

Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi

Editör: Dr. Burhan Durgun



Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi

Editör:

Dr. Burhan Durgun



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi

Macro Aspects of Environmental Economics

Editor: Dr. Burhan Durgun

Language: Turkish-English

Publication Date: 2023

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-975-447-768-9

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub300>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Durgun, B. (ed) (2023). *Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub300>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>



Hakem Kurulu Listesi

Doç. Dr. Elife AKIŞ	İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. İhsan KURAN	Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Kumru TÜRKÖZ	Balıkesir Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Vahit EREN	Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Doç. Dr. Remzi GÖK	Dicle Üniversitesi
Doç. Dr. Suna MUĞAN ERTUĞRAL	İstanbul Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Elif KAYA	Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ferat KAYA	Dicle Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İrem YALKI	İstanbul Okan Üniversitesi
Dr. Aziz DAYANIR	İstanbul Üniversitesi
Dr. Burhan DURGUN	Dicle Üniversitesi
Dr. Funda DURGUN	Dicle Üniversitesi
Dr. Şener İLTER	Dicle Üniversitesi

Bu kitapta yer alan tüm bölümler, yukarıda isimleri ve kurumları yazılı hakemler tarafından çift kör bakemlik yöntemiyle değerlendirilmiştir. Hakem görüşleri, çalışmaların yayımlanmasında belirleyici faktör olmuştur.

Hakemler, unvanları dikkate alınarak isimlerine göre alfabetik olarak sıralanmıştır.

Ön Söz

Sanayi Devriminden bu yana artan sera gazı emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliği küresel bir eylem planını zorunlu hale getirmiştir. Fosil yakıt yanması sera gazı emisyonlarının temel kaynağını oluşturmaktadır. Üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlar kullanılarak karşılandığından insanoglu büyüme-çevre ikilemine düşmüştür. Aşırı hava olayları, kuraklık, biyoçeşitlilik kaybı, gıda krizi ve çeşitli hastalıkların yayılımı iklim değişikliğinden kaynaklı olarak toplumların karşılaştığı olumsuzluklardır. Bu olumsuzlukların daha kötüye gitmesinin engellenmesi ve hatta durdurulması için küresel ortalama sıcaklık artışının 2°C'nin (mümkünse 1,5°C) altında tutulması hedefi belirlenmiştir. Ülkeler bu hedefi kendi ekonomilerine göre revize etmiş ve ekonomik aktiviteler gerçekleştirirken çevre kirletici etkiyi azaltmayı taahhüt etmişlerdir.

Çevresel bozulmayı arttıran veya azaltan olguların etki düzeylerinin belirlenmesi çevre ekonomisinin temel odağını oluşturmaktadır. Konunun vahameti arttıkça atfedilen önem de o derece artmaktadır. Günümüze kadar çevresel bozulmanın makro ekonomik belirleyicilerini kaleme alan çok sayıda akademik çalışma, bu alana genişlik ve derinlik kazandırmıştır.

Bu kitap çevre ekonomisinde yeni eğilimleri konu alan teorik ve ampirik çalışmaları bir araya getirip alana yeni ve bütüncül bir katkı ve karar alıcılara da politika önerileri sunulmasını amaçlamaktadır. Türkiye'nin çeşitli üniversitelerinde görev yapan akademisyenlerin katkılarıyla çevre ekonomisinin çok boyutlu doğası farklı bakış açılarıyla değerlendirilmiştir. Kitap her biri özgün bir araştırma olan dokuz bölümden oluşmaktadır.

“Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi” isimli bu kitapta yer alan çalışmalar öncelikle benzerlik programıyla incelenmiş daha sonra hakem sürecine tabi tutulmuştur. Her bölümün yazarının/yazarlarının kendi bölümünden etik olarak sorumlu olduğunu deklare ederiz. Hakem ve yazarlarımıza teşekkür eder, kitabın okuyucuya faydalı olmasını dileriz.

Dr. Burhan DURGUN

İçindekiler

Ön Söz	v
Özgeçmişler	ix

Bölüm 1

Bildiğimiz Büyümenin Sonu (mu)? İklim Krizi Çağında Döngüsel Ekonomi ve İktisat Politikası Arayışları	1
<i>Özge Kozal</i>	

Bölüm 2

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması	23
<i>Erkin Cihangir Karataş</i>	

Bölüm 3

Çevre Politikaları Işığında Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Sektörünün Mevcut Durumu	47
<i>Aziz Dayanır</i>	

Bölüm 4

Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Girişimciliğin Yeşil Büyümeye Etkileri: Türkiye ve Dünya'dan Yeşil Girişimcilik Örnekleri	65
<i>Hilal Alpdoğan</i>	
<i>Yasemin Atik</i>	

Bölüm 5

İnsan Sağlığı İklim Değişikliğinden Etkilenir mi? Az gelişmiş, Gelişmekte Olan ve Gelişmiş Ülkeler Üzerine Bir Analiz	89
<i>Reyhane Cafrı</i>	

Bölüm 6

CO₂ Emisyonunu Etkileyen Göstergeler: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Analizi 109

Mefiile Fındıkçı Erdoğan

Bölüm 7

G7 Ülkelerinde Karbon Emisyonu ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi 131

Ömer Fazal Emek

Melike Atay Polat

Bölüm 8

Ekonomik Büyüme ve Çevre Kirliliği: Türkiye için Bir Kuznets Eğrisi Analizi 147

Hilal Şeker

Bölüm 9

Enerji Yoğunluğu ve Ekonomik Kompleksitenin Karbon Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Yeniden Gözden Geçirilmesi 163

İhsan Oluç

Özgeçmişler

Özge ERDÖLEK KOZAL

Özge Erdölek Kozal, doktora eğitimini Ege Üniversitesi İktisat Bölümü'nde tamamlamıştır ve 2015 yılından beri Ege Üniversitesi İktisat Bölümü'nde İktisat Teorisi ABD'de öğretim elemanı olarak görev yapmaktadır. Kozal'ın Türkiye'de sanayileşmenin 200 yıllık tarihini makroekonomik bir perspektif ile süreklilikler ve dönüşümler çerçevesinde ele alan doktora tezi, 2019 yılında Türkiye Ekonomi Kurumu tarafından “Doktora Tez Ödülü”ne layık görülmüştür. Kozal'ın temel çalışma alanları; sanayileşme, iktisadi planlama, politik iktisat ve döngüsel ekonomidir. Kozal, son yıllarda özellikle ekolojik/döngüsel ekonomi alanında çalışmalar yürütmekte, ulusal-uluslararası projelerde görev almaktadır. Ayrıca, “herkes için ekolojik okuryazarlık” teması ile düzenlenen çok sayıda eğitim ve seminerde de gönüllü olarak çeşitli dersler vermektedir.

Erkin Cihangir KARATAŞ

Erkin Cihangir Karataş, 2009 yılında Atılım Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümünden mezun olmuştur. Yüksek lisansını İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Avrupa Birliği tezli yüksek lisans programında 2015 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Avrupa Birliği Anabilim Dalı doktora programına kabul edilmiş olup 2022 yılında buradan mezun olmuştur. Avrupa Birliği, ekonomi, su, çevre ve tarım ekonomisi ve sürdürülebilirlik alanlarında çalışmalarını yürütmektedir. İngilizce bilmektedir.

Aziz DAYANIR

Aziz DAYANIR, lisans eğitimini Boğaziçi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü'nde tamamlamıştır. Boğaziçi Üniversitesi'nden ekonomi alanında yüksek lisans derecesine sahiptir. İstanbul Üniversitesi İktisat Bölümü'nden 2021 yılında doktora derecesi ile mezun oldu. 2010 yılından beri İstanbul Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Araştırma alanları Ekonomik Kalkınma, Sürdürülebilirlik, Teknoloji, İnovasyon ve Patentlerdir.

Hilal ALPDOĞAN

1988 Üsküdar doğumlu Hilal Alpdoğan lisans eğitimini 2006-2010 yılları arasında Uludağ Üniversitesi İktisat bölümünde tamamlamıştır. 2010-2013 yılları arasında yüksek lisans eğitimini Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Politikaları anabilim dalında “Fiyat İstikrarından Finansal İstikrara Enflasyon Hedeflemesi” başlıklı tez ile tamamlamıştır. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi iktisat bölümünde araştırma görevlisi olarak akademik hayatına başlamıştır. 2013-2019 yılları arasında Sakarya Üniversitesi SBE İktisat politikası anabilim dalında doktora eğitimini “Finansal krizlerin öngörülebilirliği: G20 ülkeleri” başlıklı doktora tezi ile eğitimini tamamlamıştır. 2019 yılından beri Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Finansman bölümünde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır.

Yasemin ATİK

Yasemin ATİK, 18 Eylül 1989’da Erzurum’da doğdu. 2010 yılında İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Yüksekokulu’nda lisans eğitimini tamamladı. Şu anda Sakarya Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik bölümünde yüksek lisans yapmaktadır. Aynı zamanda 2014 yılından beri Kocaeli ilinde Milli Eğitim’e bağlı bir meslek lisesinde Ulaştırma Hizmetleri/ Lojistik alan öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

Reyhan CAFRI AÇCI

Reyhan CAFRI AÇCI, Çukurova Üniversitesi Ekonometri Bölümü’nden bölüm birincisi olarak mezun olmuştur ve yüksek lisansını da yine Çukurova Üniversitesi Ekonometri Bölümü’nde tamamlamıştır. Doktorasını ise Anadolu Üniversitesi İktisat Bölümü’nde yapmıştır. Doçentliği Makro İktisat – Gelişme Ekonomisi alanındadır. Çalışma hayatına Çankırı Karatekin Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak başlamıştır. Hâlihazırda İskenderun Teknik Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik bölümündedir. Çalışma konuları arasında Sağlık Ekonomisi, Çevre Ekonomisi ve Teknoloji Ekonomisi ile Yoksulluk, Gelir Eşitsizliği yer almaktadır.

Mefule FINDIKÇI ERDOĞAN

Mefule Fındıkçı Erdoğan, 2013 yılında İstanbul Ticaret Üniversitesi İstatistik Bölümü’nden 2015 yılında ise İstanbul Ticaret Üniversitesi’nde İktisat yüksek lisans programından mezun oldu. 2015 yılında hem Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde Ekonometri doktora programında hem de İstanbul Ticaret Üniversitesi Finans Enstitüsü’nde Finansal Ekonomi doktora programında başladığı eğitimini tamamlayarak

doktor unvanı almıştır. İstanbul Ticaret Üniversitesi Düşünce ve Proje Üretim Akademisi Müdür yardımcılığı görevini yürütmektedir. TÜBİTAK, üniversite ve iş dünyası destekli projelerde araştırmacı olarak görev almakta, yükselen piyasalar, finansal tahmin ve modelleme, uygulamalı makro ve mikro analiz, panel veri modelleri ve istatistiksel yöntemler alanlarında çalışmalar yapmakta, uzmanlık alanlarına yönelik olarak lisans/lisansüstü ders vermektedir.

Melike ATAY POLAT

Melike ATAY POLAT, Lisans derecesini Erciyes Üniversitesi'nde, Yüksek Lisansını Erciyes Üniversitesi'nde ve doktorasını İktisat alanında İnönü Üniversitesi'nde tamamladı. 2009 yılında Şırnak Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak akademik hayata başladı. 2014 yılında doktorasını bitirip Dr. Öğr. Üyesi olarak Şırnak Üniversitesi'nde görev yaptı. 2019 yılından itibaren Doç. Dr. olarak Mardin Artuklu Üniversitesi'nde halen görev yapmaktadır. Araştırma alanları; kadın istihdamı, enerji ekonomisi ve çevre ekonomisidir. Halen Mardin Artuklu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde İktisat bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır.

Ömer Fazıl EMEK

Erzurum doğumlu olan Ömer Fazıl EMEK, lisans eğitimini 2007 yılında Konya Selçuk Üniversitesi iktisat bölümünde tamamlamıştır. Lisans mezuniyetinin ardından Türkiye'nin farklı illerinde bankacılık ve finans kuruluşlarında çalışmış, 2013 yılında Mardin Artuklu Üniversitesi Nusaybin Meslek Yüksekokulu Dış Ticaret programına Öğretim Görevlisi olarak atanmıştır. 10 yılı aşkın bir süredir bu programda ve Mardin Artuklu Üniversitesi İİBF iktisat bölümünde çeşitli dersler vermekte, idari görevler yürütmektedir. 2016 yılında Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü iktisat politikası anabilim dalında yüksek lisans, 2020 yılında ise İstanbul Üniversitesi İktisat bilim dalında doktora derecelerini almış olan Dr. Öğr. Üyesi Ömer Fazıl EMEK, alanında ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmaları mevcuttur.

Hilal ŞEKER

Hilal ŞEKER, 08.10.1979 tarihinde Amasya'da doğmuş, orta ve lise öğrenimi burada tamamlamıştır. 1997-2001 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi İİBF İşletme bölümünden mezun olmuş, 2002-2007 yılları arasında Ondokuzmayıs Üniversitesi Terme MYO'da öğretim görevlisi olarak çalışmış, 2008 yılı itibari ile Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO'da öğretim görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2009-2011 yılları arasında

Süleyman Demirel Üniversitesi İktisat ABD yüksek lisansını, 2015-2021 yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisat ABD doktorasını tamamlamıştır. Halihazırda Amasya Sosyal Bilimler MYO'da Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Bölümünde Dr. Öğretim Üyesi ve bölüm başkanı olarak çalışmalarına devam etmektedir. Makro iktisat, merkez bankacılığı, iktisat politikaları, büyüme gibi konular başlıca çalışma alanlarını oluşturmaktadır. Evli ve iki çocuk annesidir.

İhsan OLUÇ

İhsan OLUÇ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır. Akademik kariyeri sürdürülebilir kalkınma temelinde çevre ekonomisi, küreselleşme, ekonomik büyüme ve insani kalkınma gibi önemli konulara odaklanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik büyüme alanlarında ulusal ve uluslararası saygın dergilerde yayınlanmış bir dizi çalışmaya imza atmıştır. Ayrıca, lisans ve lisansüstü düzeyde Kalkınma İktisadı, Büyüme Teorisi, Çevre ve Enerji Ekonomisi gibi dersler vermektedir. İlgili akademik alanlarda birçok önemli araştırma ve işbirliği projesine aktif olarak katılmaya devam etmektedir.

Bildiğimiz Büyümenin Sonu (mu)? İklim Krizi Çağında Döngüsel Ekonomi ve İktisat Politikası Arayışları

Özge Kozal¹

Özet

Büyümenin nasıl sağlanacağı, iktisat literatürünün en önemli tartışma alanlarının başında gelmekte ve sürekli yeni açılımlar kazanmaktadır. 1970’li yıllara kadar kalkınmanın, gelişmenin, modernleşmenin ön koşulu olarak görülen büyümenin, özellikle iklim krizi ve derinleşen eşitsizliklerle beraber eski mitsel rolünün sarsıldığı görülmektedir. Bu çalışmada da 21. yüzyılın yeni bilim paradigması olan bağlantısal bütünsellik kavrayışına referansla, iklim krizi çağında daha adil, kapsayıcı bir gelişme kavrayışına neden ihtiyaç duyulduğu yeniden tartışmaya açılmaktadır. Bu çerçevede ilk olarak, ekolojik krizin boyutları eşitsizlikler bağlamında incelenmekte, ardından döngüsel ekonomi modelinin ana hatları planlı küçülme tartışmalarıyla birlikte ele alınmaktadır. 21. yüzyıl için iktisat politikası üretirken dikkate alınması gereken noktaların tartışmaya açıldığı bu çalışma, döngüsel ekonominin daha adil ve kapsayıcı bir gelişme için bir yol haritası sunma potansiyelini vurgularken, politika yapıcılar için pratik öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

1. Giriş

Dünya’da 1945 sonrası dönem, Fordist üretim ve tüketimin hızla yayıldığı, sanayi sermayesinin birikim olanaklarının savaş sonrası dünyanın yeniden yapılanması sürecinde hızla genişlediği bir altın çağ olarak bilinmektedir. Bu altın çağ, toplam nüfus, kent nüfusu, kişi başına düşen gelir, doğrudan yabancı yatırımlar, telekomünikasyon yatırımları, enerji kullanımı, su kullanımı, uluslararası turizm gibi pek çok eksende “büyük hızlanmanın” yaşandığı yıllardır (Steffen vd., 2015). Sonsuz üretim ve tüketim örgütlenmesine dayalı bu modelin yarattığı hızlanma, bir taraftan üretimin niceliksel artışına

1 Arş. Gör. Dr., Ege Üniversitesi, İİBE İktisat Bölümü, ozge.kozal@ege.edu.tr,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5542-6290>

odaklanarak kapitalist sermaye birikimi açısından muazzam bir birikim yaratma fırsatı sunarken, diğer taraftan gezegenin ekolojik, biyolojik ve ekonomik kaynaklarının geri dönüştürülemez bir biçimde azalmasına neden olmuştur. 1972 yılında Roma Kulübü'nün yaklaşık dört yıl süren çabaları ile yayınlanan Büyümenin Sınırları raporunda, çevresel bozulmaların büyümeyi sınırlayan bir faktör olarak ilan edilmesi (Meadows vd. 1972), bu çalışmayı takip eden yıllarda çevresel bozulma, planlı küçülme ya da büyümeme (degrowth) tartışmalarını da hızlandırarak mevcut iktisat paradigmasının sorgulanmasında önemli bir kırılma yaratmıştır.

Aslında çevresel kirlenme/bozulmanın sosyal bilimler literatürüne girişi yeni değildir. Bilindiği gibi bugün hala çok yaygın kullanılan iktisada giriş kitaplarında, neoklasik iktisat Pigou ve Marshall'ın çizdiği çerçevede çevresel bozulmayı üretim süreçlerinin yarattığı bir “negatif dışsallık” olarak ele alınmaktadır (Pasour, 1996). Bu neoklasik bakış, “fiyat bütün maliyetleri içermemektedir, dışsallıklar da bu içerilmeyen maliyetlerden biridir” ifadesinden öteye gitmemektedir. Bu yaklaşım, çevresel bozulmayı ve bunun yarattığı tahribatları, ürünlerin fiyatları içinde bireylerin/firmaların ödemediği/hesaba katmadığı bir maliyet unsuru olarak ele almakla sınırlıdır. Bu tahribatın yarattığı eşitsizlikler, biyoçeşitlilik kaybı vb. eksenler neoklasik iktisadın çevresel bozulma analizi içinde yer almamaktadır.

Bilindiği gibi büyümenin sağlanabilmesi için, ekonomik, sosyal, ekolojik hasarların “normalleştirilmesi” konusunda çok geniş bir literatür vardır. Özellikle iktisat literatüründe, gelir eşitsizliği, çevresel bozulma gibi bugünün en temel problemlerinin büyümenin bedeli olarak olağan kabul edilmesi, ekonomik büyümenin başlangıçta gelir eşitsizliğini arttırabileceği, ancak eninde sonunda bunu düzelteceği (Kuznets, 1955 [1995]), çevresel iyileşmenin sağlanabilmesi için önce çevresel bozulmanın gerçekleşmesinin gerekliliği üzerinden çok sayıda teorik ve ampirik çalışma üretilmiştir. Elbette literatürdeki tek tartışma eksenini bu “olağanlaştırma” değildir, 1970'li yıllarda kapitalist büyüme modelinin sınırları içinde olsa da çok sayıda eleştiri ortaya çıkmıştır. Bu eleştirilerin içinde planlı küçülme veya büyümeme tartışmaları, ana akım iktisat paradigması içinde bir alternatif yaratma potansiyeli en yüksek tartışmalardır (Missemer, 2017). Ancak bu fikrin tartışmaya açıldığı dönem, 1973 krizi sonrası kapitalist birikim modelinin krizden çıkmak için yeni yollar aradığı dönem olduğundan, planlı küçülme tartışmaları da kapitalist modelin içinde bir çözüm olmaktan öteye geçememiştir. Nitekim bu tartışma eksenini yerini, kısa zaman içinde sürdürülebilir kalkınma, yeşil büyüme, kapsayıcı büyüme yaklaşımları içinde, büyümenin farklı isimlerle/içeriklerle tasarlanmasını öneren yaklaşımlara bırakmıştır. Hatta Yeşil GSYİH (Green GDP) gibi çevresel tahribatın büyüme denklemine negatif

bir değişken olarak dahil edildiği yeni formülasyon çabaları halen devam etmektedir. Büyük ölçüde büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırılması (decoupling) üzerine yükselen bu literatürde, ülkelerin büyümeyi kaynak kullanımından ayrıştırma dereceleri “ölçülmeye” devam etmekte, ülkeler başarılı/başarısız olarak sınıflandırılmaktadır (Nicolaisen & Hoeller, 1990; Kim vd., 2014; Hickel & Kallis, 2020).

İktisat paradigması değişiklikleri, elbette çok sayıda çatışmalı yaklaşımın bir aradılığı sayesinde gerçekleşebilmektedir, dolayısı ile bu çabaların hepsi çok anlamlıdır ve her biri bugünkü büyüme sorgulamasına katkı vermektedir. Ancak, insan zihninin, doğası gereği karmaşık olayları anlayabilmek için indirgemeci bir tutum izlediği, dolayısı ile insan zihninin sınırlı kapasitesinin “ölçmek” konusunda oldukça ısrarlı olduğunun da altı çizilmelidir.² Dolayısı ile bir paradigmal değişiklik yaşandığında, yeni paradigmanın üzerinde yükseldiği eksenlerdeki başarı/başarısızlığı ölçmek özellikle iktisatçılar için yerleşik bir davranış olagelmıştır. Nitekim, 1990’lı yıllarda Birleşmiş Milletler tarafından sistematikleştirilen sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma anlayışı, önemli bir paradigma değişimini beraberinde getirmiş, bu yeni kalkınma anlayışı, o zamana kadarki sınırsız büyüme arayışlarının aksine, büyümenin sınırlarını ortaya koyarak iktisadi büyüme ve kalkınmanın sosyal, ekolojik, ekonomik, mekansal ve kültürel boyutlarını dikkate alan bir model arayışını hızlandırmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı ortaya ilk çıktığında, insanların bugünkü ihtiyaçlarını gelecek nesillerin refahından çalmadan karşılamak temel odak noktası iken, 2030 gündemini oluşturan 17 hedefin ne kadarının yakınında ya da uzağında olduğumuzun tespiti, ülkelerin insani gelişmişlik “sıralamasına” tabi tutulması, yine sözünü ettiğimiz indirgemeci tutumdan kurutulamadığımızın da bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Yani bir bakıma, büyümeyi ölçmeyi bırakıp, kalkınmayı ölçmeye başlamak söz konusu olmuştur.

Bu paradigma, 2000’li yılların başında “gezegensel sınırları” aşmamayı amaçlayan bir paradigmaya evrilmiştir. Bu sınırlar üzerinde yükselen döngüsellik yaklaşımı bu anlamda, yalnızca gelecek nesillerin değil, öncelikle var olan nesillerin yaşamsal fonksiyonlarının sağlıklı bir biçimde sürdürülebilmesi için gereken ortamı sağlamak ve bunun sürdürülebilirliğine yönelik politikalar üretmek konusunda yenilikçi olması bakımından kıymetlidir (Kozal & Barbaros, 2020). Ancak bugünkü büyüme modelinin neden çalışmadığına dair sistematik bir bakış yakalayabilmek için Raworth’un (2019) da önerdiği gibi, bilim paradigmasını yeniden düşünmek ve

2 İleri bir okuma için bkz. Georgescu-Roegen, N. (1966). Analytical economics: issues and problems. Harvard University Press.

zihinlerimizi yüzyıllardır esir olduğu ana akım paradigmalardan kurtarmamız gerekmektedir. Çünkü sosyal bilimcilerin zihinleri de ana akım önermeler çevresinde düşünmek üzere evrilmekte, bunun dışına çıkabilmek de şanslı bir grup azınlığın elde edebildiği bir ayrıcalık olabilmektedir. Yani sosyal bilimcilerin de politika yapıcılarının da büyümenin, üretimin, tüketimin, dış ticaretin, ödemeler dengesinin tüm detaylarına sahip son derece detaylı bir bilgi birikimi ve matematiksel araçları ustaca kullanarak tüm değişkenler arasında ilişkileri bulma yetkinlikleri varken, karşı karşıya olduğumuz iklim aciliyeti dönemindeki çoklu krizler çağında alternatif modeller üretecek esneklikte zihinlere sahip olamadığımız görülmektedir.

Bugün geldiğimiz noktada, büyüme, eşitsizlikler, çevre konularında bilim paradigmasındaki değişimlerle de paralel olarak çok disiplinli yeni açılımlar aranmaktadır. Bu çalışma da bu tartışmalara katkı vermeyi amaçlanmakta, iklim krizi çağında bildiğimiz anlamda büyümenin sonu tartışmaları çerçevesinde, 21. yüzyılın büyüme modeli nasıl tasarlanabileceği sorusu mevcut güncel tartışmalar çerçevesinde yeniden gündeme taşınmaktadır. Bu çerçevede, takip eden bölümde ilk olarak Antroposen çağında ekolojik ayak izi tartışması üzerinden neden yeni bir büyüme modeline ihtiyaç duyduğumuz ortaya konacaktır. Ardından tartışmaya açılacak, üçüncü bölümde döngüsellik kavrayışı yeni büyüme modelinin ilk adımını oluşturuyor mu? sorusu sorulacak ve son olarak da daha adil ve kapsayıcı politika tasarımlarının nasıl yapılabileceğine ilişkin bir çerçeve çizilecektir.

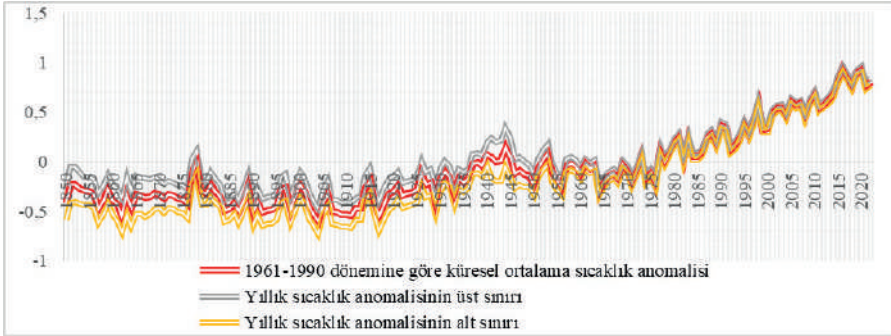
2. Göstergeler Ne Gösteriyor?

Sanayi devrimi sonrası karşılaştığımız ekolojik kriz/yıkım süreci, insan türünün gezegenimizde yarattığı etkiye işaret etmek amacıyla Antroposen (yeni insan çağı ya da son insan çağı) adıyla yeni bir jeolojik çağ ile ifade edilmektedir. Bu kavram, 1980'li yıllarda ABD'li biyolog Eugene F. Stoermer ve Hollandalı kimyager Paul J. Crutzen'in çalışmaları ile yaygın biçimde kullanılmaya başlamıştır (Crutzen, 2002; Steffen vd., 2011). Bu çalışma kapsamında da antropojenik etkilerin mevcut durumunun ortaya konması için, küresel sıcaklık anomalileri, Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından yayınlanan ekolojik ayak izi ve İklim Eşitsizliği Raporu (Climate Inequality Report 2023) verileri kullanılarak karbon salınımı eşitsizlikleri tartışmaya açılacaktır.

Antropojenik çağın en gündem maddesini oluşturan küresel ortalama sıcaklık anomalileri incelendiğinde (Grafik 1), büyük hızlanma döneminde sıcaklık artışında yaşanan büyük sıçrama kolaylıkla görülmektedir. Bu nedenledir ki pek çok uluslararası kurumun ana gündemi, iklim değişikliği

ile mücadele ve uyum kapsamında yapılan anlaşmaların en önemli odak noktası sıcaklık artışlarının kontrol altına alınmasıdır. Paris İklim Anlaşması da küresel ortalama sıcaklık artışının $1,5^{\circ}\text{C}$ 'de tutulması bir dizi politika önermekte ve bunun için karbon nötr bir ekonominin tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Hulme, 2016). 2012 yılından bu yana şiddeti giderek artan ekolojik kriz artık “iklim aciliyeti” olarak anılmaktadır. Bu ister sağlık ister iktisadi ister sosyal/siyasal olsun herhangi bir krizin aşılabilmesi için öncelikle iklim değişikliği ve küresel ısınma problemlerinin çözülmesi gerektiğine işaret etmektedir (Barbaros, 2020, 2021). Geldiğimiz noktada, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2018 yılında yayınladığı 1,5 derece özel raporunda, sanayi öncesi dönemden bu yana, insan faaliyetleri nedeniyle küresel ortalama sıcaklıkların yaklaşık $1,2^{\circ}\text{C}$ arttığı, bu şekilde devam ettiği sürece 2030-2050 döneminde sıcaklık artışının 2°C 'yi aşacağı vurgulanmaktadır (IPCC, 2018). Bu tabloda dünyanın Paris İklim Anlaşması'nın koyduğu hedefin oldukça uzağında olduğu söylemek gerekir.

Grafik 1. Küresel Ortalama Sıcaklık Anomalileri (1850-2022)



Kaynak: Hannah Ritchie, Max Roser ve Pablo Rosado (2020), Our World in Data

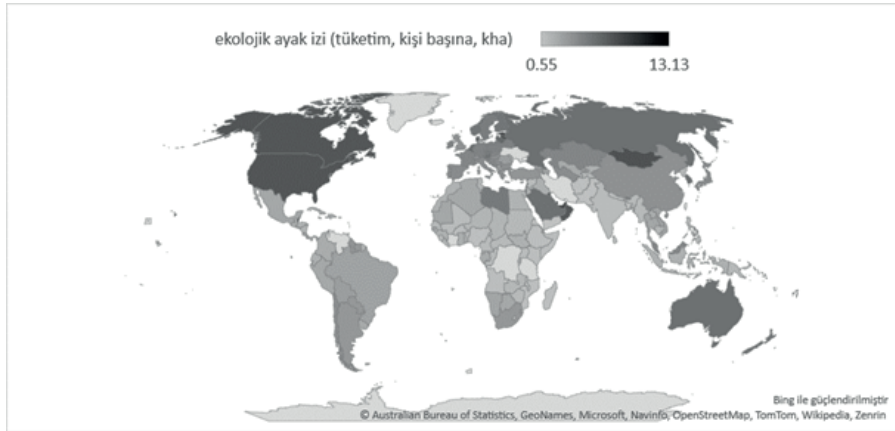
Ekolojik ayak izi göstergeleri de dünyanın ekolojik kapasitesinin nasıl değiştiğine, gezegensel sınırlar üzerindeki baskının nasıl arttığına ilişkin oldukça kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Ekolojik ayak izi, bir bireyin, topluluğun, ülkenin veya faaliyetin tüketim alışkanlıkları ve kaynak kullanımı sonucunda doğal kaynakları ne kadar tükettiğini ve oluşan atıkları ne kadar taşıyabildiğini/emebildiğini ölçen bir kavramdır. Genellikle küresel hektar birimi kullanılarak ölçülmekte ve “tüketilen kaynaklar ile oluşturulan atıkların doğal ekosistemler tarafından sürdürülebilir bir şekilde işlenmesi için gerekli alan” olarak tanımlanmaktadır (Global Footprint Network, 2023).³ Ülkelerin biyokapasiteleri ve ekolojik ayak izleri arasındaki fark biyokapasite açığı ya

3 Bkz. <https://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/>

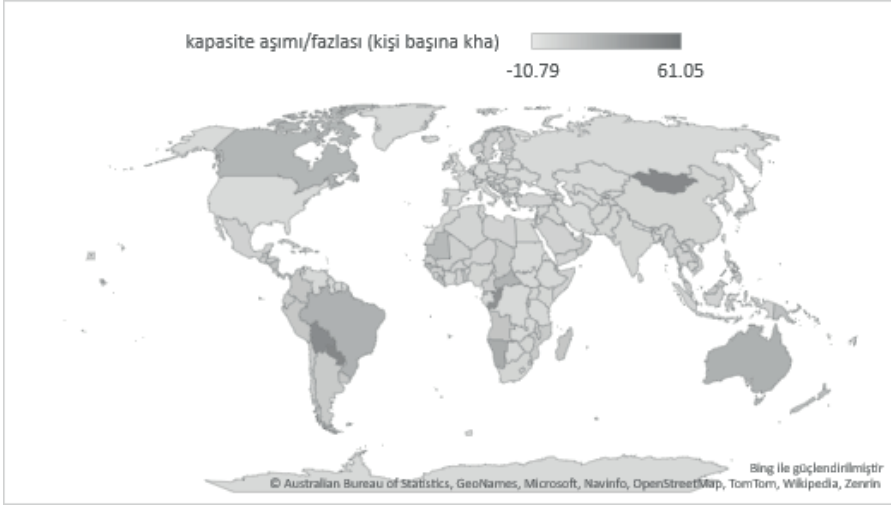
da biyokapasite fazlası olduğunu göstermektedir. Bir ülkenin ya da bölgenin ekolojik olarak açık vermesi bölgenin ticaret yoluyla biyolojik kapasite ithal ettiği, bölgesel ekolojik varlıkları tasfiye ettiği veya atıkların atmosfer gibi küresel ortak alanlara yayıldığı anlamına gelmektedir. Aslında en temelde, ekolojik ayak izi de daha önce sözünü ettiğimiz ve eleştirdiğimiz “ölçümler” üzerinden hareket etmektedir. Ancak, ekolojik ayak izi üzerinde düşünmek; doğal kaynaklar ve gezegen üzerindeki baskının “miktarını”, bunun hangi ana etmenler sebebiyle gerçekleştiğini ortaya koymak yönünde önemli bir araç sağladığından, 21. yüzyılın gezegensel yaşam tasarımı üzerine düşünürken oldukça önemli bir somutlaştırma sağlamaktadır.

Harita 1, verilerin başlangıç yılı olan 1961 yılı için ülkelere göre kişi başına yaratılan ekolojik ayak izinin genel görünümünü ortaya koymaktadır. Haritada koyu renk ile gösterilen bölgeler, en yüksek kişi başına düşen ekolojik ayak izine sahip bölgelerdir. Buna göre, Lüksemburg, ABD, Yeni Zelanda, Kanada, Avustralya, Norveç ve İsveç en yüksek kişi başına düşen ekolojik ayak izine sahip ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır ve kişi başına yaratılan ekolojik ayak izi 13 ila 7,8 kha arasında değişmektedir. Bu ülkelerin büyük ölçüde gelişmiş kapitalist ülkeler oldukları görülmektedir.

Harita 1. 1961 Yılı Ülkelere Göre Ekolojik Ayak İzi (kha, kişi başına)



Kaynak: *Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, Erişim:*
10.06.2023

Harita 2. 1961 Yılı Ülkelere Göre Biyokapasite Aşımı/Fazlası (kha, kişi başına)

Kaynak: Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, Erişim: 10.06.2023

Not: Fransız Guyanası, Surinam, Guyana ve Gabon görel olarak çok yüksek biyokapasite fazlasına sahip olduklarından haritada gösterilmemiş, Tablo 2'deki sıralamaya dahil edilmiştir.

Harita 2 ise, ülkelerin biyokapasitesi ile ekolojik ayak izi arasındaki farkı göstermektedir. Bu bağlamda, eğer değer pozitif ise ülkenin ekolojik ayak izinin sahip olduğu biyokapasiteyi aşmadığı (daha koyu renk bölgeler), negatif ise (daha açık renk bölgeler) aştığı anlaşılmalıdır. Buna göre, 1961 yılında 48 ülkede biyokapasiteyi aşan bir ekolojik ayak izi yaratımı söz konusudur. Yani, 48 ülke kendi ülkesinin taşıyamayacağı kadar ekolojik ayak izi yaratmakta, bu nedenle yarattığı ekolojik ayak izi ile gezegenin biyokapasite rezervinden eksiltmektedir. Tablo 2'de de 1961 yılı itibariyle en yüksek biyokapasite aşımına sahip ülkeler, en yüksek biyokapasite fazlasına sahip ülkeler sunulmuştur. Buna ek olarak, fazla veren ülkelerin genellikle az gelişmiş bölgeler olmasından hareketle, biyokapasite fazlasına sahip gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler de sunulmuştur. Bu bilgi, bir ekolojik açık varsa bu bölgenin ticaret yoluyla biyolojik kapasite ithal ettiği anlamına geldiğinden, hangi ülkelerin kirlilik yaydığının ortaya koyması bakımından da önemlidir.

Tablo 1. 1961 yılı Biyokapasite Aşımı ya da Fazlası Olan İlk 5 Ülke (kişi başına, kha)

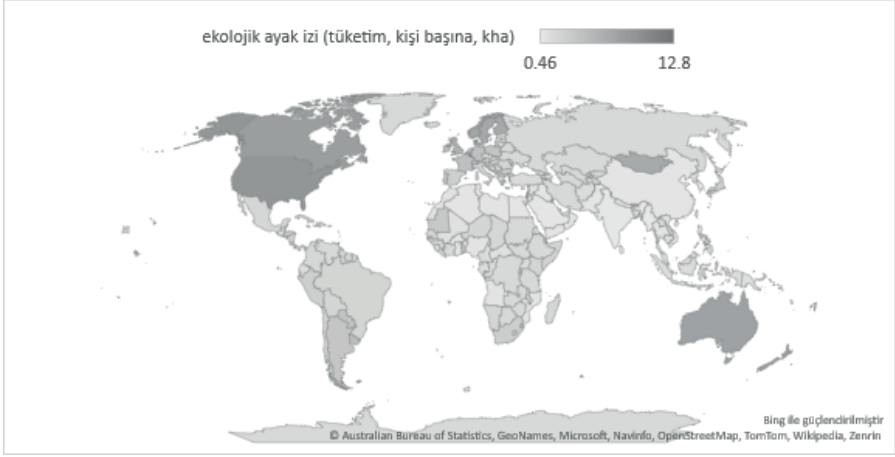
En Yüksek Açık	kha	En Yüksek Fazla	kha	En Yüksek Fazla Veren Gelişmiş/Gelişmekte Olan	kha
Lüksemburg	-10.79	Fransız Guyanası	898.66	Avustralya	22.04
İngiltere	-5.05	Surinam	170.45	Brezilya	21.62
Belçika	-4.92	Guyana	108.37	Kanada	18.63
ABD	-3.41	Gabon	87.87	Yeni Zelanda	13.02
Çekoslovakya	-3.08	Katar	61.05	Kolombiya	9.17

Kaynak: *Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, verileri kullanılarak yazar tarafından besaplanmıştır.*

Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından yayınlanan son veriler 2022 yılına aittir. Bu yılda 226 ülke verisi açıklanmıştır. Buna göre, 130 ülkede biyokapasite açığı söz konusudur. Burada dikkat çekici noktaların başında Tablo 1 ve 2 karşılaştırıldığında en yüksek fazla veren gelişmiş gelişmekte olan ülkelerde kişi başına düşen fazla biyokapasitedeki keskin düşüş gelmektedir. Yine her iki yılda da en yüksek fazla veren Fransız Guyanası'ndaki biyokapasite fazlası da 818 kha'dan 84 kha'ya gerilemektedir.

Bu tablo ülke düzeyindeki karbon salınımı, biyokapasite ya da ekolojik ayak izini tek tek incelemenin, ya da bir ülkenin bu kapasiteyi ne kadar aştığının gezegensel sınırların aşılması için yeterli odak noktasını oluşturmadığını göstermesi bakımından önemlidir. Çünkü kapitalist üretim modeli, bugünkü büyüme kavrayışı ile devam ettiği sürece kirliliği ya da tahribatı ortadan kaldırmak, tüketim ya da üretim modelini değiştirmek değil, yalnızca kirliliğin ya da tahribatın kısa vadede mekansal yer değiştirmesini örgütleyecek politikalar üretmeye yönelmektedir.

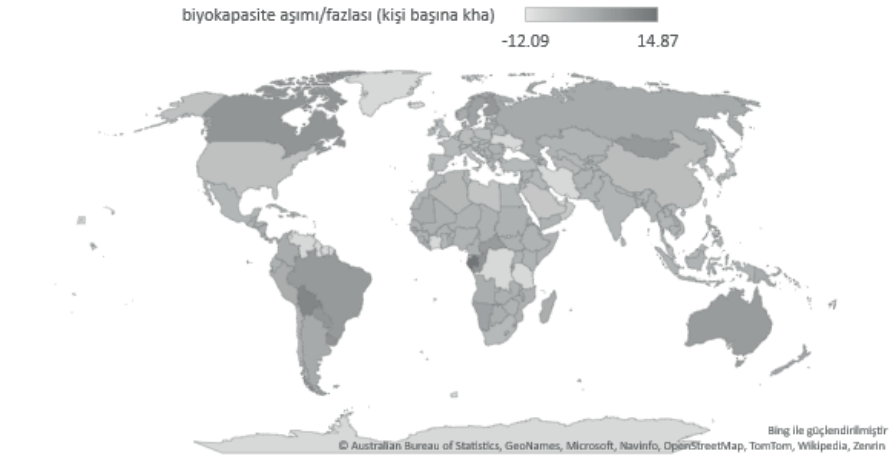
Harita 3. 2022 Yılı Ülkelere Göre Ekolojik Ayak İzi (kha, kişi başına)



Kaynak: Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, Erişim: 10.06.2023

Not: Fransız Guyanası, Surinam, Guyana görel olarak çok yüksek biyokapasite fazlasına sahip olduklarından haritada gösterilmemiş, Tablo 3'teki sıralamaya dahil edilmiştir.

Harita 4. 2022 Yılı Ülkelere Göre Biyokapasite Aşımı/Fazlası (kha, kişi başına)



Kaynak: Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, Erişim: 10.06.2023

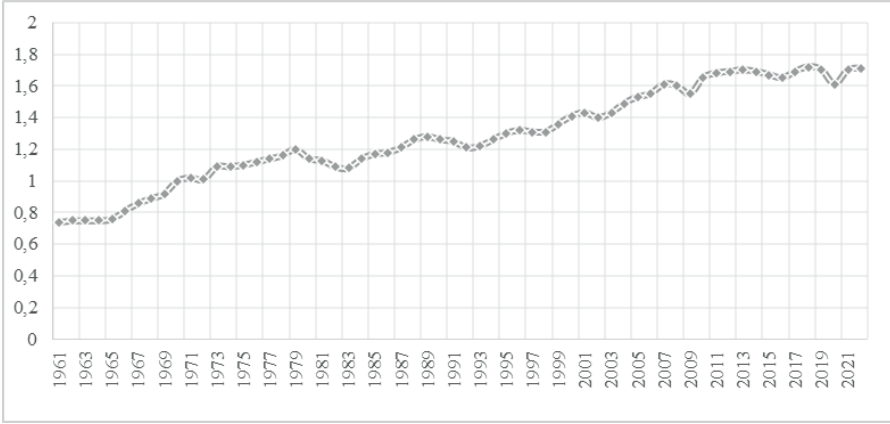
Tablo 2. 2022 yılı Biyokapasite Aşımı ya da Fazlası Olan İlk 5 Ülke (kişi başına, kha)

En Yüksek Açık	kha	En Yüksek Fazla	kha	En Yüksek Fazla Veren Gelişmiş/Gelişmekte Olan ülkeler	kha
Katar	-12.09	Fransız Guyanası	84.1	Finlandiya	6.39
Lüksemburg	-9.73	Surinam	71.7	Brezilya	5.63
Birleşik Arap Emirlikleri	-8.17	Guyana	67.19	Avustralya	5.24
Kuveyt	-7.74	Gabon	14.87	İsveç	3.58
Bahreyn	-7.62	Bolivya	10.47	Yeni Zelanda	3.02

Kaynak: Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org>, verileri kullanılarak yazar tarafından hesaplanmıştır.

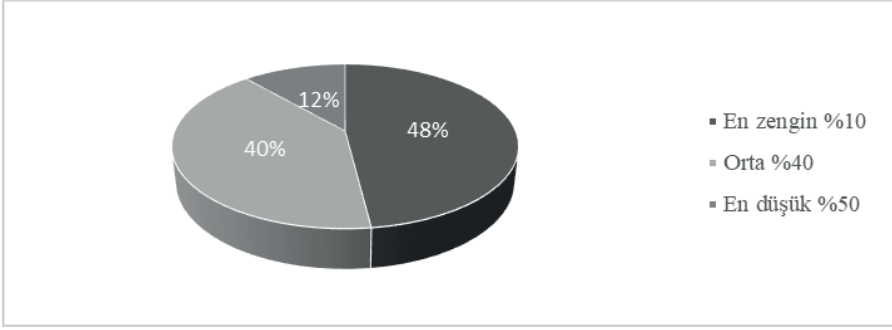
Kirli endüstriler sığınağı (pollution haven hypothesis) ve karbon ticareti bağlamındaki teorik ve ampirik çalışmalar ya da Harvey'in kapitalizmin zamansal ve mekânsal sabitler yoluyla birikimin nasıl devam ettiğini gösteren çalışmaları incelendiğinde, gelişmiş ülkelerin kirliliğin ya da ekolojik ayak izinin yer değiştirmesini nasıl örgütlediklerine dair kavrayış kolayca görülebilmektedir. Dolayısı ile yukarıda sunulan veriler de uluslararası bir yeniden örgütlenmeye neden ihtiyaç duyulduğunu kanıtlar niteliktedir. Bazı ülkeler çok az ekolojik ayak izine sahipken, bazıları yarattıkları ekolojik ayak izi ile neredeyse dünyanın tüm biyokapasitesini kullanmaktadır. Nihayetinde hepimizin ortak yaşam alanı olan gezegenin sınırları aşılmaktadır ve ünlü iklim aktivisti Greta Thunberg'in de dediği gibi fazla veren ülkeler ya da açık veren ülkeler ayrımı olmaksızın hepimizin "evi yanmaktadır."⁴ Bu bağlamda, Grafik 2'de 1961-2022 döneminde nüfusun mevcut tüketimini karşılamak için gereken gezegen sayısındaki değişimi ortaya koyması bakımından çok önemlidir. Bugün dünya nüfusu neredeyse 2 gezegenin ancak emebileceği kadar ekolojik ayak izi yaratmaktadır.

4 <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/25/our-house-is-on-fire-greta-thunberg16-urges-leaders-to-act-on-climate>

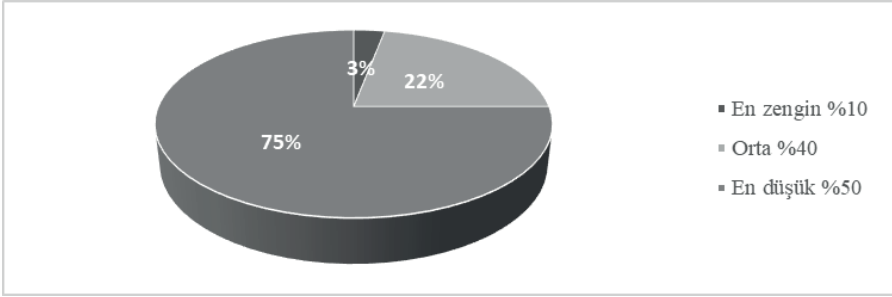
Grafik 2. Mevcut Tüketimi Karşılama İçin Gereken Dünya Sayısı (1961-2022)

Kaynak: *Global Footprint Network*, <https://data.footprintnetwork.org>, Erişim: 10.06.2023

Karbon salınımını veya ekolojik ayak izini incelemek, sadece çevresel bozulma ile ilgili bir analiz yapmak anlamına gelmez; aksine bu konu, eşitsizlikle yakından ilişkilidir. Kümülatif olarak en büyük üç sera gazı emisyonu salan ülke -Çin, ABD ve Hindistan- bugün toplam emisyonun %42,6'sını yaratmaktadır. Diğer taraftan, en az karbon salan 100 ülke, toplam emisyonun yalnızca %2,9'unu üretmektedir. Küresel gelir eşitsizliği, küresel karbon salınımindaki eşitsizliği daha da derinleştirmektedir. Dünya genelinde en zengin %10'luk kesim, 2019'da küresel emisyonların neredeyse %48'ine neden olurken, en zengin %1 ise bu emisyonların %17'sine neden olmaktadır. En yoksul %50'lik kesim ise karbon salınımının yalnızca %12'sinden sorumludur. Bölgeler arası farklılıklar bakımından incelendiğinde Avrupa'da, nüfusun en yoksul %50'si yılda ve kişi başına yaklaşık 5 ton karbon salarken; Doğu Asya'daki en yoksul %50, yaklaşık 3 ton ve Kuzey Amerika'daki en yoksul %50 ise yaklaşık 10 ton salmaktadır. Bu bölgelerde en yüksek %10'luk karbon salınım seviyeleri ise; Avrupa'da 27 ton, Doğu Asya'da 34 ton ve Kuzey Amerika'da 69 ton olarak ölçülmektedir. Yani karbon salınımlarında zengin ve fakir ülkeler arasında büyük farklar bulunmaktadır. Aynı şekilde bu ülkelerin zenginleri ile yoksulları arasındaki katkılar açısından da büyük farklar gözlemlenmektedir. Yani özetle eşitsizlik, ülkeler arası, ülkeler arasındaki benzer ekonomik sınıflar arasında ve ülke içinde de değişkenlik göstermektedir (Dünya Eşitsizlik Raporu, 2023).

Grafik 3. Gelir Gruplarına Göre Karbon Emisyonuna Katkılar (%)

Kaynak: Chancel vd. (2023).

Grafik 4. İklim Değişikliği Nedeniyle Oluşan Göreli Gelir Kaybı (%)

Kaynak: Chancel vd. (2023).

Grafik 3 ve 4'te, gelir gruplarına göre karbon emisyonuna katkılar bakımından en zengin yüzde 10'luk nüfusun emisyonların %48'ini yaratmalarına rağmen, iklim değişikliği nedeniyle karşılaştıkları gelir kaybının ise %3'le sınırlı olduğunu; bununla beraber karbon salınımına çok düşük katkısı olan en düşük gelirli %50'nin ise çok yüksek gelir kaybı ile karşı karşıya olduklarını ortaya koymaktadır. Bu tablo bizi iklim adaleti konusunda düşünmeye itmektedir. İklim adaleti çerçevesinde düşünüldüğünde, yeni büyüme tasarımları ve iklim değişikliği konusu yalnızca birer iktisadi fenomen olmaktan çıkmakta, iktisadi, çevresel, toplumsal ve politik bir konu haline gelmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliği ve etkileri tartışılırken ve buna uyumlu yeni büyüme modeli tasarımlarında bu sürecin farklı coğrafyaların, toplulukların, cinsiyetlerin, farklı düzeylerde etkilendiğini, ülkeler arasında, ülke içinde, mevcut ve gelecek nesiller arasında, insanla diğer türler arasında sonsuz sayıda adaletsiz ilişkiler oluşturduğunu mutlaka göz önünde bulundurmak gereklidir. Güvenli ve sağlıklı bir çevrede yaşamak, en

temel insani haktır. Dolayısı ile, insan faaliyetlerinin yıkıcı etkilerinin giderek arttığı bu yüzyılda, gezegende adil, eşitlikçi, yenileyici bir büyüme tasarımı yapmak oldukça güçtür. Ancak bu yöndeki çabalar giderek artmaktadır.

3. Döngüsellik Kavrayışı Yeni Büyüme Modelinin İlk Adımını Oluşturuyor mu?

İktisadi büyümeyi sağlama yolunda yapılan üretim/tüketim faaliyetleri, mal ve hizmetlerin piyasaya ulaşmalarını sağlayacak alt yapı, haberleşme, taşımacılık yatırımları, hukuki ve idari yapının bu modele göre yeniden inşası, özellikle kentlerin yeniden mekânsal organizasyonu ve tüm bunlar için gerekli enerjinin fosil yakıtlara dayalı elde edilmesine yönelik çabaların yarattığı ekolojik tahribatın fark edildiği 60'lı yıllardan sonra⁵, 70'li yıllarda itibaren çevrenin/doğanın korunması bağlamında sürdürülebilirlik tartışmaları başlamıştır. Bu yıllarda kavram, bugünkü ihtiyaçları gelecek nesillerin refahından çalmadan karşılayan sürdürülebilir bir sistem tasarımı olarak ele alınmıştır.⁶ 2000'li yıllarda ise⁷ sürdürülebilirlik kavramı, gezegenin sınırlarını aşmayan bir yaşam biçiminin inşasının mümkün olduğu, gezegenel sınırlar kavrayışına dönüşmüştür. BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi 2030'una tüm alt hedeflerine kaynaklık eden en önemli çalışmalardan biri Stockholm Dayanıklılık Enstitüsü (Stockholm Resilience Centre) tarafından ortaya konan “gezegenel sınırlar (planetary boundries)” çalışmasıdır.⁸ Bu çalışma, disiplinler arası yürütülen çok sayıda araştırma sonucunda ekolojik sürdürülebilirliğin kavranmasında, insanlık için güvenli yaşam alanını ifade eden gezegenel sınırlar kavramını ve bunun bilimsel temellerini ortaya koymuştur. Gezegenel sınırlar; iklim değişikliği, okyanus asitlenmesi, stratosferdeki ozon eksilmesi, biyokimyasal akım sınırı (azot ve fosfor döngüleri), tatlı su kullanımı, toprak kullanımındaki değişiklikler, biyosfer bütünlüğü, atmosferik aerosol yüklemesi ve kimyasal kirliliktir (Rockström vd., 2009a, 2009b). Bu sınırlar, gezegende güvenli bir

5 1962'de Rachel Carson tarafından yazılmış Sessiz Bahar (Silent Spring) isimli kitap, tarım ilaçlarının türler için öldürücü etkisine dikkat çekmiştir. Kitap çevre koruma konusunda bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir.

6 Sürdürülebilir Kalkınma, Çevre ve Gelişme Dünya Komisyonu'nun Brundtland Raporu'nda (1987) ilk kez tanımlanmış ve “Bugünün ihtiyaçlarının, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılama” olarak belirtilmiştir.

7 1993-2001 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nin başkan yardımcılığını yapan ve 2000 yılı ABD başkanlık seçimlerinde Demokratik Parti'nin başkan adayı olan Al Gore, Rachel Carson'un Sessiz Bahar kitabını yeni kuşaklara tanıtmıştır. Bu yıllarda Al Gore, küresel ısınma konusunda dünya genelinde farkındalık oluşması için yoğun bir faaliyet sürdürmüş ve 2006'da Uygunsuz Gerçek (An Inconvenient Truth) adlı belgeselde, küresel ısınma ve insan faaliyetlerinin bu süreçteki etkisini ele almıştır.

8 <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>

yaşamın kurulabilmesi için aşılmaması gereken eşikler olarak belirlenmiştir. Günümüzde, biyosfer bütünlüğü ve biyokimyasal akım eşikleri geçilmiş; toprak kullanımındaki değişiklikler ve iklim değişikliği eşiklerinde ise artan risk bölgesi olarak tanımlanan sınırlara ulaşılmıştır. Belirlenmiş olan bu dokuz gezegensel sınırdaki tüm verilerin acil olarak güvenli bölgeye çekilmesi gereklidir. Yani, sadece gelecek nesillerin/türlerin değil günümüzde gezegende yaşamını sürdüren tüm varlıklar için yaşamsal bir tehdit söz konusudur. Bu nedenle sürdürülebilirlik kavramı bu perspektifte sağlıklı ve güvenli bir insan ve gezegenin refahını tanımlamaktadır. Bu yeni tanım ve yaşamı bu kavrama göre yeniden değiştirip dönüştürme çabası, döngüsellığe ilişkin kavrayışın da temelini oluşturmaktadır.

Bugün geldiğimiz noktada, sürdürülebilirlik her ne kadar döngüsel iktisadın temellerinin atılmasına olanak tanıyan çerçeveye katkı sağlasa da ana akım iktisadın temel önermelerinden biri haline gelmiştir. Özellikle, sürdürülebilir kalkınmanın, ilerlemeci bakışı ve büyümenin farklı görüntülerle (yeşil, kapsayıcı vb.) devamlılığını garanti altına alma çabası sıkça eleştirilmektedir. Bu eleştiriler içinde en yenilikçi tartışmalar, planlı küçülme, büyümeme ya da küçülme (degrowth) tartışmalarıdır. Özcan ve Demir (2023) tarafından da vurgulandığı gibi, üssel bir büyümenin sürekliliğinin imkansızlığı, sıfır büyüme (steady-state) Malthus, Smith, Ricardo, Mill tarafından da farklı biçimlerde ortaya konmuştur, ancak esasen “Büyümenin Sınırları” tartışması ile “degrowth” olarak bildiğimiz küçülme/ büyümeme tartışmaları hız kazanmıştır. Küçülme tartışmalarının 1970’li yıllardaki ilk aşamasının ana vurgusu “kaynaklar sınırlı olduğu için büyümek bir noktadan sonra mümkün olmayacaktır” şeklindedir. Bu dönemde her ne kadar tartışmalar, bir sistem eleştirisi olmanın ötesinde kapitalizm içinde yeni yollar arama telaşında ise de en azından bunun dışına çıkabilecek çerçeveyi çizme konusunda araçlar sağlamaktadır. 1973 krizinin etkisiyle gündemden düşen bu tartışmaların ikinci aşaması da -ve en kapsamlı ve yenilikçi versiyonu-, 2008 sonrasında ortaya çıkmıştır. Bu dönem küçülmenin bir politik eylem/bir aktivist proje alanı olarak şekillendiği ve yeni açılımlar kazandığı dönem olarak tanımlanabilir (Alisa vd., 2020).⁹

Tartışmalarda bir tarafta kapitalizme işlerlik kazandırma/aksaklıklarını düzeltme çabasındaki yeşil dönüşümcü/sürdürülebilir kalkınmacı yaklaşım, diğer tarafta ise kapitalizmin tamamen ortadan kalkışının tek çözüm olarak görüldüğü yaklaşım vardır. Küçülme ya da büyümeme yaklaşımları ise bu iki uçun arasında bir noktaya denk düşmektedir. Son dönemde yapılan en

9 Bkz. Foster, J. B. (2011). Capitalism and degrowth-An impossibility theorem. Monthly review, 62(8), 26.

güncel tartışmalarda küçülme; paylaşım/dayanışmaya, sadeliğe, şenlikliliğe, müştereklere dayanan, üretim ve tüketimin adil bir biçimde azaltılabileceği bir düzeni ifade ederken (Alisa vd., 2020: 21), odak noktasına daha az tüketme ve üretmeyi değil, daha farklı üretme ve tüketme biçimleri yaratmayı koymaktadır (Raworth, 2019). Küçülme ya da büyümeme, insan refahını artıran, gezegendeki ekolojik koşulları ve eşitliği geliştiren üretim ve tüketimin küçültülmesi olarak tanımlanabilir. Bu kavrayış, GSYİH azalsa bile, GSYİH ölçümünde kullanmadığımız başka pozitif nitel, sosyal ve çevresel değişikliklerin gerçekleşebileceğinin altını çizmektedir (Schneider vd., 2010). Burada küçülme, yalnızca genel bir politika hedefi olarak GSYİH'nin merkeziliğine karşı çıkış değil, aynı zamanda daha düşük, farklı ve sürdürülebilir bir üretim ve tüketim düzeyine dönüş; insan iş birliğine ve ekosistemlere daha fazla alan bırakmak için ekonomik sistemin küçültülmesine yönelik bir çerçeve önermektedir. Tam bu noktada Eko-Marksist yaklaşım da “yeşil kapitalizm” olarak tanımlanan, büyümenin kendisinden ziyade, onun fosil yakıtlarının tüketimine olan bağımlılığını odak noktasına alan ve bundan uzaklaşmayı bir teşvik-ceza yöntemiyle başarmayı bekleyen yaklaşımları eleştirmektedir. Bu yaklaşımların yeni kapitalist endüstriler yaratarak kapitalizmin kendini yeniden üretmesine katkı verdiği ve kalıcı bir dönüşüm için kapitalizmin kendisinin feshinin gerektiğini söylemektedir (Ünver, 2017; Magdoff & Williams, 2017). Kısa vadede kapitalist modelin ortadan kalkması mümkün görünmemektedir, dolayısı ile bu gerçek bir çözüm sunsa da gerçekçi bir çözüm -en azından kısa vadede- sunmamaktadır. O halde ne yapılabilir?

Raworth büyük yankı uyandıran “Simit Ekonomisi: 21. Yüzyıl İktisatçısı gibi Düşünmenin 7 Yolu” kitabında¹⁰, insanlık için güvenli yaşamın bir toplumsal taban ve ekolojik tavan arasında inşa edilebileceğini ortaya koymaktadır. Simidin, ekolojik tavanında daha önce sözünü ettiğimiz gezegensel sınırlar yer alırken, toplumsal tabanda da aslında Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin benzeri bir tasarı yer almaktadır. Ancak Raworth'un ana akım iktisadi görüşten farkı, bu değişikliklerin örgütlenebilmesi, insanların toplumsal taban ve ekolojik tavan arasındaki güvenli bölgede yaşayabilmelerinin büyümeye ya da kalkınmaya bağlı olmadığını savunmasıdır.

Eğer üretim-tüketim-atık biçiminde örgütlenen lineer ekonomi modelinin dışına çıkan onarıcı/yenileyici bir döngüsel model yaratmak isteniyorsa, ilerlemeci bakıştan kurtulmak, farklı toplumsal cinsiyet rolleri, zamanın ücretli emek ve ücretsiz emek arasında nasıl dağıtıldığına ilişkin yeni bir

10 İng. Doughnut Economics: Seven Ways to think like a 21st-Century Economics

bakış, insanlar dışındaki dünyayla kurulan temel ilişkiler üzerine yeniden düşünülmesi gereklidir. Bir döngüsel ekonomi inşa etmek, elbette geri dönüşümle, düşük enerji kullanımı ile, daha az atık yaratmakla ilgilidir fakat bu yoldaki ilk adım daha kapsayıcı, eşitlikçi, adil bir yeniden üretim ekonomisi üzerine düşünmek ve tabandan örgütlenen ekonomik uygulamalara alan açmakla ilgili olmalıdır. Raworth'un önerdiği modelde, simidin içinde bir yaşam inşa edebilmek öncelikle hedefi değiştirerek mümkün olabilecektir. Esas amaç “ilerlemeci” bir bakışla GSYİH artışını sağlamak değil, dengeli ve adil bir biçimde gelişme yollarını aramak, büyüme konusunda agnostik bir tutuma sahip olmak olmalıdır.

Tablo 3. Toplumsal Taban ve Ekolojik Tavan Göstergeleri

Toplumsal Taban	Ekolojik Tavan
Gıda	İklim değişikliği
Sağlık	Okyanus Asitlenmesi
Eğitim	Kimyasal kirlilik
Gelir ve Çalışma	Nitrojen ve fosfor yüklenmesi
Su ve sağlık işleri	Tatlı su kaynaklarının çekilmesi
Enerji	Toprağın dönüşümü
Ağlar	Biyocoşutliliğin kaybı
Barınma	Hava kirliliği
Cinsiyet Eşitliği	Ozon tabakasının delinmesi
Toplumsal Eşitlik	
Politik Katılım	
Barış ve Adalet	

Kaynak: Raworth (2019).

Burada Raworth büyüme karşısında şüpheli olmayı, bizi geliştiresin ya da geliştirmesin, büyümenin zorunlu olduğu inancının bir kenarı bırakıp, Rostow'un ilerlemeci büyümenin beş aşamasını gözden geçirmekle ilişkilendirmektedir. Eğer ekolojik tavanı -yani gezegensel sınırları- aşmayan aynı zamanda da toplumsal tabanın gerisinde kimseyi bırakmayan bir yaşam inşa edilecekse, Rostow'un en üst aşama olarak gördüğü kitlesel tüketim aşamasının modelden çıkarılması gereklidir ve yeni tasarı şu biçimde olacaktır: “Geleneksel toplum, kalkışın ön koşulları, kalkış, olgunlaşma, inişe hazırlanma ve varış”. Bu süreç, Fordist büyümenin ürünü olan “fazla olan iyi” dirden, “dengeli ve adil olan iyidir” evrilen bir bakışa hizmet etmektedir. Bununla beraber, ana akım iktisadın dairesel akış diyagramından uzaklaşıp, hanenin rolünün, devletlerin değişen rolünün ve özellikle müştereklerin yeniden nasıl işlevlendirilebileceğinin yeniden tasarlanması, yıkıcı endüstriyel tasarımlardan vazgeçilmesi gerekmektedir. Onarıcı-yenileyici tasarım, lineer

ekonomiden kopuşun, yeni iktisat paradigmasının en önemli yapı taşı olabilir. Son olarak da demokrasi talebinin önemine işaret edilmelidir (Rodrik, 2019) -ABD tipi bir demokrasi kastedilmemektedir-. Bir ülkedeki iktisadi ve toplumsal dinamikler, birey-birey, birey-doğa, devlet-birey ilişkilerinin karmaşık ilişkileri ile belirlenmekte ve burada tüm bu aktörlerin bir araya geldiği dinamik düzlemin nasıl inşa edildiği, hakların nasıl korunduğu, bireyler arasında güven ve dayanışmanın nasıl inşa edildiği oldukça önemlidir.

