasında pozitif ilişki bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, sera gazı emisyonları azaltılarak ve temiz enerjiye geçişe yönelik politikalar geliştirilerek kaynak verimliliğini artırılabilmesine dair bulgular sunmaktadır.

Dögüsel ekonomi modelinin prensiplerinin yaygınlaşması ve uygulanması, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını, atıkların azaltılmasını ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Kaynak verimliliği, dögüsel ekonomi gösterge setinin bir parçası olup, 'üretim ve tüketim' tematik alanında dögüsel bir ekonomiye doğru ilerlemeyi izlemek için kullanılmaktadır. Kaynak verimliliği çevresel baskı ve etkilerin azaltılmasını sağlamaktadır. Daha fazla değişken dahil edilerek farklı modeller kurulması ve kaynak verimliliğini etkileyen diğer değişkenlerin ortaya konulması gelecek çalışmalar için öneri olarak sunulabilmektedir.

Bu çalışma, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalına sunulan doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynakça

- Andersen, M.S. (2007). “An Introductory Note on the Environmental Economics of the Circular Economy”, *Sustainability Science*, 2(1), 133-140.
- Apaydın, Ş. (2020). “OECD Ülkelerinde Atık Yönetimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Bir Panel Kantil Regresyon Yaklaşımı”, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(1), 300-312.
- Ateş, E. (2021). “Dögüsel Ekonomi Kapsamında GSYİH İle Geri Dönüşüm İlişkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri Örneği”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 125-137.
- Baltagi, B.H. ve Wu, P.X. (1999). “Unequally Spaced Panel Data Regressions With Ar(1) Disturbances”, *Econometric Theory*, 15(6), 814-823.
- Bianchi, M. ve Cordella, M. (2023). “Does Circular Economy Mitigate the Extraction of Natural Resources? Empirical Evidence Based on Analysis of 28 European Economies over the Past Decade”, *Ecological Economics*, 203, 1-11.
- Blomsma, F. ve Brennan, G. (2017). “The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity”, *Journal Of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.
- Breusch, T.S. ve Pagan, A.R. (1980). “The Lagrange Multiplier Test And Its Applications To Model Specification In Econometrics”, *The Review Of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- 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, 1-10.
- Driscoll, J.C. ve Kraay, A.C. (1998). “Consistent Covariance Matrix Estimation With Spatially Dependent Panel Data”, *The Review Of Economics And Statistics*, 80(4), 549-560.
- EEA. (2014). “Resource – Efficient Green Economy and EU Policies”, <https://www.eea.europa.eu/publications/resourceefficient-green-economy-and-eu>, (Erişim Tarihi: 01.06.2023).
- Ellen Macarthur Foundation. (2015a). “Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition”, <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>, (Erişim Tarihi: 01.06.2023).
- European Commission. (2015a). “Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>, (Erişim Tarihi: 01.06.2023).

- Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R., Christiansen, K. ve Klüppel, H.J. (2006). “The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044”, *International Journal of Life Cycle Assessment*, **11**(2), 80–85.
- Geisendorf, S. ve Pietrulla, F. (2018). “The Circular Economy and Circular Economic Concepts – A Literature Analysis and Redefinition”, *Thunderbird International Business Review*, **60**(5), 771-782.
- Ghisellini, P., Cialani, C. ve Ulgiati, S. (2016). “A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems”, *Journal of Cleaner Production*, **114**, 11–32.
- Hausman, J.A. (1978). “Specification Tests In Econometrics”, *Econometrica*, **46**(6), 1251-1271.
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N.U. ve Laurenti, R. (2020). “Circular Economy Innovation and Environmental Sustainability Impact on Economic Growth: An Integrated Model for Sustainable Development”, *Sustainability*, **12**(12), 1-16.
- Köroğlu, A. ve Yavuz, O. (2023). “Panel Veri Analizi ile Döngüsel Ekonominin Kaynak Verimliliğine Etkisinin Analizi”, *Gazi İktisat Ve İşletme Dergisi*, **9**(2), 211-222.
- Li, Y. ve Ma, C. (2015). “Circular Economy of a Papermaking Park in China: A Case Study”, *Journal of Cleaner Production*, **92**, 65-74
- 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**, 1-15.
- Pesaran, M.H. (2004). “General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence In Panels”, *Iza Discussion Paper Series*, No: 1240, 1-42.
- Sayın, F. (2022) “Döngüsel Ekonomi Yaklaşımında İnsani Gelişmenin Atık Yönetimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi: Avrupa Birliği Ülkeleri için Dinamik Panel Veri Analiz Bulguları”, *İzmir İktisat Dergisi*, **37**(3), 673-685.