

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI
ETKİLEYEN MAKROEKONOMİ FAKTÖRLERİN
ANALİZİ**

**Goncagül Güder
Yüksek Lisans Tezi
Eskişehir 2025**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN MAKROEKONOMİK
FAKTÖRLERİN ANALİZİ**

Goncagül GÜDER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İktisat Anabilim Dalı

İktisat Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Muharrem AFŞAR

Anadolu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Eylül 2025

Eskişehir

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi Koordinatörlüğü tarafından 2419 proje numarası ile desteklenmiştir.**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Goncagül Güder'in "İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN MAKROEKONOMİK FAKTÖRLERİN ANALİZİ" başlıklı tezi 04/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, İktisat Ana Bilim/Ana Sanat dalında İktisat Tezli Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Danışman): Prof. Dr. Muharrem AFŞAR

Üye : Prof. Dr. Aykut EKİNCİ

Üye : Doç. Dr. Tuğberk TOSUNOĞLU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN MAKROEKONOMİK
FAKTÖRLERİN ANALİZİ

Goncagül GÜDER

İktisat Anabilim Dalı

İktisat Tezli Yüksek Lisans Programı

Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eylül 2025

Danışman: Prof. Dr. Muharrem AFŞAR

İklim değişikliği, günümüzde yalnızca çevresel bir sorun değil, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve politik bir problem olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasını güçleştirmekte ve çevre politikalarının etkinliğini tartışmaya açmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, ülkelerin makroekonomik dinamiklerinin iklim değişikliği performansı üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Çalışmada G7 ülkeleri ele alınmış olup, 2010–2021 dönemini kapsayan panel veri seti kullanılarak, İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ise ülkelerin ekonomik ve teknolojik dönüşüm kapasitelerini yansıtan kişi başına düşen Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYİH, log formunda), Finansal Kalkınma Endeksi, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu Ar-Ge harcamaları içindeki payı ve Paris Anlaşması kukla değişkeni olarak seçilmiştir.

Çalışmanın bulgularının, G7 ülkelerinin iklim değişikliği ile mücadelede hangi makroekonomik ve kurumsal faktörlerden daha güçlü biçimde etkilendiğini ortaya koyması beklenmektedir. Böylece, politika yapıcılar için sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada uygulanabilir stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği performansı, Panel veri analizi, GSYİH, Finansal kalkınma, Yenilenebilir enerji Ar-Ge, Paris anlaşması, G7 ülkeleri.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MACROECONOMIC FACTORS AFFECTING CLIMATE CHANGE PERFORMANCE

Goncagül GÜDER

Department of Economics

Anadolu University, Graduate School of Education, September 2025

Advisor: Prof. Dr. Muharrem AFŞAR

Climate change is regarded today not only as an environmental issue but also as an economic, social, and political problem. This situation makes it difficult for countries to achieve sustainable development goals and brings the effectiveness of environmental policies into question.

The main purpose of this study is to analyze the effects of countries' macroeconomic dynamics on climate change performance. The study focuses on the G7 countries and uses a panel dataset covering the period 2010–2021. The Climate Change Performance Index (CCPI) is employed as the dependent variable, while the independent variables include Gross Domestic Product per capita (in log form), the Financial Development Index, the share of renewable energy R&D expenditures in total public R&D expenditures, and the Paris Agreement as a dummy variable.

The findings of this study are expected to reveal which macroeconomic and institutional factors have a stronger influence on the G7 countries' performance in combating climate change. Thus, it aims to contribute to the development of applicable strategies for policymakers to achieve sustainable development goals.

Keywords: Climate change performance, Panel data analysis, GDP, Financial development, Renewable energy R&D, Paris Agreement, G7 countries.

04/09/2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Goncagül GÜDER

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIM BEYANI

Bu tezi hazırlarken (ChatGPT, Gemini, DALL-E vb.) üretken yapay zekâ programlarından destek aldığımı beyan ederim. Tezin hazırlığı aşamasında üretken yapay zekâ programlarından (örneğin çeviri, bilimsel makale vb.) desteği aldım. Üretken yapay zekâ programlarından aldığım bilgilerin doğruluğunu kontrol ettiğimi bildiririm. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Goncagül GÜDER

ÖNSÖZ

Bu tez, yalnızca bir akademik çalışma olmanın ötesinde; sürdürülebilir, adil ve bilinçli bir gelecek için atılmış anlamlı bir adımdır. Bilimsel bilginin toplumsal faydaya dönüşmesi gerektiğine olan inancım, bu sürecin temel motivasyonunu oluşturmuştur. Her veri seti, her analiz ve her yorum, insanlığın ortak refahı ve doğayla uyumlu bir yaşam kurma iradesine katkı sunma amacı taşımaktadır. Umarım bu çalışma, ekonomi biliminin iklim mücadelesine katkısını biraz olsun aydınlatabilir.

Bu yolculukta bana ilham veren söz, Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün şu ifadesi olmuştur: “Şuna inanmak lâzımdır ki, dünya üzerinde gördüğümüz her şey kadının eseridir.” Bir kız çocuğu olarak eğitim hakkına sahip olmak ve bu hakkı özgürce kullanabilmek, benim için yalnızca kişisel bir başarı değil; aynı zamanda toplumsal eşitliğe ve bilime katkı sunma sorumluluğudur. Bu nedenle bu tezi, her türlü engelle karşılaşsa da bilimin ışığını takip eden, kendi yolunu cesaretle çizen tüm kız çocuklarına ithaf ediyorum.

Bu süreçte bilgi ve rehberliğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Muharrem Afşar'a ve akademik desteğiyle bana ışık tutan Araştırma Görevlisi Özlem Güntülü'ye teşekkür ederim. Ayrıca, akademik yolculuğum boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme ve moralimi yüksek tutan, yanımda olduklarını hissettiren kıymetli arkadaşlarıma da içten şükranlarımı sunarım. Bu yolculuğun daha anlamlı ve sürdürülebilir olmasında payları büyüktür.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	iv
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIM BEYANI	vi
ÖNSÖZ	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	3
1.1. Küresel İklim Değişikliği	5
1.2. Sera Etkisi ve Küresel Isınma	6
1.2.1 Dünyada Sera Gazı Salınımı	7
1.2.2. Türkiye’de Sera Gazı Salınımı	9
1.3. İklim Değişikliğinin Etkileri	13
1.3.1. Çevresel Etkiler	13
1.3.2. Sosyal Etkiler	14
1.3.3. Ekonomik Etkiler	16
1.4. İklim Değişikliğinin Nedenleri	18
1.4.1. Doğal Nedenler	19
1.4.2. İnsan Kaynaklı Nedenler	22
1.4.3. Ekonomik Nedenler	24
İKİNCİ BÖLÜM	29
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN POLİTİKALAR	29
2.1. Dünyada İklim Değişikliğine Yönelik Geliştirilen Politikalar	29
2.1.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) – 1992 ...	29
2.1.2. Kyoto Protokolü – 1997	30
2.1.3. Paris Anlaşması – 2015	31
2.1.4. Avrupa Yeşil Mutabakatı: Hedefler, Stratejiler ve Uygulama Süreci	34

2.2. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye	36
2.2.1. Türkiye'nin Uluslararası İklim Anlaşmalarına Katılımı.....	36
2.2.2. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Politikaları	37
2.2.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları	37
2.2.4. Türkiye'de Tarım ve Su Yönetimi Politikaları	42
2.3. Karbon Ayak İzi ve Fiyatlandırma Politikaları	44
2.3.1. Karbon Fiyatlandırma ve İklim Değişikliği Üzerindeki Etkileri	46
2.3.2. Türkiye'nin Karbon Fiyatlandırma Politikaları.....	47
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	50
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSI ETKİLEYEN MAKROEKONOMİK FAKTÖRLER	50
3.1. İklim Değişikliği Performansı Endeksi (CCPI)	50
3.2. CCPI Değerlendirme Kriterleri	51
3.2.1. Sera Gazı Emisyonları (%40 Ağırlık)	51
3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kullanımı (%20 Ağırlık)	51
3.2.3. Enerji Kullanımı ve Verimlilik (%20 Ağırlık)	52
3.2.4. İklim Politikaları (%20 Ağırlık)	52
3.3. CCPI'nin Hesaplama Süreci	52
3.4. İklim Değişikliği Performans Endeksinin Rolü ve Sınırlılıkları.....	53
3.5. İklim Değişikliği Performansının Kategorilere Göre Değerlendirilmesi	53
3.5.1. Yüksek Performanslı Ülkeler	53
3.5.2. Düşük Performanslı Ülkeler	56
3.5.3. İklim Değişikliği Performansı Raporlarına Göre Türkiye	60
3.6. Makroekonomik Faktörler ve İklim Değişikliği Performansı Üzerindeki Etkileri ..	62
3.6.1. Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ve Kişi Başı Gelir	63
3.6.2. Enerji Üretim ve Tüketimi.....	65
3.6.3. Dış Ticaret, İthalat ve İhracat	67
3.6.4. Kamu Harcamaları ve Maliye Politikası.....	69
3.6.5. İşsizlik ve İstihdam Yapısı.....	70
3.6.6. Enflasyon ve Fiyat İstikrarı	71
3.6.7. Faiz Oranları ve Para Politikası.....	72
3.6.8. Nüfus Artışı ve Demografik Yapı.....	72
3.6.9. Kentsel Nüfus Oranı ve Kentleşme Kalitesi	73
3.6.10. İnsani Gelişmişlik Düzeyi (HDI).....	74
3.6.11. Çevresel Vergiler	76

3.6.12. Sanayi Üretiminin Payı.....	77
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	80
4.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ	80
.....	80
4.1. Literatür Taraması	80
4.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi	87
4.3. Çalışmanın Veri Seti ve Analiz Yöntemi	88
4.3.1. Uygun Tahmincinin Seçiminin Belirlenmesi için Yararlanılan Testler	93
4.3.1.1. Yatay kesit bağımlılığı	93
4.3.1.2. Birim Kök	94
4.3.1.3. Otokorelasyon	96
4.3.1.4. Katsayıların Homojenlik Testi.....	97
4.4. BULGULAR	101
SONUÇ VE ÖNERİLER	103
KAYNAKÇA.....	106

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. Sera Gazlarının Atmosferdeki Konsantrasyonlarının Tarihsel Değişimi (1750-2020)...	7
Tablo 2. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları, 1990-2022	11
Tablo 3. 2024 Yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde En Yüksek Performansa Sahip 10 Ülke.....	54
Tablo 4. 2024 Yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde En Düşük Performansa Sahip 10 Ülke.....	57
Tablo 5. 2024 CCPI'de En Düşük Performansa Sahip Ülkelerin Fosil Yakıt Bağımlılığı, Kişi Başı Emisyon ve Yenilenebilir Enerji Oranları	59
Tablo 6. Analize Dahil Edilen Ülkeler ve Ülke Kodları.....	88
Tablo 7. Çalışmada kullanılan değişkenler	91
Tablo 8 Özet İstatistikler.....	92
Tablo 9 Uzun dönem denklemi için yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları.....	94
Tablo 10 Pesaran CIPS Panel Birim Kök Testi Sonuçları	95
Tablo 11. Westerlund ECM Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları	96
Tablo 12. Katsayıların homojenlik testi sonuçları	97
Tablo 13. Parks Kmenta Test Sonuçları.....	98
Tablo 14. Driscoll Kraay Test Sonuçları.....	99
Tablo 15. Dumitrescu & Hurlin (2012) panel Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. Toplam ve kişi başı Sera Gazı Emisyonu, 1990-2022	11
Şekil 2. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları	12
Şekil 3. Ülkelerin Karbon emisyonları ve Gelişmişlikleri Grafiği	27
Şekil 4. Kaynak Türüne Göre Yenilenebilir Kurulu Güç Gelişimi	38
Şekil 5. Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı	39
Şekil 6. 2023 Yılı Türkiye Yenilenebilir Kurulu Gücü	40
Şekil 7. Türkiye’de Elektrik Üretimi ve Emisyon Değişimi	41
Şekil 8. Karbon Ayak izi	45
Şekil 9. Türkiye’de Yıllara Göre İklim Değişikliği Performansı Değişimi	60
Şekil 10. G7 ülkeleri ve Türkiye’nin Çevresel Vergi Gelirleri	77

KISALTMALAR DİZİNİ

AB : Avrupa Birliği

BAE : Birleşik Arap Emirlikleri

BCA : Border Carbon Adjustment (Sınırdaki Karbon Düzenlemesi)

BM : Birleşmiş Milletler

BMİDÇS : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

CAT : Climate Action Tracker

CCPI : Climate Change Performance Index (İklim Değişikliği Performans Endeksi)

ÇKE / EKC : Çevresel Kuznets Eğrisi / Environmental Kuznets Curve

COP : Conference of the Parties (Taraflar Konferansı)

DMÖ / WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü / World Meteorological Organization

DSİ : Devlet Su İşleri

EDGAR : Emissions Database for Global Atmospheric Research

EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

ETS : Emissions Trading System (Emisyon Ticaret Sistemi)

FAO : Food and Agriculture Organization (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)

HDI : İnsani Gelişmişlik Endeksi

IEA : International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)

İDÇS : İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

ILO : International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)

JDM / JI : Joint Implementation Mechanism (Ortak Uygulama Mekanizması)

KPMG : Klynveld Peat Marwick Goerdeler (uluslararası denetim ve danışmanlık şirketi)

NASA : National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

NDC : Nationally Determined Contributions (Ulusal Katkı Beyanları)

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)

OECD : Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)

Ppb : Parts per billion (Milyarda bir parçacık)

Ppm : Parts per million (Milyonda bir parçacık)

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

UİDEP : Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı

UNEP : United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)

UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)

GİRİŞ

Küresel iklim değışikliğı, günümüzün en kapsamlı ve çok boyutlu sorunlarından biri olarak dünya gündeminde ön sıralarda yer almaktadır. Atmosferdeki sera gazı birikiminin artmasıyla birlikte dünya genelinde sıcaklık ortalamaları yükselmiş; kuraklık, çölleşme, sel, buzulların erimesi ve orman yangınları gibi çevresel olgular giderek sıklaşmıştır. Bu değışimler yalnızca doğal sistemleri değil; aynı zamanda ekonomi, sağlık, göç ve güvenlik gibi sosyal ve ekonomik yapıları da doğrudan etkilemektedir (IPCC, 2021; NASA, 2023).

İklim değışikliğinin nedenleri arasında hem doğal hem de insan kaynaklı etmenler yer alsa da son yüzyıldaki değışimin temel nedeni insan faaliyetleridir. Özellikle Sanayi Devrimi'nden itibaren artan fosil yakıt tüketimi, endüstriyel faaliyetler, ormansızlaşma ve kontrolsüz kentleşme, atmosferdeki karbon salımını ciddi ölçüde artırmıştır (IEA, 2022; NOAA, 2023). Bu durum, küresel ortalama sıcaklıkların sanayi öncesi döneme kıyasla 1,1 °C artmasına yol açmış ve bu artışın 1,5 °C eşiğini aşmasının, telafisi güç sonuçlar doğuracağı uyarısı yapılmıştır (IPCC, 2023).

İklim değışikliğinin etkileri yalnızca çevresel değil; aynı zamanda toplumsal ve ekonomik boyutlarda da hissedilmektedir. Artan sıcaklıklar ve kuraklıklar, gıda güvenliği ve su kaynakları üzerinde baskı oluşturmakta; sağlık sorunlarını artırmakta, düşük gelirli kesimler, kırsal bölgeler ve gelişmekte olan ülkeler bu etkiler karşısında daha savunmasız hale gelmektedir (UNDP, 2020; FAO, 2022). Ayrıca iklim kaynaklı göç hareketleri, yerinden edilme ve toplumsal çatışmalar gibi sosyal etkiler de giderek daha fazla görünür hâle gelmektedir (IOM, 2023).

İklim değışikliğıyle mücadeleyle yönelik politika çerçevesi, Birleşmiş Milletler İklim Değışikliğı Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi uluslararası belgelerle şekillenmiştir. Bu belgeler, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değışikliğine uyum sağlanması olmak üzere iki temel stratejiye dayanmaktadır (UNFCCC, 2015). Ayrıca Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi bölgesel girişimler de düşük karbon ekonomisine geçişi teşvik etmekte ve sürdürülebilir kalkınmayı hedeflemektedir (Avrupa Komisyonu, 2020).

Türkiye de bu sürece paralel olarak çeşitli politika belgeleri geliştirmiş ve uluslararası anlaşmalara taraf olmuştur. Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi, iklim değişikliğiyle mücadelede ulusal kararlılığın göstergesi olarak kabul edilmektedir (T.C. ÇŞİDB, 2023). Bununla birlikte, bu hedeflere ulaşmada ekonomik, sosyal ve yönetsel faktörlerin belirleyici olduğu unutulmamalıdır.

Bu tez çalışmasının temel amacı, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadeledeki başarılarını ölçmeye yönelik kullanılan İklim Değişikliği Performans Endeksi (Climate Change Performance Index - CCPI) üzerinden değerlendirme yaparak, bu performansı etkileyen makroekonomik faktörleri analiz etmektir. Bu doğrultuda, ekonomik büyüklük (GSYİH), finansal gelişmişlik ve Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Harcamalarının Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları İçindeki Payı göstergelerinin iklim değişikliği performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tezin birinci bölümünde iklim değişikliğinin bilimsel temelleri, nedenleri ve etkileri ele alınmıştır. İkinci bölümde, uluslararası ve ulusal düzeyde geliştirilen iklim politikaları incelenmiş; üçüncü bölümde ise iklim değişikliği performans endeksine dair metodolojik çerçeve sunulmuştur. Son olarak dördüncü bölümde, seçilen makroekonomik değişkenlerin iklim performansı üzerindeki etkileri panel veri analiz yöntemiyle değerlendirilecek ve sonuçlara dayalı politika önerileri geliştirilmiştir.

Bu çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelede yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal yapıların da dikkate alınması gerektiği varsayımıyla hareket ederek, literatüre bütüncül bir bakış açısı kazandırmayı hedeflemektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim, köken açısından, Antik Yunanlılar tarafından dünyanın eğimini ve bu eğimin farklı enlemlerdeki sıcaklıklar üzerindeki etkisini tanımlayan “klima” kelimesinden gelmektedir. İklim kavramının tarihsel ve teorik olarak farklı tanımlamalarının yapıldığını görmekteyiz. M.S. 150 yılında Antik Yunan coğrafyacısı Ptolemaios, *Geographia* adlı eserinde Dünya'yı matematiksel enlem kuşaklarına ayırarak, iklimi "güneş ışınlarının açısına göre oluşmakta olan bölgesel sıcaklık alanları" şeklinde tanımlamıştır. Bu tanımın iklim sınıflandırmalarının temelini oluşturduğunu söyleyebiliriz. Bu tanım bağlamında iklim aynı zamanda, temelde fiziksel coğrafyanın bir unsuru olarak da değerlendirilmiştir. (Barry & Chorley, 2010, s. 5-6)

Rönesans döneminde iklim anlayışı çevresel ve beşerî faktörlerle ilişkilendirilmiş ve iklim kavramının tanımı genişletilmiştir. Bu bağlamda iklim kavramının tarım, toplum sağlığı ve kültürel gelişim üzerindeki etkileri tartışılmaya başlanmıştır. Buna göre iklim, sadece fiziksel bir olgu olarak değil, aynı zamanda insan-çevre etkileşiminin dinamik bir bileşeni olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (Hulme, 2009 s. 29-30).

Günümüzde genel anlamıyla iklim; bir bölgede uzun süre boyunca gözlemlenen hava koşullarını ve atmosferik değişkenlerin karakteristik özelliklerini tanımlar. Genellikle 30 yıl veya daha fazla bir zaman diliminde elde edilen verilerin analiz edilmesiyle açıklanır. (Masson-Delmotte, 2021). İklim kavramı sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr ve diğer atmosferik faktörlerin istatistiksel incelemesine dayanır. Bu bağlamda iklim, doğal sistemlerin düzenlenmesinde ve ekosistemlerin doğru bir şekilde işleminde önemli bir role sahiptir. (Avrupa Uzay Ajansı, 2025)

Arıkan ve Özsoy “A’dan Z’ye iklim değişikliği başucu rehberi” isimli kitaplarında iklimi basite indirgenmiş haliyle “hem doğal bir sistem hem de insanlığın kolektif eylemlerinden derinden etkilenen dinamik ve istatistiksel bir olgu” olarak tanımlamışlardır. (Arıkan & Özsoy, 2022, s. 5–6)

İklimin şekillenmesinde temel belirleyiciler arasında coğrafi enlem, yükselti, topoğrafya, okyanus akıntıları ve atmosferik dolaşım modelleri yer alır. Örneğin, ekvatorial bölgelerde yüksek güneş, radyasyonu ve düzenli yağış rejimleri, tropikal iklimlerin oluşumunu

desteklerken, kutuplara yakın bölgelerde düşük sıcaklıklar ve yağışın kar şeklinde düşmesi kutup iklimlerini karakterize eder. Ayrıca, karasal ve denizel etkiler, iklim üzerinde mikro ve makro ölçekli farklılıklar yaratabilir. İklim sisteminin bu çok boyutlu yapısı, paleoklimatolojik veriler, gözlemler ve modellemeler aracılığıyla analiz edilerek gelecekteki değişim senaryolarına da ışık tutar.

Ekonomik perspektiften bakıldığında ise iklim; tarımsal verimlilik, enerji talebi, altyapı maliyetleri, işgücü verimliliği ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği gibi kritik faktörleri şekillendirerek makroekonomik dengeleri doğrudan etkilemektedir. Örneğin, sıcaklık artışları tarım ürünlerinin fiyat dalgalanmalarına yol açarken, aşırı hava olayları (sel, kuraklık, dolu vb.) üretim zincirlerinde kesintilere ve sigorta maliyetlerinde artışa neden olabilir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yol açtığı göç hareketleri ve kaynak rekabeti, uluslararası ticaret politikalarından işgücü piyasalarına kadar geniş bir ekonomik alanı dönüştürmektedir. Bu bağlamda iklim, yalnızca fiziksel bir olgu değil, aynı zamanda küresel ekonomik risklerin ve fırsatların temel belirleyicisi olarak ele alınmalıdır (Stern, 2006). Dolayısıyla da İklim kavramının ekonomide hem bir kısıtlayıcı hem de bir katalizör rolü oynadığı söylenilebilir.

İklimler yüzyıllardır, insan yaşamını etkilemektedir. Beslenme, giyinme ve barınma gibi en temel insan ihtiyaçları dahi iklime göre şekillenmektedir. Modern çağın getirdiği birçok teknoloji ve yenilikle beraber bu durum değişiklik gösterse de iklimin insanlık üzerindeki etkileri diğer taraftan da insanlığın iklim üzerindeki birtakım etkileri süregelmektedir.

İklim, yalnızca fiziksel bir olgu değil, aynı zamanda küresel ekonomik risklerin ve fırsatların temel belirleyicisi olarak ele alınmalıdır (Stern, 2006). Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde iklim; tarımsal verimlilik, enerji talebi, altyapı maliyetleri, işgücü verimliliği ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği gibi kritik faktörleri şekillendirerek makroekonomik dengeleri doğrudan etkilemektedir. Örneğin, sıcaklık artışları tarım ürünlerinin fiyat dalgalanmalarına yol açarken, aşırı hava olayları (sel, kuraklık, dolu vb.) üretim zincirlerinde kesintilere ve sigorta maliyetlerinde artışa neden olabilir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yol açtığı göç hareketleri ve kaynak rekabeti, uluslararası ticaret politikalarından işgücü piyasalarına kadar geniş bir ekonomik alanı dönüştürmektedir. Dolayısıyla da İklim kavramının ekonomide hem bir kısıtlayıcı hem de bir katalizör rolü oynadığı söylenilebilir.

1.1. Küresel İklim Değişikliği

İklim değişikliği, bir bölgenin veya tüm dünyanın iklim sistemindeki uzun vadeli değişiklikleri ifade eder. Bu değişiklikler, doğal süreçler veya insan faaliyetleri sonucu meydana gelebilir. Sanayi Devrimi'nden bu yana insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının artışı, iklim değişikliğinin temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2021)

Gezegенimizin karşı karşıya olduğu en büyük çevre sorunu iklim değişikliğidir. Dünyamızın hava koşulları yüzyıllar boyunca doğal olarak değişse de iklimlerdeki önemli değişikliklerin temel nedeni insan faaliyetleri olmuştur. Özellikle önceki yüzyıl ve içinde bulunduğumuz yüzyılda, insan kaynaklı faaliyetler dünyanın doğal iklim döngüsünü bozarak, iklim değişikliği adı verilen bir sürece neden olmuştur. Bu süreç içinde bulunduğumuz zaman diliminde halen devam etmektedir.

İklim değişikliği, genellikle atmosferdeki karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi sera gazlarının yoğunluğunun artmasıyla ilişkilendirilir. Bu gazlar, güneşten gelen enerjinin atmosferde tutulmasına neden olarak küresel ısınmayı tetikler (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Yıllık Raporu, 2021). Bunun sonucunda sıcaklık artışları, ekstrem hava olaylarının artışı, buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi etkiler ortaya çıkar.

Sonraki nesillere bırakacağımız gezegenimiz, önlem alınmaması durumunda değişen iklimlerle birlikte giderek şimdikinden çok daha verimsiz ve yaşanılmaz bir hale gelecektir. Sanayileşmenin başlamasıyla birlikte Fosil yakıtların yakılması, güneş ısısının daha fazla hapsedilmesi ve küresel sıcaklıkların artması gibi faaliyetlerde artış görülmektedir. Tüm bunların sonucunda ise atmosferdeki karbondioksit gibi sera gazlarının konsantrasyonu gün geçtikçe artmaktadır. Metan, hidroflorokarbonlar ve diğer gazlar da küresel ısınmaya katkıda bulunsalar da iklim değişikliğine neden olan başlıca sera gazı karbondioksittir. (Çevre ve Enerji Çalışmaları Enstitüsü, 2021).

İklimlerin küresel bazda değişiyor olması varoluşu her yönden etkilemektedir. İklim değişikliği, ekosistemlerde ve hava düzenlerinde normalden daha uzun süreli kuraklıklar, daha şiddetli orman yangınları, çölleşme, daha güçlü fırtınalar ve buzsuz bir Kuzey Kutbu, yukarıda bahsedildiği üzere denizin yükselmesi gibi önemli değişikliklere neden olmaktadır. İklimlerin değişiyor olması, insan sağlığına zarar vermenin yanı sıra

ekonomileri baskı altına alma, ulusal güvenliği tehlikeye atma ve toplumun birçok yönünü etkileme ve etkilemeye devam etme potansiyeline de sahiptir. (Çevre ve Enerji Çalışmaları Enstitüsü, 2021)

İklim değişikliği, geleneksel meteorolojik örüntülerde gözlemlenen belirgin sapmalara neden olmaktadır. Özellikle kurak bölgelerde ani ve yoğun yağışların neden olduğu taşkınlar, hidrolojik döngüdeki dengesizliklerin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, çöl ekosistemleri gibi hassas alanlarda bile su baskınlarına yol açabilmekte ve ekolojik adaptasyon sınırlarını zorlamaktadır. Diğer yandan, orman yangınlarının sıklığı ve şiddeti, artan sıcaklıklar ve uzun süreli kuraklık dönemleriyle doğrudan ilişkilendirilmektedir. Aynı zamanda, atmosferik kararsızlıkların tetiklediği şiddetli fırtınalar ve hortumlar gibi meteorolojik anomaliler, tarihsel olarak bu tür olaylara maruz kalmamış coğrafyalarda bile kayda değer bir artış sergilemektedir. Bu olgular, küresel iklim sistemindeki değişimlerin sadece bölgesel değil, aynı zamanda öngörülemeyen ve küresel bazda sonuçlar doğurabileceğine işaret etmektedir (IPCC, 2021).

1.2. Sera Etkisi ve Küresel Isınma

Atmosferdeki bazı gazların, güneşten gelen ısıyı tutarak ve Dünya'dan yayılan ısıyı bir kısmını yüzeye geri yansıtarak gezegenin sıcaklığını artırması süreci "sera etkisi" olarak adlandırılır. Bu doğal mekanizma, Dünya'da yaşam için gerekli sıcaklıkların korunmasını sağlar. Ancak, insan faaliyetleri ve sanayileşme sonucunda sera etkisi giderek kötüleşmiştir. "Küresel ısınma" olarak adlandırılan olgu, sera etkisinin şiddetlenmesi ve dünya sıcaklıklarını genel olarak artırmasıyla ortaya çıkar. (İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).)

Doğal sera etkisinin başlıca katkı sağlayıcıları, atmosferde bulunan sera gazlarıdır; bunlar arasında karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrojen oksitleri (N_2O) ve su buharı yer alır. Karbondioksit salınımlarının başlıca kaynakları fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve endüstriyel faaliyetlerdir (IPCC, 2014). Metan salınımları ise çöp sahalarından ve özellikle hayvancılıkla ilgili tarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Lashof & Ahuja, 1990, s. 22). Endüstriyel faaliyetler ve tarımda kullanılan gübreler, nitrojen oksitlerinin salınımına yol açmaktadır (Davidson, 2009, s.109). Atmosferde en çok sera etkisine neden olan gazlar sırasıyla; Karbondioksit (CO_2), Metan (CH_4), Azot Protoksit (N_2O), Ozon (O_3), Karbon monoksit (CO) ve Kloroflorokarbonlar (CFC)'dir. Ayrıca su buharı da sera etkisi yapan gazlar arasında sayılmaktadır. Bu gazların

atmosferdeki miktarı çok çok az olmasına karşın, neden olduğu etkilerin büyüklüğü önemlidir. Bu gazların oranının daha da artması durumunda; şu anda yaşadığımız çölleşme, orman yangınları, buzulların erimesi, okyanus, deniz ve göllerdeki suların hızla buharlaşması ve bu gazların sarmal içerisinde hızla artması sonucu bitki ve canlı çeşitliliğinin azalarak sona ermesi beklenmektedir. Uzun bir süreçte böyle bir senaryonun oluşması beklenirken günümüzdeki etkileri ise; ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan ilerleyen bölümde ele alınmaktadır.