Raworth'un (2019) tartışmalarda yeni bir alan açmasının ardından, önemli dergilerden *Monthly Review* son sayısını (Haziran-Ağustos, 2023)¹¹ "Planlı Küçülme: Ekosozyalizm ve Sürdürülebilir İnsani Kalkınma" temasıyla yayınlamıştır. Bu derginin, çok önemli sosyal bilimcilerle planlı küçülme tartışmalarını yeniden gündeme taşınması, bunu yaparken de eko-sosyalist dayanışmacı modellerin nasıl inşa edilebileceğini, gelirin yeniden dağıtımının nasıl tasarlanması gerektiğini vurgulaması oldukça önemlidir. Bu tartışma çağırısı, iktisat politikalarının yalnızca yapısal dönüşüm arayışları ile değil, sürece dahil olan tüm aktörlerin kökten yeniden tasarımı ile yapılması gerektiğine işaret etmektedir. Peki bu nasıl mümkün olabilir? Landsberg (2023), bu sayıdaki "Ekolojik Sürdürülebilir ve Demokratik Ekonomiye Planlamak: Kısıtlar ve Görevler" başlıklı yazısında, lineer bir ekonomiden döngüsel bir ekonomiye geçişte planlamanın önemine dikkat çekmektedir. Planlamanın, harcama yapmaktan daha fazlası olduğunu vurgulayarak (Planning Means More than Spending), talep edilmesi gereken dönüşümün, tüm aktörlerinin yeniden tanımlanmasıyla, enerji üretme biçimlerimize, günlük yaşama ve çalışma şekillerimize, ulaşım tercihlerimize ve bunun gibi pek çok alanı içeren paternlerinizde değişikliklerle mümkün olabileceğini, bunun için de planlamanın zorunlu olduğunu vurgulamaktadır. Bu noktada, mevcut teknolojileri kullanarak yeni endüstriler inşa etmek, bazılarında tamamen vazgeçmek, bazılarını dönüştürmek son derece önemlidir. Dolayısı bu tür bir dönüşümün gerçekleştirilmesi, ancak süreçle ilgili düzenleyici kurumların bu faaliyetleri yönlendirmesi, izlemesi ve denetlemesi ile mümkün olabilir. Bu kapsamda, döngüsel ekonomiye geçiş doğrultusunda planlama kavrayışımızın yeniden gözden geçirilmesi gereklidir. Planların yalnızca birer kalkınma planı olmaktan çıkması, her sektör -hatta her aktör- özelinde, çok boyutlu bir bakış açısı hem politika yapımcıların hem de sivil toplumun dahil olması ile hazırlanması bu konuda atılacak ilk adım olarak düşünülebilir. Bu doğrultuda, öncelikle bölgesel özgünlüklere dayalı, iklim değişikliği ile uyumlanacak ve aynı zamanda iklim değişikliği ile mücadele edecek eksenleri belirleyen ülke düzeyinde planlar, ardından da bu planların

11 Derginin son sayısı için bkz. <https://monthlyreview.org/2023/07/01/planned-degrowth/>

uluslararası düzeyde birbiri ile eklemlenmesini sağlayacak ulus üstü bir mekanizmaya ihtiyaç duyulabilir.

4. Sonuç Yerine: Daha Adil, Daha Makul Bir Dünya Mümkün mü?

Bugün iklim krizi çağında yaşanan ekonomik ve toplumsal problemler, ulus-devletler düzeyinde politika üreterek çözülebilecek sorunlar olmanın oldukça uzağındadır. Üstelik, 21. yüzyılda bilim felsefesinin değiştiği açıktır. Bu yüzyılda, tüm disiplinler birbiri ile daha entegre hale gelmiştir. Yani, gezegenin bir bölgesindeki bir plastik atığın gezegenin başka bir bölgesindeki resiflerin hayatını tehdit etmesini önlemenin yolunu bulmak ve uygulamaya geçmek birkaç disiplinin bir arada çalışmasını zorunlu kılmaktadır. Burada vurgulanan, politika üretirken sadece farklı disiplinlerin karşılıklı bilgi paylaşımı yapma olanaklarının artırılması gibi etkileşimlere duyulan ihtiyacın oldukça ötesindedir. Asıl vurgu, gezegende her şeyin birbirine bağlı olduğu prensibinden hareketle, iktisadi olayları ve aktörleri değerlendirirken, iktisat politikası üretirken resmin bütününe bakabilmek için zihinlerimizde nasıl bir dönüşüm yaratmamız gerektiğidir.

İçinde olduğumuz evrende var olan neredeyse sonsuz bağlantısallıkların bütünsel bir yaklaşım geliştirmeden kavranması imkânsız hale gelmiştir. Bu yeni bilimin bakış açısı, araçları, uyguladığı yöntemler ve çözümler gezegenimizde birkaç milyar yıldır zaten var olan döngüsel ilişkiler ile uyumlu hale gelmektedir. Bu yeni bir çağ başlatmaktadır ve bu çağda artık ekonomik yapılar, hukuk ilkeleri, siyaset yapma biçimleri, sağlık kavrayışları, gündelik pratikler de yeniden tanımlanmaktadır. Bu yeni bilim felsefesinin disiplinleri bütünleştirme çabası, “sağlıklı ve refah içinde bir gezegen ve insan yaratma” yolunda izlenecek yol haritasını yeniden/yeni ilkelerle belirlemekte ve doğal olarak da uluslararası iş birliğini hem ülkeler arasında hem nesiller arasında hem de türler arasında zorunlu kılmaktadır. Ağ yapılarına dayanan bu paradigma değişimi gelecek 30-40 yılın bilim felsefesini ve dolayısı ile üretim/tüketim biçimini doğrudan etkileyecektir. Bu felsefe, sistemi oluşturan her bir aktörün kendinden daha büyük bir ağın içindeki konumunun ve o ağa katkısının belirleyici olduğunu tartışmaya açmaktadır. Tüm sistemler, akış halinde olan bir bilgi girişi ile karşı karşıyadır ve hepsi arasında bağlantısal ilişkiler vardır (Raworth, 2019; Kozal & Barbaros, 2019). Dolayısı ile 21. yüzyılda döngüsellik ve döngüsel ekonomi tartışmaları, bağlantısal ilişkisellik/bütünsellik çerçevesinde kavranmalıdır. Ancak bu sayede doğadan elde edilen maddelerle elde edilen ürünlerin yeni/yeniden/farklı kullanımını ifade eden ve tüketimin yeniden örgütlenmesini öneren; fiziksel, biyolojik, kimyasal olduğu kadar ekonomik ve toplumsal alanda da yeni bir kavrayışa yol açan döngüsellik kavramı yeni paradigmataya uygun şekilde anlaşılabilir olacaktır.

2020’li yıllarda küresel ölçekte döngüsel ekonomiye geçiş süreci, iklim krizi ile mücadele sürecinden ayrı düşünülmemelidir. Bir tarafta pandemi bir tarafta iklim krizi diğer tarafta artan eşitsizlikler ile baş etme yöntemlerinin odağında; mevcut üretim ve tüketim örüntülerinde radikal bir sistem değişikliğinin gerçekleştirilmesi bir diğer deyişle yaşamın küresel ölçekte savunulması için ekonomiden siyasete, eğitimden taşımacılık sistemlerine kadar her alanda büyük bir dönüşümün gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Bu nedenle döngüsel ekonomiye geçiş, sadece geri dönüşüm süreçlerinin yaygınlaşması değil aynı zamanda doğaya ve insana saygılı bir yaşamın her katmanda yeniden inşasını da kapsamaktadır. Bu doğrultuda, insanlığın mevcut bilme kapasitesinin, bilim ve teknolojinin “şeylerin” yeniden tasarlanmasında sağduyulu bir biçimde kullanılmasını sağlamanın mümkün olduğu söylenebilir. Bu kapsamda, herkesin sağlıklı ve güvenli bir çevrede yaşama hakkını gözetecek biçimde, devletlerin toplumun her kademesinin süreçte etkin rol oynadığı dayanışmacı bir ekonomi dizaynına katkı verecek biçimde örgütlenmesi, sahip olduğumuz bilgi birikiminin, üretilen teknolojinin nasıl kullanacağına ilişkin işleyişin yeniden düzenlenmesine ihtiyaç vardır. Daha adil, daha makul bir küresel ekonomi yaratmak elbette mümkündür, ancak bu ekonominin tasarımında öncelikle gezegensel sınırların anlaşılması, ardından gelirin yeniden dağıtımındaki mekanizmaların daha adil, eşit ve şeffaf tasarlanması gereklidir. Bu noktada, sivil toplumun devletle olan ilişkisinin nasıl şekilleneceği de çok önemlidir. Sivil toplum ile devlet arasındaki güçlü ilişki, sivil toplumun denetleyici ve destekleyici rolü toplumun ihtiyaçlarını ele alan daha etkili ve kapsayıcı politikaların oluşturulmasına öncülük edebilir.

Bir bütün olarak değerlendirildiğinde, özellikle iktisatçılara da gelecek nesillerin entelektüel birikimlerini şekillendirmek konusunda büyük görevler düşmektedir. Nasıl uzun yıllardır temel makro iktisada giriş ve mikro iktisada giriş kitaplarında yer alan ana akım iktisat öğretileri bugünün sosyal bilimcilerinin büyüme odaklı topluma uyum sağlayan bir zihne sahip olmalarını sağladıysa, yukarıda bahsi geçen biçimde adil, şenlikli, paylaşımcı, dayanışmacı bir ekonomi dizaynının gerçekleşebilmesi için iktisadın bu yeni hikayesinin, kazanabileceği yeni açılımların yeniden, farklı bakış açıları ile yeniden yazılması ve daha yüksek sesle dile getirilmesi gereklidir.

Kaynakça

- Barbaros, F. (2020). 21. Yüzyıl: Çoklu Krizler Çağının Baş Aktörü Ekolojik Kriz mi?. *Yeniden Akdeniz Ekoloji Özel Sayısı*, s. 20-23, <https://www.izmeda.org>
- Barbaros, R. F. (2021). Yeni Anlaşmalar: Yeşil Dönüşümü Gerçekleştirebilir mi?. *Efil Journal of Economic Research*, 4(13).
- Chancel, L., Bothe, P., & Voituriez, T. (2023). *Climate inequality report 2023*. World Inequality Lab Study, 1.
- Crutzen, P. J. (2002). *Geology Of Mankind*. *Nature*, (415), 23.
- Crutzen, P. J. & Steffen, W. (2003). How Long Have We Been in The Anthropocene Era? An Editorial Comment. *Climatic Change*, 61(3), 251-257.
- D'alisa, G., Demaria, F., & Kallis, G. (2020). *Küçülme, Yeni Bir Çağ İçin Kavram Dağarcığı*. Metis yayınları, İstanbul.
- Foster, J. B. (2011). Capitalism and degrowth-An impossibility theorem. *Monthly review*, 62(8), 26.
- Georgescu-Roegen, N. (1966). *Analytical economics: issues and problems*. Harvard University Press.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible?. *New political economy*, 25(4), 469-486.
- Hulme, M. (2016). 1.5 C and climate research after the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 6(3), 222-224.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (Ed)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.
- Kim, S. E., Kim, H., & Chae, Y. (2014). A new approach to measuring green growth: Application to the OECD and Korea. *Futures*, 63, 37-48.
- Kozal, Ö. & Barbaros, F. (2019). *The Future of Manufacturing Industry in the 21st Century: Industrial Robots. Several Dimensions of Innovation, Technology and Industry 4.0 içinde*, (Ed. Fatih Ayhan), Berlin: Peter Lang, 43-61.

- Kozal, Ö. & Barbaros, F. (2020). Sürdürülebilirlik ve Döngüsellik: Kavramsal Bir Çerçeve. Ferhan Sayın (Ed.) *Döngüsel Ekonomi, Makro ve Mikro İncelemeler içinde* (17-46). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kuznets, S. (1955 [1995]). Economic growth and income inequality. In *The gap between rich and poor*. Routledge.
- Landsberg-Hart, M. (2023). Planning an Ecologically Sustainable and Democratic Economy: Challenges and Tasks, *Monthly Review*, (Temmuz-Agustos), Vol. 75, Sayı: 3, <https://monthlyreview.org/2023/07/01/planned-degrowth/>
- Magdoff, F., & Williams, C. (2017). *Creating an ecological society: toward a revolutionary transformation*. NYU Press.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth*. New York: Universe Books
- Missemer, A. (2017). Nicholas georgescu-roegen and degrowth. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 24(3), 493-506.
- Nicolaisen, J., & Hoeller, P. (1990). Economics and the environment: a survey of issues and policy options. OECD, <https://doi.org/10.1787/658785422370>.
- Özcan, S. E., & Demir, C. (2023). Degrowth Strategy to Sustain the Capitalist System. In *Capitalism at a Crossroads: A New Reset?* 285-304 Cham: Springer International Publishing.
- Pasour Jr, E. C. (1996). Pigou, Coase, common law, and environmental policy: Implications of the calculation debate. *Public Choice*, 87(3-4), 243-258.
- Raworth, K. (2019). Simit Ekonomisi 21. Yüzyıl İktisatçısı Gibi Düşünmenin Yedi Yolu (1. Baskı) (Çev. Akın Emre Pilgir), İstanbul: Tellekt
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ..., & Nykvist, B. (2009a). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ..., & Nykvist, B. (2009b). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32.
- Schneider, E., Kallis, G., & Martinez-Alier, J. (2010). Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue. *Journal of cleaner production*, 18(6), 511-518.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98.
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., ... & Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40, 739-761.

- Ünver, H. A. (2017). Paris İklim Anlaşmasına Teorik Yaklaşım: Neo-Neo Tartışması, Eko-Marksizm ve Yeşil Kapitalizm. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 14(54), 3-19.
- Vercalsteren, A., Christis, M., Van Hoof, V. (2018). Indicators for a Circular Economy. Research report of the Policy Research Centre Circular Economy.

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması

Erkin Cihangir Karataş¹

“Dr. Çağkan Ubay anısına...”

Özet

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) Avrupa Birliği tarafından iklim nötr bir kıta yaratma amacıyla iklim değişikliğiyle mücadele ve sürdürülebilir bir ekonomi yaratmak için tasarlanmış iki araçtır. ETS sera gazı salınımları için katılımcılara bir emisyon kotası vererek sera gazı salınımlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Katılımcılar kullanmadıkları emisyon haklarını başka katılımcılara sistem içinde satabilmektedir. Sistem 2005 yılından beri çalışmakta olup sera gazı salınımları konusunda önemli miktarda veri biriktirmiştir. Bu verilere bakıldığında sistemdeki katılımcıların toplam emisyonunda düşüş gözlenmektedir. SKDM ise yeni bir araç olarak geliştirilmiş olup henüz işlerlik kazanmamıştır. Mekanizmanın amacı AB dışında üretilerek AB'ye ithal edilen malların emisyon değerlerine göre vergilendirilmesi yoluyla iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlamaktır. Bunun AB içinde kullanılan ithal ürünlerin karbon ayak izini takip etmek bakımından da yararlı olacağı düşünülebilir. Her ne kadar AB SKDM'nin Dünya Ticaret Örgütü'nün kurallarıyla olduğunu iddia etse de SKDM'ye bu bakımdan eleştiriler yöneltilmiştir.

1. Giriş

Avrupa Birliği yenilikçi ve rekabetçi ekonomisini çevre dostu ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmak amacıyla uzun süredir ortak politikalar çatısı altında bir dizi düzenlemeler yapmaktadır. Bu çabalar ekonominin doğası gereği bütünlük bir yapı arz etmektedir. Bu nedenle yeşil bir ekonomi yaratma çabası öncelikle Ortak Çevre Politikasının (OÇP) konusu olsa da Ortak Enerji Politikasından Ortak Ticaret Politikasına kadar hemen hemen tüm ortak politika alanları yeşil dönüşümden payını almaktadır.

¹ Dr., Bağımsız Araştırmacı, ecihangirk@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4906-9696

Sürdürülebilir ve evre dostu ekonominin yaratılmasında amaç edinilen konulardan biri de “iklim Nötr” bir kıta yaratmaktır. Burada temel amaç rekabetçi ve büyüyen bir ekonominin iklim değişikliğine mümkünse hiç etki etmeyerek yaratılmasıdır. Bu bağlamda iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının salınımının kontrol altında tutulması birliğin temelde OP kapsamında ele aldığı fakat tüm sektörleri ilgilendirdiği için diğer politika alanlarını da kapsayan bir konudur. Bu nedenle sera gazlarını kontrol altında tutmak için birlik çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Bunlardan biri Emisyon Ticaret Sistemidir (ETS). Sistem katılımcılara bir emisyon kotası sağlayarak temelde sera gazı salınımını en aza indirmeyi hedefleyen araçlardan biridir. Bu araç maliyet etkin bir biçimde sera gazlarını azaltmada AB iklim politikasının köşe taşlarından biridir. Buna ek olarak sistem ekonomide faaliyet gösterirken sera etkisi yaratan gazları salan birçok sektörü kapsamaktadır. AB, ETS aracılığıyla her yıl katılımcılara azalan bir kota belirleyerek bu sınır içinde salınım yapmasına izin vermektedir. Dahası salınan her bir ton sera gazı belirli bir fiyata bağlanmıştır. Bu yolla firmaları görece düşük miktarda sera gazı salacak teknolojilere geçmeye zorlamaktadır. Bunun aynı sıra yenilikçi üretimi teşvik etmek amacıyla katılımcılara kullanmadıkları kota haklarını diğer katılımcılara satma hakkı vermektedir. Bu da düşük salınım teknolojilerine yatırım yaparak elde edecekleri kota fazlasını satma yoluyla yeni bir kazanç yolu sunar. ETS ilk olarak 2005 yılında kurulmuş olsa da zaman içinde çeşitli düzenlemelere tabi tutulmuş ve aşama aşama gelişmiştir.

AB'nin iklim nötr çabalarına ek olarak geliştirdiği mekanizmalardan biri de Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması'dır (SKDM). Bu mekanizma ETS'ye oranla oldukça yenidir. Hukuki altyapısı hazır olmasına rağmen henüz yürürlüğe girmiş değildir. Mekanizma ETS'nin koymuş olduğu karbon sınırlaması nedeniyle üretimin daha düşük evre standardı içeren ülkelere kayarak gerçekleştirilen üretim sonunda ürünün AB'ye ithalat yoluyla girmesini karbon kaçağı yönünden sınırlandırma amacı taşmaktadır. Bunu sağlanan ücretsiz tahsisatları sonlandırarak ithal edilen malların emisyon değerlerinin maliyetlerini ETS ile uyumlu olarak ithalatçıya yükleyerek yapar. SKDM belirli ürünlere ve sera gazlarına yönelik tasarlanmıştır.  r nlerin emisyon değerleri hesaplanırken basit ve karmaşık ürünler olarak bir ayırım yapılmış buna uygun olarak farklı emisyon değerleri hesaplama formülasyonları geliştirilmiştir. SKDM'nin denetimi ve cezai yaptırımların uygulanması gibi belirli konularda  ye ülkelere yetki verilmiştir.

2. AB Emisyon Ticaret Sistemi

2.1. ETS'nin Tarihsel Gelişimi

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi, Kyoto Protokolü'nün sanayileşmiş ülkeler tarafından imzalanmasıyla belirlenen ve yasal olarak bağlayıcı olan emisyon azaltma hedeflerini yerine getirebilmek amacıyla 2000 yılında Avrupa Komisyonu tarafından sunulan bir yeşil raporla ilk fikri temelini bulmuştur. Bu rapor aynı zamanda ETS'nin oluşması için paydaşların fikri desteğini sağlamak için de bir zemin oluşturmuştur. Sistemin hukuki temelini oluşturacak olan yönerge 2003 yılında kabul edilmiş ve 2005 yılında sistem devreye girmiştir. Böylece dünyanın ilk uluslararası emisyon ticaret sistemi uygulamaya alınmıştır. Birlik ölçeğinde kabul edilen yönerge paydaşlar için emisyon sınırlarını ulusal düzeyde yapılmış olan Ulusal Tahsisat Planları (UTP) aracılığıyla düzenlemektedir. ETS aşamalar halinde ilerlemiştir. Şu an dördüncü aşamada olan sistemin ilk aşaması 2005-2007 yıllarını, ikinci aşaması 2008-2012 yıllarını, üçüncü aşaması ise 2013-2020 yıllarını kapsamıştır (EC, 2023a).

2.1.1. Birinci Aşama

AB'nin emisyon değerlerini Kyoto Protokolü'ne uyumlu hale getirmek için ETS'nin ilk uygulama aşamasını oluşturan bu aşama üç yıl sürmüştür. Bu dönemde amaca yönelik somut bir başarı sağlanamasa da diğer aşamalar için yol gösterici bir nitelik taşıması açısından önemlidir. Bu aşama yalnızca güç jeneratörlerinden ve enerji yoğun endüstrilerden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) salınımlarını kapsar. Neredeyse tüm salınım izinleri işletmelere ücretsiz olarak dağıtılmıştır. Uyumsuzluk cezası ton başına 40 € olarak belirlenmiştir. Birinci aşamada karbon için bir fiyatın belirlenmesi, AB genelinde belirlenen emisyon izinlerinde serbest ticaretin yapılması ve sistemdeki işletmelerden kaynaklanan salınımları izlemek, raporlamak ve doğrulamak için gereken altyapının oluşturulması sağlanmıştır (EC, 2023b). Birinci aşamada işlem hacimleri 2005'te 321 milyonluk tahsisten 2006'da 1,1 milyara ve 2007'de 2,1 milyara yükselmiştir (EC, 2023c). Fakat bu ilk dönemde veri eksikliği nedeniyle sağlanan tahsisatın üst sınırı o kadar büyük olmuştur ki, düzenlenen toplam tahsisat sayısı 2006 yılında kapsanan sektörlerin emisyonlarını fiilen aşmıştır. Bu da tahsisat fiyatlarının sıfıra düşmesine neden olmuştur (Stoefs, 2022).

2.1.2. İkinci Aşama

Beş yıl süren ikinci aşama, Kyoto Protokolü'nün ilk taahhüt dönemine denk gelmiştir. Bu nedenle ETS'deki ülkelerin emisyon azaltma hedeflerini

karşılması için somut adımlar atması gerekmektedir. Bu durum ikinci aşamayı daha çok yaparak öğrenme biçiminde ilerlemiş olan ilk aşamadan uygulama mantığı açısından ayırmıştır. İlk aşamada elde edilen güvenilir yıllık emisyon verilerine dayanılarak gerçek emisyonlara dayalı ikinci aşamanın tahsisat üst sınırı düşürülmüştür. Bu üst sınır 2005 yılına göre yaklaşık %6,5 daha düşüktür. İkinci dönemde sisteme İzlanda, Lihtenştayn ve Norveç katılmıştır ve birçok ülkede ihaleler düzenlenmiştir. Nitrik asit üretiminden kaynaklanan nitroz oksit salınımı sistem içerisinde işlem gören salınımlar arasına katılmış, ücretsiz tahsis oranı biraz düşerek yaklaşık %90'a (Ellerman vd., 2014) gerilemiştir. Birinci dönemde uyumsuzluk cezası olan ton başına 40 €, 100 €'ya yükseltilmiştir. Bu dönemde İşletmelerin toplamda satın alabilecekleri uluslararası kredi miktarı yaklaşık 1,4 milyar ton CO₂ eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Avrupa dışı ülkelere ve Avrupa ülkelerinden uçuşlar için başvuru 2012 için askıya alınmış olsa da hava yolu sektörü 1 Ocak 2012'de ETS'ye dahil edilmiştir. Sistem için geçerli olacak kayıtlarda Birlik kaydı ulusal kayıtların yerini almıştır (Topluluktan Bağımsız İşlem Günlüğü Community Independent Transaction Log CITL yerine Avrupa Birliği İşlem Günlüğü/European Union Transaction Log EUTL). Fakat bu aşama içinde patlak veren 2008 ekonomik krizi beklenenden daha az sera gazı emisyonuna neden olmuştur. Bu durum da ikinci aşama boyunca karbon fiyatı üzerinde büyük bir tahsisat ve kredi fazlasına yol açmıştır (EC, 2023d). Bu aşamada tahsisat fazlası yaklaşık 2 milyarı bulmuştur (Ellerman vd., 2015). Her şeye rağmen ETS bu aşamada uluslararası karbon pazarının ana itici gücü olmuştur. Örneğin, 2010 yılında AB tahsisatı toplam küresel karbon piyasasının %84'ünü oluşturmuştur. Ticaret hacmi ise 2008'de 3,1 milyardan 2009'da 6,3 milyara yükselirken bu değer 2012'de 7,9 milyar tahsisin işlem görmesiyle artmıştır ki bu 56 milyar €'luk bir parasal büyüklüğe denk gelmiştir. Günlük işlem hacmi açısından bakılacak olursa 2011 yılında sistemde 70 milyonluk tahsisin üzerinde işlem gerçekleşmiştir (EC, 2023c). Birinci ve ikinci aşamaların sonunda ETS'nin firmaların ekonomik performansı üzerinde olumsuz etkisinin olmadığını tespit edilmiştir (Marin vd., 2018).

2.1.3. Üçüncü Aşama

ETS üçüncü aşamada önceki aşamalara kıyasla önemli ölçüde değişiklik yaşamıştır. Öncelikle ilk kez bu aşamada emisyon sınırı için ulusal ölçek anlayışı terk edilip AB ölçeğinde bir genel sınır belirlenmiştir. Yaşanan değişim bu bakımdan AB'nin daha fazla bütünleşme anlayışıyla paralellik gösterir. Buna ek olarak ücretsiz tahsisat yerine açık artırmaya dayanan tahsis yöntemi genel geçer yöntem olarak kabul edilmiştir ve hala ücretsiz olan

tahsisatlar yeni kurallarla uyumlaştırılmıştır. Bu aşamada sisteme daha fazla gaz türü ve sektör eklenmiştir. Ayrıca NER300 programı aracılığıyla yenilikçi ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin yanı sıra karbon yakalama/depolama sistemlerinin konuşlandırılmasını finanse etmek için 300 milyonluk tahsisat ayrılmıştır (EC, 2023e). Bu durum AB'nin yeşil dönüşüm anlayışının enerji politikasında ve ETS'de de kendini gösterdiğine kanıt teşkil etmektedir. 2015 yılında piyasadaki yapısal aşırı arzı kontrol altında tutabilmek için Piyasa İstikrar Rezervi (Market Stability Reserve/MSR) oluşturulmuş ve 2018 yılında fazla tahsisi piyasadan etkin biçimde emmeye başlayarak piyasadaki tahsise etkin bir biçimde müdahale etmeye başlamıştır. Bu da ETS'de düşük güven ve düşük fiyatlar dönemini sona erdirmiştir (Stoefs, 2022).

2.1.4. Dördüncü Aşama

ETS'nin son aşaması olan dördüncü aşama halihazırda içinde bulunulan aşamadır ve 2021-2030 yıllarını kapsamaktadır. Dördüncü aşama ile ETS'nin diğer aşamalardan sonra yaşadığı değişiklikler sistemin mevcut uygulama halini yansıtacağı için bölümün temel konusunu kapsamaktadır. Bu bağlamda bölümün ilerleyen alt başlıklarında ETS ayrıntılı olarak incelenirken dördüncü aşamanın genel çerçevesi içinde ilerlenmiş olacaktır. Dördüncü aşama 14 Temmuz 2021 yılında Avrupa Komisyonu'nun AB'de 2050 yılına kadar iklim nötr bir kıta yaratma hedefine ulaşma planını ortaya koyan bir dizi yasa teklifini içeren paketi sunmuş ve 2023 yılında kabul etmiştir. Bu paket ETS de dahil olmak üzere AB iklim mevzuatının birkaç bölümünün gözden geçirilmesini içermektedir. Buna göre ETS yeni durumda kapsamına aldığı sektörlerin emisyonlarını 2005 seviyelerine göre %43 oranında azaltmayı amaçlamaktadır. Bunun için AB ETS Yönergesi revize edilerek dördüncü dönem için geçerli olacak bir dizi bütünlük önlemi içermektedir (EC, 2023f).

2.2. ETS'nin Yasal Çerçevesi

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'nin yasal çerçevesi 2003/87/EC numaralı ETS Yönergesi'nde açıklanmaktadır. ETS Yönergesi yönergenin konusu başlığı altında yapılan tanıma bakıldığında yönergenin amacı için genel anlamda şu ifade çıkarılabilmektedir: *“Yönerge, sera gazı salınımının uygun maliyetli ve ekonomik açıdan verimli bir şekilde azaltılmasını teşvik etmek amacıyla Birlik içinde sera gazı emisyonu tahsisi ticareti için ayrıca ETS olarak anılacak olan sistem kurmuştur. Yönerge ayrıca, tehlikeli iklim değişikliğini önlemek için bilimsel olarak gerekli görülen azaltma seviyelerine katkıda bulunmak için sera gazı salınımı azaltımlarının artırılmasını da sağlamaktadır.”* Beş bölüm ve altmış maddeden oluşan yönerge ayrıca altı adet de ek barındırmaktadır.

Yönerge I numaralı ekte yer alan faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlara ve II numaralı ekte belirtilen sera gazlarına uygulanmak suretiyle yürütülecektir. Bunun yanında Yönerge'nin 96/61/EC sayılı bütünsel kirliliğin önlenmesi ve kontrolüne ilişkin yönergede yer alan maddelere hâle getirmeksizin yürürlükte kalacağı belirtilmiştir (2003/87/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Yönergesi, 2003).

ETS Yönergesi'nde zamanla bir antlaşma, dört yönerge, üç tüzük ve iki karar tarafından değişiklikler yapılırken bir adet de düzeltmeye gidilmiştir. Bu değişiklik ve düzeltmeler normlar hiyerarşisine göre 2012 yılında Hırvatistan Cumhuriyeti'nin Avrupa Birliği'ne Katılımına İlişkin Antlaşma, 2004 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü'nün proje mekanizmaları ile ilgili olan ve Topluluk içinde sera gazı emisyonu izin ticareti için bir plan oluşturan 2004/101/EC sayılı Yönerge, 2009 yılında yürürlüğe giren hava yolu faaliyetlerini Topluluk içinde sera gazı emisyonu tahsisatı ticareti şemasına dahil edecek olan 2008/101/EC sayılı Yönerge, yine 2009 yılında yürürlüğe giren topluluğun sera gazı emisyon tahsisat ticaret planını iyileştirmek ve genişletmek amacı taşıyan 2009/29/EC sayılı Yönerge, 2018 yılında Yürürlüğe giren maliyet etkin emisyon azaltımlarını ve düşük karbonlu yatırımları geliştirme amaçlı yapılmış olan (EU) 2018/410 sayılı Yönerge, 2009 yılında yürürlüğe giren 1999/468/EC sayılı Konsey Kararı Antlaşması'nın 251. Maddesi'nde atıfta bulunulan prosedüre tabi olan bir dizi aracı uyarlama amacı taşıyan (EC) 219/2009 sayılı Konsey Tüzüğü, 2014 yılında yürürlüğe giren uluslararası hava yolu emisyonlarına tek bir küresel pazara dayalı önlem uygulayan uluslararası bir anlaşmanın 2020 yılına kadar uygulanması ışığında Topluluk içinde sera gazı emisyonu izin ticareti için bir plan oluşturan (EU) 421/2014 sayılı Konsey Tüzüğü, 2017 yılında yürürlüğe giren hava yolu faaliyetleri için mevcut kapsam sınırlamalarını sürdürmek ve 2021'den itibaren küresel piyasaya dayalı bir önlemi uygulamaya hazırlanmak amacı taşıyan (EU) 2017/2392 sayılı Konsey Tüzüğü, 2013 yılında yürürlüğe giren sera gazı tahsisatlarının ihalelerinin zamanlamasına ilişkin hükümleri netleştiren 1359/2013/EU sayılı Konsey Kararı, 2015 yılında yürürlüğe giren ve Birlik sera gazı emisyon ticaret planı ile bir piyasa istikrar rezervinin oluşturulması ve işletilmesi ile ilgili (EU) 2015/1814 sayılı Konsey Kararı ve son olarak 2012 yılında çıkarılan (EU) 421/2014 sayılı Yönergede Düzeltme olarak sıralanabilmektedir (EUR-LEX, 2023a).

ETS'nin yasal çerçevesine nihai biçimini veren son düzenlemeler dördüncü aşamanın başladığı tarih olan 14 Temmuz 2021 tarihinde sunulan ve 16 Mayıs 2023 tarihli AB Resmi Gazetesinde yayınlanarak yürürlüğe giren iki adet yönerge ve üç adet tüzüktür. Bu son yasal düzenleme paketinde yer alan yönergeler ETS Yönergesinde değişiklik yapma niteliği taşıırken

tüzüklerin ikisi sistem içinde kurucu nitelikler taşımaktadır. Son tüzük ise tadil edicidir. Yönergeler, sivil havacılığın Birliğin ekonomi çapındaki emisyon azaltma hedefine katkısı ve küresel pazara dayalı bir önlemin uygun şekilde uygulanmasına ilişkin (EU) 2023/958 sayılı Yönerge ile ETS içinde bir piyasa istikrar rezervinin kurulması ve işletilmesine ilişkin (EU) 2023/959 sayılı Yönerge'dir. Bu ikinci Yönerge aynı zamanda (EU) 2015/1814 sayılı Kararı da tadil edici nitelik taşımaktadır. Tüzükler ise ETS çatısı altında bir Sosyal İklim Fonu kuran (EU) 2023/955 sayılı Tüzük, Sınırdaki Karbon Ayarlama Mekanizması kuran (EU) 2023/956 sayılı Tüzük ve deniz taşımacılığı faaliyetlerinin ETS'ye dahil edilmesini ve ek sera gazı emisyonlarının ve ek gemi türlerinden kaynaklanan emisyonların izlenmesini, raporlanmasını ve doğrulanmasını sağlama amacı taşıyan (EU) 2023/957 sayılı Tüzük'ten oluşmaktadır. Tüzüklerin ETS Yönergesi'ne dahil olmayan bazı ilgili yönerge ve tüzükleri tadil edici özellikleri de bulunmaktadır (EUR-LEX, 2023b).

2.3. ETS'nin İşleyişi, Kota ve Ticaret Kavramları

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'nin amacı, AB ekonomisi içinde yer alan en önemli sektörlerin uygun maliyetli bir biçimde sera gazı salınımını ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktır. Bu da sistemin kapsadığı sektörlerden kaynaklanan salınımların AB'nin iklim hedefleri ile uyumlu bir düzeye indirilmesi gerektiği anlamını taşımaktadır. Sistem içinde yer alan tüm tesislere ait toplam salınımın 2030 yılına kadar 2005 yılına oranla %43 azaltılması hedefinin 2020 yılı sonunda gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu da sistemin akılcı hedeflere sahip olduğu ve başarılı bir biçimde yönetildiğini göstermek açısından önemlidir. ETS'nin 1990 yılına kıyasla sera gazı salınımını en az %40 oranında azaltma hedefi Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Avrupa İklim Yasası gibi temel hukuki düzenlemeler nedeniyle en az %55 oranında azaltma hedefine yükselmiştir. Bunun yanı sıra Avrupa Komisyonu ETS'nin sera gazı salınımindaki azaltma hedefinin 2005 yılına kıyasla %61'e yükseltilmesini ve bu hedefin 2030 yılına kadar gerçekleştirilmiş olmasını önermiştir. Sistem içinde bu oranın sağlanmasının iklim nötr bir kıta yaratmak için yeterli olmadığı bunu başarabilmek için emisyonların aynı yıla kadar %70 oranında düşürülmesi gerektiğine dair fikirler öne sürülmüştür (Stoefs, 2022).

ETS, CO₂'nin fiyatlandırıldığı ve salınımını uygun maliyetli şekilde azaltmak için teşvikler yaratan bir piyasa mekanizmasıdır. Amaç, enerji üretimi ve enerji yoğun endüstrilerdeki sera gazı salınımlarını her yıl belirli bir oranda azaltmaktır. ETS bunun için toplam emisyonda belirli bir üst sınır belirlemiştir. Toplam tahsisatın bir üst sınıra sahip olması tahsisatları

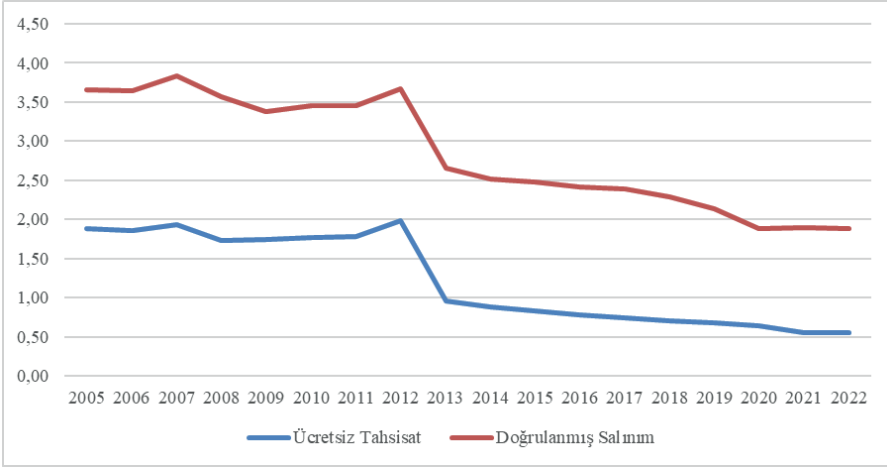
bir mali değere sahip hale getirmiştir. Bu fiyatlandırma emisyonların en düşük maliyetli olduğu yerde kesilmesini sağlayan bir esneklik kazandırmıştır. Sistem içindeki katılımcılar toplam sera gazı salınımı için her yıl azaltılarak belirlenen üst sınır içinde CO₂ emisyonlarına karşılık gelen tahsisatları birbirleriyle ticaret yaparak satın almak veya ücretsiz tahsistenden edinmek zorundadırlar. Katılımcılar bir yıl içinde saldıkları her ton CO₂ için bir Avrupa Emisyon Tahsisatı'na (European Emission Allowance/EUA) sahip olmaları gerekmektedir. Bu tahsisatların satışından elde edilen gelirler genellikle Üye Devletlerin bütçelerine gitmektedir. Tahsisatlar Yenilik Fonu ve Modernizasyon Fonu gibi düşük karbonlu teknolojileri ve yeniliği desteklemek amacıyla oluşturulan fonlara yardım için açık artırımla da satılabilmektedir. Tüm katılımcılar sera gazı salınım miktarlarını söz konusu tahsisatlar içinde tutmak zorundadırlar. Eğer bir katılımcı emisyon miktarını tahsisat sınırı içinde tutamazsa ağır para cezaları ödemek zorunda kalmaktadır. Para cezası sahip olunan tahsisatı aşan her ton başına 100 €'dur. Katılımcılar fazla tahsisatlarını satabilecekleri için sera gazı salınımlarını azaltmaya, yeni teknolojilere ve verimliliği artıracak yeniliklere yatırım yaparak emisyonları azaltmaya teşvik edilmiş olmaktadır. Katılımcı kendisi için düşük salınım sağlayacak bir yenilik yaparsa artık ihtiyacı olmadığı fazla tahsisatını bir başka katılımcıya satabileceği gibi bunu bir sonraki yıl için elinde tutma hakkına da sahip olmaktadır. Bu yolla sistem 2005 ile 2021 arasında kapsadığı sektörlerden kaynaklanan salınımların yaklaşık %35 oranında azaltılmasına yardımcı olmuştur (Appunn & Wettengel, 2023; EC, 2023g).

ETS içindeki tahsisatlar her aşamada farklılık göstermiştir. İçinde bulunulan dördüncü aşama için her bir tahsis sahibine bir ton karbondioksit (CO₂) veya eşdeğer miktarda azot oksit (N₂O) ve perflorokarbonlar (PFC'ler) gibi diğer güçlü sera gazlarını yayma hakkı vermektedir. Üçüncü aşamada sabit tesisler için birlik çapında üst sınır her yıl %1,74'lük doğrusal bir azaltma faktörü ile azalmışken bunun dördüncü aşamada emisyon üst sınırı %2,2'lik artan yıllık doğrusal azaltma faktörüyle yıllık olarak azalması kararlaştırılmıştır (Bruninx vd., 2020). Sabit tesislerde 2021 için birlik çapında üst sınır 1.571.583.007 tahsisat olarak sabitlenmiştir. Doğrusal azaltma faktörüne yıllık azaltım 43.003.515 tahsise karşılık gelmektedir (EUR-LEX, 2023c).

Sabit tesisler için tahsisatlar bedelsiz olarak tahsis edilmediği sürece açık artırımla satılmaktadır. Dördüncü aşamada ETS Yönergesi'ne uygun olarak 2021'den itibaren, birlik çapında üst sınırın yaklaşık %57'si açık artırımla satılırken geri kalanı ücretsiz olarak sağlanmaktadır. Bu noktada önemli olan tesis başına düşen ücretsiz tahsis düzeyinin belirlenmesidir.

Bunun için en iyi %10'luk tesisin ortalama performansına dayalı kıyaslama değerleri, her sektörün karbon kaçağı riski ve her tesisin geçmiş faaliyet düzeyi dikkate alınmaktadır. %57'lik açık artırma payından ayrılmış olan toplam üst sınırın %3'ü sektörler arası düzeltme faktörü olarak kullanılmak üzere ihtiyat olarak ayrılmıştır. Bunun kullanılmayan kısmından en çok 50 milyonluk tahsis Yenilik Fonu'na, toplam üst sınırın en fazla %0,5'i kadar tahsis Modernizasyon Fonu'na aktarılırken kalan miktarın ihale usulü ile dağıtılmasına karar verilmiştir. Sabit tesisler dışında kalan sivil havacılık sektörü için ücretsiz olarak sağlanan tahsisat havacılık üst sınırının %82'sini oluşturmaktadır. Bunun %3'ü sisteme yeni dahil olanların özel rezervi için ayrılırken havacılık üst sınırının %15'i ise açık artırımla satılmaktadır. 2021 yılından itibaren sabit tesisler için geçerli olan yıllık %2,2'lik aynı doğrusal azaltma faktörü havacılık ödenekleri için de geçerli olacaktır. 2021'de düzenlenecek havacılık tahsisatlarının sayısı yaklaşık 24,5 milyondur. Bunun yaklaşık 20,7 milyonu ücretsiz olarak verilirken yaklaşık 3,8 milyonu ise açık artırma ile satılması kararlaştırılmıştır (EC, 2023h).

Tahsislerin açık artırma yoluyla satışa çıkarılması ETS Yönergesi Madde 10(4) uyarınca kabul edilen İhale Yönetmeliği'ne göre yapılmaktadır. Buna göre açık artırımın açık, şeffaf ve ayrımcılıktan uzak bir biçimde yapılması esastır. Bu amaçla Yönetmelik açık artırımın yöntemi, zamanlaması ve yeri gibi ayrıntıları belirlemektedir. Açık artırımlar tahmin edilebilirlik, maliyet etkinliği, ihalelere adil erişim ve tüm operatörler için ilgili bilgilere eşzamanlı erişim koşullarını karşılamak zorundadır. Avrupa Enerji Borsası (European Energy Exchange/EEX) üzerinden açık artırma yoluyla satılan tahsisatlardan elde edilen gelir 2012-2020 yılları arasında 57 milyar €'nin üzerinde olmuştur. Bunun 2019 yılında elde edilen kısmı 14 milyar € iken 2020'nin ilk yarısına ait olan kısım 7,9 milyar €'nin üzerine çıkmıştır. ETS Yönergesi'ne göre açık artırımdan elde edilen gelirin iklim ve enerji ile ilgili amaçlar için kullanılmasını şarttır. Buna uygun olarak 2013-2019'daki gelirlerin yaklaşık %78'i iklim ve enerji ile ilgili amaçlar için kullanılmıştır (EC, 2023i).

Grafik 1. AB 27 için ETS'de Emisyon ve Tahsisat Durumu (Milyar Ton CO₂ Eşdeğeri)

Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı / AÇA, 2023 (2005-2011 yılları arasındaki verilere havacılık sektörü dahil değildir. 2012-2022 yılları arasındaki verilere havacılık sektörü dahildir).

Grafik 1'de ETS içindeki tahsisat ve doğrulanmış emisyon değerleri görölmektedir. Buna göre sistemde yıllar içinde salınan sera gazı değerlerindeki düşüş belirgin bir biçimde göze çarpmaktadır. Özellikle üçüncü aşamanın başlangıcı olan 2013 yılında düşüş yönünde ciddi bir kırılma yaşanmıştır. Bu da sistem üzerinden salınım kısıtlamalarının çalıştığını gösterir bir belge niteliği taşımaktadır. Ücretsiz tahsisatların 2022 yılında, yani içinde bulunulan dönemde aşağı yönlü eğilimi doğrulanmış salınım ile aynı biçimde aşağı yönlü eğilim göstermediği görölmektedir. Fakat üçüncü dönemin son bölümüne bakıldığında ücretsiz tahsisatların aşağı yönlü eğilimi devamlılık gösterirken doğrulanmış salınımın önce direnç gösterdiği sonra düşüşe geçtiği görölmektedir. İki gösterge arasında bir nedensellik bağı olduğu varsayımı altında aynı sürecin dördüncü dönemde de yaşanması olasıdır. Bu da özünde ETS'nin tasarlanış amacına uygun düşmektedir. ETS'nin bu yolla, salınımı azaltmak için bir araç olarak hizmet ederek kademeli olarak emisyon değerlerinin azaltılmasına ve iklim nötr bir kıtanın yaratılmasına katkı sağladığı söylenebilir. ETS'nin iyi çalıştına yönelik başka ampirik bulgular da mevcuttur (Lovcha vd., 2022). Bunun yanı sıra ETS'nin firmaların rekabet gücü üzerinde olumsuz etkileri olduğuna dair ikna edici sonuçlara rastlanmamıştır (Joltreau & Sommerfeld, 2019).

2.4. ETS'nin Kapsadığı Sektörler ve Sera Gazları

ETS'nin faaliyet alanı olarak AB üyesi ülkelerin yanı sıra Norveç, Lihtenştayn ve İzlanda belirlenmiştir. Sistemin kapsadığı sektörlerin en önemli ortak özelliği açığa çıkardıkları sera gazı salınımlarının isabetli bir biçimde ölçülebilmesi, doğrulanabilmesi ve raporlanabilmesidir. ETS doğru veri akışının sağlanabildiği bu sektörlerle özellikle eğilerek doğru tahminlemeler ve hedeflemeler yapmaktadır. Birinci dönemde ve ikinci dönemin son yılına kadar sisteme dahil edilen işletmeler yalnızca sabit yapıda olan katılımcılarken ikinci dönemde sisteme havacılık sektörü de dahil edilmiştir. Avrupa Ekonomik Bölgesi içindeki uçuşların tümü sisteme dahilken yalnızca bölge dışı güzergahlar için yalnızca varış rotası Birleşik Krallık ve İsviçre olan uçuşları içermektedir. Sisteme 2024 yılından itibaren deniz taşımacılığının da dahil edilmesi planlanmaktadır. Fakat şimdiden deniz taşımacılığının ETS'ye dahil edilmesinin olumsuz ekonomik etkileri olacağı yönünde eleştiriler gelmeye başlamıştır (Lagouvardou & Psaraftis, 2022).

Tablo 1. ETS'nin Kapsadığı Sektörler ve Sektörlere Göre Sera Gazı Türleri

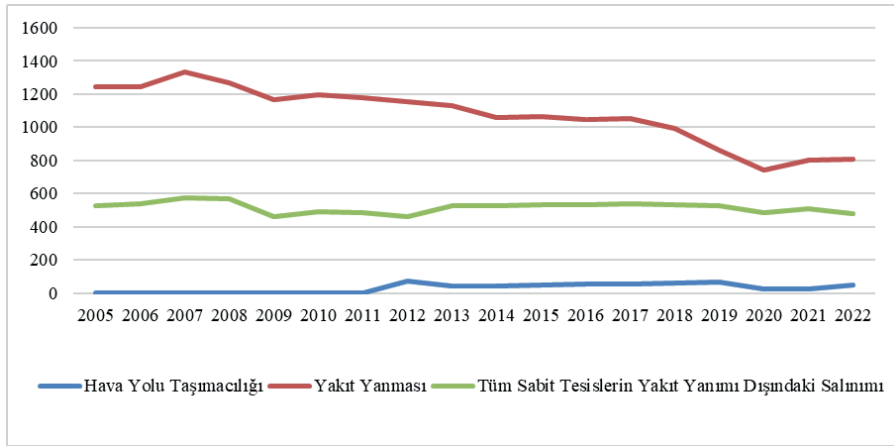
Faaliyet Kolu	Sera Gazı
<ul style="list-style-type: none"> Enerjinin yoğun olarak kullandığı sektörler: demir-çelik sanayi, alüminyum ve metal sanayi, kireç ve çimento sanayi, kağıt ve karton sanayi, cam ve seramik sanayi, asit ve kimya sanayi Hava ve deniz taşımacılığı Isı ve elektrik üretimi 	Karbondioksit (CO ₂)
<ul style="list-style-type: none"> Nitrik, dipik ve gliksilik asitler ve gliksal üretim yapan sanayiler 	Nitröz Oksit (N ₂ O)
<ul style="list-style-type: none"> Alüminyum sanayi 	F-Gazları olarak tabir edilen florlu sera gazları (Perflorokarbonlar/PFC'ler)
<ul style="list-style-type: none"> Faaliyet kolu ayrımı belirtilmeksizin 	Metan (CH ₄) Hidroflorokarbonlar (HFC'ler) Sülfür Hekzaflorür (SF ₆)

Kaynak: ETS Yönergesi Ek I ve II.

Tablo 1'deki sektörlerde faaliyet gösteren şirketler için ETS'ye katılım zorunludur. Fakat bazı sektörlerde sadece belirli bir büyüklüğün üzerindeki katılımcılar yer almaktadır. Üye ülke hükümetlerinin emisyonlarını eşdeğer miktarda azaltacak mali veya ilgili diğer önlemleri uygulamaya koyması

durumunda bazı küçük tesislerin sistemin dışında tutulabileceği kabul edilmiştir (EC, 2023j). Binalarda, karayolu taşımacılığında ve bazı küçük sanayilerde yakıt kullanımı sonucu açığa çıkan sera gazı salınımları ETS kapsamında yer almamaktadır. Bu tür küçük kullanıcıları kapsayacak olan ayrı bir emisyon ticaret sistemi tasarlanarak 2027 yılında devreye girmesi planlanmıştır (EC, 2023k).

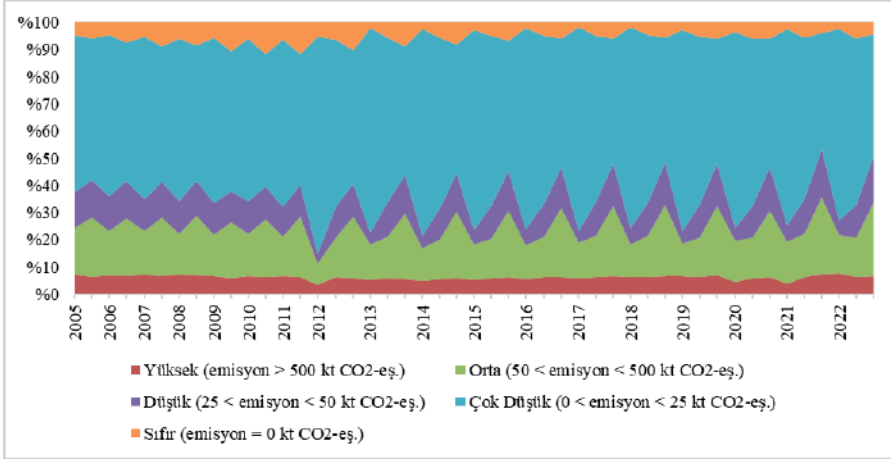
Grafik 2. AB 27 için ETS'deki Sektörlerin Doğrulanmış Emisyonu (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)



Kaynak: AA, 2023.

Grafik 2, AB ETS veri tabanı üzerinden 15 binden fazla sabit tesisin yanı sıra sivil havacılık sektöründen 1500 katılımcıya dair doğrulanmış emisyonlar üzerinden oluşturulmuştur. Grafiğe bakıldığında hava yolu taşımacılığına ait sera gazı salınımlarında yıllar içinde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Aynı biçimde hava yolu taşımacılığı dışında kalan sektörlerdeki katılımcıların yakıt yanması dışında kalan sera gazı salınımları da sabit bir aralıkta dalgalanmıştır. Fakat havacılık dışındaki sektörlerden sabit katılımcıların yakıt yanması sonucu saldığı sera gazlarında yıllar içinde ciddi bir düşüş olduğu grlmektedir. Buna göre üretim süreci boyunca yakıt yakımı teknolojilerinde veya enerji ve ısı gereksinimlerinde düşüşe neden olacak yeniliğe tanıklık edildiği sonucuna ulaşılabilir. Fakat retim sürecinin diğer aşamalarında sera gazı salınımlarında önemli bir yenilik olmadığı söylenebilir. Bu da sera gazı salınımlarında enerji üretiminin payının büyük olduğunu göstermektedir.

Grafik 3. AB 27 için ETS'deki Katılımcıların Emisyon Büyüklüklerine Göre Dağılımı



Kaynak: AÇA, 2023 (2005-2011 yılları arasındaki verilere havacılık sektörü dahil değildir. 2012-2022 yılları arasındaki verilere havacılık sektörü dahildir).

Yukarıda yer alan Grafik 3, ETS içindeki katılımcıların emisyon büyüklük değerlerine göre dağılımlarını göstermektedir. 2012 yılına kadar hava yolu taşımacılığı sektörü olarak sistem içinde yer almadığı için bu yılı kadar her yıl için iki veri seti düzenlenmiştir. Bunlar sabit tesisler için yakıt yanmasından ve yakıt yanması dışında kalan diğer tüm faaliyetleri gösteren çubuklardır. 2012 yılından itibaren sisteme havacılık da eklendiği için veri setlerinin başına havacılık da eklenerek üçer çubuk halinde gösterilmiştir. Buna göre katılımcıların emisyon büyüklüğü bakımından sistem içindeki dağılımında gözle görülür bir değişim olmamıştır. Sistemdeki katılımcıların çoğunluğu çok düşük emisyon değerine sahip olanlardan oluşmuştur. Sıfır salınımla faaliyet gösteren tesislerin yüzdesi her zaman oldukça küçük kalmıştır. Fakat yüksek emisyon değerine sahip işletmelerin toplam içindeki yüzdesi de aynı şekilde küçüktür.

2.5. ETS'nin Diğer Ülke ve Bölgelere Bağlantısı

Sera gazı salınımlarını azaltmaya yardımcı olmak adına yaratılmış olan ETS dünyada ilk örnek olmasına rağmen halihazırda tek örneği teşkil etmemektedir. Paris Anlaşması, Madde 6 uluslararası karbon piyasasının kurulmasına yasal bir dayanak sağlamaktadır. İlgili madde belirlenen taraflar arasında bir piyasa mekanizması yaratılmasına, ortak bir muhasebe sisteminin oluşturulmasına ve bunun üzerinden uluslararası bir tahsisat-ticaret düzeninin kurulmasına zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda ETS'nin yanı sıra dünyada

farklı dzeyleerde de olsa benzer sistemler Kanada, Çin, Japonya, Yeni Zelanda, Güney Kore, İsviçre ve Amerika Birleşik Devletleri'nde çalışmakta veya planlanmaktadır. AB, emisyon ticaret sistemi bağlamında dünyanın çeşitli yerleriyle ikili veya çoklu iş birliği süreçleri başlatmıştır ya da başlatmayı planlamaktadır. AB, emisyon ticareti bağlamında Çin ve Güney Kore ile ikili iş birliği içine girmiştir. Avrupa Komisyonu Çin'de ulusal bir emisyon ticaret sisteminin tasarımını ve uygulanmasını desteklemek, kapasite geliştirmek ve eğitim sağlamak için birtakım projeleri desteklemiştir. "AB ile Çin arasında Emisyon Ticaretine İlişkin Politika Diyalogu ve İş birliği Platformu" adlı proje halihazırda uygulamadadır. Avrupa Komisyonu Kore'nin ulusal emisyon ticaret sistemi olan Kore Emisyon Ticaret Sistemi/KETS (2015) için gerekli kapasiteyi oluşturmaya odaklanan bir teknik yardım projesini de desteklemektedir (EC, 2023l).

Avrupa Komisyonu, zorunlu üst sınır ve ticaret sistemlerine sahip ülkeleri ve bölgeleri bir araya getiren, deneyim ve bilgi paylaşımı sağlayan ve düzenli eğitim kursları düzenleyen Uluslararası Karbon Eylem Ortaklığı'nın/UKEO (International Carbon Action Partnership/ICAP) kurucu üyelerinden biridir. Buna ek olarak Komisyon karbon piyasası araçlarına ilişkin deneyim alışverişi sağlamak için kurulmuş olan ve yaklaşık on yedi ülkeye bunları hazırlama ve uygulama konusunda yardımcı olan Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı/KPHO (Partnership for Market Readiness/PMR) aracılığıyla yardımlar sağlamaktadır. Bunlar AB'nin emisyon ticaret sistemi ve karbon piyasaları bağlamında oluşturmuş olduğu çok taraflı iş birliğine örnek teşkil etmektedir (EC, 2023m).

Karşılıklı iş birliği anlaşmalarından farklı olarak 2017 yılında AB ve İsviçre arasında imzalanan ve 2020 yılının başında yürürlüğe giren bir anlaşmayla iki tarafın emisyon ticaret sistemlerinin birbirine bağlanması sağlanmıştır. Anlaşma sonucunda kurulan bir ortak komite iki sistem arasında uyumluluğu sağlamakla görevlidir. İsviçre ETS ile AB ETS birbirinden ayrı sistemler olsa da yapılan anlaşma sayesinde emisyon tahsisatları karşılıklı olarak tanınarak benzer bir kapsama erişmiş ve uyumlu hale getirilmiştir (EC, 2023n).

3. AB Sınırdaki Karbon Dzenleme Mekanizması

Avrupa Birliği 11 Aralık 2019 tarihli Avrupa Yeşil Mutabakatı ile yeni bir büyüme stratejisi belirlemiştir. Bu strateji yeşil dönüşüm temeline dayanan sürdürülebilir türde büyümeyi temel alarak yeşil dönüşüm aracılığıyla iklim nötr bir kıta yaratmaktadır. Bu bağlamda çeşitli mekanizmalar geliştiren AB bu mekanizmaların yaratacağı dışsalıkları da göz önünde bulundurmaktadır. Buna göre sera gazı salınımını azaltmak amacıyla uygulamaya koymuş

olduğu ETS'nin gün geçtikçe salınım koşullarını sıkılaştırması sonucu emisyon maliyetleri artan firmaların, üretimlerini Avrupa Ekonomik Alanı dışına kaydırmakla karbon salınımı açısından daha yumuşak koşullarda üretim yaparak bir “karbon kaçağı” yarattığı gözlenmiştir. Bunun önüne geçmek amacıyla ETS içinde karbon kaçağını önlemek adına yeni bir araç olan SKDM'yi geliştirmiştir.

3.1. SKDM'nin Yasal Çerçevesi

10 Mayıs 2023 tarihinde Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından imzalanan (EU) 2023/956 sayılı SKDM Tüzüğü 16 Mayıs 2023 tarihinde AB Resmi Gazetesi'nde yayınlanmasından bir gün sonra yürürlüğe girmiştir. Mekanizmanın 1 Ekim 2023'te uygulamaya girmesi kararlaştırılmıştır. İthalatçılar için ilk raporlama döneminin de 31 Ocak 2024'te sona ermesi öngörülmektedir. Tüzük'te SKDM'nin amacı Madde 1'de tanımlanarak “*Bu Tüzük, karbon kaçağı riskini önlemek amacıyla, Ek I'de listelenen malların Birlik gümrük bölgesine ithalatında ilgili mallar içinde gömülü halde bulunan sera gazı emisyonlarını ele almak için bir sınırdaki karbon düzenleme mekanizması (SKDM) kurur. Böylece küresel karbon emisyonlarını azaltarak ve üçüncü ülkelerdeki operatörler tarafından emisyonların azaltılması için teşvikler yaratarak Paris Anlaşması'nın hedeflerini destekler.*” şeklinde belirtilmiştir. Tüzük on bir bölüm otuz altı madde ve altı ekten oluşan ETS Yönergesi için tamamlayıcı nitelikte bir hukuki metindir. Bunu “*2. Madde'sinde atıfta bulunulan malların Birliğin gümrük bölgesine ithalatına eşdeğer bir dizi kural uygulayarak*” yapacağı belirtilmiştir. Ayrıca Tüzük metninde “*SKDM'nin ETS tahsisatlarının ETS Yönergesi'nin 10a Maddesi uyarınca ne ölçüde ücretsiz tahsis edildiğine bağlı olarak, karbon kaçağı riskini önlemek için ETS Yönergesi kapsamında oluşturulan mekanizmaların yerini alacak şekilde ayarlanmış*” olduğu da ifade edilmiştir (EUR-LEX, 2023d).

Tüzüğün yürürlüğe girdiği 16 Mayıs 2023 tarihinde yayınlanmış olan AB Resmi Gazetesi'nde aynı zamanda SKDM'nin uyumu için mevcut yasal düzlemde yapılmış olan düzenlemeler de yer almıştır. Bunlar hiyerarşik sıraya göre iki yönergede ve iki tüzükte yapılan değiştirmelerdir. ETS Yönergesi'ni tadil eden sivil havacılığın Birliğin ekonomi çapındaki emisyon azaltma hedefine katkısı ve küresel pazara dayalı bir önlemin uygun şekilde uygulanmasına ilişkin (EU) 2023/958 sayılı Yönerge, ETS Yönergesi'ni ve Birlik sera gazı emisyon ticaret sistemi için bir piyasa istikrar rezervinin kurulması ve işletilmesine ilişkin (EU) 2015/1814 sayılı Kararı tadil eden (EU) 2023/959 sayılı Yönerge ile Sosyal İklim Fonu kuran (EU) 2023/955 sayılı Tüzüğü değiştiren (EU) 2021/1060 sayılı Tüzük, deniz taşımacılığı faaliyetlerinin ETS'ye dahil edilmesini ve ek sera gazı emisyonlarının ve ek

gemi turlerinden kaynaklanan emisyonların izlenmesini, raporlanmasını ve doğrulanmasını sağlama amacı taşıyan (EU) 2023/957 sayılı Tüzükte değişiklik yapan (EU) 2015/757 sayılı Tüzük olacak şekilde sıralanabilmektedir (EUR-LEX, 2023b). Buradaki hukuki metinlerin ETS'yi oluşturan hukuki metinler içinde de sayılmış olması kafa karıştııcı görünebilir. Bu noktada SKDM'nin yasal olarak ETS içinde yer alan bir araç olduğunu anımsatmakta yarar vardır. Yani SKDM'yi oluşturan yasal metinler ETS'yi oluşturan yasal metinlerin içinde yer almaktadır.