1.2.1 Dünyada Sera Gazı Salınımı

Sera gazları, atmosferde doğal olarak bulunan ve yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının bir kısmının uzaya geri yansımaları engelleyerek Dünya'nın sıcaklık dengesini koruyan gazlardır. Ancak bu doğal denge, Sanayi Devrimi sonrası dönemde insan faaliyetlerinin etkisiyle bozulmuş, atmosfere salınan sera gazlarının miktarında dramatik artışlar gözlenmiştir. Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O) gibi başlıca sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonu, son 270 yılda insan eliyle göz ardı edilemeyecek düzeyde yükselmiştir. Dünyada Sera Gazlarının Tarihsel Değişimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Sera Gazlarının Atmosferdeki Konsantrasyonlarının Tarihsel Değişimi (1750-2020)*

Yıl	CO ₂ Konsantrasyonu (ppm)	CH ₄ Konsantrasyonu (ppb)	N ₂ O Konsantrasyonu (ppb)
1750	280	700	270
1800	282	730	272
1850	285	760	274
1900	295	800	280
1950	310	1100	290
2000	370	1750	315
2020	414	1875	332

Kaynak: (NOAA, 2021; WMO, 2021).

Tablo 1'de yer alan veriler, 1750 ile 2020 yılları arasında bu üç temel gazın atmosferdeki birikiminin tarihsel seyrini ortaya koymaktadır. Sanayi öncesi dönemde (1750) CO₂ konsantrasyonu 280 ppm (milyonda bir parçacık) iken, 2020 yılı itibarıyla bu değer 414 ppm'e ulaşmıştır. Benzer şekilde, metan (CH₄) 700 ppb'den 1875 ppb'ye, diazot monoksit (N₂O) ise 270 ppb'den 332 ppb'ye yükselmiştir (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi [NOAA], 2021; Dünya Meteoroloji Örgütü [DMÖ], 2021).

Bu artışların temelinde fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) yaygın kullanımı, hızlı sanayileşme, ormansızlaşma, tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile kimyasal gübre tüketiminin artması yer almaktadır. Özellikle CO₂, insan faaliyetlerinden kaynaklanan en yoğun sera gazı olarak öne çıkmaktadır. Uzun atmosferik ömrü (yaklaşık 100 yıl) ve büyük ölçüde enerji üretimine bağlı oluşumu nedeniyle, iklim değişikliğine etkisi en belirgin gazdır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2021 tarihli raporuna göre, son yüzyılda gözlenen küresel sıcaklık artışının yaklaşık %66'sı karbondioksit emisyonlarından kaynaklanmaktadır (İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli, 2021).

Metan gazı ise, atmosferde daha kısa süre kalmasına rağmen (yaklaşık 12 yıl), ısı tutma kapasitesi açısından karbondioksite göre yaklaşık 28 kat daha güçlüdür. Başlıca kaynakları arasında hayvancılıktan kaynaklanan enterik fermantasyon, pirinç tarlaları, atık yönetimi süreçleri ve doğal gaz sızıntıları yer almaktadır. Son yıllarda özellikle tarımsal üretim politikalarının yoğunlaştığı bölgelerde metan salınımlarında hızlı bir artış gözlenmiştir (Dünya Meteoroloji Örgütü [DMÖ], 2021).

Diazot monoksit (N₂O) ise hem güçlü bir sera gazı hem de ozon tabakasına zarar verme potansiyeline sahip bir bileşiktir. Tarımsal üretimde kullanılan azot bazlı kimyasal gübrelerin yaygınlaşması, toprakta mikrobiyolojik süreçlerle bu gazın açığa çıkmasına neden olmaktadır. N₂O, yaklaşık 114 yıllık atmosferik ömrü ile uzun vadede iklim sistemini etkileyen önemli bir faktördür (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi [NOAA], 2021).

Tarihsel veriler, sera gazlarının doğal döngüsünün dışında insan etkisiyle atmosfere büyük miktarlarda salındığını açıkça göstermektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 2021 yılında yayımladığı raporda, küresel sıcaklıkların 1850–1900 referans dönemine kıyasla 1.1°C oranında arttığını ve bu artışın temel itici gücünün antropojenik sera gazı salınımları olduğunu vurgulamaktadır. Söz konusu artışın bu

yüzyılın sonuna kadar 1.5°C sınırını aşmaması için, sera gazı salınımlarının hızla azaltılması gerektiği uluslararası bilim çevreleri tarafından sıklıkla dile getirilmektedir. Sonuç olarak, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının tarihsel değişimi, iklim sisteminde meydana gelen bozulmaların yalnızca bir sonucu değil, aynı zamanda geleceğe yönelik iklim senaryolarının şekillenmesinde temel alınan kritik bir göstergedir. Küresel düzeyde sera gazı salınımlarının azaltılması için yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik ve politik dönüşümlere de ihtiyaç duyulmaktadır. İnsan faaliyetlerinin iklim sistemi üzerindeki baskısını azaltacak etkili ve uzun vadeli politikaların geliştirilmesi, bu bağlamda kaçınılmaz bir zorunluluktur.

1.2.2. Türkiye’de Sera Gazı Salınımı

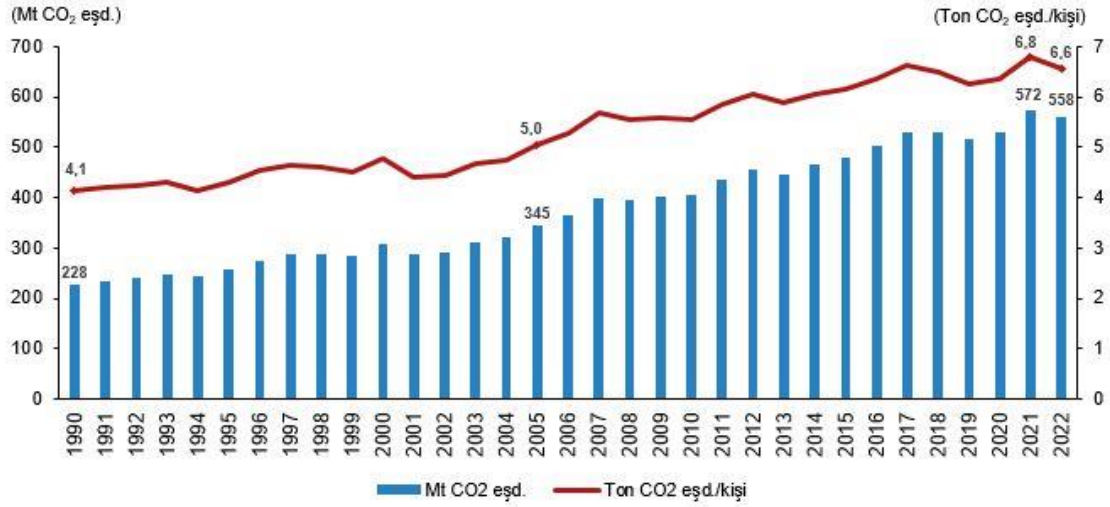
Türkiye'nin sera gazı salınımı, son otuz yılda ekonomik büyüme, sanayileşme ve enerji talebindeki artışa paralel olarak istikrarlı bir şekilde yükselmiştir. 2022 yılında toplam salınım 564 milyon ton CO₂ eşdeğerine (MtCO₂e) ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2023). Bu artışın temel nedeni, enerji üretiminde kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara olan bağımlılıktır. Enerji sektörü, toplam salınımın %70,2'sinden sorumlu olup, özellikle kömürle çalışan termik santraller ve karayolu taşımacılığı başlıca kaynaklar arasında yer almaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Sanayi sektörü ise %15,1 ile ikinci sırada gelmekte ve çimento, demir-çelik üretimi gibi enerji yoğun faaliyetler buradaki salınımın ana itici gücünü oluşturmaktadır. Tarım (%10,4) ve atık yönetimi (%4,3) sektörlerinde ise metan salınımı, hayvancılık ve düzensiz depolama alanları nedeniyle öne çıkmaktadır. (Avrupa Komisyonu, Ortak Araştırma Merkezi, 2023).

Bölgesel analizler, sanayileşmiş illerdeki salınım yoğunluğunun diğer bölgelere kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğunu göstermektedir. Örneğin, Kocaeli ve İzmir gibi sanayi merkezlerinde kişi başı salınım, Türkiye ortalamasının iki katına yaklaşmaktadır (TÜİK, 2023). Bu durum, bölgesel kalkınma politikalarının çevresel etkilerini dengelemeye yönelik stratejilerin eksikliğine işaret etmektedir. Ayrıca, kentsel nüfus artışı ve ulaşım altyapısının yetersizliği, başta İstanbul ve Ankara olmak üzere metropollerde trafik kaynaklı emisyonların artmasına yol açmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

Türkiye'nin 2053 net-sıfır hedefine ulaşması önündeki en kritik engel, enerji üretiminde kömürün payını azaltmaya yönelik somut adımların yavaş ilerlemesidir. 2023 verilerine göre, elektrik üretiminin %34'ü kömürden sağlanmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (%18 rüzgâr, %10 güneş) artmakla birlikte, bu kaynakların mevsimsel dalgalanmalara bağımlı olması, enerji depolama sistemlerinin yetersizliği nedeniyle fosil yakıtların "yedek kaynak" olarak kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sanayide ise enerji verimliliği projeleri ve yeşil hidrojen gibi düşük karbonlu teknolojilere geçiş, maliyet ve teknolojik altyapı eksikliği sebebiyle sınırlı kalmaktadır (Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2023).

Politika düzeyinde Paris Anlaşması'na taraf olan Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı (NDC), yenilenebilir enerji kapasitesini 2030'a kadar %41,3'e çıkarmayı hedeflese de bağlayıcı emisyon azaltım taahhütleri içermemektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Mevcut stratejiler, ormansızlaşma ile mücadele ve elektrikli araç teşvikleri gibi alanlarda kademeli iyileştirmeler sunsa da özellikle enerji ve sanayi sektörlerinde köklü bir dönüşüm için finansman ve teknoloji transferi mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 1'de Türkiye'nin yıllara göre toplam ve kişi başı emisyonu verileri verilmiştir.

Şekil 1. Toplam ve kişi başı Sera Gazı Emisyonu, 1990-2022



Kaynak: TÜİK, EDGAR , 2023

Şekil 1’de verilen bilgilere bakıldığında, yıllar boyunca emisyonlarda belirgin bir artış eğilimi olduğu açıkça görülmektedir: 1990 yılında 228 Mt CO₂ eşd. olan emisyonlar, 2022’de 572 Mt CO₂ eşd. seviyesine ulaşarak %150 ’den fazla artış göstermiştir. Özellikle 2000 sonrası dönemde sanayileşme, enerji talebi ve fosil yakıt kullanımındaki artış, bu süreci hızlandıran başlıca faktörlerdir. 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle geçici bir düşüş (558 Mt CO₂ eşd.) gözlemlenmişse de 2022’de yeniden yükseliş eğilimi devam etmiştir. Tablo, TÜİK (2023) ve EDGAR (2023) verilerine dayanarak hazırlanmış olup, Türkiye’nin ekonomik büyüme ile emisyon artışı arasındaki ilişkiyi somutlaştırmaktadır. Tablo 2’de Türkiye’nin Sektörlere göre Sera gazı emisyonları verilmiştir.

Tablo 2. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları, 1990-2022

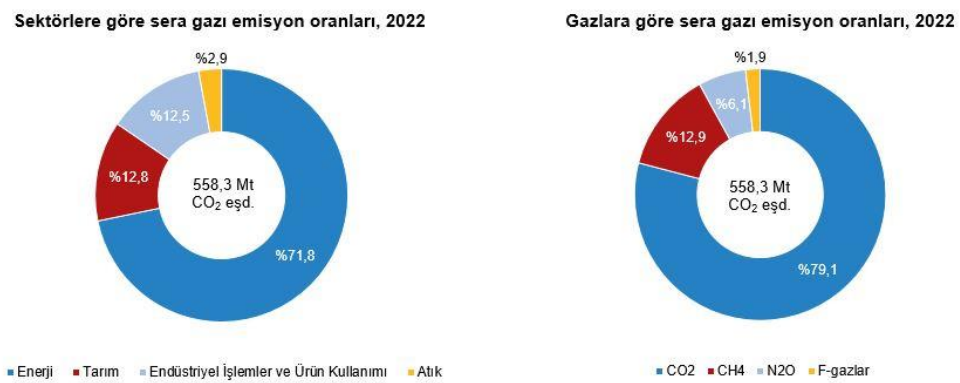
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	1990-2022 değişim %	2021-2022 değişim %
Toplam Emisyon	228,0	256,5	306,4	344,8	405,3	480,1	530,2	572,0	558,3	144,9	-2,4
Enerji	143,1	170,0	219,8	247,7	290,9	344,0	369,5	406,5	400,6	179,8	-1,4
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,7	25,4	26,1	34,0	48,6	59,2	67,2	74,7	69,9	208,1	-6,4
Tarım	51,8	49,0	46,0	46,3	47,7	59,2	76,4	75,4	71,5	37,9	-5,1
Atık	10,3	12,1	14,5	16,9	18,1	17,7	17,0	15,4	16,3	57,7	5,5
Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.										(Milyon ton CO2 eşdeğer)	

Kaynak: TÜİK,EDGAR, 2023

Tablo 2’de verilen; Sektörlere göre Sera Gazı Emisyonları verileri, Türkiye’de sera gazı emisyonları, 1990’dan bu yana ekonomik büyüme, sanayileşme ve enerji tüketimindeki artışla paralel bir seyir izlemiştir. 2022 yılında toplam emisyonlar 558,3 milyon ton CO₂ eşdeğerine (MtCO₂e) ulaşmış olup, bu değer 1990 seviyesinin yaklaşık 2,5 katına denk gelmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2023). Söz konusu artışın temel nedeni, enerji üretiminde kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara olan yapısal bağımlılıktır. Enerji sektörü, 2022’de 400,6 MtCO₂e ile toplam emisyonların %71,8’ini oluşturarak ana kaynak konumundadır. Bu durum, kömürle çalışan termik santrallerin ve karayolu taşımacılığının enerji arzındaki ağırlığıyla açıklanabilir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Sanayi sektörü, 69,9 MtCO₂e (%12,9) ile emisyonlarda ikinci sırada yer almaktadır. Çimento ve demir-çelik üretimi gibi enerji yoğun süreçler, bu sektördeki emisyon artışının temel itici gücüdür. Tarım sektörü ise 71,5 MtCO₂e (%12,5) ile metan (CH₄) salınımında öne çıkmakta olup, hayvancılık faaliyetleri ve organik atık yönetimindeki eksiklikler bu sonucu tetiklemektedir. Atık sektörünün payı 16,3 MtCO₂e (%2,9) ile sınırlı olsa da düzensiz depolama alanlarından kaynaklanan metan emisyonları önemli bir çevresel risk oluşturmaktadır (Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, 2023).

Şekil 2. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları



Kaynak: TÜİK

Şekil 2’de verilen Sektörlere göre Sera Gazı dağılımı, enerji ve sanayi sektörlerindeki fosil yakıt kullanımının emisyon profilinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Öte yandan, 2021-2022 döneminde toplam emisyonlarda %2,4’lük bir düşüş gözlemlenmiştir.

Bu geçici azalışın arkasında, enerji verimliliği projeleri ve pandemi sonrası ekonomik aktivitedeki kısmi yavaşlama gibi faktörler etkili olmuştur. Ancak, 1990-2022 dönemindeki %144,9'luk kümülatif artış, uzun vadeli politikaların aciliyetini vurgulamaktadır.

1.3. İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliği, dünya genelinde çevresel, ekonomik ve sosyal sistemlerde önemli değişimlere yol açan, insanların faaliyetlerinden kaynaklanan ve doğal süreçlerin etkisiyle şekillenen karmaşık bir fenomendir. İklim değişikliğinin çevresel ve sosyal etkileri, gezegenin dört bir yanında derin izler bırakarak insanlığı ve ekosistemleri benzeri görülmemiş bir kırılganlıkla yüz yüze bırakmaktadır. İklim değişikliğinin ardında yatan ekonomik, sosyal ve çevresel nedenler, bu sürecin hem sebepleri hem de etkilerinin çok yönlülüğünü gözler önüne sermektedir. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin sebepleri, insan faaliyetleri ve doğal dinamiklerin etkileşimi sonucu meydana gelen birbirini besleyen sebep ve sonuç çemberi içerisinde karmaşık bir süreçtir.

1.3.1. Çevresel Etkiler

Aşırı hava olayları, iklim değişikliğinin en belirgin yansımalarından biridir. Atmosferik sıcaklıkların artması, hidrolojik döngüyü hızlandırarak kuraklık ve seller gibi zıt fenomenleri aynı coğrafyalarda tetiklemektedir. Bilimsel veriler, özellikle Grönland ve Antarktika buz tabakalarının hızla eridiğini ve bu sürecin deniz seviyesini yılda ortalama 3.7 mm yükselttiğini göstermektedir (IPCC, 2021). Bu yükseliş, Tuvalu ve Maldivler gibi ada devletlerinin sular altında kalma tehlikesini artırırken, Miami ve Bangkok gibi kıyı kentlerinde de altyapı sistemlerinin tuzlu su sızıntılarıyla bozulmasına yol açmaktadır. Grönland'da 2019 yılında tek bir günde 12.5 milyar ton buzul eriyerek okyanusa karışmış ve bu durum, bilim insanlarını küresel ölçekte acil uyarılar yapmaya zorlamıştır (NASA, 2020).

2021 yılında Almanya'nın Ahr vadisinde yaşanan sel felaketi, birkaç gün içinde 200 mm'yi aşan yağışla bölgedeki nehir debisini tarihin en yüksek seviyesine çıkarmış ve 180'den fazla can kaybına neden olmuştur (Thieken vd. ,2023). Buna karşılık, Kaliforniya'da 2020-2022 arasında hüküm süren “mega kuraklık”, tarım arazilerinin %30'unun verimsizleşmesine ve su kıtlığının kritik seviyelere ulaşmasına yol açmıştır (Williams vd., 2022). Bu tür olaylar, meteorolojik sistemlerdeki dengesizliğin yalnızca

doğal afetlerle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda gıda güvenliği ve ekonomik istikrarı da tehdit ettiğini ortaya koymaktadır.

Biyoçeşitlilik üzerindeki etkiler ise geri döndürülemez bir yıkımın habercisidir. Kutup ayıları, avlanma alanlarını kaybettikçe açlık sınırında yaşam mücadelesi verirken, mercan resiflerinin %50'si aşırı sıcaklık ve okyanus asitlenmesi nedeniyle beyazlamış durumdadır (Hughes vd., 2018). Amazon ormanları, yangınlar ve kontrolsüz tarım faaliyetleri yüzünden karbon yutağı özelliğini yitirirken, bu durum küresel karbon döngüsünü daha da kırılgan hale getirmektedir. Tüm bu değişimler, ekosistem hizmetlerinin (tozlaşma, su arıtımı, karbon depolama) sekteye uğramasına ve insan refahının azalmasına neden olmaktadır.

1.3.2. Sosyal Etkiler

İklim değişikliği, yalnızca çevresel bir kriz olmakla kalmayıp toplumları derinden etkileyen sosyal bir dönüşüm sürecine de neden olmaktadır. Bu değişimler, göç, gıda güvensizliği, sağlık riskleri ve toplumsal çatışmalar gibi birçok alanda kendini göstermekte ve özellikle kırılgan topluluklar üzerinde orantısız bir yük oluşturmaktadır (IPCC, 2022).

1.3.2.1. İklim Göçü ve Yerinden Edilme

İklim değişikliğinin en görünür sosyal etkilerinden biri, çevresel koşulların yaşanamaz hale gelmesi nedeniyle insanların yaşadıkları yerleri terk etmek zorunda kalmalarıdır. Deniz seviyesinin yükselmesi, özellikle kıyı bölgelerinde yaşayan nüfuslar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Örneğin, Bangladeş'in kıyı şeridinde yaşayan yaklaşık 20 milyon insan, artan su baskınları ve toprak kaybı nedeniyle iç göçe zorlanmaktadır (IPCC, 2022).

Buna ek olarak, Pasifik'te yer alan ada devletleri, Tuvalu ve Kiribati gibi ülkeler, yükselen deniz seviyeleri nedeniyle topraklarının büyük bir kısmını kaybetme riskiyle karşı karşıyadır. Bu tür çevresel göç hareketleri, yalnızca yerinden edilen toplulukları değil, göç alan şehirleri ve ülkeleri de ekonomik ve sosyal baskılar altında bırakmaktadır (McLeman, 2018).

1.3.2.2. Gıda Güvenliği ve Beslenme Krizi

İklim değişikliği, tarımsal üretkenliği düşürerek gıda güvenliğini tehdit eden başlıca faktörlerden biri haline gelmiştir. Artan sıcaklıklar, kuraklık ve yağış rejimlerindeki

düzensizlikler, tarımsal verimliliği ciddi şekilde etkileyerek küresel gıda sistemlerini kırılgan hale getirmektedir (FAO, 2021).

Özellikle Sahra Altı Afrika’da tarımsal üretimde yaşanan düşüşler, yetersiz beslenme oranlarını %40’a kadar artırmış ve gıda krizlerini derinleştirmiştir (IPCC, 2022). Kuraklık ve su kıtlığı, hem temel gıda maddelerinin fiyatlarının yükselmesine hem de kırsal nüfusun geçim kaynaklarını kaybederek göç etmesine neden olmaktadır (Wheeler & Von Braun, 2013).

1.3.2.3. Sağlık Sorunları

İklim değişikliği, artan sıcak hava dalgaları, bulaşıcı hastalıkların yayılımı ve hava kirliliğinin etkileri yoluyla küresel sağlık sistemlerini zorlamaktadır. Özellikle aşırı sıcaklık dalgaları, toplum sağlığı üzerinde önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

2003 yılında Avrupa’da yaşanan sıcak hava dalgası, altyapı ve sağlık sistemlerinin yetersiz kalması nedeniyle yaklaşık 70.000 kişinin ölümüne yol açmıştır (Robine vd., 2008, ss. 171–178). Benzer bir sıcak hava dalgası 2019 yılında tekrar yaşandığında, sağlık hizmetlerinde yapılan iyileştirmelere rağmen binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Bu durum, ısınan bir dünyada sağlık sistemlerinin iklim değişikliğine yeterince hazırlıklı olmadığını göstermektedir (Haines & Ebi, 2019, s. 263).

Bunun yanı sıra, iklim değişikliği, sıtma ve dang humması gibi vektör kaynaklı hastalıkların yayılım alanlarını genişleterek tropikal bölgelerde halk sağlığı üzerinde ek baskılar oluşturmaktadır (Lafferty, 2009, s. 889). Ayrıca, artan hava kirliliği ve ozon seviyelerindeki yükselmeler, solunum yolu hastalıklarını tetikleyerek astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi rahatsızlıkları daha yaygın hale getirmektedir (Watts vd., 2018, 2485-2490).

1.3.2.4. Toplumsal Çatışmalar ve Güvenlik Sorunları

İklim değişikliği, kaynakların azalması ve ekonomik koşulların kötüleşmesi nedeniyle toplumsal gerilimleri artırarak çatışmalara neden olabilmektedir (Burke, Hsiang & Miguel, 2015, ss. 578–590) Özellikle su ve gıda kaynaklarının kıtlaşması, topluluklar ve ülkeler arasında çatışmaları tetikleyen önemli bir faktör haline gelmiştir.

Suriye’de 2006-2010 yılları arasında yaşanan ve "bin yılın en kötüsü" olarak tanımlanan kuraklık, yaklaşık 1,5 milyon çiftçinin geçim kaynaklarını kaybetmesine neden olmuş ve

kırsal alanlardan kentlere büyük bir göç dalgası başlatmıştır. Artan göç ve ekonomik baskılar, Suriye’deki sosyal ve politik gerilimleri şiddetlendirerek iç savaşın önemli bir tetikleyicisi haline gelmiştir (Gleick, 2014, s. 334).

Benzer şekilde, Sahel bölgesindeki su ve tarım arazileri üzerindeki rekabet, Nijerya, Mali ve Çad gibi ülkelerde etnik ve mezhepsel çatışmaları artırmıştır (Hendrix & Glaser, 2007, ss. 701-709). Bu örnekler, iklim değişikliğinin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda politik ve güvenlik boyutlarıyla da ele alınması gerektiğini göstermektedir.

1.3.3. Ekonomik Etkiler

İklim değişikliği, yalnızca ekolojik dengeyi değil, aynı zamanda küresel ekonomik sistemleri derinden sarsan yapısal bir dönüşümü tetiklemektedir. Bu dönüşüm, özellikle altyapı hasarları, üretim ve tedarik zincirlerinde meydana gelen kesintiler, iş gücü verimliliğindeki düşüş ve finansal sistemlerde artan kırılganlık gibi çok katmanlı sonuçlar doğurmaktadır (Stern, 2007; IPCC, 2022).

Fiziksel altyapının iklim olaylarından gördüğü zararlar, uzun vadeli ekonomik büyüme üzerinde yavaşlatıcı etkiler yaratmaktadır. Altyapının zarar görmesi, yalnızca geçici üretim kayıplarına yol açmakla kalmamakta, aynı zamanda lojistik sistemlerin çökmesiyle birlikte kritik hammaddelerin ve ürünlerin akışını da sekteye uğratmaktadır. Örneğin, 2021 yılında Almanya’da meydana gelen sel felaketi, yalnızca yerel ekonomik kayıplarla sınırlı kalmayıp, otomotiv sektöründe mikroçip tedariğinin kesintiye uğramasına neden olmuş ve bu durum, küresel çapta otomobil üretiminde yaklaşık %12’lik bir düşüşe yol açmıştır (OECD, 2022).

İklim kaynaklı felaketlerin ekonomik etkileri sigorta sektöründe de dramatik biçimde hissedilmektedir. Swiss Re (2021) tarafından yayımlanan verilere göre, 1980’lerde ortalama 10 milyar dolar seviyesinde olan yıllık iklim kaynaklı sigorta ödemeleri, 2020 itibarıyla 82 milyar dolara ulaşmıştır. Artan risk primleri ve sigorta erişimindeki eşitsizlikler, özellikle düşük gelirli toplulukların afet sonrası toparlanma kapasitelerini azaltmakta ve mevcut sosyal eşitsizlikleri daha da derinleştirmektedir (Kousky & Shabman, 2017, ss. 4-6). Finansal kurumlar da benzer biçimde, iklim risklerinin finansal portföylerdeki belirsizlikleri artırması nedeniyle sistemik risklere açık hale gelmektedir (Battiston vd., 2017, ss. 283-287).

Ayrıca, iklim değişikliğinin etkileri sadece fiziksel hasarlarla sınırlı değildir. Aşırı sıcaklık dalgaları, nem artışı ve doğal afetler, iş gücü verimliliğinde belirgin düşüşlere yol açmaktadır. Dünya Bankası (2020) verileri, tropikal ve subtropikal bölgelerde çalışan bireylerin, özellikle açık hava sektörlerinde (tarım, inşaat, maden) %15'e varan üretkenlik kaybı yaşadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, uzun vadede üretim maliyetlerinin artmasına, iş gücü piyasasında dengesizliklerin derinleşmesine ve işsizlik oranlarının yükselmesine neden olmaktadır (ILO, 2019).

İklim değişikliğinin ekonomiye etkisi aynı zamanda sektörel bazda da farklılık göstermektedir. Tarım, balıkçılık ve turizm gibi doğrudan çevresel koşullara bağımlı sektörler hem iklim belirsizliğinden hem de kaynakların azalmasından doğrudan etkilenmektedir. Özellikle kuraklık, toprak erozyonu ve su kıtlığı gibi etkiler, tarımsal üretkenliği azaltmakta ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir (FAO, 2021). Bu durum, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyo-politik istikrarsızlık risklerini de beraberinde getirmektedir.

Bu çerçevede, iklim krizinin ekonomik etkileriyle mücadelede uygulanacak politikalar, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik ekseninde değil, aynı zamanda ekonomik dayanıklılık ve toplumsal kapsayıcılık ilkeleri doğrultusunda şekillendirilmelidir. Kırılgan grupların korunmasını ve adil geçiş mekanizmalarını önceleyen çözümler, sadece karbon nötr bir ekonomi inşa etmekle kalmaz, aynı zamanda ekonomik eşitsizliklerin azaltılmasına da katkı sağlar. Bu noktada, iklim finansmanı, yeşil istihdam stratejileri ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında kurulan bütüncül bağ, küresel ekonomik sistemlerin dayanıklılığını artırmada kilit rol oynamaktadır (UNEP, 2021; IMF, 2022).

1.3.3.1. Türkiye’de İklim değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliğinin çevresel ve sosyal etkileri, Türkiye’yi de küresel ölçekteki bu krizden bağımsız olmayan bir şekilde etkilemektedir. Özellikle Akdeniz havzasında yer alan Türkiye, sıcaklık artışları ve yağış rejimlerindeki düzensizlikler nedeniyle tarımsal verimlilikte azalma, orman yangınları ve su kıtlığı gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Örneğin, 2021 yılında Antalya ve Muğla’da yaşanan orman yangınları, 150.000 hektardan fazla alanın kül olmasına ve yerel ekosistemlerin geri dönüşü zor şekilde zarar görmesine yol açmıştır (TÜBİTAK, 2022). Benzer şekilde, İç Anadolu Bölgesi’nde son 20 yılda yağışların %15-20 oranında azalması, buğday ve arpa gibi temel tarım ürünlerinin rekoltesinde düşüşe neden olmuştur (Türkeş vd., 2020, ss. 8-11).

Deniz seviyesinin yükselmesi, Türkiye'nin kıyı kentlerini de tehdit etmektedir. İstanbul'da yapılan bir çalışma, 2100 yılına kadar deniz seviyesinin 1 metreye kadar yükselmesi durumunda, şehrin sahil şeridindeki yerleşim alanlarının %3'ünün sular altında kalabileceğini öngörmektedir (İBB, 2021). Ayrıca, Karadeniz'de artan asitlenme ve sıcaklık, hamsi ve palamut gibi balık popülasyonlarının azalmasına yol açarak balıkçılık sektörünü olumsuz etkilemektedir (ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, 2023).

Sosyal etkiler bağlamında ise iklim göçü, Türkiye için önemli bir sorun haline gelmektedir. Özellikle Suriye'den gelen mültecilerin yanı sıra, Orta Doğu ve Afrika'daki iklim kaynaklı göç dalgaları, Türkiye'nin demografik ve sosyoekonomik dengesini etkilemektedir. Örneğin, 2018'de yapılan bir araştırma, Türkiye'deki Suriyeli mültecilerin %40'ının iklim kaynaklı kuraklık ve tarım alanlarının çölleşmesi nedeniyle göç etmek zorunda kaldığını ortaya koymuştur (HUGO, 2019, ss. 15-17). Ayrıca, Mardin ve Şanlıurfa gibi Güneydoğu illerinde su kıtlığı, tarımsal üretimi sekteye uğratarak kırsal kesimden kentlere göçü hızlandırmaktadır (TÜİK, 2022).

Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadele stratejileri, uluslararası taahhütlerin yanı sıra yerel ölçekli uyum projelerini de içermelidir. Örneğin, Konya Kapalı Havzası'nda su tasarrufu sağlamak için damla sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması veya Ege Bölgesi'nde orman yangınlarına dirençli ağaç türlerinin dikilmesi gibi adımlar, etkili çözümler sunabilir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

1.4. İklim Değişikliğinin Nedenleri

İklim değişikliği nedenlerinden en büyük pay fosil yakıtların yakılmasına aittir. Fosil yakıtların yakılması atmosferde, dünyanın güvenli bir şekilde kaldırılabileceğinden daha fazla ısı birikmesine neden olur. Atmosferde biriken bu ısı, gezegenimizde ve okyanuslarımızda ortalama sıcaklıkların yükselmesine neden olur ve bu da mevsimlerin ve tüm doğal süreçlerin olumsuz etkilenmesine neden olur.

Sanayi Devriminden günümüze kadar gelen süreçte fosil yakıtların kullanımının daha yaygın hale gelmesi ile gezegenin ortalama ısısı 1°C yükselmiştir. Gezegenimizin ortalama ısısındaki bu 1°C artış göz önünde bulundurulduğunda fazla gözükmeyebilir. Fakat 0°C ve 1°C arasındaki farkı değerlendirecek olursak, bu fark buz ve su arasındaki fark demektir. Bu durum, dünyanın kıta buzullarının neden erimeye başladığını ve okyanus seviyelerinin hızla artışa geçtiğini açıklamaktadır.

İnsanlığın dünya üzerindeki en büyük etkisi çevre kirliliği olarak kabul edilirken, iklimlerin değişmesine bu denli büyük katkılar sağladığının fark edilmesi ve kabul edilmesi uzun bir zaman almıştır. Günümüzde bilim, yaşanan küresel sıcaklık artışından büyük oranda insan faaliyetlerinin sorumlu olduğunu ispatlamıştır. Sanayi devriminden bu yana özellikle fosil yakıtların sınırsızca yakılması, ormansızlaşma, arazi kullanım değişikliği, atık yönetimi, tarımsal etkinlikler, hayvancılık, kimyasal üretim ve sanayi süreçleri gibi çok çeşitli insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa ve çeşitli doğal nedenlere bağlı olarak atmosferin alt bölümlerinde ve yeryüzündeki sıcaklık artmış ve artmaya devam etmektedir. Bu durum sadece günümüzü ilgilendiren bir konu değildir. Aynı zamanda bizden sonra gelecek nesillere de bırakacağımız bir dünyada yaşıyor olmak bizi iklim değişikliği konusunda daha da sorumlu ve tedbirli olmaya yöneltmelidir. (İklim değişikliği azaltım stratejisi ve eylem planı (2024-2030), 2024)

1.4.1. Doğal Nedenler

Doğal iklim değişikliği, Dünya'nın jeolojik ve astronomik süreçlerinden kaynaklanır. Bu süreçler, binlerce veya milyonlarca yıl boyunca iklim üzerinde etkili olmuştur. Doğal nedenler arasında şunlar yer alır:

1.4.1.1. Volkanik Patlamalar

Volkanik patlamalar, atmosfere büyük miktarda gaz ve partikül yayarak küresel iklim üzerinde kısa ve uzun vadeli önemli değişimlere neden olabilmektedir. Bu süreçte özellikle kükürt dioksit (SO₂) ve karbondioksit (CO₂) gibi gazların salınımı, atmosferik enerji dengesi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Patlama sırasında atmosfere yayılan SO₂, atmosferde sülfat aerosollerine dönüşerek güneş ışınlarının bir kısmını uzaya geri yansıtır ve böylece geçici bir soğuma etkisi yaratır. (Robock, 2000) Buna karşılık, volkanlardan salınan CO₂, sera etkisini güçlendirerek uzun vadede küresel sıcaklık artışına katkıda bulunabilir. (Schmidt vd., 2012)

Volkanik faaliyetlerin iklim üzerindeki en belirgin etkilerinden biri, büyük ölçekli patlamaların küresel sıcaklıkları geçici olarak düşürmesidir. Örneğin, 1991 yılında Filipinler'de meydana gelen Pinatubo Yanardağı patlaması, stratosfere yaklaşık 20 milyon ton SO₂ salarak büyük miktarda sülfat aerosolü oluşumuna yol açmıştır (Self, Rampino, & Zhao, 1997, s. 1215). Bunun sonucunda, küresel ortalama yüzey sıcaklıkları

yaklaşık 0,5°C azalmış ve bu etki birkaç yıl boyunca gözlemlenmiştir (McCormick, Thomason, & Trepte, 1995, s. 120). Benzer şekilde, 1815 yılında Endonezya'daki Tambora Yanardağı'nın patlaması, 1816 yılında "Yazsız Yıl" (Year Without a Summer) olarak adlandırılan olağanüstü bir iklim olayına neden olmuş, özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'da sıcaklıklarda belirgin bir düşüş yaşanmıştır (Oppenheimer, 2003, s. 239).

Ancak, volkanik patlamaların küresel iklim üzerindeki etkileri patlamanın büyüklüğüne, enjekte edilen gaz ve partikül miktarına, patlamanın yüksekliğine ve gerçekleştiği enleme bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Timmreck, 2012, s.292). Örneğin, tropikal bölgelerde meydana gelen patlamalar, stratosferde daha geniş bir alana yayılarak küresel soğuma etkisini artırırken, yüksek enlemlerdeki volkanik patlamalar daha sınırlı bölgesel etkiler yaratmaktadır (Robock, 2000, s.193).

Modern çalışmalar, volkanik patlamaların tarih boyunca iklim sistemindeki büyük değişimlerin tetikleyicisi olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, sanayi devrimi sonrası antropojenik sera gazı emisyonları, volkanik aktivitenin neden olduğu soğuma etkisini dengeleyerek, günümüzde küresel ısınmanın baskın bir faktör haline gelmesine yol açmıştır (IPCC, 2013). Gelecekte büyük ölçekli bir volkanik patlamanın geçici de olsa küresel sıcaklıklar üzerinde belirgin bir etki yaratabileceği öngörülmektedir.

1.4.1.2. Güneş Aktiviteleri

Güneş, Dünya'daki iklim sisteminin en temel enerji kaynağıdır ve yüzeyindeki manyetik aktivite ile enerji çıkışındaki değişimler, küresel ve bölgesel iklim üzerinde önemli etkilere sahiptir. Güneş aktivitesindeki dalgalanmalar, özellikle Güneş lekeleri ve güneş manyetik alanındaki değişimler yoluyla, Dünya'ya ulaşan toplam güneş radyasyonunu (total solar irradiance - TSI) etkileyerek atmosferik ve okyanusal süreçleri şekillendirebilir (Lean & Rind, 2008, s.245).

Güneş yüzeyinde belirli döngüler halinde artan ve azalan Güneş lekeleri, doğrudan Güneş'in enerji çıkışının göstergesi olarak kabul edilmektedir. Daha fazla Güneş lekesi, daha güçlü manyetik aktivite ve genellikle daha yüksek enerji çıkışı ile ilişkilendirilirken, Güneş lekesi minimumları, Güneş'ten gelen radyasyonun azalmasına ve dolayısıyla daha soğuk iklim koşullarına yol açabilir (Solanki vd., 2004,s. 232). Bu tür değişimler, Dünya'nın enerji dengesinde dalgalanmalara neden olarak uzun vadeli iklim değişikliklerini tetikleyebilir (Gray vd., 2010, s. 1007).

Örneğin, 1645-1715 yılları arasında gözlemlenen Maunder Minimumu, Güneş aktivitesinin son derece düşük olduğu bir dönemdir ve bu süreç, Avrupa ve Kuzey Amerika'da gözlemlenen uzun süreli düşük sıcaklıklarla, yani Küçük Buzul Çağı ile ilişkilendirilmiştir (Eddy, 1976, s.760). Bu dönemde azalan güneş radyasyonu, Atlantik Okyanusu'ndaki atmosferik ve okyanusal dolaşımı etkileyerek kışların daha sert geçmesine neden olmuştur (Lockwood, 2012, s.635). Benzer şekilde, 1790-1830 yılları arasındaki Dalton Minimumu, yine düşük Güneş aktivitesiyle ilişkilendirilen ve küresel sıcaklıklarda belirgin bir düşüşün yaşandığı bir başka dönemdir.

Ancak, modern çalışmalar, Güneş aktivitesindeki değişimlerin, özellikle son yüzyılda gözlemlenen antropojenik iklim değişikliği kadar güçlü bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymaktadır (IPCC, 2013). Özellikle sanayi devrimi sonrası artan sera gazı emisyonları, küresel ısınmanın ana belirleyicisi olarak öne çıkmaktadır. Yine de, Güneş aktivitesinin uzun vadeli iklim döngüleri üzerindeki rolü önemli bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir.

1.4.1.3. Orbital Değişimler ve Milankovitch Döngüleri

İklim sistemi, yalnızca atmosferik ve okyanusal süreçlerle değil, aynı zamanda gezegenimizin yörüngesel dinamiklerindeki değişikliklerle de şekillenmektedir. Bu bağlamda, Milankovitch Döngüleri olarak adlandırılan ve gezegenimizin yörüngesel parametrelerindeki periyodik değişimlere dayanan süreçler, uzun vadeli iklim değişimlerinin temel mekanizmalarından biri olarak kabul edilmektedir (Hays, Imbrie, & Shackleton, 1976, s.1382). Bu teori, Dünya'nın yörünge şekli (dış merkezlilik), eksen eğikliği (obliklik) ve eksen yönelimindeki değişimler gibi faktörlerin, Güneş'ten alınan radyasyonun bölgesel ve mevsimsel dağılımını etkileyerek buzul çağları ile sıcak interglasiyal dönemler arasındaki geçişleri belirlediğini öne sürmektedir (Berger, 1988).

Özellikle dış merkezlilik, Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin ne kadar eliptik veya dairesel olduğunu belirleyen bir faktördür ve yaklaşık 100.000 yıllık döngüler halinde değişim göstermektedir. Bu değişimler, Dünya'ya ulaşan güneş radyasyonunun zaman içindeki dağılımını etkileyerek buzul ve buzul arası dönemlerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Laskar vd., 2004, s.1223).

Diğer bir yörüngesel değişim faktörü olan eksensel eğiklik, Dünya'nın dönme ekseninin eğim açısını ifade eder ve bu eğiklik 22,1° ile 24,5° arasında değişim göstermektedir.

Yaklaşık 41.000 yıllık periyotlarla meydana gelen bu değişim, mevsimlerin şiddetini doğrudan etkileyerek özellikle yüksek enlemlerdeki buzulların erimesi veya birikmesine neden olmaktadır (Imbrie & Imbrie, 1980, s.112).

Son olarak, presesyon, Dünya'nın ekseninin bir topaç gibi yalpalama hareketidir ve yaklaşık 23.000 yıllık döngüler içinde gerçekleşir. Bu süreç, mevsimlerin zamanlamasını ve belirli enlemlerde güneş radyasyonunun yoğunluğunu etkileyerek buzullaşma süreçlerini tetikleyebilir veya durdurabilir (Berger & Loutre, 1991, s. 235).

Bütün bu yörüngesel faktörler, özellikle son 800.000 yıl boyunca gözlemlenen buzul çağları ve sıcak dönemler arasındaki dönüşümlerin açıklanmasında kritik bir rol oynamıştır (Lisiecki & Raymo, 2005, s.312). Milankovitch teorisinin öngördüğü bu periyodik değişimler, buzul çekirdeklerinden ve okyanus tabanı çökeltilerinden elde edilen paleoklimatik verilerle büyük ölçüde tutarlılık göstermektedir. Bu durum, iklim değişikliklerinin yalnızca atmosferik bileşenlerden değil, aynı zamanda gezegenimizin Güneş etrafındaki hareketlerinden de doğrudan etkilendiğini göstermektedir (Huybers, 2006, s. 218).

1.4.2. İnsan Kaynaklı Nedenler

Sanayi Devrimi'nden bu yana insan faaliyetleri, iklim değişikliğinin en büyük itici gücü haline gelmiş ve atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırmıştır. Fosil yakıt kullanımı, endüstriyel faaliyetler, arazi kullanımı değişiklikleri ve tarımsal uygulamalar, küresel ısınmanın başlıca insan kaynaklı faktörleri olarak öne çıkmaktadır (IPCC, 2021).

1.4.2.1. Fosil Yakıt Tüketimi ve Karbon Emisyonları

Fosil yakıtların, kömür, petrol ve doğal gaz gibi karbon yoğun enerji kaynaklarının yaygın kullanımı, insan kaynaklı karbon emisyonlarının en büyük kaynağıdır. Sanayi, ulaşım ve enerji üretimi gibi sektörlerde fosil yakıtların yakılması, büyük miktarda karbondioksit (CO₂) açığa çıkararak atmosferde birikmesine ve küresel sıcaklık artışına neden olmaktadır (IPCC, 2021).

Örneğin, 2019 yılı itibarıyla fosil yakıtlardan kaynaklanan yıllık emisyonlar yaklaşık 36,7 gigaton CO₂ seviyesine ulaşmıştır. Bu değer, sanayi öncesi döneme kıyasla %61'lik bir artışı temsil etmektedir ve küresel sıcaklıkların sanayi öncesi seviyelere göre yaklaşık 1,1°C yükselmesine neden olmuştur (Global Carbon Project, 2020). Özellikle enerji

üretimi ve ulaşım sektörü, küresel karbon emisyonlarının %70'inden fazlasından sorumludur (IEA, 2021).

1.4.2.2. Biyoçeşitlilik Kaybı ve Ormansızlaşma

Orman ekosistemleri, atmosferdeki karbonu tutarak küresel karbon döngüsünde hayati bir rol oynar. Ancak tarımsal genişleme, kentleşme ve endüstriyel ağaç kesimi gibi insan faaliyetleri, ormansızlaşmaya ve karbon yutaklarının kaybına yol açarak atmosferdeki CO₂ seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır (FAO, 2020, s.45).

Özellikle Amazon Havzası'nda yıllık 1,5 milyon hektar orman kaybı, sadece biyoçeşitlilik krizini derinleştirmekle kalmayıp küresel karbon döngüsünü de olumsuz etkilemektedir (Nepstad vd., 2009). FAO'nun 2020 raporuna göre, 1990-2020 yılları arasında dünya genelinde 420 milyon hektarlık orman alanı kaybedilmiştir. Bu durum, karbon depolama kapasitesinin azalmasına ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır.

1.4.2.3. Endüstriyel Emisyonlar ve Kimyasal Süreçler

Endüstriyel sektör, yüksek enerji yoğunluğuna sahip üretim süreçleri ve kimyasal reaksiyonlar nedeniyle yalnızca CO₂ değil, aynı zamanda metan (CH₄) ve azot oksitler (N₂O) gibi daha güçlü sera gazlarının da atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Özellikle çimento üretiminde kalsinasyon süreci, demir-çelik fabrikalarındaki yanma reaksiyonları ve petrokimya tesislerindeki üretim süreçleri, küresel endüstriyel emisyonların yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Le Quéré vd., 2018, s. 5).

Örneğin, çimento üretimi küresel CO₂ emisyonlarının %8'inden sorumludur, çünkü üretim sırasında kireç taşının (CaCO₃) kalsinasyonu sonucu doğrudan CO₂ salımı gerçekleşmektedir (Andrew, 2018, s.15). Aynı şekilde demir-çelik endüstrisi hem fosil yakıt tüketimi hem de yüksek sıcaklıktaki reaksiyonlarla karbon emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

1.4.2.4. Tarım ve Hayvancılık Faaliyetleri

Tarımsal faaliyetler, sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağı olup hem doğrudan hem de dolaylı yollarla küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Hayvancılık sektörü, özellikle geviş getiren hayvanların sindirim sürecinde açığa çıkan metan (CH₄) emisyonları nedeniyle büyük bir etkiye sahiptir. Küresel ölçekte, yıllık 227 milyon ton

metan salınımı gerçekleşmekte olup bu miktar, toplam metan emisyonlarının yaklaşık %32'sini oluşturmaktadır (Tubiello vd., 2013, s. 204).

Ayrıca, sentetik azotlu gübrelerin kullanımı, toprakta gerçekleşen nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları yoluyla azot oksit (N₂O) salımına neden olmakta ve bu süreç tarım kaynaklı emisyonların yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (IPCC, 2019). Pirinç tarlalarındaki oksijensiz koşullar da metan üretimini artırarak tarımsal CH₄ emisyonlarının önemli bir kaynağı haline gelmektedir.

Genel olarak, insan kaynaklı faaliyetler, fosil yakıt kullanımı, arazi değişiklikleri, endüstriyel süreçler ve tarımsal uygulamalar yoluyla küresel sera gazı emisyonlarını artırmakta ve iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Bu süreçlerin etkilerini azaltmak için, yenilenebilir enerjiye geçiş, sürdürülebilir tarım tekniklerinin benimsenmesi ve ormansızlaşmanın önlenmesi gibi politikaların hayata geçirilmesi gerekmektedir.

1.4.3. Ekonomik Nedenler

İklim değişikliği, yalnızca çevresel bir sorun olmanın ötesinde, ekonomik sistemlerin yapısal işleyişiyle doğrudan ilintili, çok boyutlu ve dinamik bir krizdir. Ekonomik kalkınma hedefleri doğrultusunda sürdürülen üretim, tüketim ve ticaret faaliyetleri, büyük ölçüde sera gazı emisyonlarına neden olmakta ve çevresel yükün giderek artmasına sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda iklim değişikliğine yol açan temel ekonomik nedenleri anlamak için, tarihsel gelişim çizgisi içerisinde sanayileşme sürecinden enerji sistemlerine, ticaret ilişkilerinden piyasa dinamiklerine kadar birçok faktörün ele alınması gerekmektedir.

1.4.3.1. Sanayileşme ve Kapitalist Üretim Modelinin Rolü

18. yüzyılda başlayan Sanayi Devrimi, tarihsel bağlamda ekonomik büyümenin motoru olurken, aynı zamanda doğa ile olan ilişkinin temel niteliğini de dönüştürmüştür. Fosil yakıtların (özellikle kömür ve sonrasında petrol) üretim süreçlerine entegre edilmesiyle birlikte insanlık, daha önce hiç deneyimlemediği bir enerji yoğunluğuna ulaşmış, bu durum ekonomik üretkenliği artırırken çevresel dengeyi ciddi ölçüde bozmaya başlamıştır.

Sanayileşme yalnızca üretim tekniklerinde bir devrim yaratmamış, aynı zamanda kapitalist ekonominin temel ögesi olan sürekli büyüme hedefini sistemik bir norm haline getirmiştir. Kapitalist sistemin doğasında yer alan rekabetçi pazar mekanizmaları,

firmaları maliyetleri düşürmeye ve çıktıyı maksimize etmeye yönlendirirken, bu dinamik doğrudan daha fazla enerji tüketimi ve çevresel kaynakların aşırı kullanımını beraberinde getirmiştir (Stern, 2007, s.347). Üretim-tüketim sarmalında artan ürün çeşitliliği, seri üretim teknikleri ve küresel ihracat faaliyetleri karbon ayak izinin giderek büyümesine neden olmuştur.

1.4.3.2. Enerji Üretimi ve Tüketiminin Emisyonla İlişkisi

Enerji, modern ekonomilerin vazgeçilmez girdisidir. Ancak enerjinin üretimi ve tüketimi, küresel düzeyde sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağını oluşturmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %73'ü enerji sektöründen kaynaklanmaktadır (IEA, 2022). Kömür, petrol ve doğalgaz gibi karbon yoğun yakıtlar, bugün hâlâ pek çok ülkenin enerji güvenliği politikalarının merkezinde yer almaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde enerji tüketiminin artışı, yalnızca üretim kapasitesiyle değil, aynı zamanda ulaşım, konut ve dijital altyapının genişlemesiyle de doğrudan ilişkilidir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasının önündeki yapısal engeller, yüksek sermaye maliyetleri, altyapı eksiklikleri ve finansal riskler vb. enerji dönüşümünü yavaşlatmaktadır (Jacobsson, 2004 s. 825).

Ayrıca kentleşme, sanayi bölgelerinin yoğunlaşması ve ulaşım ağlarının genişlemesi gibi unsurlar, enerji yoğun ekonomik yapılara olan bağımlılığı daha da artırmaktadır. Özellikle hızlı kentleşmenin yaşandığı Asya ve Afrika'daki metropoller, enerji arzı ve iklim politikaları arasında hassas bir denge kurmak zorundadır.

1.4.3.3. Piyasa Başarısızlıkları ve İklimsel Dışsallıklar

İklim değişikliğinin ekonomik nedenlerinden biri, çevresel zararların piyasa tarafından yeterince dikkate alınmaması, yani negatif dışsallıkların varlığıdır. Piyasa sistemleri, karbon salınımının toplum üzerindeki gerçek maliyetini fiyatlandırmadığında, çevresel tahribat bir “görünmez maliyet” olarak ekonomide dışlanmış olur (Pigou, 1920, s. 65)

Stern (2007), bu durumu “tarihin en büyük piyasa başarısızlığı” olarak tanımlamış; bilgi eksikliği, çevresel maliyetlerin eksik fiyatlandırılması ve uluslararası koordinasyon eksikliklerini temel nedenler arasında sıralamıştır. Fosil yakıt sübvansiyonları da bu bağlamda önemli bir sorundur. Enerji fiyatlarını yapay olarak düşük tutarak fosil yakıt tüketimini teşvik eden bu tür uygulamalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyet

avantajını ortadan kaldırmakta ve yeşil dönüşüm sürecini baltalamaktadır. (Stern 2007, s 23)

1.4.3.4. Uluslararası Ticaret, Karbon Kaçağı ve Emisyon İhracı

Küreselleşme süreciyle birlikte uluslararası ticaretin hacmi artmış, bu da üretim faaliyetlerinin çevresel regülasyonların zayıf olduğu ülkelere kaymasına neden olmuştur. Bu durum, literatürde “karbon kaçağı (carbon leakage)” olarak tanımlanmakta; karbon yoğun faaliyetlerin, emisyon kısıtlaması olmayan bölgelere taşınması sonucu küresel sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır (Peters, 2011, s.123).

Üretim sürecinde oluşan emisyonların bir ülkeye, tüketimin yapıldığı ülkeye değil, üretimin yapıldığı ülkeye yazılması ise emisyonların “ihracı”na yol açmaktadır. Gelişmiş ülkeler, karbon yoğun üretimi düşük gelirli ülkelere kaydırarak yerel emisyonlarını azaltmış görünseler de küresel ölçekte net bir azalma sağlanmamaktadır. Bu bağlamda, karbon ayak izinin adil şekilde hesaplanması için tüketim bazlı emisyon muhasebesi önerilmektedir.

Ticaretin çevresel etkilerini sınırlamak adına Avrupa Birliği gibi bölgelerde uygulanan sınırda karbon düzenlemeleri (Border Carbon Adjustment – BCA), ithal ürünlerin karbon içeriğine göre vergilendirilmesini öngörmektedir. Bu mekanizmalar karbon kaçağını engellemeyi ve iklim politikalarının etkisini artırmayı hedeflemektedir.

1.4.3.5. Tarımsal Faaliyetler, Arazi Kullanımı ve Ormansızlaşma

Tarımsal genişleme ve arazi kullanım değişiklikleri de iklim değişikliğinin ekonomik kaynaklı nedenleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle ormanların tarım arazilerine dönüştürülmesi, büyük miktarda karbonun atmosfer salınmasına neden olmaktadır. FAO (2020) verilerine göre, tropikal bölgelerdeki ormansızlaşma, küresel sera gazı emisyonlarının %10–15'ini oluşturmaktadır.

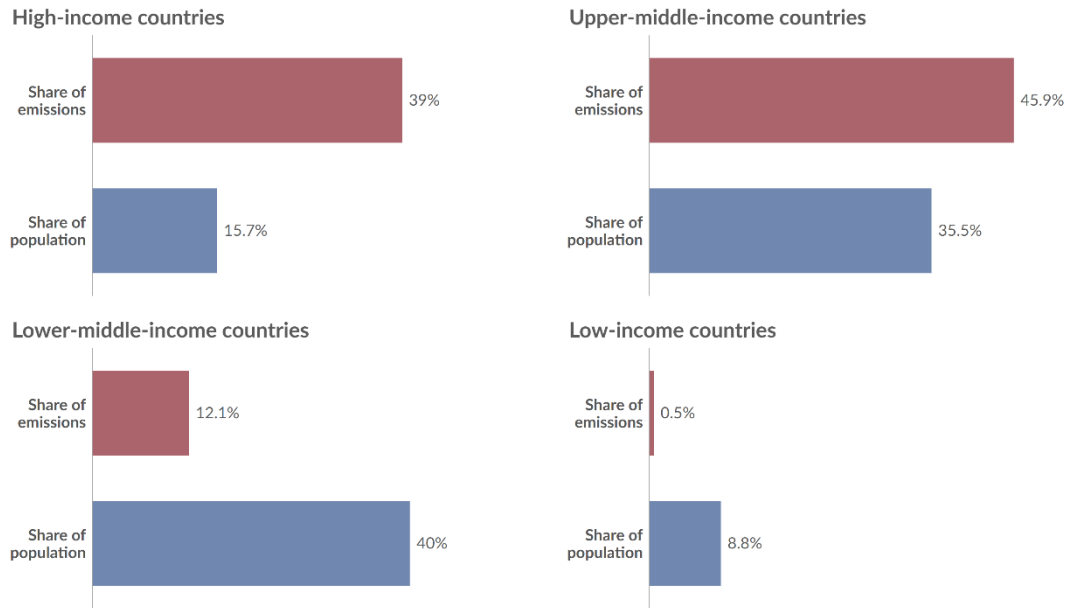
Ekonomik olarak değerli olan soya, palm yağı gibi ürünler için ormanların yok edilmesi, kısa vadeli ekonomik kazançlar sağlasa da uzun vadeli çevresel ve iklimsel maliyetleri oldukça büyüktür. Bu faaliyetler sadece karbon yutaklarının yok olmasına neden olmakla kalmaz, aynı zamanda biyoçeşitliliği de tehdit eder.

1.4.3.6. Emisyon Eşitsizliği ve Gelir Düzeyi İlişkisi

Karbon emisyonlarının ülkeler arasındaki dağılımı da büyük ölçüde gelir düzeyine ve ekonomik yapıya bağlıdır. “Yüksek gelirli ülkeler, kişi başına düşen karbon emisyonlarında başı çekerken; sanayileşmiş altyapıları, yoğun enerji tüketimleri ve motorlu taşıt bağımlılığı bu farkı derinleştirmektedir.” (Ritchie & Roser, 2023, n.p.)

Ayrıca bu ülkeler, teknolojik kapasite ve finansman olanakları sayesinde yenilenebilir enerji yatırımlarına daha kolay erişebilmekte ve çevreci politikaları daha verimli uygulayabilmektedir. Buna karşın, düşük gelirli ülkeler için iklim değişikliği ile mücadele genellikle ekonomik kalkınmanın önüne geçmekte, bu da adil bir iklim politikasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Aşağıda şekil 3’te Ülkelerin Karbon Emisyonları ve gelişmişlikleri arasındaki bağlantı grafik yardımıyla ele alınmıştır.