3.2. SKDM'nin İşleyişı, Kapsadığı Sektörler ve Sera Gazları

Avrupa Birliği içinde sera gazlarını sınırlamaya yönelik önlemler sıkılaştıkça Birlik menşeli şirketler üretimlerini Birlik ekonomik alanı dışına daha hafif iklim politikaları izleyen ülkelere karbon yoğun üretimlerini taşımaları sonucu bir karbon kaçağı meydana gelmektedir. Bahse konu olan karbon kaçağı ithalat yoluyla da gerçekleşebilmektedir. Bu durum Birlik içinde üretilen malların yerine daha düşük iklim standardı benimsemiş olan ülkelere üretilmiş olan malları ithalat yoluyla Birlik içine sokması sonucu gerçekleşmektedir. Bu noktada AB karbon kaçağını önleyebilmek amacıyla SKDM'yi geliştirmiştir. Bu mekanizma AB'ye giren yoğun sera gazı salınımına neden olan malların üretimi sırasında salınan karbona bir fiyat koymaktadır. AB bu fiyatlamanın adil olduğu ve bu yaklaşımın AB dışı ülkelere daha temiz üretimi teşvik etmek için tasarlandığı iddiasındadır. SKDM ETS içinde verilen ücretsiz tahsisatların kademeli olarak kaldırılmasıyla yerini alacak bir mekanizmadır. İthal edilen belirli malların içinde gömülü olan sera gazı salınımı için bir bedel ödendiğini doğrularak onların AB içindeki üretimdeki karbon cinsinden sera gazı maliyetiyle eşit seviyeye getirilmesi mekanizmanın işleyişinin altına yatan temel mantıktır. Böylece karbon kaçağı nedeniyle AB'nin iklim hedeflerinde sapma meydana gelmeyecektir. AB, SKDM'nin Dünya Ticaret Örgütü/DTÖ'nün kurallarıyla uyumlu olduğunu iddia etmektedir (EC, 2023o).

SKDM'nin devreye alınması için ilk önce tüm katılımcılar için öğrenme aşaması olan bir geçiş aşaması tasarlanmıştır. Bu aşamada aynı zamanda mekanizmanın tam olarak işlemeye başlayacağı dönemde kullanılması amacıyla metodolojiyi iyileştirmek ve gömülü emisyonlar hakkında işe yarayacak bilgiler toplanması planlanmaktadır. Bu sürecin aynı zamanda AB ve AB dışı işletmelerin yanı sıra kamu yetkilileri için dikkatli, öngörülebilir ve orantılı bir geçişe olanak sağlayacağı belirtilmiştir. Bu süre zarfında, yeni kurallar kapsamındaki mal ithalatçıları herhangi bir mali ödeme veya düzeltme yapmadan, yalnızca ithalatlarında yer alan doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarını bildirmek zorunda olacaklardır. Bazı sektörlerin

dolaylı emisyonları için geçerli olacak olan değerler geçiş dönemi sonunda geliştirilecek olan bir yöntemle değerlendirilecektir. Bir yıldan biraz uzun bir süreyle katılımcılar emisyon değerlerini raporlarken ya AB yöntemine göre tam raporlama, ya eşdeğer üçüncü ülke ulusal sistemlerine dayalı raporlama ya da referans değerlere dayalı raporlama yöntemlerinden birini seçebileceklerdir. Fakat 1 Ocak 2025 tarihinden itibaren raporlama yöntemi olarak yalnızca AB yönteminin geçerli olacağı bildirilmiştir. Mekanizmanın işleyişi için kalıcı düzenlemenin 1 Ocak 2026 tarihinde yürürlüğe girmesi planlanmıştır. Bu tarihten itibaren “ithalatçuların her yıl bir önceki yılda AB’ye ithal edilen mal miktarını ve bunların gömülü sera gazı miktarını beyan etmesi gerekecek sonra da buna uygun miktarda SKDM sertifikası teslim alacaklardır. Sertifikaların fiyatı, salınan CO₂’nin €/tonu cinsinden ifade edilen ETS tahsisatlarının haftalık ortalama açık artırma fiyatına bağlı olarak hesaplanacaktır. ETS kapsamında ücretsiz tahsisin aşamalı olarak kaldırılması, 2026-2034 döneminde SKDM’nin aşamalı olarak devreye alınmasına paralel olarak gerçekleşeceği” belirtilmiştir (EC, 2023p).

Tablo 2. SKDM’nin Kapsadığı Sektörler ve Sera Gazları

Faaliyet Kolu	Sera Gazı
Çimento	Karbondioksit (CO ₂)
Elektrik	Karbondioksit (CO ₂)
Gübre	Karbondioksit (CO ₂) ve Nitröz Oksit (N ₂ O)
Demir-Çelik	Karbondioksit (CO ₂)
Alüminyum	Karbondioksit (CO ₂) ve Perflorokarbonlar (PFC’ler)
Kimya (Yalnızca Hidrojen)	Karbondioksit (CO ₂)

Kaynak: SKDM Tüzüğü Ek I.

SKDM’nin kapsamı başlangıçta, üretimi karbon yoğun olan ve en önemli karbon kaçağı riski taşıyan belirli mallar ve seçilmiş ara maddelerin ithalatına yönelik olacaktır. Tablo 2’de bu alanlar ve onlara ait olan sera gazı türleri belirtilmiştir. SKDM’nin ilerleyen aşamalarında ilgili faaliyet kollarının kapsamı aşamalı olarak genişletilerek son durumda ETS kapsamındaki sektörlerdeki emisyonların %50’den fazlasını içine alacak hale gelmesi planlanmaktadır. Geçiş döneminden sonra dolaylı emisyonların da SKDM kapsamı içine alınacak sektörler çimento ve gübre sektörleridir. Başlangıç aşamasında bu sektörler için yalnızca doğrudan yapılmış olan sera gazı emisyonları kapsam içinde olacaktır (EC, 2023o).

3.3 SKDM’de Emisyon Sınırının Hesaplanması

SKDM içindeki emisyon sınırının hesaplanması için esaslar SKDM T z g ’n n 7. Madde’sinde ve IV numaralı ekinde belirlenmiştir. Bu notada ilgili T z g n her sektör için ‘‘basit ürünler’’ ve ‘‘ karmaşık ürünler’’ olarak iki başlı bir ayırım yaptığı g r lmektedir. EK IV’nın tanımlar bölümünün (a) ve (b) maddelerinde yapılmış olan tanıma göre basit ürünler, üretim sürecinde kullanılan girdilerin ve yakıtların sıfır emisyon değerine sahip olan  r nlerken bu tanımın dışında kalan ürünlerin karmaşık ürünler olduğu kabul edilmiştir. Aynı bölümün (c) maddesi ise ‘‘belirli gömülü emisyon’’ tanımını yapmıştır ki bu tanıma göre basit ve karmaşık malların emisyon değerlerinin hesaplanması için gerekli olan formüller türetilmiştir. Belirli gömülü emisyonlar, bir ton ürünün gömülü emisyonları anlamına gelir ve her ton bir ürün için ton/CO₂e emisyon olarak ifade edilir (EUR-LEX, 2023d).

Tablo 3. SKDM’de Belirli Bir x Malı için Emisyon Sınırı Hesaplaması

<p>Basit Mallar</p> $BGE_x = \frac{AtfEm_x}{FD_x}$ $AtfEm_x = DoğEm + DolEm$	<p>BGE_x : x malı için belirli gömülü emisyon AtfEm_x : Madde 7(7)’deki sınırlar dahilinde, x ile sonuçlanan üretim sürecinden kaynaklanan emisyon FD_x : x malının üretildiği tesiste raporlama döneminde üretilen malların miktarını belirten faaliyet düzeyi DoğEm : Madde 7(7)’deki mevzuata uygun yapılan üretim sürecindeki doğrudan emisyon (ton/CO₂e) DolEm : Madde 7(7)’deki sınırlar dahilinde, üretilen malların üretim süreçlerinde tüketilen elektriğin üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyon (ton/CO₂e) GE_{GirMal} : Madde 7(7)’deki sınırlar dahilinde, üretim sürecinde tüketilen girdi malzemelerinin gömülü emisyonları K_i : Üretim sürecinde kullanılan i girdi malzemesinin kütlesi BGE_i : i malzemesi için belirli gömülü emisyon. i malzemesinin için, tesis verilerinin yeterince ölçülebilmesi koşuluyla malzemenin üretildiği tesisten kaynaklanan emisyonlar</p>
<p>Karmaşık Mallar</p> $BGE_x = \frac{AtfEm_x + GE_{GirMal}}{FD_x}$ $GE_{GirMal} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot BGE_i$	

Kaynak: SKDM T z j  Ek IV.

Tablo 3'te görüldüğü üzere SKDM özellikle karmaşık malların emisyon değerinin ölçülmesi konusunda oldukça ayrıntılı bir formülasyon geliştirmiştir. Bu noktada karmaşık bir malın üretim sürecinde nihai ürüne eklenecek her bir girdi için bir emisyon hesaplama zinciri meydana gelecektir. Bu da AB ekonomik alanına giren ürünlerin karbon ayak izinin sürülmesi konusunda da SKDM'nin etkin bir araç olduğunu göstermektedir.

Sonuç

İklim nötr bir kıta yaratma amacı taşıyan Avrupa Birliği bu amacı gerçekleştirmeye çalışırken bütünlük bir yapıda çalışma zorunluluğu ile karşılaşmıştır. Bu durum Birliğin hukuktan ekonomiye, siyasetten hidrolojiye kadar birçok alanda çalışmaların ve düzenlemelerin yapılmasıyla devam etmektedir. İklim nötr bir kıtanın yaratılması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uygun hedeflerin koyulması ve bu hedeflerin tutturulması için öncelikli koşul iklim değişikliğine neden olan küresel ısınma olgusuna karşı önlemlerin alınması olmuştur. Küresel ısınmanın engellenmesi için hedef olarak belirlenen küresel sıcaklık düzeyinin 1990 yılı ve öncesi sınırına çekilmesi birçok mevzuatsal metinde yer almaktadır. Bu nedenle ısınmaya neden olan sera gazları salınımlarının kontrol altına alınması bu bağlamda temel amaç olarak belirlenmiştir. Bu nedenle Birlik sera gazı salınımlarını baskı altına alabilmek için çeşitli araçlar ve politikalar geliştirmiştir ve geliştirmeye devam etmektedir.

ETS ve SKDM bu araçlardan yalnızca ikisi olarak karşımıza çıkmaktadır. ETS karbon salınımını azaltmak için AB'nin bir süredir uygulamada olan araçlarından biridir ve aşamalı olarak genel amaca daha iyi hizmet edebilmesi için ayrıntılandırılmıştır. ETS'nin sera gazı salınımının azaltılmasında katılımcıları teşvik ettiği söylenebilir. Birlik içindeki katılımcıların ETS üzerinden emisyon salınımları kolayca takip edilebilmektedir ve bu süreç izlendiğinde emisyon miktarında aşamalı olarak gerçekleşen bir düşüş göze çarpmaktadır. Her ne kadar veri dizilerinde paydaşların salınım yapısının çok değişmediği görülmüş olsa da toplam emisyon değerlerindeki salınımın azalması başlı başına bir başarı olarak değerlendirilebilir. Bunun yanında sistem aracılığıyla elde edilen gelirin AB ölçeğinde iklim değişikliği ile mücadele amaçlı kullanılacak olan fonlara aktarılıyor olması da dikkat çekici olumlu yanlardandır. Karmaşık bir mevzuat yapısına sahip olması ise ETS'ye bir eleştiri olarak yöneltilebilir.

SKDM ikinci bir iklim değişikliği ile mücadele aracıdır. Fakat bu düzenleme vergi mevzuatına da giren yapısı nedeniyle ETS'den biraz farklı durmaktadır. Amacın karbon kaçığını önlemek olduğu bu mekanizma henüz

uygulamaya konmadığı için emisyonlar üzerinde nasıl bir etki yaratacağı ve verimlilik düzeyi gözleme muhtaçtır. Kuramsal açıdan oldukça ayrıntılı düşünülmüş olan mekanizma AB içinde faaliyet gösteren ithalatçıları ve AB için ihracat yapan Birlik dışında faaliyet gösteren firmaları düşük emisyonlu üretime kanalize edeceği düşünülmüştür. Ancak AB gibi küresel ölçekte etkin olan bir oyuncunun ithalat gamı çok geniştir. Bu kadar çok değişkenin bir araya gelmesiyle sayısız kombinasyon oluşturulabilmektedir. Bu da uygulamadan yoksun olan kuramsal geliştirme üzerinden yorum yapma kabiliyetini oldukça azaltmaktadır. Pilot uygulama döneminden sonra ETS'de olduğu gibi eksilerin giderileceğı düşünülebilir. Bunun yanı sıra her ne kadar AB SKDM'nin DTÖ'nün koşullarını karşıladığını söylemiş olsa da bu alanda akademik açıdan birçok eleştirinin şimdiden gelmeye başladığını anımsatmakta yarar vardır (Englisch & Falcao, 2021; Leonelli, 2022; Hufbauer vd., 2021). Eleştirilerin bir kısmı AB'nin DTÖ düzenlemelerine aykırı biçimde dolaylı bir koruyucu gümrük duvarı yükselttiğı yönündedir. Mekanizmanın pilot döneminden sonra elde edilmiş veri dizileri ışığında hem SKDM'yi hem de yöneltilen eleştirileri yeniden değerlendirmek yararlı olacaktır.

Kaynakça

- Appunn, K. & Wettengel, J. (2023). Understanding the European Union's Emissions Trading Systems (EU ETS), Clean Energy Wire, s.1. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/understanding-european-unions-emissions-trading-system>
- Avrupa Çevre Ajansı (AÇA). (2023). EU Emissions Trading System (ETS) data viewer, 01 Ağustos 2023. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>
- Bruninx, K., Ovaere, M. & Delarue, E. (2020). The long-term impact of the market stability reserve on the EU emission trading system, Elsevier: Energy Economics, 89/104746, s.1. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104746>
- Ellerman, D., Marcantonini C. & Zaklan, A. (2015). An Analysis of Allowance Banking in the EU ETS, European University Institute/RSCAS, s.1. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2631964>
- Ellerman, D., Marcantonini C. & Zaklan, A. (2014). The EU ETS: Eight Years and Counting, European University Institute/RSCAS, s.3. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2383870
- Englisch, J. & Falcão, T. (2021). EU Carbon Border Adjustments for Imported Products and WTO Law, SSRN, 1-78. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3863038>
- European Commission (EC). (2023a). First Steps, 19 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#first-steps
- European Commission (EC). (2023b). Phase 1 (2005-2007), 21 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#phase-1-2005-2007
- European Commission (EC). (2023c). Evolution of the European carbon market, 23 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#evolution-of-the-european-carbon-market
- European Commission (EC). (2023f). Revision for phase 4 (2021-2030), 24 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en
- European Commission (EC). (2023e). Phase 3 (2013-2020), 23 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#phase-3-2013-2020
- European Commission (EC). (2023d). Phase 2 (2008-2012), 21 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#phase-2-2008-2012

- European Commission (EC). (2023g). A ‘cap and trade’ system, 29 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en#a-cap-and-trade-system
- European Commission (EC). (2023h). Emissions cap and allowances, 30 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/emissions-cap-and-allowances_en
- European Commission (EC). (2023i). Auctioning revenues and their use, 31 Temmuz 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/auctioning_en#auctioning-revenues-and-their-use
- European Commission (EC). (2023j). Sectors & gases covered, 03 Ağustos 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en#sectors--gases-covered
- European Commission (EC). (2023k). New emissions trading system for buildings, road transport and additional sectors, 05 Ağustos 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en#new-emissions-trading-system-for-buildings-road-transport-and-additional-sectors
- European Commission (EC). (2023l). Bilateral cooperation, 08 Ağustos 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/international-carbon-market_en#bilateral-cooperation
- European Commission (EC). (2023m). Multilateral cooperation, 08 Ağustos 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/international-carbon-market_en#multilateral-cooperation
- European Commission (EC). (2023n). Linking with other cap and trade systems, 09 Ağustos 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/international-carbon-market_en#linking-with-other-cap-and-trade-systems
- European Commission (EC). (2023o). Carbon Border Adjustment Mechanism, 12 Ağustos 2023. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- European Commission. (2023p). Key elements, 13 Ağustos 2023. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en#key-elements
- EUR-LEX. (2023a). Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and amending Council Directive 96/61/EC, 25 Temmuz 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:02003L0087-20180408>
- EUR-LEX. (2023b). Official Journal of the European Union, L 130, 16 May 2023, 25 Temmuz 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2023:130:TOC>

- EUR-LEX. (2023c). Commission Decision (EU) 2020/1722 of 16 November 2020 on the Union-wide quantity of allowances to be issued under the EU Emissions Trading System for 2021, 30 Temmuz 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:32020D1722>
- EUR-LEX. (2023d). Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism, 11 Ağustos 2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.130.01.0052.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2023%3A130%3ATOC
- Hufbauer, G. C., Kim, J. & Schott, J. (2021). Can EU carbon border adjustment measures propel WTO climate talks?, Peterson Institute for International Economics/PIIE, Policy Briefs, s.2. <https://www.piie.com/sites/default/files/documents/pb21-23.pdf>
- Joltreau, E. & Sommerfeld, K. (2019). Why does emissions trading under the EU Emissions Trading System (ETS) not affect firms' competitiveness? Empirical findings from the literature, Taylor&Francis, Climate Policy, 19(4), 453–471. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1502145>
- Lagouvardou, S. & Psaraftis, N.P. (2022). Implications of the EU Emissions Trading System (ETS) on European container routes: A carbon leakage case study, Elsevier: Maritime Transport Research, 3 (2022) 100059, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2022.100059>
- Leonelli, G.C. (2022). Border Tax Adjustments and the WTO Law Compatibility of ETS/CBAM Export Rebates: Aut Simul Stabant, Aut Simul Cadent, Journal of World Trade, 46(6), s.5. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4169897>
- Lovcha, Y., Perez-Laborda, A. & Sikora, I. (2022). The determinants of CO₂ prices in the EU emission trading system, Elsevier: Applied Energy, 305 (2022) 117903, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117903>
- Marin, G., Marino, M. & Pellegrin, C. (2018). The Impact of the European Emission Trading Scheme on Multiple Measures of Economic Performance, Springer: Environmental and Resource Economics, 71, 551-582. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0173-0>
- Stoefs, W. (2022). EU ETS 101- A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System, LIFE ETX, s.11. <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/>

Çevre Politikaları Işığında Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Sektörünün Mevcut Durumu

Aziz Dayanır¹

Özet

Biyoyakıtlar uzun süredir taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilir. Artan petrol fiyatları, petrol rezervlerinin kısa bir süre sonra bitecek olması, enerji arz güvenliğinin ülkelerce sağlanmaya çalışılması ve iklim değişikliği konusunun giderek önem kazanması dünyada biyoyakıt kullanımını yaygınlaştırmakta ve kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmanın amacı biyoyakıt sektörünün mevcut durumunu Avrupa Birliği özelinde inceleyip, biyoyakıt endüstrisinin gelecekteki durumunu öngörmektir. Sektörün mevcut durumunun daha iyi anlaşılması için biyodizel kullanımında lider olan Avrupa Birliği incelenmiştir. Avrupa Birliği çıkardığı 13 adet biyoyakıt sertifika programıyla çevre dostu olan ikinci nesil biyoyakıt üretimini desteklemektedir. Bu da ikinci nesil biyoyakıtın önemini arttırmaktadır çünkü ikinci nesil biyoyakıtın CO2 salınımı birinci nesil biyoyakıtta göre daha düşüktür. Ayrıca Avrupa Birliği geleceğe dönük olarak kara taşımacılığında kullanılan yakıtın belirli bir kısmını biyoyakıt ile sağlamaya yönelik hedefler belirlemekte ve ikinci nesil biyoyakıt kullanımını da bu hedeflerinin içine katmaktadır. İkinci nesil biyoyakıtın kullanımına yönelik hedefler ile ikinci nesil biyoyakıtın önemini arttırmıştır. Avrupa Birliği'ndeki son gelişmeler gösteriyor ki dünya biyoyakıt sektöründe biyoyakıt sertifika programları ve ikinci nesil biyoyakıt üretimi giderek önem kazanacaktır.

1. Giriş

Petrol rezervlerinin tükenmesi, küresel ısınma ile mücadeleye verilen önem artması ve enerji arz güvenliği nedenleriyle dünyada biyoyakıtların üretimi ve tüketimi giderek artmaya başlamıştır. Devlet destek programları ile biyoyakıt üretimi çok yüksek oranlara ulaşmıştır. Avrupa Birliğinde biyodizel üretimi 1980'lerde küçük ölçekliydi, ancak bugün AB biyodizel üretiminde

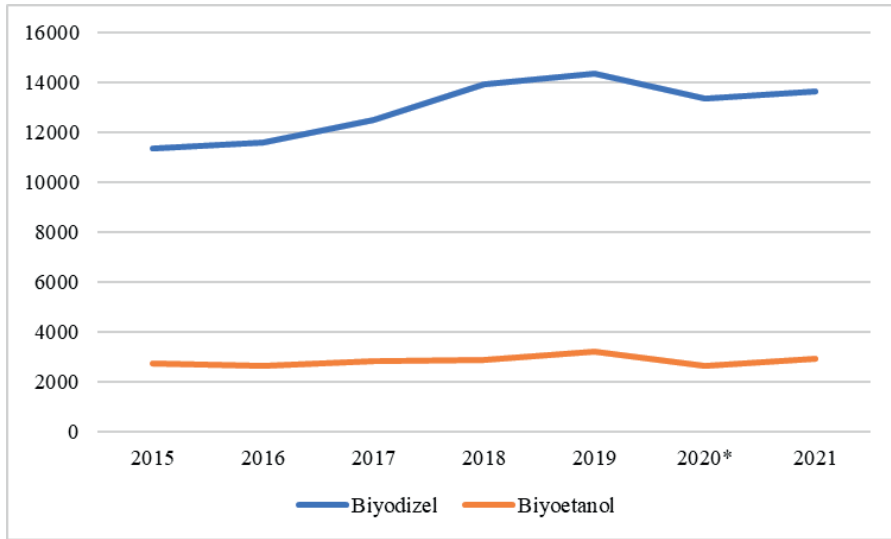
1 Arş. Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü
aziz.dayanir@istanbul.edu.tr 0000-0001-7279-1487

dünya lideri haline gelmiştir (Çemrek & Bayraç, 2020). AB'nin biyodizel alanındaki liderliğinden dolayı AB'deki gelişmeler küresel biyodizel sektöre ışık tutabilmektedir. Çalışmada Avrupa Birliği'nin biyoyakıt sektörünü ele alınmaktadır. AB biyoyakıt endüstrisinin tarihsel ve güncel durumu, gelişim süreci ve Avrupa biyoyakıt pazarı için gelecek projeksiyonları analiz edilecektir. Sektörün geçmiş ve mevcut durumu incelenerek gelecekteki potansiyel gelişmeler ortaya konulacaktır.

2. AB'de Biyoyakıtlar

Avrupa Birliği'nde (AB) 2000'li yılların başında biyoyakıt yaygın olarak kullanılmamaktadır. Avrupa Birliği'nin 2001 yılındaki biyoyakıt pazar payı sadece %0,3 civarındadır. O zamanki üye devletlerden sadece beşi biyoyakıt kullanımı konusunda önemli bir doğrudan deneyime sahiptir (European Commission, 2007).

Şekil 1. AB'de Ulaşım Sektöründe Kullanılan Biyoyakıt Miktarı (bin metrik ton eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: EurObserv'ER (2022).

Şekil 1'de görüldüğü üzere 2015 ile 2021 yılları arasında Avrupa Birliği'ndeki toplam biyodizel tüketimi yaklaşık 2,3 milyon mt artmıştır. 2021 yılında AB'nin toplam biyoyakıt tüketimi 17 milyon mt'a ulaşmıştır ve bunun yaklaşık 13,6 milyon mt petrol eşdeğeri biyodizelden oluşmaktadır. AB'de üretilen ve tüketilen en yaygın biyoyakıt biyodizeldir.

Fransa ve Almanya AB'nin en büyük biyoyakıt tüketicisi olan iki ülkedir (Blanco Fonseca, 2010). AB'de etanol üretimi için birincil hammaddeler şeker pancarı, yemlik buğday, arpa ve bir miktar mısırdan oluşmaktadır. Avrupa biyodizel hammaddesinde kolza yağı hakimdir (Edwards vd., 2008). Avrupa Birliği'nde biyoyakıt kullanımının nedenleri arasında enerji arz güvenliğinin sağlanmaya çalışılması ve küresel ısınmaya karşı önlem alınması yer almaktadır. Avrupa Birliği'nde enerji ithalatına bağımlılık yüksektir. 2000 ve 2013 yılları arasında AB'nin enerji ithalatına bağımlılığı %46,6'dan %53,2'ye yükselmiştir. AB ülkelerinin petrol ürünlerine bağımlılığını incelediğimizde oran 2000'li yılların başında %75 ile 80 arasında seyretmektedir. Bu bağımlılık oranları 2000'li yıllar boyunca genel olarak artmıştır. 2013 yılında en yüksek bağımlılık %87,4'lik ithalat payıyla ham petrolde görülürken, %65,3 ile bunu doğal gaz ve %44,2 ile katı yakıtlar takip etmiştir. 2000 yılı ile karşılaştırıldığında, bağımlılık her üç kaynak için de artmıştır. İthalatın toplam enerji tüketimindeki payı 2008 yılında %54,7 ile zirve yaptıktan sonra, yıllık ortalama %0,6 gibi çok düşük bir oranla da olsa, takip eden beş yılda düşüş göstermiştir (European Commission, 2015). Enerji bağımlılığı, bir ekonominin kendi iç enerji talebini karşılamak için ne kadar ithalata bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu yüksek bağımlılık oranı Avrupa'nın enerji arz güvenliğini tehdit edecek kadar büyüktür. Bu nedenle AB'nin genel enerji kaynaklarına ve özellikle ham petrole olan bağımlılığı nedeniyle enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya çalışmış ve ham petrole olan yüksek bağımlılığı azaltmak için biyoyakıt üretimine başlamıştır. Enerji bağımlılığındaki artışın başlıca nedenleri, daha fazla yurt içi enerji talebi, doğal gaz ithalatının artan önemi ve Kuzey Denizi petrol ve doğal gaz üretimindeki düşüştür. Avrupa Birliği'ni yenilenebilir enerji kullanımına yönelten bir diğer neden de iklim değişikliğidir. AB'de karbondioksit emisyonlarını azaltmaya yönelik önlemler ve politikalar, karbondioksit emisyon oranını azaltmada etkili olmuş, ancak ulaştırma sektöründeki karbondioksit emisyonlarının artışını durduramamıştır. 1990 ve 2007 yılları arasında AB'de ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonları %36 oranında artarken, aynı dönemde diğer sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları %15 oranında azalmıştır. Bu arada, iklim değişikliğinin azaltılması ulaştırma politikasının ve daha geniş kapsamlı AB politikasının merkezine taşınmıştır. AB, 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %80 ila %95 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak, ulaştırma sektörünün emisyonlarını tahmini olarak %60 oranında azaltması gerekecektir (Blondel vd., 2011). Ulaşım, Avrupa'nın sera gazı emisyonlarının neredeyse dörtte birini temsil etmektedir ve şehirlerdeki hava kirliliğinin ana nedenidir.

Ulaştırma sektörü, AB ekonomisinde emisyonların hala 1990 seviyelerinin üzerinde olduğu sektörlerden biri olmaya devam etmektedir. Bu sektör içerisinde karayolu taşımacılığı, 2019 yılında taşımacılıktan kaynaklanan tüm sera gazı emisyonlarının %70'inden fazlasını oluşturarak açık ara en büyük emisyon kaynağı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji politikasında, AB üyesi olmayan ülkelerden ithal edilen yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, fosil yakıt kaynaklarından kaynaklanan emisyonların azaltılması ve enerji maliyetlerinin petrol fiyatlarından ayrıştırılması açısından önemli bir unsur olarak görülmektedir (EEA, 2016).

2.1. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Talebinde Artış

Ağırlıklı olarak biyoyakıt kullanımına dayanan yenilenebilir enerji tüketimindeki artış, ulusal düzeyde destek sistemlerinin yaygın bir şekilde uygulamaya konulmasını yansıtmaktadır. AB, yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak için çeşitli teşvikler kullanmıştır. Bunlar tarife garantisi, hibeler, vergi kredileri ve kota sistemleridir (European Commission, 2015). Bu destek sisteminin bir sonucu olarak AB'de yenilenebilir enerji kullanımı önemli ölçüde artmıştır. AB ayrıca biyoyakıt kullanım oranlarını belirlemek için direktifler yayınlamış ve bunları zorunlu hale getirmiştir. 2003 yılında Biyoyakıtlar Direktifi, 2005 yılına kadar araç yakıt arzının %2'sinin, 2010 yılına kadar ise %5,75'inin biyoyakıtlarla ikame edilmesi hedefini koymuştur. 2005'te de 2010'da bu hedeflere ulaşamamıştır. Bununla birlikte 2007 yılında AB'nin biyoyakıt hedefi, üretimin sürdürülebilir olması ve ikinci nesil teknolojilerin ticari olarak kullanılabilir olması koşulları altında 2020 yılına kadar %10 gibi iddialı bir seviyeye yükseltilmiştir (EEA, 2011b).

2.1.1. AB İklim ve Enerji Paketi

2009 yılında büyük bir politika paketi kabul edilmiş ve 20-20-20 hedefleri olarak bilinen bağlayıcı bir mevzuat haline gelmiştir. Bu 'iklim ve enerji paketi' 2020 yılı için aşağıdaki hedefleri içermektedir:

-AB sera gazı emisyonlarının 1990 seviyelerinin en az %20 altına düşürülmesi,

-AB brüt nihai enerji tüketiminin en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi,

-Taşımacılıkta nihai enerji tüketiminin en az %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması,

- Enerji verimliliğinin artırılması yoluyla birincil enerji kullanımında öngörülen seviyelere kıyasla %20'lik bir azalma sağlanması.

Buna ek olarak, üye devletlerden ulusal yenilenebilir enerji planlarını hazırlamaları ve AB Komisyonuna sunmaları istenmektedir. 2009/28/EC sayılı Direktif, her üye devletin ulusal bir yenilenebilir enerji eylem planı kabul etmesini gerektirmektedir. Bu planlar, enerji verimliliğine ilişkin diğer politika önlemlerinin nihai enerji tüketimi üzerindeki etkilerini dikkate alarak, üye devletlerin 2020 yılında ulaştırma, elektrik ve ısıtma ve soğutmada tüketilen yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payına ilişkin ulusal hedeflerini ve yerel, bölgesel ve ulusal makamlar arasındaki iş birliği, planlanan istatistiksel transferler veya ortak projeler, mevcut biyokütle kaynaklarını geliştirmek ve farklı kullanımlar için yeni biyokütle kaynaklarını harekete geçirmek için ulusal politikalar olmak üzere ulusal hedeflere ulaşmak için alınacak yeterli önlemleri ortaya koyması beklenmektedir (European Commission, 2009).

Ulaşım sektöründe, 10 üye devlet (Belçika, Çekya, Yunanistan, İtalya, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İsveç) ulaşımda öngörülenden daha fazla yenilenebilir enerji kullanarak planlanan 2010 paylarını aşmıştır. Estonya planlanan taahhüdünü yerine getirmiş ve çoğunluğu oluşturan 15 üye devlet (Avusturya, Bulgaristan, Kıbrıs, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, İspanya, Malta, Hollanda ve Romanya) planlanan hedeflerinin gerisinde kalmıştır. Ayrıca, sadece beş üye devletin 2003/30/EC sayılı Direktif kapsamında belirlenen %5,75'lik 2010 hedefine ulaştığını belirtmek gerekmektedir (European Commission, 2013b).

2012 yılında Avrupa Komisyonu, Dolaylı Arazi Kullanım Değişikliği konusunu ele almayı amaçlayan ve geleneksel biyoyakıtların karayolu taşımacılığı yakıtının %5'i ile sınırlandırılmasını ve atıklardan, kalıntılardan ve selülozik malzemeden elde edilen biyoyakıtların teşvik edilmesini öngören bir teklif yayınlamıştır (European Parliament, 2015). AB, CO2 emisyonlarını azaltmak için üyelerin uzun vadeli planlar yapmasını ve uzun vadeli adımlar atmasını istemektedir. Ayrıca AB, karbon azaltma teknolojisine yapılacak uzun vadeli yatırımların ertelenmesini istememekte ve ertelenen yatırımlar gelecekte daha pahalıya mal olacağından yatırımcılara uzun vadeli yatırımlara devam etmeleri için güven vermek istemektedir.

Avrupa Konseyi ayrıca, AB ve diğer sanayileşmiş ülkeler için 2050 yılına kadar emisyonlarda %80 ile %95 oranında kesinti hedefiyle karbonsuzlaştırma yolunda uzun vadeli bir taahhütte bulunmuştur (European Council, 2011).

2.2. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Kullanımını Engelleyen Faktörler

AB biyoyakıt konusundaki hedefleri belirledikten ve üye devletleri ulusal planlarını sunmaya ve uygulamaya zorladıktan sonra, başlangıçta AB'de biyoyakıt üretimi artmaya başlamış ve daha sonra bu artış yavaşlamıştır. Biyoyakıt üretimi günün sonunda hedeflenen seviyelere ulaşamamıştır. Halihazırda, alternatif yakıtların pazar gelişimi, teknolojik ve ticari eksiklikler, tüketici kabulü eksikliği ve yeterli altyapı eksikliği nedeniyle hedeflerden hala geri kalmaktadır. Alternatif ulaşım yakıtlarını desteklemeye yönelik girişimler hem AB hem de ulusal düzeyde mevcuttur. Ancak yatırım dostu bir düzenleyici çerçeve ile tutarlı ve istikrarlı bir kapsayıcı stratejinin uygulamaya konulması gerekmektedir (European Commission, 2013a). Ulaştırma sektöründe, ilgili ulaşım sistemlerinin yüksek fiyatları ve yetersiz yakıt altyapısı nedeniyle gelişme engellenmektedir (European Commission, 2012). Avrupa Komisyonu'na ait bir analizi, biyoetanol üretimi için tahıl kullanımının 2010/2011'de toplam tahıl kullanımının %3'ünü oluşturduğunu ve küresel tahıl piyasası üzerinde küçük (%1-2) bir fiyat etkisi olduğunu ortaya koymuştur. AB'de biyodizel tüketimi daha fazladır ve 2008 ve 2010 yılları için gıda yağı mahsulleri (kolza tohumu, soya fasulyesi ve palm yağı) üzerindeki tahmini fiyat etkisi %4'tür. Ayrıca biyoyakıt talebinin gıda piyasasına kıyasla fiyatlara daha duyarlı olduğu ve bu nedenle artan fiyatlar karşısında talebin daha fazla azaldığı görülmektedir. 2008'de ve 2011'de meydana gelen önemli gıda fiyat artışları ve gıda satın alınabilirliği üzerindeki etkisi ve ABD'nin 2012 hasadının kötü olması göz önüne alındığında, AB biyoyakıt tüketiminin herhangi bir şekilde katkıda bulunup bulunmadığını veya kötü hava koşulları, kötü hasat, artan küresel talep, artan petrol fiyatları gibi diğer faktörlerin daha etkili olup olmadığını değerlendirmek önemli hale gelmektedir (European Commission, 2013b).

2.3. 2007-08 Gıda Krizi Sonrasında Avrupa Birliği Biyoyakıt Sektöründe Değişen Durum

2007-08 küresel gıda krizleri sırasında, gıda mahsulleri kullanılarak biyoyakıt üretimi eleştirilere maruz kalmıştır. Ayrıca, AB'de biyoyakıt kullanımı, CO2 emisyonlarının azaltılması ve kırsal kalkınmanın teşvik edilmesi gibi temel hedeflere yeterince hitap etmediği gerekçesiyle mercek altına alınmıştır. Özellikle, biyoyakıtların üretim yöntemi dikkate alınmazsa, bir yaşam döngüsü analizi CO2 emisyonlarının aslında artabileceğini göstermektedir. Başlangıçtaki hedeflere ulaşamamış olsa da AB içinde biyoyakıt üretimi ve üçüncü taraf ülkelerden biyoyakıt ithalatı oranında bir artış olmuştur. Bu artış, Bilim Komitesi'nde hem AB içinde hem de dışında

çevresel baskılara ilişkin artan endişelere yol açmıştır. Endişeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Birinci nesil teknolojilere dayalı biyoyakıt üretimi, fosil enerji tasarrufu ve sera gazlarının azaltılması açısından biyokütle kaynaklarının en iyi şekilde kullanılmasını sağlamamaktadır. Doğrudan ısı ve elektrik üretimine yönelik teknolojiler, araçlar için biyoyakıt üretimine kıyasla ekonomik açıdan daha rekabetçi ve çevresel açıdan daha etkili olduğu için tercih edilmelidir.
2. Biyokütle kullanımı, yaşam çevremizdeki çok değerli ve sınırlı kaynakların yakılmasını içermektedir. Bu kaynaklar mümkün olan her yerde korunmalıdır. Bu nedenle biyokütle kullanımı enerji verimliliğindeki gelişmelerle el ele gitmelidir. Bu durum otomotiv ve konut sektörlerindeki çoğu uygulama için henüz geçerli değildir.
3. Avrupa Çevre Ajansı Bilimsel Komitesi'nin görüşüne göre, ikinci nesil yakıtların önemli bir katkısı olduğu varsayılrsa bile, %10 hedefini karşılamak için gereken arazi mevcut arazi alanını aşmaktadır. Dolayısıyla biyoyakıt üretiminin yoğunlaşmasının sonuçları toprak, su ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki baskıların artmasıdır.
4. %10 hedefi büyük miktarda ek biyoyakıt ithalatı gerektirecektir. Artan biyoyakıt üretimi nedeniyle yağmur ormanlarının tahribatının hızlandığı bazı gelişmekte olan ülkelerde şimdiden gözlemlenebilmektedir. Avrupa dışında sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilmesi ve izlenmesi zordur (EEA, 2008).

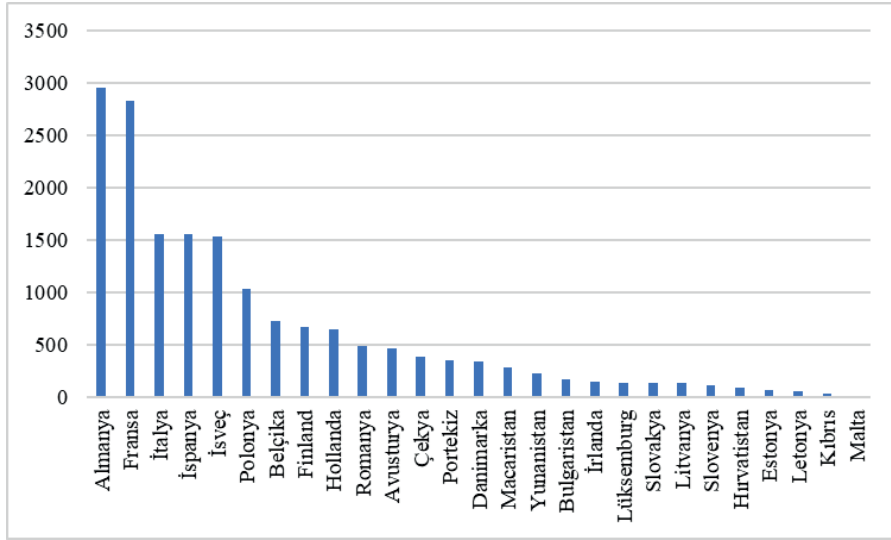
Eleştiriler sonucunda AB, biyoyakıt hedeflerinde değişiklik yapmak zorunda kalmıştır. AB, hedeflerinin bir kısmının karadaki gıda ürünleriyle rekabet etmeyen ikinci nesil biyoyakıtlar tarafından karşılanmasına karar vermiştir. AB bunu yaparken ikinci nesil biyoyakıtların kullanımına verdiği önemi arttırmıştır. İkinci nesil biyoyakıtlar henüz ticari olarak üretilmemektedir. Ancak son yıllarda önemli sayıda pilot ve demonstrasyon tesisi inşa edilmiştir ve araştırmalar çoğunlukla Kuzey Amerika, Avrupa ve bazı gelişmekte olan ekonomilerde (örneğin Brezilya, Çin, Hindistan ve Tayland) gerçekleştirilmektedir (Eisentraut, 2010). Ayrıca, ikinci nesil biyoyakıtların üretimi için hammadde seçimi henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle, ikinci nesil biyoyakıtların durumu belirsizliğini korumakta ve belirlenmesi zor olmaktadır. Buna ek olarak, AB önemli miktarda biyoyakıt ithalatı yapmaktadır ve bu ithalatın hammaddeler üzerindeki etkileri AB'nin kontrolü dışındadır. AB'ye ihracat yapan ülkeler biyoyakıt üretimini arttırmak için yağmur ormanlarını yok edebilmekte, bu da sosyal ve çevresel zararlara

yol açmaktadır. Bu nedenle AB, çeşitli sertifikasyon programları aracılığıyla biyoyakıt üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için önlemler almaktadır. AB, biyoyakıtlar için 13 sertifika programı geliştirmiştir ve şu anda diğer sertifikalar üzerinde çalışmaktadır. AB'ye biyodizel hammadde ihraç eden ülkeler şimdi bu sertifikasyon gerekliliklerine uyduklarından emin olmak için önlemler almaktadırlar.

3. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt Sektöründeki Son Gelişmeler

Tüm AB üye devletleri biyoyakıt pazarlarını geliştirememiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere 2021 yılında Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İsveç ulaşım alanında biyoyakıt tüketiminde hâkim konumdaki ülkelerdir.

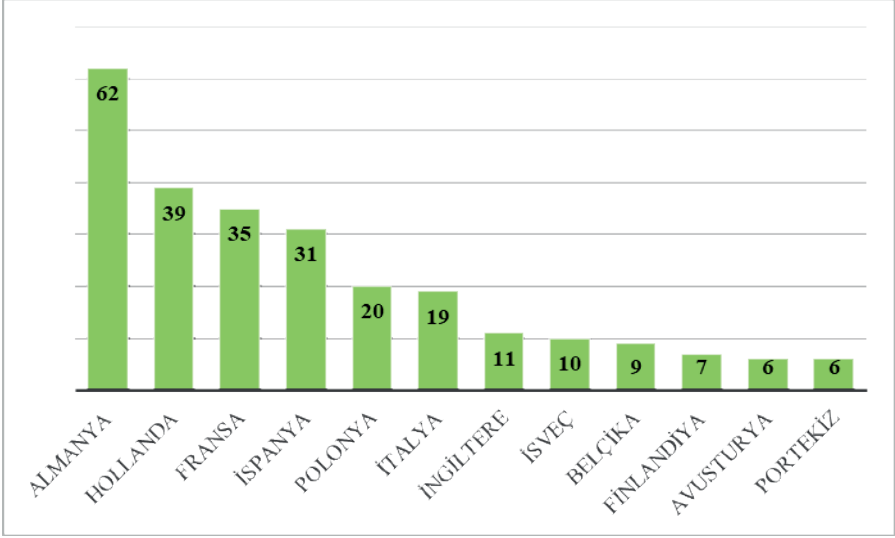
Şekil 2. AB'de 2021 Yılında Ulaşım Sektöründe Kullanılan Toplam Biyoyakıt Hacmi (1.000 ton eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: EurObserv'ER (2022).

AB'de tüketilen biyoyakıtlar için küresel arazi kullanımı 3 milyon hektarın altındadır. Tüm AB üye ülkeleri biyoyakıt hammadde ile ekilen alanları rapor etmemiş olsa da tahminler AB'deki ulusal ekim alanlarının %2'si (Polonya) ile %6'sı (Fransa) arasında bir kısmının bu amaçla kullanıldığını göstermektedir (European Commission, 2013b).

Şekil 3. AB'de 2022 Yılındaki Biyoyakıt Üretimi (günlük 1000 varil eşdeğer petrol cinsinden)



Kaynak: Energy Institute (2023).

Şekil 3'te görüldüğü üzere Avrupa Birliği'nde 2022 yılında biyoyakıt üretimi günde 62 bin varil petrol eşdeğeri ile en yüksek Almanya'da gerçekleşmiştir. Buna karşılık Fransa günde yaklaşık 39 bin varil petrol eşdeğeri üretmiştir. Yerli üretim AB'deki biyoyakıt talebinin büyük bir kısmını karşılarsa da, özellikle biyodizel hammaddesi olarak kullanılmak üzere palm yağı şeklinde ithal edilen önemli bir miktar bulunmaktadır. Gelişmiş dünyada, toplam tüketim artışına bağlı olarak gıda kullanımında %27 ve biyodizel talebinde %73 artış olması beklenmektedir. Biyodizel üretimi için öngörülen büyüme oranı Avrupa Birliği için yıllık yaklaşık %6, Amerika Birleşik Devletleri için ise %2'nin altındadır. Dünyanın geri kalanında yağlı tohum üretiminin, Kanada gibi geleneksel üreticiler ve Paraguay, Ukrayna ve Rusya Federasyonu gibi gelişmekte olan, hızlı büyüyen ülkeler öncülüğünde %34'e kadar artması öngörülmektedir. Bununla birlikte, küresel yağlı tohum üretimi oldukça yoğunlaşmış durumda ve bu da dünya pazarını başlıca üretim bölgelerindeki üretim eksikliklerine karşı savunmasız hale getirmektedir. Avrupa Birliği'nin ithalatı dünyadaki en büyük ikinci ithalat olmakla birlikte, yağlı tohumlara olan talebin büyük ölçüde artan yerli üretimle karşılanması nedeniyle sadece hafif bir artış beklenmektedir (OECD-FAO, 2012).

AB'de nakliye için kullanılan etanol hammaddesinin yaklaşık %80'i yurt içinden temin edilirken, ithalatın büyük kısmı ABD ve Brezilya'dan

yapılmaktadır; ancak Brezilya'dan yapılan ithalat 2008'den bu yana neredeyse yarı yarıya azalmıştır. Sosyal faydalar açısından, AB biyoyakıtlarının tüketimi 2010 yılında AB içinde tahmini 220.000, dünya çapında ise 1,4 milyon istihdam üretmiştir (European Commission, 2013b).

AB'de biyoyakıtlar alanındaki son gelişmeler arasında ikinci nesil biyoyakıt üretimine giderek daha fazla önem verilmesi ve biyoyakıt üretim sertifikaları yer almaktadır. Tarımsal yakıtlar, kısa vadede ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için önemli bir önlem olarak övülürken, aynı zamanda Avrupa Birliği'nin kendi biyokütle kaynaklarından yararlanarak veya ithalatı çeşitlendirerek enerji güvenliğini de desteklemektedir. Nihayetinde, gelişmiş biyoyakıtların bu görevi üstlenmesi beklenmektedir (EEA, 2011a). Gelişmiş biyoyakıtlar, CO2 emisyonlarını önemli ölçüde azaltma ve ekilebilir arazi için gıda ürünleriyle rekabeti önleme yetenekleri nedeniyle geleneksel biyoyakıtlara göre daha üstün bir seçenektir. Bu nedenle Komisyon, AB'de biyoyakıtlarının tüketiminden kaynaklanan dolaylı arazi kullanım değişikliğinin etkilerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla Yakıt Kalitesi ve Yenilenebilir Enerji Direktiflerinde revizyonlar önermiştir. Dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi dikkate alındığında, geleneksel biyoyakıtların kullanımının CO2 emisyonlarında sağladığı düşünölen azalma etkisinin çok daha küçük olduğu ya da emisyonların azaltılmasında herhangi bir etkiye sahip olmadığı görölmektedir. Teklif, atık veya saman gibi gıda dışı hammaddelerden ikinci nesil biyoyakıtların geliştirilmesini teşvik etmek için gelişmiş teşvikler içermektedir (European Commission, 2013b). Ayrıca Avrupa Birliği'nin (AB) ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla yakın zamanda revize ettiği Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED2), her üye devletin ulaştırma sektöründeki nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payının 2030 yılına kadar en az %14 (asgari pay) olmasını sağlamayı hedeflemektedir (Directive (EU), 2018/2001). Gelişmiş biyoyakıtlar, özellikle alternatif olmayan havacılık, denizcilik ve ağır hizmet araçları için kısa ve orta vadede taşımacılığı karbondan arındırmak için mevcut seçenekler arasında yer almaktadır. Ancak değer zincirlerinde ortaya çıkan çeşitli zorluklar nedeniyle üretimleri ve pazardaki alımları hâlâ çok düşüktür (Panoutsou vd., 2021).

Tarımsal endüstriyel çiftçiliğin kendisi de küresel ısınmaya önemli bir katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, özellikle önemli tropik yağmur ormanlarına sahip gelişmekte olan ölkelerde tarım ve enerji bitkilerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak ormansızlaşma ve arazi kullanımındaki değişiklikler, topraklarda depolanan karbonun özellikle turbalıklardan salınması nedeniyle yoğun karbondioksit emisyonlarına (küresel emisyonların yaklaşık %20'si) neden olmaktadır (EEA, 2011a). Soya, kakao ve palmye yağı gibi ticari ürünler,

gelişmekte olan ülkelerde büyük bir hızla çoğalmaktadır; bu da genellikle geleneksel toprak sahiplerinin, geleneksel geçim kaynaklarının ve biyolojik çeşitliliğin zararına olmaktadır. Bu peyzaj dönüşümleri genellikle, ayrıcalıklı olmayan bölgelere kalkınma getirdiği yönündeki baskın bir mantıkla meşrulaştırılmaktadır. Ancak bu tür kalkınma iddiaları ya yüzeysel ele alınmakta ya da çoğu sosyal meseleyi gözden kaçıran basit makroekonomik göstergelerle birleştirilmektedir. Dolayısıyla bu iddialar ciddi eşitsizlikleri gizleyebilmektedir. Kötü kalkınma, yerel aktörleri dışlayan ve yoksullaştıran, ekonomik veya siyasi kapasitelerini ve dolayısıyla sosyal özgürlüklerini zayıflatan adaletsiz bir değişim süreci olarak tanımlanmaktadır (Russo Lopes vd., 2021). Zenginlik ve refah ayrıcalıklı bir elitin elinde toplanırken, hızlı kötü kalkınma genellikle, yerlerinden edilen, modern sektörün rekabetiyle mahvolan nüfusun geniş katmanlarının sosyal ve maddi koşullarının kötüleşmesine neden olmaktadır (Sachs, 1979). Amazon ormanlarının dolaylı arazi kullanım değişikliği yoluyla kaybedilmesi önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Mekanize tarım, mevcut meralara tecavüz etmekte ve onları yerlerinden ederek sınırı ormanın daha da içine itmektir (Arima vd., 2011). 2011-2015 yılları arasında tropik bölgelerdeki ormansızlaşmanın %90 ila 99'undan tarım sorumlu olsa da temizlenen arazilerin yalnızca %45 ila 65'i birkaç yıl içinde verimli tarım alanlarına dönüşmüştür (Pendrill vd., 2022). Orman kayıplarını engellemek, orman riski taşıyan ürünlerden kaçınmak veya yanlış yapanları cezalandırmaktan daha fazlasını gerektirmektedir; sürdürülebilir bir arazi kullanımına geçişe yönelik stratejik düşünceyle daha kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Amazonlar dünya çapındaki etkileri göz önüne alındığında, bulunduğu bölge ve dünya için hayati önem taşımaktadır. Toplumlar, fosil yakıtlar üzerine inşa edilen enerji sistemlerinde karbondan arınma için baskı yaparken, sera gazı emisyonlarının ana kaynağının arazi kullanımı değişikliği olduğu tropikal ülkelerde, yüzyıllar boyunca ormanların yok edilmesi etrafında geliştirilen arazi kullanım rejimlerinden uzaklaşılması iklim değişikliğinin azaltılması açısından enerji dönüşümünden çok daha kritik etkiye sahiptir (Russo Lopes & Bastos Lima, 2022).

AB'nin karayolu taşımacılığında biyoyakıt kullanımına ilişkin hedeflerinden kaynaklanan biyoyakıt ithalatında beklenen artış, sertifikasyon programlarının öneminin artmasına yol açmaktadır. AB'deki biyoyakıt ithalatının seviyesi arttıkça, AB'nin AB'ye biyoyakıt ihraç eden yabancı ülkelerdeki biyoyakıt üretim yöntemlerini izleme kabiliyeti azalmaktadır. AB'ye biyoyakıt hammaddesi ihraç eden bazı ülkeler bu süreçte yağmur ormanlarının zarar görmesine neden olmaktadır. AB'nin biyoyakıt hammaddesi ithalatındaki bu artış, yağmur ormanlarına verilen potansiyel zararı daha da arttırmaktadır. Bu

nedenle AB, sorunu ele almak için sertifikasyon programlarını uygulamaya koymaktadır. Ayrıca, turbalıklar gibi yüksek miktarda CO2 içeren alanların biyoyakıt üretim bölgelerine dönüştürülmesi CO2 emisyonlarını arttırmaktadır. Bu durum, AB'nin temel amaçlarından biri olan küresel ısınmanın azaltılması hedefini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, dönüştürülen arazilerde yaşayan yerli halk, yerel bölgelerinden taşınmak zorunda kalmaktadır. Biyoyakıt hammaddesi üretimi küçük çiftçiler için önemli bir gelir sağlamamakta ve kırsal kalkınmayı engellemektedir. Bu faktörler AB'yi biyoyakıt hammaddelerinin ithalatı için sertifikalar çıkarmaya zorlamıştır. İleriye dönük olarak, biyoyakıt sertifikasyon programları Avrupa biyoyakıt pazarının belirlenmesinde kritik bir rol oynayacaktır. On üç "gönüllü program" biyoyakıtların sürdürülebilirliğini belgelemek üzere Komisyon'dan onay almıştır. Bu da dünya çapındaki biyoyakıt üreticilerinin AB tarafından belirlenen yüksek standartlara uymalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, kayda değer ihracatçı ülkeler (Arjantin, Brezilya, Endonezya ve Malezya) biyoyakıt alanında çevre dostu uygulamalarını ilerletmek için son zamanlarda düzenleyici eylemler gerçekleştirmektedir (European Commission, 2013b). Gönüllü sertifikasyon programları, biyoyakıtların sürdürülebilirliğini tespit eden kontrol sistemleri olarak hizmet vermektedir. Biyoyakıt ithal eden veya üreten şirketler, biyoyakıtlarının sürdürülebilir şekilde üretildiğini kanıtlamak zorundadır (European Commission, 2011). Hem Avrupa içinde hem de dışında tüm çevresel hususlar dikkate alınmalıdır. Sadece sera gazı emisyonlarının önlenmesi değil, aynı zamanda biyoçeşitlilik, su ve toprak kaynaklarının korunması da hayati önem taşımaktadır (EEA, 2011a). Sürdürülebilir olmayan bir şekilde üretildiği takdirde biyoenerji; biyoçeşitlilik, sınırlı su kaynakları ve gıda güvenliği üzerindeki baskıyı artırabilmektedir.

Biyoyakıt sürdürülebilirliğinin göstergelerini oluşturmak için ulusal ve bölgesel düzeyde çok sayıda girişimde bulunulmuştur. Bu çabalardan biri Küresel Biyoenerji Ortaklığı tarafından yürütülmektedir. 11 Mayıs 2006 tarihinde on ülke ve yedi uluslararası kuruluş, Küresel Biyoenerji Ortaklığı'nı (GBEP) kurmak ve G8 Liderlerinin 2005 Gleneagles Zirvesi Eylem Planı'nda dile getirdikleri, özellikle biyokütle kullanımının yaygın olduğu gelişmekte olan ülkelerde biyokütle ve biyoyakıtların yaygınlaştırılmasına yardımcı olma isteğini başlatmak üzere İş Tanımı Belgesi'ni imzalamışlardır. Aralık 2011 itibarıyla GBEP'in üyeleri 23 ortak ülke ve 13 ortak uluslararası kuruluştan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra 23 ülke ve 11 uluslararası kuruluş da gözlemci olarak katılmaktadır. Ortaklık, sürdürülebilir biyoenerji üretimini ve kullanımını ilerletmek amacıyla Sürdürülebilirlik Görev Gücü'nü oluşturmuştur. Görev Gücü, bilim ve teknik uzmanlığa dayanan bir

dizi nicel ölçüt ve gösterge geliştirmiştir. Bu ölçütler, biyoenerji sektörlerini sürdürülebilir bir şekilde geliştirmek isteyen ülkelerdeki politika yapımcılar ve paydaşlar için bir rehber görevi görebilmektedir. Göstergeler, sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik, toplumsal ve finansal yönlerini raporlamak üzere bilinçli olarak tasarlanmıştır (FAO/GBEP, 2011).

AB'deki mevcut ekonomik koşullar ve yenilenebilir enerji destek programlarında yapılan ve düzenleme riskini artıran değişiklikler, hedeflere ulaşmak için her üye devlet düzeyinde ek önlemler alınması gerekeceği sonucuna yol açmaktadır. Üye devletlerin kendi Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planlarından sapmaları, yatırımcılar için şeffaflığı ve kesinliği zayıflatan ve düzenleyici risklere maruz kalmalarını artıran politika değişikliklerine işaret etmektedir. Gelecekteki gelişimini incelediğimizde, yenilenebilir enerji sektörünün ekonomik krizden, özellikle de ekonominin diğer tüm sektörlerinde olduğu gibi sermaye maliyetinden etkilendiği görülmektedir (European Commission, 2013b).

Geleceğin gündemini neyin takip etmesi gerektiği konusunda net bir yönlendirme eksikliği vardır. Bu durum yatırımcılar, hükümetler ve vatandaşlar arasında belirsizlik yaratmaktadır. “2050’ye kadar Rekabetçi Düşük Karbon Ekonomisine Ulaşmak için Yol Haritası”nda özetlenen senaryolar, yatırımların ertelenmesinin daha yüksek maliyetlere yol açacağını ve gelecekte daha büyük aksaklıklara neden olacağını göstermektedir. Uzun vadeli ekonomik istikrarın sağlanması için gerekli yatırımların ertelenmesinden kaçınılması önemlidir. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından vurgulandığı üzere, hükümetler kritik bir rol oynamaktadır ve hızlı hareket edilmesi gerekmektedir. Enerji Yol Haritası 2050, Avrupa için çeşitli potansiyel yolları ayrıntılı olarak değerlendirmektedir. Bu analiz sayesinde Enerji Yol Haritası, Avrupa enerji sistemi için “pişmanlık duyulmayacak” önemli seçeneklere ulaşmıştır. Yol Haritası, enerji arzının modernleştirilmesine yönelik ulusal, bölgesel ve yerel çabaların uzun vadeli etkinliği için teknolojiden bağımsız bir Avrupa çerçevesi oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu çerçeve söz konusu çabaların yerini almamakta, aksine onları tamamlamaktadır (European Commission, 2012).

Belirsizlik, hedeflere ulaşmaya yönelik yatırımlar için önemli bir caydırıcı unsur teşkil ettiğinden, istenen karbon azaltım oranlarıyla uyumlu yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşılması, yukarıdaki önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. 2020 sonrası dönem için stratejiler geliştirilmesi aciliyet arz etmektedir. Ayrıca, havacılık ve ağır taşımacılıkta (elektrik enerjisi için uygun olmayan) artan biyoyakıt kullanımı, gelişmiş biyoyakıtların öncülük etme gerekliliğini güçlendirmektedir (European Commission, 2012).

Yenilenebilir enerjinin gelecekte de AB enerji politikasının temel taşlarından biri olmaya devam etmesi beklenmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan bir rapora göre, yenilenebilir enerji 2050 yılına kadar nihai enerji tüketiminin %55-75'ini karşılama potansiyeline sahiptir. Bu oran 2010 yılında ulaşılan %10'un altındaki orandan önemli bir artış anlamına gelmektedir (IEA, 2012).

2020 sonrası politikaların belirsizliği ve 2020 biyoyakıt hedeflerinde yapılan değişiklikler, uzun vadeli yatırımları yatırımcılar için rahatsız edici hale getirmektedir. Ayrıca, mali kriz yenilenebilir enerji yatırımlarının maliyetinin artmasına neden olmuş ve bu da sektördeki yatırım oranını etkilemiştir. Gerekli yatırımı garanti altına almak için uzun vadeli politikalar netleştirilmelidir. CO2 emisyonunun azaltılması ihtiyacı gibi çeşitli sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler nedeniyle, sertifikasyon programları gelecekte giderek daha önemli hale gelecektir. AB'nin yenilenebilir enerji alanında öncü teknolojiler geliştiren büyük şirketleri olduğu için AB eleştirileri dikkate almakta ancak aynı zamanda biyoyakıt hedeflerini değiştirmek istememektedir çünkü AB bu alandaki liderliğini kaybetmek istememektedir. AB, yatırımcılar tarafından hedeften geri adım atmaması konusunda uyarılmaktadır. Biyoyakıt hedeflerinin değiştirilmesinin yatırımcıların mevzuat risklerini artıracığı ve yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımları engelleyeceği belirtilmektedir. Sonuç olarak, gelecekte yenilenebilir enerjiye uzun vadeli yatırımların teşvik edilmesi zorlaşmaktadır. AB, yatırımcı güvenini korumak için geleceğe yönelik politikalar geliştirmektedir.

Sonuç

Avrupa Birliği zorunlu hedefler koyarak biyoyakıt tüketimini arttırmaya çalışmaktadır. AB'nin biyoyakıt kullanımını arttırmaya yönelik iki temel hedefi öne çıkmaktadır: iklim değişikliğiyle mücadele ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması. AB'nin biyoyakıt tüketimini arttırmaya yönelik temel hedeflerinden biri olan iklim değişikliğiyle mücadele hedefi çok eleştirilmektedir. Dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi hesaplamaları eleştirilerin ana argümanını oluşturmaktadır. AB, dolaylı arazi kullanım değişikliği etkisi nedeniyle biyoyakıtlar için çevresel kriterler hazırlamaktadır. Bu durum AB içinde yerli üretime yapılan vurguyu ve ikinci nesil biyoyakıt üretiminin önemini arttırmaktadır. Birinci nesil biyoyakıtlara yönelik eleştiriler nedeniyle Avrupa Birliği ikinci nesil biyoyakıtlardan elde edilecek biyoyakıt hedefi belirleyerek genel biyoyakıt hedef kullanım hedeflerine revize etmek zorunda kalmıştır.

Avrupa Birliği'nde sürdürülebilirlik kriterleri önemlidir. AB ülkelerine biyoyakıt ihraç eden ülkeler de bu kriterlere uyum sağlamaya çalışmaktadır.

Bu da önümüzdeki yıllarda sertifikasyon programlarının daha da önem kazanacağını göstermektedir. Avrupa Birliği, Avrupa Birliği dışındaki ülkelerdeki biyoyakıt üretim biçimini doğrudan etkileyemeyeceğini bilmektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği yerli üretimi arttırmak istemektedir. Avrupa Birliği ikinci nesil biyoyakıt üretimini bir çare olarak görmektedir çünkü birinci nesil biyoyakıtlar yeterli hammaddeyi sağlayamamaktadır.

Avrupa Birliği, biyoyakıt hedeflerine ulaşmak konusunda hedeflerinden vazgeçmemekte, önüne çıkan engellere çözüm yöntemleri aramaktadır. Biyoyakıt sektörünün Avrupa Birliği'ndeki durumu incelendiğinde AB'nin biyoyakıt sertifikasyonuna yönelik çalışmaların artacağı ve ayrıca ikinci nesil biyoyakıt üretimine yönelik ar-ge faaliyetlerine ağırlık vereceği öngörülmektedir.