Şekil 3. Ülkelerin Karbon emisyonları ve Gelişmişlikleri Grafiği



Kaynak: Our World in Data

Şekil 3’e bakıldığında; gelir düzeyi ile karbon emisyonları arasındaki ilişki, küresel emisyon eşitsizliğinin yapısal boyutunu gözler önüne sermektedir. 2021 yılına ait verilere göre, yüksek gelirli ülkeler dünya nüfusunun yalnızca %15,7’sini oluşturmalarına rağmen

küresel karbon emisyonlarının %39'unu gerçekleştirmektedir. Benzer şekilde, üst-orta gelirli ülkeler nüfusun %35,5'ini oluştururken emisyonların %45,9'unu üretmektedir. Buna karşılık, alt-orta gelirli ülkeler dünya nüfusunun %40'ını kapsamasına rağmen yalnızca %12,1'lik bir emisyon payına sahiptir. En çarpıcı eşitsizlik ise düşük gelirli ülkelerde gözlemlenmektedir: Küresel nüfusun %8,8'ini oluşturan bu ülkeler, toplam emisyonların yalnızca %0,5'inden sorumludur. (Our World in Data, 2024).

İKİNCİ BÖLÜM

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN POLİTİKALAR

2.1. Dünyada İklim Değişikliğine Yönelik Geliştirilen Politikalar

İklim değişikliği dünya çapında çeşitli etkilere neden olmaktadır. Bunlar, önceki bölümde ifade edildiği gibi; ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerdir. Ortaya çıkan olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ya da azaltmak amacıyla devletler ve bazı örgütler çeşitli önlemler, aksiyonlar almaktadır. Bu bağlamda İklim değişikliğine engel olabilmek, karbon salınımını azaltmak ve sera gazı etkilerini en aza indirmek için, uluslararası alanda çeşitli anlaşma ve protokoller yapılmaktadır.

2.1.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) – 1992

BM Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 1988'de ortaklaşa kurduğu Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) ortaya koyduğu insan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı, 3-14 Haziran 1992 yılında Rio De Janeiro' da toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. Türkiye bu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde resmen taraf olmuştur. Günümüz itibariyle Sözleşmede ülkemiz de dâhil 197 taraf bulunmaktadır.

Sözleşmeye göre; ülkelerin özel koşulları, amaçları, farklılıkları da göz önünde bulundurularak, tüm taraflara “insan kaynaklı sera gazı salınımlarının azaltılması, iklim değişikliğinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması vb. alanlarda ortak yükümlülükler verilmiştir” (Türkeş, 2001, s. 14-29). Türkiye bu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde resmen taraf olmuştur. Bugün itibariyle sözleşmede ülkemiz dâhil, toplam 197 taraf bulunmaktadır.

Sözleşmenin amacı; atmosferdeki sera gazını, iklim sistemi üzerinde insan kaynaklı olan etkiyi eşitlik temelinde ve ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak belli bir düzeyde tutmak, taraf ülkeleri araştırma ve teknoloji üzerinde iş birliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını korumaya teşvik etmek, böyle bir düzeye ekosistemin iklim değişikliğine uyum sağlamasına, ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman içerisinde ulaşmaktır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020)

2.1.2. Kyoto Protokolü – 1997

Kyoto Protokolü, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda kabul edilen ve dünya çapında iklim değişikliğiyle mücadele için önemli bir çerçeve oluşturan bir anlaşmadır. Bu protokol, 2005 yılında yürürlüğe girmiş olup, gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını belirli hedefler doğrultusunda azaltmalarını öngörmüştür.

Günümüzde Kyoto Protokolü'nün 192 Tarafı bulunmaktadır. (UNFCCC)

Protokol, sanayileşmiş ülkelerin, özellikle de gelişmiş ekonomilere sahip ülkelerin, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu azaltmalarını amaçlar. 1990 yılını baz alarak, bu ülkeler toplamda %5,2 oranında emisyon azaltımı yapmayı taahhüt etmişlerdir. Protokolün en önemli özelliği, bu hedeflerin sadece gelişmiş ülkelere yüklenmesi ve gelişmekte olan ülkelere herhangi bir bağlayıcı emisyon azaltım hedefi getirilmemiş olmasıdır. (Özmen, 2009, s. 42-46)

Kyoto Protokolü'nün önemli bir unsuru, emisyon izinlerinin ticaretine dayanan esnek piyasa mekanizmalarının kurulmasıydı. Protokol uyarınca, ülkeler hedeflerine öncelikle ulusal önlemlerle ulaşmalıdır. Ancak, Protokol ayrıca onlara hedeflerine ulaşmak için üç şekilde ek bir mekanizma sunmaktadır. (UNFCCC). Buna göre:

- Emisyon Ticaret Sistemi (ETS): Ülkeler, emisyon kotalarını aşmadıkları takdirde, fazla kredilerini başka ülkelere satabilirler.
- Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM): Gelişmekte olan ülkelerde çevre dostu projeler desteklenir ve bu projelerle kazanılan karbon kredileri gelişmiş ülkelere satılabilir.
- Ortak Uygulama (JI): Benzer şekilde, gelişmiş ülkeler arasında emisyon azaltım projeleri ortaklaşa uygulanabilir ve bu projeler üzerinden karbon kredisi kazanılabilir.

Bu üç mekanizma, Kyoto Protokolü'ne taraf ülkelerin daha esnek bir şekilde, ulusal düzeyde farklı stratejiler izleyerek emisyon hedeflerine ulaşmalarını sağlar. Bu esneklik, emisyon azaltımının daha maliyet etkin bir şekilde yapılmasını ve küresel düzeyde daha geniş bir iş birliği ortamının oluşmasını mümkün kılar.

Kyoto Protokolü'nün en büyük zorluklarından biri, protokole taraf olmayan ülkelerin, özellikle ABD'nin, bu anlaşmayı imzalamamış olmasıdır. ABD, Kyoto Protokolü'nün ekonomiye olumsuz etkileri olacağı gerekçesiyle bu anlaşmaya katılmamıştır. ABD günümüzde hala “ulusal çıkarlar” nedeniyle Karbon emisyonu en yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Ayrıca, bazı ülkeler belirlenen emisyon hedeflerine ulaşmada zorluklar yaşamış, bu da protokolün küresel çapta eşit ve etkili bir şekilde uygulanmasını engellemiştir.

Kyoto Protokolü'nün Mirası ve Paris Anlaşması'na Etkisi: Kyoto Protokolü, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adım olmuştur ve protokol, Paris Anlaşması'na giden yolu açmıştır. Kyoto'nun ardından gelen Paris Anlaşması, daha geniş bir katılım ve daha esnek bir yapı sunarak, iklim değişikliğiyle mücadelede daha geniş bir küresel iş birliği sağlamayı hedeflemiştir. Kyoto Protokolü, özellikle gelişmiş ülkelerin sorumluluğuna dayalı bir model sunarken, Paris Anlaşması tüm ülkeleri kapsayacak şekilde daha geniş bir taahhüt çerçevesi oluşturmuştur.

Sonuç olarak, Kyoto Protokolü, iklim değişikliğiyle mücadele konusunda atılan ilk adımların somut bir örneği olarak tarihe geçmiştir. Ancak, bu protokolün sınırlamaları ve zorlukları, iklim politikalarının daha esnek ve kapsayıcı bir yapıya kavuşmasına olanak sağlamıştır. Öyle ki Kyoto'nun mirası, günümüzde hâlâ uluslararası iklim müzakerelerinin temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir.

2.1.3. Paris Anlaşması – 2015

Paris Anlaşması, 12 Aralık 2015 tarihinde Fransa'nın başkenti Paris'te yapılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP21) sırasında imzalanmış olan ve küresel iklim değişikliği ile mücadeleye dair önemli bir dönüm noktası oluşturan bir anlaşmadır. Küresel ölçekteki tüm ülkeleri kapsayan bu anlaşma, iklim değişikliğiyle mücadelede esnek ve kapsayıcı bir yaklaşım benimsemiştir. Paris Anlaşması, gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki sorumlulukları daha adil bir şekilde paylaşmayı hedeflemektedir. Kyoto Protokolü'nün sınırlamaları dikkate alındığında, Paris Anlaşması küresel iklim değişikliği ile mücadelede daha geniş bir iş birliği zeminini oluşturmayı amaçlamaktadır (Aydın, 2016, ss. 89–103)

2.1.3.1. Paris Anlaşması'nın Temel Amaçları ve Hedefleri

Paris Anlaşması, temel olarak küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere göre 2°C'nin altında tutmak ve bu artışı mümkünse 1.5°C ile sınırlamak amacını taşır. Bu hedef, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini sınırlamak ve gelecekteki kuşakların yaşamını korumak adına oldukça önemlidir (UNFCCC, 2015). Anlaşma, yalnızca sıcaklık artışını sınırlamakla kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak ve geliştirmekte olan ülkelere finansal destek sağlamak gibi ek hedefler de taşır (Tiryaki & Kızılkaya, 2016, s.78)

Anlaşmanın temel unsurları şunlardır:

- Küresel sıcaklık artışını 1.5°C ile 2°C arasında sınırlamak.
- Emisyonların zirve yapmasının ardından hızlı bir şekilde azaltılmasını sağlamak.
- Ülkelerin her 5 yılda bir ilerlemelerini gözden geçirmelerini ve daha iddialı hedefler belirlemelerini sağlamak, olarak sıralanmaktadır.

Paris Anlaşması, ulusal katkılar (Nationally Determined Contributions – NDCs) sistemine dayanır. Her ülke, kendi ekonomik koşulları ve kalkınma seviyesini göz önünde bulundurarak emisyon azaltımı hedefleri belirler. Bu sistem, esnekliği ve katılımı teşvik ederken, her ülkenin hedeflerine ulaşmasını sağlamak adına bireysel sorumluluklarını belirler (Yılmaz, 2017, ss. 152–155). Paris Anlaşması, bağlayıcı olmamakla birlikte, her ülkenin belirlediği hedeflere ulaşması gerektiğini ve bu hedeflerin gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Gelişmiş ülkeler, daha büyük emisyon azaltımı yükümlülükleri taşıırken, geliştirmekte olan ülkeler için daha esnek ve kalkınmalarını sürdürülebilir bir şekilde sağlamak adına finansal ve teknolojik destek sağlanması beklenmektedir. Bu yaklaşım, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesine dayanmaktadır ve her ülkenin kendi koşullarına göre daha adil bir sorumluluk paylaşımını hedeflemektedir (Hale, 2016, s. 10–12)

Paris Anlaşması'nın bir diğer önemli unsuru, gelişmiş ülkelere geliştirmekte olan ülkelere iklim değişikliğiyle mücadele için finansal destek sağlanmasıdır. Anlaşma, gelişmiş ülkelerin her yıl 100 milyar dolar tutarında finansman sağlamasını öngörmektedir. Bu fonlar, özellikle düşük gelirli ve savunmasız ülkelere iklim değişikliğinin etkilerine karşı

direnç geliştirmeleri ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaları için kullanılacaktır (UNFCCC, 2015).

Teknolojik yardımlar, gelişmekte olan ülkelerin düşük karbonlu teknolojiler kullanarak kalkınmalarını sağlamalarına yardımcı olmak için kritik öneme sahiptir. Gelişmiş ülkeler, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve diğer düşük karbon teknolojileri konusunda gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferi ve kapasitelerini artırmaya yönelik yardımlar sağlamayı taahhüt etmiştir. (Aydın, 2016, ss. 89–103)

Paris Anlaşması, şeffaflık ilkesi üzerine inşa edilmiştir. Ülkeler, belirledikleri hedeflere ulaşma sürecinde ilerlemelerini düzenli olarak raporlamak zorundadır. Bu raporlar, anlaşmanın tarafları tarafından değerlendirilir ve bu sayede küresel iklim değişikliği hedeflerine ulaşma yolundaki ilerleme izlenebilir (Çolak, 2018, ss. 85-100). Her beş yılda bir ulusal katkılar gözden geçirilir ve ülkeler daha iddialı hedefler belirlemeye teşvik edilir. Bu süreç, ülkeleri sadece kendi hedeflerini belirlemekle sınırlı tutmaz, aynı zamanda küresel hedeflere ulaşmada daha güçlü bir kolektif çaba harcamaya da zorlar.

Paris Anlaşması, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir kilometre taşı olsa da bazı eleştiriler almıştır. Eleştirilen noktaların başında, anlaşmanın bağlayıcı olmaması ve ülkelerin belirledikleri hedeflerin yeterince iddialı olmaması gelir. Hedeflerin, yalnızca gönüllülük esasına dayalı olması, bazı uzmanlar tarafından yetersiz ve zayıf olarak görölmektedir (Thomas, 2016, s. 41). Ayrıca, gelişmekte olan ülkeler için finansal ve teknolojik desteğin yeterli olmadığı ve bu desteğin daha somut hale getirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Bir diğer eleştiri ise, gelişmekte olan ülkeler için belirlenen hedeflerin, küresel emisyonları azaltmak için yeterli olmayabileceğidir. Özellikle Çin, Hindistan gibi büyük gelişmekte olan ülkeler, hızla artan karbon salınımları ile Paris Anlaşması hedeflerinin gerçekteştirilmesini zorlaştırmaktadır (Öztürk, 2016, ss. 65–68).

Paris Anlaşması, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir temel oluşursa da başarısının devam edebilmesi için ülkelerin taahhütlerini yerine getirmeleri ve global iş birliğini sürdürülebilir bir şekilde devam ettirmeleri gerekmektedir. Finansal ve teknolojik desteklerin etkin bir şekilde sağlanması, gelişmekte olan ülkelerin kapasite artırımı için kritik bir faktör olacaktır.

Anlaşma, sadece iklim değişikliğine karşı bir çerçeve oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda tüm dünyada daha yeşil, sürdürülebilir bir gelecek için bir vizyon ortaya koymaktadır. Bu vizyonun hayata geçirilmesi, ülkelerin siyasi iradesi, ekonomik dayanışması ve toplumsal katılım ile mümkün olacaktır.

2.1.4. Avrupa Yeşil Mutabakatı: Hedefler, Stratejiler ve Uygulama Süreci

Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal), Avrupa Birliği (AB) tarafından 2019 yılında açıklanan, 2050 yılına kadar Avrupa kıtasını iklim nötr hale getirmeyi amaçlayan kapsamlı bir politika çerçevesidir. Bu mutabakat, yalnızca iklim değişikliğiyle mücadele etmeyi değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı da amaçlamaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'nin gelecekteki ekonomik büyümesini yeşil enerjiye, düşük karbonlu teknolojilere ve döngüsel ekonomiye dayandırmayı planlamaktadır (Avrupa Birliği Komisyonu, 2019).

2.1.4.1 Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın Temel Hedefleri ve Stratejileri

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın en önemli hedeflerinden biri, 2050 yılına kadar Avrupa'yı iklim nötr hale getirmektir. Bu hedef doğrultusunda, 2030 yılına kadar AB'nin sera gazı emisyonlarını en az %55 oranında azaltması beklenmektedir. Bu hedef, 1990 yılına göre belirlenmiş olup, AB'nin küresel ısınmayı 1.5°C ile sınırlama çabalarına önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır (Avrupa Birliği Komisyonu, 2020). AB Komisyonu, bu hedeflere ulaşmak için enerji üretiminden taşımacılığa kadar her sektörde dönüşüm yapılmasını önermektedir.

Yeşil Mutabakatın stratejik yönlerinden biri, temiz enerji üretiminden, enerji verimliliğini artırmaya kadar geniş bir yelpazede politikalar geliştirmesidir. Yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek ve fosil yakıtların kullanımını aşamalı olarak sona erdirmek, bu stratejinin temel bileşenlerindendir. Özellikle, 2021'de başlatılan "Fit for 55" planı, AB'nin emisyon azaltım hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli mevzuat düzenlemelerini içermektedir. Bu plan, enerji verimliliği, karbon fiyatlandırma sistemleri ve düşük emisyonlu taşıma altyapıları gibi unsurları kapsamaktadır (AB Komisyonu, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın bir diğer kritik bileşeni, dış ticaret ilişkilerinde karbon emisyonlarının dikkate alınmasıdır. Avrupa Birliği, özellikle dışarıdan yapılan ithalatlarda karbon emisyonlarının izlenmesi amacıyla bir Karbon Sınır Düzenleme Mekanizması (CBAM) önerisi sunmuştur. Bu mekanizma, AB dışındaki ülkelere gelen

ürünlerin, AB içindeki emisyon seviyelerine benzer bir karbon fiyatına tabi olmasını sağlamak için geliştirilmiştir. Böylelikle, AB dışındaki ülkelerde çevreye zarar veren üretim süreçlerinin önüne geçilmesi ve AB içindeki endüstrilerin rekabet gücünün korunması hedeflenmektedir (Böhringer, 2020). Bu mekanizma, Avrupa'nın karbon ayak izini azaltırken küresel ticaretle uyumlu bir strateji sunmayı amaçlamaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, yalnızca karbon salınımını azaltmayı değil, aynı zamanda döngüsel ekonomi modelini benimsemeyi de öngörmektedir. Döngüsel ekonomi, kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, atıkların azaltılması ve geri dönüşümün teşvik edilmesi ilkesine dayanır. AB, 2020 yılında yayımladığı Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile bu modeli benimsediğini duyurmuştur. Bu plan, ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak, daha uzun ömürlü olmalarını, geri dönüştürülebilmelerini ve çevreye zararlı bileşenlerden arındırılmalarını hedeflemektedir (AB Komisyonu, 2020).

Sıfır atık politikaları, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın temel bileşenlerinden biridir. Bu kapsamda, AB, üretim ve tüketim süreçlerinin çevreye olan etkilerini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu politikalar, atıkların depolama ve bertaraf edilmesinden daha çok, atıkların kaynağında azaltılması ve geri dönüşüm oranlarının artırılmasını içermektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, sadece çevresel ve ekonomik açıdan değil, sosyal açıdan da büyük bir dönüşümü hedeflemektedir. Bu dönüşüm sürecinde, iş gücü kaybı ve sosyoekonomik eşitsizlikler gibi potansiyel sorunların önüne geçilmesi önemlidir. AB, Yeşil Mutabakatı uygulamaya koyarken, iş gücünün dönüştürülmesi için eğitim ve yeniden istihdam programları oluşturmayı taahhüt etmiştir. Özellikle kömür ve fosil yakıtlar sektöründe çalışanlar için yeni iş olanakları yaratılacak ve bölgesel eşitsizliklerin azaltılması sağlanacaktır (AB Komisyonu, 2020).

Adil geçiş politikaları, özellikle çevresel açıdan dezavantajlı bölgelerde yaşayan vatandaşlar için sosyal güvenlik ağlarını güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu, sadece çevreyi korumayı değil, aynı zamanda toplumların tüm kesimlerini kapsayacak şekilde sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmeyi hedeflemektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'nin küresel iklim liderliğini pekiştirmeyi amaçlayan bir strateji olarak önemli bir dönüm noktasıdır. Ancak, bu süreç, ciddi zorluklar ve engellerle karşılaşmaktadır. AB'nin Yeşil Mutabakatı'nın başarıya ulaşabilmesi, yalnızca Avrupa içindeki siyasi irade ile değil, aynı zamanda küresel iş birliklerinin geliştirilmesi ile

mümkündür. Avrupa'nın karbon emisyonlarını ciddi bir şekilde azaltması, küresel iklim değişikliği mücadelesinde önemli bir adım olacak ancak bu, dünya çapında ortak bir vizyon ve iş birliği gerektiren bir süreçtir.

2.2. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye

İklim değişikliği, küresel anlamda çevresel, ekonomik ve sosyal sorunların derinleşmesine neden olan önemli bir faktördür. Bu nedenle ülkeler, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve etkilerini azaltmak amacıyla çeşitli politikalar geliştirmekte ve uygulamaktadır. Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele alanında çeşitli adımlar atmış, uluslararası anlaşmalara katılmış ve kendi ulusal stratejilerini oluşturmuştur. Bu yazıda, Türkiye'nin iklim değişikliği politikaları, uluslararası anlaşmalara uyum, yenilenebilir enerji yatırımları, sera gazı emisyonlarının azaltılması hedefleri ve iklim değişikliğine uyum stratejileri bağlamında ele alınacaktır.

2.2.1. Türkiye'nin Uluslararası İklim Anlaşmalarına Katılımı

Türkiye, 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni (UNFCCC) imzalayarak küresel iklim değişikliği mücadelesine katılım göstermiştir. UNFCCC, dünya çapında iklim değişikliği ile mücadele etmek için uluslararası bir çerçeve oluşturan bir anlaşmadır. Bu anlaşmanın imzalanması, Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele için uluslararası sorumluluklarını kabul ettiğini gösterir (Akkaya, 2021, s. 58). Bununla birlikte, Türkiye, bu anlaşmaya taraf olmasına rağmen gelişmiş ülkelerle eşit sorumluluk taşıması gerektiğini savunmuş ve gelişmiş ülkelerle aynı düzeyde emisyon azaltımı hedefleri koymak yerine, gelişmiş ülkelerin finansal ve teknolojik destek sağlaması gerektiğini vurgulamıştır.

2015 yılında kabul edilen Paris Anlaşması, Türkiye için önemli bir kilometre taşıdır. Türkiye, Paris Anlaşması'na 2016 yılında imza atmış ve 2021 yılında bu anlaşmayı onaylamıştır. Paris Anlaşması, dünya çapında sera gazı emisyonlarının azaltılmasını amaçlarken, Türkiye de 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını yüzde 21 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir. Ayrıca, Türkiye, 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi belirlemiş ve bu hedef doğrultusunda çeşitli stratejiler geliştirmektedir (Akkaya, 2020, s. 41-53).

2.2.2. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Politikaları

Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadeledeki en önemli politikalarından biri, Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (UİDEP) çerçevesinde belirlenen stratejilerdir. UİDEP, Türkiye'nin 2009 yılında başlattığı ve 2011 yılında güncellediği bir plandır. Bu eylem planı, sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve iklim değişikliğine uyum sağlamayı amaçlamaktadır. UİDEP, tarım, enerji, sanayi, ulaşım, su kaynakları ve biyoçeşitlilik gibi çeşitli alanlarda önemli adımlar atmayı hedeflemektedir. Planın ana hedeflerinden biri, 2030 yılına kadar Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını yüzde 21 oranında azaltmaktır (Çelik, 2019, s. 112).

UİDEP'in özellikle enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üretimi üzerine odaklanan unsurları önemlidir. Türkiye, 2020 yılında yapılan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ihalesi ile rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmayı hedeflemiştir. Bu ihalede, özellikle güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi alanında büyük yatırımlar yapılmıştır (IEA, 2020). Türkiye, bu adımlarla enerji üretiminin yüzde 30'unu yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi hedeflemektedir.

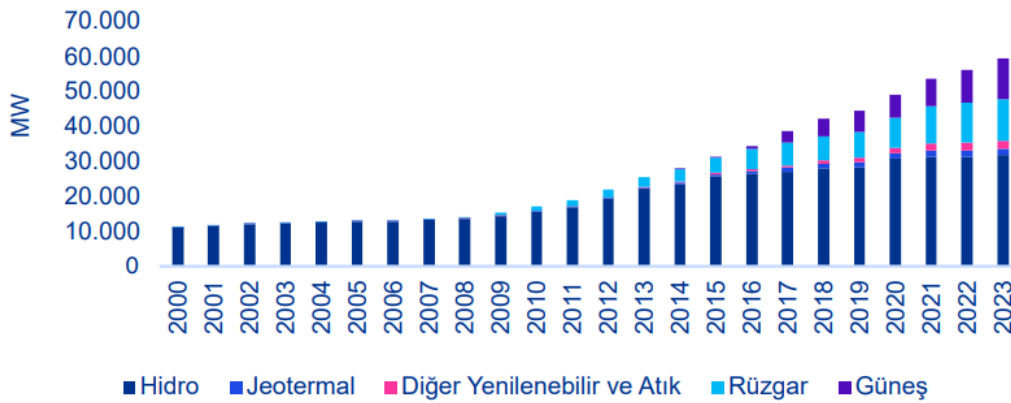
2.2.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları

İklim değişikliğini önleme konusunda toplumsal duyarlılık artarken, 2023 yılında hem küresel ölçekte hem de Türkiye'de karbon emisyonlarının azaltılması, enerjiye ekonomik erişim ve arz güvenliği temel öncelikler arasında yer almıştır. Rusya-Ukrayna savaşı gibi küresel krizlerin enerji maliyetleri üzerindeki baskısı 2022'ye göre kısmen hafiflese de bu etkiler 2023'te de belirgin şekilde hissedilmiştir. Hükümetler, tüketiciler üzerindeki yükü azaltmak için çeşitli politika önlemleri tasarlamıştır. Özellikle enerjide dışa bağımlı ve enflasyonun enerji fiyatlarından doğrudan etkilendiği Türkiye gibi ülkelerde, temiz enerjiye geçişin hızlandırılması kritik bir gereklilik olarak öne çıkmıştır. (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2024)

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji arz güvenliğini sağlamayı ve karbon salınımını azaltmayı amaçlamaktadır. Türkiye'nin en büyük yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerji olmakla birlikte, son yıllarda güneş ve rüzgâr enerjisi yatırımları hızla artmaktadır. Türkiye, 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payını artırarak, 2030 yılına kadar bu oranı daha da yükseltmeyi hedeflemektedir (IEA, 2020).

Ancak, Türkiye’de yenilenebilir enerji sektöründe karşılaşılan bazı zorluklar bulunmaktadır. Bu zorlukların başında finansman, teknoloji ve altyapı eksiklikleri gelmektedir. Türkiye, bu sorunları aşmak amacıyla yeşil finansman yöntemlerini kullanmayı ve yerli yenilenebilir enerji üreticilerine teşvik sağlamayı hedeflemektedir (Smith School of Enterprise and the Environment, 2022). Ayrıca, Türkiye’de rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi yatırımlarına dair önemli projeler hayata geçirilmiştir. 2020’deki YEKA ihalesi, yenilenebilir enerji yatırımlarının önünü açan büyük bir adım olmuştur. Şekil 4’te Yıllara göre kaynak türüne göre yenilenebilir kurulu güç gelişimi verilmiştir.

Şekil 4. *Kaynak Türüne Göre Yenilenebilir Kurulu Güç Gelişimi*



Kaynak: KPMG. (2024, Ekim). *KPMG A Plus Enerji Sektör Raporu*.

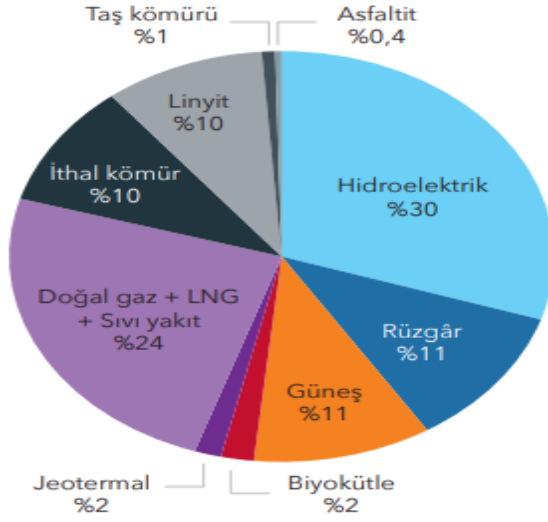
Şekil 4’te verilen Kaynak Türüne Göre Kurulu Güç Gelişimi incelendiğinde; 2000’li yıllarda neredeyse tüm yenilenebilir enerji yatırımları hidroelektrik üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak 2010 yılı sonrasında çeşitlenme başlamış ve rüzgâr enerjisinin önemli bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir.

2015 yılından itibaren güneş enerjisinin sisteme daha fazla entegre olduğu görülmektedir. Özellikle 2020 sonrası dönemde güneş enerjisindeki büyüme hızlanmış ve jeotermal ile çeşitlenme eğilimi güçlenmiştir.

Son yıllarda rüzgâr ve güneşin hidroelektriğe kıyasla daha hızlı bir büyüme trendine girdiği görülmektedir. 2023 itibarıyla yenilenebilir enerji portföyü çok daha dengeli bir dağılım sergilemektedir, bu da Türkiye'nin enerji çeşitliliği açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Aşağıda şekil 5.’te Türkiye Elektrik Kurulu Gücü Kaynaklara göre dağılımı verilmiştir;

Şekil 5. Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: (SHURA, 2024)

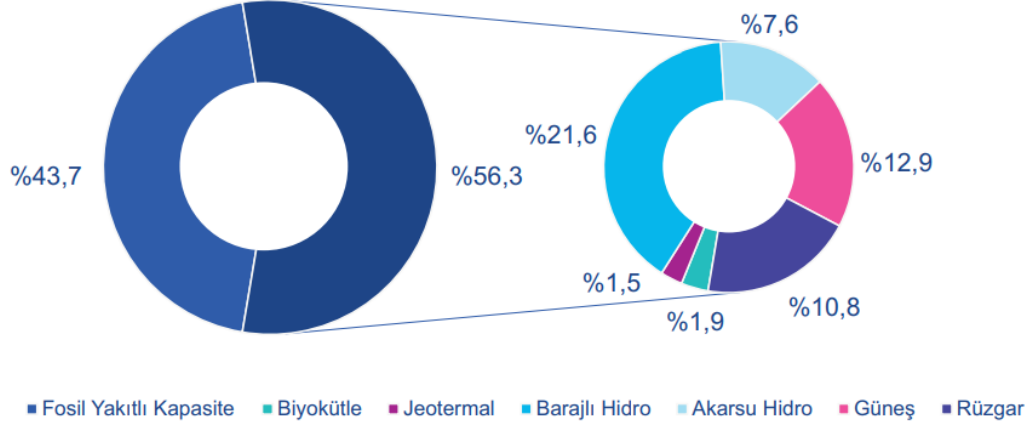
Şekil 5. İncelendiğinde; Türkiye'nin elektrik üretim portföyünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamda %56'lık bir paya ulaşması dikkat çekmektedir. Hidroelektrik (%30), bu kategorideki en baskın kaynak olarak öne çıkmakta ve ülkenin coğrafi avantajlarını kullandığını göstermektedir. Rüzgâr (%11) ve güneş (%11) enerjisinin eşit payları, son yıllarda bu alanlarda gerçekleştirilen yatırımların etkisini yansıtmaktadır. Ancak jeotermal (%2) ve biyokütle (%2) gibi diğer yenilenebilir kaynakların sınırlı katkısı, potansiyel artış alanlarına işaret etmektedir.

Fosil yakıtların toplam payı %45,4 olarak hesaplanmıştır. Doğal gaz ve sıvı yakıtlar (%24), ithal kömür (%10) ve linyit (%10) gibi kaynaklar, enerji arz güvenliği açısından önemli ancak çevresel etkileri yüksek bileşenlerdir. Taş kömürü (%1) ve asfaltit (%0,4) gibi yerli kaynakların düşük payı ise ithalata olan bağımlılığın altını çizmektedir.

Farklı bir grafik ile inceleyecek olursak Şekil 6'da verilen *2023 Yılı Türkiye Yenilenebilir Kurulu Gücü* verilerini inceleyelim.

Şekil 6. 2023 Yılı Türkiye Yenilenebilir Kurulu Gücü

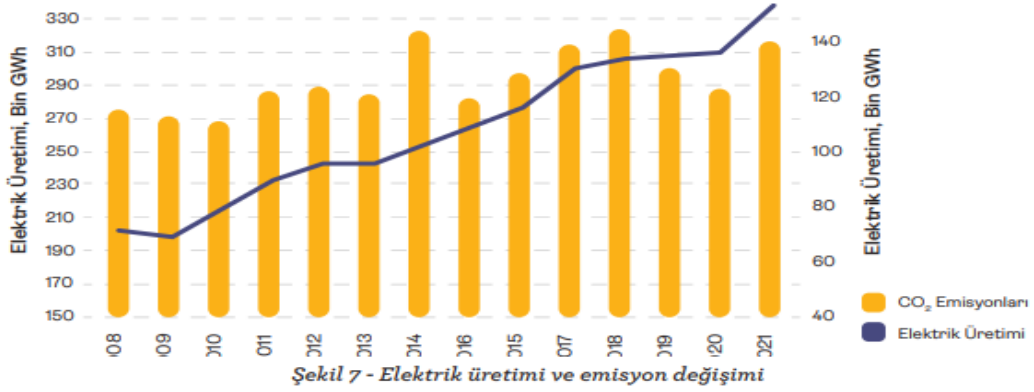
2023 Türkiye Yenilenebilir Kurulu Gücü



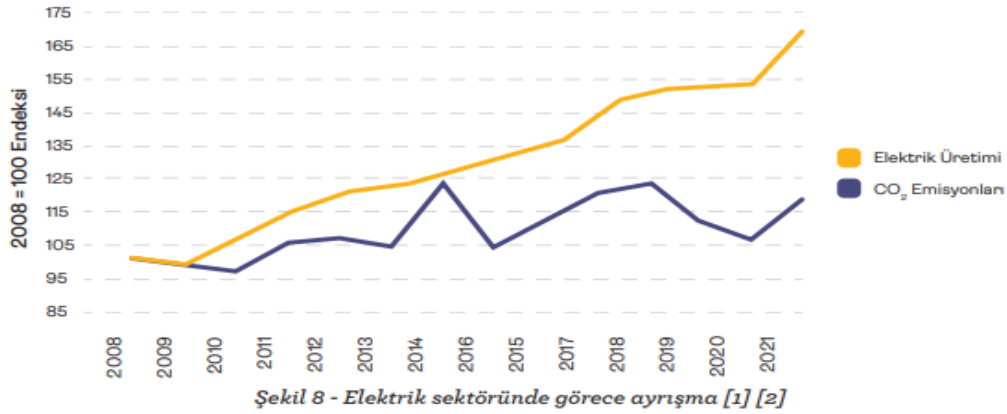
Kaynak: KPMG. (2024, Ekim). *KPMG APlus Enerji Sektör Raporu*.

Şekil 6’da verilen 2023 Yılı Türkiye Yenilenebilir Kurulu Gücü istatistiklerine bakıldığında; Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinde önemli bir aşama kaydettiğini görülmektedir. Özellikle hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjilerinin toplam enerji üretimindeki payı oldukça artmıştır. Bununla birlikte, fosil yakıtların hâlâ toplam enerji kapasitesinin yaklaşık %44’ünü oluşturması, enerji dönüşüm sürecinin tamamlanmadığını ve karbonsuzlaşma hedefleri doğrultusunda daha fazla yenilenebilir enerji yatırımına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Aşağıda şekil 7’de Türkiye’de Elektrik Üretimi ve Emisyon Değişimi verilmiştir.

Şekil 7. Türkiye’de Elektrik Üretimi ve Emisyon Değişimi



Şekil 7 - Elektrik üretimi ve emisyon değişimi



Şekil 8 - Elektrik sektöründe görece ayrışma [1] [2]

Kaynak: KPMG. (2024, Ekim). *KPMG APlus Enerji Sektör Raporu*.

Şekil 7’de verilen *Türkiye’de Elektrik Üretimi ve Emisyon Değişimi* ‘ne bakıldığında Türkiye’nin 2000-2023 yılları arasında yenilenebilir kurulu gücü %7,7’lik YBBO ile 11,2 GW’dan 62,0 GW’a yükselmiştir. Özellikle 2010 sonrası kaynak çeşitliliğin de artmasıyla yenilenebilir enerji kapasitesi 2010-2023 yılları arasında %10,3’lük YBBO sahip olmuştur. 2023 yılı sonu itibarıyla Türkiye’deki 109,5 GW olan kurulu güç kapasitesinin %56,6’sı yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Ülkenin, kaynak türüne göre en büyük kurulu kapasitesini 32,0 GW ile hidroelektrik santraller oluştururken, bunun içinde toplam kurulu gücün %22’si 23,6 GW ile barajlı, yüzde 8’i 8,3 GW ile akarsu hidroelektrik santrallerinden oluşuyor. Rüzgâr enerji santralleri, 11,8 GW ile Türkiye kurulu gücünün %10,8’ini oluşturmaktadır ve bunun yalnızca 0,1 GW’ı lisanssız santrallere aittir. Biyokütle tesislerinin toplam kurulu güçteki payı 2,1 GW ile %1,9 olup, jeotermal enerji tesislerinin payı 1,7 GW ile %1,5’tir. 2023 yılında jeotermal enerji kurulu gücünde bir artış olmazken biyokütle kapasitesi 165 MW artış göstermiştir. Son yıllarda

hızla artış gösteren ve Türkiye kurulu gücünün 12,9%'unu oluşturan 14,1 GW'lık güneş kapasitesinin ise yaklaşık %88,2'si lisanssız santrallerden oluşmaktadır.

Lisanssız kurulu gücün güneş enerjisinde yoğunlaşmasının temel sebepleri arasında diğer kaynaklara kıyasla güneş santrallerinin küçük ölçekli kurulumlarının yapılabilmesi ve düşük yatırım maliyetleriyle öz tüketime yönelik yatırımların da yapılabilmesi gösterilmektedir. EPDK tarafından aylık olarak açıklanan lisanssız santrallerin kurulu güç dağılımında güneş ışınımının yüksek olduğu iller dikkat çekmektedir. (Enerji Sektör Raporu 2024)

2.2.4.Türkiye’de Tarım ve Su Yönetimi Politikaları

Tarım sektörü, Türkiye ekonomisinin temel taşlarından biri olup hem istihdam hem de gıda güvenliği açısından kritik bir role sahiptir. Ancak, küresel iklim değişikliği tarım sektörünü olumsuz yönde etkilemekte, özellikle sıcaklık artışları, yağış rejimlerindeki değişiklikler ve su kaynaklarının azalması gibi faktörler tarımsal üretimde ciddi verim kayıplarına yol açmaktadır (FAO, 2022). Türkiye, bu sorunlara karşı tarımsal sürdürülebilirliği artırmaya yönelik çeşitli politikalar geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur.

2.2.4.1. Tarımda İklim Değişikliğine Uyum Politikaları

Türkiye, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla Tarımda İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planını hayata geçirmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Bu plan kapsamında öncelikli olarak suyun etkin kullanımına yönelik projeler geliştirilmekte, tarımsal sulama sistemlerinde modernizasyon çalışmaları yürütülmekte ve su tasarrufunu teşvik eden politikalar uygulanmaktadır. Örneğin, damla sulama ve yağmurlama sulama gibi suyun daha verimli kullanımını sağlayan yöntemlerin yaygınlaştırılması teşvik edilmekte, çiftçilerin bilinçlendirilmesine yönelik eğitim programları düzenlenmektedir (Dünya Bankası, 2023).

Bununla birlikte, Türkiye, kuraklığa dayanıklı ve daha az su tüketen tarım ürünlerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel araştırmaları desteklemektedir. Tohum ıslahı ve genetik iyileştirme çalışmaları, özellikle kuraklığa dayanıklı buğday, arpa ve mısır gibi temel tarım ürünleri üzerinde yoğunlaşmıştır (Gündoğdu & Yıldırım, 2020, s. 134). Ayrıca,

ekim nöbeti (rotasyon) uygulamaları teşvik edilerek toprağın uzun vadeli verimliliği korunmakta ve erozyon riski azaltılmaktadır.

2.2.4.2. Su Yönetimi Politikaları ve Uygulamaları

Su yönetimi, Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele stratejilerinde hayati bir yer tutmaktadır. Türkiye, kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı açısından su stresi altında olan ülkeler kategorisinde yer almakta olup, mevcut kaynakların verimli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır (DSİ, 2022). Bu bağlamda, Havza Bazlı Su Yönetimi Modeli benimsenmiş ve Türkiye'deki 25 su havzası için entegre yönetim stratejileri geliştirilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

Su yönetimi politikalarının önemli bir ayağını tarımsal sulama sistemlerinin modernizasyonu oluşturmaktadır. Tarımsal üretimde açık kanal sulama sistemleri yerine kapalı borulu sulama sistemlerine geçiş hızlandırılmıştır. Bu dönüşüm, su kayıplarını minimize etmekte ve tarım sektörünün su tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır (TÜİK, 2023). Ayrıca, akıllı su yönetim sistemleri ve dijital izleme teknolojileri kullanılarak suyun etkin dağıtımı sağlanmakta ve gereksiz su tüketiminin önüne geçilmektedir.

Bunun yanı sıra, sanayi ve evsel su kullanımında geri dönüşüm uygulamaları yaygınlaştırılmış, atık su arıtma tesislerinin kapasitesi artırılmıştır. Gri su kullanımı gibi alternatif su kaynaklarının değerlendirilmesi yönünde teşvik politikaları uygulanarak, özellikle kentsel alanlarda su tasarrufunu artırıcı önlemler alınmaktadır (OECD, 2022).

2.2.4.3. Geleceğe Yönelik Stratejiler ve Öneriler

Türkiye'nin tarım ve su yönetimi politikalarının daha sürdürülebilir hale getirilmesi için uzun vadeli stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Öncelikle, iklim değişikliğine uyum sağlayan tarım politikalarının güçlendirilmesi ve çiftçilere yönelik teşvik mekanizmalarının artırılması gerekmektedir. Özellikle, karbon ayak izini azaltan ve su tüketimini optimize eden tarımsal üretim tekniklerine daha fazla yatırım yapılmalıdır.

Su yönetimi açısından ise, yer altı su kaynaklarının korunması ve yenilenebilir su rezervlerinin artırılması yönünde daha etkin politikalar uygulanmalıdır. Türkiye'nin su geri kazanım oranlarının artırılması ve sanayi, belediye ve tarım sektörlerinde entegre su yönetimi modellerinin yaygınlaştırılması, mevcut su krizinin çözümüne katkı sağlayacaktır.

Türkiye, bu sorunlara karşı Tarımda İklim Değişikliği Adaptasyonu Eylem Planı'nı hayata geçirmiştir. Bu plan, sulama verimliliğini artırmayı, kuraklığa dayanıklı tarım ürünleri geliştirmeyi ve su kaynaklarını daha etkin kullanmayı hedeflemektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

2.3. Karbon Ayak İzi ve Fiyatlandırma Politikaları

Devletler, kurumlar ve bireyler olarak yaşamımızda bireysel ya da kolektif olarak izler bırakıyoruz. Bu izler yaşamımızda kullandığımız taşıma şekline tutun da üretim ve tüketim şeklimize kadar her detayı barındırıyor. Karbon ayak izi seçimlerimizin sonucunda atmosfere yayılan karbon miktarını belirtmektedir. Karbondioksit ve diğer sera gazları (azot oksit, ozon, su buharı ve florlu gazlar) yüzyıllardır var olsalar da Sanayileşmenin başlamasıyla birlikte 20. Yüzyıldan sonra bu gazların salınımı giderek artmış ve yaptığımız üretim, tüketim faaliyetleri gibi seçimler bu gazları arttırarak küresel ısınmaya ve bunun sonucunda iklim değişikliğine neden olmaktadır. (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2016)

1990'lı yıllarda ortaya atılan Ekolojik Ayak izinin bileşenlerinden olan Karbon ayak izi Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından tanımlanmıştır. Ekolojik Ayak İzi, mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle bir bireyin, topluluğun ya da faaliyetin tükettiği kaynakları üretmek ve yarattığı atığı bertaraf etmek için gereken biyolojik olarak verimli toprak ve su alanı olarak tanımlanmaktadır. (Özsoy, 2015)

Karbon ayak izi, ürün yaşam döngüsünün her bir aşamasında (üretim, taşıma, kullanım ve bertaraf) ortaya çıkan CO₂ salınımının bir ölçüsüdür. (Türkiye Bilişim Derneği. (2024))

Daha detayına inecek olursak karbon ayak izimizi etkileyen günlük yaşamımızdan bazı örnekler şunlar olacaktır; Marketten aldığımız yediğimiz bir adet meyve tarladan toplanıp bir kamyonla markete veya manava taşındığından bir karbon ayak izi üretir. Sürdüğümüz araba sadece karbon salımı yapmaz, aynı zamanda diğer zararlı gazları da salar.

Yemek pişirirken, ev tipi bir sera gazı emisyonu kaynağı olan gazı kullanmamız gerekir. Elektrikli ocak kullanarak da emisyonu azaltmamız mümkün değildir çünkü elektrik de fosil yakıtlarla üretilir. Şekil 8'de Karbon Ayak izi verilmiştir.

Şekil 8. Karbon Ayak izi



IPCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Uluslararası Paneli), ulusal sera gazı envanterlerinin oluşturulması için kılavuzlar ve araçlar sunmaktadır. Bu kılavuzlar, bir ülkenin karbon ayak izini, temel istatistiksel ve ekonomik verilerden yola çıkarak hesaplamak için gerekli standartları belirler ve bu veriler uluslararası iklim anlaşmalarının izlenmesi ve belirlenmesinde kullanılır. Bu hesaplamalar için tipik veri kaynakları arasında bir yıl boyunca ülke genelinde kullanılan fosil yakıt miktarı, toplam elektrik üretimi, endüstriyel üretim değeri, arazi kullanımının kentsel, orman ve tarım alanlarına göre dağılımı ve yetiştirilen hayvan sayısı gibi bilgiler yer alır.

Toplam sera gazı emisyonları hesaplandıktan sonra, karbon yutakları adı verilen değerler bu toplamdan çıkarılır. Karbon yutakları, bir ülkenin, organizasyonun veya bireylerin atmosferden karbon çekmek için gerçekleştirdiği faaliyetleri ifade eder. Örneğin, bir yıl içerisinde bir bölgede ağaç dikimi yapılmışsa, bu bölgeye dikilen ağaçların yarattığı karbon emme gücü, toplam emisyonlardan düşülmelidir.

IPCC, her bir parametre için dizel yakıt litreleri, metan metreküpleri, ekili arazi alanları, hayvan sayıları ve yeni orman alanları gibi verileri, salınan CO₂ gramına dönüştürmeye olanak sağlayan dönüşüm tabloları sunar. CO₂e (karbondioksit eşdeğeri) terimi yaygın olarak kullanılır çünkü farklı emisyon türleri de CO₂ eşdeğeri cinsinden hesaplanır. (Understanding CO₂ emissions and carbon equivalence. Enel Green Power, 2023)

Ülkelerin, işletmelerin, Üniversitelerin, bireylerin ve hatta tek bir ürünün bile karbon ayak izi hesaplanılabilir.

2.3.1. Karbon Fiyatlandırma ve İklim Değişikliği Üzerindeki Etkileri

Karbon fiyatlandırma, sera gazı emisyonlarını azaltma hedefiyle kullanılan karbon salınımlarına maliyet ekleyen ekonomik bir araçtır. Karbon fiyatlandırma yaklaşımı, çevresel sürdürülebilirlik sağlamak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için önemli bir stratejidir. Karbon fiyatlandırma, iki farklı yöntemle uygulanabilir: karbon vergisi ve emisyon ticareti sistemleri. Her iki sistem de şirketleri ve bireyleri daha temiz enerji seçeneklerine yönlendirerek, sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlar. (Stern N. , 2007, s. 220) Bu sistemlerin etkinliği, karbon fiyatlarının doğru seviyede belirlenmesine ve küresel bir iş birliğinin sağlanmasına bağlıdır.

Karbon fiyatlandırma, ekonomik teoride "kirleten öder" ilkesine dayanmaktadır. Bu ilke, karbon salınımlarını yaratan aktörlerin, bu salınımların çevreye verdiği zararı telafi etmek için maliyet üstlenmesini ifade eder. Bu yaklaşım, piyasa mekanizmalarını kullanarak çevresel dışsallıkları içselleştirir, yani çevreye verilen zararın ekonomiye yansımını sağlar. (Pigou, 1920, s. 172) Karbon fiyatlandırma mekanizmaları, emisyonların azalmasına yol açarken aynı zamanda yenilenebilir enerji teknolojilerine ve düşük karbonlu ekonomik faaliyetlere olan talebi artırır. Bu, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirliğin dengelenmesine katkı sağlar (Tol, 2008, s. 15)

Karbon vergisi, doğrudan karbon emisyonlarına bir maliyet ekler ve şirketleri emisyonları azaltmaya yönlendirir. Bu sistem, belirli bir karbon miktarına karşılık gelen sabit bir vergi oranı uygular. Verginin miktarı, emisyonları azaltmayı teşvik etmek amacıyla zaman içinde artabilir. Ancak, düşük karbon fiyatları bu vergi sistemlerinin etkinliğini sınırlayabilir, çünkü şirketler karbon emisyonlarını azaltma konusunda yetersiz teşvikler alır. (Nordhaus, 2013) Emisyon ticareti sistemi ise, devletin belirlediği bir toplam emisyon miktarına dayalı olarak, emisyon hakları dağıtır ve bu hakların alınıp satılmasına olanak tanır. Bu sistemde, her şirket belirli bir emisyon kotasına sahiptir ve kotayı aşarsa, başka şirketlerden emisyon hakkı satın alabilir. Bu piyasa tabanlı sistem, daha esnek bir yaklaşım sunar, ancak doğru bir fiyat belirlenmediğinde emisyonlarda beklenen azalma sağlanamayabilir. (Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Programı: Bir Başlangıç, 2010)

Karbon fiyatlandırmanın iklim değişikliği üzerindeki etkileri geniş çaplıdır. Bu sistemler, karbon salınımlarını azaltarak küresel sıcaklık artışını sınırlama hedefine katkı sağlar.

Özellikle, Paris İklim Anlaşması çerçevesinde, dünya genelinde sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması için karbon fiyatlandırma uygulamalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir. (Paris Anlaşması, 2015) Ancak, karbon fiyatlarının etkinliği, sadece fiyat düzeyine değil, aynı zamanda küresel düzeydeki iş birliğine de bağlıdır. Karbon fiyatlandırma, gelişmiş ülkelerde daha fazla uygulanırken, gelişmekte olan ülkelerde bu mekanizmaların adaptasyonu genellikle zorlu bir süreçtir. Bu durum, ekonomik büyüme ile çevresel hedeflerin uyumlu hale getirilmesi için uluslararası yardım ve destek gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Türkiye’de karbon fiyatlandırma sistemleri, özellikle enerji ve sanayi sektörlerinde daha fazla gündeme gelmeye başlamıştır. Türkiye’nin karbon piyasası oluşturma süreci, ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için kritik bir adımdır. Ancak, Türkiye’nin bu alandaki zorlukları, emisyon hedeflerinin tutturulması ve yerli piyasaların karbon fiyatlandırma sistemine adaptasyonu konusunda önemli engellerle karşı karşıya kalmaktadır. (Özdemir, 2024, s. 518) Bu bağlamda, Türkiye’nin karbon fiyatlandırma stratejilerini uluslararası düzeydeki uygulamalara entegre etmesi hem iç hem de dış piyasalarda rekabet gücünü artırabilir.

Karbon fiyatlandırma, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir ekonomik araçtır. Hem karbon vergisi hem de emisyon ticareti sistemlerinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için doğru fiyatlandırma politikaları ve uluslararası iş birliği gerekmektedir. Karbon fiyatlandırma sistemleri, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirliği bir arada tutarak, küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerinde anlamlı bir etki yaratabilir.

2.3.2. Türkiye’nin Karbon Fiyatlandırma Politikaları

Karbon fiyatlandırma, küresel ölçekte sera gazı emisyonlarını azaltmak için en etkili mekanizmalardan biri olarak kabul edilmektedir. Türkiye, bu çerçevede karbon ticareti ve karbon vergisi gibi ekonomik araçları hayata geçirmeyi hedeflemektedir. Karbon ticaret sistemi (Emisyon Ticaret Sistemi - ETS), belirlenen üst sınır dâhilinde işletmelere emisyon hakları tahsis eden ve bu hakların piyasa üzerinden alınıp satılmasına olanak tanıyan bir mekanizmadır. Bu sistemin temel amacı, sanayi ve enerji sektörleri başta olmak üzere yüksek emisyon üreten sektörlerde karbon salınımını azaltmak ve firmaları daha temiz üretim teknolojilerine yönlendirmektir. Karbon vergisi ise belirli sektörlerdeki karbon emisyonlarına doğrudan maliyet yükleyen bir politika aracıdır. Türkiye’de şu an doğrudan bir karbon vergisi uygulaması bulunmamakla birlikte, uzun vadede emisyon

azaltım hedeflerine ulaşabilmek için bu mekanizmanın değerlendirilmesi gündeme gelebilir (Akkaya, 2020, s. 102)

Türkiye, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli stratejiler geliştirmiş ve bu doğrultuda çeşitli politikalar uygulamaya koymuştur. Bu kapsamda, 2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylamış ve 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefini açıklamıştır. Bu hedef doğrultusunda, karbon fiyatlandırma mekanizmalarının geliştirilmesi ve yeşil finansman kaynaklarının etkin kullanımı kritik bir öneme sahiptir. Türkiye, Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'ne (EU ETS) uyum sağlamak amacıyla bir karbon ticaret mekanizması oluşturma sürecindedir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen çalışmalar kapsamında, belirli sektörlerde pilot ETS uygulamalarına başlanmıştır. Türkiye'nin karbon ticareti piyasasına entegrasyonu, özellikle sınırda karbon düzenleme mekanizmasına (CBAM) uyum sürecinde önem taşımaktadır. Avrupa Birliği'nin karbon düzenlemeleri, Türkiye gibi ihracat ağırlıklı üretim yapan ülkeler için yeni ekonomik dinamikler yaratmaktadır. Bu bağlamda, karbon fiyatlandırma sistemlerinin etkinliği, Türkiye'nin küresel ticarete rekabet gücünü koruması açısından da stratejik bir konu haline gelmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

Türkiye, karbon fiyatlandırma politikalarını desteklemek için yeşil finansman mekanizmalarını da aktif bir şekilde kullanmaktadır. Yeşil tahviller, sürdürülebilir finansman araçları ve karbon denkleştirme projeleri, düşük karbon ekonomisine geçişi teşvik eden finansal araçlar arasında yer almaktadır. 2021 yılında uygulamaya konulan Yeşil Tahvil ve Sürdürülebilir Finansman Çerçevesi, çevre dostu projelere yatırım yapılmasını teşvik eden önemli bir politika aracı olarak öne çıkmaktadır. Uluslararası finans kuruluşlarının desteklediği düşük faizli krediler ve teşvik mekanizmaları, Türkiye'de özel sektörün yeşil dönüşüm sürecine katılımını hızlandırmaktadır. Karbon fiyatlandırma sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için sanayi sektörünün düşük karbonlu üretime geçişi desteklenmeli ve bu dönüşüm sürecine finansal teşvikler sağlanmalıdır (UNDP Türkiye, 2022).

Türkiye'nin karbon fiyatlandırma politikalarını uygulama sürecinde çeşitli zorluklarla karşı karşıya olduğu görülmektedir. Bu zorlukların başında, yasal altyapının tam anlamıyla oluşturulamamış olması, fosil yakıt sübvansiyonlarının devam etmesi ve sanayi sektöründe düşük karbonlu üretim modellerine geçişin maliyetli olması gelmektedir.

Ayrıca, karbon fiyatlandırma mekanizmalarının oluşturulması için gereken düzenleyici çerçeve henüz tamamlanmamıştır. Bu eksiklikler, karbon piyasalarının etkin bir şekilde işlemlerini zorlaştırmaktadır. Türkiye'nin karbon fiyatlandırma politikalarının başarıya ulaşabilmesi için emisyon ticaret sisteminin tam ölçekli uygulanması, sanayi sektörüne yönelik düşük karbonlu üretim teşviklerinin artırılması ve finansal kaynakların etkin bir şekilde yönlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin uluslararası karbon piyasalarına entegrasyonu için gerekli düzenleyici adımların hızla atılması büyük önem taşımaktadır. Karbon fiyatlandırma politikalarının etkili bir şekilde uygulanması, Türkiye'nin küresel iklim hedeflerine uyum sağlamasına ve yeşil dönüşüm sürecini hızlandırmasına katkı sağlayacaktır (European Commission, 2023).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSI ETKİLEYEN MAKROEKONOMİK FAKTÖRLER

3.1. İklim Değişikliği Performansı Endeksi (CCPI)

İklim Değişikliği Performansı Endeksi (CCPI), ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik başarılarını değerlendiren kapsamlı bir endekstir. CCPI, dört ana ölçüt üzerinden ülkelerin performansını sıralar: sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji tüketimi ve iklim politikaları (Germanwatch, 2023).

Bu endeks, ülkelerin çevresel performanslarını karşılaştırırken mutlak değerler yerine göreceli sıralamaları esas alır. Örneğin, 2023 yılında İsveç, Danimarka ve Norveç gibi ülkeler en yüksek performansı gösterenler arasında yer alırken, fosil yakıtlara bağımlı ülkeler düşük sıralamalarda kalmıştır (Germanwatch, 2023). CCPI, ulusal politikaların uluslararası hedeflerle uyumlu olup olmadığını değerlendiren önemli bir araçtır.

İklim Değişikliği Performans endeksi (CCPI), 2005 yılından bu yana Germanwatch, NewClimate Institute, ve Climate Action Network tarafından yayımlanan bir araçtır. Bu endeks, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadeledeki başarılarını ölçmek ve küresel iklim politikalarının ilerleyişini değerlendirmek için geliştirilmiştir. CCPI, ülkelerin performansını çeşitli kriterlere dayalı olarak puanlandırır ve sıralar. İndeksin temel amacı, hem iyi uygulamaları öne çıkarmak hem de politika yapıcılarını daha etkin önlemler almaya teşvik etmektir.

İklim Değişikliği Performans Endeksi (Climate Change Performance Index - CCPI), ülkelerin iklim değişikliği ile mücadeledeki başarılarını dört temel bileşen üzerinden analiz eden kapsamlı bir değerlendirme sistemidir. 2005 yılından bu yana yayımlanan endeks, ülkelerin emisyon azaltım performanslarını, sürdürülebilir enerji politikalarını ve iklim değişikliğine yönelik stratejilerini karşılaştırmalı bir perspektifle değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Burck vd., 2023).

3.2. CCPI Değerlendirme Kriterleri

Endeksin metodolojisi, sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimliliği ve iklim politikaları olmak üzere dört ana kategoride ülkeleri puanlamaktadır. Bu kriterlerin ağırlıkları, iklim değişikliği ile mücadeledeki önceliklere göre belirlenmiştir. Aşağıda CCPI değerlendirme kriterleri başlıklar altında incelenmiştir.