Kaynakça

- Arima, E. Y., Richards, P., Walker, R., & Caldas, M. M. (2011). Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 6(2), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/024010>
- Blanco Fonseca, M., Burrell, A., Gay, S., Henseler, M., Kavallari, A., M`Barek, R., Pérez Domínguez, I. & Tonini, A. (2010). Impacts of the EU Biofuel Target on Agricultural Markets and Land Use - A Comparative Modelling Assessment. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Blondel, B., Mispelon, C. & Ferguson, J. (2011). Cycle More Often 2 Cool Down the Planet! Quantifying CO2 Savings of Cycling, European Cyclists' Federation.
- Çemrek, F. & Bayraç, H. N. (2021). The Effect of Biodiesel Market on Economic Growth: Policies in the European Union & Turkey, *BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies*, 3(1), 10-27. doi: 10.47103/bilturk.796162
- Directive (EU), (2018/2001). European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance). Official Journal of European Union L328, 82–209.
- Edwards, R., Szekeres, S., Neuwah, F., & Mahieu, V. (2008). Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties. Petten: European Commission Joint Research Centre, 13 Ekim 2023. ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_biofuels_report.pdf
- EEA. (2008). Opinion of the EEA scientific committee on the environmental impacts of biofuel utilisation in the EU, 6 Temmuz 2013.
- EEA. (2011a). Bioenergy and biofuels: the big picture, 6 Temmuz 2013. <http://www.eea.europa.eu/themes/energy/bioenergy-and-biofuels-the-big-picture>
- EEA. (2011b). Suspend 10 percent biofuels target, says EEA's scientific advisory body, 12 Temmuz 2013. <http://www.eea.europa.eu/highlights/suspend-10-percent-biofuels-target-says-eeas-scientific-advisory-body>
- EEA. (2016). Share of energy from renewable sources, 13 Ekim 2023. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/share-of-energy-from-renewable-sources-1>
- Eisentraut, A. (2010). Sustainable Production of Second-Generation Biofuels, 6 Temmuz 2013. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/second_generation_biofuels.pdf
- Energy Institute. (2023). Biofuel production in Europe in 2022, by country (in 1,000 barrels of oil equivalent per day), 12 Ekim 2023. <https://www.statista.com/statistics/332510/biofuels-production-in-selected-countries-in-europe/>

- EurObserv'ER. (2022). Consumption of biofuels for transportation in the European Union from 2015 to 2021, by fuel type (in metric tons of oil equivalent), 12 Ekim 2023. <https://www.statista.com/statistics/613238/biofuels-consumption-transport-eu/>
- European Commission. (2007). Biofuels Progress Report, 1 Temmuz 2013. http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/07_biofuels_progress_report_en.pdf
- European Commission. (2009). Decision of 30 June 2009 establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive 2009/28/EC (2009/548/EC), 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2009/548/oj>
- European Commission. (2011). Memo: Certification schemes for biofuels, 13 Ekim 2023. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_11_522
- European Commission. (2012). Renewable Energy: a major player in the European energy market, 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52012DC0271>
- European Commission. (2013a). Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy, 6 Temmuz 2013. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0017:FIN:EN:PDF>
- European Commission. (2013b). Renewable energy progress report, 16 Ekim 2023. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0175:FIN:EN:PDF>
- European Commission. (2015). Sustainable development- Climate change and energy, 16 Ekim 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Sustainable_development_-_climate_change_and_energy#Consumption_of_renewables
- European Commission. (2023). The EU transport sector and its contribution to reaching climate neutrality, 14 Ekim 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/overview_en
- European Council. (2011). EU Energy Policy, 8 Temmuz 2013. http://www.european-council.europa.eu/media/171257/ec04.02.2011-factsheet-energy-pol_finaldg.en.pdf
- European Parliament. (2015). EU biofuels policy Dealing with indirect land use change, 13 Ekim 2023. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/545726/EPRS_BRI%282015%29545726_REV1_EN.pdf
- FAO/GBEP. (2011). The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. Rome: FAO/GBEP.
- IEA. (2012). World Energy Outlook 2012, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/weo-2012-en>.

- OECD/FAO. (2012). OECD-FAO Agricultural Outlook 2012, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en.
- Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., Kroyan, Y., Wojcieszuk, M., Maniatis, K., Marchand, P. & Landalv, I. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. *Energy Strategy Reviews*, Volume 34, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100633>.
- Pendrill, F., Gardner, T. A., Meyfroidt, P., Persson, U. M., Adams, J., Azevedo, T., Bastos Lima, M. G., Baumann, M., Curtis, P. G., De Sy, V., Garrett, R., Godar, J., Goldman, E. D., Hansen, M. C., Heilmayr, R., Herold, M., Kuemmerle, T., Lathuillière, M. J., Ribeiro, V., Tyukavina, A., Weisse, M. J. & West, C. (2022). Disentangling the numbers behind agriculture-driven tropical deforestation. *Science*. (New York, N.Y.), 377(6611), eabm9267. <https://doi.org/10.1126/science.abm9267>
- Russo Lopes, G., Bastos Lima, M. G., & dos Reis, T. N. P. (2021). Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Development*, 139, [105316]. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105316>
- Russo Lopes G and Bastos Lima MG (2022) Understanding deforestation lock-in: Insights from Land Reform settlements in the Brazilian Amazon. *Front. For. Glob. Change* 5:951290. doi: 10.3389/ffgc.2022.951290
- Sachs, I. (1979). Development, Maldevelopment and Industrialization of Third World Countries. *Development and Change*, 10(4), 635–646. doi:10.1111/j.1467-7660.1979.tb00057.x

Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Girişimciliğin Yeşil Büyümeye Etkileri: Türkiye ve Dünya'dan Yeşil Girişimcilik Örnekleri

Hilal Alpdoğan¹

Yasemin Atik²

Özet

Doğal kaynakların sınırlı olması ve her geçen gün kaynakların azalması, insanları bu kaynakları daha ihtiyatlı kullanmaya ve bir çok alanda sürdürülebilir yeni kaynaklar bulmaya sevk etmektedir. Çevre ile ilgili konular gittikçe daha çok önem kazanmakta ve sorunların temelinde ekonomik faaliyetler başta gelmektedir. Ekonomik faaliyetlerin ortaya çıkardığı negatif dışsallıkları azaltmak, büyüme ve kalkınmanın sürdürülebilir hale gelmesini sağlamak adına Birleşmiş Milletlerin öncülüğünde 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile birlikte çevresel sürdürülebilirlik pek çok alanda etkili olduğu gibi iktisadi faaliyetlerin oluşum şeklinde de etkili olmuştur. Bu bağlamda yeşil girişimcilik faaliyetleri büyük önem arz etmektedir. Ekonomik kazanç elde etme amacıyla çevresel sürdürülebilirlik ilkesini benimseyen iş modelleri ve çözümler geliştiren yeşil girişimciler, hem çevresel etkileri minimize etmeyi hem de toplumsal fayda sağlamayı hedeflerler. Pek çok endüstride yeşil girişimcilik örneklerine rastlamak mümkündür. Yenilenebilir enerji projeleri geliştirme, enerji verimliliği danışmanlığı, geri dönüşüm ve atık yönetimi, organik tarım ve sürdürülebilir gıda üretimi, su kaynakları yönetimi, çevre dostu ürünlerin tasarımı ve pazarlaması gibi pek çok farklı örnekler verilebilir. Yeşil ekonomi ve büyüme açısından yeşil girişimciliğin önemine değinmek gerekirse; kaynakların verimli kullanılması, çevresel etkilerin azaltılması, yenilikçi ve teknoloji odaklı yaklaşımlar, toplumsal farkındalık ve bilinç oluşturma, rekabet avantajı ve iyi kurumsal imaj kazanma gibi pek çok şey sayılabilir. Bu çalışmada da yeşil girişimciliğin kavramsal

- 1 Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, halpdogan@subu.edu.tr, 0000-0002-9183-4865
- 2 YL Öğrencisi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, yasemin.atik89@gmail.com, 0009-0004-7143-2836

çerçevesi açıklandıktan sonra, yeşil ekonomi ve yeşil büyüme açısından önemine değinilecektir. Çalışmanın devamında Türkiye ve dünyada yeşil sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomi adına yapılan girişimcilik faaliyetleri değerlendirilecektir.

1. Giriş

Çevresel sorunların temel nedeni, insan faaliyetlerinin çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerdir. İnsanların nüfus artışı, endüstrileşme, teknolojik ilerlemeler ve çeşitli tüketim alışkanlıkları gibi etkileşimlerinin, doğal çevre ve ekosistemler üzerinde derin ve karmaşık etkileri söz konusudur. Bu nedenlerin birleşimi, çevresel sorunların karmaşık ve küresel boyutlarda olmasına yol açar. Ancak, çevre bilincinin artması ve çevreye duyarlı davranışların benimsenmesi, çevresel sorunların azaltılması ve çözümlenmesi için önemli bir adımdır. Çevresel sorunların çözümü için bireysel hareketlerden ziyade kitlesel ve örgütsel hareketler büyük önem arz etmektedir. Bu noktada çevresel sorunlarda büyük paya sahip endüstriyel birimlere büyük görevler düşmektedir. Günümüzde işletmeler ve girişimciler iktisadi varlıkları ve ömürlerinin devamı için sadece kâr elde etmenin yeterli olmadığını farkındadır. Bu nedenle çevresel bilincin organizasyon ve üretim süreçlerine entegre edilmesi yönünde adımlar atmaya başlamışlardır. Ekonomik hedeflerin gerçekleştirilmesinin yanı sıra toplumsal, sosyal ve çevresel konularda kitle bilincini etkileyecek sosyal ve çevresel sorumluluk projeleri gerçekleştirmek, organizasyon ve üretim sürecini bu bilinçle yeniden şekillendirmek atılan önemli adımların başında sayılabilir. Literatüre bakıldığında atılan bu adımları yeşil girişimcilik kavramı etrafında toplamak mümkündür.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, yeşil girişimciliğin kavramsal çerçevesini açıkladıktan sonra, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemine vurgu yapmaktır. Yeşil girişimcilik ve yeşil büyüme arasındaki ilişkiye değinildikten sonra, Türkiye ve dünyada yeşil girişimciliği destekleyen politikalara dikkat çekilecektir. Ayrıca, Türkiye ve Dünya'da yeşil girişimcilik örneklerine de değinilecektir. Bu çalışma, yeşil girişimciliğin kavramsal çerçevesini oluşturarak, farklı endüstrilerde ortaya çıkmış yeşil girişimcilik örneklerini derleyerek, literatüre önemli katkılarda bulunmayı hedeflemektedir.

2. Kavramsal Çerçeve

Çalışmanın bu bölümünde yeşil girişimciliğin geleneksel girişimcilikten günümüze kavramsal gelişimi açıklanacaktır. Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik kavramı açıklanarak tarihsel gelişim süreci anlatılacaktır. Bu bölümde ayrıca yeşil büyüme kavramı açıklanarak, yeşil girişimcilikle ilişkisine değinilecektir.

2.1. Geleneksel Girişimcilikten Yeşil (Eko) Girişimcilige

İnsanlık tarihi kadar eski olan girişim ve girişimcilik kavramları, iktisat literatüründe dört üretim faktöründen biri olan “teşebbüs” veya “mütesebbis” ile karşılık bulmaktadır. Girişim; bir işi, olayı gerçekleştirmek için harekete geçme, başlama anlamına gelirken girişimci ise bu işi, olayı yerine getiren kişi olarak tanımlanabilir (Tekin, 2019). Bu açıdan baktığımızda girişimci bulunduğu pazardaki arz ve talebi yönlendirirken girişimcilik faaliyeti ise kaynakları tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanma faaliyeti olarak düşünülebilir.

Girişimcilik kavramı ilk kez 18. yüzyılda İrlandalı ekonomist Cantillon tarafından iktisat literatürüne kazandırılmıştır. Üretim unsurlarının en önemli yapı taşlarından olan kaynaklar, sermaye ve emek iyi düşünülmüş bir girişimcilik ruhu ile yoğunlaşmazsa yapılan iş veya verilen hizmet uzun vadede değer yaratmayacaktır.

Fransız iktisatçı Say ile de bu kavram bugünkü anlamına kavuşmuştur. Say’ce göre girişimci; elde edeceği kâr için çeşitli riskleri göze alarak üretim faktörlerinin bir araya getirilmesiyle değerli olduğu düşünülen bir malın üretilmesini sağlayan kişidir (Binks & Vale, 1990). Bu alanda yeterli yetkinliğe sahip olan Schumpeter ise girişimciyi kullanıcının daha önceden tanımadığı değerleri yenilikçi anlayış ve üstün kalite ile sunan, henüz hiç kimse tarafından farkedilmemiş pazarları keşfeden kişi olarak tanımlamaktadır (Harvey vd., 2010).

Girişimcilik yazınına önemli katkıları olan Hisrich ve Peters’a (2001) göre girişimci; üretim için gerekli olan emek, sermaye, hammadde ve diğer kaynakları ekonomik, sosyal değerler ve faaliyetler geliştirmek üzere bir araya toplayan kişi olarak tanımlamaktadır. Casson (1995) ve Foss ve Klein’e (2002) göre ise girişimcilik; risk alma, fırsatları görebilme, yeni bir şey ortaya koyma ve onu uygulayabilme gibi ve adımların bütünü olarak değerlendirilmektedir. Tüm bu tanımlardan yola çıkarak girişimci; bireye ve topluma fayda sağlayacak, katkıda bulunabilecek değişimler yapabilmek adına, ekonomik fırsatları yeni değerlere dönüştüren kişi olarak tanımlanabilir. Girişimcilik sadece bir insanla, bir kurumla, bir sektörle ya da bir ülkeyle sınırlı değildir. Girişimci davranış tüm toplumlarda ve her türlü ekonomik koşulda uygulanabilir. Bu kavram genellikle bir kişi ve kişilerle ilgili olarak kullanılsa da yapılan iş ve büyümeye yönelik yapılan tüm çabalar ile de bütün bir işletmenin girişimci olarak değerlendirilmesi mümkündür (Schaper, 2010).

Schaper’ce (2002) göre girişimci, üç farklı şekilde tanımlanmaktadır. Bunlardan birincisi; *geleneksel girişimcilik*. Bu kavram genellikle küçük

işletmelerin yönetim anlayışı ile ilişkilendirilmektedir. Geleneksel girişimci zamanla büyümesi muhtemel kendi küçük ölçekli işletmesini kuran kişi olarak kabul edilmektedir. Aynı girişimciler var olan büyük ölçekli bir işletmede de faaliyet gösterebilirler. Bu tür girişimciler buldukları işletmede yeni ürün/hizmet oluşumuna, yeni iş kollarının oluşturulmasına ve işletme içi değişimin sağlanmasına yardımcı olur. Bu girişimciler *kurumsal girişimci veya örgüt içi girişimci* olarak tanımlanır (Pinchot, 1985). Son olarak toplumsal sorunların çözülmesine yönelik çeşitli faaliyetlerde bulunan, kâr amacı gütmeyen *sosyal girişimciler* bulunmaktadır.

Schaper'e (2002) göre genel olarak üç farklı girişimci tanımı bulunmakla birlikte bunların dışında yeni bir girişimci türü olan *eko-girişimcilik* kavramından bahsetmektedir. Schaper'a göre eko girişimcilik; bir örgütün hedeflerini gerçekleştirirken aynı zamanda yapmış olduğu faaliyetlerle topluma fayda oluşturacak, insanlar ve çevre üzerindeki negative etkileri azaltacak çalışmaların tümünü kapsamaktadır. Eko girişimcilik, yeşil yönetim faaliyetleri kapsamında ortaya çıkan girişimciler için henüz çok yeni ve anlaşılmayan bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmıştır.

Günümüzde girişimcilik kavramının ilk tanımı 18.yy'da yapılmış olmakla birlikte tarih içerisinde geliştirilerek ve çeşitli alanlara ayrılarak her geçen gün yeniden üzerine fikir üretilerek ele alınan bir kavramdır (Bull & Willard, 1993). Girişimcilik, disiplinler arası bir kavram olması nedeniyle her disipline göre farklı biçimlerde yorumlanmıştır. Bu sebeple pek çok girişimcilik tanımı karşımıza çıkmaktadır. Bununla beraber her disiplin tarafından kabul edilen, girişimcileri ortak bir paydada buluşturan tanımlar da bulunmaktadır. Girişimcilik kavramı düşünme ve problem çözme, yönetici becerilerine sahip olma, strateji geliştirme ve idare edebilme vb. özellikleri ile yönetim biliminin; yatırım fırsatları yakalayabilme, pazar dinamiğini yönlendirme, katma değerli hizmet üretebilme vb. özellikleri ile ekonomi biliminin; kişilik ve benliği oluşturma yönünde kazandırdığı tüm özellikler açısından ise sosyoloji biliminin ilgi alanına girmektedir (ESİAD, 1996).

Çok yönlü olan girişimcilik kavramının farklı alanlarda farklı boyutlar kazanması, ekonomik gelişme için itici bir güç oluşturması bu alana yönelik ilgiyi ve araştırmaları arttırmıştır. Girişimcilik iktisat yazınında olduğu kadar, sosyal bilim ve işletme disiplininde de büyük ilgi görmüştür. Özellikle yakın dönemde yapılan çalışmalar incelendiğinde girişimcilik teorisine önemli katkıların işletme alanından geldiği de görülmektedir (Shane, 2002; Casson, 1995; TÜSİAD, 2002). 1980 sonrasında girişimciliğin sosyal ve kültürel bir faaliyet olması, toplumsal yapıyı şekillendiren ona yeni boyut kazandıran bir etken olması girişimciliğe sosyolojik açıdan bakılmasını gerekli kılmıştır.

Sosyolojik açıdan girişimcilik; iktisadi süreçlerdeki rolünün yanı sıra aynı zamanda toplumsal ve kültürel süreçlerdeki değişimin, yeniliğin bir başlatıcısı olarak görülmektedir (Aytaç & İlhan, 2007).

Literatüre bakıldığında girişimcilik ve çevre ile ilgili konular 1980’li yılların sonu ve 1990’lı yılların başından itibaren birlikte incelenmeye başlanmıştır. Steven Bennett 1990’ların başında ortaya çıkan eko-girişimcilik kavramını yayın dizininde ilk kez iş fırsatları olarak anlattığı eko girişimcilik ile ilgili eserlerinden birini yayınlamasıyla yerini almıştır. 1990’lı yılların sonuna doğru bu alanda yapılan araştırma sayısı giderek artmış olup eko-girişimcilik bir çok araştırmacının ilgi duyduğu alan haline gelmiştir (Kyrö, 2001; Larson, 2000; Wiklund, 1999).

Eko-girişimcilik kavramı “ekolojik” ve “girişimcilik” kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşan çevreye duyarlı, çevresel faktörleri önemseyen girişimcilik türü olarak tanımlanmaktadır (Schaltegger & Burritt, 2005). Bu kavram ile ilgili literatürde birden fazla tanım bulunmaktadır. Isaak’a (1997) göre eko-girişimci ve eko-girişimcilik, bulunduğu ekonomik sektörü çevreye duyarlı bir sistem haline dönüştüren, sosyal sorumluluk üstlenen kişi şeklinde ifade edilmiştir. Ekogirişimcilik ise sürdürülebilirliği ilke haline getiren bir işletme davranışı olarak nitelendirilebilir (Aydın & Çakar, 2014). Anderson ve Leal (1997) eko-girişimciliği, -vahşi yaşam alanını geliştirmek, tehlike altında olan türleri korumak, çevresel kalite geliştirmek ve doğayı korumak için iş araçlarını kullanan girişimcilik- olarak tanımlamaktadır. Schuyler’e (1998) göre ise eko-girişimcilik -iş çabalarını sadece karlılık güdüsüyle değil bunun yanında çevresel endişeleri de dikkate alan girişimciler tarafından oluşturulan bir kavram- olarak tanımlanmaktadır.

Girişimcilik konuları ile ilgilenen araştırmacılar tarafından çevre ve girişimcilik konuları yorumlanırken bugüne kadar bir çok farklı terim kullanılmıştır. Bunlar arasında en kabul görmüş terimler Berle’nin (1993) çalışmasında bahsettiği yeşil girişimcilik, Schaper’in (2002) eko-girişimcilik ve Keogh ve Polonski’nin (1998) çevresel girişimcilik kavramlarıdır. Schaper’e göre bu kavramlar temelde aynı düşüncüyü paylaştığı için birbirinin yerine kullanılabileceğini savunmaktadır (Pachaly, 2012).

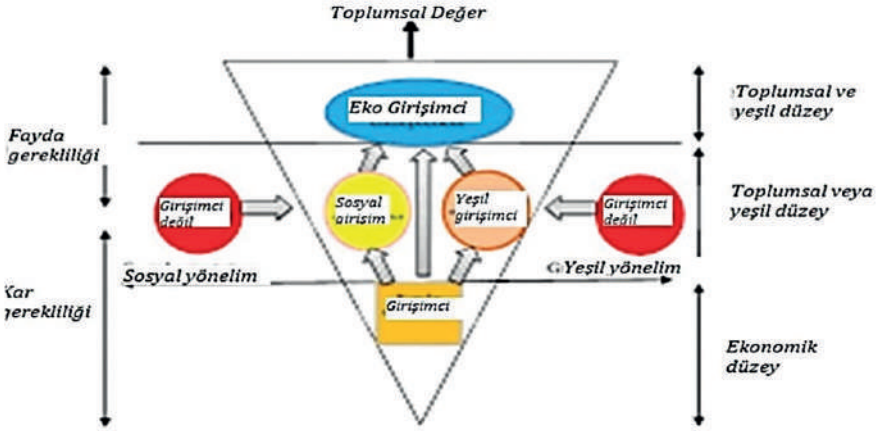
Çevreye duyarlı, çevreci girişimcilik olarak da adlandırılan bu yeni girişimcilik türü toplumsal, ekonomik ve çevre şartlarını düzeltmek adına sektör ayrımı gözetmeksizin kurulan yeni ve yenilikçi işler olarak tanımlanmaktadır (Kapusuz & Çavuş, 2017). Eko-girişimcilik ise doğrudan çevre ile ilişkili iş alanlarında yapılan faaliyetler için kullanılan bir kavramdır (EKOIQ, 2015). Literatür incelendiğinde eko-girişimcilik kavramı için ortak bir tanımın bulunmadığı dikkat çekmektedir. Fakat temelde hepsinde

girişimciler kendi iş hedeflerinde yeşil değerleri önemli bir unsur olarak görmektedirler.

Araştırmacıların yeşil (eko) girişimcilik üzerine yapmış oldukları tanımlardan bazıları şu şekildedir. Allen ve Malin'e (2008) göre yeşil girişimcilik, ürün veya hizmet pazarında rekabet edebilmek adına yapılan işlerde çevre unsurunu bu olayın bir bölümü olarak kabul etmek şeklinde tanımlar. Volery (2002) ise yeşil girişimcileri "çevre-bilinçli girişimci" olarak ifade etmektedir. Özçalık ve Tezsürücü'ye (2012) göre yeşil lojistik çevreye ait unsurları, inovasyonun ve yaratıcılığın unsuru olarak gören çevreye duyarlı enerji kaynakları ile tüm canlılar adına daha temiz içerikli işler üretme olarak tanımlamaktadır. Kaur'a (2014) göre yeşil yenilik veya eko yenilik çevre üzerindeki tahribatı azaltıp en aza indirmek ve yok etme adına yeni veya yenilenmiş süreçler, uygulamalar, sistemler, ürünler şeklinde tanımlanmaktadır.

Yeşil girişimcilik kavramı ilk defa Gustav Berle'nin 1993 yılında çıkarmış olduğu kitapla kavramsallaşmıştır. Berle yeşil girişimciliği, *"Arzu edilen dünyanın yaratılması ve korunması için alınan sorumluluk"* olarak tanımlarken, yeşil girişimci *"çevreye ait sorunlara odaklanırken, başarılı bir şekilde geçimini sağlamayı ama edinen birey"* olarak tanımlamıştır (Hall, 2013). Anderson'a (2000) göre yeşil girişimcilik, çevre ve çevresel şartların korunup yükseltilmesini temel alan tüm ekonomik ve/veya girişimcilik faaliyetleri olarak tanımlanmıştır. Isaak (2005) ise yeşil girişimci/liği hem çevreci hem de ekonomik amaçlı yapmış olduğu faaliyetlerini yürütürken temelde ekolojik sorunları da çözmeyi hedefleyen yeni ticari ve organizasyonel yapı olarak açıklamıştır. Esty ve Winston'a (2006) göre yeşil girişimcilik, çevreyi ve doğayı bir iş uygulaması ve stratejisinin odağına yerleştiren her türlü ticari faaliyetler olarak tanımlanmıştır. Dean ve McMullen (2007) çalışmasında, ekolojik ve ekonomik sürdürülebilirliğin ancak çevresel sorunlar ve bozulmanın azaldığı bir gelecek senaryosunda devamlı kılınabileceğini savunmuş ve bunun da yeşil girişimcilik sayesinde kurgulanabileceğini belirtmiştir. Son olarak OECD (2011) tarafından yapılan yeşil girişimcilik tanımına göre; kirliliği, israfi ve çevresel riski en aza indirmeyi amaçlayan temiz teknoloji, hizmet ve ürünleri kapsamaktadır.

Şekil 1. Geleneksel Girişimcilikten Eko Girişimciliğe Geçiş



Kaynak: Gökdayı, 2021, ss.44.

2.2. Yeşil Girişimcilik ve Geleneksel Girişimciliğin Benzer ve Farklı Yönleri

Geleneksel ve yeşil girişimcilik kavramlarına ait tanımlar incelendiğinde, geleneksel girişimcilik ve yeşil girişimciliğin benzer yanları olduğu kadar ayrıştığı yönleri de bulunmaktadır. Bu benzerlik ve farklılıklara odaklanan Schaper'e (2016) göre, yeşil girişimcilik, geleneksel girişimciliğin kar amacı gütmeme, risk alma ve yenilikçilik gibi pek çok temel özelliğini odağında tutar.

Yeşil girişimciyi geleneksel girişimciden ayıran en temel fark; yeşil girişimci yapmış olduğu iş ve işlemlerde ekonomik açıdan karlı, çevreye ve çevresel faktörlere karşı duyarlı bir model ortaya çıkarmak ister. İş ve faaliyetlerinin özünde çevreyi koruma fikri yatar. Yeşil girişimciler, bir yandan toplumun ihtiyaçlarına cevap ararken diğer taraftan yaşanabilir bir dünya için mal ve hizmet sunar. Bunun yanı sıra her girişimcilikte olduğu gibi yeşil girişimcilik de yenilik ortaya çıkarma, ürün ve hizmet geliştirme ve sektör başarısı gibi konularla ilgilidir (Keskin, 2016).

Temelde yeşil girişimciliği geleneksel girişimcilikten ayıran üç ana husustan bahsedilebilir. Birincisi Abell'e (1980) göre işlevdir. Yeşil girişimci kar elde etmenin yanı sıra topluma fayda sağlamayı da ön planda tutar. İkincisi teknolojidir. Yeşil girişimciler kullandıkları üretim yöntemlerinde çevreye en az zarar veren modeli seçerler. Üçüncüsü ise müşteri gruplarıdır. Ürün ve hizmetlerin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynayan müşteriler kendi etik değerlerini izleyen hedef kitledir. Yeşil girişimciler yapmış oldukları

faaliyetlerde ve büyümek için almış olduğu kararlarda çevre dostudur. Yeşil girişimcilerin işletme ilkelerinde, politikalarında ve yaptıkları uygulamalarda hedef kitlesinin, personellerinin, içinde bulunduğu topluluğun ve çevrenin yaşam standartlarını yükseltme hedefi ilk sırada yer almaktadır (Satı & Yılmaz, 2008). Başka bir ifade ile yeşil girişimciler çevre etkilerine odaklanan kişilerdir. Yeşil girişimciler bireysel, toplumsal ve ekonomik unsurları dikkate alarak ürün ve hizmet üretimi için yenilikçi çözümler geliştiren kişilerdir. Girişimcilerin yaratıcı olma, risk alabilme, kendine güven, akılcılık, rekabetçilik, bağımsızlık, yenilikçilik gibi ortak özellikleri bulunmaktadır. Yeşil girişimcilerde bu özelliklere ek olarak iki önemli güç bulunmaktadır. Bunlar çevresel değerlere karşı tutku, inanç ve pazardaki boşluğun bulunarak buna çevreci çözümler bulunabilmesidir. Bu durum kişilerin çevre sorunları hakkında bir farkındalığının olmasını, ilgili alanlarda bilgi sahibi olmasını gerektirir. (TTGV, 2012). Yeşil girişimciler çevreci olma yolunda yeşil tasarım, yeşil süreç ve sürdürülebilirliğe bağlı kalarak bulunduğu sektörü geliştirip değiştirmek isteyen kişilerdir (Kaur, 2014). Yeşil girişimci iş ve faaliyet süreçleri çevreyi koruma, iyileştirme hedeflerini koyan tüm girişimci hareketleri ifade eder. Bu yönüyle de geleneksel girişimciden ayrılır. Yeşil girişimcilik temelde sosyal bir sorumluluğu yerine getirme ve çevre ile ilgili sorunların çözümüne yönelik katkı ve düzenleme sağlamak üzerine ortaya çıkmıştır. Yeşil girişimciler dünyayı değiştirmek, sosyal çevre ve yaşam alanlarının kalitesini artırmak, ekonomik bir gelir elde etmek ve girişimlerini büyütme isteklerine göre sınıflara ayrılabilir (Bell & Stellingwerf, 2012).

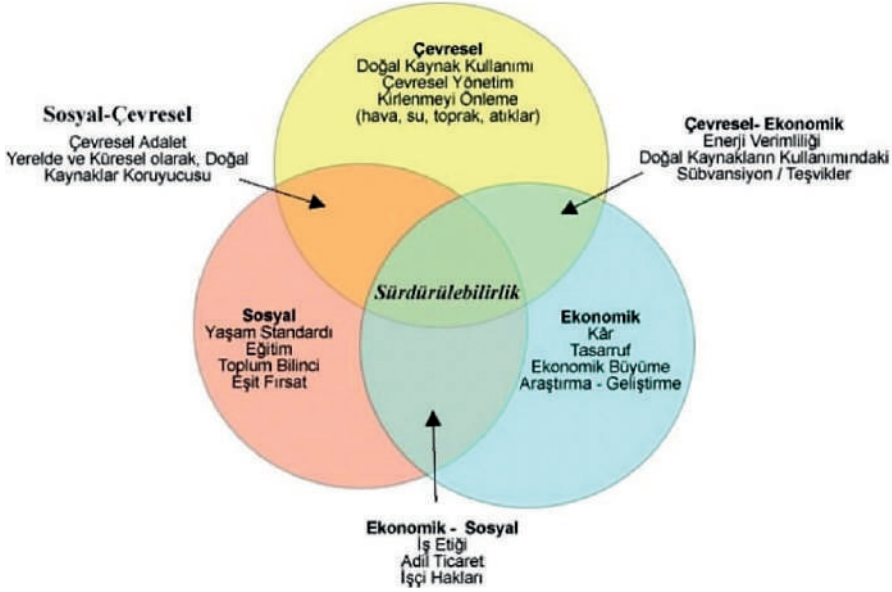
Yeşil girişimciler diğer birçok girişimci gibi içinde bulunduğu pazardaki fırsatları gören, o fırsatlardan bir değer yaratan ve bunları yaparken sürdürülebilirliği sağlayan kişilerdir. Yeşil girişimci bunları gerçekleştirirken kar elde etme düşüncesi ile hareket etmeyip toplumsal ve sosyal sorunlara çözüm geliştirmek düşüncesi ile hareket eden bir sosyal girişimci olarak kabul edilir. Fakat bu durum yeşil girişimcilerde yaptıkları faaliyet sonucunda herhangi bir ekonomik gelir elde etmediği anlamına gelmemelidir. Aksine hem sosyal sorunlara çözüm bulup topluma ve çevreye faydalı işler üretilmesi hem de bu durumdan bir kazanç elde edilmesi onlar için en önemli motivasyon unsurlarından biridir (OECD, 2013).

2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik Nedir?

Sürdürülebilirlik, bir sistemin ya da faaliyetin gelecekte de devam edebilmesini sağlamak amacını taşır. Bu kavram genellikle çevre, ekonomi ve toplum arasındaki dengeyi koruyan bir yaklaşım olarak tanımlanır. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanılmasını, çevresel etkilerin azaltılmasını ve insanların ihtiyaçlarını karşılamak için

sosyal adaleti sağlamayı hedefler. Sürdürülebilirlik kavramının uygulanması için, çevre, ekonomi ve toplum arasındaki ilişkilerin dengeli bir şekilde yürütülmesi gerekir. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların ekosistem içindeki varoluşunun korunmasıyla uyumlu bir şekilde yönetilmesini ifade ederken; sosyal bilimlerde sürdürülebilirlik, sadece ekonomik büyüme ile sınırlı olmayan refah düşüncelerine, adalet endişelerine, hükümetlerin çevre ve doğal kaynaklara yönelik tehditlere müdahale etme ihtiyacına ve tutarlı bir sosyal sistem korunmasına odaklanır (Eppel, 1999).

Şekil 2. Sürdürülebilirliğin Bileşenleri



Kaynak: Güner, (2020: 5).

Sürdürülebilirlik ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları içerebilir. Ekonomik boyutu, insanların ihtiyaçlarını karşılamak için ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilir şekilde yürütülmesini, sosyal boyutu ise insanların ihtiyaçlarını karşılamak için sosyal adaleti sağlamayı hedefler. Çevresel boyutu ise insanların ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanılmasını ve çevresel etkilerin azaltılmasını hedefler. O halde çevresel sürdürülebilirliği doğal kaynakların sürekliliğinin sağlanması şeklinde ifade etmek mümkündür (Kaypak, 2011; Küçük & Güneş, 2013; Menteşe, 2017). Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların etkili bir şekilde kullanılması, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve ekosistemlerin korunmasıyla birlikte insanların ihtiyaçlarını karşılamak ve gelecek kuşakların

da aynı ihtiyaçları karşılayabilmesini sağlamak amacıyla kullanılan bir kavramdır. Bu yaklaşım, doğal kaynakların tükenmesini önlemek, biyolojik çeşitliliği korumak, çevre kirliliğini azaltmak, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde işleyişini sürdürmek gibi hedefleri içerir. Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakları yeniden kullanma, geri dönüşüm, enerji verimliliği, su yönetimi, atık yönetimi, çevre dostu ürünlerin tasarımı gibi stratejileri içerir. Aynı zamanda, çevresel bilinç ve farkındalığın artırılması, çevre politikalarının oluşturulması ve uygulanması, toplumun katılımı ve işbirliği gibi unsurlar da çevresel sürdürülebilirliğin temel bileşenleridir.

Çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınmanın uzun vadeli bir perspektifle gerçekleştirilmesini hedefler. Bu yaklaşım, insanların yaşam kalitesini yükseltirken doğal kaynakları korumayı ve gelecek nesillere aktarılabilir bir çevre bırakmayı amaçlar. Böylece, çevresel sürdürülebilirlik, hem ekonomik refahı sağlamak hem de çevresel dengeyi korumak için önemli bir stratejidir.

Çevresel sürdürülebilirlik kavramının gelişimi, endüstrileşme süreciyle birlikte ortaya çıkan çevre ile ilgili sorunlar ve bu kaynakların kısıtlı olduğunun farkına varılmasıyla şekillenmiştir. Sanayinin gelişmesi, nüfusun artışı ve şehirleşme gibi faktörler, doğal kaynakların aşırı kullanımına, çevre kirliliğine, habitat tahribatına ve iklimsel değişiklik gibi ciddi sorunlara yol açmıştır. Bu sorunların artmasıyla birlikte, çevreye duyarlılık ve çevresel sürdürülebilirlik konuları önem kazanmıştır. 1960'lı ve 1970'li yıllarda çevresel sorunlar ve doğal kaynakların korunması üzerine bilinçlenme başlamıştır. Bu dönemde çevre hareketleri, doğal çevrenin korunması, çevre kirliliğinin azaltılması ve doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması gibi konulara odaklanmıştır. Aynı dönemde Birleşmiş Milletler ve diğer uluslararası kuruluşlar da çevresel sorunlara çözüm bulmak amacıyla çalışmalarına başlamıştır.

1980-1990'lı yıllarda çevresel sürdürülebilirlik kavramının gelişiminde önemli bir dönem olmuştur. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınladığı "Our Common Future" (Bizim Ortak Geleceğimiz) raporu, çevresel sürdürülebilirlik kavramını uluslararası arenaya taşımıştır. Bu rapor, çevresel korumanın ekonomik kalkınma ile uyumlu olması gerektiğini vurgulamış ve "sürdürülebilir kalkınma" terimini tanımlamıştır. Bu dönemde, çevresel sürdürülebilirlik kavramı ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları içeren bir yaklaşım olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, ekosistemlerin

korunması, çevre kirliliğinin azaltılması, iklim değişikliğiyle mücadele gibi hedefleri içeren bir bütüncül yaklaşımı ifade etmektedir.

2000’li yılların başından itibaren çevresel sürdürülebilirlik, uluslararası düzeyde daha da önem kazanmıştır. 2015 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kabul edilen 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, çevresel sürdürülebilirlik konusunu da içeren 17 hedefi kapsamaktadır. Bu hedefler, dünya genelinde çevresel sorunları çözmek ve sürdürülebilir bir gelecek için eylemleri teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, çevresel sürdürülebilirlik kavramı, çevresel sorunların farkına varılması ve doğal kaynakların sınırlı olduğunun anlaşılmasıyla gelişmiştir. Uluslararası kuruluşlar ve çevre hareketlerinin çalışmalarıyla güçlenen bu kavram, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları içeren bütüncül bir yaklaşımı ifade etmektedir.

2.4. Yeşil Girişimcilik ve Yeşil Büyüme

Ekonomik büyüme de “yeşil” kavramı 1970’li yıllardan beri çeşitli platformlarda dile getirilmektedir. İlk başlarda ekonomi de yeşil kavramı siyasi odakların ekonomik faydalarından bağımsız olarak ekosistemin yeşil ve mavi altyapılarına olan sorumluluklarının bir ifade olarak kullanılmaktaydı (UNEP, 2011). Son yıllarda küresel iklim krizinin etkilerinin artması, yenilenemez enerji kaynaklarının artan talep karşısında yetersiz kalması ve çevreye verdiği zararın boyutlarının büyümesi gibi pek çok nedenle birlikte ekonomide yeşil büyüme daha da önem kazanmıştır (Lorek & Spangenberg, 2014). Yeşil ekonomi kapsamında belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için olası her aktörün belirlenen politikaları benimsemesi ve uygulaması gerekmektedir. Yeşil girişimciler de yeşil ekonomi uygulamalarının en önemli aktörleri arasında yer almaktadır. Yeşil girişimcilik, yeşil ekonomi bağlamında değerlendirildiğinde büyük bir itici güç olduğu görülmektedir (Turna & Baycan, 2022). Yeşil girişimciliğin yeşil büyüme açısından en önemli etkisi, yaratılan ve geliştirilen iş modellerinin ve uygulamalarının negatif dışsallık yaratan çevresel etkilerini minimize etmeyi hedeflemesidir. Bu hedefi gerçekleştirirken yenilikçi yaklaşımlar ve doğa dostu teknolojiler geliştirmek de önemli bir hedeftir. Yenilenebilir enerjinin ön plana çıktığı, enerji verimliliği odaklı, geri dönüşüm ve atık yönetimi sistemlerinin düşünüldüğü yenilikçi yaklaşımlar yeşil büyümeye katkı sağlayan yeşil girişimcinin öncelikli hedefleri arasındadır. Yeşil girişimcilerin gerçekleştirdiği girişimcilik faaliyetlerinde çevre sorunlarına dikkat çeken ve çevresel sürdürülebilirliğe odaklanan yaklaşımlarla toplumsal farkındalık ve kolektif bilinç yaratmak en önemli hedeflerinin başında gelmektedir. Bu hedeflerle birlikte yeşil büyümeyi desteklemelerinin yanı sıra, yeşil girişimcilik faaliyetleri ile

kurumsal imajlarına da pozitif katkılar sağlayacaklardır. Küresel kalkınma ve büyüme politikalarında çevresel sürdürülebilirliğin ve yeşil ekonomi politikalarının önemli bir hedef haline gelmesiyle birlikte, yeşil girişimciliği öncelikli hedefleri arasına alan girişimciler pek çok rekabet avantajına da sahip olacaktır. Bu nedenlerle, yeşil girişimciliğin yeşil ekonomi açısından önemi büyüktür. Yeşil girişimciler, çevresel sorunlara çözüm odaklı iş modelleri ve çözümler geliştirerek çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunurlar ve aynı zamanda ekonomik başarı elde etme amacıyla hareket ederler.

Geçtiğimiz yıllarda yaşanan ve tüm dünyayı etkisi altına alan pandeminin de etkisiyle ekolojik dengeye duyarlı ürün ve hizmetlere ilgi oldukça artmıştır. Bununla beraber ilerleyen zamanlarda sürdürülebilirlik odaklı fikir ve projelerin de büyük önem arz edeceği söylenebilir. Ayrıca son yıllarda adını sıklıkla duyduğumuz kitle fonlama platformları da sosyal sorumluluk bilinci ile kurulan yeşil girişimcilere teşvik ve yatırım desteği sağlamaktadır (Karamustafa & Arsan, 2022). Çevreye ve çevresel konulara değer vermek, korumak, gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakmak hem bireylerin hem de işletmelerin en temel sorumlulukları arasında yer alır. Bu anlamda bilinçli bir birey olarak gelecek kuşaklara karşı kendini sorumlu hisseden, onların çevre üzerindeki haklarını korumayı kendine amaç edinen ve bu şekilde büyümeyi ve gelişmeyi hedefleyen yeşil girişimcilik anlayışının başarısı çevre ile ilgili değerlerin benimsenmesi ile mümkün olacaktır.

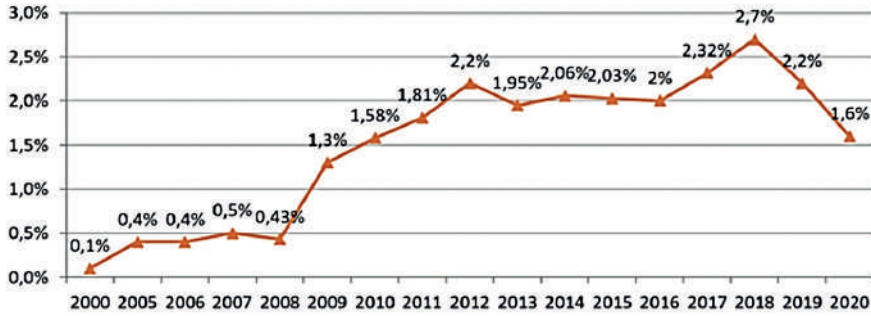
Bireylerin ve işletmelerin çevreye verdiği zararı en aza indirmek, çevrede oluşabilecek sorunlarına çözüm bulmak ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak için yenilenmiş süreçler, teknolojiler, sistemler kullanarak yeni ürün ve hizmet tasarımı çevre odaklı bir şekilde ortaya çıkarmak yeşil girişimciliğin amaçları arasında bulunur (Allen & Malin, 2008). Yeşil girişimciler uzun vadede değer yaratan sürdürülebilirlik temelli çalışmaları ile çevreyi koruyup gözetken işler yapan firmalar kurmak gibi çözümler ortaya çıkarmayı kendisine amaç edinmiştir. Yeşil girişimciliğin bir diğer önemi ise bireylerin ve işletmelerin kaynakları gereksiz yere kontrolsüz ve bilinçsiz kullanması, israf etmesi, gelecekte oluşabilecek kaynak sıkıntısına önceden müdahale ederek, çevresel tehditleri öngörüp alternatif çözümler üretme potansiyelidir (Karamustafa & Arsan, 2022). Öte yandan yeşil girişimcilik topluma sosyal sorumluluk bilincini aşlamaktadır. Yeşil girişimcilerin amaçlarından biri olan toplumsal sosyal bilinç ile bireylerin doğal alana yönelmeleri ve çevreye daha az zarar vermeleri beklenir.

Türkiye’de yeşil ekonomi ve yeşil girişimcilik bağlamında değerlendirebileceğimiz istatistikler mevcuttur. Özellikle yeşil girişimciliğin tarım ve hayvancılık alanında başarılı örnekleri oldukça fazladır. Bu kapsamda

Türkiye'nin organik tarım ve iyi tarım uygulamalarına ait veriler Tablo 1 ve Tablo 2'de değerlendirilmiştir.

Tablo 1'de organik tarım alanlarının toplam tarım alanları içerisindeki oranı gösterilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2022 yılı verilerine göre, 2020 yılı itibarıyla bu oran %1,6 iken dünya genelinde bu değer % 1,6, AB ülkelerinde %9,2 olarak gerçekleşmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022a).

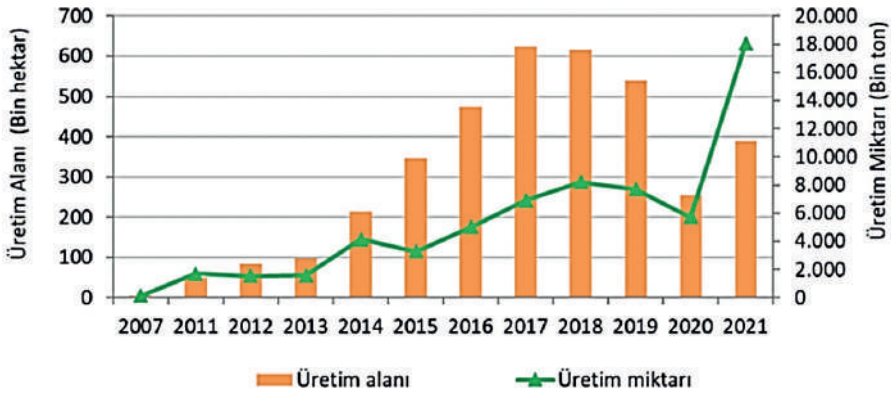
Tablo 1. Organik Tarım Alanlarının Toplam Tarım Alanları İçerisindeki Oranı (%)



Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2022a).

Diğer önemli gösterge Tablo 2'de yer alan iyi tarım uygulamaları üretim alanı ve miktarına yönelik değerlerdir. İyi tarım uygulamaları, çevreye, insan sağlığına ve hayvanlara zarar vermeden tarımsal üretimin gerçekleştirildiği bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, doğal kaynakların korunmasını, tarımda izlenebilirlik ve sürdürülebilirlik sağlanmasını ve gıda güvenliğini temel amaç olarak benimser. Tablo 2'de yer alan veriler incelendiğinde, 2007 yılında iyi tarım uygulamaları üretim miktarı 651 üretici ile 5.360 hektar alanda 56 bin ton iken; 2020 yılında 14.051 üretici ile 254.754 hektar alanda 5,7 milyon tona ulaşmıştır. 2021 yılında ise 10.265 üretici ile 389.484 hektar alanda 18 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'de toplam tarımsal alan içerisinde iyi tarım uygulamaları yapılan alan ise 2020 yılı itibarıyla %1,6 oranında bir paya sahiptir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022b).

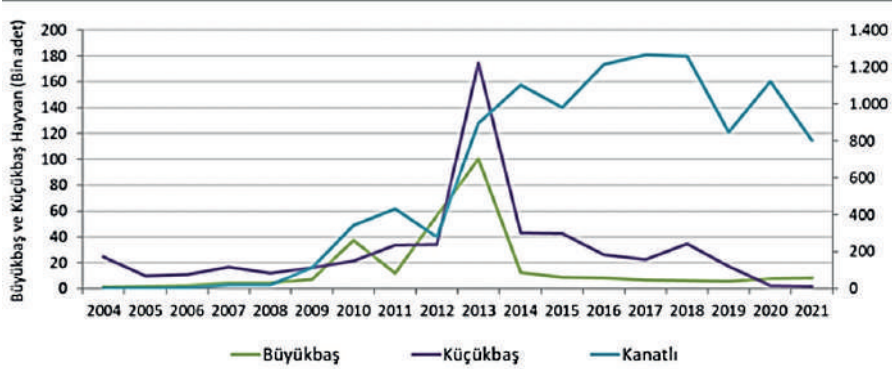
Tablo 2. Yıllar İtibariyle İyi Tarım Uygulamaları Üretim Alanı ve Miktarı



Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, (2022b).

Tablo 3'te ise organik hayvancılık verileri gösterilmektedir. Son yıllara bakıldığında organik hayvansal üretimin düştüğü görülmektedir.

Tablo 3. Organik Hayvancılık Verileri

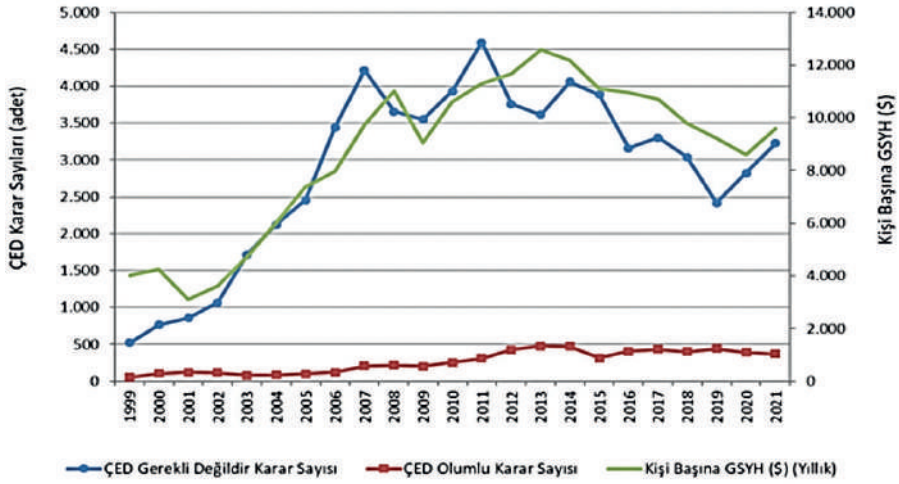


Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2022a).

Tablo 4'te Türkiye'de 1999-2021 yılları arasında Çevresel Etki Değerlendirmesine (ÇED) ait istatistiksel bilgiler yer almaktadır. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), planlanan projelerin çevresel etkilerini değerlendiren bir süreci ifade eder. Bu süreç, projelerin çevreye potansiyel olarak olumlu veya olumsuz etkilerini belirlemeyi amaçlar. Ayrıca, olumsuz etkileri önlemek veya en aza indirmek için alınacak tedbirleri, uygun yer seçimini ve teknoloji seçeneklerini değerlendirir. ÇED süreci aynı zamanda projelerin uygulanması sırasında çevresel etkilerin izlenmesini ve kontrol edilmesini içerir.

Türkiye’de 1993 yılında ÇED yönetmeliğinin yayınlanmasından itibaren 2021 yılı sonuna kadar alınan ÇED olumlu kararı 6.489 adettir. Alınan kararların sektörel dağılımlarına bakıldığında; petrol ve madencilik yatırımları ilk sırada gelirken, bunu enerji yatırımları, atık-kimya sektörü ve tarım-gıda sektörü yatırımları takip etmektedir. 1993 ile 2021 yılı arasında alınan toplam 69.158 adet ÇED gerekli değildir kararlarının sektörlere göre dağılımına bakıldığında, ilk sırada petrol ve madencilik yatırımları gelmektedir. Bunu tarım-gıda, ile sanayi yatırımları izlemektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022c).

Tablo 4. Türkiye’de 1999-2021 Döneminde Alınan ÇED Gerekli Değildir Ve ÇED Olumlu Karar Sayıları ile Kişi Başına GSYH



Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2022c).

3. Türkiye ve Dünya’da Yeşil Ekonomi ve Yeşil Girişimcilik Örnekleri

Toplumun ve işletmelerin yeşil girişimciliğe teşvik edilebilmesi için öncelikle ilgili ülkenin girişimcilik ekosisteminin tanımlanması, o ülke için öncelikli olarak değerlendirilecek yeşil girişimcilik kapsamına giren sektör ve bu sektörlerin dallarının tanımlanması oldukça önemlidir. Tanımlanan bu sektörlerde girişimcileri destekleyen kamu ve özel sektör destekli teşvikler Türkiye’de bu alanda yapılacak olan diğer girişimleri de arttıracaktır. Gün geçtikçe önemi daha fazla anlaşılan yeşil girişimcilere verilen destekler daha şimdiden azımsanamayacak miktarlara ulaşmış bulunmaktadır. Örneğin, melek yatırımcılar, Horizon 2020, kuluçka merkezleri, TUBİTAK, teknoloji

geliştirme alanları gibi birçok özel ve kamu kuruluşları yeşil girişimlere destek sağlamayı amaçlamıştır. Bu desteklerle Türkiye’de topraksız tarım, çevreye duyarlı ve enerji tasarrufu sağlayan iklimlendirme tesislerine kadar daha bir çok başarılı yeşil girişimcilik örneği bulunmaktadır. Türkiye’de girişimcilik adına önem taşıyan bir diğer örnek ise, Garanti BBVA Partners girişim hızlandırma programıdır. Garanti BBVA, Türkiye’de pek çok desteğe ihtiyaç duyan yeşil girişimciye kaynak sağlamaktadır (Karamustafa & Arsan, 2022). Aynı zamanda küçük ve orta ölçekli firmaların ekonomik alandaki yeterliliğini arttırmayı amaçlayan KOSGEB de son yıllarda yeşil girişimciliği destekleyen politikalar ortaya koymuş olup, yayınlamış oldukları “Türkiye Girişimcilik Stratejisi ve Eylem Taslak Planı” kapsamında yeşil girişimcilik projelerine öncelikli destek imkanı sağlanacağını belirtmiştir.

Türkiye’de yeşil girişimciliği desteklemek için uygulanan teşviklerin örneklerini artırmak mümkündür. Avrupa Kalkınma Bankası ve Dünya Bankası’nın fonladığı Temiz Teknoloji Fonu kapsamında Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TURSEFF) finanse edilmektedir. TURSEFF Programı kapsamında yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projelerine yatırım yapacak girişimcilere destek verilmektedir. Diğer bir destek ise Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) tarafından, temiz ve sürdürülebilir üretim teknolojileri geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen girişimleri desteklemek üzere sağlanmaktadır (Kuşat, 2013).

Dünyada yeşil girişimciliği özendirmeye yönelik politika ve uygulamalar yeşil ekonomi kavramıyla birlikte artmıştır. Bu yönde önemli adımlardan biri; Temmuz 2008 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından “Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim - Sürdürülebilir Endüstri Politikası Eylem Planı’nı (SCP/SIP)” başlıklı eylem planı ile atılmıştır. Bu eylem planı, ürünlerin enerji verimliliği ve çevresel performansının artırılmasını teşvik etmeyi, eko-tasarım direktifinin kapsamını genişletmeyi, ürünlerin çevresel etiketlenmesini desteklemeyi, kamu kurumlarında yeşil satın alımı teşvik etmeyi, çevresel yenilikleri teşvik etmeyi, Eko-Yönetim ve Denetim Programı (EMAS) yönergelerini uygulamayı, teşvikler sağlamayı, perakendeciler ve tüketicilerle iletişimi artırmayı ve küçük ve orta ölçekli işletmelerin desteklenmesini içeren bir dizi önlemi içermektedir. 2008 yılında Avrupa Komisyonu tarafından atılan diğer önemli adım, “Hammaddeler Girişimi ve Hammaddelere İlişkin Avrupa İnovasyon Ortaklığı (EIP)” başlıklı strateji planıdır. Bu plan ile hammaddelerin sürdürülebilir tedarikini, AB içindeki sürdürülebilir tedarikini ve kaynak verimliliğini hedeflemektedir. Ayrıca Avrupa İnovasyon Ortaklığı ile hammadde sektöründe inovasyonu teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Veral & Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Tablo 5. Türkiye ve Dünya’da Yeşil Girişimcilik Örnekleri

Firma Adı	Bulunduğu Sektör	Yeşil Girişimcilik Örneği
Ottan	İç Mimari ve Endüstriyel Tasarım	Ottan döngüsel ekonomi yaklaşımıyla bitkisel atıklar ve kullanılmayacak durumdaki gıdaları dönüştürerek sürdürülebilir, uzun ömürlü, estetik, fonksiyonel malzemeler üreten bir sosyal girişimdir. Bu malzemeler hayatımızın her alanında kullanılabilir ahşap, taş gibi doğal kaynaklara alternatif olarak üretilmiştir. Örneğin; kahve posaları, fındık fıstık kabukları, meyve ve yumurta kabukları vb. Dönüştürülen bu ürünler duvarda, zeminde, mobilyada, beyaz eşyada, otomobillerin iç aksamlarında vb. yerlerde kullanılmaktadır (Bkz. https://www.ottanstudio.com).
Tarlamvar	Tarım	Tarlamvar, doğal bir yaşam alanından uzak insanları yeşil ile buluşturan onlara ağaç yetiştirme ve gelişimini takip etme fırsatı sunan, hasat zamanında ağacın meyveleri ile kullanıcıyı buluşturan köylü ve doğa dostu bir girişimdir. Girişim Temmuz 2020 tarihinden beri aktif değildir.
Paksumatik	İçme Suyu	“Temiz su herkesin hakkı” sloganından yola çıkarak oluşturulmuş bir girişim fikridir. Yapay zekayı kullanarak sudaki bulunan tehlikeli maddeleri tespit ederek suyun yapısını analiz eden bir uygulamadır.
Bluedot	Elektrikli Şarj Ünitesi	Fosil yakıtların doğaya verdiği zararı önlemek için yakın gelecekte elektrikli araçların kullanımının daha da artması beklenmektedir. Bluedot elektrikli araç kullanıcıları en yakın şarj ünitesine yönlendiren, onların rezervasyon ve ödeme işlemlerinin yapılmasını sağlayan bir uygulamadır (Bkz. https://www.thebluedot.co/).
Sensgreen	Enerji Yönetimi	ODTÜ Teknokent’te 2018 yılında Fatih Aykut Yıldırım, Mehmet Yiğitcan Yeşilata, Ahmet Yiğit Kazanç ve Hasan Basri Tosun tarafından kurulan Sensgreen, ticarethanelerde enerji verimliliği konusunda yapay zeka ve gelişmiş sensör teknolojilerini kullanarak çözümler sunan bir girişimdir. Bu yenilikçi girişim, ticari binalarda enerji verimliliği sağlamak için yapay zeka ve gelişmiş sensörlerle entegre çalışan çözümler geliştirmekte ve bu sayede enerji tüketimini optimize etmeyi amaçlamaktadır. Sensgreen, ODTÜ Teknokent’te başladığı yolculuğuna Türkiye merkezli Ankara’da ve Birleşik Arap Emirlikleri merkezinde bulunan Abu Dabi ofisleri ile devam etmektedir. Yapay zeka ve kablosuz sensör teknolojilerini kullanarak, yaşam alanlarını daha konforlu ve enerji dostu hale getirme yöntemleri sunarak, enerji maliyetlerini azaltma ve çevresel sürdürülebilirliği artırma misyonunu benimsemektedir. (Bkz. https://sensgreen.com/).

Local Greens	Sürdürülebilir Tarım	Local Greens, 2020 yılında hayata geçirilen modern tarım üretimi ile şehir merkezlerinde sürdürülebilirliği sağlamaya çalışan bir girişim modelidir. Proje ile büyük şehirlerde bulunan nispeten küçük alanları üretim ile değerlendirerek bu alanlarda yetiştirdiği organik ürünleri doğrudan müşteriye ulaştırmak hedeflenmektedir.
Datça Murat Çiftliği	Sürdürülebilir Tarım	2012 yılından bu yana, yerli üretim ve bilinçli tüketim fikrini benimseyen butik üreticiler ve üyelerle işbirliği yapan Datça Murat Çiftliği, yerli üretim ve sağlıklı gıda zincirini oluşturan bir platform haline gelmiştir. Hedefleri, Anadolu'nun dört bir yanında doğal ve organik tarımla üretilen yerli ürünlerin bilinçli tüketicilere ulaşabilirliğini artırmak ve organik gıda sektöründe lider firmalardan biri olmaktır. "Yerli Üretim, Bilinçli Tüketim" mottosu ile faaliyetlerini sürdürmekte olan çiftlik, tüketicilere sağlıklı gıda tüketimini teşvik eden ürünler sunmaktadır. Bu ürünlerin kalitesi, çeşidi ve tazeliği üzerine odaklanırken, yerel butik üreticilere pazar alanı yaratır ve kadın üreticilere öncelik verir. Üretimden paketlemeye kadar olan süreçte hijyenik ve sürdürülebilir bir gıda sistemi sağlamayı amaçlarlar. (https://www.datcamuratciftligi.com/)
Toplio	Elektronik Atık	Bu mobil e-atık Pazar yeri ve tersine lojistik platformu, evlerinde veya iş yerlerinde elektronik atık üreten bireyleri lisanslı e-atık toplama, ayırma ve geri dönüşüm tesisleriyle buluşturarak her iki taraf için de oluşabilecek lojistik zorlukları ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu platform aynı zamanda paydaşlarına kazanç sağlama, tasarruf fırsatları sunma ve bağış yapma imkanı sunar. (https://taplio.com/)
Pulsec	Elektronik Atık	Pulsec; atıl durumda bulunan kurumların elektronik atıklarını toplayarak bunları eğitim materyaline çeviren; çocuklar için daha farklı ve eğlenceli ders içeriği sunan sosyal bir girişimdir.
Phototherma Hybrid Solar Panel	Enerji Yönetimi	Güneşten hem ışık hem de ısınma konusunda verim elde etmeyi amaçlayan Phototherma Hybrid Solar Panel ile elektrik üretimi sağlar ve aynı zamanda kar yağışı olan dönemlerde kar giderimini hibrid güneş paneli yapabilen bir girişimcilik modülüdür.
Avus	Enerji Yönetimi	Sokak aydınlatmalarının en doğru zamanda açılıp kapanması fikrinden yola çıkan ve aydınlatma israfına çözümler sunan bir girişim fikridir.
OTTO	Su Tasarrufu	Araç temizliğine çevreci bir çözüm önerisi getiren Otto, su tasarrufunda yüzde 100 başarı sağlamayı amaçlayan araç temizlik teknolojileri üretmeyi amaçlamıştır. Bu sayede israf edilen ve boşa akıtılan sudan tasarruf edilmiş olacaktır.

H&M	Tekstil	H&M 2013 yılında modada geri dönüşüm adıyla başlattıkları “kıyafet toplama programı” sürdürülebilir bir moda geleceğini amaçlıyor. Kullanılmayacak duruma üretim gelen; yırtık, sökükle, tek eşli olmayan ve artık beğenilmeyecek durumda olan her türlü giyim eşyası H&M mağazasına iletildiğinde onların dönüşümü yapılarak ekosisteme katkıda bulunuyor. H&M her yıl Sustainability Disclosure raporu ile çevreye ne kadar katkı sağladığını şeffaf bir şekilde yayınlıyor.
Mango	Tekstil	Mango sürdürülebilirlik adı altında çevreye verecek zararı en aza indiren uygulamalarıyla yeni iş modelleri fikirlerini geliştiriyor. Kadın ve erkekler için tasarlanmış koleksiyonlarda organik ve geri dönüştürülmüş pamuk kullanarak ekolojiye katkı sağlıyor.
The Snack Haus	Gıda	Yüksek besin değerine sahip gıdaları, besin değerlerini eksiltmeden, görüntünü tadını, kokusunu bozmadan ve içeriğine herhangi bir katkı maddesi ilave etmeden 30 yıl saklanabilecek bir ömrüne sahip olmasını sağlıyor.

Kaynak: Yazarlar tarafından derlenmiştir.

Bugün, çevre ve çevresel sorunlara çözüm sunan birçok girişim örneği mevcuttur ve bu girişimlerin büyük bir bölümü, sosyal sorumluluğunun farkında olan yatırımcılardan destek görmektedir. Çevreye duyarlı, sürdürülebilir büyümeyi teşvik eden ve ülkenin geleceği ile ekosistemi göz önünde bulunduran bu tür faydalı girişim fikirleri sunan girişimcilerin desteklenmesi, daha yaşanabilir bir ekosistem için atılan önemli bir adımdır.

Sonuç

Çevresel sürdürülebilirlik, günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği ve diğer çevresel sorunlar, insan sağlığını, ekosistemi ve ekonomik kalkınmayı tehdit etmektedir. Bu sorunların çözümü için, ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerini azaltmak gerekmektedir. Evrensel olarak düşünüldüğünde dünyanın neresinde olursak olalım sürdürülebilir bir tema üzerine kurgulanmamış ve yapılandırılmamış her işletme insana ve doğaya zarar verecektir. Bu da dünya üzerinde halihazırda var olan kaynakların ömrünü azaltmakta ve gelecek nesillere bırakmakla sorumlu olduğumuz mirası hızlı bir şekilde tüketmektedir. İnsanın doğa üzerindeki geri dönüşü olmayan tahribatı dikkate alındığında yeşil girişimcilerin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Doğaya verilen zarar kısa vadede insanların yaşam standartlarını düşürürken önlem alınmadığı takdirde uzun vadede insanın varlığını etkileyecek derecede büyük felakete

yol açabilir. Bu yüzden girişimciler işi sadece ekonomik olarak değil çevre ve sosyal ihtiyaçlar bazında değerlendirerek faaliyete dönüştürmelidirler.

Yeşil girişimcilik, çevresel sürdürülebilirliği odağına alan girişimcilik faaliyetleridir. Yeşil girişimciler, yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler geliştirerek, çevresel sorunları azaltmaya ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya çalışmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik açısından yeşil girişimcilüğün önemi, Türkiye ve dünya genelindeki yeşil girişimcilik örnekleri incelendiğinde oldukça açık ve önemli bir konuyu ortaya koymaktadır. Yeşil girişimcilik, çevresel sorunlara karşı duyarlılığı ve çözüm odaklı yaklaşımıyla, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmaktadır. İklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği gibi küresel sorunlar, yeşil girişimcilerin odaklandığı alanlardan sadece birkaçıdır. Türkiye’de yeşil girişimcilik, son yıllarda hızla büyümüş ve gelişmiştir. Özellikle yenilenebilir enerji, atık yönetimi, çevresel teknolojiler ve organik tarım gibi sektörlerde yeşil girişimler artmıştır. Bu girişimler, hem ekonomik büyümeye katkı sağlamakta hem de çevresel sorunların azaltılmasına yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Dünya genelinde de yeşil girişimcilik, küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir role sahiptir. Birçok ülke, yeşil girişimciliği teşvik etmek için politika ve destekler sunmaktadır. Yeşil teknolojiler, enerji verimliliği ve çevre dostu ürünler gibi alanlarda faaliyet gösteren girişimler, hem çevresel hem de ekonomik fayda sağlamaktadır. Hem toplumun kalitesini arttırmak hem de sürdürülebilir bir ekonomi yaratmak birey olarak herkesin sorumluluğu olduğu gibi yeşil girişimcilerin de ortak paydasını oluşturmaktadır. Dünya ve insanlık için yeşili destekleyen, çevre dostu girişim fikirleri ile ön plana çıkan yeşil girişimciler sürdürülebilir bir gelecek için umut olma özelliği taşımaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir role sahip yeşil girişimciliğün gelişmesi için bazı adımlar önerilebilir;

- Yeşil girişimlere yönelik yatırımların artırılmalıdır.
- Yeşil girişimler için uygun bir destek sistemi oluşturulmalıdır.
- Yeşil girişimcilik konusunda farkındalık yaratılmalıdır.

Sonuç olarak, çevresel sürdürülebilirlik, ekosistemimizin geleceği için kritik bir öneme sahiptir ve yeşil girişimcilik bu hedefe ulaşmada önemli bir araçtır. Türkiye ve dünya genelinde yeşil girişimciler, çevresel sorunları çözmeye yönelik yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu girişimciler, hem ekonomik büyümeye katkıda bulunmakta hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Geleceğimizi korumak ve daha yaşanabilir bir dünya yaratmak için yeşil girişimciliğün teşvik edilmesi ve desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Abell, D. F. (1980). *Defining the Business: The Starting Point of Strategic Planning*, Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Allen, J. & Malin, S. (2008). Green Entrepreneurship: A Method for Managing Natural Resources. *Society and Natural Resources*, 21(9), 828-844.
- Anderson, T. L. & Leal, D.R. (1997). *Enviro-Capitalists: Doing Good While Doing Well*, Rowman&Littlefield Publishers, Inc.,Lanham, MD.
- Anderson, T. L. (2000). *Enviro-capitalists: Doing good while doing well*. Rowman&Little Field Publishers.
- Aydın, E. & Çakar, U. (2014). Ekogirişimcilik ve yaratıcılık ilişkisi: Geri dönüşüm sektörü üzerinde bir araştırma. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21(1), 77-90.
- Aytaç, Ö. & İlhan, S. (2007). Girişimcilik ve girişimci kültür: Sosyolojik bir perspektif. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 101-120.
- Bell, J. & Stellingwerf, J. J. (2012). *Sustainable Entrepreneurship: The Motivations & Challenges of Sustainable Entrepreneurs in the Renewable Energy Industry*, Master Thesis within Business Administration: Strategic Entrepreneurship, Jonkoping International Business School, Jonkoping University, Jonkoping.
- Berle, G. (1993). *The green entrepreneur: Business opportunities that can save the Earth make you money*.
- Binks, M. & Vale, P. (1990). *Entrepreneurship and Economic Change*, McGraw-Hill Book Company.
- Bull, I. & Willard, G. E. (1993). Towards a Theory of Entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 8, 183-195.
- Casson, M. (1995). *Entrepreneurship and Business Culture: Studies in the Economics of Trust: Volume One*. In *Entrepreneurship and Business Culture*. Edward Elgar Publishing.
- Dean, T. J., & McMullen, J. S. (2007). Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of Business Venturing*, 22(1), 50-76.
- Ege Sanayicileri ve İşadamları Derneği (ESİAD) (1996). *Ege Bölgesi Yatırımcı Profili*, Esiad Yayın, 96/ESA-10, İzmir.
- EKOIQ. (2015). *İşin Rengi Giderek Değişiyor, Yeşil Girişimcilik*, Sayı 48, İstanbul.
- Eppel, J. (1999). Sustainable development and environment: A renewed effort in the OECD. *Environment, Development and Sustainability*, 1, 41-53.

- Esty, D. C. & Winston A.S. (2006). *Green to Gold: How Smart Companies Use Environmental Strategy to Innovate, Create Value, and Build Competitive Advantage* Yale University Press.
- Foss, N. J., & Klein, P. G. (Eds.). (2002). *Entrepreneurship and the firm: Austrian perspectives on economic organization*. Edward Elgar Publishing.
- Gökdayı, İ. (2021). Yeşil Girişimcilik ve Yeşil Katma Değer Oluşturmak, Sürdürülebilirlik için Bir Çözüm Olabilir mi?. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 42-51.
- Güner, U. (2020). Çevresel sürdürülebilirlik. Utku Güner.
- Hall R. (2013). *The enterprising eco-villager-Achieving community development through innovative green entrepreneurship*. ISBN 978-609-8080-42-1.
- Harvey, M., Kiessling, T. & Moeller, M. (2010). A View of Entrepreneurship and Innovation From the Economist —For All Seasons! Joseph S. Schumpeter. *Journal of Management History*, 16 (4), 527-531.
- Hisrich, R. D. & Peters, M. (2001). *Entrepreneurship*, 5th Edition, McGraw-Hill Higher.
- Isaak, R. (1997). *Globalization and green entrepreneurship*. Greener Management International, Greenleaf Publishing, Sheffield.
- Isaak, R. (2005). The making of the ecoprencur. *Making ecoprencurs: Developing sustainable entrepreneurship*, M. Schaber (Ed.), *Making ecoprencurs: developing sustainable entrepreneurship* (Second ed., pp.81-91). Routledge.
- Kaur, S. (2014). *Green Entrepreneurship*, Research Paper, *International Journal of Scientific Research, Economics*, volume:3, Issue:12, ISSN No 1227-8179.
- Kapusuz, D. Ü., & Çavuş, M. D. (2017). Geçmişten Yeni Bir Kavram Yeşil (Eko) Girişimcilik. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 104-119.
- Karamustafa, E. Y., & Arsan, B. (2022). Yeşil Girişimcilik. K. Demiryürek, A. Kahramanoğlu & N. İ. Abacı (Ed.), (7-17), İstanbul, Efe Akademik Yayıncılık.
- Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13 (20), 19-33.
- Keskin, S. (2016). Yeşil girişimcilik. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(12), 285-294.
- Keogh, P. D., & Polonsky, M. J. (1998). Environmental commitment: a basis for environmental entrepreneurship?. *Journal of organizational change management*, 11(1), 38-49.
- Kuşat, N. (2013). Yeşil Sürdürülebilirlik İçin Yeşil Ekonomi: Avantaj Ve Dezavantajları-Türkiye İncelemesi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 8(29), 4896-4916.

- Küçük, M. & Güneş, G. (2013). Sivil Toplum Kuruluşları Ve Çevresel Sürdürülebilirlik, Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi, 5 (2), 298-311.
- Kyrö, P. (2001). To Grow or not to Grow? Entrepreneurship and Sustainable Development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 8(1), 15-28.
- Larson A. L. (2000). Sustainable Innovation through an Entrepreneurship Lens, *Business Strategy and the Environment*, 9, 304-317.
- Lorek, S., & Spangenberg, J. H. (2014). Sustainable consumption within a sustainable economy—beyond green growth and green economies. *Journal of cleaner production*, 63, 33-44.
- Menteşe, S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. *Journal of International Social Research*, 10(53).
- OECD (2011). Measuring green entrepreneurship. Entrepreneurship at a glance. OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264097711-4-en>.
- OECD (2013). Working Party on SMEs and Entrepreneurship (WPSMEE) -Green Entrepreneurship, Eco-Innovation and SMEs Final Report, CFE /SME (2011)9/FINAL.
- Özçalık M. & Tezsürücü D. (2012). Enerjide Bağımlılıktan Yeşil Girişimciliğe: Türkiye Ekonomisinde, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, 4. Uluslararası Girişimcilik Kongresi, Manisa.
- Pachaly, M. V. W. (2012). Barriers and Triggers to Green Entrepreneurship: An Exploratory Study, Thesis, to Obtain the Degree of Master of Science in Economics and Business Economics, Specialisation Entrepreneurship and Strategy Economics. Erasmus University Rotterdam, Erasmus School of Economics, Rotterdam.
- Pinchot, G. (1985). *Intrapreneuring*, Harper&Row, New York.
- Satı, Z. E. & Yılmaz, C. (2008). Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Yeşil Girişimcilik. 2.Uluslararası Girişimcilik Kongresi, Bişkek, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları:112.
- Schaltegger, S., & Burritt, R. (2005). *Corporate sustainability* (Doctoral dissertation, Edward Elgar).
- Schaper, M. (2002). Understanding the Green Entrepreneurship. *Greener Management International*, 38, 3-12.
- Schaper, M. (2016). Understanding the Green Entrepreneur, M. Schaper (Ed.), *Making ecopreneurs: developing sustainable entrepreneurship* (Second ed.). Routledge.
- Schaper, M. (2010). *Making Ecopreneurs: developing sustainable entrepreneurship*. 2nd. ed. MPG Books Group, UK.

- Schuyler, J. R. (1998, September). Probabilistic reserves lead to more accurate assessments. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition?* (pp. SPE-49032). SPE.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022a). 20 Eylül 2023. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/organik-tarim-alanlari-ve-uretim-miktarlari-i-85837>.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022b). 20 Eylül 2023. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/iyi-tarim-uygulamalari-i-85838>.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022c). 20 Eylül 2023. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/cevresel-etki-degerlendirmesi-kararlari-i-85829>.
- Tekin, E. (2019). Girişimcilik ve sosyal sermaye. Eğitim Yayınevi.
- TTGV (2012). Türkiye’de Yeşil Girişimcilik Final Raporu, Ankara.
- Turna, E., & Baycan, T. (2022). Yeşil Ekonominin İtici Gücü Olarak Yeşil Girişimcilik. Yeşil Ekonomi: Araştırmacıları Konferansı, 39-59.
- TÜSİAD (2002). Türkiye’de Girişimcilik, Ankara: TÜSİAD Yayınları
- UNEP (2011). Towards a Green Economy -Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A Synthesis for Policy Makers. United Nations, New York.
- Veral, E. S., & Yiğitbaşıoğlu, H. (2018). Avrupa Birliği Atık Politikasında Atık Yönetiminden Kaynak Yönetimi Yaklaşımına Geçiş Yönelimleri ve Döngüsel Ekonomi Modeli. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 6(1), 1-19.
- Volery, T. (2002). Ecopreneurship: Rationale, Current Issues, and Future Challenges, Conference Proceedings, Rencontres de l’Université de St-Gall.
- Wiklund, J. (1999). The Sustainability of the Entrepreneurial Orientation Performance Relationship, *Entrepreneurship, Theory and Practice*, 24(1), 37-48.

İnsan Sağlığı İklim Değişikliğinden Etkilenir mi? Az gelişmiş, Gelişmekte Olan ve Gelişmiş Ülkeler Üzerine Bir Analiz

Reyhan Cafri¹

Özet

İklim değişikliği insan sağlığı açısından doğrudan ve dolaylı olarak önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Sağlık üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilere sıcak/soğuk hava dalgalarının, hava kirliliğinin ve alerjenlerin neden olduğu düşünülmektedir. İklim değişikliğinin temel nedeninin ise karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonları olduğu ifade edilmektedir. Bu bağlamda çalışmada iklim değişikliğini temsilen kişi başı karbondioksit emisyonu ve insan sağlığını temsilen ölüm oranı, doğuştan yaşam beklentisi ve mortalite değişkenleri kullanılmıştır. Ölüm oranı kaba ölüm hızını gösterirken mortalite değişkeni kardiyovasküler, kanser, diyabet veya kronik solunum hastalıklarından ölüm oranını yansıtmaktadır. İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisi az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülke grupları için 1990-2020 yılları arasında nedensellik analizi ile araştırılmıştır. Sonuçta az gelişmiş ülke grubunda yer alan Benin, Malavi, Etiyopya, Mali, Mozambik, Sudan, Somali; gelişmekte olan ülke grubunda bulunan Hindistan, Endonezya, Tayland, Çin, Filipinler; gelişmiş ülke grubunda yer alan İrlanda, Hollanda, Finlandiya, İsviçre için iklim değişikliğinden insan sağlığına doğru istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik elde edilmiştir.

1. Giriş

Küresel bir sorun teşkil eden iklim değişikliği, günümüz dünyasında ve gelecek nesiller açısından büyük önem arz etmektedir. Özellikle sanayi devrimi sonrasında atmosferdeki sera gazlarının ve hava kirliliğinin artması ile birlikte dünya ortalama sıcaklığının arttığı ve yağış rejimlerinin değiştiği dolayısıyla da iklim değişikliğinin gerçekleştiği düşünülmektedir.

1 Doç. Dr., İskenderun Teknik Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik, reyhan.cafri@iste.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6271-5330

Devam eden ısınmanın temel nedeni olarak karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonları gösterilmektedir (Quadrelli & Peterson, 2007). Çünkü sera gazlarının bir kısmının dünyadan yayılan radyasyonu emdiği kalanın ise atmosferin alt katmanlarında hapsedilerek sıcaklığı arttırdığı ortaya çıkmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin varlığı yalnızca sıcaklık artışı veya değişen yağış rejimleri ile sınırlı kalmamakta aynı zamanda dolaylı olarak atmosferdeki basınç, değişen nem düzeyleri, su tuzluluğu ve rüzgâr dinamikleri ile kutup buzullarındaki erimeleri de kapsamaktadır. Küresel iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkan zararlar nedeniyle bu konunun sosyal ve ekonomik etkileri üzerine çalışmalar dikkat çekmeye başlamaktadır. İklim değişikliğinin mevcut ve gelecek nesilleri tehdit etmesi birtakım endişeleri beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bu konu ulusal ve uluslararası platformlarda yoğun bir şekilde tartışılmaktadır.

İklim değişikliğinin çevresel ve sosyo-ekonomik sorunlarının yanı sıra insan hayatı üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri de bulunmaktadır. Bu etkilere sıcak/soğuk hava dalgaları, hava kirliliği ve alerjenler neden olmaktadır. Öte yandan iklim değişikliğinin dolaylı etkileri arasında ekosistemde meydana gelen değişiklikler sonucunda vektörlerin çoğalmasına veya yaşam alanının değişmesine neden olarak sıtma, tüberküloz, AIDS gibi bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkması yer almaktadır. Bunun yanı sıra dizanteri, kolera, tifo gibi hastalıklar da iklim değişikliğinin dolaylı olarak yol açtığı hastalıklardır. Buzulların erimesi sonucu su seviyelerinin yükselmesi ve kasırgalar gibi doğal afetler de yaralanma ve ölümlere neden olmaktadır. Üstelik bu doğal afetler, ekonomik kayıplara bağlı olarak yoksulluğu derinleştirerek üretim kaybına ve açlığa neden olabilmektedir. Aşırı hava koşullarının insanları fiziksel olarak etkilediği ve psikolojik sağlıklarını zayıflattığı da belirtilmektedir. Kuraklık, tarımsal aksaklıklar sonucu yetersiz beslenme sorunu; su, balıkçılık, verimli topraklar gibi tükenmiş kaynaklar üzerine çatışmalar ve nüfusun yer değiştirmesi gibi durumlar da dolaylı etkiler olarak görülmektedir. (Hofmeister vd., 2010; McMichael, 2013; Patz vd, 2005; WHO, 2012).

İklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkilerini özetle Tablo 1'de göstermek mümkündür. Fırtına ve tayfunların, hava kalitesi etkileşimlerinin, sıcak hava dalgaları ve soğuk dönemlerin, kuraklığın ve su baskınlarının neden olduğu doğrudan ve dolaylı etkiler söz konusu olmaktadır.

Tablo 1. İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerindeki Etkileri

<i>Fırtına ve Tayfunlar</i>	<i>Hava kalitesi etkileşimleri</i>	<i>Sıcak hava dalgaları ve soğuk dönemler</i>	<i>Kuraklık</i>	<i>Su baskını</i>
*Yaralanmalar *Gıda kaynaklı hastalıklar *Su kaynaklı hastalıklar	*Ozon kirliliği olayları *Solunum hastalıkları (astım, saman nezlesi)	*Solunum ve kalp damar hastalıkları *Sıcak ve soğuğa bağlı yaralanmalar	*Su güvenliği ve kalitesi *Yetersiz beslenme	*Su kaynaklı hastalıklar *Boğulma

Kaynak: Kinay vd. (2019: 300).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) iklim değişikliğine bağlı milyonlarca ölümlerin önlenmesi adına küresel sıcaklık artışlarının 1,5°C ile sınırlandırılması gerektiğini bunun için de ülkelerin emisyonlarını yarıya indirecek yol haritaları belirlemeleri gerektiğini önemle vurgulamaktadırlar. Buna göre, her ilave derecenin onda birinin bile insanların yaşamlarına ve sağlıklarına ciddi boyutta zarar vereceği ileri sürülmektedir (WHO, 2021).

Literatür incelendiğinde konu ile ilgili yapılan çalışmaların teorik düzeyde kaldığı, ampirik çalışmaların ise oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bağlamda çalışmada, az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülke örnekleri için iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkilerinin ekonometrik yöntemlerle araştırılması ve literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada iklim değişikliğini temsilen ısınmanın temel nedeni olarak gösterilen karbondioksit emisyonu kullanılmaktadır. İnsan sağlığı ise doğuştan yaşam beklentisi, kaba ölüm oranı ve mortalite ile ölçülmektedir. Mortalite değişkeni kardiyovasküler, kanser, diyabet veya kronik solunum hastalıklarından dolayı ölüm oranını kapsamakta ve bu hastalıkların iklim değişikliği ile bağlantılı olduğu literatürde yer almaktadır. Bu bağlamda karbondioksit emisyonundan insan sağlığına doğru nedensellik ilişkisi az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülke grupları için 1990-2000 yılları arasında ele alınmaktadır.

Çalışmada bir sonraki bölümde literatürde yer alan çalışmalara değinilmektedir. Veri ve yöntem tanıtıldıktan sonra ise ampirik bulgular tartışılmaktadır. Son bölümde ise sonuç ve değerlendirmeler yer almaktadır.

2. Literatür

İklim değişikliğinin insan sağlığı açısından doğrudan ve dolaylı olarak önemli bir risk faktörü oluşturması bu konunun literatürde dikkat çekmeye

başlamasına yol açmaktadır. İklim değişikliği ve insan sağlığı ilişkisi genellikle Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletlerin örgütleri tarafından kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ele alınmaktadır. Bu kuruluşlar tarafından ele alınan raporlarda iklim değişikliğinin insan sağlığına etkilerinin önümüzdeki yıllarda dünya nüfusunun çoğunluğunu etkileyeceği ve milyonlarca insanın hayatını riske atacağı vurgulanmaktadır. Ayrıca raporlarda doğrudan ve dolaylı etkiler ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Bu raporların yanı sıra literatürde yer almaya başlayan makaleler de genellikle teorik düzeyde kalmaktadır.

Fiziksel rahatsızlıkların yanı sıra iklim değişikliğinin kronik strese ve ruhsal bozukluklara neden olabileceğine dair çalışmalar da bulunmaktadır. Buna göre, sıcak hava dalgaları ve yüksek nem nedeniyle artan gece sıcaklığı, kötü uykuya neden olarak zihinsel sağlığın bozulmasına neden olmakla birlikte aşırı hava olaylarında mal ve sevilenlerin kaybı da ruhsal rahatsızlıkları tetiklemektedir (Portier vd., 2013; Berry vd., 2018).

Genellikle doğrudan ve dolaylı etkiler üzerine yoğunlaşan raporlar ve teorik çalışmaların yanı sıra sınırlı sayıda ampirik çalışma literatürde yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle iklim değişikliği sıcaklıklarla, insan sağlığı ise ölüm oranları ile ölçülmektedir. Sıcaklık ile ölüm arasında “U” ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Buna göre sıcaklık normal seviyelerde iken ölüm oranları düşük, sıcaklık normalin üstünde veya altında olduğunda ölüm oranları daha yüksek olmaktadır (McMichael vd., 2006; Rice, 2003).

“U” hipotezini destekleyen Rice (2003), atmosferdeki karbondioksitin %0,0037’de (370 ppm) varlığının insan sağlığı için bir tehdit oluşturmadığını ve düşük veya yüksek konsantrasyonlarda olumsuz etkileri olduğunu vurgulamıştır. Çalışmadaki duyarlılık analizi, normal oranın üstünde veya altında karbondioksit maruz kalmanın özellikle savunmasız insanlar için risk oluşturduğunu ve hipertansiyon, koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği olanların tehlikede olduğu bulgusunu elde etmiştir.

Rooney vd. (1998), İngiltere ve Galler’de Temmuz ve Ağustos 1995’te sıcaklık dalgalanmaları ve hava kirliliğinin mortalite üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalarında sıcaklık dalgalanmalarına bağlı ölümlerde %8,9, hava kirliliğinde %38’lik bir artış gözlemlenmiştir. Tüm yaş gruplarında aşırı ölümler bulunmuş ancak kadınlarda mortalitedeki artışın serebrovasküler ve solunum yolu enfeksiyonları ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Sıcaklık ve ölüm oranları arasındaki ilişkiyi ele alan bir başka çalışmada, Madrid’de 1986-1987 yazındaki aşırı sıcaklıklar açısından, özellikle 65-74 ve 74+ yaş aralığında tek değişkenli ve çok değişkenli ARIMA modelleri

tahmin edilmiştir. Bulgu, özellikle dolaşım yetmezliği nedeniyle 75 yaş ve üstü kadınlarda 36,5 °C'nin üzerindeki her derece için ölüm oranının %28'e kadar arttığı şeklindedir (Diaz vd., 2002).

Healy (2002), aşırı soğuk havaların AB-14 bölgesindeki ölüm oranları üzerindeki etkisini Poisson regresyon ile barınma, makroekonomik faktörler, yaşam tarzı, sosyoekonomik durum ve sağlık hizmetleri ile ilişkilendirerek araştırmıştır. Aşırı soğuk havanın Portekiz, İspanya ve İrlanda'da ölüm oranlarını artırdığı sonucuna varmıştır.

Pope III vd. (2009), sağlık değişkenleri olarak yaşam beklentisinin yanı sıra ölüm oranını da kullanmış ve ABD'de 80'li ve 90'lı yıllarda hava kirliliği ile yaşam beklentisi arasındaki ilişkiyi regresyon analizi ile araştırmışlardır. Sonuç olarak, hava kirliliğindeki azalmanın yaşam beklentisinde %15'lik bir artış sağladığı bulgusunu elde etmişlerdir.

Jankowska vd. (2012), demografi ve sağlık anketlerinden yaklaşık 14 bin çocuk için araştırma yapmışlardır. İklim için yağış miktarı ve sıcaklıklar ele alınmıştır. Bağımsız değişkenler, anemi varlığı, yaşa göre boy sapması, yaşa göre kilo sapması, hanehalkı geliri vb. olarak belirlenmiştir. Sıcaklık, yağış, geçim ve yetersiz beslenme arasındaki temel ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Sonuçta, geçim kaynakları ile yetersiz beslenmenin yanı sıra iklim ile boy kısalığı arasındaki bağlantı ortaya koyulmaktadır. Ayrıca, iklim ve geçim koşullarındaki değişiklikler nedeniyle artan yetersiz beslenme riskiyle karşı karşıya kalan çocukların 2025 yılına kadar 200 binin yetersiz beslenme ile karşı karşıya kalacağı, 100 binden fazlasının anemik hale geleceği öngörülmüştür.

Liu vd. (2016), Çin'in ulusal ve şehir düzeyinde hava kalitesi ve halk sağlığı gözetim sistemlerinden elde edilen verileri kullanarak hava kirliliğinin yükünü ve bunun iklim faktörleri ve sağlık sonuçlarıyla ilişkisini incelemeyi amaçlamışlardır. SO₂, NO₂, PM₁₀, CO ve ozondan oluşmuş bir hava kirliliği endeksinin ölüm oranları üzerindeki etkisi SAR ve sabit etkili panel yöntemi ile analiz edilmiştir. Hava kirliliğinin büyüklüğünün mevsimlere ve bölgelere göre değiştiği vurgulanarak iklim faktörlerinin ülke genelindeki toplam ölümlerle ilişkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Türkiye'de iklim değişikliği ve sağlık ilişkisini ele alan literatürde genellikle konu teorik düzeyde kalmaktadır. Çelik vd. (2008) çalışmalarında, iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini ve sağlığı etkileyen faktörleri vurgulamışlardır. Erdoğan (2008), yine doğrudan ve dolaylı etkiler üzerinde durmuşlardır. Olgun ve Kantarlı (2020), doğrudan ve dolaylı etkilerin yanı sıra hava kirliliği ve solunum hastalıklarına kavramsal

çerçevede yer vermişlerdir. Ayrıca, Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan “İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Olumsuz Etkilerinin Azaltılması Ulusal Programı ve Eylem Planı” özelinde önerilerden bahsetmişlerdir. Kavuncuoğlu ve Kiraz (2022), aşırı hava kirliliği, su krizi ve güvenliği, gıda krizi ve güvenliği konusunu sağlıkla ilişkilendirerek kavramsal olarak ele almışlardır. Aras ve Demirci (2020) ise iklim değişikliğinin zihinsel sağlık özelinde doğrudan ve dolaylı psikolojik etkilerine kavramsal olarak yer vermişlerdir.

3. Veri ve Yöntem

Tablo 2’de analizde kullanılan değişkenler ve değişken tanımları yer almaktadır. Yaşam beklentisini temsil eden “*logyasam*” değişkenin logaritması dikkate alınmıştır. Diğer değişkenler oransal olarak ifade edildiğinden dolayı logaritması alınmamıştır. “*mortalite*” değişkeni veri tabanında 2000-2019 yılları arasında yer aldığından analize de bu dönem dahil edilmiştir. Diğer değişkenler ise 1990-2020 yılları için mevcut olup ilgili zaman periyodu dikkate alınmaktadır.

Tablo 2. Analizde Kullanılan Değişkenler ve Değişkenlere İlişkin Tanımlar

Değişken	Tanım	Kaynak
CO_2	Karbondioksit emisyonu (kişi başı metrik ton)	Dünya Bankası (WDI)
<i>ölüm</i>	Kaba ölüm hızı (1000 kişide 1)	Dünya Bankası (WDI)
<i>logyasam</i>	Doğumda yaşam beklentisinin (yıl) logaritması	Dünya Bankası (WDI)
<i>mortalite</i>	30 ile 70 yaşları arasında olan kardiyovasküler, kanser, diyabet veya kronik solunum hastalıklarından ölüm oranı (%)	Dünya Bankası (WDI)

Tablo 3. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

	CO_2	<i>ölüm</i>	<i>mortalite</i>	<i>logyasam</i>
Aritmetik Ortalama	4.383077	9.432724	19.85214	4.205774
Medyan	2.597916	8.700000	19.55000	4.258332
Maksimum	20.46980	40.46300	42.10000	4.429684
Minimum	0.029170	4.430000	7.900000	3.279595
Std. Sapma	4.770894	3.734627	7.226056	0.176238
Çarpıklık	1.140582	1.978871	0.450435	-0.903610
Basıklık	3.735144	11.21096	2.705430	3.523451
Jarque-Bera	259.6834	3756.069	26.20154	160.0397
Olasılık Değeri	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000
Gözlem Sayısı	1085	1085	700	1085

Tablo 3'te değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. CO_2 için aritmetik ortalama değerine bakıldığında kişi başına yaklaşık 4,38 metrik ton düştüğü söylenebilmektedir. En yüksek değer yaklaşık 20,47 metrik ton ile 2000 yılında ABD'ye en düşük değerine ise 1992 yılında 0,029 ile Etiyopya'ya ait olduğu gözlenmektedir. “ölüm” değişkeni için ortalamanın yaklaşık bin insanda 9 olduğu, maksimum değer 40,46 ile 1991 yılında Somali'ye, minimum değer (4,43) ise 2002 yılında Malezya'ya ait olduğu bulunmuştur. “logyasam” değişkeninin yaklaşık ortalama 4,206 olarak elde edilen değeri logaritması alınmamış haliyle 68'e denk gelmektedir. Logaritması alınmış haliyle maksimum yaşam beklentisinin (83,90) 2019 yılında İsviçre'ye, minimum değer (26,57) ise 1991 yılında Somali'ye ait olduğu gözlenmektedir. “mortalite” değişkeninin ortalaması 19,85 olarak elde edilmiştir. En yüksek mortalite değeri (42,10) 2001 yılında Afganistan'da, en düşük değeri (7,90) ise 2019 yılında İsviçre'de gerçekleşmiştir. Tüm değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerleri incelendiğinde aynı zamanda Jarque-Bera olasılık değerleri dikkate alındığında dağılımın normal dağılmadığı görülmektedir. Ancak gözlem sayısı çok büyük olduğundan merkezi limit teoremi gereğince normal dağılıma yakınsama kabul edilebilmektedir.

İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerinde etkisinin varlığı nedensellik ilişkisi ile tespit edilmektedir. Ancak, nedensellik ilişkisine başlamadan önce yatay kesit bağımlılığı ve birim kök testleri gibi önsel testlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yatay kesit bağımlılığı herhangi bir değişken için bir yatay kesitte meydana gelen bir şokun diğer yatay kesitleri de etkileyeceği anlamına gelmektedir. Yatay kesit bağımlılığı korelasyon katsayılarının ($\hat{\rho}_{ij}$) toplamına dayanan Denklem 1'de verilen CD testi ile test edilmektedir. Bu testte boş hipotez “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindedir (Pesaran, 2004).

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \Rightarrow N(0,1) \quad (1)$$

Değişkenlerin entegrasyon derecesini veya durağanlık seviyelerini belirlemek için kullanılan yatay kesit bağımlılığı altında geçerli ikinci nesil birim kök testlerinden biri olan CADF testi, her ülkenin gecikme seviyelerinin ilk farkları ve yatay kesitsel ortalamaları dikkate alınarak hesaplanan ADF regresyonunun genişletilmiş bir versiyonudur. Boş hipotez, serinin bir birim kökü olduğunu ve alternatif ise durağan olduğunu belirtmektedir. Serinin birim kökü varsa, serinin farkı alınarak birim kök testi tekrar uygulanmaktadır. Bu şekilde serinin iki birim kök mü yoksa sadece bir birim kök mü içerdiği belirlenmektedir (Pesaran, 2007).

İklim değişikliği ve insan sağlığı arasındaki nedensellik ilişkisi ilk olarak Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi ile araştırılmaktadır. Bu test, yatay kesit boyutunun daha büyük olduğu durumlarda kullanılan yarı-asimptotik olan ve Denklem 2'de yer alan $\tilde{Z}_{N,T}^{HNC}$ istatistiği ile hesaplanmaktadır. Burada, yatay kesit birimleri için hesaplanmış olan N tane Wald ($W_{i,T}$) istatistiğinin ortalaması dikkate alınarak elde edilen $W_{N,T}^{HNC}$ panel istatistiği ile, standartlaştırılmış $Z_{N,T}^{HNC}$ istatistiği elde edilmektedir. İlgili istatistik birinci, ikinci ve üçüncü gecikme için hesaplanmakta ve en az iki gecikmeden bir nedensellik istatistiki olarak anlamlı elde edildiğinde nedenselliğin var olduğu söylenebilmektedir (Dumitrescu & Hurlin, 2012).

$$\tilde{Z}_{N,T}^{HNC} = \frac{\sqrt{N}[W_{N,T}^{HNC} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T})]}{\sqrt{\text{Var} N^{-1} \sum_{i=1}^N \text{Var}(W_{i,T})}} \quad (2)$$

Nedensellik sonuçlarını her bir ülkeye özgü veren ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan eş bütünleşmenin varlığında veya yokluğunda kullanılan Emirmahmutoglu-Kose (EK) Panel Nedensellik testi ise 3. denklemdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$z_{i,t} = \mu_i + A_{i1}Z_{i,t-1} + \dots + A_{ik}Z_{i,t-k_i} + \sum_{l=k_i+1}^{k_i+dmax_i} A_{il}Z_{i,t-l} + u_{i,t} \quad (3)$$

Burada, A_{ik} parametre matrisini, $k_i + dmax_i$ (k_i gecikme uzunluğu ve $dmax_i$ ise maksimum entegrasyon derecesi) VAR modelinin maksimum gecikme sayısını temsil etmektedir (Emirmahmutoglu & Kose, 2011).

4. Ampirik Bulgular

Çalışmada az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerden verilerine ulaşılabilen örneklem seçilmiştir. 13 az gelişmiş ülke, 10 gelişmekte olan ülke ve 12 gelişmiş ülke üzere toplamda 35 ülke analize dahil edilmektedir. Az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla iklim değişikliğini temsil etmek üzere CO_2 değişkeni, insan sağlığını temsil etmek üzere kaba ölüm hızı, doğuştan beklenen yaşam süresi ve mortalite değişkenleri dikkate alınmaktadır.

Tablo 4. Yatay kesit Bağımlılığı ve Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	CD_{LM} ist.	CADF (Düzy)	CADF (1.Fark)	Entegrasyon derecesi
CO_2	5.465*** (0.000)	-0.192 (0.424)	-6.561 *** (0.000)	I(1)
ölüm	43.139*** (0.000)	0.024 (0.510)	-6.252*** (0.000)	I(1)
logyasam	119.917*** (0.000)	1.539 (0.938)	-4.590*** (0.000)	I(1)
mortalite	69.776*** (0.000)	1.089 (0.862)	-4.388*** (0.000)	I(1)

Not: Parantez içerisindekiler olasılık değerleridir. ***, %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Tablo 4'te yatay kesit bağımlılığı ve birim kök testi sonuçları yer almaktadır. CD_{LM} yatay kesit bağımlılığı istatistiklerine bakıldığında tüm değişkenler için “yatay kesit bağımlılığı yoktur” boş hipotezinin reddedildiği ve yatay kesit bağımlılığının var olduğu görülmektedir. Bu sonuç bir ülkede ilgili değişken için meydana gelen bir şokun diğer ülkeleri de etkilediğini göstermektedir. Yatay kesit bağımlılığı var olduğundan ikinci nesil birim kök testlerine başvurulmaktadır. Yatay kesit bağımlılığı altında geçerli olan CADF birim kök testine göre düzey değerlerinde serilerin durağan olmadığı sonucuna varılmaktadır. Bir başka ifade ile seriler bir birim kök içermektedir. Serilerin birden fazla birim kök içerip içermediğinin test edilmesi amacı ile birinci farkları alınarak iki birim kök mü bir birim kök mü içerdiği incelendiğinde iki birim kök içerdiğini gösteren boş hipotezin reddedildiği ve tüm serilerin bir birim kök içerdiği sonucuna varılmaktadır. Dolayısıyla tüm serilerin entegrasyon derecesi I(1) olarak belirlenmektedir.

Tablo 5. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Hipotez	Z_{HNC} (Gecikme=1)	Z_{HNC} (Gecikme=2)	Z_{HNC} (Gecikme=3)
$H_0: \Delta CO_2 \neq \Delta \text{ölüm}$	3.22550 *** (0.0013)	1.88289 * (0.0597)	2.25577 ** (0.0241)
$H_0: \Delta CO_2 \neq \Delta \text{logyasam}$	1.21955 (0.2226)	0.57209 (0.5673)	0.56847 (0.5697)
$H_0: \Delta CO_2 \neq \Delta \text{mortalite}$	3.27397 *** (0.0011)	1.82141 * (0.0685)	0.09629 (0.9233)

Not: Parantez içerisindekiler olasılık değerlerini göstermektedir. *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testinde değişkenler birim kök testi sonucunda I(1) olarak belirlendiğinden birinci farkları alınarak analize dahil edilmektedir. ΔCO_2 'den *ölüm* değişkenine doğru ve ΔCO_2 'den mortalite değişkenine doğru en az iki gecikmede de anlamlı bir ilişki tespit edildiğinden nedensellik ilişkisinin var olduğu söylenebilmektedir. Ancak ΔCO_2 'den *logyasam* değişkenine doğru hiçbir gecikmede nedensellik bulgusuna rastlanılmamaktadır (Tablo 5).

Tablo 6. CO_2 ile *ölüm* Değişkenleri için EK Nedensellik Sonuçları

Grup	Ülke	Gecikme	$CO_2 = >ölüm$	p-değeri
Az Gelişmiş Ülkeler	Angola	3	4.8509	0.1830
	Benin**	1	4.6014	0.0319
	Cibuti	3	1.1649	0.7614
	Etiyopya	2	2.0969	0.3505
	Gine	2	1.7869	0.4092
	Malavi	2	4.3754	0.1122
	Mali	3	0.7545	0.8603
	Mozambik	2	1.7081	0.4257
	Somali	3	2.2958	0.5133
	Sudan	3	5.2771	0.1526
	Afganistan	2	1.6944	0.4286
	Bangladeş	3	1.7654	0.6225
	Kamboçya	2	1.3760	0.5026
Gelişmekte Olan Ülkeler	Brezilya	1	0.0770	0.7814
	Çin**	2	6.4944	0.0389
	Hindistan***	2	12.3151	0.0021
	Endonezya*	1	2.8279	0.0926
	Malezya	3	6.1546	0.1043
	Meksika	1	1.9201	0.1658
	Filipinler	3	4.2748	0.2333
	G. Afrika	2	1.2346	0.5394
	Tayland**	3	8.2011	0.0420
	Türkiye	2	2.3550	0.3081
	Gelişmiş Ülkeler	Norveç	2	3.3341
İsviçre		2	1.8781	0.3910
İrlanda***		2	9.7281	0.0077
Almanya		2	2.6771	0.2622
İzlanda		1	0.4282	0.5129
İsveç		3	4.0076	0.2606
Hollanda**		1	4.0253	0.0448
Danimarka		2	3.3641	0.1860
Finlandiya***		3	15.2737	0.0016
Kanada		2	0.9809	0.6123
B. Krallık		2	0.5316	0.7666
ABD		3	5.0056	0.1714
Panel	$CO_2 = >ölüm$	Fisher istatistiği 124.3582***	p-değeri 0.0001	

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

EK panel nedensellik sonucuna bakıldığında, tablonun altında bulunan Fisher istatistiğinin tüm panel için nedenselliğin var olup olmadığını gösterdiği söylenebilmektedir. Bu bağlamda Fisher istatistiğinin anlamlı olduğu dolayısıyla da panelde nedenselliğin var olduğu görülmektedir. Ülke özelinde sonuçlar dikkate alındığında, CO_2 değişkeninden *ölüm* değişkenine doğru nedenselliğin bulunduğu ülkelerin Benin, Çin, Hindistan, Endonezya, Tayland, İrlanda, Hollanda ve Finlandiya olduğu görülmektedir. Az gelişmiş ülke grubundan tek bir ülkenin (Benin), gelişmekte olan ülke grubundan ise dört (Çin, Hindistan, Endonezya ve Tayland) ülkenin olduğu dikkat çekmektedir (Tablo 6).

Tablo 7. CO_2 ile *logyasam* Değişkenleri için EK Nedensellik Sonuçları

Grup	Ülke	Gecikme	$CO_2 = > \logyasam$	p-değeri
Az Gelişmiş Ülkeler	Angola	3	4.8890	0.1801
	Benin*	1	3.1945	0.0739
	Cibuti	3	1.3474	0.7179
	Etiyopya	2	1.5622	0.4579
	Gine	1	0.1879	0.6647
	Malavi*	2	4.7719	0.0920
	Mali	3	1.2068	0.7514
	Mozambik	2	2.5249	0.2830
	Somali	3	1.9505	0.5828
	Sudan	3	5.6424	0.1304
	Afganistan	2	2.7650	0.2510
	Bangladeş	2	3.2745	0.1945
	Kamboçya	2	1.0651	0.5871
	Gelişmekte Olan Ülkeler	Brezilya	1	0.2293
Çin		2	2.1954	0.3336
Hindistan***		2	19.5942	0.0001
Endonezya		2	0.6851	0.7100
Malezya		3	2.7041	0.4395
Meksika		1	0.4570	0.4990
Filipinler*		3	7.0748	0.0696
G. Afrika		2	0.3091	0.8568
Tayland***		3	21.1333	0.0001
Türkiye		2	1.5958	0.4503
Gelişmiş Ülkeler	Norveç	2	0.9154	0.6327
	İsviçre	2	1.5570	0.4591
	İrlanda***	3	11.8880	0.0078
	Almanya	2	2.8653	0.2387
	İzlanda	1	0.2862	0.5927
	İsveç	2	0.3766	0.8284
	Hollanda***	1	11.2539	0.0008
	Danimarka	1	1.9722	0.1602
	Finlandiya	2	0.1830	0.9126
	Kanada	1	0.7769	0.3781
	B. Krallık	1	1.2682	0.2601
ABD	1	0.8924	0.3448	
Panel	$CO_2 = > \logyasam$	Fisher istatistiği 125.2792***	p-değeri 0.0001	

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

EK Panel Nedensellik testi sonuçlarına göre, CO_2 değişkeninden *loggyasam* değişkenine doğru nedenselliğin elde edildiği ülkeler Benin, Malavi, Hindistan, Filipinler, Tayland, İrlanda, Hollanda ve Finlandiya şeklindedir. Az gelişmiş ülke grubunda bulunan Benin'in ve gelişmekte olan ülke grubunda bulunan Hindistan ve Tayland'ın ayrıca gelişmiş ülke grubunda bulunan Hollanda'nın CO_2 değişkeninden ölüm değişkenine doğru nedenselliğin de var olduğu ülke olmaları dikkat çekmektedir (Tablo7).

Tablo 8. CO_2 ile mortalite Değişkenleri için EK Nedensellik Sonuçları

Grup	Ülke	Gecikme	$CO_2 \Rightarrow$ mortalite	p-değeri
Az Gelişmiş Ülkeler	Angola	2	0.8192	0.6639
	Benin	1	0.7800	0.3772
	Cibuti	1	0.0001	0.9912
	Etiyopya**	2	7.1282	0.0283
	Gine	2	0.1355	0.9345
	Malavi	1	0.0930	0.7605
	Mali**	3	9.9504	0.0190
	Mozambik	3	4.1914	0.2415
	Somali**	3	9.9914	0.0186
	Sudan***	3	25.3688	0.0000
	Afganistan	3	3.2230	0.3585
	Bangladeş	2	0.3942	0.8211
	Kamboçya	1	0.0003	0.9864
Gelişmekte Olan Ülkeler	Brezilya	1	0.5204	0.4707
	Çin	3	1.9073	0.5919
	Hindistan**	3	7.9802	0.0464
	Endonezya	3	3.5231	0.3178
	Malezya	1	0.8805	0.3481
	Meksika	1	1.2802	0.2579
	Filipinler	1	0.5300	0.4666
	G. Afrika	1	0.0015	0.9689
	Tayland	2	1.9080	0.3852
	Türkiye	3	1.6664	0.6444
Gelişmiş Ülkeler	Norveç	3	2.6510	0.4486
	İsviçre***	3	21.8688	0.0001
	İrlanda	3	5.1584	0.1606
	Almanya	1	0.0646	0.7993
	İzlanda	1	0.1241	0.7246
	İsveç	2	0.1606	0.9228
	Hollanda	3	1.6730	0.6430
	Danimarka	3	3.8430	0.2789
	Finlandiya	3	1.0562	0.7877
	Kanada	1	0.0032	0.9552
	B. Krallık	1	0.0010	0.9744
ABD	1	0.4101	0.5219	
Panel	$CO_2 \Rightarrow$ mortalite	Fisher istatistiği 105.5250***	p-değeri 0.0039	

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

CO_2 'den *mortalite* değişkenine doğru nedenselliğin bulunduğu ölkeler Etiyopya, Mali, Somali, Sudan, Hindistan ve İsviçre şeklindedir. Literatürde iklim değişikliğinin kardiyovasküler, kanser, diyabet veya kronik solunum hastalıkları ile bağlantısı ortaya koyulmaktadır. Bu bağlamda sonuca göre karbondioksit emisyonundan ilgili hastalıklara doğru bir nedenselliğin bulunduğu ölkeler içerisinde az gelişmiş ölkelerin (Etiyopya, Mali, Somali, Sudan) yoğunluğu dikkat çekmektedir. Gelişmekte olan ölkelerden Hindistan yine nedenselliğin var olduğu ölkeler durumundadır. Bir bütün olarak panelin anlamlılığını gösteren Fisher istatistiğine göre ise istatistiksel anlamlılığın oldukça yüksek olduğu görölmektedir (Tablo 8).

Tablo 9. İklim Değişikliğinden İnsan Sağlığına Doğru Nedenselliğin Var olduğu Ölkeler

Ölke Grubu	$CO_2 \Rightarrow \text{ölüm}$	$CO_2 \Rightarrow \text{logyasam}$	$CO_2 \Rightarrow \text{mortalite}$
Az Gelişmiş	Benin	Benin Malavi	Etiyopya Mali Somali Sudan
Gelişmekte Olan	Hindistan Endonezya Tayland Çin	Hindistan Filipinler Tayland	Hindistan
Gelişmiş	İrlanda Hollanda Finlandiya	İrlanda Hollanda	İsviçre

Tablo 9'da iklim değişikliğinden insan sağlığına doğru nedenselliğin varlığının istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu ölkeler özet bir tablo olarak verilmektedir. Az gelişmiş ölkelerden Benin'de ve gelişmiş ölkelerden İrlanda ve Hollanda'da karbon emisyonundan hem ölüm hem de *logyasam* değişkenlerine doğru bir nedenselliğin bulunması dikkat çekmektedir. Gelişmekte olan ölkeler grubunda yer alan Hindistan'da ise karbon emisyonundan ölüm, *logyasam* ve *mortalite* değişkenlerine doğru nedensellik bulgusunun elde edildiği görölmektedir.

Az gelişmiş ölkeler grubunda bulunan Benin'in iklim değişikliği zorluğuyla karşı karşıya kaldığı bilinmektedir. Burada kuraklık, seller, mahsul yiyen zararlılar ve yüksek nüfuslu kıyı şeridini tehdit eden yükselen deniz seviyeleri büyük sorun teşkil etmektedir (Dossou & Glehouenou-Dossou, 2007).

Küresel İklim Risk Endeksi raporuna göre iklim değişikliğinden en çok etkilenen 10 ülke içerisinde bulunan Sudan, Hindistan ve Filipinler sonuçların tutarlılığı açısından önem arz etmektedir (Eckstein vd., 2021).

İklim değişikliğinden en çok etkilenen ülkeler listesinde ön sıralarda yer alan Hindistan'da her üç sağlık göstergesi için de anlamlı nedensellik elde edilmesi dikkat çekmekte ve beklenen bir bulgu olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü raporlarında iklim değişikliğinin Hindistan'da sağlık üzerinde önemli etkiler yaratmasının, yetersiz beslenmeyi artırmasının ve çocuklarda büyüme geriliği ve buna bağlı sağlık bozuklukları yaratmasının beklenildiği vurgulanmaktadır. Bu etkilerden en çok yoksul kesimlerin etkileneceği, iklim değişikliğinin olmadığı bir senaryoya kıyasla çocuklarda boy kısalığının 2050 yılına kadar %35 oranında artacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda, çocuk ölümlerinin ana nedeni olan sıtma ve diğer vektör kaynaklı hastalıkların yanı sıra ishal enfeksiyonlarının, daha önce bulaşmanın sınırlı olduğu bölgelere yayılmasının muhtemel olacağı da belirtilmektedir. Sıcak hava dalgalarının ölüm ve ölüm oranlarında çok önemli bir artışa yol açacağı belirtilmektedir (WHO, 2013).

Son otuz yılda ekonomisinde hızlı bir büyüme kaydeden Çin'de ekonomik büyümenin belli bir bedelinin de hava kalitesinin tükenmesi olduğu çalışmalarda vurgulanmaktadır. Bunun sonucunda ise iklim değişikliği ile ölümler arasında bir ilişki olduğu ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda Çin için elde edilen anlamlı nedensellik şaşırtıcı olmamaktadır.

Etiyopya, iklim değişikliğinden dolayı meydana gelen kuraklık nedeniyle acil gıda yardımına ihtiyaç duyan ülke durumundadır. Ayrıca ülke, kuraklık ve sellerin yanı sıra El Niño ve La Niña'nın etkilerine de eğilimli olduğu için kuraklık burada özellikle tehlikeli olmaktadır. Birbirini izleyen her kuraklık ve selde, özellikle yoksulluk, açlık ve geçim kaynakları üzerindeki etki daha da arttığından sağlık açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Giovetti, 2022).

Gelişmiş ülke olmasına rağmen iklim değişikliğinden sağlığa doğru nedenselliğin anlamlı bulunduğu İsviçre'de iklim değişikliğinden dolayı bir kırılganlık olduğu çünkü sıcaklığın son on yılda sanayi öncesi ortalamadan 2,5 °C daha sıcak hissedildiği belirtilmektedir (IME, 2023).

İrlanda da ise sıcak havanın değil de soğuk havaların etkili olduğuna dair bulgular mevcuttur. Buna göre aşırı soğuk havaların ölümleri arttırdığı düşünülmektedir (Healy, 2002).

Hollanda'da iklim değişikliğinin daha yüksek sıcaklıklara neden olacağı ve belirli zamanlarda daha uzun kuraklık dönemleri ile karşılaşılacağı

iddia edilmektedir. Ayrıca bir kıyı ülkesi olarak Hollanda, yükselen deniz seviyesinden de etkilenmektedir. 2016 yılında dolu ve yağmur fırtınaları nedeniyle toplamda 700 milyon avronun üzerinde hasar meydana gelmiş bulunmaktadır. Saman nezlesi ve diğer solunum yolu rahatsızlıkları gibi alerji yaygınlığında, su rekreasyonundaki büyüme ve su kalitesinin bozulması nedeniyle su kaynaklı patojenlere maruz kalmada ve vektör kaynaklı bulaşıcı hastalıklarda olası artış öngörülmektedir. Bu bağlamda alerji ve bulaşıcı hastalıklardaki potansiyel artış nedeniyle artan sağlık yükü, verimlilik kaybı ve daha yüksek maliyetler beklenmektedir (ADAPT, 2016)

Sonuç

1990-2020 yılları arasında az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülke gruplarından verilerine ulaşılabilen 35 ülke için iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisinin varlığı nedensellik analizi ile sınanmaktadır. İklim değişikliği ısınmanın temel nedeni olarak gösterilen kişi başına karbondioksit emisyonu ile ölçülmektedir. İnsan sağlığını ise kaba ölüm oranı, doğuştan beklenen yaşam süresi ve kardiyovasküler, kanser, diyabet veya kronik solunum hastalıklarından ölüm oranını yansıtan mortalite değişkeni temsil etmektedir. Nedensellik analizi sonucunda karbon emisyonundan ölüm oranına doğru istatistiksel olarak anlamlı bir nedenselliğin bulunduğu ülkelerin Benin, Hindistan, Endonezya, Tayland, Çin, İrlanda, Hollanda ve Finlandiya olduğu bulgusu elde edilmiştir. Karbon emisyonundan doğuştan yaşam beklentisine doğru nedenselliğin var olduğu ülkelerin Benin, Malavi, Hindistan, Filipinler, Tayland, İrlanda ve Hollanda olduğu ortaya çıkmaktadır. Son olarak karbon emisyonundan mortaliteye doğru istatistiksel olarak anlamlı nedenselliğin bulunduğu ülkeler Etiyopya, Mali, Somali, Sudan, Hindistan ve İsviçre şeklindedir. Gelişmekte olan ülke grubunda bulunan Hindistan'ın sağlığı temsil eden her üç değişkene göre nedensellik bulgusunun elde edilmesi dikkat çekicidir. Hindistan'da artan sıcaklıkların etkisiyle meydana gelen kuraklığın yetersiz beslenmeye ve dolayısıyla sağlık problemlerinin artmasına neden olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sıcak hava dalgalarının ölüm oranlarını da etkileyeceği öngörülmektedir. Aynı zamanda az gelişmiş ülke grubunda bulunan Benin, gelişmekte olan ülke grubunda bulunan Tayland ve gelişmiş ülke grubunda bulunan İrlanda ve Hollanda ülkeleri için sağlığı temsil eden iki değişkene göre nedensellik bulgusu elde edilmiştir. Benin ve Hollanda'da kuraklığın yanı sıra yükselen deniz sularından dolayı meydana gelen sellerin birçok sağlık problemine yol açtığı ve açacağı düşünülmektedir. İrlanda'da ise sıcak hava dalgasının aksine soğuk hava sağlık açısından problem yaratmaktadır. Tayland'da Çin'de olduğu gibi hızlı büyüme ile birlikte hava kalitesinin bozulması ile insanların sağlığının

bozulduğu ve gerekli önlemlerin alınmaması durumunda ölümlerin artacağı öngörülmektedir.

Bu bağlamda, ülkelerin yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda hareket etmesi beklenmektedir. Fosil yakıtlar yerine temiz enerji kaynaklarının kullanımı insan sağlığı açısından önem kazanmaktadır. Ayrıca, üretimde doğrusal ekonomiden çok döngüsel ekonominin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Böylelikle, üretimin yanı sıra su verimliliğinin sağlanmasında da sıfır atık hedefine ulaşılması mümkün olacaktır. Ülkelerin hatta şehirlerin iklim uyumlu hale getirilmesi için şehir planlamacılarının ilgili coğrafyaya özgü olumsuz etkileri ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar yapmalarının teşvik edilmesi önemli hale gelmektedir.

İklim değişikliğinin sağlığa yansımaları ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu sebeple, iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve gerekli desteklerin sağlanması için daha kırılgan durumda olan nüfusun özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda analizlerde mikro bazlı ve ülkeye özel araştırmalar yapılması önerilmektedir. İklim değişikliğini yansıtan sıcaklık, emisyon, yağış rejimleri gibi faktörler, coğrafyanın keskin sınırlarına göre belirlenemeyen olgulardır. Dolayısıyla, böyle bir durumda mekânsallık sorunu da söz konusudur. Sonuç olarak gelecekteki çalışmalarda mekânsal etkinin dikkate alınması ve mikro bazlı çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Aras, B. B., & Demirci, K. (2020). İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki psikolojik etkileri. *Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 77-94.
- Berry, H. L., Waite, T. D., Dear, K. B., Capon, A. G., & Murray, V. (2018). The case for systems thinking about climate change and mental health. *Nature Climate Change*, 8(4), 282-290.
- Çelik, S., Bacanlı, H., & Görgeç, H. (2008). Küresel iklim değişikliği ve insan sağlığına etkileri. *Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü*, 1(1), 1-31.
- Díaz, J., Jordan, A., García, R., López, C., Alberdi, J., Hernández, E., & Otero, A. (2002). Heat waves in Madrid 1986–1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(3), 163-170.
- Dossou, K. M., & Glehouenou-Dossou, B. (2007). The vulnerability to climate change of Cotonou (Benin) the rise in sea level. *Environment and Urbanization*, 19(1), 65-79.
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels, *Econ. Model.* doi:10.1016/j.econmod.2012.02.014.
- Eckstein, D., Künzel, V. & Schäfer, L. (2021). The Global Climate Risk Index 2021. Bonn: Germanwatch. Recuperado de: <https://bvearmb.do/handle/123456789/1306>
- Emirmahmutoglu, F., & Kose, N. (2011). Testing for Granger causality in heterogeneous mixed panels, *Economic Modelling*, 28, 870-876.
- Erdogan, Z. (2008). İklim değişikliği ve sağlık üzerine etkileri. *Florence Nightingale Journal of Nursing*, 16(61), 71-76.
- Giovetti, O. (2022). Climate change in Ethiopia: What happened in 2021, and what's the forecast for 2022? <https://www.concern.net/news/climate-change-in-ethiopia>
- Healy, J. D. (2003). Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 57(10), 784-789.
- Hofmeister, E. K., Rogall, G. M., Wesenberg, K., Abbott, R. C., Work, T. M., Schuler, K., ... & Winton, J. (2010). Climate change and wildlife health: direct and indirect effects (No. 2010-3017). US Geological Survey.
- International Monetary Fund (2023). Switzerland: Climate Change Mitigation in Switzerland. <https://doi.org/10.5089/9798400243608.002>
- Jankowska, M. M., Lopez-Carr, D., Funk, C., Husak, G. J., & Chafe, Z. A. (2012). Climate change and human health: Spatial modeling of water availability, malnutrition, and livelihoods in Mali, Africa. *Applied Geography*, 33, 4-15.

- Kavuncuoğlu, D., & Kiraz, E. D. E. (2022). Hastalık Yüküne Yeni Yük: İklim Değişikliğinin Sağlık Etkileri. *Climate and Health Journal*, 2(2), 22-30.
- Kinay, P., Morse, A. P., Villanueva, E. V., Morrissey, K., & Staddon, P. L. (2019). Direct and indirect health impacts of climate change on the vulnerable elderly population in East China. *Environmental Reviews*, 27(3), 295-303.
- Liu, L., Yang, X., Liu, H., Wang, M., Welles, S., MárquezS., ... & Haas, C. N. (2016). Spatial-temporal analysis of air pollution, climate change, and total mortality in 120 cities of China, 2012–2013. *Frontiers In public health*, 4, 143.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), 859-869.
- McMichael, A. J. (2013). Globalization, climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 368(14), 1335-1343.
- Olgun, E., & Kantarlı, S. (2020). İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkileri. *Doğanın Sesi*, (5), 13-23.
- Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438(7066), 310-317.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. CESifo Working Paper Series No. 1229, IZA Discussion Paper No. 1240.
- Pesaran, H. M. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pope III, C. A., Ezzati, M., & Dockery, D. W. (2009). Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *New England Journal of Medicine*, 360(4), 376-386.
- Portier, C. J., Tart, K. T., Carter, S. R., Dilworth, C. H., Grambsch, A. E., Gohlke, J., ... & Maslak, T. (2013). A human health perspective on climate change: a report outlining the research needs on the human health effects of climate change. *Journal of Current Issues in Globalization*, 6(4), 621-710.
- Quadrelli, R., & Peterson, S. (2007). The energy-climate challenge: Recent trends in CO2 emissions from fuel combustion. *Energy policy*, 35(11), 5938-5952.
- Rice, S. A. (2003). Health effects of acute and prolonged CO2 exposure in normal and sensitive populations. In *Second Annual Conference on Carbon Sequestration*: 5-8.
- Rooney, C., McMichael, A. J., Kovats, R. S., & Coleman, M. P. (1998). Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 52(8), 482-486.

- The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT (2016). Adapting with ambition. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries/netherlands#:~:text=%2D%20The%20relatively%20long%20coastline%2C%20combined,vulnerable%20for%20sea%20level%20rise>.
- World Health Organization (WHO) (2012). Atlas of health and climate. <http://www.who.int/globalchange/publications/atlas/en/>.
- World Health Organization (WHO) (2013). India: Climate Change Impacts. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/06/19/india-climate-change-impacts>
- World Health Organization (WHO) (2021). The Health Argument for Climate Action. COP26 Special Report on Climate Change and Health. Available online: <https://www.who.int/publications/i/item/cop26-special-report>

CO₂ Emisyonunu Etkileyen Göstergeler: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Analizi

Mefule Fındıkçı Erdoğan¹

Özet

Sürdürülebilir bir kalkınma stratejisi oluşturulurken, ekonomik büyüme ve çevre koruma arasındaki denge kritik bir öneme sahiptir. Bu dengenin sağlana bilmesi için çevre ve ekonomik kalkınma ilişkisinin yön ve şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Çevresel faktörler ekonomik, sosyal ve demografik göstergelerin bir yan etkisi olarak oluştuğu gibi bu göstergeleri de etkilemektedir. Özellikle son dönemlerde ortaya çıkan çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin ekonomik, finansal, sosyal, demografik etkilerinin bireysel, kurumsal ve toplumsal sonuçları izlenmeden kaliteli gelişme ve kalkınma sürecinin tasarlanması mümkün gözükmemektedir. Bu bağlamda çevresel faktörleri etkileme ve etkilenme şeklinin belirlenmesi oluşturulacak politika kararları açısından yol gösterici bir niteliğe sahip olacaktır. Çalışmada, çevre kirliliğini etkileyen faktörlerin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bağlamında incelenmesi amaçlanmıştır. Çevre kirliliği göstergesi olarak literatürde sıklıkla ele alınan CO₂ emisyonu kullanılmıştır. Çalışmada 2009-2020 dönemi için seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan 62 ülkenin verileri kullanılarak CO₂ emisyonunu etkileyen göstergeler dinamik panel veri analizi yöntemi ile irdelenmiştir. Çalışmada kişi başına milli gelir, enerji yoğunluğu, yüksek teknoloji ihracatı ve nüfus göstergeleri ele alınırken ayrıca çalışmada küresel ekonomik faaliyetlerin sektöre uğradığı COVID-19 dönemi kukla değişken olarak modele dahil edilmiş ve dönemin CO₂ emisyonuna etkisi incelenmiştir. Çalışmada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından CO₂ emisyonunun göstergelerden etkilenme yönünün farklılaştığı belirlenmiştir.

1. Giriş

21. yüzyıl ekonomileri benzeri görülmemiş farklı krizler ve kırılanlıklarla sınanmakta ve bunun sonucu olarak yeni normal arayışları bağlamında

1 Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, Düşünce ve Proje Akademisi, mfindikci@ticaret.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0150-0990

ulusal/uluslararası dönüşüm/değişim süreçleri geçirmektedir. Bu krizlerin/kırılganlıkların önemli konu başlıklarından biri olarak da iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik ortaya çıkmaktadır. Uluslararası kurum/kuruluşlar, son yıllarda iklim değişikliği sorununun üstesinden gelmek için çeşitli çevre koruma protokolleri ve anlaşmalar geliştirerek ülkeleri, çevresel sorunlar yaratan faaliyetlerin gözden geçirilmesi ve geliştirilen politikalar çerçevesinde çevre dostu dönüşümün sağlanması noktasında teşvik etmektedir. Ancak, teknoloji hamleleri ile hızla kalkınma ve büyümeye odaklanmış ekonomiler, üretim, tüketim ve pazar arayışları içerisinde enerji ihtiyaçları ile yüzleşirken ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik arasında denge sağlama konusunda zorluklar yaşamaktadır.

Gelişmiş ve yükselen ekonomilerin, 21.yüzyıl ulusal makroekonomik yapı ve ilişkiler sisteminin kalitesini daha da artıracak düşünülen yüksek teknolojik gelişmelere önem verdiği ve ülkelerin uluslararası ekonomik ilişkilerini daha sıkı bağlar ile gerçekleştirdiği yeni ve farklı yapı ve ilişkiler ağının oluşturulduğu görülmektedir. Nitekim bu ilişkiler ağı doğrultusunda, ülkelerin ileri teknolojinin etkisi ile üretim sürecini gerçekleştirmesi sonucunda sürdürülebilir bir kalkınma olanağı oluşacaktır. 21. yüzyıl ekonomisinde sürdürülebilir kalkınma için ise çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin ortak bir paydada hareket edebilmesi oldukça önemlidir. Bu doğrultuda ülkeler makroekonomik yapı ve ilişkiler sistemini kurgularken ekonomi politikaları, teknoloji ve beşerî ilişkileri doğrultusunda yeniden şekillendirilmeli ve bu sürece önemli bir faktör olarak çevresel etkiler eklenmelidir. Çevresel faktörlerin göz ardı edildiği bir yaklaşımda ise beşerî sermayeye yönelik yatırımların göz ardı edilebilmesiyle yüksek teknoloji çalışmalarının ulusal kalkınmaya muhtemel olumlu katkısı, sürdürülebilirlikten uzak ve kısa dönemli olabilecektir. Kısa dönemli ve dalgalı ekonomik etkiler ise ekonomik yapı ve ilişkiler sisteminde istikrarsızlığı ve öngörülemez politikaları da beraberinde getireceği için diğer makroekonomik göstergelerde de kırılganlıkların oluşmasına veya var olan kırılgan alanların uzun dönemde derinleşmesine neden olabilecektir. Yüksek teknoloji çalışmaları, sosyal, siyasal, kültürel, çevresel ve ekonomik birçok boyuttaki değişkenler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesi durumunda sürdürülebilir büyümeye olumlu katkılar sunacaktır. Bu minvalde ekonomi politikaları geliştirilirken çevresel faktörlerin etkilerinin analiz edilmesi ülkelerin kalkınma serüveninde önemli bir rol oynarken çevre politikalarının da eş güdümlü olarak ele alınmasına olanak sağlayacaktır. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için ulusal koşulları ve gereksinimleri dikkate alarak stratejiler geliştirmek kritik öneme sahiptir.