3.2.1. Sera Gazı Emisyonları (%40 Ağırlık)

Bu kriter, ülkelerin toplam sera gazı emisyonları ve Paris Anlaşması'na uyumlu azaltım hedefleri doğrultusunda gösterdiği ilerlemeyi değerlendirir. Değerlendirme şu temel ölçütlere dayanır:

- Toplam emisyon miktarı (gigaton CO₂ eşdeğeri)
- Kişi başına düşen emisyon miktarı
- 1990'dan itibaren emisyon eğilimleri ve değişim oranları
- Ekonomik büyüklüğe kıyasla emisyon yoğunluğu (CO₂/GDP oranı)
- Paris Anlaşması hedefleriyle uyumluluk seviyesi

Özellikle, küresel karbon bütçesine katkı ve ülkelerin net sıfır emisyon hedeflerine ulaşma stratejileri, CCPI sıralamasında belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır (IPCC, 2021).

3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kullanımı (%20 Ağırlık)

Bu kriter, ülkelerin temiz enerji kaynaklarını benimseme hızını ve fosil yakıtlardan uzaklaşma süreçlerini ölçer. Değerlendirme şu unsurları içerir:

- Toplam enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji payı
- Son 10 yılda yenilenebilir enerji üretim kapasitesindeki artış oranı
- Ülkenin mevcut enerji politikalarının uluslararası iklim hedefleriyle uyumu

Özellikle güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi gibi düşük karbonlu kaynakların toplam enerji arzındaki payı, ülkelerin yenilenebilir enerji dönüşüm hızını belirleyen ana unsurlar arasındadır (IRENA, 2022).

3.2.3. Enerji Kullanımı ve Verimlilik (%20 Ağırlık)

Enerji tüketimi kriteri, ülkelerin enerji yoğunluğunu, toplam enerji tüketimini ve enerji verimliliğindeki gelişmeleri inceleyerek, iklim dostu enerji yönetimini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda değerlendirilen faktörler:

- Toplam birincil enerji tüketimi (megajul cinsinden)
- Enerji yoğunluğu (ekonomik çıktı başına düşen enerji tüketimi - MJ/GDP)
- Enerji tasarrufu ve verimlilik iyileştirmeleri

Ülkelerin yeşil ekonomi ve sürdürülebilir enerji geçiş politikalarına yaptığı yatırımlar, bu kriterin temel belirleyicileri arasında yer almaktadır (IEA, 2023).

3.2.4. İklim Politikaları (%20 Ağırlık)

Bu kriter, ülkelerin ulusal ve uluslararası düzeyde geliştirdiği iklim politikalarının etkinliğini ölçmektedir. Politika değerlendirmesi, şu başlıklar altında incelenir:

- Ulusal emisyon azaltım stratejileri ve karbon nötr hedefleri
- Enerji dönüşüm planları ve yenilenebilir enerji teşvikleri
- Paris Anlaşması ve diğer uluslararası iklim taahhütlerine uyum
- İklim yasaları, karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve sürdürülebilir finans politikaları

Özellikle, ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma konusundaki politik iradeleri ve iklim değişikliği ile mücadelede uyguladıkları yasal düzenlemeler, CCPI sıralamasında kritik bir belirleyici unsur olarak değerlendirilmektedir (Burck vd., 2023).

3.3. CCPI'nin Hesaplama Süreci

İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) hesaplanırken izlenen metodoloji üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, veri toplama sürecinde IPCC, IEA, FAO, Global Carbon Project ve IRENA gibi bağımsız ve uluslararası düzeyde güvenilir kabul edilen kuruluşlardan elde edilen göstergeler analiz edilmektedir. Ayrıca, ülkelerin ulusal ve bölgesel iklim politikaları, hükümet beyanları ve yasa tasarıları da değerlendirme sürecine dâhil edilmektedir. İkinci aşamada, elde edilen veriler normalizasyon işlemine tabi tutularak her bir gösterge 0 ile 100 arasında bir puanla ifade edilmektedir; burada 100

puan en yüksek, 0 puan ise en düşük performansı temsil etmektedir. Bu sayede ülkeler, kendi performanslarını küresel ortalamalarla kıyaslayarak endeksteki sıralamada yer almaktadır. Son aşamada ise sera gazı emisyonları %40, yenilenebilir enerji %20, enerji kullanımı/verimliliği %20 ve iklim politikaları %20 ağırlıklandırılarak nihai CCPI puanı hesaplanmaktadır. Böylece ülkelerin genel sıralaması, dört ana kategorinin ağırlıklı ortalaması üzerinden belirlenmekte ve iklim değişikliğiyle mücadeledeki göreceli başarı düzeyleri ortaya konmaktadır.

3.4. İklim Değişikliği Performans Endeksinin Rolü ve Sınırlılıkları

İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI), ulusal ve uluslararası düzeyde iklim politikalarının etkinliğini şeffaf bir biçimde karşılaştırma imkânı sunarak karar vericiler, araştırmacılar ve kamuoyu için değerli bir referans noktası oluşturmaktadır.

Endeks, yüksek performans gösteren ülkeleri öne çıkararak diğer ülkeleri iklim değişikliğiyle mücadelede daha etkin politikalar geliştirmeye teşvik etmekte ve böylece küresel farkındalığın artmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda Paris Anlaşması'nın hedeflerine ulaşılması sürecinde bir yol haritası işlevi görmek, ülkelerin mevcut konumlarını ve eksik yönlerini tespit ederek politika geliştirme sürecine ışık tutmaktadır. Bununla birlikte, CCPI'nin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Özellikle bazı ülkeler için yeterli ve güncel veri bulunamaması, endeksteki sıralamaların doğruluğunu etkileyebilmektedir. Ayrıca, endeksin metodolojisi ekonomik ve sosyal bağlamdaki farklılıkları tam olarak yansıtamamakta ve yalnızca yüksek düzeyde emisyon salımı yapan ülkeleri kapsadığı için küresel ölçekte tüm ülkeleri temsil etmemektedir. Bu sınırlamalara rağmen CCPI, iklim performansını değerlendirmede önemli ve etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

3.5. İklim Değişikliği Performansının Kategorilere Göre Değerlendirilmesi

3.5.1. Yüksek Performanslı Ülkeler

Yüksek performans gösteren ülkeler, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında kaydettikleri ilerlemelerle öne çıkmakta ve iklim değişikliğiyle mücadelede küresel ölçekte örnek teşkil etmektedir. İsveç, Norveç ve Finlandiya gibi ülkeler; düşük sera gazı emisyon seviyeleri, yüksek enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımındaki başarılarıyla dikkat çekmektedir (Germanwatch, 2023).

Bu ülkeler yalnızca teknik göstergeler açısından değil, aynı zamanda uyguladıkları yenilikçi ulusal iklim politikalarıyla da öne çıkmaktadır. Örneğin, Norveç elektrikli araç kullanım oranını artırma konusundaki kararlı politikaları sayesinde bu alanda küresel bir lider konumuna gelmiştir (IRENA, 2023). İsveç ise uyguladığı etkili karbon vergisi politikası sayesinde emisyonlarını kontrol altında tutmakta ve çevresel politikalarının etkinliğini artırmaktadır. Bu örnekler, güçlü siyasi irade ve stratejik politika uygulamalarının iklim performansı üzerindeki belirleyici rolünü açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 3'te 2024 yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi Raporunda yer alan sıralamaya göre performansı en yüksek 10 ülke verilmiştir;

Tablo 3. 2024 Yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde En Yüksek Performansa Sahip 10 Ülke

4	Danimarka	75.59
5	Estonya	72.07
6	Filipinler	70.70
7	Hindistan	70.25
8	Hollanda	69.98
9	Fas	69.82
10	İsveç	69.39
11	Şili	68.74
12	Norveç	67.48
13	Portekiz	67.39

Kaynak: CCPI 2024 Raporlarındaki veri seti kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 3'ten de görülebileceği üzere, 2024 yılında İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde (CCPI) en yüksek skoru alan ülke Danimarka olmuştur. Bu başarı, ülkenin uzun vadeli ve bütüncül iklim stratejilerinin bir yansımasıdır. Danimarka, 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını %70 oranında azaltma hedefiyle dünyanın en iddialı iklim planlarından birini yürütmektedir. Bu hedef, fosil yakıtlardan arındırılmış bir enerji sistemi kurmayı ve yeşil teknoloji ihracatını teşvik etmeyi amaçlayan bir stratejiye dayanmaktadır. 2023 itibarıyla 7,6 GW kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesine ulaşarak elektrik üretiminin %52'sini bu kaynaktan karşılayan Danimarka, 2030 yılına kadar bu oranı %84'e çıkarmayı hedeflemektedir (Danish Energy Agency, 2023). “Yeşil Enerji

Anlaşması” (Energy Agreement 2018) kapsamında, fosil yakıtlı ısıtma sistemlerinin yasaklanması ve offshore rüzgâr çiftlikleri için 34 milyar DKK (yaklaşık 5,1 milyar USD) bütçe ayrılması gibi somut adımlar atılmıştır (IEA, 2022). Ayrıca, başkent Kopenhag’ın 2025 yılına kadar dünyanın ilk karbon-nötr başkenti olma hedefi doğrultusunda, bisiklet altyapısına yılda 150 milyon avro yatırım yapılmış ve bina ısıtmasında kömür kullanımı tamamen sonlandırılmıştır (Copenhagen Municipality, 2023). Bunlara ek olarak, “Energy Island” projesiyle Kuzey Denizi’nde 3 GW kapasiteli yapay bir ada inşa edilerek yenilenebilir enerjinin hem depolanması hem de Avrupa’ya ihracatı hedeflenmektedir. Tüm bu uygulamalar, Danimarka’nın yalnızca yüksek teknoloji kullanımıyla değil, aynı zamanda kararlı ve ileri görüşlü politikalarıyla da iklim değişikliğiyle mücadelede öncü bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Danimarka’nın ardından, 2024 yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi’nde ikinci sırada yer alan Estonya, dijital dönüşüm ile desteklenen sürdürülebilirlik politikaları sayesinde dikkat çekmektedir. Estonya, 2023 itibarıyla %54 ormanlık alan oranı ve %60 biyokütle enerji payı ile Avrupa’nın önde gelen yeşil ekonomilerinden biridir. Ülke, 2030’a kadar karbon emisyonlarını %40 azaltma hedefini, dijital çözümler ve yenilenebilir enerji entegrasyonu ile desteklemektedir (Ministry of Environment, 2023).

Akıllı şehir uygulamaları kapsamında Tallinn’de 2013’ten beri ücretsiz toplu taşıma sistemi uygulanmakta, bu sayede şehir içi araç emisyonları %15 azalmış ve akıllı ısıtma sistemleri ile binalarda enerji tüketimi %25 oranında düşürülmüştür (Tallinn City Council, 2023). Estonya’nın 1,3 milyon hektar ormanlık alanı, yıllık 10 milyon m³ sürdürülebilir kereste üretimi sağlamak ve biyokütleden elde edilen enerji, elektrik üretiminin %60’ını karşılamaktadır (Estonian Environmental Board, 2023).

Bunun yanında, “Baltık Denizi Rüzgâr Koridoru” projesi kapsamında 2030’a kadar 500 MW yeşil hidrojen üretim kapasitesi hedeflenmekte ve blockchain tabanlı enerji takip sistemleri ile şebeke verimliliği artırılmaktadır (Estonian Investment Agency, 2023). Ayrıca Estonya’nın e-Devlet platformları, karbon ayak izi takibi ve vatandaş katılımını kolaylaştırarak iklim politikalarının şeffaf ve etkin yönetilmesine olanak tanımaktadır.

Filipinler, 2024 İklim Değişikliği Performans Endeksi’nde 70,70 skor ile 6. sırada yer alarak, gelişmekte olan ülkeler arasında kayda değer bir başarı sergilemektedir. Coğrafi konumunun getirdiği tayfun ve sel gibi doğal afet risklerine rağmen, yenilenebilir enerji

yatırımları ve toplum temelli adaptasyon stratejileriyle iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir model oluşturmaktadır. 2023 yılı itibarıyla 1,9 GW kurulu kapasite ile ABD ve Endonezya'nın ardından jeotermal enerji üretiminde dünyada üçüncü sırada bulunan Filipinler, elektrik üretiminin %17'sini bu kaynaktan sağlamaktadır (Department of Energy, 2023). “Malitbog Jeotermal Santrali” gibi projeler, ülkenin 2030 hedefi olan 2,5 GW kapasiteye ulaşmasını desteklemektedir.

Bunun yanı sıra, “Yeşil İklim Fonu”ndan temin edilen 500 milyon ABD doları tutarındaki finansman, kıyı bölgelerinde sel önleme bentleri ve iklim dostu sulama sistemlerinin kurulmasına olanak sağlamış, 1,2 milyon hektar mangrov ormanı restorasyonu ile karbon yutağı kapasitesi artırılmıştır (Dünya Bankası, 2023).

Toplumsal iklim eylemlerine katılımını artırmayı amaçlayan “Ecotown Programı” kapsamında, 150 yerel belediyede sıfır atık yönetimi, organik tarım ve güneş enerjili sulama sistemleri teşvik edilmekte, 2025 yılına kadar yarım milyon hanenin enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklarla karşılanması hedeflenmektedir (İklim Değişikliği Komisyonu, 2023). Ayrıca, mobil tabanlı “Project NOAH” projesi sayesinde 18 milyon kişiye anlık hava durumu ve afet uyarıları iletilmekte, böylece can kayıpları %30 oranında azaltılmıştır (National Disaster Risk Reduction Council, 2023).

Filipinler'in bu çok boyutlu yaklaşımı, iklim değişikliği ile mücadelede hem enerji dönüşümünü hem de toplumsal dayanıklılığı ön planda tutmaktadır.

3.5.2. Düşük Performanslı Ülkeler

Düşük performans gösteren ülkeler genellikle fosil yakıtlara dayalı ekonomilere sahip olup, enerji sektöründe yenilenebilir kaynakların payı oldukça düşüktür. Bu ülkelerde çevresel politikaların eksikliği, iklim performansını olumsuz etkilemektedir. Özellikle enerji altyapısındaki dönüşüm eksikliği, emisyonların kontrol altına alınmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, ekonomik önceliklerin çevresel hedeflerin önüne geçtiği gözlemlenmektedir (Climate Action Tracker, 2023).

Tablo 4'te 2024 yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi Raporunda yer alan sıralamaya göre performansı en düşük 10 ülke verilmiştir;

Tablo 4. 2024 Yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde En Düşük Performansa Sahip 10 Ülke

10	Japonya	42.08
9	Malezya	38.57
8	Kazakistan	38.52
7	Tayvan	36.94
6	Kanada	31.55
5	Rusya	31.00
4	Güney Kore	24.98
3	Birleşik Arap Emirlikleri	24.55
2	İran	23.53
1	Suudi Arabistan	19.33

Kaynak: CCPI 2024 Raporlarındaki veri seti kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 4'ten görüldüğü üzere, 2024 yılında İklim Değişikliği Performans Endeksi'nde (CCPI) en düşük skoru alan ülke Suudi Arabistan olmuştur. Suudi Arabistan, dünya petrol rezervlerinin yaklaşık %17'sine sahip olup, ekonomisinin %87'si fosil yakıt gelirlerine dayanmaktadır. 2023 verilerine göre, enerji üretiminin %99'u petrol ve doğalgaz kaynaklarından sağlanmaktadır (Global Karbon Atlas, 2023). Ülkenin yenilenebilir enerji kapasitesi ise, 2030 hedefi olan 58 GW'a kıyasla 2023 yılında yalnızca 0,5 GW seviyesinde kalmıştır (IEA, 2023).

"Vision 2030" vizyonu çerçevesinde hayata geçirilen NEOM ve Duba Güneş Parkı gibi projeler, yeşil hidrojen ve güneş enerjisi alanında ilerleme vaat etse de bu projelerin toplam enerji arzına katkısı %1'in altındadır. Ayrıca, kişi başı karbon emisyonu 18,5 ton ile dünya ortalamasının yaklaşık üç katına ulaşmıştır (Climate Action Tracker, 2023). Petrol gelirlerinin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) içindeki yüksek payı nedeniyle, Suudi Arabistan'da karbon vergisi veya emisyon ticareti gibi çevresel politika araçları henüz uygulanmamaktadır.

Tablo 2'de 2024 yılında en düşük performans sergileyen ülkeler arasında Suudi Arabistan'ın ardından en belirgin düşük skoru İran almaktadır. Dünyanın dördüncü büyük

petrol üreticisi olan İran, ekonomik yaptırımlar ve altyapı eksikliği nedeniyle yenilenebilir enerjiye geçişte ciddi zorluklarla karşı karşıyadır. Ülkenin enerji üretiminin %95'i fosil yakıtlara dayanmaktadır ve günlük 1,8 milyon varil petrol tüketimi, iç talebin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Dünya Bankası, 2023). Yenilenebilir enerji yatırımları, toplam bütçenin yalnızca %2'sini alırken, 2023 itibarıyla kurulu güneş enerjisi kapasitesi 0,4 GW ile sınırlı kalmıştır (IRENA, 2023). İran'ın "Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi", 2030'a kadar emisyonları %12 oranında azaltmayı hedeflese de fosil yakıt sübvansiyonlarının yıllık 30 milyar USD'yi aşması bu hedeflerin gerçekleştirilmesini ekonomik açıdan güçleştirmektedir (IMF, 2023). Ayrıca, Batılı teknoloji sağlayıcılarına erişimin sınırlı olması, rüzgâr türbini ve güneş paneli üretimini engellemektedir.

2024 yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi sıralamasında en düşük skora sahip olan 3. Ülke ise Körfez ülkesi olan Birleşik Arap Emirlikleri (BAE), petrol gelirlerini temiz enerji yatırımlarına yönlendirmekte ancak yüksek kişi başı karbon emisyonlarıyla çelişkili bir profil sergilemektedir. Abu Dabi'deki 2 GW kapasiteli Al Dhafra Güneş Projesi ve Barakah Nükleer Santrali ile 2030 yılına kadar temiz enerji payını %50'ye çıkarmayı hedeflemektedir (Ministry of Energy, 2023). Bununla birlikte, enerji üretiminin %75'i hâlen doğalgaz kaynaklıdır ve kişi başı karbon emisyonu 25,6 ton ile dünya genelinde en yüksek seviyeler arasındadır (Global Carbon Atlas, 2023). Dubai'de sürdürülebilir kent projesi olarak geliştirilen Masdar City sembolik önem taşıırken, petrol ihracatından elde edilen yıllık yaklaşık 100 milyar USD'lik gelir, ekonominin fosil yakıtlardan uzaklaşmasını sınırlamaktadır (OPEC, 2023). Ayrıca, 2023'te COP28'e ev sahipliği yapmasına rağmen, Birleşik Arap Emirlikleri'nin ulusal katkı beyanları (NDC'ler) bağlayıcı olmayan hedefler içermektedir.

2024 Yılı Raporlarına göre İklim Değişikliği Performans Skoru en düşük 3 ülkeyi Fosil Yakıt Bağımlılığı, Kişi Başı Emisyon ve Yenilenebilir Enerji Oranları açısından inceleyecek olursak; detaylı veriler aşağıda tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. 2024 CCPI’de En Düşük Performansa Sahip Ülkelerin Fosil Yakıt Bağımlılığı, Kişi Başı Emisyon ve Yenilenebilir Enerji Oranları

Ülke	Fosil Yakıt Bağımlılığı	Kişi Başı Emisyon (ton)	Yenilenebilir Enerji Payı
Suudi Arabistan	%99	8,9	%1
İran	%95	8	%2
BAE	%90	25,6	%4-7

Kaynak: (IEA, 2022) (IMF, 2023) (IRENA, 2022) (World Bank, 2022)

Tablo 5 incelendiğinde, 2024 yılı İklim Değişikliği Performans Endeksi’nde en düşük skorlara sahip olan üç ülke ; Suudi Arabistan, İran ve Birleşik Arap Emirlikleri (BAE)’nin ekonomik yapıları büyük oranda fosil yakıtlara bağımlı olup, bu durum iklim değişikliği ile mücadele ve enerji dönüşümü süreçlerinde önemli kısıtlamalar yaratmaktadır (IMF, 2023). Suudi Arabistan’ın enerji arzının %99’u fosil yakıtlardan karşılanmakta olup, petrol sektörü ülke GSYİH’sinin yaklaşık %42’sini oluşturmaktadır. (World Bank, 2022). İran’da fosil yakıt sübvansiyonları, enerji verimliliğini olumsuz etkileyerek karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır (UNDP, 2021). BAE ise enerji tüketiminin %90’ını fosil yakıtlardan karşılamakta olup, kişi başına 25,6 ton CO₂ emisyonu ile küresel ortalamanın çok üzerinde bir seviyede bulunmaktadır (IEA, 2022). Bu yüksek emisyon seviyesi, başta yoğun klima kullanımı, enerji yoğun sanayi tesisleri ve yüksek tüketim alışkanlıkları olmak üzere çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır.

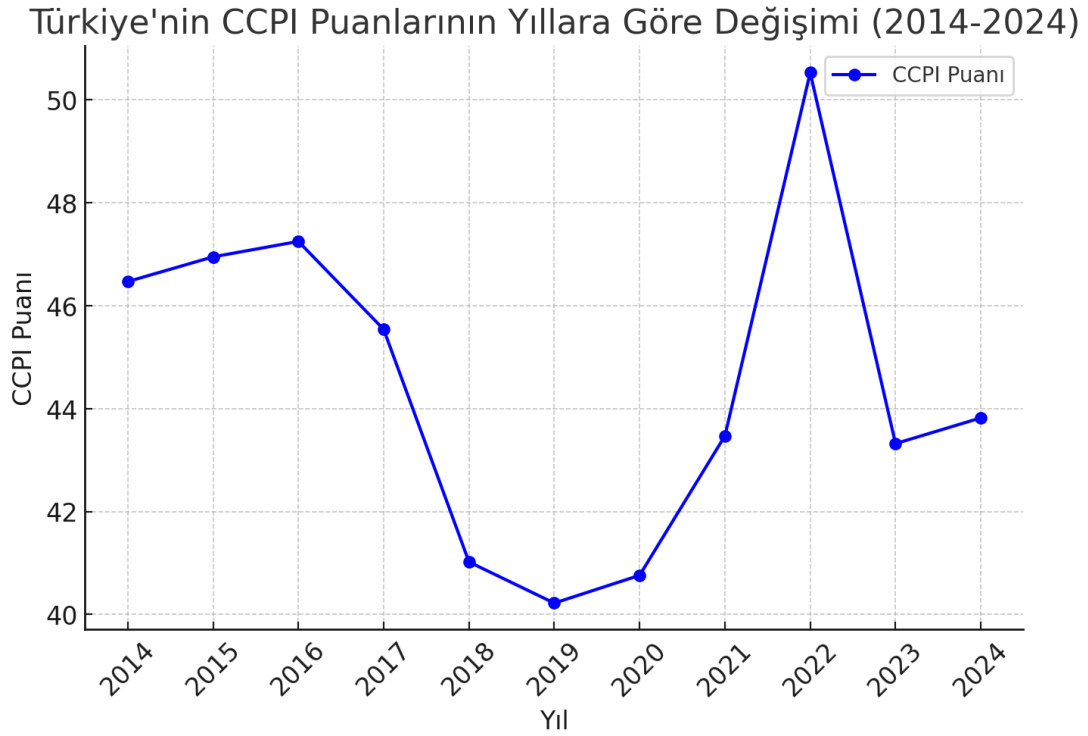
Yenilenebilir enerjiye geçiş, bu ülkelerin ekonomik sürdürülebilirlik hedefleri için kritik bir rol oynamaktadır. Bu konuda, BAE 2030’da %30 yenilenebilir enerji hedefine ulaşmak için Mohammed bin Rashid Güneş Parkı gibi büyük ölçekli projeleri hayata geçirmektedir (IRENA, 2022). Suudi Arabistan’da ise NEOM projesi kapsamında 2030’da %50 yenilenebilir enerji hedeflenmekte, ancak mevcut %1’lik pay, geçişin yavaş ilerlediğini göstermektedir (Saudi Vision 2030, 2023). İran, rüzgâr ve güneş potansiyeline rağmen teknolojik eksiklikler ve yaptırımlar nedeniyle yenilenebilir enerji alanında geri kalmış durumdadır (UNDP, 2021).

Küresel enerji piyasalarındaki dönüşüm, bu ülkelerin ekonomilerini derinden etkileme potansiyeline sahiptir. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, 2040 yılına kadar petrol talebindeki %30'luk düşüş, Suudi Arabistan ve İran'da işsizlik ve bütçe açığı riskini artırabilir (IEA, 2022). Ayrıca, AB'nin Sınırdaki Karbon Düzenlemesi (CBAM) gibi politikalar, BAE'nin alüminyum ve çimento ihracatına ek maliyetler getirebilir (World Bank, 2022).

3.5.3. İklim Değişikliği Performansı Raporlarına Göre Türkiye

Türkiye'nin 2014-2024 yılları arasındaki CCPI skorları kullanılarak Şekil 9. oluşturulmuştur.

Şekil 9. Türkiye'de Yıllara Göre İklim Değişikliği Performansı Değişimi



Kaynak: CCPI Raporlarındaki veriler kullanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Türkiye'nin 2014-2024 yılları arasındaki İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) skorları, ülkenin iklim politikalarındaki gelişim ve gerilemeleri açıkça ortaya koymaktadır. Şekil 9'da görüldüğü üzere, Türkiye'nin iklim performansı bu dönemde dalgalı bir seyir izlemiştir. 2014-2016 döneminde, Türkiye'nin CCPI puanı yaklaşık 46-47 bandında sabit kalmıştır. Bu dönemde yenilenebilir enerji yatırımlarında artış gözlenmekle birlikte, sanayi ve enerji sektörlerindeki karbon yoğun faaliyetlerin devam

etmesi sera gazı emisyonlarının azaltılmasında kayda değer ilerlemeyi engellemiştir. Bu durum, Türkiye'nin iklim politikalarının uygulama ve etkinlik açısından sınırlılıklarını yansıtmaktadır (Germanwatch, 2016). Ayrıca, bu yıllarda enerji talebindeki hızlı artış, fosil yakıt kullanımını teşvik ederek karbon emisyonlarının kontrol altına alınmasını zorlaştırmıştır (IEA, 2017).

2017-2020 yılları arasında Türkiye'nin CCPI puanında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Bu dönemde, enerji üretiminde kömür kullanımının artması ve fosil yakıt yatırımlarının sürdürülmesi, iklim performansında gerilemeye neden olmuştur (Akbostancı & Törnükü, 2020, ss. 47). Paris Anlaşması'nın uzun süre onaylanmaması ve ulusal iklim hedeflerinin belirsiz kalması, Türkiye'nin küresel iklim politikalarıyla uyum sağlamasını zorlaştırmıştır (Kaya & Ekinci, 2019, ss.123-138.). Bu bağlamda, iklim politikalarının tasarım ve uygulanmasında yaşanan eksiklikler, Türkiye'nin CCPI sıralamasındaki gerilemeyi açıklamaktadır.

2021 yılında gözlenen hafif toparlanmaya rağmen, 2022'de yaşanan keskin düşüş, özellikle emisyon azaltım taahhütlerinin gecikmesi ve enerji sektöründeki dönüşümün yavaş ilerlemesiyle ilişkilendirilmektedir (TUIK, 2022). Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı onaylaması önemli bir adım olmakla birlikte, somut ve uygulanabilir karbon azaltım politikalarının hayata geçirilmesinde yaşanan gecikmeler, kısa vadede performans üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır.

2023 ve 2024 yıllarında ise Türkiye'nin CCPI puanında anlamlı bir iyileşme gözlemlenmiştir. Bu iyileşme, yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılması, sürdürülebilir enerji projelerinin desteklenmesi ve ulusal katkı beyanlarının (NDCs) güncellenmesi gibi olumlu gelişmelerle paralellik göstermektedir (Germanwatch, 2024; IRENA, 2023). Ancak, kömür ve diğer fosil yakıt yatırımlarının devam etmesi, uzun vadeli karbon nötr hedeflerine ulaşmak için gerekli kapsamlı ve entegre politikaların henüz tam anlamıyla benimsenmemesi, bu toparlanmanın sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk oluşturmaktadır (European Environment Agency, 2023; Kaya & Ekinci, 2021).

Sonuç olarak, Türkiye'nin iklim değişikliği performansı, ulusal politika öncelikleri, ekonomik büyüme hedefleri ve enerji sektöründeki yapısal özellikler tarafından şekillenmektedir. Bu dinamikler, Türkiye'nin hem küresel iklim yükümlülüklerine uyum sağlama kapasitesini hem de sürdürülebilir kalkınma hedeflerini doğrudan etkilemektedir.

Bu nedenle, Türkiye'nin iklim stratejilerinin güçlendirilmesi ve fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçişin hızlandırılması, uluslararası iklim rejiminde etkin bir aktör olarak konumunu sağlamlaştırmak adına kritik önem taşımaktadır (Sovacool vd., 2021; World Bank, 2022).