Bu bağlamda çalışmada, çevre kirliliğini etkileyen faktörlerin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bağlamında incelenmesi amaçlanmıştır. Çevre kirliliği

göstergesi olarak literatürde sıklıkla ele alınan CO2 emisyonu kullanılmıştır. Çalışmada 2009-2020 dönemi için seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan 62 ülkenin verileri kullanılarak CO2 emisyonunu etkileyen göstergeler dinamik panel veri analizi yöntemi ile irdelenmiştir. Çalışmada kişi başına milli gelir, enerji yoğunluğu, yüksek teknoloji ihracatı ve nüfus göstergeleri ele alınırken ayrıca çalışmada küresel ekonomik faaliyetlerin sekteye uğradığı COVID-19 dönemi kukla değişken olarak modele dahil edilmiş ve dönemin CO2 emisyonuna etkisi incelenmiştir.

2. Literatür

Ekonomik büyümenin temel itici güçleri olan sanayileşme ve kalkınmanın, fayda/maliyet ekseninde önemli bir yansıması çevresel etkiler olarak ortaya çıkmaktadır. Ar-Ge harcamaları, inovasyon, enerji geçişi ve ekonomik büyüme gibi faktörlerin, çevreyi olumlu/olumsuz şekilde etkileyebileceği ve bu etkilerin yön/şeklinin ülkelerin yapısına göre farklılık gösterebileceği literatürde tartışılmaktadır. Çevre kirliliği ile kişi başına düşen gelir arasındaki ters U şeklindeki ilişkinin Grossman ve Kreuger (1991) tarafından ileri sürülmesinden bu yana hızla gelişen literatürde nüfus, enerji yoğunluğu, ticaret, yüksek teknoloji, krizler vb. birçok faktörün çevre kirliliğini etkisi incelenmiştir. Stern (2002), 1973-1990 dönemi için 63 ülke grubuna ait verileri kullanarak kükürt emisyonlarının kişi başına milli gelir ile ilişkisini incelemiştir. Bulgular ekonomik büyümenin düşük gelir düzeylerinde çevrenin durumunu kötüleştirdiğini, yüksek gelir düzeylerinde ise iyileştirdiğini desteklemiştir. Grimes ve Kentor (2003), çalışmalarında 66 az gelişmiş ülkenin 1980 -1996 dönemi verilerini kullanarak yabancı yatırımların karbon emisyonuna etkilerini incelemiştir. Bu bağlamda elde edilen bulgular yabancı sabit yatırım girişi ile karbon emisyonu arasında pozitif yönlü ilişki varlığını göstermiştir. Frankl ve Rose (2005), çalışmalarında ticaretin çevre üzerindeki etkisini irdlemiştir. Bulgular ticari faaliyet düzeyinin artmasının daha fazla üretime ve sonuçta kirliliğin artmasına yol açtığını göstermiştir. Ayrıca çalışma, demokrasi derecesi ve nüfus yoğunluğu gibi çevreyi etkileyen önemli dışsal faktörlerin de olduğunu vurgulamaktadır. Apergis ve Payne (2009), 6 Orta Amerika ülkesinde 1971-2004 dönemi için CO2 emisyonları, enerji tüketimi ve üretim arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Uzun vadede enerji tüketiminden çıktıya doğru tek yönlü, enerji tüketimi ile reel çıktı arasında çift yönlü, uzun vadede ise enerji tüketimi ile emisyonlar arasında çift yönlü bir nedensellik olduğu belirlenmiştir.

Pao ve Tsai (2011), çalışmalarında BRIC ülkelerinde karbondioksit emisyonları, enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım ile ekonomik büyüme nedenselliği incelemişlerdir. Çalışmada uzun vadeli dengede

enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını artıran bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sharma (2011), gelişmiş ve gelişmekte olan 69 ülke için 1985-2005 döneminde karbon emisyonunun ekonomik ve sosyal belirleyicilerini incelemiştir. Çalışma, ticari açıklık derecesi, kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla ve enerji tüketimi ile karbondioksit gazı üretimi arasında olumlu bir bağlantı olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı gelir düzeyine sahip tüm ülkelerde kentleşme derecesiyle CO₂ emisyonu arasında da ters yönlü bir ilişki olduğu ortaya çıkarılmıştır. Piaggio ve Padilla (2012), çalışmalarında 1950-2006 dönemi için 31 ülkenin CO₂ emisyonları ile ekonomik faaliyetleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bulgular, hava kirliliği ile ekonomik faaliyet arasındaki ilişki incelenirken ülkeler arasındaki farklılıkların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Knight ve Schor (2014), çalışmalarında yüksek gelir grubuna dahil 29 ülkenin 1991-2008 dönemi verilerini kullanarak ekonomik büyümenin karbon salınımı ile ilişkili olduğuna yönelik sonuçlar sunmuşlardır. Aye ve Edoja (2017) ise çalışmalarında 31 gelişmekte olan ülkede GSYH ile CO₂ emisyonu arasında negatif yönlü bir ilişki olduğunu göstermişlerdir.

Ahmad vd. (2020) çalışmalarında, gelişmekte olan ekonomilerde, doğal kaynaklar, teknolojik yenilikler, ekonomik büyüme ve bunların sonucunda ortaya çıkan ekolojik ayak izi arasındaki bağlantıları 1984-2016 dönemindeki verileri kullanarak ikinci nesil panel eşbütünleşme metodlarıyla analiz sürecini gerçekleştirmektedir. Eşbütünleşme sonuçlarıyla ekolojik ayak izi, doğal kaynaklar, teknolojik yenilikler ile ekonomik büyüme arasında istikrarlı ve uzun dönemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun vadede, doğal kaynaklar ve ekonomik büyüme ekolojik ayak izini artırıp genişletirken, teknolojik yenilikler bu olgunun bir sonucu olarak meydana gelen çevresel bozulmayı azaltmada yardımcı olmaktadır.

Çil (2021) çalışmasında 1971-2013 dönemi BRICS ülkelerinde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin yanı sıra Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini eşbütünleşme yöntemi ile incelemiştir. Bulgular, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olduğunu ortaya koymakta, uzun dönemli katsayılar enerji tüketimindeki ve ekonomik büyümedeki artışın CO₂ emisyonlarını artırdığını göstermektedir. Ayrıca ekonomik büyüme ile karbondioksit emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki doğrulanmıştır.

Xu, Wang ve Guo (2022) çalışmalarında, IMF tarafından yapılan sıralamaya göre dünyanın beş büyük ekonomisi (B5) (ABD, Çin, İngiltere, Almanya ve Japonya) dikkate alınarak yenilenebilir enerji adaptasyonu, finansal kalkınma ve küreselleşmenin çevresel kalite ve ekonomik ilerleme

üzzerindeki rolünün yeniden araştırılmasını amaçlamışlardır. Bu çalışmada, panel birim kök testi, Pedroni eşbütünleşme analizi, panel FMOLS ve panel DOLS dahil olmak üzere veri analizi için panel teknikleri uygulanmaktadır. Sonuçlar, yenilenebilir enerji adaptasyonunun B5 ülkelerinde çevresel kaliteyi iyileştirmek ve ekonomik ilerlemeyi güçlendirmek için çevresel etkiyi azalttığını ortaya koymaktadır. Finansal gelişme, sermaye oluşumu, doğal kaynaklar ve küreselleşme ekonomik ilerlemeyi artırır da bu faktörlerin çevre kalitesi için olumsuz sonuçlar yarattığı da gözlenmektedir. Ek olarak bunun ekonomi ve çevre arasında bir değiş tokuş olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ticaretin rolü, B5 ekonomilerinde çevresel kalite ve ekonomik ilerleme için yapıcı olarak tespit edilmiştir.

Celik ve Alola (2023) çalışmalarında, gelişmiş ekonomilerin teknolojik gelişimi ve iklim değişikliğini azaltma planı dikkate alınarak 2000-2018 döneminde teknolojiye en çok yatırım yapan seçilmiş ülkelerin panel verisi için çevresel bozulmayı azaltmada yenilikler, yüksek teknoloji ihracatı, işgücü verimliliği, sermaye stoku, araştırma ve geliştirme, bilgi ve iletişim teknolojisi, sermaye stoku ve enerji kullanımı gibi sürdürülebilir kalkınma unsurlarının rolünü incelemektedir. Çalışmanın bulgularına sermaye stokunun çevresel etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda, işgücü verimliliği, inovasyon, Ar-Ge, bilgi ve iletişim teknolojisi ve enerji, incelenen ülkelerdeki ekolojik kaliteyi daha da engellemektedir.

Razzaq vd.'nin (2023) çalışmalarında, 1990-2018 dönemi verileriyle ABD'de geri dönüşüm, iklim teknolojileri, ticaret ve tüketime dayalı karbon emisyonları arasındaki asimetrik bağlantılar incelenmektedir. Çalışmanın analiz sürecinde asimetrik uzun dönem eşbütünleşme ve nedenselliği keşfetmek için kantil otoregresif dağıtıcı gecikme (QARDL) ve Granger kantiller arası nedensellik kullanılmaktadır. Uzun vadeli sonuçlar, geri dönüşüm ve iklim teknolojilerin uzun vadede, özellikle sırasıyla düşük-yüksek (0,05-0,70) ve düşük-yüksek (0,05-0,95) emisyon miktarlarında karbon emisyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Ticarete dayalı ortak değişkenler, ithalatın üst-orta ila en yüksek (0,70-0,95) emisyon miktar dilimlerinde karbon emisyonuna önemli ölçüde katkıda bulunduğunu, ihracatın ise en düşük ila en yüksek (0,05-0,95) emisyon miktar dilimlerinde karbon emisyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Kısa dönemli esneklikler ise benzer bir yöne sahip olmaktadır ancak büyüklükleri ve anlamlılıkları nicelikler arasında farklılık göstermektedir.

Hong ve Zhang (2023) çalışmalarında, ekonometrik analiz yöntemlerini kullanarak 2013-2020 yılları arasında Bitcoin ticareti yapan ilk 20 yükselen piyasada ekonomisinde Bitcoin ticareti, ekonomik büyüme ve enerji kullanımının

CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini ampirik olarak test etmekte ve panel verilerinde yatay kesit bağımlılığı, eğim heterojenliği ve birim köklerin varlığına ilişkin sonuçları ele almaktadır. Sonuçlara göre Bitcoin ticareti, ekonomik büyüme ve enerji kullanımı, uzun vadeli bir perspektifte ele alındığında CO₂ emisyonları üzerinde önemli ölçüde pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca CO₂ emisyonlarının, her üç belirleyici ile çift yönlü nedensel bir korelasyona sahip olduğu da görülmektedir. Çalışma, yüksek teknolojik gelişmelerin yaşandığı 21. yüzyılda gelişmekte olan piyasa ekonomilerine yönelik Bitcoin ticareti için çevre dostu teknolojiler sunmaları, mevcut kapsamlı ekonomik büyüme modunu değiştirmeleri ve sürdürülemez enerji tüketimine karşı koruma sağlamaları yönünde tavsiyede bulunmaktadır.

Xing vd. (2023) çalışmalarında, 1990-2019 yılları arasında Asya ekonomilerine ait panel veri regresyonu kullanılarak Çevresel Kuznets Eğrisi ve nüfus, refah ve teknolojiye göre stokastik etkiler yapısı birlikte uygulanmıştır. Bu çalışmada, dinamik panel veri yöntemlerinden panel otomatik regresif dağıtılmış gecikme (ARDL) ve havuzlanmış ortalama grup yaklaşımları kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, kişi başına düşen ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ters U şeklindeki ilişkinin desteklenmediğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu çalışma, yeniliklerin daha düşük büyüme seviyelerinde Çevresel Kuznets Eğrisine ulaşılmasını kolaylaştırabileceğini bulmaktadır. Bu çalışma, ters U şeklindeki ilişkinin araştırılmasına yönelik metodolojik anlayışa katkıda bulunmakta ve Çevresel Kuznets Eğrisi modelinin işleyişini açıklamaktadır. Çalışmada sunulan ampirik kanıtlar Çevresel Kuznets Eğrisinin varlığına meydan okumakta ve inovasyonu Asya ekonomilerinin sürdürülebilir kalkınmaya ulaşması için uygulanabilir bir yaklaşım olarak önermektedir.

Tiwari vd. (2023) çalışmalarında, 1997-2020 dönemi için enerji geçişi, iklim politikası sıklığı, sanayileşme ve tedarik zinciri baskısının rolü dikkate alınarak döngüsel ekonominin CO₂ emisyonu büyümesi üzerindeki etkisini panel kantil Otoresif Dağıtılmış Gecikmeler (QARDL) ve panel PMG analiz yöntemleri kullanarak inceleme gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma, döngüsel ekonomi ve iklim politikası sıklığının karbon emisyonlarını önemli ölçüde olumsuz etkilediğini göstermektedir. Ayrıca enerji dönüşümü, sanayileşme ve tedarik zinciri baskılarının kısa ve uzun vadede CO₂ emisyonlarının belirlenmesinde önemli olduğuna da dikkat çekilmektedir. Bu çalışmanın ampirik sonuçları, gelişmiş ekonomilerdeki ve gelişmekte olan piyasalardaki politik otoritelere yönelik ekonomik büyümeyi ve sürdürülebilir kalkınmayı durdurmadan CO₂ emisyonlarını azaltmak için

döngüsel ekonomi, enerji geçişi, çevre politikası sıklığı ve tedarik zinciri baskısı arasındaki dengelyi korumalarına yönelik öneri seti sunmaktadır.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veri

Çalışmada, CO2 emisyonuna kişi başına milli gelir, nüfus, enerji yoğunluğu, yüksek teknoloji ihracatı göstergelerinin etkisi 62 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin 2009-2020 dönemini kapsayan verileri kullanılarak dinamik panel veri analizi ile incelenmiştir. Ayrıca çalışmada 2020 yılı COVID-19 dönemi olarak ele alınmış ve kukla değişken olarak modele eklenmiştir. Çalışmanın amacına yönelik olarak CO2 emisyonu üzerine ilgili göstergelerin etkisi hem bütüncül bir yaklaşımla hem de gelir gruplarına göre ayrıştırılarak incelenmiştir. Gelir gruplarına göre ülke tasnifi IMF ülke kategorilerinden yararlanılarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olarak ayrıştırılmıştır.²

Tablo 1. Göstergeler

Kod	Tanım	Kaynak
$CO2_{it}$	CO2 emisyonu (kt)	World Bank
$GSYH_{it}$	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla, (Kişi Başına (\$))	
Pop_{it}	Nüfus, (Bin kişi)	
HTE_{it}	Yüksek Teknoloji İhracatı (Bin \$)	
EN_{it}	Birincil Enerjinin Enerji Yoğunluğu Düzeyi (MJ/2017 \$ SAGP GSYH)	
$COVID_t$	$COVID_t = \begin{cases} 1, & \text{COVID - 19 dönemi} \\ 0, & \text{diğer dönemler} \end{cases}$	

Tüm ülkeleri kapsayan Model 1, gelişmiş ülkeleri kapsayan Model 2 ve gelişmekte olan ülkeleri kapsayan Model 3 tahmin edilmiştir.

2 Gelişmiş ülkeler: Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Fransa, Almanya, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, Singapur, Slovakya, Slovenya, İsveç, İsviçre, İngiltere, ABD, İspanya, Hırvatistan, Çekya, Kore, Finlandiya, Yunanistan.
Gelişmekte olan ülkeler: Arjantin, Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Bosna Hersek, Brezilya, Bulgaristan, Şili, Çin, Kolombiya, Mısır, Estonya, Macaristan, Hindistan, Endonezya, Kazakistan, Kırgızistan, Mauritius, Meksika, Pakistan, Paraguay, Peru, Polonya, Romanya, Rusya, Güney Afrika, Tayland, Tunus, Türkiye, Uruguay, Vietnam

Model 1:

$$lCO2_{it} = \beta_1 lCO2_{it-1} + \beta_2 lGSYH_{it} + \beta_3 lPop_{it} + \beta_4 lHTE_{it} + \beta_5 lEN_{it} + \beta_6 COVID_t + u_{1it}$$

Model 2:

$$lCO2_{it} = \beta_1 lCO2_{it-1} + \beta_2 lGSYH_{it} + \beta_3 lPop_{it} + \beta_4 lHTE_{it} + \beta_5 COVID_t + u_{1it}$$

Model 3:

$$lCO2_{it} = \beta_1 lCO2_{it-1} + \beta_2 lGSYH_{it} + \beta_3 lPop_{it} + \beta_4 lHTE_{it} + \beta_5 lEN_{it} + \beta_6 COVID_t + u_{1it}$$

3.2. Yöntem

Çalışmada CO₂ emisyonun geçmiş dönem etkilerini de incelemek amacıyla dinamik panel veri modellerinden biri olan Arellano ve Bond (1991) genelleştirilmiş momentler (GMM) tahmincisi kullanılmıştır. Bu yöntem, birinci fark modelinin hata terimlerindeki negatif otokorelasyonu kontrol etmek için kullanılmakta ve birinci fark modeli araç değişken matrisi kullanılarak dönüştürüldükten sonra genelleştirilmiş EKK yöntemiyle tahminler gerçekleştirilmektedir. Bağımlı değişkenin gecikmeli değişkeni bağımsız değişken olarak ele alınan en basit model dinamik model yapısı şu şekildedir:

$$y_{it} = \alpha y_{i(t-1)} + \eta_i + v_{it}$$

N ayrı zaman serisinin (y_{i1}, \dots, y_{it}) rassal bir örneğinin mevcut olduğunu varsayılmaktadır. v_{it} değerinin sonlu momentlere sahip olduğu ve özellikle $t \neq s$ için $E(v_{it}) = E(v_{it}v_{is}) = 0$ olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımlarla, iki veya daha fazla dönem gecikmeli y değerleri birinci farklardaki denklemlerde geçerli araçlardır. Modele (k - 1) bağımsız açıklayıcı değişkenler dâhil edilerek genişletildiğinde model yapısı şu şekilde oluşacaktır:

$$y_{it} = \alpha y_{i(t-1)} + \beta' x_{it}^* + \eta_i + v_{it} = \delta x_{it} + \eta_i + v_{it}$$

Burada $x_{it} = (y_{i(t-1)} x_{it}^*)'$ kx1 ve v_{it} korelasyonlu değildir. Başlangıçta x_{it}^* 'lerin tamamının η_i ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Bu bağlamda, araç değişkenlerin optimal matrisinin biçimi, x_{it}^* 'in önceden belirlenmiş mi yoksa tamamen dışsal değişkenler mi olduğuna bağlıdır. İkinci dereceden otokorelasyon varlığını sınamak amacıyla Arellano ve Bond (1991) tarafından dinamik panel veri modelleri için otokorelasyon testi önerilmiştir. Kullanılan modelde ikinci dereceden otokorelasyon olmaması GMM tahmincisinin etkin olması için gerekli bir koşuldur (Yerdelen Tatoğlu, 2018). Birinci farklar eşitliğindeki kalıntılara dayanan testin temel hipotezi $H_0: E(v_{i,t} v_{i,t-2}) = 0$ şeklinde tanımlanmaktadır.

$$m_2 = \frac{\hat{v}_* \hat{v}'_{-2}}{\hat{v}^{1/2}}$$

$E(v_{i,t} v_{i,t-2}) = 0$ varsayımı altında \hat{v} ;

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^N v'_{i(-2)} \hat{v}_* v'_i \hat{v}_{i(-2)} - 2\hat{v}_{-2} X_* (\bar{X}' Z A_N Z' \bar{X})^{-1} X' Z A_N \left(\sum_{i=1}^N Z'_i \hat{v}_i \hat{v}'_{i*} \hat{v}_{i(-2)} \right) + \hat{v}_{i(-2)} X_* a v \hat{a}' (\hat{\delta}) X'_i \hat{v}_{-2}$$

tanımlanmaktadır. Sadece $T_i \geq 5$ durumunda m_2 testine ilişkin sonuçlar elde edilebilmektedir.

Dinamik panel veri analizi modellerinin doğruluğu, kullanılan araç değişkenlerin dışsal olduğu varsayımına dayanmaktadır. Sargan (1958) testinin Hansen (1982) tarafından genelleştirilmiş momentler tahmin yöntemine uyarlanması ile elde edilen Sargan test istatistiği şu şekilde verilmiştir:

$$\text{Sargan test istatistiği} = \Delta \hat{u}' Z \left(\sum_{i=1}^N (Z'_i \Delta \hat{v}_i \Delta \hat{v}'_i Z_i)^{-1} \right) Z' \Delta \hat{v}$$

Test sonucunun p-k serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uygunluk göstermesi gerekmektedir. Burada p, Z araç değişken matrisinin sütun sayısını ve k tahmin edilen parametre sayısını ifade etmektedir. Ayrıca $p > k$ koşulunun sağlanması beklenmekte ancak bu testin güvenilirlik derecesi araç değişken sayısının artması ile artmaktadır (Blundell, Bond, & Windmeijer, 2001).

4. Bulgular

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmada kullanılan göstergelere ilişkin tanımlayıcı istatistikler tüm ülkeler ve gelir gruplarına göre ayrıştırılarak Tablo 2'de verilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, karbon emisyonunun gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre daha yüksek seviyelerde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca incelenen ülkeler arasında en yüksek ve en düşük karbon emisyonu seviyesinin de gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Çin ve Mauritius olduğu görülmektedir. Karbon emisyonlarının gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermesi çeşitli faktörlere dayanabilmektedir. Birincisi, gelişmekte olan ülkeler genellikle daha fazla endüstrileşme ve kalkınma aşamasındadır ve bu da daha fazla enerji talebi anlamına gelebilmektedir. Daha fazla enerji kullanımı, fosil yakıtların daha fazla tüketilmesine ve dolayısıyla CO2 emisyonlarının artmasına neden olabilmektedir. Öte yandan, gelişmekte olan ülkeler arasında

en yüksek ve en düşük karbon emisyonu seviyelerinin farklılığı, bu ülkelerin ekonomik büyüme hızları, endüstriyel yapıları ve enerji kaynaklarının farklılığına bağlı olabilmektedir. Örneğin, Çin gibi büyük bir gelişmekte olan ülkenin endüstriyel üretimi yüksektir ve bu da yüksek CO₂ emisyonlarına yol açabilmektedir. Mauritius gibi daha küçük bir gelişmekte olan ülke ise endüstriyel üretimde daha küçük bir etkiye sahip olduğu ifade edilebilmektedir.

Kişi başına milli gelir seviyesi yüksek olan gelişmiş ülkeler aynı zamanda yüksek teknoloji ihracatı bakımından da ortalama olarak gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksek bir seviyeye sahiptir. Ancak ilgili dönemde en yüksek teknoloji ihracatı seviyesi gelişmekte olan ülkelere göre biri olan Çin'e aittir. Kişi başına milli gelir seviyesi yüksek olan gelişmiş ülkelerin, daha yüksek teknoloji ihracatı seviyelerine sahip olmaları, genellikle daha gelişmiş teknoloji altyapısına ve endüstriyel kapasiteye sahip olduklarını göstermektedir. Ancak Çin gibi gelişmekte olan ülkeler, büyük nüfusları ve hızlı endüstriyel büyümeleri sayesinde yüksek teknoloji ihracatı seviyelerine ulaşabilme potansiyeline sahiptir. Gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere nazaran daha fazla birincil enerji yoğunluk düzeyine sahip olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin daha fazla birincil enerji yoğunluk düzeyine sahip olmaları, genellikle enerji verimliliği eksikliği, daha eski ve az gelişmiş enerji altyapısı ve daha fazla enerji yoğun endüstrilerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu da daha fazla enerji tüketimine ve dolayısıyla daha yüksek CO₂ emisyonlarına neden olmaktadır.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

	Değişken	Ortalama	Std. Sapma	Min	Max
Toplam	CO ₂	459258	1388159	3423	10900000
	Pop	85800	239000	498	1410000
	GSYH	25855	24254	871	123679
	HTE	35000	87600	0.36	757000
	EN	4.06	1.49	1.22	8.95
Gelişmiş Ülkeler	CO ₂	346558	886796	6928	5392109
	Pop	32900	60000	497.783	332000
	GSYH	43743	22674	11421	123679
	HTE	42300	55500	375.9225	216000
	EN	3.68	1.20	1.22	7.34
Gelişmekte Olan Ülkeler	CO ₂	571957	1745648	3423	10900000
	Pop	139000	324000	1247	1410000
	GSYH	7968	4725	871	23595
	HTE	27700	110000	0	757000
	EN	4.44	1.65	2.13	8.95

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki karbon emisyonlarını azaltma çabalarının her iki grup için de benzersiz zorlukları ve fırsatları olduğu bilinmektedir. Gelişmiş ülkeler, teknoloji ve kaynaklara daha fazla erişime sahipken, gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyüme ihtiyaçlarına odaklanmak zorundadır. Bu nedenle, küresel iş birliği ve sürdürülebilir kalkınma çabaları her iki grup için de oldukça önemlidir.

4.2. Dinamik Panel Veri Analizi Bulguları

Bu çalışmada, Arellano ve Bond tek aşamalı GMM, Arellano ve Bond İki Aşamalı GMM ve Arellano ve Bond İki Aşamalı GMM Dirençli Standart Hata tahmincisi kullanılarak CO₂ emisyonunu etkileyen faktörler incelenmiştir. İlk aşamada ülkelerin gelir yapısı göz ardı edilerek ilgili değişkenlerin CO₂ emisyonuna etkileri tüm ülkeler için irdelenmiş daha sonra ülkeler gelir gruplarına göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olarak ayrıştırılmış ve CO₂ emisyonu açıklayan değişkenlerin önemi yeniden analiz edilmiştir.

Model 1, Model 2 ve Model 3 ilişkin bulgular incelendiğinde, üç modelde de tek aşamalı GMM sonuçlarında açıklayıcı değişkenler olarak ele alınan göstergelerin birlikte bağımlı değişkeni açıklamada istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Wald Testi $p < 0.05$). Ancak tek aşamalı GMM tahmincisinde çalışmada kullanılan araç değişkenler için içsellik testi incelendiğinde Sargan Testi sonuçlarına göre ($p < 0.05$), araç değişkenlerin içsellik sorunu taşıdığı görülmüştür. Ayrıca tek aşamalı GMM tahmincisi kullanılan modellerde Arellano ve Bond otokorelasyon testi sonuçlarına göre ise modellerde %5 istatistiksel anlamlılık düzeyinde AR(1) ve AR(2) için otokorelasyon varlığı tespit edilmiştir. Bu nedenle Model 1 Model 2 ve Model 3, Arellano ve Bond İki Aşamalı GMM tahmincisi ile tekrar analiz edilmiştir. İki aşamalı GMM tahmincisi modellerinde yer alan tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile açıklayıcı değişkenlerin birlikte bağımlı değişkeni açıklamada anlamlı olduğu (Wald testi $p < 0.05$) görülmüştür. Ayrıca araç değişkenlerin içsellik sorunu taşımadığı (dışsal oldukları) (Sargan Testi $p > 0.05$) ve modelde ikinci dereceden otokorelasyon probleminin çözüldüğü görülmüştür.

İki aşamalı GMM sonuçları, içsellik ve otokorelasyon sorununun çözülmesine olanak sağlamıştır. Ancak iki aşamalı GMM tahmincisi elde edilen standart hatalar aşağı doğru sapmalı olması nedeniyle dirençli hataların düzeltilmesi gerekmektedir. Bu durumda Windmeijer (2005) dirençli standart hatalar kullanılarak Model 1, Model 2 ve Model 3 yeniden tahminlenmiştir. İki aşamalı GMM ile dirençli hatalar tahmini katsayıları aynı sonuçları sunmakla beraber standart hatalar yerine WC dirençli standart

hatalar kullanıldığından dolayı katsayıların istatistiksel anlamlılık dereceleri de farklılık gösterebilmektedir. Dirençli hatalar ile elde edilen bulgular, CO₂ emisyonunun bağımlı değişkenler olarak ele alınan göstergeler tarafından açıklamada anlamlı olduğunu, Arellano ve Bond otokorelasyon testine göre ikinci dereceden otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Çalışmada modellere ilişkin gerekli koşullar sağlandığı için katsayılar üzerinden değerlendirme yapılırken dirençli hatalar tahmincisine ilişkin sonuçlar dikkate alınmaktadır.

Tablo 3. Model 1 –Arellano ve Bond GMM Tahmincisi

	Tek Aşamalı GMM		İki Aşamalı GMM		Dirençli Hatalar İki Aşamalı GMM	
	β	Std. Hata	β	Std. Hata	β	WC Dirençli Std. Hata
<i>lCO2_{it-1}</i>	0.404***	0.049	0.404***	0.007	0.404***	0.119
<i>lGSYH_{it}</i>	0.062***	0.021	0.056***	0.006	0.056**	0.030
<i>lPop_{it}</i>	0.935***	0.089	0.880***	0.048	0.880***	0.193
<i>lHTE_{it}</i>	0.022***	0.007	0.022***	0.004	0.022*	0.013
<i>lEN_{it}</i>	0.498***	0.030	0.476***	0.011	0.476***	0.074
<i>COVID_t</i>	-0.067***	0.005	-0.065***	0.001	-0.065***	0.008
N/T	62/10		62/10		62/10	
Wald Testi (X ²)	929.820	0.000	4123.620	0.000	178.760	0.000
İçsellik Testi						
Sargan Testi	268.064	0.000	55.593	0.415		
Arellano-Bond test						
AR(1)	-2.660	0.008	-2.649	0.008	-1.953	0.051
AR(2)	-2.037	0.042	-1.598	0.110	-0.780	0.435

*Not: *p<0.10; **p<0.05; ***p<0.01 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.*

Çalışmada ele alınan gelişmiş ve gelişmekte olan 62 ülkenin bir arada kullanıldığı Model 1 bulgularına göre, karbon emisyonunun bir dönem gecikmeli değişkeninin, kişi başına milli gelirin, nüfusun, yüksek teknoloji ihracatının

ve enerji yoğunluğunun karbon emisyonunu arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmada CO2 emisyonunun geçmiş dönem etkilerinin incelenmesi karbon emisyonlarının potansiyel bir geçmiş eylemlerden etkilenme süreci olduğunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Kişi başına milli gelirin yükselmesi, daha yüksek yaşam standartlarına işaret ederken, kişi başına milli gelirdeki artışın beraberinde daha fazla enerji tüketimi ve karbon emisyonları anlamına geldiğini göstermektedir. Nüfus artışı, doğal kaynakların ve enerjinin daha fazla talep görmesine yol açarak karbon emisyonlarını artırıcı bir faktör olarak rol oynamaktadır. Öte yandan yüksek teknoloji ihracatının artması da daha fazla enerji ve kaynak tüketimini gerektireceği için karbon emisyonlarını yükseltebilmektedir. Ekonominin ne kadar enerji tükettiğini yansıtan bir gösterge olan enerji yoğunluğunun yükselmesi ise enerji tüketimine bağlı olarak karbon emisyonlarını arttırabilmektedir. Ayrıca COVID-19 pandemisinin karbon emisyonlarını azalttığı gözlemlenmiştir. Bulgular, ülkelerin farklı özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmediği için karbon emisyonlarına yönelik geliştirilecek politikalar için yeterli bir bilgi sunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada ülkelerin gelir grupları başka bir ifade ile gelişmişlik düzeyi dikkate alınarak CO2 emisyonu üzerinde göstergelerin etkileri yeniden incelenmiştir.

Gelişmiş ülkeler bağlamında elde edilen Model 2 bulgularına göre, karbon emisyonunun bir dönem gecikmeli değişkeni ve nüfus karbon emisyonunu arttırmaktadır. Kişi başına milli gelir ve yüksek teknoloji ihracatı göstergelerinin ise karbon emisyonunu azaltıcı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan gelişmiş ülkeler için enerji yoğunluğu göstergesi istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç sağlamadığı için modelden çıkarılmıştır. COVID-19 pandemisinin karbon emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olduğu görülmüştür, bu da pandeminin çevresel etkilere sahip olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 4. Model 2 –Arellano ve Bond GMM Tahmincisi

	Tek Aşamalı GMM		İki Aşamalı GMM		Dirençli Hatalar İki Aşamalı GMM	
	β	Std. Hata	β	Std. Hata	β	WC Dirençli Std. Hata
$lCO2_{it-1}$	0.756***	0.064	0.732***	0.045	0.732***	0.120
$lGSYH_{it}$	-0.126***	0.042	-0.119***	0.018	-0.119**	0.055
$lPop_{it}$	0.313***	0.122	0.281***	0.085	0.281*	0.168
$lHTE_{it}$	-0.072***	0.024	-0.079***	0.010	-0.079**	0.033
$COVID_t$	-0.081***	0.008	-0.0787***	0.002	-0.0787***	0.009
N/T	31/10		31/10		31/10	
Wald Testi (X ²)	929.820	0.000	7011.690	0.000	194.980	0.000
İçsellik Testi						
Sargan Testi	122.855	0.000	29.543	0.997		
Arellano-Bond Otokorelasyon Testi						
AR(1)	-5.349	0.000	-3.337	0.001	-2.884	0.004
AR(2)	-0.897	0.370	-1.473	0.141	-1.460	0.144

Not: * $p < 0.10$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler için oluşturulan Model 3 bulgularına göre, bir dönem gecikmeli değişken, kişi başına milli gelir, nüfus, yüksek teknoloji ihracatı ve enerji yoğunluğu, karbon emisyonlarını arttırmaktadır. Yani, önceki dönemlerdeki eylemler, kişi başına milli gelir, nüfus artışı, yüksek teknoloji ihracatı ve enerji yoğunluğu, karbon emisyonlarını artırıcı etkilere sahiptir. COVID-19 pandemisinin karbon emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Model 3–Arellano ve Bond GMM Tahmincisi

	Tek Aşamalı GMM		İki Aşamalı GMM		Dirençli Hatalar İki Aşamalı GMM	
	β	Std. Hata	β	Std. Hata	β	WC Dirençli Std. Hata
$lCO2_{it-1}$	0.568***	0.109	0.555***	0.046	0.555***	0.091
$lGSYH_{it}$	0.130***	0.033	0.121***	0.017	0.121***	0.029
$lPop_{it}$	0.967***	0.204	0.770***	0.197	0.770**	0.355
$lHTE_{it}$	0.010**	0.005	0.004**	0.002	0.004*	0.002
lEN_{it}	0.504***	0.053	0.416***	0.043	0.416***	0.148
$COVID_t$	-0.056***	0.009	-0.057***	0.006	-0.057***	0.013
N/T	31/10		31/10		31/10	
Wald Testi (X^2)	464.000	0.000	967.930	0.000	219.840	0.000
İçsellik Testi						
Sargan Testi	66.642	0.000	16.886	0.531		
Arellano-Bond Otokorelasyon Testi						
AR(1)	-2.740	0.006	-2.557	0.011	-1.766	0.078
AR(2)	-2.707	0.007	-1.680	0.093	-1.626	0.104

Not: * $p < 0.10$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.

4.3. Bulguların Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Bağlamında Tartışılması

Çalışmada ele alınan göstergelerin CO2 emisyonu üzerindeki etkisinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bağlamında ayrıştığı görülmektedir. Ülkelerin gelir yapısı gibi önemli kendilerine özgü yapılarının analizlere dahil edilmesinin farklılıkları ortaya çıkarma ve elde edilen bilgi deseninin doğru değerlendirilmesi açısından önemi yüksektir. Bu bağlamda bulguların gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için göstergeler bazında ayrı ayrı ele alınması politika oluşum sürecinde önemli bir yol haritası ortaya çıkarılmasına olanak sağlayacaktır.

Tablo 6. Göstergelerin CO₂ Emisyonunu Etkileme Yönü

	Tüm Ülkeler	Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler
$CO2_{it-1}$	+	+	+
$GSYH_{it}$	+	-	+
Pop_{it}	+	+	+
HTE_{it}	+	-	+
EN_{it}	+		+
$COVID_t$	-	-	-

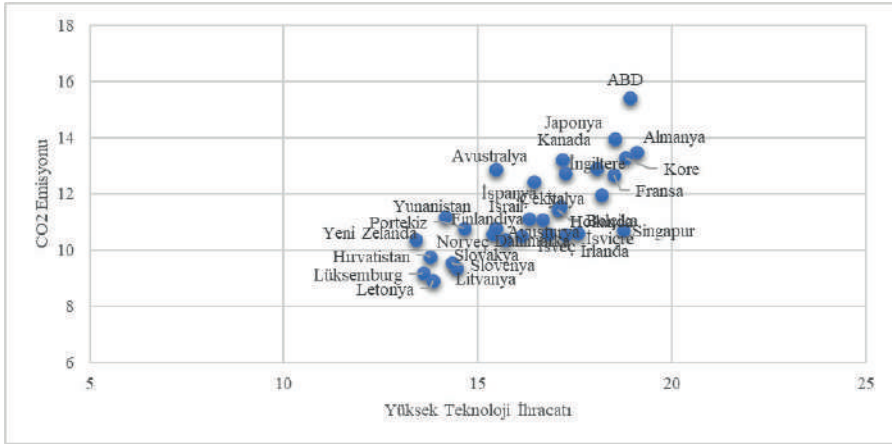
Gelişmiş ülkelerde kişi başına milli gelir ve yüksek teknoloji ihracatının, karbon emisyonlarını azaltıcı etkileri söz konusu iken gelişmekte olan ülkelerde ilgili göstergelerin CO₂ emisyonunu artırıcı bir faktör olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomik yapı, milli gelir seviyeleri ve endüstriyel gelişim düzeyi gibi önemli farklılıklar bulunmaktadır. Nitekim bu farklılıklar, karbon emisyonlarını etkileyen faktörlerin veya etki şeklinin değişmesinde rol oynamaktadır. Bulgular literatürde yer alan özellikle gelir düzeyi olmak üzere ülkeler arası farklılıklara işaret eden çalışmalarla uyumludur (Stern, 2002; Sharma, 2011; Piaggio & Padilla, 2012; Aye & Edoja, 2017). Çevresel Kuznets Eğrisine göre ekonomik büyüme, ölçek etkisinden dolayı ekonomik kalkınmanın erken safhalarında CO₂ emisyonlarına ve dolayısıyla çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Ancak ekonomiler daha yüksek gelir seviyelerine ulaştıkça kompozisyon etkisinden dolayı emisyonlar azalacağı için çevre kalitesi artacaktır (Grossman & Krueger, 1991). Başka bir ifade ile ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevre kirliliği artma eğiliminde olacak ancak kişi başına gelir belirli bir düzeye ulaştığında bu eğilim tersine dönerek gelir düzeyi arttıkça çevre kirliliği azalacaktır (Stern, 2002).

Yüksek teknoloji ihracatı açısından bu durum ele alındığında özellikle gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma stratejilerine ekonomik büyüme ve yüksek teknoloji odaklı yaklaşımları dahil etmeleri gerektiğini göstermektedir. Yüksek teknoloji ihracatı ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki, küresel ekonomik ve çevresel bağlamda büyük bir öneme sahiptir. Yüksek teknoloji ürünleri, modern toplumların temel taşlarıdır ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında büyük bir dış ticaret hacmi oluşturmaktadır.

Bilgisayarlar, akıllı telefonlar, veri depolama ve işleme cihazları gibi ürünler, dünya genelinde büyük talep görmektedir. Ancak, bu talebi karşılamak için ürünlerin üretimi, lojistik/taşımacılık süreçleri ve kullanımı beraberinde enerji tüketimini ve CO2 emisyonlarını arttırmaktadır.

Bu bağlamda Şekil 1 ve Şekil 2'de yüksek teknoloji ihracatı ve karbon emisyonu gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için incelendiğinde ortaya çıkan görünüm farklılaşmaktadır. Bu farklılaşmanın Paris İklim Anlaşması'nı imzalayan ve imzalamayan ülkeler arasındaki farklılıkla benzer özellikler taşıdığı söylenebilmektedir. Gelişmiş ülkelerin yüksek teknoloji ihracatı ve CO2 emisyonu ilişki bağlamında orta noktada yoğunlaştığı görülmektedir. ABD, Almanya, Japonya, Kanada, Kore, İngiltere ve Fransa gibi yüksek teknoloji ihracatı fazla olan ülkelerin gelişmiş yüksek teknoloji ihracatı ile karbon emisyonunun benzer eğilim izlediği görülmektedir. Bu ülkeler arasından ABD'nin hem karbon salınımı hem de teknoloji ihracatında ayrıştığı görülmektedir. Lüksemburg, Letonya gibi küçük ülkelerin karbon emisyonu salınımı düşürmek konusunda gelişmiş ülkeler grubuna önemli katkılar sunduğu görülmektedir.

Şekil 1. Gelişmiş Ülkelerde Yüksek Teknoloji İhracatı ve CO2 Emisyonu İlişkisi

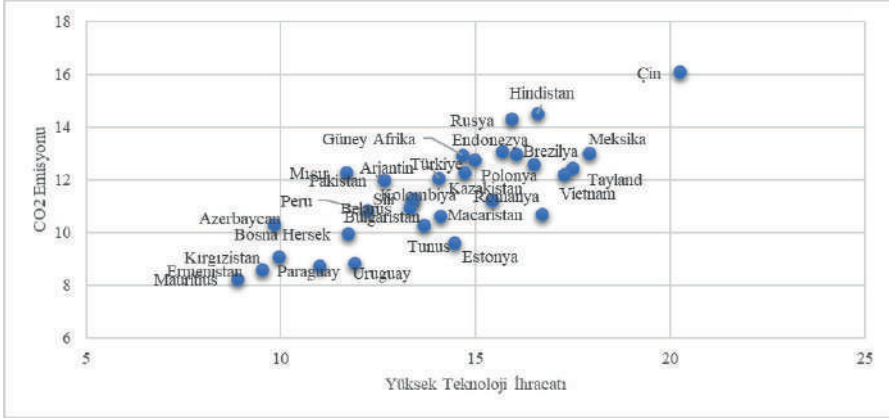


Not: 2009-2020 dönemi ortalamaları logaritmik veriler kullanılmıştır.

Gelişmekte olan ülkeler bağlamında ise ülkelerin birbirinden ayrıştığı ve yüksek büyüme, nüfus oranlarına sahip olan ülkelerin üst sıralarda yer aldığı görülmektedir. Örneğin yüksek teknoloji ihracatı hususunda dünyada önemli bir role sahip olan Çin karbon emisyonu hususunda da ilk sıralarda yer almaktadır. Kalkınma odaklı yüksek teknoloji hamlelerinin maliyeti

olarak çevresel sorunların ortaya çıktığı ifade edilebilmektedir. Öte yandan Çin'i Hindistan, Rusya ve Meksika gibi yükselen piyasalar takip etmektedir. Ayrıca doğalgaz rezervine sahip Kırgızistan, Azerbaycan gibi ülkelerin daha düşük karbon emisyonu seviyelerine sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 2. Gelişmekte Olan Ülkelerde Yüksek Teknoloji İhracatı ve CO₂ Emisyonu İlişkisi



Not: 2009-2020 dönemi ortalamaları logaritmik veriler kullanılmıştır.

Nüfus artışı ve CO₂ emisyonunun geçmiş dönem değerlerinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonlarını artırdığı belirlenmiştir. Nüfus büyüklüğü, toplam enerji tüketimi ve dolayısıyla CO₂ emisyonları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Daha fazla nüfusa sahip olan ülkelerde, genellikle dayanıklı mal üretimi ve kullanımı yüksek olduğu için daha fazla enerji tüketimi söz konusu olacaktır. Ayrıca literatürle uyumlu olarak çalışmada elde edilen bulgular gelişmekte olan ülkelerde nüfus etkisinin gelir etkisinden daha fazla olduğuna işaret etmektedir (Wang vd., 2013; Hashmi & Alam, 2019). Çalışmada nüfus bir gösterge olarak ele alınmış olmakla beraber ilerleyen çalışmalarda çevresel faktörlere, cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, kentleşme, gelir dağılımı bozukluğu gibi demografik özelliklerin etkilerinin irdelenmesi farklı bilgileri değerlendirme kabiliyeti sunarak ülkelerin politika üretme kapasitesini geliştirecek öneme sahiptir. Nitekim, yaş yapısı, ekonomik faaliyet düzeylerini doğrudan etkileyebilmekte ve enerji talebini yüksek emisyonlu bir yapıya dönüştürebilmektedir (Cole & Neumayer, 2004; Yang & Wang, 2020). Bu minvalde çevresel faktörlerle demografik yapı arasındaki bağlantının yön/şeklinin belirlenmesi hızla artan dünya nüfusu dikkate alındığında giderek önem kazanmaktadır.

Çalışmada birincil enerji yoğunluğuna ilişkin göstergenin gelişmekte olan ülkeler için karbon emisyonunu artırıcı bir rolü söz konusu iken gelişmekte olan ülkeler için bu gösterge istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç vermemiştir. Literatürde enerji tüketimi ve yoğunluğuna vurgu yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar elde edildiği ortaya çıkarılmıştır (Apergis & Payne, 2009; Xu vd., 2022; Celik & Alola, 2023). Gelişmekte olan ülkelerde birincil enerji kullanımının çevresel faktörler açısından daha fazla önem taşıdığını ve gelişmiş ekonomilerde temiz enerji çabalarının daha öne çıktığını göstermektedir. Bu iki farklı perspektif, ülkelerin ekonomik gelişim seviyeleri, enerji kaynaklarına erişim ve sürdürülebilirlik çabaları gibi faktörlere dayanmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler genellikle enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve ekonomik büyümeyi desteklemek için daha fazla birincil enerji kaynağına bağımlıdır. Bu durum, fosil yakıtlar gibi yüksek karbon emisyonlu enerji kaynaklarının kullanımına yol açabilmektedir. Bu nedenle, bu ülkelerde birincil enerji yoğunluğunun çevresel faktörler üzerinde daha büyük bir etkisi üretimin bir yan etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, gelişmiş ekonomiler, temiz enerjiye daha fazla yatırım yapabilecek kaynak imkanına sahip oldukları için enerji verimliliği kapasitelerini artırma eğilimindedirler. Bu nedenle, bu ülkelerde birincil enerji kullanımının azaltılması ve temiz enerji kaynaklarına geçiş, sürdürülebilirlik çabalarının bir vurgusu haline gelebilmektedir.

Bulgular ayrıca COVID-19 pandemisinin karbon emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu durum, beklenmedik krizlerin çevresel faktörlere nasıl etki edebileceğini vurgulamaktadır. Benzer krizlere karşı hazırlıklı olma ve sürdürülebilirlik ilkelerine daha fazla odaklanma gerekliliğini göstermektedir. Ekonomik krizler, genellikle ekonomik aktivitenin düşmesine yol açmakta ve bu da CO2 emisyonlarının geçici olarak azalmasına neden olabilmektedir. Ancak, bu krizler sırasında çevresel politikaların ihmal edilmesi veya çevre yatırımlarının azalması gibi olumsuz etkiler de görülebilmektedir. Örneğin COVID-19 döneminde karbon ayak izi, yeşil dönüşüm gibi faaliyetlerin planlanmaması krizin fırsata dönüştürülmesi noktasında eksiklikler olarak ifade edilebilmektedir.

Sonuç

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ilerlemenin hızla artmasıyla beraber çok büyük bir çevresel maliyet ortaya çıkmıştır. Daha önceki dönemlerde yaşanan sanayileşmenin maliyetleri ile yüzleşebilmek ve buradan gerekli dersleri çıkarmak çevre koruması açısından önemli bir nokta olarak ortaya çıkmıştır. Bu maliyetlerin en aza indirilmesi ve çevresel tahribatın önüne geçilebilmesi açısından çevre kirliliğini etkileyen ekonomik, sosyal ve demografik faktörlerin irdelenmesi sürdürülebilir bir

kalkınma stratejisi açısından da oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada çevre kirliliğini etkileyen faktörler gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bağlamında incelenmiştir. Çevre kirliliği göstergesi olarak literatürde sıklıkla ele alınan CO₂ emisyonu kullanılmıştır. Çalışmada 2009-2020 dönemi için seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan 62 ülkenin verileri kullanılarak CO₂ emisyonunu etkileyen göstergeler dinamik panel veri analizi yöntemi ile irdelenmiştir. Çalışmada kişi başına milli gelir, enerji yoğunluğu, yüksek teknoloji ihracatı ve nüfus göstergeleri ele alınırken ayrıca çalışmada küresel ekonomik faaliyetlerin durma noktasına geldiği COVID-19 dönemi kukla değişken olarak modele dahil edilerek dönemin karbon emisyonuna etkisi belirlenmiştir.

Bulgular, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında karbon emisyonlarına etki eden faktörlerde farklılıklar olduğunu göstermektedir. Çevre kirliliğinin oluşum süreci ile çevreyi korumaya yönelik değişim sürecinin ülkeler arasındaki iş bölümü ve koordinasyona bağlı bir özellik taşıdığı görülmektedir. Gelişmiş ülkeler bağlamında, kişi başına milli gelir ve yüksek teknoloji ihracatı göstergeleri karbon emisyonlarını azaltırken, nüfus artışı karbon emisyonlarını arttırmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler bağlamında ise kişi başına milli gelir, nüfus, yüksek teknoloji ihracatı ve enerji yoğunluğu, karbon emisyonlarını artıran faktörler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, COVID-19 pandemisinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki karbon emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Ülkelerin ekonomik ve sosyal kapasite/performansı gelişmişlik düzeyleri arasındaki farkı belirleyen temel faktördür. Çevre kirliliği böyle bir sonucu üretecek kapasite ve performansa sahip ülkeler tarafından gerçekleştirilmiş olmakla beraber çözümü de bu ülkelerin imkân ve kaynakları tarafından oluşturulacak bir özellik taşımaktadır. Dolayısıyla karbon ayak izinin neden ve sonuçları önümüzdeki dönemde küresel ekonomi politik açıdan önemli gündem maddelerinden biri olmaya adaydır. Diğer bir ifade ile karbon emisyonu sadece politik kurumların değil ekonomik kurumlarında politikalarını şekillendirmede önemli bir değişken olacaktır. Ayrıca temel makro ekonomik göstergelerin bu açıdan da izlenmesi ve değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir.

Kaynakça

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69, 101817.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282-3286.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.
- Aye, G. C., & Edoja, P. E. (2017). Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. *Cogent Economics & Finance*, 5(1), 1379239.
- Blundell, R., Bond, S., & Windmeijer, F. (2001). Estimation in dynamic panel data models: improving on the performance of the standard GMM estimator. *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*, 53-91.
- Celik, A., & Alola, A. A. (2023). Capital stock, energy, and innovation-related aspects as drivers of environmental quality in high-tech investing economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 37004-37016.
- Cole, M. A., & Neumayer, E. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, 26(1), 5-21.
- Çil, N. (2021). CO2 Emission, Energy Consumption And Economic Growth in BRICS Countries: Evidence From Cross-Section Dependence and Structural Breaks. N. Çil içinde, *Current Methods and Applications in Econometrics* (s. 109-134). Istanbul: Istanbul University Press.
- Frankel, J. A., & Rose, A. K. (2005). Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. *Review of Economics and Statistics*, 87(1), 85-91.
- Grimes, P., & Kentor, J. (2003). Exporting the greenhouse: Foreign capital penetration and CO₂ Emissions 1980-1996. *Journal of World-Systems Research*, 9(2), 261-275.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *NBER Working Papers Series* (3914).
- Hashmi, R., & Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of cleaner production*, 231, 1100-1109.
- Hong, H., & Zhang, C. (2023). Bitcoin trading, economic growth, energy use, and CO2 emissions: An advanced panel study of emerging market economies. *International Review of Economics & Finance*, 89, 519-531.

- Knight, K. W., & Schor, J. B. (2014). Economic growth and climate change: a cross-national analysis of territorial and consumption-based carbon emissions in high-income countries. *Sustainability*, 6(6), 3722-3731.
- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2011). Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. 36(5), 2450-2458.
- Piaggio, M., & Padilla, E. (2012). CO₂ emissions and economic activity: Heterogeneity across countries and non-stationary series. *Energy Policy*, 46, 370-381.
- Razzaq, A., Sharif, A., Afshan, S., & Li, C. J. (2023). Do climate technologies and recycling asymmetrically mitigate consumption-based carbon emissions in the United States? New insights from Quantile ARDL. *Technological Forecasting and Social Change* 186, 122138.
- Sharma, S. S. (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, 88(1), 376-382.
- Stern, D. I. (2002). Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach. *Ecological Economics*, 42(1-2), 201-220.
- Tiwari, S., Mohammed, K. S., Mentel, G., Majewsk, S., & Shahzadi, I. (2023). Role of circular economy, energy transition, environmental policy stringency, and supply chain pressure on CO₂ emissions in emerging economies. *Geoscience Frontiers*, 101682.
- Wang, Y., Zhao, H., Li, L., Liu, Z., & Liang, S. (2013). Carbon dioxide emission drivers for a typical metropolis using input-output structural decomposition analysis. *Energy Policy*, 58, 312-318 .
- Xing, L., Khan, Y. A., Arshed, N., & Iqbal, M. (2023). Investigating the impact of economic growth on environment degradation in developing economies through STIRPAT model approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113365.
- Xu, L., Wang, X., & Guo, W. (2022). Does renewable energy adaptation, globalization, and financial development matter for environmental quality and economic progress? Evidence from panel of big five (B5) economies. *Renewable Energy*, 192, 631-640.
- Yang, T., & Wang, Q. (2020). The nonlinear effect of population aging on carbon emission-Empirical analysis of ten selected provinces in China. *Science of the Total Environment*, 740, 140057.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2018). *İleri panel veri analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

G7 Ülkelerinde Karbon Emisyonu ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi

Ömer Fazıl Emek¹

Melike Atay Polat²

Özet

Küresel problemlerin başında gelen küresel ısınma ve iklim felaketlerinin karbon emisyon hacmini artırması ve bunun da ekonomik büyüme ile herhangi bir ilişkisinin olup olmadığı literatürde tartışılan konular arasındadır. Bu çalışmanın amacı, 1991 ile 2021 yılları arası gelişmiş 7 ülke (G7) için karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem ilişkisini incelemektir. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi ile belirlenmiştir. Eşbütünleşme testi doğrultusunda, kişi başı karbon emisyon miktarı ile kişi başı GSYH değişkenleri arasında eşbütünleşik ilişkinin varlığı saptanmıştır. Daha sonra uzun dönem katsayı tahmini için tam düzeltilmiş en küçük kareler (FMOLS) ve dinamik en küçük kareler (DOLS) tahmincileri kullanılmış ve elde edilen bulgulara göre değişkenler arasındaki ilişkinin negatif yönlü olduğu tespit edilmiştir. Bunun anlamı, G7 ülkelerinde ekonomik büyümenin karbon emisyon miktarını azalttığıdır. Bu sonuçlardan G7 ülkelerinde ekonomik büyümenin çevresel politikaların belirlenmesine engel olmayacağı anlaşılmaktadır. Ancak geleneksel ekonomik büyümenin yerine daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir ekonomik model oluşturmanın önemine vurgu yapmak gerekir.

1. Giriş

Son birkaç yüzyıldır tarımdan sanayi uygarlığına geçişteki hızlı değişim; teknolojik ilerleme ve insan hayatındaki refahın yükselmesi gibi faydalara yol açsa da buna bağlı olarak artan enerji tüketimi çevresel bozulmanın temel

1 Dr. Öğr. Üyesi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Nusaybin MYO, Dış Ticaret Bölümü, omerfazilemek@artuklu.edu.tr, 0000-0003-4429-8892

2 Doç. Dr., Mardin Artuklu Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, matay@artuklu.edu.tr, 0000-0001-9507-5942

belirleyicisi olmuştur (Karaaslan & Çamkaya, 2022). Dünyanın son yıllarda maruz kaldığı nüfus, kentleşme ve enerji tüketimindeki sürekli artış, ekolojik düzeni keskin bir şekilde bozarak dünya sıcaklık ortalamasının yükselmesine dolayısıyla küresel ısınmaya sebebiyet vermiştir (Adom vd., 2012).

Bundan dolayı Zhang ve Cheng (2009), küresel ısınmanın çağımızın en önemli çevre sorunu olduğunu, sera gazı etkisinde en büyük pay sahibi olan karbondioksit miktarının giderek daha fazla artmasının bu sorunu ağırlaştırdığını ifade etmektedir. Karbondioksit hacminin genişlemesi ise petrol, kömür, gaz gibi fosil kaynaklı enerji kaynaklarının kullanılmasına bağlanmakta bu da atmosferin yapısını değiştirerek sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Herhangi bir önlem alınmadığı takdirde önümüzdeki on yıllarda Paris antlaşması gereği ortalama yüzey sıcaklığındaki artışın 1,5 dereceyi aşma olasılığı güçlüdür. Aynı şekilde sera gazındaki artış hızının devam etmesi halinde küresel sıcaklığın bu yüzyılın sonuna doğru ortalama 5 ile 6 derece arasında artacağı tahmin edilmektedir. Sıcak hava dalgalarının yanında seller, kuraklıklar ve aşırı yağışlar da değişen iklimlerin ve küresel ısınmanın belirtileridir (Jebabli vd., 2023).

Sanayileşme öncesi dönemlere kıyaslandığında dünya sıcaklık ortalamasının artışında insan faktörünün olduğu açıktır. Bu tür felaketlerin önlenmesi için bir dizi uluslararası adımlar atılmaktadır. Ülke nezdinde yapılan anlaşmalar çerçevesinde mutabık kalınan temel amaç da karbon emisyon hacmini azaltarak hedef aralık olarak belirlenen ortalama sıcaklık düzeyini düşürmektir. Soytaş ve Sari (2009) de benzer şekilde küresel ısınmanın günümüzün en ciddi problemi olduğunu, artan karbon emisyonlarının bu sorunu yoğunlaştırdığını; bu emisyonların çoğunlukla fosil kaynaklı yakıtların kullanımından kaynaklandığını öne sürmektedir.

Bahsi geçen bu problemlerin nedenlerine yönelik yaklaşımlara ek olarak Waheed vd. (2019), sera gazlarının insan ve çevre yaşamı üzerinde olumsuz etkiler doğurduğunu ancak bunun ana nedenlerini araştırmanın ve bu kritik sorunu ortadan kaldırmak için bazı çözüm arayışlarına girmenin önemine değinmektedir. Bu doğrultuda karbon emisyonunun temelinde enerji tüketimi, ulaşım, konut, ekonomik ve sosyal koşullardaki değişiklikler gibi faktörler rol alsın da bunların da belirleyicisi olan ekonomik büyüme unsuruna özellikle vurgu yapılmalıdır.

İleri sürülen bu yaklaşımlar bağlamında küresel anlamda karşılaşılan olumsuzlukları etkileyen unsurların başında ekonomik büyümenin var olup olmadığı merak uyandırmış, bu sorunu aydınlatmak için çevresel sorunlar ile ekonomik büyüme ilişkisine dair çeşitli araştırmaların yapıldığı görülmüştür. Konu hakkında şekillenen literatür ise Kuznets (1955) tarafından iddia edilen

çevresel Kuznets hipotezi'ne dayandırılmaktadır. Mirza ve Kanwal'ın (2017) ifadesiyle, “ekonomik aktivite ile çevresel bozulma arasındaki ilişki ilk olarak çevresel Kuznets hipotezi ile açıklanmaya çalışılmaktadır.”

Bu hipoteze göre ekonomik büyüme ve kalkınmanın erken aşamalarında artan sanayileşme ile çevresel kirlenmenin bekleneceğini ancak belirli bir seviyeden sonra ekonomik büyüme sürecinin çevresel kirlenmeyle negatif korelasyona gireceği belirtilmektedir. İddia edilen bu yaklaşımın doğruluğu pek çok çalışma ile kanıtlanmıştır. Ancak farklı bulgu ve tezlerin olduğuna da dikkat çekilmelidir. Öncelikle çevresel Kuznets hipotezinin klasik ekonomik büyüme savunucuları tarafından benimsendiği ve desteklendiği bilinmektedir. Bu destekçilere göre her ne olursa olsun ekonomik büyümenin gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Aksi yönde görüş beyan edenler ise ekonomik büyümenin küresel ısınma ve kötü iklim koşullarının baş müsebbibi olduğunu yüksek sesle dile getirmektedirler.

Yapılan bu değerlendirmelerden yola çıkarak ekonomik büyüme ile çevresel kirlenme ilişkisinin popüler bir araştırma sorunsalı olmaya devam ettiğini söylemek yanlış bir değerlendirme olmayacaktır. Bunun için bu çalışmada, ekonomik büyümenin çevresel kirlenmede önemli bir etken olup olmadığı meselesi irdelenmiştir. Çevresel Kuznets hipotezinde açıklanan, ekonominin ileri safhalarında ekonomik büyümenin çevresel kirlenme ile negatif yönlü bir seyir izleyeceği varsayımı, gelişmiş 7 (G7) ülke örneğinde test edilmiştir. Bu ülkeler için 1991-2021 yılları arası ekonomik büyümeyi temsilen kişi başına GSYH ile çevresel kirlenmeyi temsilen kişi başı karbon emisyon miktarı verileri temin edilmiştir. Bu nedenle çevresel Kuznets hipotezi eğrisinin tahminlemesinde ele alınan değişkenler üzerine model kurgulanmıştır.

Nitekim Narayan vd. (2016), tipik olarak literatürün çevresel bozulmanın içsel, gelirin ise dışsal olarak ele alındığı bir regresyon çerçevesine dayandığını ifade etmektedir. Yöntem olarak Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi, tam düzeltilmiş en küçük kareler (FMOLS) ve dinamik en küçük kareler (DOLS) tahminicileri kullanılmıştır. Bu çalışmanın giriş bölümü; teorik arka plana, çalışmanın önemi, amacı, kapsamı ve yöntemine ayrılmıştır. Daha sonra konu hakkındaki çalışmalar derlenmiş ve analiz kısmına geçilmiştir. Sonuç bölümünde ise analiz bulguları yorumlanarak bu bulguların literatüre uygunluğu karşılaştırılmıştır.

2. Literatür Değerlendirmesi

Karbon emisyonları ile ekonomik büyüme ilişkisine dair yapılan ampirik araştırmaların çoğunlukla çevresel Kuznets hipotezinin geçerliliği üzerine

odaklandığı görülmektedir. Elde edilen bulgularda bazı çalışmalar, hipotezin geçerliliğini doğrularken kimi çalışmalar ise bu hipotezin tartışmalı sonuçlar verdiğini ileri sürmektedir. Zhang ve Cheng (2009), çevresel Kuznets hipotezinde gelirin dışsal bir faktör varsayılmasından kaynaklanan hatalı bir modelin oluşturulduğunu ve bu nedenle ortaya çıkan sonuçların eleştirildiğini ifade etmektedir.

Narayan vd. (2016), konu ile ilgili şimdiki kadarki yapılan çalışmaların iki özelliğiyle dikkat çektiğini; ilk çalışmaların tek ülkeli ve zaman serisi modelleri ile daha sonra çok ülkeli ve panel veri modelleri ile değerlendirildiğini belirtmektedir. Son dönemdeki çalışmaların büyük çoğunluğu ise bu iki değişkenle ilintili olabilecek diğer etkenler üzerinde durmaktadır. Karbon emisyonlarının artışına neden olabilecek enerji tüketimi bunlardan biridir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda enerji tüketiminin etkisinin incelendiğine sıklıkla rastlanılmaktadır. Son dönemdeki çalışmalarda, enerji tüketiminin değişken olarak ele alındığı ancak konumuz gereği yalnızca karbon emisyonları ile ekonomik büyüme bağlantısına odaklanıldığından yalnızca bu iki değişken arasındaki sonuçlara yer verildiğine özellikle vurgulamak gerekir.

Bunlardan tek ülkeli ve zaman serilerine dayalı çalışmalar arasında Zhang ve Cheng (2009), 1960-2007 yılları arası Çin'de karbon emisyonları ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Granger nedensellik testine göre karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle Çin hükümetinin uzun vadede ekonomik büyümeyi engellemeden karbon emisyonlarını azaltma politikası izleyebileceği önerilmektedir.

Mirza ve Kanwal (2017), Pakistan'da 1971-2009 yılları arası karbon emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yönteminden elde edilen bulgulara göre karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde ilişki olduğu; Granger nedensellik testine göre ise karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin varlığı belirlenmiştir. Karbon emisyon azaltım faaliyetlerinin Pakistan'daki enerji ve çevre politikalarının ana gündeminde yer alması gerektiği tavsiye edilmektedir.

Adebayo vd. (2021), 1990-2018 yılları arası Brezilya'da tüketime dayalı karbon emisyonlarının belirleyicilerini tespit etmek amacıyla yaptıkları bir çalışmadır. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) ve dinamik en küçük kareler (DOLS) yöntemlerine göre ekonomik büyüme karbon emisyonunu etkileyen faktörlerdendir. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testine göre ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi

vardır. Alternatif ve temiz enerji tüketimine yönelik AR-GE faaliyetlerinin teşvik edilmesi ve daha fazla enerji yoğun ürünlerin karbon emisyon değerlerinin belirli seviyelere çekilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Türkiye örneğinde yapılan araştırmalar arasında ise Soytaş ve Sarı (2009), 1960-2000 yılları arası Türkiye’de karbon emisyonları ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Granger nedensellik test sonuçları karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik bağının olmadığını göstermektedir. Bu doğrultuda karbon emisyonlarını düşürmek için ekonomik büyümeden vazgeçmenin doğru olmadığı ifade edilmektedir.

Emek ve Çelebi (2021), Türkiye’de 1960-2015 yılları arası karbon emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yöntemi ile elde edilen bulgulara göre karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki bağlantı negatiftir. Toda Yamamoto nedensellik testi, ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedenselliğin varlığını göstermiş, Hatemi-J asimetrik nedensellik testine göre ise bu değişkenler arasında herhangi bir asimetrik nedensellik ilişkisi belirlenmemiştir.

Karaaslan ve Çamkaya (2022), Türkiye’de 1980-2016 yılları arası karbon emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yönteminden elde edilen bulgulara göre karbon emisyonu ile ekonomik büyümenin uzun ve kısa vadede ilişkili olduğu; Toda Yamamoto nedensellik testine göre ise ekonomik büyümeden karbon emisyonlarına doğru tek yönlü nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir. Yenilenebilir kaynakların kullanımı yoluyla ekonomik büyüme odaklı politikalar izlenmesi; çevre kirliliğiyle mücadele için sağlık ve yenilenebilir enerji projelerine daha fazla yatırım yapılması gerektiği belirtilmektedir.

Birden fazla ülke örneğinde yapılan çalışmalar arasında ise Adom vd. (2012), 1971-2007 yılları arası Gana, Senegal ve Fas ülkeleri için karbon emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) yöntemi ile elde edilen bulgulara göre bu ülkelerde karbon emisyonu ile ekonomik büyümenin ilişkili olduğu; Toda-Yamamoto nedensellik testine göre Gana ve Fas için çift yönlü, Senegal’de ise ekonomik büyümeden karbon emisyonlarına doğru tek yönlü nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, verimli bir enerji sistemi geliştirilmesinin çevre üzerinde olumlu etkiler göstereceğini kanıtlamaktadır.

Kais ve Sami (2016), 1990-2012 yılları arası Avrupa ve Kuzey Asya, Latin Amerika ve Karayipler, Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Sahraaltı olmak üzere üç bölgeden 58 ülkenin karbon emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisini

incelemişlerdir. Dinamik panel veri yöntemleri ile elde edilen bulgulara göre tüm bölgelerde karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki pozitifdir. Enerji kullanımı arttıkça karbon emisyonlarının da artma eğiliminde olduğu, enerji israfıyla mücadele etmek, karbon emisyonlarını azaltmak ve ekonomik kalkınmaya zarar vermeden güvenli ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için 58 ülkenin karbon emisyonlarını azaltmaya, enerji ve karbon yönetimini güçlendirmeye yönelik çaba gösterilmesi gerektiği önerilmektedir.

Jebabli vd. (2023) de 1820-2021 yılları arası G7 ülkelerinde karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki asimetric ilişkiyi incelemişlerdir. Kantil vektör otoregresyon (Q-VAR) yöntemi ile elde edilen bulgular, karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasında asimetric bir ilişkinin olduğunu doğrulamaktadır. Gelişmiş ülkeler, özellikle de G7 ülkelerinin yeşil ve düşük karbonlu bir büyüme modeline geçişinde gerek duyduğu teknolojik yatırımların ve mali desteğin sağlanması; ayrıca endüstriler için belirli bir emisyon standardının belirlenmesi ve emisyon izleme stratejilerinin uygulamaya konması gerektiği ifade edilmiştir.

Birden fazla ülke örneğinde Çevresel Kuznets hipotezinin geçerliliğini inceleyen çalışmalar arasında ise Narayan vd. (2016), 1960-2008 yılları arası beş gelir grubuna ayrılan 181 ülke için karbon emisyonları ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Çapraz korelasyona dayalı bir tahminleme modeli geliştirilmiştir. Bu modele göre eğer mevcut gelir düzeyi ile geçmiş karbon emisyon düzeyi arasında pozitif bir çapraz korelasyon; mevcut gelir düzeyi ile gelecekteki karbon emisyonları arasında negatif bir çapraz korelasyon varsa o zaman karbon emisyonlarının daha yüksek bir oranda azalması beklenmektedir. Bu doğrultuda elde edilen bulgulara göre beş gelir grubuna ayrılan ülkeler arasında yüksek gelirli ülkelerin %42'si çevresel Kuznets hipotezini doğrulamaktadır. Başta yüksek gelirli olmak üzere tüm ülkelerin yaklaşık %27'sinde kişi başına gelirin artması gelecekte karbon emisyonlarının azalacağını işaret etmektedir.

Olubusoye ve Musa (2020), 1980-2016 yılları arası üç gelir grubuna ait 43 ülke için çevresel Kuznets hipotezinin geçerliliğini sınamışlardır. Panel ARDL, ortalama grup (MG) ve havuzlanmış ortalama grup (PMG) ile elde edilen bulgulara göre bu ülkelerin %79'unda ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğu, ekonomik büyümenin yalnızca birkaç ülkede (%21) daha düşük karbon emisyonlarına yol açtığı görülmektedir. Ekonomik büyümedeki artış Afrika'nın çoğu ülkesinde daha yüksek karbon emisyonuna neden olmaktadır. Bu ülkelerde yenilenebilir enerjinin geniş çapta yaygınlaştırılması, karbon vergisi politikası ve karbon

emisyondaki artışı engellemek için karbon emisyonu ticaret planı gibi olası tüm politika eylemlerinin gerçekleştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Karbon Emisyonu ile Ekonomik Büyüme İlişkisine Dair Ampirik Literatür Özeti

Yazar ve Çalışma Yılı	Ülke(ler)	Dönem Periyodu	Kullanılan Yöntemler	Değişkenler	Bulgu(lar)
Alam vd. (2016)	Brezilya, Çin, Hindistan ve Endonezya	1970-2012	ARDL Sınır Testi	Kişi başı GSYH, kişi başı karbon emisyon miktarı, kişi başı enerji tüketimi, nüfus artış hızı ve ticari açıklık	Brezilya, Çin ve Endonezya’da gelir arttıkça karbon emisyon miktarı da azalmaktadır. Hindistan’da ise tersi bir etkiye sahiptir.
Ghosh (2010)	Hindistan	1971-2006	ARDL Sınır Testi ve Granger Nedensellik Analizi	Reel GSYH, kişi başı karbon emisyon miktarı ve enerji tüketimi	Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında uzun dönemli, ayrıca kısa dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Lee ve Brahmaşre (2013)	22 Avrupa Birliği (AB) ülkesi	1988-2009	Panel Eşbütünleşme Testi ve Sabit Etkiler Modeli	GSYH, karbondioksit miktarı, doğrudan yabancı yatırımlar ve turizm geliri	Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında pozitif yönlü ilişki vardır.
Salman vd. (2019)	Endonezya, Güney Kore ve Tayland	1990-2016	Düzeltilmesi Yapılmış En Küçük Kareler (FMOLS), Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS) ve VECM Granger Nedensellik Analizi	Kişi başı GSYH, kişi başı karbon emisyon miktarı, ticari açıklık ve kurumsal kalite	Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında uzun dönemli, ayrıca uzun ve kısa dönemde çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır.

Nguyen vd. (2020)	13 G-20 ülkesi	2000-2014	Düzeltilmesi Yapılmış En Küçük Kareler (FMOLS), Panel Veri Analizi Sabit Etkiler ve Panel Kantil Regresyon Analizi	Kişi başı GSYH, kişi başı karbon emisyon miktarı, ticari açıklık, inovasyon ithalat ve ihracat	Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasındaki ilişki çevresel Kuznets hipotezini doğrulamaktadır.
Saidi ve Omri (2020)	Yenilenebilir enerji tüketen 15 ülke	1990-2014	Düzeltilmesi Yapılmış En Küçük Kareler (FMOLS), Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ve Granger Nedensellik Analizi	Kişi başı GSYH, kişi başı karbon emisyon miktarı, yenilenebilir enerji ve ticari açıklık	Ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında hem kısa hem de uzun dönemde çift yönlü ilişki vardır.

Kaynak: Çalışma ile ilgili kaynaklardan derlenerek hazırlanmıştır.

3. Ampirik Analiz

Bu çalışmada G7 ülkelerinin 1991-2021 yıllarına ait ekonomik büyüme ile karbon emisyonu ilişkisi araştırılmıştır. Dolayısıyla bu bölümün konusunu ampirik analizlerde kullanılacak değişkenlere ait açıklamalar, model, ampirik yöntem ve bulgular oluşturmaktadır.

3.1 Veri Seti ve Model

G7 ülkelerinde ekonomik büyüme ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi ele alan bu çalışmada değişkenlerin açıklamaları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenin Kısaltması	Değişkenin Açıklaması	Kaynak
lnCO ₂	Kişi başı karbon emisyon miktarı	WDI
lnGDP	Kişi başı GSYH (cari ABD doları)	WDI

Çalışmada kirlilik göstergesi ve bağımlı değişken olarak kişi başı CO₂ emisyonu verisi alınmıştır. Bağımsız değişken ise ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başı GSYH verisidir. Her iki verinin elde edilmesinde World Bank Indicator (WDI) veri tabanından yararlanılmıştır. Analizlerde

değişkenlerin logaritmik formları dikkate alınmış ve aşağıdaki model (1) denkleminde yararlanılarak uygulamalar yapılmıştır.

$$\ln CO_{2it} = \sigma_{0i} + \sigma_1 \ln GDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Model 1'de t, zamanı; i, birimi ve ε_{it} hata terimini simgelemektedir. Bununla birlikte, σ_1 bağımsız değişkenin katsayısını ifade etmektedir.

3.2 Yöntem ve Bulgular

Çalışmada kullanılan analizlerin sıralaması şu şekildedir: (1) Yatay kesit bağımlılığı, (2) CIPS panel birim kök testi, (3) Durbin-Hausman panel eşbütünlük testi ve (4) Düzeltmesi Yapılmış En Küçük Kareler (FMOLS) ve Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS) tahmincileridir. Yatay kesit bağımlılığının sınanmasında Breusch ve Pagan (1980) CD_{LM1} , Pesaran (2004) CD_{LM2} , Pesaran (2004) CD ve Pesaran vd. (2008)'ne ait testlere başvurulmuştur.

Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen CD_{LM1} testine ilişkin (2) numaralı denklem aşağıda verilmiştir:

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (2)$$

(3) numaralı denklem Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM2} testine ilişkindir:

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \left[\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (3)$$

Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM} testi ile ilgili (4) numaralı denkleme aşağıdaki gibidir:

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left[\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (4)$$

Son olarak, (5) numaralı denklem Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen CD_{LM1adj} testine aittir:

$$CD_{LM1adj} = \frac{1}{CD_{LM1}} \left[\frac{(T-k) \rho_{ij}^2 \mu T_{ij}}{\sqrt{V_{ij}^2}} \right] \quad (5)$$

(T>N) durumunda CD_{LM1} ve CD_{LM2} testlerinden yararlanılmakta, (N>T) durumunda ise CD_{LM} testi başvurulabilmektedir. Bu testlere ilişkin H_0 hipotezi yatay kesitler arasında ilişkinin olmadığı yönünde bilgi sunmaktadır. Bu testlere ilişkin H_1 hipotezi ise yatay kesitler arasında ilişkinin olduğu yönünde bilgi sağlar.

Tablo 3'te $\ln CO_2$ ve $\ln GDP$ için yatay kesit bağımlılığı test bulguları paylaşılmıştır.

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı İçin Bulgular

Değişkenler	CD Testleri	CD_{LM1}	CD_{LM2}	CD	LM_{adj}
$\ln CO_2$	Test İst.	154.025	19.4461	19.3254	8.625994
	P- Değeri	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***
$\ln GDP$	Test İst.	200.9898	26.69291	26.57222	12.58728
	P-Değeri	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***

*Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.*

Yatay kesit bağımlılığı testi bulguları %5 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığının var olduğunu ifade eden alternatif hipotezin kabul edildiğini göstermektedir. Yani, G7 ülkeleri arasında yatay kesit bağımlılığı söz konusudur. Yatay kesit bağımlılığının varlığı durumunda, değişkenlerin birim kök sınaması yapılırken ikinci nesil testlerin kullanılması gereklidir. Bu durumda çalışmada CIPS panel birim kök testinden yararlanılarak $\ln CO_2$ ve $\ln GDP$ için durağanlık sınaması yapılmıştır.

İkinci kuşak birim kök testinden biri olan CIPS testi, tüm serilerin durağanlığını hesaplayabilmektedir. Bu test için test istatistiği (6) numaralı denklemde yer almaktadır:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (6)$$

CIPS testine göre paneli oluşturan tüm yatay kesit birimlerinde H_0 hipotezi, birim kökün varlığını ortaya koymaktadır. Bu teste ilişkin H_1 hipotezi ise paneli oluşturan tüm birimlerinde birim kökün olmadığını, diğer bir ifadeyle durağan olduğunu ifade etmektedir. Serilerin durağan olup olmadığına karar verilirken CIPS istatistik değeri ile Pesaran (2007) kritik tablo değerleri karşılaştırması yapılmaktadır. Kritik tablo değerlerinin CIPS test istatistiği değerlerinden büyük olması durumunda H_0 hipotezi

reddedilmektedir. Dolayısıyla, panel serilerinin bütün olarak birim kök içermediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 4, bu testin bulgularını vermek amacıyla oluşturulmuştur.

Tablo 4. CIPS Testi İçin Bulgular

Değişkenler	Düzyey Değeri	1. Fark Değeri
lnCO ₂	-2.30	-4.66*
lnGDP	-2.27	-3.47*

*Not: Gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir. Test modeli sabit terim içermektedir. Sabitte kritik değerler -2.38(%1) ve -2.33 (%5)'tir. Kritik değer hesaplamaları Pesaran (2007) çalışmasından elde edilmiştir. ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.*

Tablo 4'te yer alan CIPS testi bulgularından hareketle, lnCO₂ ve lnGDP değişkenleri birinci fark değerinde %1 anlamlılık düzeyinde durağandır. Pesaran ve Yamagata'nın (2008) geliştirmiş olduğu delta testi ile eğitim katsayılarının homojen ya da heterojen bir özelliğe sahip olduğu araştırılabilir. Tablo 4, bu testin bulgularını içermektedir.

Tablo 4. Delta Testi İçin Bulgular

Test istatistiği	Test ist.	P- Değeri
Delta_tilde	9.265	0.000***
Düzeltilmiş Delta_tilde	9.748	0.000***

*Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder.*

Elde edilen bulgular ışığında, değişkenlerin heterojen özellik sergilediği alternatif hipotezin kabul edilmesi neticesinde ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, değişkenler arasındaki ilişkiler analiz edilirken grup istatistiklerine bakılmalıdır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi ile belirlenmiştir. Bu testin bulguları Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 5. Durbin-Hausman Eşbütünleşme Testi İçin Bulgular

Test ist.	Test ist.	P-Değeri
Durbin-H Grup İst.	1.915	0.028**
Durbin-H Panel İst.	6.866	0.000***

*Not: ** ve ***, sırasıyla %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu ifade etmektedir.*

Eşbütünleşme testi doğrultusunda elde edilen bulgular $\ln\text{CO}_2$ ve $\ln\text{GDP}$ değişkenleri arasında eşbütünleşik ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Son aşamada ise, uzun dönem katsayı tahmini yapılırken Philips ve Hansen (1990)'in geliştirdiği FMOLS ve Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilen DOLS tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu testlerin bulguları Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6. FMOLS ve DOLS Teknikleri İçin Bulgular

Bağımlı Değişken: $\ln\text{CO}_2$		
	FMOLS	DOLS
LnGDP	-1.103*** (0.000)	-1.076*** (0.000)
R ²	0.72	0.81

*Not: ***, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eder. Olasılık değerleri parantez içinde verilmiştir.*

Tablo 6, $\ln\text{CO}_2$ ve $\ln\text{GDP}$ arasında hem FMOLS hem de DOLS tekniklerine göre negatif yönlü bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Yani, ekonomik büyüme çevresel kirliliği G7 ülkelerinde azaltmaktadır.

Sonuç

Son on yılda elde edilen kanıtlar, dünyanın karşılaştığı en önemli küresel sorunlardan bazılarının küresel ısınma ve iklim değişikliğinden kaynaklandığını göstermektedir (Adebayo vd., 2021). Bu dönem zarfında daha belirgin hale gelen küresel iklim değişikliğini açıklamak ve tahmin etmek için yoğun çaba sarf edilmektedir. Çeşitli araştırma ve raporlarda, küresel karbon emisyonuna neden olan en büyük etkenin fosil kaynaklı yakıtlar olduğu bildirilmektedir. Paris antlaşması gereği önümüzdeki on yıllarda ortalama yüzey sıcaklık artışının 1,5 dereceyi aşacağı beklentisine karşın tarafların acil ve hızlı önlemler alması hayatidir. Aksi taktirde hedef sınır olan 1,5 hatta 2 dereceyi aşması uzak bir ihtimal değildir. İklimle ilgili risklerdeki kademeli artış, ülkeleri mevcut ekonomik büyüme ve kalkınma yöntemlerini düşük karbonlu bir yöne kaydırmaya ve Paris antlaşmasının hedeflerini ilerletmeye yönelik stratejiler geliştirmeye sevk etmektedir (Adom vd., 2012).

Küresel anlamda bu denli olumsuz koşulların ortaya çıkmasına yol açan unsurun ekonomik büyüme olduğu gösterilse de çevresel Kuznets hipotezine göre çevresel kirlenme ile ekonomik büyüme ilişkisindeki seyirin bir müddet sonra olumlu yöne evrildiği öne sürülmektedir (belirli bir eşik seviyeden

sonra aralarındaki ilişkinin negatif işaretli olacağı beklenmektedir). Ancak literatürde, çevresel Kuznets hipotezinde belirtilen çevresel sorunların belirli bir ekonomik büyüme ve kalkınmadaki gelişimin ardından tersine döneceği görüşü tartışılmakta ve sorgulanmaktadır. Konu ile ilgili yapılan araştırmalarda odaklanılan hususun ise insan yaşamındaki pozitif değişikliklerin ekonomik büyüme olgusuna bağlanıldığı ve bunun da çevresel kirlenme pahasına gerçekleştirildiğidir. Bu doğrultuda dünyadaki yaşanabilirliği tehdit eden unsurların içinde ekonomik büyüme etkisinin var olup olmadığı, varsa nasıl ve ne yönde etkilediğini inceleyen pek çok çalışmaya rastlanılmaktadır.

Değerlendirmesi yapılan bu açıklamalar bağlamında, 1991 ile 2021 yılları arası gelişmiş 7 ülke (G7) için karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem ilişkisi test edilmiş ve incelenmiştir. Çevresel Kuznets hipotezi baz alındığında, kalkınmanın çeşitli safhalarını tamamlayan bu ülkelerde ekonomik büyümenin çevresel kirlenme ile negatif yönlü korelasyona gireceği düşünülmektedir. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi ile belirlenmiştir. Eşbütünleşme testi doğrultusunda, kişi başı karbon emisyon miktarı ile kişi başı GSYH değişkenleri arasında eşbütünleşik ilişkinin varlığı ortaya konulmuştur. Daha sonra uzun dönem katsayı tahmini için tam düzeltilmiş en küçük kareler (FMOLS) ve dinamik en küçük kareler (DOLS) tahminicileri kullanılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre değişkenler arasındaki ilişki negatif yönlüdür. Yani G7 ülkelerinde ekonomik büyüme karbon emisyon miktarını azaltmaktadır. Bu sonuç, çevresel Kuznets hipotezinde iddia edilen ekonomik büyüme ve kalkınmanın belirli bir safhasından sonra çevresel kirlenmeyi olumsuz etkilemeyeceği bilakis kirlenmeyi azaltacağı iddiası ile kısmen tutarlıdır. Ancak yapılan bu çalışmada değişkenler arasındaki ilişki doğrusal bir model üzerinde incelenmiştir. Kuznets hipotezinde belirtilen “*ters-U*” ilişkisinin tespiti için doğrusal olmayan modellerin uygulanması önerilmektedir.

Bu bulgulara göre G7 ülkelerinde ekonomik büyüme, çevresel politikaların belirlenmesine engel teşkil eden bir unsur değildir. Ancak fosil kaynaklı enerji tüketiminin karbon emisyonunu artırdığına yönelik kanıtlardan dolayı geleneksel ekonomik büyüme modeli yerine daha temiz, çevreci ve sürdürülebilir bir ekonomik büyüme anlayışının geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için alternatif enerji kaynaklarının ağırlıklı kullanımına dayalı teknolojilere yatırım yapılması, dünyanın en fazla karbon emisyon salınımı yapan ülkelerinden biri olan ABD’nin Paris antlaşması yükümlülüklerini yerine getirmesi; başta gelişmiş ülkeler üzere dünyanın geri kalan ülkelerine de olumlu etki oluşturmaları bakımından önemli ve elzemdir.

Kaynaklar

- Adebayo, T. S., Adedoyin, F. F., & Kirikkaleli, D. (2021). Toward a Sustainable Environment: Nexus between Consumption-Based Carbon Emissions, Economic Growth, Renewable Energy and Technological Innovation in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52272–52282.
- Adom, P. K., Bekoe, W., Amuakwa-Mensah, F., Mensah, J., & Botchway, E. (2021). Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth, Industrial Structure, and Technical Efficiency: Empirical Evidence from Ghana, Senegal, and Morocco on the Causal Dynamics. *Energy*, 47, 314-325.
- Alam, M. M., Murad, M., Noman, A., & Ozturk, I. (2016). Relationships among Carbon Emissions, Economic Growth, Energy Consumption and Population Growth: Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466–479.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Emek, Ö. F., & Özçelebi, O. (2021). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezinin Geçerliliği Bağlamında Karbon Emisyonu (CO₂) ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Hatemi-J ve Zamanla Değişen Nedenlilik. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 364-386.
- Ghosh, S. (2010). Examining Carbon Emissions Economic Growth Nexus for India: A Multivariate Cointegration Approach. *Energy Policy*, 38, 3008–3014.
- Jebabli, I., Lahiani, A., & Mefteh-Wali, S. (2023). Quantile Connectedness between CO₂ Emissions and Economic Growth in G7 Countries. *Resources Policy*, 81, 1-23.
- Kais, S., & Sami, H. (2016). An Econometric Study of the Impact of Economic Growth and Energy Use on Carbon Emissions: Panel Data Evidence from Fifty Eight Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101–1110.
- Karaaslan, A., & Çamkaya, S. (2022). The Relationship between CO₂ Emissions, Economic Growth, Health Expenditure, and Renewable and Non-Renewable Energy Consumption: Empirical Evidence from Turkey. *Renewable Energy*, 190, 457-466.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Lee, J. W., & Brahmasrene, T. (2013). Investigating the Influence of Tourism on Economic Growth and Carbon Emissions: Evidence from Panel Analysis of the European Union. *Tourism Management*, 38, 69-76.

- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Pakistan: Dynamic Causality Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1233–1240.
- Narayan, P. K., Saboori, B., & Soleymani, A. (2016). Economic Growth and Carbon Emissions. *Economic Modelling*, 53, 388–397.
- Nguyen, T. T., Pham, T., & Tram, H. (2020). Role of Information and Communication Technologies and Innovation in Driving Carbon Emissions and Economic Growth in Selected G-20 Countries. *Journal of Environmental Management*, 261, 1-10.
- Olubusoye, O. E., & Musa, D. (2020). Carbon Emissions and Economic Growth in Africa: Are They Related? *Cogent Economics & Finance*, 8(1), 1-21.
- Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. Munich: Center for Economic Studies and ifo Institute (CESifo) Working Paper, No. 1229.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265–312.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Phillips, P. C., & Hansen, B. (1990). Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes . *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). The Impact of Renewable Energy on Carbon Emissions and Economic Growth in 15 Major Renewable Energy-Consuming Countries. *Environmental Research*, 186, 1-11.
- Salman, M., Long, X., Dauda, L., & Mensah, C. (2019). The Impact of Institutional Quality on Economic Growth and Carbon Emissions: Evidence from Indonesia, South Korea and Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 241, 1-14.
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member. *Ecological Economics*, 68, 1667-1675.
- Waheed, R., Sarwar, S., & Wei, C. (2009). The Survey of Economic Growth, Energy Consumption and Carbon Emission. *Energy Reports*, 5, 1103–1115.
- Westerlund, J. (2008). Panel Cointegration Tests of the Fisher Effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23, 193–233.
- Zhang, X.-P., & Cheng, X.-M. (2009). Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China. *Ecological Economics*, 68, 2706–2712.

Ekonomik Büyüme ve Çevre Kirliliği: Türkiye için Bir Kuznets Eğrisi Analizi

Hilal Şeker¹

Özet

Sanayileşmenin artması, iklimsel değişiklikler, küreselleşme, kentleşme ve daha pek çok faktörün bir araya gelmesiyle çevre kalitesinin azalması, iktisat ve çevre bilimini yakınlıştırarak ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymak için yeni bir çalışma alanı oluşmasına neden olmuştur. Çevre kirliliği ve ekonomik faaliyetlerin birbiri üzerinde ne denli etkin olduğu, kalkınma iktisadı ile birlikte daha da dikkat çekmeye başlamıştır. Petrol, enerji, kömür gibi doğal kaynak kullanımındaki artışlar çevresel bozulmayı hızlandırmış, kalkınmanın sürdürülebilirliği konusunda endişeleri de beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada Türkiye Ekonomisi için 1975-2018 dönemi yıllık verileri esas alınarak, ARDL Sınır Testi yardımı ile Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin geçerliliği, kuadratik form kullanılarak araştırılmıştır. Modelde ekolojik ayak izi ve kişi başına düşen GSYİH arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmış; bulgulara göre uzun dönemde Y , Y^2 değişkenleri ile ekolojik ayak izi arasında sırasıyla pozitif ve negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Sonuçlar, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini destekler niteliktedir. Ayrıca ARDL eş bütünlük analize ek olarak, bulguları güçlendirmek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmış ve ekonomik büyümeden çevre kirliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgulanmıştır.

1. Giriş

İlk kez 1955 yılında Simon Kuznets, gelir dağılımı ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki olduğunu; kişi başına düşen gelirin artmasıyla başlangıçta gelir dağılımında eşitsizliğin de arttığını, ancak artan gelirle birlikte gelir eşitsizliğindeki artışın bir dönüm noktasından sonra azalmaya başladığını fark etmiş ve bunu ampirik bir çalışma ile gözler önüne sermiştir. Söz

1 Dr. Öğr. Üyesi, Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Bölümü, hilal.seker@amasya.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-6188-1006

konusu ilişki ters U şeklindedir ve Kuznets Eğrisi olarak iktisat literatürüne girmiştir. 1990’larda artan küresel ısınma, hava kirliliği, karbondioksit salınımı gibi nedenlerle oluşan çevresel tahribatın daha da belirginleşmesi, Kuznets eğrisinin çevreye uyarlanarak kişi başına düşen gelir ile çevre kirliliği arasındaki ilişkilerin incelenmesine neden olmuştur. Çevresel Kuznets Eğrisi (bundan sonra ÇKE) adı ile literatüre giren bu eğri, kişi başına düşen gelirdeki artışın başlangıçta çevre kirliliğini artırdığını, belirli bir dönüm noktasından sonra ise azaltmaya başladığını ileri sürmektedir. Kısaca çevresel kirlilik düzeyi ile ekonomik büyüme arasında bir ödünleşme vardır ve bu ödünleşmeye göre çevre kirliliği ekonomik kalkınma sürecinin başında artmakta, belirli bir dönüm noktasından sonra ise azalmaktadır.

Bu çalışma ÇKE Hipotezini Türkiye Ekonomisi için 1975-2018 yılları için test etmeyi amaçlamaktadır. ARDL Sınır Testi yardımı ile kişi başına düşen GSYİH ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Literatürde ÇKE hipotezini test eden çalışmalarda çevre kirliliğini temsilen genelde karbondioksit emisyonu değişkeni kullanılmakta olup, bu çalışmada çevre kirliliğini daha iyi temsil edeceği düşüncesi ile Wackernagel ve Reels tarafından geliştirilen “ekolojik ayak izi” değişkeni modele dahil edilmiştir. Ekolojik ayak izi sırasıyla karbon ayak izi, tarım alanı, otlatma alanı, ormanlık alan vb. gibi geniş ölçümler sonucunda elde edilmiş olup (Destek, 2018) çevresel bozulma için daha uygun bir değişken olarak düşünülmüştür. Çalışma, bu açıdan literatürden ayrılmaktadır. Ayrıca ARDL eşbütünleşme analizine ek olarak, bulguları güçlendirmek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmış ve ekonomik büyümeden çevre kirliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgulanmıştır.

Çalışmanın kalanı şu şekilde ilerlemektedir; ikinci bölümde ÇKE Hipotezine yönelik teorik açıklamalar, üçüncü bölümde literatür taraması, dördüncü bölümde ampirik analiz ve bulgular, beşinci bölümde sonuç ve öneriler yer almaktadır.

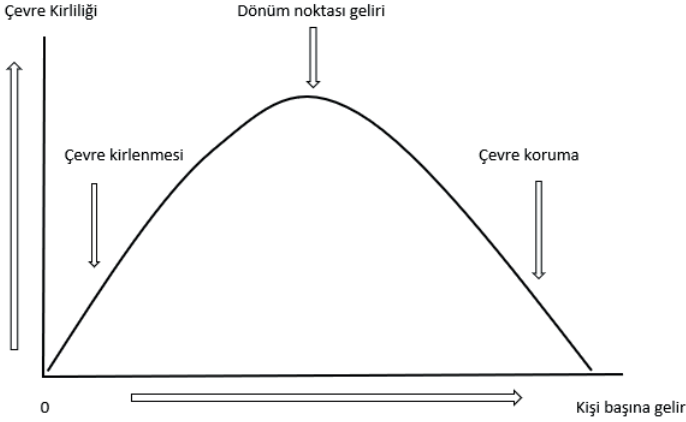
2. ÇKE Hipotezi

2.1. Teorik Çerçeve

Simon Kuznets (1955), yayımladığı makalesinde ekonomik kalkınmanın başlangıç aşamasında gelir eşitsizliğinin arttığını, sonraki aşamalarında ise azaldığını ileri sürerek gelir ve gelir dağılımı arasında ters-U veya çan eğrisi şeklinde bir ilişkinin varlığına dikkat çekmiştir. Kuznets Eğrisi 1990’larda Grossman ve Krueger (1991; 1995) tarafından çevreye uyarlanarak kişi başına düşen gelir ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiler dikkate alınarak tekrar yorumlanmıştır.

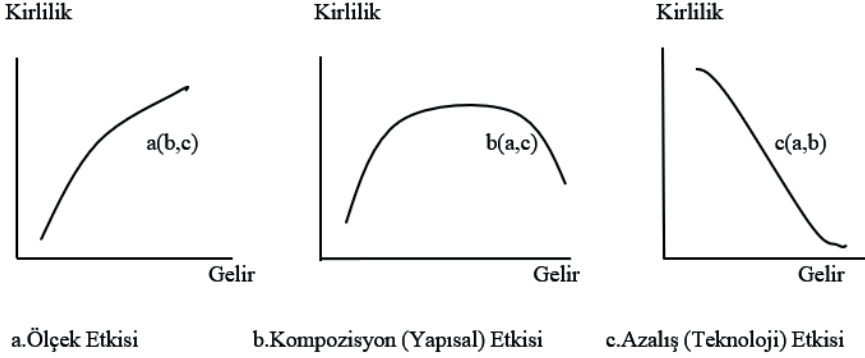
ÇKE hipotezi literatürde üç farklı etki kanalı ile açıklanmaktadır; ölçek etkisi, yapısal etki ve teknoloji etkisi (Grossman & Krueger, 1991; Carson, 2010; Panayotou, 2003). Söz konusu etkiler Şekil 1'de gösterilmektedir. Diyagramda ölçek etkisi eğrinin artan kısmını gösterirken; yapısal ve teknoloji etkisi azalan kısmını göstermektedir.

Şekil 1. Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE Diyagramı)



Kaynak: Yandle vd. (2004)

Ölçek etkisi, ekonomik büyümenin başlangıç evresi olup, üretimin ilk evrelerinde yoğun şekilde enerji ve kaynak kullanımının etkisi ile çevresel atıklarda ve kirlilikte olası artışlar sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak sonraki aşamada ekonominin yapısal evrimi ile birlikte büyümenin çevre üzerindeki kirlilik artırıcı etkisi tersine dönecek ve çevre kirliliğinde azalış ortaya çıkacaktır. Bu evre yapısal evredir ve ilk olarak tarımdan sanayiye geçişi içerir. Bu aşamada üretim faktörlerinden doğal kaynakların ve girdilerin kullanımındaki yoğun artışlar çevre üzerinde olumsuz etkiler doğmasına neden olacaktır. Ancak sonraki aşamada enerji yoğun sanayi sektörü yerini hizmet ve bilgi ekonomisine bıraktığında, çevre tahribatı azalacaktır. Özellikle daha az doğal kaynak kullanımı nedeniyle teknoloji yoğun üretimin çevreye etkisi pozitif olacaktır (Tsurumi & Managi, 2010). Çevre dostu üretim teknolojileri sayesinde gelir düzeyi ve çevre arasındaki ilişki Kuznets'in ileri sürdüğü ters-U şekli ortaya çıkacaktır. Ek olarak Panayotou (2003), çevre üzerinde gelir etkisinden bahsetmektedir. Söz konusu etkiler Şekil 2'de gösterilmektedir.

Şekil 2. Çevre Üzerindeki Gelir Etkilerinin Ayrıştırılması

Kaynak: Panayotou (2003:19).

Panayotou (2003), aslında çevre üzerindeki gelir etkilerini ayırtırmaya çalışmaktadır. Burada vurgulanmaya çalışılan nokta, çevre kalitesi talebinin gelir esnekliği etkisidir. Artan gelirle birlikte insanların yeşil ürünlere olan talebinin artması, çevreye karşı daha duyarlı ve çevre kalitesine daha önem verir hale gelmeleri ile çevre kirliliğinin azalmasını ifade etmektedir. Ölçek etkisi hakimken gelir ve kirlilik arasında pozitif bir ilişki söz konusu olmakta, yapısal etki hakimken bir noktadan sonra kirlilik ve gelir arasındaki ilişkinin yönü değişmekte, pozitiften negatife dönmektedir. Teknolojik etkinin hakim olduğu aşama ise, artık ilişkinin tamamen negatifleştiği bir evredir ve bu evrede gelir arttıkça çevre kirliliği azalmaktadır.

2.2. Literatür Taraması

ÇKE hipotezinin test edilmesine yönelik literatüre temel oluşturan çalışma Grossman ve Krueger (1991) tarafından, NAFTA² ile birlikte meydana gelen gelir artışı ve çevre kirliliği ilişkisinin incelenmesi amacı ile yapılmıştır. Çalışmada serbest ticaret anlaşmasının ilk aşamalarında üretim ve taşıma ölçeğindeki artışla birlikte enerji ve yan ürün kullanımındaki artış ile çevre kirliliğinin de arttığı vurgulanmıştır. Ancak sonraki safhalarda değişen üretim teknolojisi sayesinde çevre kirliliğinin azalacağı ampirik analizlerle desteklenmiştir. Bu çalışmanın ardından Shafik ve Bandyopadhyay (1992) tarafından hazırlanan Dünya Kalkınma Raporu da ÇKE hipotezini destekleyen temel çalışmalardan biridir. Çalışmada düşük gelir düzeylerinde büyümenin çevre üzerinde olumsuz etkisi vurgulanırken, orta ve yüksek gelir

düzeylerinde bu etkinin olumlu hale döndüğü ve ilişkinin ters U-şeklinde olduğu vurgulanmaktadır. Panayotou (1993) ILO³ için hazırladığı raporda Grossman ve Krueger (1991) ile Shafik ve Bandyopadhyay'ın (1992) bulgularına paralel şekilde gelir ve çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde ilişki bulgulanmış ve bulgularını ÇKE hipotezi olarak yorumlayan ilk iktisatçı olmuştur. Bu öncü çalışmaların ardından ÇKE hipotezi pek çok iktisatçı için ilgi çeken bir konu haline gelmiş ve konu hakkında geniş bir literatür oluşmuştur.

Literatür incelendiğinde sonuçların oldukça farklı olduğu, ülkeden ülkeye, incelenen döneme, kullanılan değişkenlere ve analiz yöntemine göre farklılaştığı göze çarpmaktadır. Tablo 1'de hem Türkiye özelinde hem de dünya genelinde yapılan çalışmalar, ülke-dönem ve sonuç bazında özet olarak sunulmaktadır.

Tablo 1. Literatür Özeti

Çalışma	Ülke-Dönem	Sonuç
Cole vd. (1997)	OECD, 1970-1992	ÇKE geçerlidir.
Canas vd. (2003)	16 sanayileşmiş ülke, 1960-1998	ÇKE geçerlidir.
Atıcı ve Kurt (2007)	Türkiye, 1968-2000	ÇKE geçerlidir.
Apergis ve Payne (2009)	6 Amerika kıtası ülke, 1971-2004	ÇKE uzun dönemde geçerlidir.
Soytas ve Sari (2009)	Türkiye, 1960-2000	ÇKE geçersizdir.
Başar ve Temurlenk (2007)	Türkiye, 1950-2000	Ters-N şeklinde bir ilişki bulgulanmıştır.
Akbostancı vd. (2009)	Türkiye, 1968-2003 1992-2001	N şeklindedir.
Narayan ve Narayan (2010)	43 gelişen ekonomi, 1980-2004	ÇKE geçerli değildir.
Ozturk ve Acaravci (2010)	Türkiye, 1968-2005	ÇKE geçerli değildir.
Arı ve Zeren (2011)	Türkiye ve Akdeniz ülkeleri	N şeklinde bir ilişki bulgulanmıştır.
Saatçi ve Dumrul (2011)	Türkiye, 1950-2007	ÇKE geçerlidir.
Jayanthakumaran vd. (2012)	Çin ve Hindistan, 1971-2007	ÇKE geçerlidir.
Ahmed ve Long (2012)	Pakistan, 1971-2008	Kısa ve uzun dönem ilişki ÇKE'yi desteklemektedir
Öztürk ve Acaravci (2013)	Türkiye, 1960-2007	ÇKE geçerlidir.
Omay (2013)	Türkiye, 1980-2009	ÇKE geçerli değildir.
Dam vd. (2014)	Türkiye, 1960-2010	İlişki Ters N şeklindedir.
Koçak (2014)	Türkiye, 1960-2010	ÇKE geçersizdir.

Erataş ve Uysal (2014)	BRICT Ülkeleri, 1992-2010	ÇKE geçerli değildir.
Erdoğan vd. (2015)	Türkiye, 1975-2010	ÇKE geçerli değildir.
Robalino-López vd. (2015)	Venezuela, 1980-2010	ÇKE geçerli değildir.
Begum vd. (2015)	Malezya, 1980-2009	ÇKE geçerli değildir.
Lebe (2016)	Türkiye, 1960-2010	ÇKE geçerlidir.
Bakirtas ve Cetin (2017)	MIKTA, 1982-2011	ÇKE geçersizdir.
Tunçsiper ve Uçar (2017)	Türkiye, 1980-2011	İlişki N şeklindedir.
Alshehry ve Belloumi (2017)	Suudi Arabistan, 1971-2011	ÇKE geçersizdir.
He vd. (2017)	Çin, 1995-2013	ÇKE geçerlidir.
Özcan vd. (2018)	Türkiye, 1961-2013	ÇKE geçerli değildir.
Güney (2018)	Türkiye, 1960-2016	ÇKE geçerlidir.
Cetin (2018)	20 gelişmiş, 25 gelişmekte olan ülke, 1990-2011	ÇKE gelişmiş ülkelerde geçerlidir.
Destek (2018)	Türkiye, 1990-2014	ÇKE geçerlidir.
Karasoy ve Akçay (2018)	Türkiye, 1965-2016	ÇKE geçerlidir.
Pata (2018)	Türkiye, 1971-2014	ÇKE geçerlidir.
Karasoy (2019)	Türkiye, 1965-2015	ÇKE geçerli değildir.
Özdemir ve Koç (2020)	Türkiye, 1960-2017	N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir.
Öngel vd. (2020)	Türkiye, 1998-2018	ÇKE, tarım ve sanayi sektöründe geçerli olmakla birlikte, enerji ve atık sektöründe geçerlidir.
Güzel (2021)	Türkiye, 1960-2015	N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir.

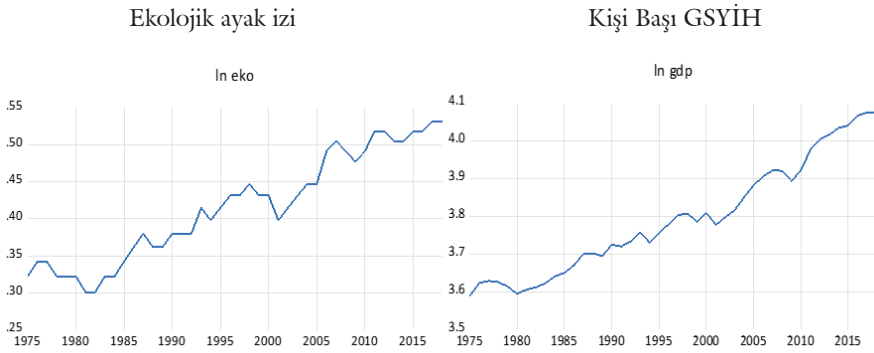
3. Ampirik Analiz

Bu çalışmada Türkiye ekonomisinde 1975-2018 yılları için ÇKE Hipotezinin geçerli olup olmadığının incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada tercih edilen analiz yöntemi ARDL sınır testidir. Yöntemde değişkenlerin bütünleşme dereceleri farklı olsa bile eşbütünleşme ilişkisine bakılabilmekte (Paudel & Jayanthakumaran, 2009) olup, klasik eşbütünleşme testlerinden ayrılmaktadır. Bu çalışmada farklı dereceden bütünleşik serilerle fark uygulanmaksızın eşbütünleşme ilişkisine bakılabilmesine olanak tanınması nedeniyle tercih edilmiştir. Türkiye için ÇKE hipotezi farklı gelir düzeylerini test etmek için kuadratik bir formda incelenmiş olup, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

$$\ln EF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln Y_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklem 1’de çevre kirliliğini temsilen kişi başı formda ekolojik ayak izi kullanılmış ve EF şeklinde ifade edilmiş, ekonomik büyümeyi temsilen kişi başı reel GSYİH kullanılmış Y^2 şeklinde ifade edilmiştir. Y^2 ise reel GSYİH’nin karesini ifade etmektedir. β_1 parametresi için katsayının pozitif, β_2 parametresi için katsayının negatif olması ÇKE hipotezindeki ilişkinin ters-U ya da çan eğrisi şeklinde olduğu görüşünü destekler niteliktedir. Tüm değişkenler modelde doğal logaritmaları alınarak kullanılmıştır. Kişi başı reel GSYİH Dünya Bankası veri tabanından, ekolojik ayak izi Global Footprint Network veri tabanından elde edilmiştir. Gelir ve ekolojik ayak izi değişkenlerine ait zaman yolu grafikleri Şekil 3’te sunulmuştur.

Şekil 3. Zaman Yolu Grafiği



3.1. Birim Kök Testleri

Bu çalışmada birim kök sınaması, geleneksel birim kök testlerinden Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testlerinden faydalanılarak incelenmiş ve sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. ADF-PP Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF TESTİ				PP TESTİ			
	Düzy		Birinci Fark		Düzy		Birinci Fark	
	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend
ln Y	0,26	-2,32	-4,94***	-4,88***	0,89	-2,17	-4,94***	-4,87***
ln Y ²	0,34	-2,24	-4,86***	-4,81***	0,99	-2,10	-4,86***	-4,80***
ln EF	-0,42	-3,21*	-6,72***	-6,73***	-0,21	-3,16	-6,83***	-6,82***

Not: * ve *** sırasıyla, %10 ve %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Sabitli ve sabitli-trendli model üzerinden tahmin edilerek sonuçlara ulaşılmıştır

Tablo 2 incelendiğinde değişkenlerin her iki yöntemle de farklı derecede bütünlük olduğunu görmekteyiz. Ekolojik ayak izi değişkenini ifade eden lnEF, ADF yönteminde sabitli trendli modelde düzeyde durağan, diğer değişkenler ise her iki modelde farkta durağandır. Dolayısıyla analize ARDL yöntemi ile devam edilecektir.

3.2. ARDL Modeli

ARDL modelinde öncelikle kısıtlanmamış hata düzeltme modelinin tahmin edilmesi gereklidir. Bunun için uzun dönem ilişkilerin varlığında, F test istatistiği değerinin Pesaran vd.'nin (2001) çalışmasındaki tablo değerlerinden büyük olması gerekmektedir. F test istatistiği üst kritik değerlerden⁴ büyük ise eşbütünlük ilişkisinin olduğu şeklinde yorumlanarak uzun ve kısa dönem denklemleri kurulmaktadır. Denklem 2 ve 3 sırasıyla, denklem 1'in ARDL modeline uyarlanmış uzun ve kısa dönem denklem formlarını göstermektedir.

$$\Delta \ln EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{3i} \ln Y_{t-i}^2 + \beta_{4i} \ln EF_t + \beta_{5i} \ln Y_t + \beta_{6i} \ln Y_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta \ln EF_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln EF_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{3i} \ln Y_{t-i}^2 + \beta_{4i} ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Denklem 3'te ECT hata düzeltme terimini ifade etmekte ve değerinin 0 ve -1 arasında olması beklenmektedir. Bu modelde uzun dönem denge değerine doğrudan yakınsama olduğunu gösterir.

Tablo 3. F testi Bulguları

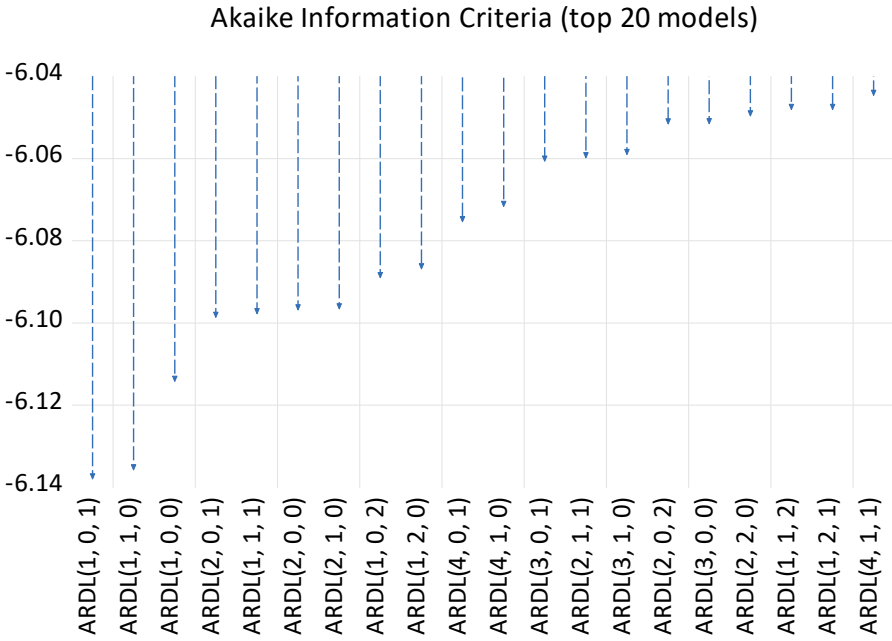
Test İstatistiği	Değer	k
F-testi	6,0970	3
Kritik Değerler		
Anlamlılık Düzeyleri	Alt Sınır	Üst Sınır
10%	3,17	4,14
5%	3,79	4,85
1%	5,15	6,36

Not: Burada k modelde yer alan bağımsız değişken sayısıdır. Gecikme sayısı Eviews 12.0 paket programının Akaike kriterine göre 4'tür.

4 Değişkenlerin tamamı düzeyde durağan ise alt kritik değer, farklı ya da farkı alındığında durağan ise üst kritik değer dikkate alınır.

Tablo 3'te F testi sonuçları sunulmaktadır. F testi değeri 6,09 olup %5 anlamlılık düzeyinde ilgili değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuç analizin bir sonraki aşamasına geçilmesi için imkan tanımaktadır. Modeldeki gecikme uzunlukları (1,0,1) olarak Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Gecikme uzunluğu için alternatif modeller Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Gecikme Uzunluğu Alternatif Modeller



Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edildikten sonra, kuadratik formda EKC hipotezinin geçerliliğinin test edilmesi için, uzun ve kısa dönem katsayı sonuçları Tablo 5'te tanısal testler ile birlikte sunulmuştur.

Tablo 5. ARDL Bulguları (1,0,1)

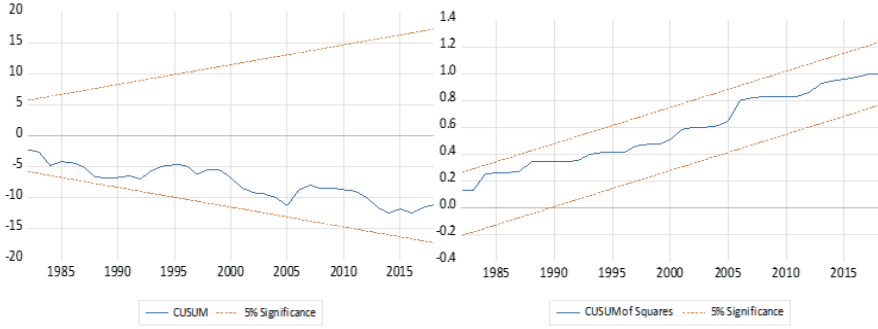
Değişkenler	Katsayı	t-İstatistiği	Olasılık
Uzun Dönem Katsayıları			
lnY	4,7663	4,3539	0,0001
lnY ²	-0,5612	-3,9286	0,0003
Kısa Dönem Katsayıları			
LnY ²	-0,2880	-3,4671	0,0013
CointEq(-1)*	-0,5746	-4,3879	0,0001
C	-5,5049	-4,3890	0,0001
Diagnostik Testler			
Otokorelasyon-Breusch-Godfrey LM test ; 1,1972 (0,3138)			
Değişen Varyans-Heteroscedasticity test; 0,0714 (0,9903)			
Normallik-JB Normality test; 1,1615 (0,5594)			
Ramsey-Reset test; 0,5585 (0,5769)			
R ² = 0,6137			
Düzeltilmiş R ² = 0,5944			
D.W.=1,95			

Kuadratik modelde çevre kirliliği ve büyüme arasında uzun dönemde gözlenen ilişkilere bakıldığında değişkenler arasındaki ilişkilerin tümü istatistiki açıdan anlamlı olup, Y ve Y² değişkenlerinin çevre kirliliğini sırasıyla pozitif ve negatif etkilediği şeklindedir. ÇKE hipotezinin geçerli olabilmesi için, Y'nin katsayısının pozitif, Y²'nin negatif ve istatistiki açıdan anlamlı, olması gerekmektedir. Bu sonuçlar ise çevre kirliliği ve büyüme arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Hata düzeltme katsayısının (-0,72) negatif işaretli ve istatistiki açıdan anlamlı ve modelin istikrarlı olduğu söylenebilir.⁵ Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi uzun dönemli bir hipotezdir. Dolayısıyla çalışmada uzun dönem verilerine odaklanılmıştır.

Bulguların güvenilirliğini test etmek amacıyla CUSUM yapısal kırılma testleri hesaplanmıştır. Şekil 3'te Cusum ve Cusum of Squares test sonuçları yer almakta olup, modelde herhangi bir yapısal kırılmanın olmadığını ve kurulan modelin istikrarlı olduğunu ifade etmektedir.

5 Kurulan modelde otokorelasyon için Breusch-Godfrey LM testi, değişen varyans için Breusch-Pagan-Godfrey testi, serilerin dağılımı için Jarque-Bera Normallik testi, model spesifikasyonu için de Ramsey-Reset testi yapılmıştır. Sonuçlara göre seriler normal dağılıma sahip olup, modelde herhangi bir otokorelasyon, değişen varyans sorunu olmadığı ve model spesifikasyon hatası yoktur.

Şekil 3. Cusum ve Cusum of Squares Testleri



3.2. Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

Çalışmada ekolojik ayak izi ve kişi başına düşen gelir arasındaki nedensellik ilişkilerinin ortaya konabilmesi için Toda-Yamamoto (1995) nedensellik analizinden faydalanılmıştır. Toda-Yamamoto VAR yöntemine dayanmaktadır ve en büyük avantajı, serilerin bütünleşme dereceleri farklı bile olsa, düzey değerlerine uygulanabiliyor olmasıdır. Dolayısıyla farklı alınan serilerde yaşanan gözlem kaybı bu yöntemde söz konusu olmamakta ve çalışma için bir kısıt olmaktan çıkmaktadır. ARDL eşbütünleşme analizine ek olarak, bulguları güçlendirmek amacıyla yapılan Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları Tablo 6'da raporlanmıştır.

Tablo 6. Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

Nedenselliğin Yönü	Sıfır Hipotezi (H_0)	Olasılık Değeri (X^2)	Sonuç
$\ln Y \rightarrow \ln EF$	$\ln Y, \ln EF$ 'nin Granger Nedeni Değildir	0,0007	H_0 red
$\ln EF \rightarrow \ln Y$	$\ln EF, \ln Y$ 'nin Granger Nedeni Değildir	0,3437	H_0 kabul

Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi sonuçlarına göre gelir seviyesinden ekolojik ayak izine doğru %1 anlamlılık düzeyine göre tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yani gelir seviyesi çevre kirliliğinin Granger nedenidir sonucuna ulaşılmaktadır.

Sonuç

1975-2018 dönemindeki yıllık verilerden yola çıkılarak yapılan bu çalışmada, kişi başına düşen GSYİH ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiler ARDL sınır testi yardımı ile tahmin edilmiştir. Ampirik analiz bulguları gelir ile çevre kirliliğini temsil eden ekolojik ayak izi değişkeni arasında ÇKE hipotezini destekleyen ters-U şeklinde bir ilişki olduğu yönündedir. Bulgular kişi başı gelir arttıkça ekolojik ayak izinin önce arttığı, sonrasında azaldığı şeklinde yorumlanabilir. Bu durum ÇKE hipotezindeki ters- U şeklindeki ilişkiyi desteklemektedir. ARDL eşbütünleşme analizine ek olarak, bulguları güçlendirmek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmış ve ekonomik büyümeden çevre kirliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgulanmıştır.

ÇKE hipotezi, gelir artışının belli bir noktadan sonra çevre tahribatını azaltacağı fikrini öne sürmektedir. Bu durumda çevresel iyileşme için gelir artışının belli seviyeye gelmesini beklemek gerekmektedir. Ancak özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, çevresel tahribata karşı gelirin artmasını beklemek yerine çok daha aktif, çevreyi göz önünde bulunduran teşvik ve regülasyon politikalarının tasarlanması ve uygulanması daha doğru olacaktır. Bu durumda iktisadi kalkınma ve büyüme hedefini gerçekleştirirken Türkiye’de uygulanan/uygulanacak ekonomi politikalarında çevrenin dikkate alınması gerekliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi, sürdürülebilir kalkınma politikalarının uygulanması, toplumsal çevre bilincinin artırılması önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Ahmed, K. & Long, W. (2012). Environmental Kuznets curve and Pakistan: An empirical analysis procedia. Economics and Finance, 1, 4-13
- Akbostanci, E., Türüt A. S. & Tunç, İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental kuznets curve?. Energy Policy, 37, 861-867
- Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2017). Study of the environmental Kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 1339-1347.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). C₂O emissions, energy usage, and output in Central America. Energy Policy, 3282-3286.
- Arı, A. & Zeren, F. (2011). C₂O emisyonu ve ekonomik büyüme: Panel veri analizi. Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi, 18, 2.
- Atıcı, C. & Kurt, F. (2007). Türkiye'nin dış ticareti ve çevre kirliliği: Çevresel Kuznets eğrisi yaklaşımı. Tarım Ekonomisi Dergisi, 13(2), 61-69.
- Bakirtas, I., & Cetin, M. A. (2017). Revisiting the environmental Kuznets curve and pollution haven hypotheses: MIKTA sample. Environmental Science and Pollution Research, 24(22), 1827318283.
- Başar, S., & Temurlenk, M. S. (2007). Çevreye uyarlanmış Kuznets eğrisi: Türkiye üzerine bir uygulama. Atatürk Üniversitesi, İİBF Dergisi, 21, 1.
- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M., & Jaafar, M. (2015). C₂O emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 594-601.
- Canas A., Ferrao P., & Conceição P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: Evidence from industrialised countries. Ecological Economics, 46, 217 /229
- Carson, R. T. (2010). The environmental Kuznets curve: Seeking empirical regularity and theoretical structure. Review of Environmental Economics and Policy, 4(1), 3-23.
- Cetin, M. A. (2018). Investigating the environmental Kuznets curve and the role of green energy: Emerging and developed markets. International Journal of Green Energy, 15(1), 37-44.
- Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: An empirical analysis. Environment and Development Economics, 2(4), 401-416.
- Dam, M. M., Karakaya E., & Bulut Ş. (2014). Çevresel Kuznets eğrisi ve Türkiye: Ampirik bir analiz. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Özel Sayısı, 85-95

- Destek M. A. (2018). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin Türkiye için incelenmesi: Sturpat modelinden bulgular. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19 (2)
- Dickey, D.A., & W. A. Fuller (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74.
- Erataş E, & Uysal D. (2014). Çevresel Kuznets eğrisi yaklaşımının “brıct” ülkeleri kapsamında değerlendirilmesi. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 64, 1-25
- Erdoğan, İ., Türköz, K. & Görüş, M. Ş. (2015). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, (113-123).
- Grossman, G. M., & Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of a north american free trade agreement. *National Bureau of Economic Research*, DOI 10.3386/w3914 (No. w3914).
- Grossman, G. M., & Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Güney, A. (2018). Genişletilmiş çevresel Kuznets eğrisinin Türkiye için yeniden değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(3), 745-761.
- Güzel F. (2021). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin Türkiye ekonomisinde geçerliliğinin ampirik analizi. DOI: 10.18092/ulikidince.728066, 30,59-76, ISSN 1307-9832
- He, Z., Xu, S., Shen, W., Long, R., & Chen, H. (2017). Impact of urbanization on energy related C₂O emission at different development levels: Regional difference in China based on panel estimation. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1719-1730.
- Jayanthakumaran, K., Verma, R., & Liu, Y. (2012). Co2 emissions,energy consumption,trade and income: A comparative analysis of China and India. *Energy Policy*, 42, 450-460.
- Karasoy, A., & Akçay, S. (2018). Effects of renewable energy consumption and trade on environmental pollution: The Turkish case. *Management of Environmental Quality*, 30(2), 437-455.
- Karasoy, A. (2019). Drivers of carbon emissions in Turkey: Considering asymmetric impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(9), 9219-9231.
- Koçak, E. (2014). Türkiye’de çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerliliği: Ardl sınır testi yaklaşımı. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3), ss.62-73.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.

- Lebe, F. (2016). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi: Türkiye için eşbütünleşme ve nedensellik analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17 (2) 2016, ss.177-194.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 661-666.
- Omay, R. E. (2013). The relationship between environment and income: Regression spline approach, *International Journal of Energy Economics and Policy*. 3, 52-61.
- Özdemir, B. K. & Koç, K. (2020). Türkiye’de karbon emisyonları, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66–86.
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). Co2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3220–3225.
- Öztürk, İ. & Acaravci, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emission in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262–267.
- Öngel V., Bozkurt G., & Tatlı H. S. (2020). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin sektörel açıdan incelenmesi: Türkiye örneği. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, 32, 49-68, DOI: 10.26650/ekoist.2020.32.0008
- Özcan, B., Apergis, N., & Shahbaz, M. (2018). A revisit of the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey: New evidence from bootstrap rolling window causality, *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 32381–32394.
- Pata, U. K. (2018). The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on co2 emissions: Revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey. *Energy*, 160, 1115-1123.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Technology and Employment Programme*, Geneva: International Labor Office, Working Paper WP238
- Panayotou, T. (2003). Economic growth and the environment. Harvard University and Cyprus International Institute of Management, chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://unece.org/fileadmin/DAM/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf. Erişim Tarihi: 20.06.2023
- Paudel, R. C. & Jayanthakumaran, K. (2009). Financial liberalization and performance in Srilanka: the ardl approach. *South Asia Economic Journal*, 10(1), 127-156.
- Phillips P. C. B., & Perron P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

- Peseran, M. H., Y. Shin, & R. Smith (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
- Robalino-López, A., Mena-Nieto, Á., García-Ramos, J.-E., & Golpe, A. A. (2015). Studying the relationship between economic growth; C₂O emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 602–614.
- Saatçi, M. & Dumrul, Y. (2012). Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Çevresel Kuznets eğri-sinin Türk ekonomisi için yapısal kırılmalı eş-bütünleşme yöntemiyle tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37, 65-86.
- Shafik N., & Bandyopathyay S. (1992). Economic growth and environmental quality, Office Of The Vice Presedent Development Economics, Word Bank Working Paper, https://www.researchgate.net/publication/23723867_Economic_Growth_and_Environmental_Quality_Time_Series_and_Cross-Country_Evidence#fullTextFileContent, Erişim Tarihi: 20.08.2023
- Soytas, U., & Sarı, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an eu candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667-1675.
- Toda, H. Y. & Yamamoto T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Tsurumi, T., & Managi, S. (2010). Decomposition of the environmental Kuznets curve: scale, technique and composition effects. *Environmental Economics and Policy Studies*, 11(19-36), DOI 10.1007/s10018-009-0159-4
- Tunçsiper B., & Uçar B. (2017). Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin Türkiye için geçerliliğinin sınanması: Granger nedensellik analizi. *International Journal of Social Sciences and Education ResearchOnline*, Volume: 3(2), <http://dergipark.gov.tr/ijsser>
- Tutulmaz O. (2012). Çevresel Kuznets eğrisi: Karbondioksit emisyonu üzerine Türkiye, bölge ve dünya ülkeleri üzerinden analitik bir değerlendirme. *T.C. Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı, Avrasya Etüdları*, 42/2012-2 (51-82)
- Yandle, B., Bhattarai, M., & Vijayaraghavan, M. (2004). Environmental Kuznets curves: A review of findings, methods and policy implications. *Research Study 2*, 1-16.