2025 yılında hazırlanan ve 2 Temmuz 2025'te TBMM'de kabul edilen, 9 Temmuz 2025'te yürürlüğe giren İklim Kanunu, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadelesine yönelik hukuki ve kurumsal altyapısını güçlendirmeyi hedefleyen kapsamlı bir yasal düzenlemedir. Kanun, sera gazı emisyonlarının azaltılması, karbon yutak alanlarının korunması ve artırılması, karbon fiyatlandırma mekanizmalarının oluşturulması (örneğin, emisyon ticaret sistemi - ETS), iklim değişikliğine uyum stratejilerinin belirlenmesi, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edilmesi gibi çok boyutlu politika alanlarını kapsamaktadır. Ayrıca, ulusal sera gazı envanter sisteminin güçlendirilmesi, emisyon azaltım taahhütlerinin yasal güvence altına alınması, sanayi, ulaştırma ve tarım gibi sektörlere özgü sektörel emisyon azaltım hedeflerinin belirlenmesi, yerel yönetimlerin iklim politikalarında aktif rol alması ve özel sektörün sürece dahil edilmesi gibi maddeler de düzenlemede yer almaktadır. Kanun ayrıca, Türkiye'nin 2053 yılına kadar karbon nötr olma hedefi doğrultusunda stratejik yol haritalarının hazırlanmasını ve her beş yılda bir iklim politikalarının izlenmesi, raporlanması ve gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yönüyle İklim Kanunu, Türkiye'nin hem Paris Anlaşması kapsamında sunduğu ulusal katkı beyanlarının (NDC) iç hukuka entegrasyonunu sağlamayı hem de iklim değişikliğiyle mücadelede hesap verebilirliği artırmayı amaçlamaktadır.

3.6. Makroekonomik Faktörler ve İklim Değişikliği Performansı Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliği ile mücadele süreci, yalnızca çevre politikalarının gücüne ya da ulusal ve uluslararası yasal düzenlemelere bağlı değildir; aynı zamanda ülkelerin makroekonomik yapılarına, kaynak tahsis kapasitelerine, toplumsal refah düzeylerine ve kalkınma önceliklerine doğrudan bağlıdır. Bir ülkenin ekonomik yapısı, çevresel yatırımlara ne kadar kaynak ayırabileceğini, kamuoyunun çevresel politikaları ne ölçüde destekleyeceğini ve hangi önceliklerle politikaların şekillendirileceğini belirleyen en önemli belirleyicilerden biridir.

Bu çerçevede, aşağıdaki makroekonomik göstergeler, ülkelerin iklim değişikliği performansı üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler yaratmaktadır:

3.6.1. Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ve Kişi Başı Gelir

Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), bir ekonominin üretim kapasitesini ve toplam çıktı düzeyini gösteren temel bir makroekonomik göstergedir. Ancak GSYİH yalnızca ekonomik performansın bir ölçütü olmakla kalmayıp, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde de dolaylı olarak önemli etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda, GSYİH ile iklim değişikliği arasındaki ilişki çok boyutlu olup, iktisadi aktörlerin yatırım, üretim ve tüketim tercihleri aracılığıyla şekillenmektedir. GSYİH düzeyindeki artış hem kamu hem özel sektörün çevresel yatırımlar ve politikalar geliştirmesi açısından kaynak ve kapasite oluşturmakta; ancak aynı zamanda enerji tüketimi, sanayileşme ve karbon salımı yoluyla çevresel baskıları da artırabilmektedir (Stern, 2007).

İktisadi aktörler, ekonomik büyüme sürecinde sahip oldukları kaynaklar ölçüsünde çevre politikalarının etkinliğini belirleyebilmektedir. Kamu otoriteleri, yüksek GSYİH düzeyine sahip olduklarında çevreye duyarlı politikalar oluşturma ve uygulama kapasitesine sahiptir. Bu kapsamda karbon vergileri, emisyon ticaret sistemleri ve çevreci sübvansiyonlar gibi araçlar daha etkin bir şekilde hayata geçirilebilmektedir (OECD, 2022). Avrupa Birliği örneğinde görüldüğü üzere, yüksek gelir düzeyine sahip ülkelerde karbon piyasaları etkin biçimde işletilmekte ve çevresel regülasyonlar güçlü kurumsal yapılarla desteklenmektedir. Özel sektör ise, artan ekonomik kapasiteyle birlikte yenilikçi teknolojilere yatırım yapma, üretim süreçlerini karbonsuzlaştırma ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda faaliyetlerini yeniden yapılandırma imkânı elde etmektedir. Özellikle enerji verimliliği, yenilenebilir enerji yatırımları ve çevre dostu üretim yöntemlerinin benimsenmesi, firma düzeyinde rekabet avantajı yaratmakta ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sunmaktadır (Porter & van der Linde, 1995). Çevresel sürdürülebilirlik, özel sektör açısından hem bir maliyet unsuru hem de stratejik fırsat olarak değerlendirilmektedir.

Hanehalkı düzeyinde ise, artan gelir düzeyleri çevresel farkındalık düzeyini yükseltebilmekte ve bireysel tüketim kalıplarının değişmesini sağlayabilmektedir. Elektrikli araçlar, yenilenebilir enerjiyle çalışan ev sistemleri, geri dönüşüm uygulamaları ve düşük karbonlu ürünlerin tercih edilmesi gibi tüketici davranışları, yüksek gelir gruplarında daha yaygın görülmektedir. Böylece, GSYİH artışı, çevresel sürdürülebilirliğe bireysel düzeyde katkı sunabilecek araçların finansmanını mümkün kılmaktadır. Ancak bu ilişki, yalnızca gelir artışı ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda çevre

eğitimi, kamu politikaları ve kültürel dinamiklerle birlikte değerlendirilmelidir (Pachauri & Jiang, 2008).

Literatürde, GSYİH ile çevresel bozulma arasındaki ilişki sıklıkla evresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve EKC) hipotezi çerçevesinde analiz edilmektedir. EKC hipotezine göre, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevresel bozulma artış gösterirken, belirli bir gelir seviyesinden sonra çevresel göstergelerde iyileşme gözlemlenmektedir (Grossman & Krueger, 1995). Bu eğilim, sanayileşme sürecinde yoğun enerji ve kaynak kullanımı ile emisyonların artması, ancak sonrasında teknolojik dönüşüm, hizmet sektörünün ağırlık kazanması ve çevresel regülasyonların etkinleşmesi ile çevresel yüklerin azalması şeklinde açıklanmaktadır. Dolayısıyla, evresel sürdürülebilirliğin sağlanması, sadece ekonomik büyümenin düzeyine değil; büyümenin yapısına, üretim teknolojilerine ve evre politikalarının etkinliğine bağlıdır (Stern, 2007).

GSYİH düzeyindeki artışın iklim değişikliği üzerindeki etkisi, ülke örnekleriyle değerlendirildiğinde daha açık biçimde görülebilmektedir. in, Hindistan ve Endonezya gibi gelişmekte olan ülkelerde, yüksek büyüme oranları fosil yakıt tüketimini artırmış ve bu durum küresel sera gazı emisyonlarının yükselmesine neden olmuştur (IEA, 2022). Örneğin, in 2000’li yıllarda hızlı ekonomik büyüme kaydederken, aynı dönemde dünyanın en büyük karbon salımına sahip ülkesi haline gelmiştir. Ancak son yıllarda karbon ticareti sistemlerinin kurulması, yeşil enerji yatırımları ve enerji yoğunluğunun azaltılmasına yönelik politikalar sayesinde, bu ülkede EKC eğrisinin ikinci fazına geçiş yönünde adımlar atılmaktadır (UNEP, 2023). Öte yandan İsveç, Almanya ve Danimarka gibi yüksek gelirli ülkelerde ise kişi başına GSYİH düzeyinin yüksek olması, çevreye duyarlı kamu politikalarının uygulanmasına ve özel sektör yatırımlarının çevreci teknolojilere yönelmesine olanak sağlamıştır. İsveç, 1990 yılından bu yana kişi başına düşen GSYİH’sını artırırken, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını %30’dan fazla azaltmayı başarmıştır (UNEP, 2023).

Ekonomik daralma dönemlerinde ise GSYİH’deki gerilemeler enerji tüketimini azaltarak emisyonlarda geçici düşüşlere yol açabilmektedir. 2008 Küresel Finans Krizi ve 2020 yılında yaşanan COVID-19 pandemisi süresince, küresel ekonomik faaliyetlerin yavaşlaması sonucu karbon emisyonlarında belirgin azalmalar gözlemlenmiştir (Le Qur vd., 2020). Ancak bu düşüşler yapısal değil, geçici nitelikte olup uzun vadeli çevresel sürdürülebilirlik açısından kalıcı sonuçlar üretmemiştir. Dolayısıyla, iklim

değişikliğiyle mücadelede temel unsur, ekonomik daralma değil; yapısal dönüşüm, enerji verimliliği ve temiz teknolojilerin benimsenmesidir (Stern, 2007).

Bütüne baktığımızda, GSYİH ile iklim değişikliği arasındaki ilişki doğrusal olmayıp, ekonomik büyümenin niteliği ve aktörlerin bu büyümeyi nasıl yönlendirdiği ile şekillenmektedir. GSYİH düzeyindeki artış, iklim değişikliğiyle mücadele açısından önemli fırsatlar sunabilir; ancak bu potansiyelin hayata geçirilebilmesi, kamu ve özel sektör politikalarının çevresel sürdürülebilirlik ekseninde yapılandırılmasına bağlıdır. Aksi takdirde, yüksek büyüme oranları çevresel dışsallıkları artırarak iklim değişikliği sürecini hızlandırabilir. Bu bağlamda, çevresel politikaların makroekonomik göstergelerle entegrasyonu ve sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının tüm iktisadi aktörlerce benimsenmesi gereklidir (OECD, 2022; Stern, 2007).

3.6.2. Enerji Üretim ve Tüketimi

Enerji üretimi ve tüketimi hem ekonomik kalkınmanın temel bileşeni hem de iklim değişikliğinin başlıca belirleyicilerinden biridir. Modern ekonomiler enerjiye bağımlıdır; sanayi, ulaşım, konut ve tarım gibi tüm sektörler için enerji, temel bir üretim girdisidir. Ancak bu enerjinin hangi kaynaklardan üretildiği, iklim sistemine olan etkileri açısından kritik önem taşır. Özellikle kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara dayalı enerji üretimi, büyük miktarda karbon dioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının atmosfere salınmasına neden olur (IEA, 2022). Bu sera gazları atmosferde birikerek doğal sera etkisini kuvvetlendirir ve gezegenin ortalama sıcaklıklarının artmasına, yani küresel ısınmaya yol açar. Dolayısıyla, enerji sistemlerinin yapısı, doğrudan iklim sistemine müdahale eden en önemli iktisadi unsurlardan biridir.

Fosil yakıtların yoğun biçimde kullanıldığı enerji üretim süreçleri, antropojenik iklim değişikliğinin temel kaynağını oluşturmaktadır. Enerji sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık üçte ikisinden sorumludur (IPCC, 2022). Bu durum, yalnızca hava sıcaklıklarının artmasıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda deniz seviyelerinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması, tarımsal verimlilik kaybı, biyolojik çeşitlilikte azalma ve su kıtlığı gibi çok boyutlu sonuçlar doğurmaktadır. Başka bir ifadeyle, enerji üretimi ve tüketimi, iklim değişikliğinin hem fiziksel hem de sosyoekonomik etkilerini tetikleyen birincil dinamiklerden biridir.

İktisadi açıdan bakıldığında, enerji tüketimi uzun süre boyunca ekonomik büyümenin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmiş, bu da fosil yakıt temelli kalkınma modellerinin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ancak bu kalkınma anlayışı, çevresel maliyetleri büyük ölçüde dışsallaştırmıştır. Günümüzde ise çevresel dışsallıkların içselleştirilmesi ve sürdürülebilir büyüme anlayışının benimsenmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Stern, 2007). Enerji verimliliğini artırmak, düşük karbon teknolojilerine geçiş yapmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını yaygınlaştırmak bu bağlamda hem iklim değişikliğiyle mücadele aracı hem de yeni büyüme modeli olarak öne çıkmaktadır.

Enerji üretiminde kullanılan kaynakların iklim üzerindeki etkisi sadece karbon salımıyla sınırlı değildir. Örneğin kömür santralleri yalnızca CO₂ değil, aynı zamanda metan (CH₄), azot oksitler (NO_x) ve kükürt dioksit (SO₂) gibi diğer sera ve kirlenici gazların da yayılmasına yol açmakta; bu da hem küresel ısınmayı artırmakta hem de yerel hava kalitesini bozarak halk sağlığını tehdit etmektedir (UNEP, 2023). Aynı zamanda, fosil yakıtların çıkarılması, taşınması ve işlenmesi süreçleri de ekosistemlere zarar vermekte, ormansızlaşmaya ve toprak tahribatına yol açmaktadır. Bu etkiler iklim sistemi üzerinde dolaylı ama yıkıcı baskılar yaratmaktadır.

Yenilenebilir enerji sistemleri ise (güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik) karbon nötr veya düşük emisyonlu oldukları için iklim değişikliğine katkıları çok daha sınırlıdır. Bu kaynaklara dayalı üretim, CO₂ emisyonlarının azaltılması açısından en etkin araçlardan biri olarak kabul edilmektedir (OECD, 2022). Aynı zamanda enerji verimliliği teknolojileri, birim üretim başına daha az enerji tüketilmesini sağlayarak emisyonların doğrudan azaltılmasına katkıda bulunur. Bu durum hem enerji maliyetlerini düşürmekte hem de iklim değişikliğini yavaşlatan bir ekonomik dönüşümü teşvik etmektedir.

İklim performansı endekslerinde üst sıralarda yer alan ülkeler, enerji üretim ve tüketim politikalarını dönüştürerek bu başarıyı elde etmiştir. Örneğin Almanya'nın "Energiewende" olarak bilinen enerji dönüşüm politikası, yenilenebilir kaynakların payını artırırken aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflemiştir. İsveç ise nükleer enerji ve hidroelektrik kullanımını entegre ederek karbon yoğunluğunu ciddi biçimde düşürmüştür. Bu ülkeler yalnızca çevresel sürdürülebilirlik değil, aynı zamanda ekonomik rekabetçilik açısından da kazanım sağlamıştır (Porter & van der Linde, 1995).

Sonuç olarak, enerji üretim ve tüketim biçimleri, iklim değişikliğinin doğrudan nedenleri arasında yer almakta ve bu nedenle iklim politikalarının merkezinde yer almaktadır. Fosil yakıtlara dayalı enerji sistemleri, küresel ısınmanın başlıca tetikleyicisi iken, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çözümleri bu sorunun hem nedeni hem de çözümüdür. Enerji ekonomisinin yapısal dönüşümü, yalnızca çevreyi değil, aynı zamanda ekonomik büyümeyi, kamu sağlığını ve sosyal refahı da doğrudan etkilemektedir. Bu çerçevede, iktisadi karar alıcıların enerji sistemlerini karbonsuzlaştırma yönünde atacağı her adım, aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik stratejik bir tercih anlamına gelmektedir.

3.6.3. Dış Ticaret, İthalat ve İhracat

Dış ticaret, ülkelerin ekonomik büyümesine katkı sunan temel iktisadi faaliyetlerden biridir. Ancak uluslararası ticaretin çevresel etkileri, yalnızca büyüme yönlü etkilerle sınırlı değildir. İhracat ve ithalat hacmindeki artış, üretim, taşımacılık ve enerji tüketimi yoluyla sera gazı emisyonlarını da önemli ölçüde etkilemektedir. Dış ticaretin iklim değişikliği üzerindeki etkileri çift yönlüdür: Ticaretin liberalizasyonu bazı durumlarda temiz teknolojilerin yayılmasına, çevre dostu üretim biçimlerinin benimsenmesine ve toplam emisyon yoğunluğunun düşmesine katkı sağlarken; diğer yandan karbon yoğun sektörlerin daha düşük çevresel regülasyonlara sahip ülkelere kayması sonucunda “karbon sızıntısı” (carbon leakage) olarak adlandırılan çevresel dışsallıklar ortaya çıkabilmektedir (Copeland & Taylor, 2004).

Copeland ve Taylor (2004), dış ticaretin çevresel etkilerini üç temel mekanizma üzerinden açıklamaktadır: ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknik etki. Ölçek etkisi, dış ticaretin ekonomik büyümeyi hızlandırması yoluyla üretim hacmini artırarak enerji tüketimini ve dolayısıyla emisyonları yükseltmesiyle ilgilidir. Kompozisyon etkisi, ülkelerin dış ticarete konu olan sektörlerindeki uzmanlaşmasının, çevreye olan etkisini belirler. Örneğin, emek-yoğun ve düşük karbonlu sektörlerle yönelen bir ülke ile enerji-yoğun, çevreyi daha çok kirleten sektörlerle yoğunlaşan bir ülke farklı iklimsel etkiler yaratacaktır. Teknik etki ise, ticaretin teknoloji transferini hızlandırarak daha çevreci üretim yöntemlerinin yayılmasını teşvik etmesiyle ilgilidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ekonomilerle ticaret ilişkisi kurması, temiz enerji teknolojilerine ve çevresel standartlara erişimini kolaylaştırabilir (Antweiler, Copeland & Taylor, 2001).

Ticaretin karbon salımı üzerindeki etkisi, ülkenin gelir düzeyi ve çevre politikalarıyla doğrudan ilişkilidir. Gelişmiş ülkeler, sıkı çevre mevzuatları nedeniyle karbon yoğun sanayi faaliyetlerini, çevresel düzenlemelerin görece zayıf olduğu gelişmekte olan ülkelere kaydırma eğilimindedir. Bu durum, küresel emisyonların toplamda azalmaması ve yalnızca coğrafi olarak yer değiştirmesi riskini beraberinde getirir. Bu bağlamda, üretim sürecinde kullanılan girdilerin ve ihracat mallarının karbon ayak izinin değerlendirilmesi, dış ticaretin iklim üzerindeki etkisini anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir (Shapiro, 2021). Ayrıca sınırda karbon düzenlemeleri gibi yeni politika araçları, ticaretin iklim üzerindeki etkilerini dengelemek amacıyla gündeme gelmektedir.

İhracatın iklim değişikliği üzerindeki etkisi, ihraç edilen ürünlerin üretim süreçlerinin karbon yoğunluğuna göre farklılaşır. Örneğin, petrol, çimento, demir-çelik gibi sektörlerin ihracatı, üretim aşamasında yüksek karbon emisyonlarına neden olurken, hizmet sektörü veya yüksek teknoloji ürünlerinin ihracatı görece daha düşük çevresel etki yaratmaktadır. İthalat tarafında ise, özellikle yenilenebilir enerji teknolojileri, çevre dostu makineler ve sürdürülebilir tarım ekipmanlarının ithalatı, ülkelerin çevresel performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla ticaretin içeriği, sadece hacmi değil, çevresel sonuçlar açısından belirleyici olmaktadır (Copeland & Taylor, 2004; Kraus, Bouncken, Breier, & Tiberius, 2020).

Ayrıca, taşımacılık faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisi de göz ardı edilemez. Dış ticaret hacminin artmasıyla birlikte hava, kara ve deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonlar da yükselmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) verilerine göre deniz taşımacılığı, küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %3'ünden sorumludur. Özellikle hava taşımacılığı, birim başına düşen karbon salımı açısından en yüksek çevresel maliyete sahip sektörlerden biridir (IMO, 2020). Bu bağlamda, lojistik zincirlerinin sürdürülebilir hale getirilmesi, yeşil taşımacılık sistemlerinin geliştirilmesi ve karbon ayak izinin izlenebilirliği, ticaretin iklim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için öncelikli stratejiler arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, dış ticaretin iklim değişikliği üzerindeki etkisi, yalnızca ekonomik büyüme dinamikleriyle değil, ticaretin yapısı, sektör bileşimi, taşımacılık sistemleri ve uygulanan çevre politikalarıyla birlikte ele alınmalıdır. Dış ticaret, teknoloji transferi ve verimlilik

artışları sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede bir araç olarak işlev görebilir; ancak aynı zamanda karbon sızıntısı, çevre standardı kaçışı ve artan taşımacılık emisyonları yoluyla çevresel riskleri de derinleştirebilir. Bu nedenle, ticaret politikalarının iklim politikalarıyla bütünleştirilmesi ve sürdürülebilir ticaret stratejilerinin geliştirilmesi, iklim hedeflerine ulaşmada kritik rol oynamaktadır.

3.6.4. Kamu Harcamaları ve Maliye Politikası

Kamu harcamaları ve maliye politikası, iklim değişikliğiyle mücadelede ekonomik araçlar olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Karbon vergileri, emisyon ticaret sistemleri ve çevresel sübvansiyonlar gibi piyasa temelli maliye politikaları, karbon dışsallıklarının fiyatlandırılmasını sağlayarak, ekonomik aktörlerin çevre dostu üretim ve tüketim biçimlerine yönelmesini teşvik eder (Stern, 2007; Aldy & Stavins, 2012). Bu araçlar, piyasalardaki başarısızlıkları giderirken, kaynak tahsisinde etkinliği artırarak, karbon salımlarının ekonomik maliyetini yükseltir ve böylece sürdürülebilir kalkınmayı destekler.

Kamu harcamaları ise yenilenebilir enerji altyapısı, enerji verimliliği programları, temiz teknoloji geliştirme ve çevre dostu ulaşım sistemleri gibi alanlarda doğrudan yatırımlar yaparak karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlar (OECD, 2021; IMF, 2019). Bu yatırımlar, uzun vadede enerji yoğunluğunu ve karbon ayak izini azaltırken, ekonomik büyümeyi destekleyen pozitif dışsallıklar yaratır. Özellikle kamu harcamalarının, inovasyon kapasitesini artırarak yeşil teknolojilerin gelişimini hızlandırdığı literatürde yaygın olarak vurgulanmaktadır (Acemoğlu vd., 2012).

Maliye politikalarının iklim üzerindeki etkisi aynı zamanda ekonomik kapasite ve bütçe disipliniyle ilişkilidir. Gelişmiş ülkeler, bütçe fazlası ve düşük borç yükü sayesinde iklim yatırımlarını sürdürülebilir şekilde finanse edebilmekte, gelişmekte olan ülkelerde ise mali kısıtlar çevre politikalarının uygulanmasını zorlaştırmaktadır (OECD, 2021; IMF, 2019). Bu durum, küresel ölçekte finansal adalet ve teknoloji transferi tartışmalarını gündeme getirerek, iklim politikalarının etkinliğini belirleyen uluslararası iş birliğinin önemini artırmaktadır (Dünya Bankası, 2020).

Ayrıca, kamu harcamalarının iktisadi büyüme ve sosyal hedeflerle dengelenmesi gereklidir. Mali genişleme ve vergi politikaları, enflasyon, borç sürdürülebilirliği ve sosyal eşitsizlik gibi makroekonomik göstergeleri etkileyebilir; bu nedenle maliye

politikalarının iklim hedefleriyle uyumu, kapsamlı makroekonomik analiz ve politika koordinasyonuna bağlıdır (Bovenberg & Goulder, 2002).

Sonuç olarak, kamu harcamaları ve maliye politikaları, iktisadi kaynakların çevresel hedeflere yönlendirilmesinde temel araçlardır. Karbon fiyatlandırması ve yeşil yatırımlarla desteklenen etkili mali politikalar, piyasa başarısızlıklarını gidererek çevresel sürdürülebilirliği ve ekonomik büyümeyi birlikte sağlayabilir. Ancak bunun için güçlü mali disiplin, uluslararası iş birliği ve kapsamlı politika entegrasyonu gereklidir.

3.6.5. İşsizlik ve İstihdam Yapısı

İşsizlik oranı ve istihdam yapısı, iklim değişikliğiyle mücadelede uygulanan politikaların toplumsal kabulü ve başarısı üzerinde belirleyici etkilere sahiptir. Karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikalar örneğin fosil yakıtlara getirilen vergiler, üretim kısıtlamaları ve karbon ticaret sistemleri enerji, ulaşım ve ağır sanayi gibi karbon yoğun sektörlerde iş kayıplarına neden olabilir. Bu durum, özellikle düşük vasıflı ve fosil yakıt bağımlı bölgelerde istihdam şokları yaratma riski taşır (OECD, 2020). Ancak yeşil dönüşüm aynı zamanda yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, sürdürülebilir tarım, çevresel hizmetler ve döngüsel ekonomi gibi sektörlerde yeni istihdam alanlarının oluşmasına da katkı sağlamaktadır. Bu çerçevede “yeşil işler” (green jobs), çevresel fayda üretirken aynı zamanda ekonomik büyümeye katkıda bulunan stratejik istihdam kategorileridir (UNEP 2011, s. 19).

Yeşil dönüşümün istihdam üzerindeki etkileri, ülkenin işgücü yapısına, sektörel çeşitliliğine ve eğitim düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Dönüşüm sürecinde politika yapıcıların işgücünün yeniden yönlendirilmesini ve vasıf kazanımını destekleyecek aktif işgücü politikaları ve yeniden eğitim programları geliştirmesi büyük önem taşır (ILO, 2018). Aksi halde, kısa vadeli istihdam kayıpları, iklim politikalarına yönelik toplumsal direnci artırabilir ve çevre politikalarının siyasi sürdürülebilirliğini zedeleyebilir (Vona, Marin & Consoli, 2019).

Öte yandan, yeşil yatırımların istihdam yaratma kapasitesi geleneksel yatırımlardan genellikle daha yüksektir. Örneğin yenilenebilir enerji yatırımları, aynı düzeyde sermaye kullanımıyla fosil yakıt yatırımlarına kıyasla daha fazla istihdam yaratmaktadır (IRENA, 2020). Ayrıca bu yatırımlar yerel istihdamı desteklediği için bölgesel kalkınma ve sosyal denge açısından da pozitif etkilere sahiptir. Dolayısıyla, istihdam yapısının iklim

politikalarına entegrasyonu hem ekonomik etkinliği hem de sosyal adaleti birlikte gözeten bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

Sonuç olarak, işsizlik ve istihdam politikaları ile iklim değışikliği politikaları arasında güçlü bir etkileşim bulunmaktadır. Dönüşüm süreçlerinin adil, kapsayıcı ve planlı şekilde yürütülmesi, iklim hedeflerinin toplumsal olarak sahiplenilmesi ve uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Yeşil ekonomiye geçişin başarılı olabilmesi için, sadece çevresel değil, aynı zamanda sosyal politika araçlarının da birlikte tasarlanması gerekmektedir.

3.6.6. Enflasyon ve Fiyat İstikrarı

İklim değışikliğiyle mücadelede uygulanan politikaların başarısı, yalnızca çevresel duyarlılık ve teknolojik dönüşüm kapasitesi ile değil, aynı zamanda makroekonomik istikrar koşullarıyla da yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, enflasyon oranı, iklim değışikliği performansını belirleyen dolaylı fakat yapısal bir değışken olarak öne çıkmaktadır. Özellikle piyasa temelli çevre politikalarının uygulanabilirliği ve toplumsal kabulü açısından, düşük ve öngörülebilir bir enflasyon ortamı, yeşil dönüşüm süreçlerini kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır.

Enflasyonun iklim değışikliği performansı üzerindeki etkisi, temel olarak politika etkinliği ve siyasi sürdürülebilirlik kanallarından ilerler. Yüksek enflasyon oranları, enerji ve ulaşım gibi temel tüketim kalemlerinde maliyet artışlarını beraberinde getirerek, karbon fiyatlandırması gibi uygulamalara karşı kamuoyunda tepki doğurabilir. Bu durum, özellikle düşük gelir grupları arasında iklim politikalarına yönelik sosyal direncin artmasına, dolayısıyla çevresel reformların gecikmesine ya da kapsamının daralmasına yol açabilmektedir (Klenert vd. 2018, s.670). Enflasyon baskısı altındaki ekonomilerde çevresel vergilerin siyasi maliyeti yükselirken, iklim hedeflerinin uygulanma kapasitesi zayıflayabilmektedir (Aklin, Mildenberger & Stokes, 2017, s. 368-372).

Fiyat istikrarı, uzun vadeli yeşil yatırım kararlarının rasyonel biçimde alınabilmesi açısından kritik bir rol oynar. Özellikle yenilenebilir enerji, düşük karbonlu altyapı ve enerji verimliliği gibi alanlarda gerçekleştirilecek sermaye yoğun yatırımlar, yüksek enflasyon ortamlarında belirsizlik nedeniyle ertelenme veya iptal riski taşımaktadır. Bu bağlamda, istikrarlı bir parasal ortam, düşük karbonlu teknolojilere yönelimi teşvik ederek iklim değışikliği performansını iyileştirme potansiyeli taşımaktadır.

Tüm bu çerçevede değerlendirildiğinde, enflasyon ile iklim değişikliği performansı arasındaki ilişki doğrusal olmayan, çok katmanlı ve bağlama özgü bir etkileşim biçiminde ortaya çıkmaktadır. Enflasyon yalnızca maliyet yapısını değil, aynı zamanda politika tercihlerini, yatırım davranışlarını ve toplumsal algıları da etkileyerek iklim politikalarının sonuçlarını şekillendirmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliği performansının artırılması hedeflenirken, fiyat istikrarının korunması ve para politikalarının çevresel hedeflerle uyumlu hale getirilmesi stratejik bir gerekliliktir.

3.6.7. Faiz Oranları ve Para Politikası

Faiz oranları, bir ekonomideki yatırım kararları, kredi maliyetleri ve finansal kaynakların sektörel dağılımı üzerinde doğrudan belirleyici bir etkide bulunur. Bu çerçevede, iklim değişikliğiyle mücadelede ihtiyaç duyulan büyük ölçekli çevresel yatırımların özellikle yenilenebilir enerji, sürdürülebilir altyapı ve düşük karbon teknolojileri gibi sermaye yoğun alanlarda gerçekleştirilmesinde faiz düzeyi kritik bir değişken hâline gelmektedir. Düşük faiz oranları, bu tür yatırımların finansman maliyetini azaltarak özel sektörün yeşil projelere yönelimini teşvik etmektedir. Öte yandan, yüksek faiz oranları, çevresel projelerin ekonomik fizibilitesini zayıflatmakta ve yatırımları erteleme riski doğurmaktadır.