Enerji Yoğunluğu ve Ekonomik Kompleksitenin Karbon Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Yeniden Gözden Geçirilmesi

İhsan Oluç¹

Özet

Bu çalışma, enerji yoğunluğu ve ekonomik kompleksitenin Türkiye'nin karbon ayak izi üzerindeki etkisini 1965-2016 dönemi için Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) çerçevesinde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın kapsadığı dönem ve bu dönemde Türkiye ekonomisinin yaşamış olduğu yapısal dönüşüm göz önünde bulundurularak değişkenler arası ilişkiler yapısal kırılmalar altında incelenmiştir. Çalışmada öncelikle Carrion-i-Silvestre (2009) çoklu yapısal kırılmalı birim kök testi ardından Maki (2012) yapısal kırılmalı eşbütünlük testi uygulanmıştır. Uzun ve kısa dönem katsayıları dinamik en küçük kareler yöntemiyle (DOLS) ile tahmin edilmiştir. Yapılan analize Hatemi-J asimetrik nedensellik testi ile son verilmiştir. Analiz sonucunda EKC hipotezinin doğrulandığı görülmüştür. Uzun dönem katsayı sonuçlarına göre enerji yoğunluğunun karbon ayak izini azaltırken ekonomik kompleksitenin karbon ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonuçları, politika yapıcıların ülke ekonomisinde verimliliği arttıracak ve üretimde enerji yoğunluğunu azaltacak ekonomik dönüşüm politikaları geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Böylece üretim faaliyetlerinin çevre üzerinde yarattığı baskı nispeten azaltılmış olacaktır.

1. Giriş

İklim değişikliği ile ilgili yapılan sayısız çalışma, elde edilen muazzam miktarda tarihsel ve bilimsel veri, çeşitli doğal ve beşeri sistemlerin kırılma noktalarını ortaya koymakta, iklim değişikliği konularını sosyal ve

1 Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İİBF İktisat Bölümü, ihsanoluc@mehmetakif.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5167-1862>

politik gündemin merkezine koymanın aciliyetini ortaya çıkarmaktadır (Seixas & Ferreira, 2021:4). İklim değişikliğinin olumsuz etkileri sadece çevreye ve ekosisteme zarar vermekle kalmayıp az veya çok toplumun her kesimine ve dünya genelinde ekonomik faaliyetlere de zarar vermektedir (Oluc vd., 2022:2). Ekonomik faaliyetlerin sürekliliğinin sağlanabilmesi için doğanın biyokapasitesinin dikkate alınması oldukça önemlidir. İnsan faaliyetleri kaynaklı doğa tahribatı, çevre üzerinde stres oluşturmakta ve doğa bu tahribatı zaman içerisinde tolere etmeye çalışmaktadır.

Doğa tahribatı özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha görünür olmaktadır (Sharif vd., 2020:2). Gelişmekte olan ülkeler çoğunlukla kalkınabilmek için büyümeyi öne çıkarmakta ve sürdürülebilirliği ihmal edebilmektedir. Büyümeyi önceleyen bu tür politikalar sonucunda kullanımı ve tüketimi kolay doğal kaynaklara yönelmektedir. Doğal kaynaklara dayalı büyüme ise zaman içerisinde doğada önce stres sonra baskı oluşturmakta daha sonra da biyokapasitenin azalmasına neden olmaktadır. Çevresel bozulmanın kademeli olarak yükseldiği ekonomilerde ise ekolojik açık ortaya çıkmaktadır.

Çoğunlukla antropojenik faaliyetler nedeniyle ortaya çıkan ekolojik açık sera gazı emisyon salınımlarını yükseltmektedir (Nathaniel, 2021a:64871). Havayı kirleterek iklim değişikliğine neden olan başlıca sera gazı emisyonlarını karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC), perfluorokarbon (PFC) ve kükürt hekzaflorid (SF₆) olarak sıralamak mümkündür (Sinha vd., 2020:4). Başta CO₂ olmak üzere artan sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak amacıyla Stockholm Konferansı, Montreal ve Kyoto Protokolleri, Paris Anlaşması gibi çeşitli uluslararası toplantılarda çeşitli önlem mekanizmaları kurulmuştur (Pata, 2021:846). Bu durum çevre-ekonomi ikame ilişkisini inceleyen araştırmacıların dikkatini çoğunlukla CO₂ emisyonlarına vermesine neden olmuştur. Halbuki diğer sera gazları da küresel ısınmada oldukça olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Örneğin metan gazı karbondioksite oranla 20 kat daha fazla ısı tutmaktadır (Nepal, 2007:63). Dolayısıyla iklim değişikliği ve küresel ısınmaya daha genel bir ifade ile çevresel kirliliğe neden olan antropojenik etkiler araştırıldığında CO₂ emisyonu yerine daha kapsayıcı değişkenlerin kullanılması daha tutarlı sonuçlara ulaşılmasını kolaylaştıracaktır.

Karbon ayak izi insan faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu tüm sera gazı emisyonlarını ayrıca ticarete konu olan mal ve hizmetlerin içerdiği tüm karbondioksit emisyonlarını da içermektedir (Fakher, 2019:10280). İsim benzerliği nedeniyle karbon ayak izi, karbon emisyonları ile zaman zaman karıştırılabiliyor olsa da Kyoto protokolü

kapsamında yer alan altı tür sera gazını içermektedir (Elshimy & El-Aasar, 2020:6986). Dolayısıyla çevresel kirliliği ölçmekte karbon ayak izi en kapsayıcı araçlardan biridir (Hafeez vd., 2019:25207). İnsanoğlunun karşı karşıya kaldığı en büyük ve en acil problem olan küresel ısınma karşısında yapılabilecek yegane şey ise karbon ayak izinin olabildiğince küçültülmesidir (Williston, 2018:45). Karbon ayak izinin küçültülebilmesi için öncelikle karbon ayak izinin belirleyicilerinin ortaya konması gerekmektedir.

Karbon ayak izinin nedenleri üzerinde yapılan çalışmalarda başlıca iki başlık ön plana çıkmaktadır. Bunların ilki ülkelerin enerji tüketimini etkileyen enerji yoğunluğu başta olmak üzere, fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketim oranı, enerji verimliliği ve karbon yoğunluğu gibi sebeplerdir (Chen & Yang, 2015; O'Mahony, 2013; Sobrino & Monzon, 2014). Karbon ayak izinin bir diğer nedeni ise ülkelerin ekonomik yapılarıdır (Andreoni & Galmarini, 2016; Chen vd., 2018; Pan vd., 2017).

Enerji yoğunluğunu, bir ekonominin üretim sürecinde birim çıktı üretmek için kullandığı enerji miktarı olarak tanımlamak mümkündür (Hou vd., 2020:345). Genel anlamda enerji yoğunluğu temelinde yapılan ampirik çalışmalarda birim çıktı olarak ülkelerin milli geliri, girdi olarak ise toplam enerji tüketimi kullanılmaktadır. Dolayısıyla aynı miktarda enerji kullanarak daha az milli gelir üreten ekonomilerin daha az verimli ekonomiler olduğu ifade edilebilir. Nitekim enerji yoğunluğu ülke ekonomilerinin verimliliğini ortaya koymak için kullanılabilir önemli bir araçtır (Liao vd., 2007; Roca & Alcántara, 2001). Enerji yoğunluğu yüksek, verimsiz ülke ekonomileri çevresel sürdürülebilirliğe zarar vermektedirler (Amuakwa-Mensah & Adom, 2017:17468). Enerji yoğunluğunun azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması olarak da değerlendirilebilir ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik çözümün önemli bir parçası olarak kabul edilebilir (Chu & Le, 2022:2869).

Enerji yoğunluğunun tanımından da anlaşılacağı üzere enerji yoğunluğu enerjinin elde ediliş biçiminden tamamen bağımsızdır. Diğer bir ifadeyle fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin, yenilenebilir enerji ile ikame edilmesi enerji yoğunluğunu değiştirmemektedir. Nitekim yatırım maliyetlerinin nispeten yüksekliği nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak ekonomik kalkınmadan fedakârlık yapmak anlamına da gelebilmektedir (Güzel & Oluç, 2021:363). Dolayısıyla enerji yoğunluğu, enerji tüketiminden ziyade ülke ekonomilerinin yapısal dönüşümünü ve teknolojik gelişimini ifade etmek için kullanılmaktadır (Shahbaz vd., 2016:49).

Yapılan birçok çalışmada enerji verimliliğinin artmasında teknolojik ilerlemenin kritik bir rolü olduğu ileri sürülmektedir (Alam & Murad,

2020:383). Enerji verimliliğinde meydana gelen artış beraberinde ekonomide yapısal dönüşümü de getirmektedir. Yani ülkelerin ekonomik yapıları ve teknolojik düzeyi çevre kalitesini etkileyen iki önemli parametredir (Yin vd., 2015:99). Bu nedenle ülkelerin üretim kompozisyonu, ekonomik yapıları ve teknoloji düzeyini ortaya koyan ekonomik kompleksitenin de çevre ve sera gazı emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmektedir (Doğan vd., 2019:31902).

Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından geliştirilen ekonomik kompleksite endeksi temel olarak ülkelerin ekonomik karmaşıklığını ölçmek için üretken kapasitelerini, ihraç edilen ürünler temelinde ele alarak yorumlamaktadır. Ekonomik kompleksite endeksi üretim süreci sonucunda ortaya çıkan ürünü çok yönlü olarak ele almakta ağ ekonomilerinin yapısal değerlendirmesini, ekonomik verimliliğini, teknoloji yoğun ihracat kapasitesini ortaya koymaktadır (Balsalobre-Lorente vd., 2022:1442). Daha sade bir ifade ile ekonomik kompleksite ülke ekonomilerini başlıca iki boyutta ele almaktadır. Bu boyutlar ihracat ürün çeşitliliği ve ihraç edilen ürünlerin yaygınlığıdır (Romero & Gramkow, 2021:4). Bilgi yoğun, daha sofistike ürün ihraç eden ülke ekonomileri daha kompleks kabul edilmektedir. Ekonomik kompleksitede yaşanan artış tarım ve madencilik gibi birincil üretim alanlarından daha yüksek teknoloji ve üretken bilgi gerektiren kompleks ürün yelpazesine geçiş olarak anlaşılmalıdır (Neagu & Teodoru, 2019:3). Ülkelerin ihraç ürünleri kolaylıkla başka ülkelerce ikame edilemiyorsa ve bu ürünler o ülkenin üretken bilgi kapasitesini yansıtan, katma değer üreten ürünler ise bu ülkeler ekonomik kompleksite sıralamasında yükselmektedirler. Dolayısıyla ülkelerin ihraç ettiği ürünlerin yaygınlığı ve çeşitliliğine bakıldığında ülke ekonomisinin yapısal dönüşümü de izlenebilmektedir (Caglar vd., 2022:2). Ekonomik kompleksitenin artmasıyla birlikte yaşanan yapısal dönüşüm önce mal ve hizmetlerin çeşitlendirilmesine daha sonra uzmanlaşma sürecinin başlamasına ve son olarak çeşitlendirmenin azalması ve yoğunlaşma süreciyle devam etmektedir.

Bu durum ülkelerin kalkınma sürecinde içinde bulunduğu ekonomik karmaşıklık düzeyine göre farklı yoğunluklarda enerji talebi olabileceğini göstermektedir. Karbon emisyonlarının ana sebeplerinden birinin enerji talebi olduğu düşünüldüğünde gelişmekte olan ülkelerin ekonomik karmaşıklık düzeyinin artmasıyla birlikte enerji talebinin önce yükseleceği artan karmaşıklık düzeyine göre karbon yoğun üretimden yenilenebilir enerji kaynaklı üretime geçiş sürecinin başlayacağı öngörülmektedir (Neagu, 2019:3). Doğal olarak kalkınma sürecinin başlarında enerji yoğunluğu nispeten daha az tarımsal üretim veya doğal kaynaklara dayalı üretime odaklanılmakta sanayileşmenin başlaması ve üretimin çeşitlenmesiyle

ekonomi daha kompleks hale gelmekte ve enerji yoğunluğu artmaktadır. Enerji yoğunluğunda artış ve ekonomik kompleksite böylece çevresel bozulmayı hızlıca arttırmaktadır. Son olarak ekonomik kompleksitenin daha da artmasıyla birlikte enerji yoğun sanayileşme yerini bilgi yoğun sanayileşmeye bırakmakta ve dolayısıyla ekonomilerin daha “yeşil” teknolojik dönüşümüyle sonuçlanmaktadır (Swart & Brinkmann, 2020:5). Bu bağlamda ekonomik kompleksitenin çevre kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olması varsayımsal olarak kabul edilebilir (Alvarado vd., 2021:2).

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı enerji yoğunluğu ve ekonomik kompleksite karbon ayak izi ile doğrudan ilişkili olup, karbon ayak izinin küçültülmesinde dikkate alınması gereken parametrelerdir. Bu bağlamda yapılan çalışmanın amacı Türkiye için ekonomik kompleksite ve enerji yoğunluğunun karbon ayak izi üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Ekonomik kompleksite ve enerji yoğunluğu gibi değişkenlerin sera gazı emisyonları üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar incelendiğinde yapılan çalışmaların birçoğunun CO₂ emisyonunu kullandığı ve az sayıda çalışmanın da diğer sera gazlarına odaklandığı görülmektedir. Nitekim sera gazı emisyonları çok daha geniş kapsamlı olarak ele alınmalıdır. Yapılan çalışmada tüm sera gazlarını temsil eden karbon ayak izi kullanılmak suretiyle holistik bir bakış açısıyla hareket edilmiştir. Nitekim gözlenebildiği kadarıyla çevre ekonomisi literatüründe karbon ayak izi, enerji yoğunluğu ekonomik kompleksite değişkenleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca Türkiye örneğinde ekonomik kompleksite ve enerji yoğunluğunun bir arada açıklayıcı değişken olarak kullanıldığı bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Dolayısıyla yapılan bu çalışmayla hem ulusal hem de uluslararası literatüre katkı sunulmaktadır. Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibi tasarlanmıştır. Öncelikle enerji, ekonomik kompleksite ve çevre kirliliği ilişkisini inceleyen çalışmalar literatürde özetlenmiştir. Daha sonra bu çalışmada kullanılan veriler ve ekonometrik metodoloji sunulmuştur. Son bölüm ise çalışmayı sonuçlandırmakta ve Türkiye için belirli çevresel politikalar önermektedir.

2. Literatür

Enerji-çevresel kirlilik bağlantısını inceleyen çalışmalar son yıllarda oldukça ilgi görmektedir. Bu konu hakkında oldukça genişleyen bir literatür bulunmakta ve ulusal, bölgesel ve küresel ölçekte çalışmalar yapılmaktadır (Chandran & Tang, 2013; Cicea vd., 2014; Herrala & Goel, 2012; Holtz-Eakin & Selden, 1995; Nathaniel, 2021b; Sanches-Pereira vd., 2016). Enerji tüketimini temsilen toplam enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi, nükleer enerji, elektrik tüketimi gibi değişkenler yapılan ampirik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Al-Mulali & Ozturk, 2015;

Apergis vd., 2010; Can, Oluc vd., 2022; Charfeddine, 2017; Saboori & Sulaiman, 2013; Salahuddin vd., 2020; Ulucak, 2020; Yang, 2000). Enerjinin tüketiminin kaynakları baz alınarak yapılan çalışmalar olduğu gibi enerjinin kaynağından bağımsız olarak enerji verimliliğini temel alan çalışmalar da bulunmaktadır. Enerji verimliliğinin ölçüsü olarak enerji yoğunluğu ele alınmış sektörel ve ulusal düzeyde enerji yoğunluğunun etkileri de araştırmalara konu olmuştur (Cornillie & Fankhauser, 2004; Díaz vd., 2019; Feng vd., 2009; Proskuryakova & Kovalev, 2015).

Enerji yoğunluğu-çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi ele alan Aydın ve Turan (2020) BRICS ülkeleri örneklemini kullanmışlardır. 1996-2016 verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada çevresel kirliliği temsilen ekolojik ayak izi kullanılmış, eşbütünlük testi ve uzun dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Değişkenlerin eşbütünlük olduğu çalışmada enerji yoğunluğunda meydana gelen artışın ekolojik ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Shahbaz vd. (2015), çevresel kuznets eğrisini seçilmiş Afrika ülkeleri örnekleminde test etmişlerdir. 1980-2012 döneminin ele alındığı bu çalışmada EKC hipotezini test edilmesinde sadece enerji yoğunluğu açıklayıcı değişken olarak kullanılmıştır. Enerji yoğunluğunun karbon emisyonunu arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer biçimde (Namahoro vd., 2021) Afrika ülkeleri için CO2 emisyonlarını etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmada açıklayıcı değişkenler olarak enerji yoğunluğu, yenilenebilir enerji tüketimi ve milli geliri kullanmışlardır. Yenilenebilir enerjinin karbon emisyonlarını azaltmada önemli rol üstlendiği sonucuna ulaşılmışken milli gelir ve enerji yoğunluğunda meydana gelen artışın karbon emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Enerji yoğunluğunu ele alan çalışmalarda ülke gruplarının yanı sıra tekil ülke örneklemi de kullanılmıştır. Danish vd., (2020) Amerika Birleşik Devletleri için yaptıkları çalışmada enerji yoğunluğu ve CO2 emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 1985-2017 dönemi ARDL sınır testi yaklaşımıyla test edilmiş ve analiz sonucunda enerji yoğunluğunun artmasının çevresel kirliliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak enerji yoğunluğu çevre literatüründe sıkça kullanılan EKC hipotezinin yanında STIRPAT modelinde de kullanılmıştır. Dogan ve Shah (2022), Birleşik Arap Emirlikleri için STIRPAT modelini 1992-2017 yılları için kullanmışlardır. Kurulan modelde çevresel kirlilik için ekolojik ayak izi kullanılmıştır. Analiz sonucunda enerji yoğunluğu ve yenilenebilir enerji artışının ekolojik ayak izini küçültülmesinde olumlu sonuçlar doğurduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Enerji-çevresel kirlilik ilişkisi gibi ticaretin çevre üzerindeki etkileri de literatürde oldukça yoğun ilgi görmektedir. Ticaretin çevre üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda çoğunlukla ticari açıklık kullanılmıştır (Atıcı,

2009; Sharif Hossain, 2011; Tenaw & Beyene, 2021). Ticari açıklığın sera gazı emisyonlarını arttırdığı, ekolojik ayak izi ve bileşenlerini büyüttüğü kısaca çevresel kirliliğe neden olduğuna dair oldukça fazla çalışma bulunmaktadır (Aşıcı & Acar, 2016; Jayanthakumaran vd., 2012; Li vd., 2016). Bununla birlikte ticari açıklığın çevresel kirliliği azaltıcı etkileri bulunduğunu iddia eden çalışmalar da azımsanmayacak derecede fazladır (Antweiler vd., 2001; Destek & Sinha, 2020; Managi vd., 2009). Birbirine zıt sonuçlara ulaşılmasında şüphesiz ki yapılan çalışmada kullanılan örneklemin büyük payı bulunmaktadır. Nitekim Baek vd. (2009) artan uluslararası ticaretin gelişmekte olan ülkelerde çevresel kirliliği arttırırken gelişmekte olan ülkelere çevresel kirliliği azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Seçilen ülke örneklemi gibi ticareti temsilen kullanılan değişkenler de farklı sonuçlar bulunmasında etkili olmuştur. Nitekim bu nedenle araştırmacıların ilgisi ticaret hacmini ele alan değişkenlerden ziyade ticaretin kalitesini ortaya koyan ihracat ürün kalitesi, ihracat ürün çeşitliliği, ithalat çeşitlendirmesi gibi değişkenlere kaymıştır.(Can, Ahmed vd., 2022; Jiang vd., 2022; Liu vd., 2018). Nitekim bu tür değişkenlerden ticareti yapılan ürünlerin niteliğini, bilgi ve yetenek yoğunluğunu temsil edebilen ekonomik kompleksite de oldukça yoğun ilgi görmektedir.

Ekonomik Kompleksitenin çevre üzerindeki etkilerini EKC hipotezi yardımıyla araştıran Yilanci ve Pata (2020) bağımlı değişken olarak ekolojik ayak izini kullanmışlardır. Örneklem olarak Çin'in kullanıldığı analizde 1965-2016 dönemi ele alınarak zaman serisi analizlerinden Fourier ARDL yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda ekonomik kompleksitede meydana gelen artışın ekolojik ayak izini büyüten en önemli unsur olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu durumun nedeni olarak düşük enerji verimliliği olduğunu ileri sürmüşlerdir. Can ve Gozgor (2017) ise EKC hipotezini Fransa için test etmiş fakat bağımlı değişken olarak ekolojik ayak izi yerine CO2 emisyonunu kullanmışlardır. EKC hipotezinin doğrulandığı çalışmada uzun dönemde ekonomik kompleksitenin CO2 emisyonlarını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Neagu (2020), en kompleks üretim yapan seçilmiş 48 ülke örneğini ele almış ve 1995-2014 dönemini incelemiştir. Açıklayıcı değişken olarak milli gelir ve fosil enerji tüketiminin de kullanıldığı modelde değişkenler arasında uzun dönem eşbütünlük ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca Panel FMOLS ve DOLS ile uzun dönem katsayı tahmini yapılmış ve ekonomik kompleksitenin ekolojik ayak izini büyüttüğü sonucuna ulaşmıştır.

Neagu (2019), yaptığı bir başka çalışmada ise ekonomik kompleksitenin çevre üzerindeki etkisine daha farklı bir yorum getirmiştir. EKC hipotezini

modifiye ederek gelir veya ekonomik büyümeyi temsil eden değişkenler yerine ekonomik kompleksiteyi kullanmıştır. Seçilmiş 25 Avrupa ülkesinin örneklem olarak kullanıldığı çalışmada ekonomik kompleksitenin belirli bir eşik düzeyine ulaşıncaya kadar çevresel kirliliği arttıracak bu eşik aşıldıktan sonra ise çevre üzerinde olumlu etkiler oluşacağını iddia etmiştir.

Romero ve Gramkow (2021), ekonomik kompleksite ile sera gazı emisyonları arasındaki ilişkiyi daha farklı bir biçimde ele almışlardır. Yapılan çalışmaya göre kompleks ürün üretiminin kişi başına düşen emisyonların yanı sıra sera gazı emisyon yoğunluğunun azaltılmasında katkı sunacağı ileri sürülmüştür. Bu hipotezin temelinde kompleks ürün üretiminde kullanılan teknoloji ve yaratılan daha yüksek katma değer nedeniyle bu ürünlerin daha düşük emisyon olacağıdır. Nitekim bu varsayım 67 ülke için 1976-2012 dönemi ele alınarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ise ekonomik kompleksitede meydana gelen %0,1'lik artış karbon emisyonlarında %2'lik bir azalmaya yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır. Çağlar vd. (2022) ise ekonomide yapısal dönüşümün daha net görülebileceği ülke örneklemini ve zaman dilimi seçmiştir. 1990-2018 döneminin ele alındığı BRICS ülke örneklemini ele alınmıştır. Karbon emisyonlarının belirleyicilerinin ekonomik kompleksite bağlamında ele alındığı çalışmada ekonomik kompleksite ve karbon emisyonlarının uzun dönemde eşbütünleşik oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönem katsayı tahmini sonuçlarında ise ekonomik kompleksitenin uzun dönemde karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir rol üstlenebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Chu (2021), ekonomik kompleksiteyi çevresel kalitenin yükseltilmesinde yeni bir itici faktör olarak nitelemiş ve çevresel Kuznets eğrisini ekonomik kompleksite ile modifiye etmiştir. Çevresel Kuznets eğrisinde kullanılan gelir değişkeni yerine ekonomik kompleksiteyi kullanmış ve kurduğu modele ekonomik kompleksitenin karesini de dahil etmiştir. 118 ülkeden oluşan geniş bir panel veri setini kullanarak önceki araştırmaları genişleten Chu'nun elde ettiği sonuçlar tutarlı bir şekilde, üzerinde ekonomik karmaşıklığın CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin pozitiften negatife döndüğü bir eşğin mevcut olduğunu göstermiştir. Ayrıca ekonomik kompleksite ve CO₂ emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Chu'nun (2021) kurmuş olduğu model takip eden bir başka çalışma ise Balsalobre-Lorente vd. (2022) tarafından yapılmıştır. Ekonomik kompleksiteye dayalı çevresel Kuznets hipotezini test etmek için PIIGS ülke örnekleminin kullanıldığı çalışmada 1990-2019 dönemi ele alınmıştır. Ampirik sonuçlar ekonomik kompleksite ve CO₂ emisyonları arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ampirik bulgular ekonomik kompleksite ve CO₂ emisyonları arasında ters U

biçiminde bir ilişkinin dahası N şeklinde bir ilişkinin bulunduğunu da ortaya koymuştur.

Yapılan analiz sonucunda elde edilen uzun dönem katsayıları modifiye edilmiş EKC hipotezini desteklediği sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik kompleksite ve CO2 emisyonları arasında ters U ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim Ikram vd. (2021) bu durumu da göz önünde bulundurarak ekonomik kompleksite sıralamasında 1. sırada yer alan Japonya'yi ele almışlardır. 1965Q1-2017Q4 çeyreklik verileriyle yapılan çalışmada uzun dönemde ekolojik ayak izi ve ekonomik kompleksite arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ekonomik kompleksitenin ekolojik ayak izi üzerinde pozitif asimetric etkisinin bulunduğu ve bu etkinin zaman içerisinde azaldığını belirtmiştir.

3. Veri Seti ve Metodoloji

3.1. Veri Seti

Karbon ayak izinin bağımlı değişken olarak ele alındığı çalışmada açıklayıcı değişkenler olarak kişi başı milli gelir, enerji yoğunluğu ve ekonomik kompleksite kullanılmıştır. Yapılan çalışmada mevcut verilerin yayınlanmış son halleri kullanılarak en geniş zaman aralığı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan veriler 1965-2016 yıllarını kapsamaktadır. Karbon ayak izi, Küresel Ayak izi Ağı (Global Footprint Network.) sitesinden küresel hektar ölçü birimi cinsinden alınmıştır. Enerji yoğunluğu ise “Our World in Data” sitesinden kilovat saat enerji tüketimi başına Dolar bazında üretilen gayri safi yurt içi hasılayı temsil etmektedir. Kişi başı milli gelir ise 2015 yılı sabit fiyatlarıyla Dolar cinsinden Dünya Bankası veri bankasından (WDI, 2021) temin edilmiştir. Son olarak ekonomik kompleksite ise OEC'den (2022) alınmıştır.

3.2. Model ve Yöntem

Yapılan çalışmada Shahbaz vd. (2016), Aydın ve Turan (2020) ve Shokoohi vd.'nin (2022) kullanmış olduğu model temel alınmış ve önceki çalışmalardan farklı olarak modele ekonomik kompleksite dâhil edilmiştir. Böylece karbon ayak izi ile kişi başı milli gelir, enerji yoğunluğu ve ekonomik kompleksite arasındaki ilişki çevresel Kuznets eğrisi bağlamında aşağıda verildiği biçimde modellenmiştir.

$$CF_t = f(EI_t, Y_t, Y_t^2, ECİ_t) \quad (1)$$

Kurulu modelde CF karbon ayak izini, EI enerji yoğunluğunu, Y kişi başı milli geliri, Y^2 kişi başı milli gelirin karesini, ECİ ekonomik kompleksiteyi

temsil etmektedir. Modelde yer alan tüm değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Dolayısıyla ekonometrik modelin aşağıdaki biçimde ifade edilmesi mümkündür.

$$\ln CF_t = a_0 + a_1 \ln EI_t + a_2 \ln Y_t + a_3 \ln Y_t^2 + a_4 ECI_t + u_t \quad (2)$$

Bu çalışmada değişkenler arasındaki ilişkinin derinlemesine incelenmesi amaçlandığından öncelikle yapısal kırılmalı birim kök testi ve yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşme ilişkisinin araştırılmasından sonra seriler arasında uzun dönem ilişkisi araştırılmış ve son olarak da asimetrik nedensellik testi uygulanarak analiz sonlandırılmıştır.

3.3. Carrion-i-Silvestre Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Verilerin durağanlıklarının araştırılmasında Carrion-i-Silvestre vd. (2009) (CS) tarafından geliştirilen yapısal kırılmalı birim kök testi kullanılmıştır. CS testi gelişmekte olan Türkiye gibi ülkelere ait değişkenlerin durağanlıklarının test edilmesinde oldukça kullanışlıdır. Gelişmekte olan ülkeler ekonomik dönüşüm süreçlerinde rejim değişikliklerine ve ekonomik krizlerden kaynaklanan yapısal kırılmalara sahne olabilmektedir. CS testi yapısal kırılmaları içsel olarak belirleyebilmekte ve beş yapısal kırılmaya kadar izin vermektedir. Dolayısıyla CS testi seçilen örnekleme uyumlu çalışacak bir birim kök testidir. CS testinin H_0 hipotezi “Yapısal kırılmalar altında birim kök vardır” şeklinde iken, H_1 hipotezi “Yapısal kırılmalar altında birim kök yoktur” biçimindedir. Yapılan CS testi sonuçları aşağıda Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Carrion-i-Silvestre (2009) Çoklu Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları

	P_T	MP_T	MZ_a	MSB	MZ_t	Kırılma Tarihleri
CF	18.62 [8.50]	17.01 [8.50]	-22.20 [-43.68]	0.14 [0.10]	-3.32 [-4.66]	1977, 1993, 2000, 2005, 2011
EI	17.95 [8.54]	17.17 [8.54]	-23.80 [-45.45]	0.14 [0.10]	-3.36 [-4.77]	1973, 1980, 1995, 2003, 2011
Υ	20.31 [9.31]	18.76 [9.31]	-23.47 [-46.71]	0.14 [0.10]	-3.42 [-4.82]	1974, 1979, 1993, 2000, 2007
ECI	16.76 [8.77]	16.33 [8.77]	-24.95 [-45.77]	0.14 [0.10]	-3.51 [-4.77]	1969, 1977, 1983, 2002, 2007
ΔCF	3.87 [5.54]*	3.95 [5.54]*	-23.03 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.39 [-2.89]*	-
ΔEI	4.41 [5.54]*	4.55 [5.54]*	-25.06 [-17.32]*	0.13 [0.16]*	-3.38 [-2.89]*	-
$\Delta \Upsilon$	3.95 [5.54]*	3.69 [5.54]*	-24.65 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.51 [-2.89]*	-
ΔECI	3.54 [5.54]*	3.58 [5.54]*	-25.42 [-17.32]*	0.14 [0.16]*	-3.56 [-2.89]*	-

Not: “ Δ ” ilgili serinin birinci farkının alındığını göstermektedir. “*”, sembolü serilerin %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 1’de CS testi sonuçlarında hesaplanan test istatistiklerinden parantez içerisinde “[]” gösterilen değerler bootstrap kullanılarak 1000 tekrar sonucu üretilen kritik değerlerdir. Kritik değerler incelendiğinde tüm serilerin düzey değerlerinde hesaplanan test istatistikleri, kritik değerden büyük olduğu dolayısıyla birim kök içerdiği görülürken birinci farkları alındığında tüm test tekniklerine göre durağan hale geldikleri görülmektedir. Tüm serilerin farkta durağan olduğu görüldüğünden seriler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin araştırılmasında bir engel bulunmamaktadır.

3.4. Maki Yapısal Kırılmalı Eşbütünlüşme Testi

Analize CS yapısal kırılmalı birim kök testinin doğal bir devamı olan Maki (2012) yapısal kırılmalı eşbütünlüşme testi olarak görülebilir. Maki eşbütünlüşme testi de CS testi gibi beş yapısal kırılmaya kadar izin verebilmektedir. Ayrıca sabitte ve eğimde kırılma ve trendin varlığı durumunu da dikkate aldığına dört farklı eşbütünlüşme testi de yapabilmektedir. Maki (2012) testinde analize dahil edilecek değişkenlerin farkta durağan olmaları

gerekmektedir. Maki testinin yapılmasında sabit terim ve eğimde yapısal kırılmaya izin veren test modeli kullanılmış ve test sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Maki (2012) Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünlüşme Testi

Test İstatistiği	Kritik değer			Yapısal Kırılma Tarihleri	
	%1	%5	%10		
Model 1	-12.53***	-10.08	-9.48	-9.15	1974, 1981, 1989, 1997, 2003

*Not: Kritik değerler, Maki (2012)’nin ilgili makalesinde hazırlanmış olduğu Tablo 1’den alınmıştır. “***”, sembolü %1 önem derecesinde eşbütünlüşmenin varlığını ifade etmektedir.*

Tablo 3’teki sonuçlar incelendiğinde, hesaplanan test istatistiklerinin, kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Maki testinin H_0 hipotezi olan “Yapısal kırılmalar altında eşbütünlüşme yoktur” hipotezinin reddedildiği ve seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin var olduğu görülmektedir. Eşbütünlüşme ilişkisinin varlığı gösterildiğinden uzun dönem eşbütünlüşme katsayı tahminine geçilebilir.

3.5. Uzun Dönem Eşbütünlüşme Katsayılarının Tahmini

Seriler arasında uzun dönem eşbütünlüşme katsayıları dinamik en küçük kareler yöntemiyle (DOLS) tahmin edilmiştir. DOLS tahmincisi sadece seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin varlığı durumunda kullanılabilen içsellik ve otokorelasyonun varlığı durumlarında dahi güçlü ve tutarlı sonuçlar üretebilmektedir (Göçer & Peker, 2014:118).

Tablo 3. Uzun Dönem Eşbütünlüşme Katsayıları

Eİ	γ	γ^2	ECİ	C	R^2	DW	F stat.
-0.2681	17.5644	-2.1597	0.0224	-35.407	0.89	1.65	775.35
[-1.94]**	[10.26]***	[-9.62]***	[3.92]***	[-10.88]***			[0.00]***

*Kaynak: Parantez içerisinde yer alan değerler, t istatistikleridir. Tahminlerdeki otokorelasyon ve değişen varyans sorunları, Newey-West yöntemi ile giderilmeye çalışılmıştır. “***” ve “**” sembolleri sırasıyla %5 ve %1 önem derecesinde istatistiki olarak anlamlılığı ifade etmektedir.*

Model için yapılan uzun dönem katsayı tahmininde tüm değişkenlerinin istatistiki olarak anlamlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Uzun dönem katsayı sonuçları incelendiğinde çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerli

olduğu görülmektedir. Enerji yoğunluğunda artışın karbon ayak izini azalttığı görülmektedir. Daha detaylı bakmak gerekirse enerji yoğunluğunda meydana gelen %1'lik artışın karbon ayak izini %0,26 oranında küçülttüğünü göstermektedir. Bulunan bu sonuç Dogan ve Shah (2022) ile Nathaniel vd.'nin (2021) sonuçlarıyla benzeştiği görülmektedir.

Enerji yoğunluğundaki düşüş verimlilik artışına ve teknolojik ilerleme anlamına da gelebilmektedir (Bilgili vd., 2017; Koçak vd., 2020). Dolayısıyla Türkiye'de verimliliğin azalması aynı zamanda potansiyel büyümeyi de azaltabilmekte ve böylece karbon ayak izi de azalabilmektedir. Öte yandan enerji yoğunluğu verileri incelendiğinde 1965 yılında 6 TWh olan yenilenebilir enerji tüketiminin 2020 yılında 316 TWh 'ya yükseldiği görülmektedir (Our World in Data). Enerji yoğunluğunda meydana gelen artışta yenilenebilir enerji tüketiminin oldukça önemli bir payının bulunduğu görülmektedir. Son olarak ekonomik kompleksitede meydana gelen artışın karbon ayak izini arttırdığı görülmektedir.

3.6. Kısa Dönem Analizi: Hata Düzeltme Modeli

Kısa dönemde hata düzeltme modelinde değişkenlerin durağan halleri kullanılarak açıklayıcı değişkenlere hata düzeltme parametresi eklenmektedir. Eşbütünleşme denklemlerinden elde edilen hata terimlerinin bir gecikmeli değeri hata düzeltme terimini göstermektedir (Bozdağlıoğlu, 2007:221). DOLS ile tahmin edilen kısa dönem hata düzeltme modeli ve tahmin sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Kısa Dönem Hata Düzeltme Modeli Tahmin Sonuçları

ECT_{t-1}	$\Delta Eİ$	ΔY	ΔY^2	$\Delta ECİ$	C	R2	DW	F stat.
-0.5430	0.1660	13.1171	1.5477	0.0078	-0.0025	0.69	1.91	24.05
[-3.79]***	[1.17]	[3.19]***	[2.85]***	[1.92]**	[-0.75]			[0.00]***

*Not: Parantez içerisinde yer alan değerler, t istatistikleridir. Tahminlerdeki otokorelasyon ve değişen varyans sorunları, Newey-West yöntemi ile giderilmeye çalışılmıştır. “***” ve “**” sembolleri sırasıyla %5 ve %1 önem derecesinde istatistikî olarak anlamlılığı ifade etmektedir.*

Kısa dönem hata düzeltme modellerinde üzerinde durulması gereken değişken hata düzeltme değişkenidir. Yapılan tahmin sonucunda hata düzeltme teriminin istatistikî olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Öte yandan hata teriminin katsayısı negatif anlamlıdır. $ECT_{(t-1)}$ 'nin negatif katsayıya sahip olması kısa dönem içerisinde yaşanan şokların zaman içerisinde giderildiğini ve serilerin uzun dönemde birbirlerine yakınsadığını

göstermektedir. Bu durum kısa dönemde yaşanan sapmaların uzun dönemde ortadan kalkacağı ve uzun dönemde denge değerine doğru hareket edeceğini göstermektedir.

3.7. Asimetrik Nedensellik Testi

Değişkenler arasındaki ilişki son olarak Hatemi-J (2012), tarafından geliştirilen asimetrik nedensellik testi ile incelenmiştir. Klasik nedensellik testlerinde değişkenlerde meydana gelecek pozitif bir şokun etkisiyle negatif bir şokun etkisinin aynı olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla şoklar arasında bir ayırma gidilmemektedir. Bu durum nedensellik ilişkisinin araştırılmasında çok kısıtlayıcı bir varsayım olabilmektedir. Çünkü birçok durumda nedensellik ilişkisine asimetrik yapılar etki etmektedir (Hatemi-J, 2012:448). Asimetrik nedensellik testi ile her değişkenin pozitif ve negatif şoklara diğer değişkenlerce verilen negatif ve pozitif şokların nedensel ilişkisi araştırılmaktadır. EKC hipotezi bağlamında çevresel bozulmanın araştırıldığı çalışmalarda değişkenler arasındaki asimetrik ilişkilerin araştırılması oldukça önemlidir (Emek & Özçelebi, 2021:368). Çevresel Kuznets hipotezinin test edilmesinde kullanılan ekonomik büyümenin tüm şoklarından karbon ayak izinin tüm şoklarına doğru nedensellik ilişkisinin ortaya konabilmesinde asimetrik nedensellik oldukça kullanışlı bir araçtır (Mert & Aykan, 2022:247). Bununla birlikte enerji kullanımı ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi ve buna bağlı olarak karbon ayak izi üzerinde pozitif ve negatif şoklardan oluşan asimetrik etkilere neden olabilmektedir (Warsame & Sarkodie, 2022:23363). Dolayısıyla yapılan çalışmada her bir değişkenin bir diğer değişkene karşın dört farklı nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Dolayısıyla bu durum kırk sekiz farklı nedenselliği araştırılmasına neden olmuştur. Bu durumda bootstrap kritik değerlerine göre istatistiki olarak anlamlı sonuçlar üreten sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları (Hatemi-J, 2012)

Nedenselliğin Yönü	MWALD İst.	Olasılık Değeri	Bootstrap Kritik değer		
			%1	%5	%10
$CF^+ \neq > E\dot{I}^-$	9.001**	0.003	10.559	5.108	3.467
$Y^+ \neq > CF^-$	5.234*	0.073	11.357	7.202	5.170
$CF^- \neq > Y^-$	357.775***	0.000	34.708	16.199	11.748
$CF^+ \neq > E\dot{C}\dot{I}^-$	13.467**	0.000	15.749	6.100	3.343
$Y^+ \neq > E\dot{I}^+$	5.746**	0.017	9.967	5.673	3.737
$Y^- \neq > E\dot{I}^-$	5.278*	0.022	12.880	5.883	3.047
$E\dot{I}^+ \neq > Y^+$	5.398**	0.020	8.036	4.483	3.209
$E\dot{C}\dot{I}^- \neq > E\dot{I}^+$	10.833***	0.001	8.633	5.086	3.273
$E\dot{I}^- \neq > E\dot{C}\dot{I}^-$	26.549**	0.000	28.954	11.954	7.213
$E\dot{C}\dot{I}^- \neq > Y^-$	7.188*	0.027	18.556	8.703	6.281
$Y^+ \neq > E\dot{C}\dot{I}^+$	4.207*	0.040	8.994	5.396	3.251
$Y^+ \neq > E\dot{C}\dot{I}^-$	68.883***	0.000	35.512	14.536	9.296

Not: “ $\neq >$ ” sembolü nedenselliğin olmadığı yönünde H_0 hipotezini göstermektedir. “**,” “***” ve “****” sembolleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Bootstrap sayısı 10.000’dir.

Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik testi sonuçlarına göre enerji yoğunluğunda yaşanan pozitif bir şok kişi başı milli gelir artışı ile nedensellik ilişkisinin olmadığı yönünde H_0 hipotezi reddedilmektedir. Kişi başı milli gelir artışında yaşanan pozitif şokların ekonomik kompleksite ile hem pozitif hem negatif şoklar arasında nedensellik ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan karbon ayak izi ile ilgili nedensellik ilişkisi incelendiğinde sonuçların uzun dönem katsayı sonuçlarıyla uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Karbon ayak izinin pozitif şoklarından enerji yoğunluğu ve ekonomik kompleksitenin negatif şoklarına nedensellik ilişkisinin mevcut olduğu görülmektedir. Bu durum karbon ayak izi pozitif şoklarının enerji yoğunluğunda ve ekonomik kompleksitenin azalmasına neden olduğu biçiminde yorumlanabilir. Son olarak enerji yoğunluğu ve kişi başı milli gelir arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu görülmektedir. Enerji yoğunluğunda artış kişi başı milli gelir artışına neden olurken kişi başı milli gelir artışında meydana gelen artışta enerji yoğunluğunu arttırmaktadır.

4. Sonuç ve Politika Önerileri

Yapılan çalışmada, karbon ayak izi, enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen reel milli gelir ve ekonomik kompleksite arasındaki ilişkiler çevresel Kuznets hipotezi kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca değişkenlerin kapsadığı dönem ve bu dönemde Türkiye ekonomisinin yaşamış olduğu ekonomik çalkantılar göz

önünde bulundurulmuş değişkenler arası ilişkiler yapısal kırılmalar altında incelenmiştir. Maki yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi sonuçlarına göre seriler arasında yapısal kırılmalar altında eşbütünleşme ilişkisinin mevcut olduğu görülmüştür. Maki sonuçları tüm bağımsız değişkenlerin karbon ayak izi ile uzun vadeli bir ilişkinin mevcudiyetini göstermektedir. Dinamik en küçük kareler yöntemiyle uzun dönem katsayıları ortaya konmuş ve uzun dönemli katsayılar oldukça önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bir başka önemli sonucu da enerji yoğunluğunun Türkiye’de karbon ayak izini azalttığı sonucuna ulaşılmasıdır. Yapılan ampirik çalışmalarda enerji yoğunluğunun çevresel etkileri konusunda ülke gurupları veyahut zaman dilimlerine göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Chu ve Le (2022:2877), Doğan vd. (2019:31907) enerji yoğunluğu ve enerji kullanımının karbon emisyonları üzerindeki etkileri inceledikleri çalışmalarda artan enerji yoğunluğu ve enerji kullanımının karbon emisyonlarını azaltıcı etkilerinin bulunabileceği sonuçlarına ulaşmışlardır. Koyuncu vd. (2021) Türkiye için yapmış oldukları çalışmada enerji yoğunluğunun ekolojik ayak izini azaltabileceği gibi arttırabileceğini dolayısıyla Türkiye ekonomisinin farklı eşik değerlerde farklı sonuçlar ortaya koyduğunu ifade etmiştir.

Her ne kadar literatürde farklı ülkeler için benzer sonuçlar elde edilmiş ise de bu bulgu oldukça ilgi çekici bir sonuçtur. Enerji yoğunluğunun artması aynı miktarda çıktı üretmek için daha çok enerji tüketmek anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle ekonomideki verimsizliği ortaya koymaktadır. Peki nasıl olur da enerji yoğunluğu arttığı halde karbon ayak izi küçülebilmektedir? Bu durumda iki görüş ortaya koymak mümkündür. Öncelikle verimlilikte meydana gelen düşüş beraberinde ekonomik büyümede de düşüşü getirebilmektedir. Diğer yandan enerji yoğunluğunun ölçümü sadece fosil yakıtları değil aynı zamanda yenilenebilir enerji tüketimini de içermektedir. 1965 yılında enerji tüketiminin çok az bir kısmı hidroelektrik santrallerden elde edilirken ve neredeyse başka hiçbir yenilenebilir enerji kaynağı kullanılmazken günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları ekonomide önemli bir yer tutmaktadır. Öte yandan 1965 yılında ülke ekonomisinin başlıca enerji kaynağı kömür ve petrol iken günümüzde daha çevreci ve karbon salınımı daha düşük olan doğalgaz da önemli bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla enerji yoğunluğunda artışın karbon ayak izini küçültmesi anlaşılabilir bir durumdur. Bununla birlikte bu durum ülke ekonomisinin verimsizliğini de ortaya koymaktadır.

Ekonomide yapısal dönüşümü sağlayarak katma değeri yüksek enerji yoğunluğu düşük üretim biçimine geçilmesi çevrenin korunmasında ve sürdürülebilir büyümenin sağlanmasında önemli katkı sunacaktır. Nitekim

ekonomik kompleksite sonuçları da benzer sonuçları ortaya koymaktadır. Ekonomik kompleksitede meydana gelen artışın Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonlarını ve buna bağlı olarak karbon ayak izini arttırmaları sıkça rastlanılan bir durumdur. Bunun temel nedeni kalkınma sürecinin ilk aşamalarında tarımsal üretimden ağır sanayi üretimine geçişle birlikte emek ve karbon yoğun sektörlerde uzmanlaşılması gelmektedir. Doğan vd. (2019:31909). Ülkelerin ekonomik yapılarında yaşanan dönüşümün belirli bir eşik değere ulaşıncaya dek ekonomik kompleksite çevresel bozulmalara neden olacak ve eşik değerin aşılmasıyla birlikte çevreyi ve karbon ayak izini olumlu etkilemeye başlayacaktır (Doğan vd., (2022)). Ters U biçimi olarak değerlendirilebilecek bu ilişkinin benzeri yapılan çalışmada EKC hipotezinin doğrulanmasıyla görülmektedir. Ampirik analiz sonuçlarından hareketle milli gelir atışı ile birlikte çevresel bozulmanın artacağı yeterli miktarda ekonomik büyüme sonrasında ise karbon ayak izinde bir küçülme olabileceği görülmektedir. Dolayısıyla yapılan çalışmada Türkiye için EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna da ulaşılmıştır.

Bu ampirik kanıtlar, ekonomik büyüme sürecinde doğal kaynakların aşırı ve verimsiz kullanıldığını da göstermektedir. Doğal kaynakların aşırı tüketimi ve verimsiz kullanımı, Türkiye'nin ekonomik kalkınma modelinin sürdürülebilir olmadığı bir işaretidir. Bu nedenle Türkiye, ekonomik büyümesinin yanı sıra doğal kaynakları korumak ve daha temiz bir çevre sağlamak için çeşitli önlemler almalıdır. Bu doğrultuda doğal kaynakların üretimde daha az kullanılmasını sağlamalıdır. Bunun yerine bilgi ve beceri yoğun ürünlerin yani soyut ürünlerin üretimini yapan şirketlere vergi muafiyeti ve düşük faizli kredi sağlanabileceği gibi verimlilik artışını beraberinde getirecek yeni teknolojilerin verimsiz eski teknolojilerle değiştirilmesini sağlayacak ekonomik kalkınma programları hazırlanmalıdır.

Kaynakça

- Al-Mulali, U. & Ozturk, I. (2015). The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region. *Energy*, 84, 382–389. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.004>
- Alam, M. M. & Murad, M. W. (2020). The impacts of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in organization for economic co-operation and development countries. *Renewable Energy*, 145, 382–390. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.054>
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P. & Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in Latin America: Empirical evidence using quantile regressions. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128585. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128585>
- Amuakwa-Mensah, F. & Adom, P. K. (2017). Quality of institution and the FEG (forest, energy intensity, and globalization) -environment relationships in sub-Saharan Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(21), 17455–17473. doi:10.1007/s11356-017-9300-2
- Andreoni, V. & Galmarini, S. (2016). Drivers in CO2 emissions variation: A decomposition analysis for 33 world countries. *Energy*, 103, 27–37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.096>
- Antweiler, W., Copeland, B. R. & Taylor, M. S. (2001). Is free trade good for the environment? *American economic review*, 91(4), 877–908.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K. & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255–2260.
- Aşıcı, A. A. & Acar, S. (2016). Does income growth relocate ecological footprint? *Ecological Indicators*, 61, 707–714.
- Atici, C. (2009). Carbon emissions in Central and Eastern Europe: environmental Kuznets curve and implications for sustainable development. *Sustainable Development*, 17(3), 155–160. doi:<https://doi.org/10.1002/sd.372>
- Aydin, M. & Turan, Y. E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 43233–43245. doi:10.1007/s11356-020-10238-9
- Baek, J., Cho, Y. & Koo, W. W. (2009). The environmental consequences of globalization: A country-specific time-series analysis. *Ecological Economics*, 68(8), 2255–2264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.02.021>

- Balsalobre-Lorente, D., Ibáñez-Luzón, L., Usman, M. & Shahbaz, M. (2022). The environmental Kuznets curve, based on the economic complexity, and the pollution haven hypothesis in PIIGS countries. *Renewable Energy*, 185, 1441–1455. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.059>
- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü. & Kuloğlu, A. (2017). The impact of urbanization on energy intensity: Panel data evidence considering cross-sectional dependence and heterogeneity. *Energy*, 133, 242–256.
- Bozdağlıoğlu, E. Y. U. (2007). Türkiye'nin İthalat ve İhracatının Eşbütünleşme Yöntemi İle Analizi (1990-2007). *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 213–224.
- Çağlar, A. E., Zafar, M. W., Bekun, F. V. & Mert, M. (2022). Determinants of CO2 emissions in the BRICS economies: The role of partnerships investment in energy and economic complexity. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51, 101907. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101907>
- Can, M., Ahmed, Z., Ahmad, M., Oluc, I. & Guzel, I. (2022). The Role of Export Quality in Energy–Growth Nexus: Evidence from Newly Industrialized Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 1–19.
- Can, M. & Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(19), 16364–16370. doi:[10.1007/s11356-017-9219-7](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9219-7)
- Can, M., Oluc, I., Sturm, B., Guzel, I., Gavurova, B., & Popp, J. (2022). Nexus Between Trading Non-Green Products and Environment: Introducing Non-Green Trade Openness Index. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.950453>
- Carrion-i-Silvestre, J. L., Kim, D. & Perron, P. (2009). GLS-based unit root tests with multiple structural breaks under both the null and the alternative hypotheses. *Econometric theory*, 25(6), 1754–1792.
- Chandran, V. G. R. & Tang, C. F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO2 emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445–453.
- Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on Ecological Footprint and CO2 emissions: Evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model. *Energy Economics*, 65, 355–374. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.05.009>
- Chen, B., Li, J. S., Zhou, S. L., Yang, Q. & Chen, G. Q. (2018). GHG emissions embodied in Macao's internal energy consumption and external trade: Driving forces via decomposition analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4100–4106. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.063>

- Chen, L. & Yang, Z. (2015). A spatio-temporal decomposition analysis of energy-related CO₂ emission growth in China. *Journal of Cleaner Production*, 103, 49–60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.025>
- Chu, L. K. (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity. *Applied Economics Letters*, 28(7), 612–616. doi:10.1080/13504851.2020.1767280
- Chu, L. K. & Le, N. T. M. (2022). Environmental quality and the role of economic policy uncertainty, economic complexity, renewable energy, and energy intensity: the case of G7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2866–2882. doi:10.1007/s11356-021-15666-9
- Cicca, C., Marinescu, C., Popa, I. & Dobrin, C. (2014). Environmental efficiency of investments in renewable energy: Comparative analysis at macroeconomic level. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 555–564.
- Cornillie, J. & Fankhauser, S. (2004). The energy intensity of transition countries. *Energy Economics*, 26(3), 283–295.
- Danish, Ulucak, R. & Khan, S.-U.-D. (2020). Relationship between energy intensity and CO₂ emissions: Does economic policy matter? *Sustainable Development*, 28(5), 1457–1464. doi:<https://doi.org/10.1002/sd.2098>
- Destek, M. A. & Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118537. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118537>
- Díaz, A., Marrero, G. A., Puch, L. A. & Rodríguez, J. (2019). Economic growth, energy intensity and the energy mix. *Energy Economics*, 81, 1056–1077. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.05.022>
- Doğan, B., Ghosh, S., Hoang, D. P. & Chu, L. K. (2022). Are economic complexity and eco-innovation mutually exclusive to control energy demand and environmental quality in E7 and G7 countries? *Technology in Society*, 68, 101867. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101867>
- Doğan, B., Saboori, B. & Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31), 31900–31912. doi:10.1007/s11356-019-06333-1
- Dogan, E. & Shah, S. F. (2022). Analyzing the Role of Renewable Energy and Energy Intensity in the Ecological Footprint of the United Arab Emirates. *Sustainability*. doi:10.3390/su14010227
- Elshimy, M. & El-Aasar, K. M. (2020). Carbon footprint, renewable energy, non-renewable energy, and livestock: testing the environmental Kuznets curve hypothesis for the Arab world. *Environment, Development and Sustainability*, 22(7), 6985–7012. doi:10.1007/s10668-019-00523-0

- Emek, Ö. F. & Özçelebi, O. (2021). Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezinin Geçerliliği Bağlamında Karbon Emisyonu (CO₂) ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Hatemi-J ve Zamanla Değişen Nedenlilik. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 364–386.
- Fakher, H.-A. (2019). Investigating the determinant factors of environmental quality (based on ecological carbon footprint index). *Environmental Science and Pollution Research*, 26(10), 10276–10291.
- Feng, T., Sun, L. & Zhang, Y. (2009). The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China. *Energy Policy*, 37(12), 5475–5483.
- Global Footprint Network. (2022). 26 Ocak 2022 tarihinde <https://www.footprintnetwork.org/> adresinden erişildi.
- Göçer, İ. & Peker, O. (2014). Yabancı Doğrudan Yatırımların Verimlilik Etkisi: Türkiye, Çin Ve Hindistan Örnekleminde Karşılaştırmalı Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünlüşme Analizi. *Verimlilik Dergisi*, (1), 7–40.
- Güzel, I. & Oluç, İ. (2021). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ticari Açıklığın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 343–369.
- Hafeez, M., Yuan, C., Shahzad, K., Aziz, B., Iqbal, K. & Raza, S. (2019). An empirical evaluation of financial development-carbon footprint nexus in One Belt and Road region. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 25026–25036. doi:10.1007/s11356-019-05757-z
- Hatemi-j, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical economics*, 43(1), 447–456.
- Herrala, R. & Goel, R. K. (2012). Global CO₂ efficiency: Country-wise estimates using a stochastic cost frontier. *Energy policy*, 45, 762–770.
- Hidalgo, C. A. & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), 10570–10575. doi:10.1073/pnas.0900943106
- Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85–101. doi:https://doi.org/10.1016/0047-2727(94)01449-X
- Hou, J., Wang, J., Chen, J. & He, F. (2020). Does urban haze pollution inversely drive down the energy intensity? A perspective from environmental regulation. *Sustainable Development*, 28(1), 343–351. doi:https://doi.org/10.1002/sd.2022
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U. & Rafique, M. Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: Contextual evidences from Japan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101460. doi:https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101460

- Jayanthakumaran, K., Verma, R. & Liu, Y. (2012). CO2 emissions, energy consumption, trade and income: a comparative analysis of China and India. *Energy Policy*, 42, 450–460.
- Jiang, S., Mentel, G., Shahzadi, I., Jebli, M. Ben & Iqbal, N. (2022). Renewable energy, trade diversification and environmental footprints: Evidence for Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). *Renewable Energy*.
- Koçak, E., Ulucak, R. & Ulucak, Z. Ş. (2020). The impact of tourism developments on CO2 emissions: An advanced panel data estimation. *Tourism Management Perspectives*, 33, 100611.
- Koyuncu, T., Beşer, M. K. & Alola, A. A. (2021). Environmental sustainability statement of economic regimes with energy intensity and urbanization in Turkey: a threshold regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42533–42546. doi:10.1007/s11356-021-13686-z
- Li, T., Wang, Y. & Zhao, D. (2016). Environmental Kuznets curve in China: new evidence from dynamic panel analysis. *Energy Policy*, 91, 138–147.
- Liao, H., Fan, Y. & Wei, Y.-M. (2007). What induced China's energy intensity to fluctuate: 1997–2006? *Energy Policy*, 35(9), 4640–4649. doi:https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.028
- Liu, H., Kim, H., Liang, S. & Kwon, O.-S. (2018). Export Diversification and Ecological Footprint: A Comparative Study on EKC Theory among Korea, Japan, and China. *Sustainability*. doi:10.3390/su10103657
- Maki, D. (2012). Tests for cointegration allowing for an unknown number of breaks. *Economic Modelling*, 29(5), 2011–2015.
- Managi, S., Hibiki, A. & Tsurumi, T. (2009). Does trade openness improve environmental quality? *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(3), 346–363. doi:https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.04.008
- Mert, M. & Aykan, H. (2022). Büyüme ve Emisyonlar Arasındaki Asimetrik Nedensellik Analizi: Türkiye Örneği. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, (36), 235–255. doi:10.26650/ekoist.2022.36.1077521
- Namahoro, J. P., Wu, Q., Zhou, N. & Xue, S. (2021). Impact of energy intensity, renewable energy, and economic growth on CO2 emissions: Evidence from Africa across regions and income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111233. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111233
- Nathaniel, S. P. (2021a). Economic complexity versus ecological footprint in the era of globalization: evidence from ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(45), 64871–64881. doi:10.1007/s11356-021-15360-w
- Nathaniel, S. P. (2021b). Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia. *GeoJournal*, 86(5), 2057–2070.

- Nathaniel, S. P., Barua, S. & Ahmed, Z. (2021). What drives ecological footprint in top ten tourist destinations? Evidence from advanced panel techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(28), 38322–38331. doi:10.1007/s11356-021-13389-5
- Neagu, O. (2019). The Link between Economic Complexity and Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach. *Sustainability* . doi:10.3390/su11174753
- Neagu, O. (2020). Economic Complexity and Ecological Footprint: Evidence from the Most Complex Economies in the World. *Sustainability* . doi:10.3390/su12219031
- Neagu, O. & Teodoru, M. C. (2019). The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. *Sustainability* . doi:10.3390/su11020497
- Nepal, A. (2007). Global warming and rice based cropping system. *Journal of Agriculture and Environment*, 8, 62–65.
- O'Mahony, T. (2013). Decomposition of Ireland's carbon emissions from 1990 to 2010: an extended Kaya identity. *Energy Policy*, 59, 573–581.
- OECD Economic Complexity rankings- The Observatory of Economic Complexity. (2022). 2 Nisan 2022 tarihinde <https://oec.world/en/rankings/country/neci/> adresinden erişildi.
- Oluç, I., Ben Jebli, M., Can, M., Guzel, I., & Brusselaers, J. (2022). The productive capacity and environment: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22341-0>
- Our World in Data. (2022). Our World in Data. 2 Nisan 2022 tarihinde <https://ourworldindata.org/> adresinden erişildi.
- Pan, C., Peters, G. P., Andrew, R. M., Korsbakken, J. I., Li, S., Zhou, D. & Zhou, P. (2017). Emissions embodied in global trade have plateaued due to structural changes in China. *Earth's Future*, 5(9), 934–946.
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 846–861. doi:10.1007/s11356-020-10446-3
- Proskuryakova, L. & Kovalev, A. (2015). Measuring energy efficiency: is energy intensity a good evidence base? *Applied energy*, 138, 450–459.
- Roca, J. & Alcántara, V. (2001). Energy intensity, CO2 emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case. *Energy Policy*, 29(7), 553–556. doi:[https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00154-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00154-3)

- Romero, J. P. & Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World Development*, 139, 105317. doi:<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317>
- Saboori, B. & Sulaiman, J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *Energy Policy*, 60, 892–905. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.099>
- Salahuddin, M., Habib, M. A., Al-Mulali, U., Ozturk, I., Marshall, M. & Ali, M. I. (2020). Renewable energy and environmental quality: A second-generation panel evidence from the Sub Saharan Africa (SSA) countries. *Environmental Research*, 191, 110094.
- Sanches-Pereira, A., Tudeschini, L. G. & Coelho, S. T. (2016). Evolution of the Brazilian residential carbon footprint based on direct energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 184–201.
- Seixas, J. & Ferreira, F. (2021). Carbon Economy and Carbon Footprint BT - Enzymes for Solving Humankind's Problems: Natural and Artificial Systems in Health, Agriculture, Environment and Energy. J. J. G. Moura, I. Moura & L. B. Maia (Ed.), (ss. 3–28). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-58315-6_1
- Shahbaz, M., Jam, F. A., Bibi, S. & Loganathan, N. (2016). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy intensity and economic growth in Portugal: evidence from cointegration and causality analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(1), 47–74. doi:10.3846/20294913.2014.989932
- Shahbaz, M., Solarin, S. A. & Ozturk, I. (2016). Environmental Kuznets Curve hypothesis and the role of globalization in selected African countries. *Ecological Indicators*, 67, 623–636. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.024>
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Sbia, R. & Bibi, S. (2015). Does energy intensity contribute to CO2 emissions? A trivariate analysis in selected African countries. *Ecological Indicators*, 50, 215–224. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.007>
- Sharif, A., Baris-Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I. & Sinha, A. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society*, 57, 102138. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102138>
- Sharif Hossain, M. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991–6999. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.042>

- Shokoohi, Z., Dehbidi, N. K. & Tarazkar, M. H. (2022). Energy intensity, economic growth and environmental quality in populous Middle East countries. *Energy*, 239, 122164. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122164>
- Sinha, A., Sengupta, T. & Alvarado, R. (2020). Interplay between technological innovation and environmental quality: Formulating the SDG policies for next 11 economies. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118549. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118549>
- Sobrinho, N. & Monzon, A. (2014). The impact of the economic crisis and policy actions on GHG emissions from road transport in Spain. *Energy Policy*, 74, 486–498. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.07.020>
- Swart, J. & Brinkmann, L. (2020). Economic Complexity and the Environment: Evidence from Brazil BT - Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030. W. Leal Filho, U. Tortato & F. Frankenberger (Ed.), (ss. 3–45). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-30306-8_1
- Tenaw, D. & Beyene, A. D. (2021). Environmental sustainability and economic development in sub-Saharan Africa: A modified EKC hypothesis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110897. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110897>
- Ulucak, R. (2020). How do environmental technologies affect green growth? Evidence from BRICS economies. *Science of the Total Environment*, 712, 136504.
- Warsame, A. A. & Sarkodie, S. A. (2022). Asymmetric impact of energy utilization and economic development on environmental degradation in Somalia. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 23361–23373. doi:10.1007/s11356-021-17595-z
- Williston, B. (2018). Climate Change Ethics. D. A. Dellasala & M. I. B. T-E. of the A. Goldstein (Ed.), (ss. 45–52). Oxford: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.10495-1>
- World Development Indicators (WDI). (2021). <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> adresinden erişildi.
- Yang, H.-Y. (2000). A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. *Energy economics*, 22(3), 309–317.
- Yilanci, V. & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 32683–32694. doi:10.1007/s11356-020-09434-4
- Yin, J., Zheng, M. & Chen, J. (2015). The effects of environmental regulation and technical progress on CO2 Kuznets curve: An evidence from China. *Energy Policy*, 77, 97–108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.008>

Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi

Editör:

Dr. Burhan Durgun

 ÖZGÜR
YAYINLARI

ISBN 978-975-447-768-9

9 789754 477689