Son yıllarda merkez bankalarının iklim değişikliğini yalnızca çevresel bir sorun olarak değil, aynı zamanda finansal istikrarı tehdit eden sistemik bir risk unsuru olarak değerlendirmeye başladığı gözlemlenmektedir. Bu kapsamda, "iklimle uyumlu para politikası" ya da "yeşil para politikası" olarak adlandırılan yeni bir yaklaşım gelişmektedir. Bu yaklaşıma göre merkez bankaları, iklim risklerini para politikası çerçevelerine entegre etmekte; iklimle ilgili stres testleri, yeşil tahvil alımları ve sürdürülebilirlik odaklı kredi politikaları yoluyla finansal sistemi dönüştürmeyi amaçlamaktadır (S. Batten, 2018, s. 3-10). Böylece para politikasının geleneksel fiyat istikrarı hedefinin yanı sıra çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle de uyumlu hâle gelmesi hedeflenmektedir.

3.6.8. Nüfus Artışı ve Demografik Yapı

Nüfus artışı, iklim değişikliğiyle mücadelede dikkate alınması gereken temel demografik değişkenlerden biridir. Artan nüfus, özellikle enerji, gıda, su ve konut gibi temel kaynaklara yönelik talebi artırarak çevresel sistemler üzerinde baskı oluşturur. Bu durum, özellikle hızlı nüfus artışının görüldüğü gelişmekte olan ülkelerde, çevre politikalarının

ekonomik kalkınma hedeflerine kıyasla geri planda kalmasına neden olmaktadır (UNDP, 2020). Bu ülkelerde kamu kaynakları çoğunlukla altyapı, istihdam ve sosyal güvenlik gibi öncelikli alanlara yönlendirildiğinden, çevresel önlemler sınırlı düzeyde kalabilir.

Demografik yapının genç olması, ekonomik sistemin sanayileşme ve kentleşme yönünde evrilmesini hızlandırarak enerji tüketimini ve karbon salımını artırabilir. Genç nüfus, mobilite, konut ve tüketim talepleri açısından yüksek enerji yoğunluklu faaliyetleri teşvik ederken, bu süreçte doğal alanların dönüşümü ve kentsel yayılma gibi çevresel sorunlar da beraberinde gelmektedir (Bongaarts, 2016, ss. 409-412). Özellikle plansız kentleşme, ulaşım altyapısı ve enerji sistemleri üzerinde baskı yaratarak sera gazı salım düzeylerini artıran yapısal kırılganlıklara yol açmaktadır (O'Neill vd., 2010).

Öte yandan, demografik geçiş süreci, özellikle eğitim seviyesi yüksek, kentli ve çevresel farkındalığı artan bireylerin çoğalmasıyla birlikte, düşük karbonlu yaşam biçimlerinin yaygınlaşmasını da kolaylaştırabilir. Bu dönüşüm, bireysel tüketim tercihleri, enerji tasarrufu davranışları ve çevreci teknoloji kullanımının artmasına katkı sağlayarak çevresel performansı olumlu yönde etkiler. Ayrıca, yaşlanan toplumlarda enerji talebinin görece daha durağan hale gelmesi, karbon salımı artışını yavaşlatıcı yönde etkilerken, işgücü yapısındaki değişim enerji yoğun sektörlerden çevre hizmetleri gibi daha sürdürülebilir alanlara kayışı da teşvik edebilir (Lutz & KC, 2011, s. 587-592).

Nüfus politikaları, yalnızca demografik büyüklüğü değil, aynı zamanda nüfusun niteliğini de şekillendirdiği ölçüde çevresel etkileri dönüştürebilir. Bu nedenle iklim politikalarının başarısı, sürdürülebilir kentleşme, eğitim, sağlık ve toplumsal cinsiyet eşitliği gibi sosyal göstergelerle bütüncül bir şekilde ele alınmalıdır.

3.6.9. Kentsel Nüfus Oranı ve Kentleşme Kalitesi

Kentleşme süreci, ekonomik büyümenin mekânsal yansıması olarak değerlendirilmekle birlikte, enerji talebi, ulaşım altyapısı ve tüketim davranışları üzerinden iklim değişikliği üzerinde belirgin etkilere sahiptir. Yoğun nüfuslu kentsel bölgeler, üretim ve tüketim faaliyetlerinin merkezinde yer alarak yüksek düzeyde enerji talebi yaratmakta ve bu durum karbon emisyonlarını artırmaktadır. Dünya genelinde enerji tüketiminin yaklaşık %67'si ve sera gazı salımlarının %70'inden fazlası şehirlerden kaynaklanmaktadır (IEA, 2022). Kentlerdeki enerji yoğun yaşam biçimi, özellikle fosil yakıt temelli ulaşım sistemleri ve düşük verimliliğe sahip binalar aracılığıyla karbon salımını ciddi ölçüde artırır (Creutzig vd., 2015, s. 6183-6285).

Bununla birlikte, kentleşmenin iklim üzerindeki etkisi yalnızca kent nüfusunun büyüklüğüne değil, kentleşmenin yapısal ve yönetsel kalitesine de bağlıdır. Plansız ve yatay kentleşme, kişi başı karbon ayak izini artırırken; iyi planlanmış, yoğunluk odaklı, çok merkezli ve toplu taşımaya entegre kentleşme modelleri karbon emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir (Glaeser & Kahn, 2010). Bu bağlamda, sürdürülebilir kentleşme; düşük karbonlu ulaşım sistemleri, enerji verimli bina standartları, yeşil altyapı yatırımları ve dijital yönetim sistemleriyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle kentsel ulaşım, toplam emisyonların önemli bir bölümünü oluşturduğundan, şehir içi ulaşım politikaları iklim performansı üzerinde doğrudan belirleyicidir (Newman & Kenworthy, 2015).

Kentsel nüfusun artışı, çevresel dışsallıkların da kent ölçeğinde yoğunlaşmasına neden olur. Atık üretimi, su tüketimi, hava kirliliği ve doğal habitat kaybı gibi etkiler hem doğrudan emisyonları artırır hem de iklim değişikliğine uyum kapasitesini sınırlar. Ayrıca yoksul ve altyapıdan yoksun şehir alanları, sıcak hava dalgaları, sel ve hava kirliliği gibi iklim risklerine karşı daha kırılgandır (Hallegatte vd., 2016). Bu nedenle, kentleşme yalnızca iklim değişikliğini hızlandıran bir unsur değil; aynı zamanda iklim risklerine maruz kalmayı artıran bir kırılganlık kaynağıdır.

Kentleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki pozitif etkisi literatürde yaygın olarak kabul edilmekle birlikte, bu büyümenin çevresel maliyetlerinin azaltılması ancak kamu yatırımları, kentsel planlama ve çevresel regülasyonlarla mümkündür. Yeşil binalar, karbon fiyatlandırması, sürdürülebilir ulaşım altyapısı ve kamu-özel iş birlikleri yoluyla kentlerde düşük karbonlu dönüşüm sağlanabilir. Bu dönüşüm, hem uzun vadeli çevresel faydalar yaratır hem de enerji ithalatı bağımlılığını azaltarak ekonomik dirençliliği artırır (OECD, 2020).

3.6.10. İnsani Gelişmişlik Düzeyi (HDI)

İnsani Gelişmişlik Endeksi (HDI), bir ülkenin eğitim, sağlık ve gelir gibi temel insani kalkınma göstergelerini bütüncül bir şekilde ölçerek yaşam kalitesini yansıtan çok boyutlu bir göstergedir (UNDP, 2020, s. 68). Birinci olarak, yüksek HDI düzeyine sahip ülkelerde artan eğitim seviyesi ve yaşam standardı, çevresel bilinçlenme ve sürdürülebilirlik taleplerini artırmaktadır (Dasgupta, Laplante, Wang, & Wheeler, 2002; Stern, 2004). Eğitimli bireyler, çevre dostu tüketim alışkanlıklarını benimseyerek, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi düşük karbonlu davranışları desteklerler.

Bu durum, ülkelerin karbon salımlarını azaltmada olumlu katkı sağlamaktadır (Shafiei & Salim, 2014).

İkinci olarak, HDI yüksek ülkelerde gelir artışı genellikle enerji tüketimini ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarını artırmakta, ancak bu artış "Çevresel Kuznets Eğrisi" (CKE) hipotezine göre, belirli bir gelişmişlik eşliğinden sonra çevresel bozulma azalabilmektedir (Grossman & Krueger, 1995; Dinda, 2004). Yani, düşük ve orta gelirli ülkelerde kalkınma, fosil yakıt tüketimi ve karbon salımlarını artırırken, yüksek gelirli ülkeler teknolojik yenilikler ve çevreci politikalarla emisyonları sınırlandırabilmektedir.

Üçüncü olarak, gelişmiş ülkeler, yüksek HDI seviyeleri sayesinde yeşil inovasyon, temiz enerji teknolojileri ve çevre dostu altyapı yatırımlarına daha fazla kaynak ayırabilmektedir. Bu da enerji verimliliğini artırmakta ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürmektedir (Popp D. 2006). Örneğin, Avrupa ülkeleri yüksek HDI ile karbon nötr hedeflere yönelik kapsamlı stratejiler uygulamakta ve yenilenebilir enerji paylarını artırmaktadırlar (IEA, 2022).

Yüksek HDI düzeyine sahip ülkelerde tüketim kalıplarının karmaşık etkileri de mevcuttur. Artan gelir, yüksek enerji yoğunluklu yaşam tarzlarını teşvik ederek karbon ayak izini büyütebilir (Lenzen vd., 2007). Bu bağlamda, yüksek HDI ülkelerinde karbon emisyonlarını azaltmak için sadece teknolojik gelişmeler değil, aynı zamanda sürdürülebilir tüketim modellerine yönelik sosyal politikalar da gereklidir.

HDI ile iklim değişikliği arasındaki ilişki, sağlık ve eğitim gibi sosyal hizmetlerin iklim değişikliğine adaptasyon kapasitesini artırması yoluyla da kendini gösterir (Adger vd., 2005, s. 77-86). İyi eğitilmiş ve sağlıklı nüfus, iklim kaynaklı risklere karşı daha dirençli olup, afet yönetimi ve iklim uyum stratejilerinin etkinliğini yükseltir (IPCC, 2014). Bu durum, iklim değişikliğinin sosyoekonomik etkilerinin azaltılmasında kritik öneme sahiptir.

Özetle, HDI'nin iklim değişikliği üzerindeki etkisi çok boyutludur: Yüksek gelişmişlik, çevresel farkındalığı artırarak ve yeşil teknolojilere erişimi kolaylaştırarak karbon emisyonlarını azaltabilirken; artan gelir ve tüketim karbon ayak izini büyütebilir. Ayrıca, HDI sosyal adaptasyon kapasitesini artırarak iklim risklerini hafifletir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma politikalarının başarısı, HDI'yi yükseltirken çevresel etkileri en aza indiren entegre stratejilere bağlıdır (UNDP, 2020; Sachs, 2015; IPCC, 2014).

3.6.11. Çevresel Vergiler

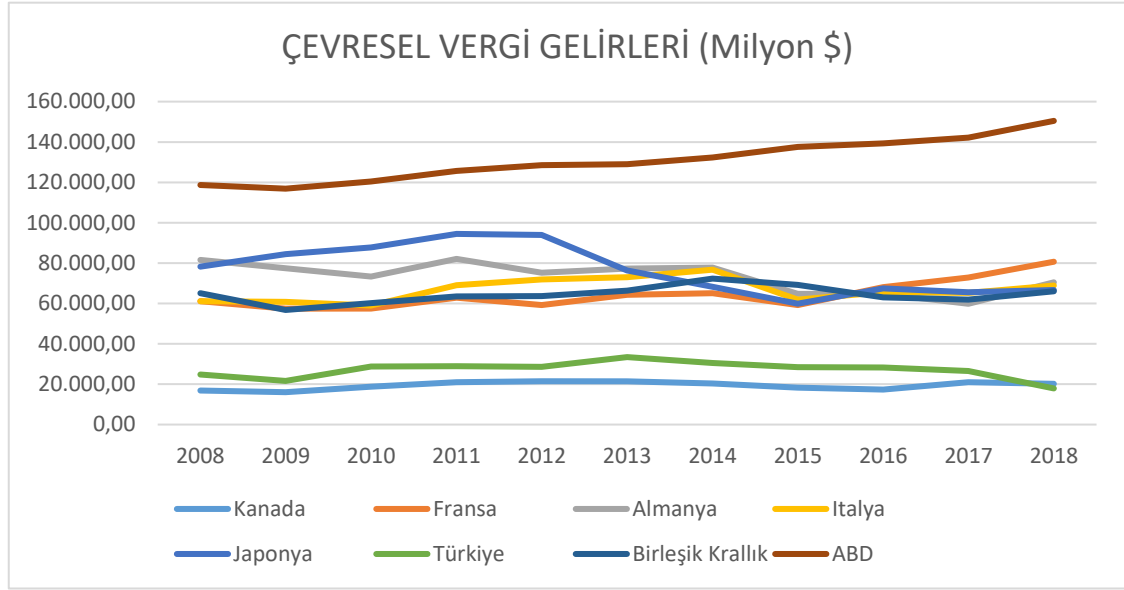
Çevresel vergiler, çevresel dışsallıkları içselleştirerek piyasa başarısızlıklarını düzeltmeyi amaçlayan ve iklim değişikliğiyle mücadelede hem etkinlik hem de kamu finansmanı işlevi gören mali politika araçlarıdır. Arthur Pigou'nun dışsallıklar kuramına dayanan bu yaklaşım, kirlетici faaliyetlerin toplumsal maliyetlerini fiyat mekanizmasına yansıtarak kaynak tahsisinde etkinlik sağlamayı hedefler (Fullerton & Metcalf, 1997). Bu çerçevede karbon vergileri, enerji tüketimi üzerinden alınan vergiler ve çevreye zararlı faaliyetleri hedefleyen mali yükümlölükler, ekonomik aktörleri düşük karbonlu üretim ve tüketim tercihleri yönünde davranışsal olarak teşvik etmektedir. Böylelikle çevresel vergiler yalnızca kamu gelirlerini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda emisyon azaltımı yoluyla iklim değişikliği performansına doğrudan katkıda bulunmaktadır.

Vergi sistemine entegre edilen bu araçlar, karbon yoğun sektörlerde teknoloji dönüşümünü hızlandırmakta; elde edilen kamu gelirleri ise enerji verimliliği projeleri, sürdürülebilir altyapı yatırımları ve çevresel uyum programlarının finansmanında kullanılmaktadır (OECD, 2021). Bu doğrultuda çevresel vergiler, İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) gibi bileşik göstergelerin temel bileşenleri olan emisyon düzeyi, yenilenebilir enerji payı ve iklim politikası kalitesi üzerinde dolaylı fakat belirgin etkiler yaratmaktadır. Literatürde, bu vergi uygulamaları ile çevresel performans arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğu; özellikle etkin ve adil şekilde tasarlanmış sistemlerin hem iktisadi verimlilik hem de toplumsal kabul açısından başarılı sonuçlar doğurduğu vurgulanmaktadır (Klenert vd., 2018; Metcalf, 2019).

Bununla birlikte çevresel vergilerin etkileri, ülkelerin ekonomik yapısına, uygulanan vergi oranlarına, kapsamına ve gelirlerin kullanım biçimine göre farklılaşabilmektedir. Elde edilen gelirlerin yeniden dağıtım mekanizmalarıyla düşük gelirli gruplara yönlendirilmesi, sosyal eşitsizlikleri azaltarak vergi sisteminin meşruiyetini ve siyasi sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir (Aldy & Pizer, 2015, ss.565-570). Bu nedenle çevresel vergiler, yalnızca iktisadi etkinlik aracı değil; aynı zamanda çevresel adaleti ve toplumsal uyumu gözetken çok boyutlu bir politika bileşeni olarak değerlendirilmelidir.

Aşağıda şekil 10'da G7 ülkeleri ve Türkiye'nin Çevresel Vergi gelirleri verilmiştir;

Şekil 10. G7 ülkeleri ve Türkiye’nin Çevresel Vergi Gelirleri



Kaynak: OECD

Yukarıda yer alan grafik, 2008–2018 döneminde seçili ülkelerin çevresel vergi gelirlerinin milyon ABD doları cinsinden seyrini göstermektedir. Grafik, ülkeler arasında çevresel vergi gelirlerinin düzeyi ve zaman içindeki değişim açısından belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. ABD, toplam gelir itibarıyla en yüksek seviyeyi korurken; Fransa, Almanya ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde istikrarlı bir artış eğilimi gözlenmektedir. Türkiye ve Kanada ise daha düşük gelir seviyelerinde yer almakta; bu durum, çevresel vergi kapasitesinin ülkelere özgü yapısal ve mali politika tercihlerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

3.6.12. Sanayi Üretim Payı

Sanayi sektörü, ekonomik büyümenin temel itici gücü olmasına rağmen, yüksek düzeyde enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu nedeniyle iklim değişikliği bağlamında kritik öneme sahiptir. Özellikle imalat sanayi, çimento, kimya, metalürji ve tekstil gibi alt sektörler hem enerji hem de karbon yoğunlukları nedeniyle küresel sera gazı salımının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, sanayi sektörü 2022 itibarıyla dünya çapında toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %38'ini ve doğrudan karbon dioksit (CO₂) emisyonlarının %24'ünü üretmektedir (IEA, 2022).

Sanayi üretiminin artışı, özellikle fosil yakıtlara dayalı enerji altyapısı ve karbon yoğun üretim süreçleriyle ilişkilidir. Bu süreçlerde enerji verimliliği düşük, teknolojik dönüşüm sınırlı ve alternatif kaynak kullanımı yetersiz olduğunda çevresel maliyetler hızla artmaktadır. Bu bağlamda, sanayileşmenin çevresel etkileri yalnızca üretim hacmiyle değil, üretimin teknolojik yapısı, enerji kaynağı bileşimi ve politik düzenleme düzeyiyle de doğrudan bağlantılıdır (Zhang & Wang, 2013).

Karbon emisyonlarının sanayi bazında dağılımı, ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelere üretim yoğun sektörlerin baskınlığı ve daha düşük enerji verimliliği, birim üretim başına düşen emisyonları artırmakta; gelişmiş ülkelere ise teknolojik yenilikler, enerji dönüşümü ve karbon fiyatlandırma uygulamaları ile sanayinin karbon ayak izi görece azaltılmaktadır (Stern, 2004; Popp, 2006). Bu durum, "çevresel teknolojik uçurum" (environmental technology gap) olarak adlandırılan yapısal bir ayrışmaya işaret eder.

Sanayi sektörünün iklim değişikliği üzerindeki etkisini azaltmak için yeşil dönüşüm, enerji verimliliği yatırımları, karbon emisyonu izleme sistemleri ve çevresel vergilendirme uygulamaları önem arz etmektedir. Avrupa Birliği'nin Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) gibi piyasa temelli araçlar, sanayi işletmeleri için karbon salımlarını azaltmaya yönelik mali teşvikler yaratmakta ve düşük karbon teknolojilerine geçişi hızlandırmaktadır (Ellerman, Marcantonini, & Zaklan, 2016).

Ayrıca, sanayi üretiminin toplam ekonomideki payı ile karbon yoğunluğu arasında güçlü bir korelasyon bulunmakta; üretimin hizmet sektörüne kaydığı ekonomilerde bu yoğunluk belirgin şekilde azalmaktadır. Bu durum, sanayi üretiminin karbon ayak izi üzerindeki etkisinin yalnızca fiziksel üretimle sınırlı kalmadığını; üretim coğrafyasının küresel ölçekteki karbon dağılımını da etkilediğini göstermektedir (Lenzen vd., 2012).

Ancak üretim dışsallaştırması yoluyla yüksek emisyonlu üretimi geliştirmekte olan ülkelere kaydıran gelişmiş ülkeler, kendi emisyonlarını düşürürken küresel karbon yükünü değiştirmemektedir. Bu nedenle, tüketim temelli karbon muhasebesi yaklaşımı, sanayi üretiminin iklim üzerindeki gerçek etkisinin analizinde daha bütüncül bir çerçeve sunmaktadır (Davis & Caldeira, 2010).

Sonuç olarak, sanayi üretiminin büyüklüğü, niteliği ve mekânsal dağılımı, iklim değişikliği üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda,

düşük karbonlu sanayi politikaları, enerji dönüşüm stratejileri ve dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılması hem çevresel sürdürülebilirliği artırmakta hem de ekonomik rekabetçiliği desteklemektedir (OECD, 2021). Sürdürülebilir sanayi dönüşümü, yalnızca iklim hedefleriyle değil, aynı zamanda uzun vadeli ekonomik direnci artırmak açısından da kritik bir stratejik önceliktir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

4.1. Literatür Taraması

İklim değışikliğı ve ekonomi arasındaki ilişki, özellikle son yıllarda akademik çalışmaların odak noktalarından biri haline gelmiştir. İklim Değışikliği Performans Endeksi (CCPI), ülkelerin sürdürülebilirlik politikalarını değerdendiren önemli bir ölçüt olup, sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimliliğı ve iklim politikaları gibi dört ana bileşen üzerinden ülkelerin performanslarını karşılaştırmaktadır (Burck vd., 2023). Literatürde yapılan çeşitli çalışmalar, iklim değışikliğı ile ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi analiz ederek, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının ekonomi üzerindeki potansiyel etkilerini incelemektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen akademik araştırmalar, karbon fiyatlandırma mekanizmaları, yeşil finansman politikaları ve enerji dönüşüm süreçleri gibi unsurların ekonomik kalkınma üzerindeki rolüne odaklanmaktadır.

İklim değışikliğı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, özellikle 21. yüzyılın ikinci yarısında giderek artan şekilde politika yapıcılarının ve akademik çevrelerin ilgi alanına girmiştir. Bu ilgi, çevresel bozulmanın yalnızca ekolojik bir mesele olmanın ötesine geçerek ekonomik sürdürülebilirlik üzerinde doğrudan etkiler oluşturduğuna dair artan kanıtlardan beslenmektedir. Yapılan çalışmalar, iklim politikalarının ekonomik performans üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini ampirik yöntemlerle ortaya koymaya çalışmakta, bu bağlamda karbon emisyonları, yenilenebilir enerji yatırımları, çevre vergileri, istihdam etkileri ve yeşil finansman gibi birçok bileşeni bütüncül biçimde değerdendirmektedir.

Acemoğlu, D. vd. (2012), çevresel sınırlamaların olduğu bir büyüme modeline yönlendirilmiş teknolojik değışim çerçevesi entegre ederek ‘kirli’ ve ‘temiz’ girdiler kullanılarak üretim yapan iki sektörlü bir dinamik model geliştirmiştir. Metodolojide girdiler arası ikamesi kabul edilebilir seviyedeysse, geçici karbon vergileri ve Ar-Ge sübvansiyonları ile temiz teknolojiye yönelim sağlanarak sürdürülebilir büyümenin mümkün olabileceğı gösterilmiştir. Çalışmada dört önemli politika önerisi sıralanır: (i)

girdiler yeterince ikame edilebiliyorsa geçici çevre politikalarıyla sürdürülebilir büyüme sağlanabilir; (ii) optimal politika kombinasyonu karbon vergisi ve Ar-Ge sübvansiyonunu içermelidir; (iii) gecikme maliyetlidir—ertelenen politika uygulamaları büyüme geçiş süresini uzatır; (iv) kirli girdi üretiminde tükenen kaynak kullanımı laissez-faire durumunda bile temiz teknolojiye geçişi teşvik edebilir . Bu yaklaşım, iklim politikalarını hem çevresel hem de ekonomik kalkınma stratejisi olarak konumlandıran teorik bir alt yapı sunmaktadır.

Albayrak ve Gökçe (2015), Türkiye’de ekonomik büyüme ile çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi inceleyerek Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezini test etmişlerdir. 1975–2010 dönemine ait verilerle yapılan analizde, CO₂ emisyonu bağımlı değişken olarak alınmış; reel gelir, gelir karesi, enerji kullanımı ve dışa açıklık oranı modele dahil edilmiştir. Johansen eş bütünleşme testi sonuçları, Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bulgular, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevresel kirliliğin arttığını, ancak belirli bir gelir düzeyinden sonra azaldığını ortaya koymuştur.

Altınok, Fırat ve Soyu (2015), küresel iklim değişikliği ile mücadelede sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin rolünü incelemiş ve gelişmiş ülkelerin karbon salınımını azaltma konusunda daha başarılı performans sergilediklerini ortaya koymuştur. Bu başarı, büyük ölçüde yenilenebilir enerjiye yönelim ve sanayideki yapısal dönüşümle açıklanırken, Türkiye’nin fosil yakıt bağımlılığı ve karbon yoğun üretim yapısı nedeniyle daha fazla çaba göstermesi gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle enerji sektöründe dönüşüm ihtiyacı ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması önerilmektedir.

Yalçın (2016), yeşil ekonomi politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini analiz ettiği çalışmasında, yenilenebilir enerji yatırımları ile karbon salınımını sınırlamaya yönelik düzenlemelerin uzun vadede ekonomik büyümeyi destekleyici etkiler yarattığını, ancak kısa vadede bazı sektörlerde dönüşüm maliyetleri oluşturduğunu belirtmiştir. Bu maliyetler arasında fosil yakıtlara dayalı sektörlerde iş gücü kayıpları ve geçici üretim düşüşleri yer alırken, yeşil enerji sektöründe yeni istihdam alanlarının olduğu da vurgulanmıştır. Bu yönüyle çalışma, “adil geçiş” ilkesine vurgu yapan öncül analizlerden biridir.

Karaman (2018), Türkiye ile Avrupa Birliği ülkelerini karşılaştırdığı çalışmasında, çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri temelinde Türkiye’nin karbon salınımını azaltma

ve yenilenebilir enerji kullanımı konularında AB ortalamasının gerisinde kaldığını tespit etmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'nin çevre politikalarının daha etkin hale getirilmesi gerektiği savunulmaktadır.

Tunçarslan (2018), Türkiye ile BRICS ülkeleri arasında iklim politikalarını karşılaştırdığı çalışmada, Türkiye'nin karbon salınımını azaltma performansının sınırlı kaldığını, ancak yeşil enerji yatırımları açısından fırsatlar barındırdığını belirtmiştir. Çalışmada ayrıca, Türkiye'nin iklim politikalarını daha güçlü hale getirebilmesi için uluslararası finansal mekanizmalara entegrasyonunun kaçınılmaz olduğu vurgulanmıştır.

Kahn, vd. (2019), 174 ülkeyi kapsayan 1960–2014 dönemi panel veri seti ile sıcaklık ve ekonomik büyüme ilişkisini ele almıştır. Çalışmada, ülkelere özgü sıcaklık ve yağış sapmaları ile emek verimliliği modeli entegre edilmiş; ayrıca karşıt senaryo analizlerinde Paris Anlaşması'na bağlı kalınmadığında 2100 yılına kadar dünya GSYİH'sının kişi başına %7,2 azalabileceği, anlaşmaya uyulursa bu kaybın %1,1'e düşeceği öngörülmüştür. ABD eyaletleri özelinde yapılan tamamlayıcı analizde, 1963–2016 arasında sıcaklık artışlarının tarım, hizmet ve inşaat sektörlerinde iş gücü verimliliğini düşürerek uzun vadede büyümeye negatif etki yaptığı sonuçlanmıştır [SSRN](#). Çalışma, iklim şoklarına karşı bölgesel kırılganlıkları vurgulayarak politika yapıcıların adaptasyon stratejilerini yerel düzeyde kurgulaması gerektiğini önermektedir.

Kaya (2019), karbon vergisinin sanayi sektörü üzerindeki etkilerini dinamik bir modelle incelemiş ve ton başına 50 TL'lik karbon vergisinin enerji yoğun sektörlerde maliyetleri %12 oranında artırdığını belirtmiştir. Ancak bu vergi gelirlerinin yeşil projelere yönlendirilmesi durumunda, istihdam üzerindeki olası kayıpların zamanla dengelenebileceği ve net bir makroekonomik fayda sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Yılmaz (2020) tarafından yapılan ampirik çalışma, Türkiye'de 2005–2019 döneminde rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarının ekonomik etkilerini bölgesel veriler üzerinden analiz etmiştir. Bulgulara göre, yenilenebilir enerji yatırımları, fosil yakıt temelli yatırımlara kıyasla yaklaşık 1,5 kat daha hızlı büyüme sağlamış; özellikle Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde istihdam oranlarını %8 artırmıştır. Bu veriler, Türkiye'nin yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerjiye geçişinin ekonomik etkilerini somut biçimde ortaya koymaktadır.

Demir (2021) ise iklim değişikliğinin tarım sektöru üzerindeki etkilerini RCP 4.5 ve 8.5 senaryoları çerçevesinde değerlendirmiştir. Araştırmada, Akdeniz bölgesinde buğday veriminde %15–20, Güneydoğu Anadolu’da pamuk üretiminde %25 oranında azalma öngörülmektedir. Bununla birlikte, modern sulama teknolojileri sayesinde su verimliliğinde %40’a varan artış sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Arslan (2022) tarafından yapılan çalışmada, kentsel nüfus artışının iklim değişikliği üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu etkileri azaltmaya yönelik olarak sürdürülebilir kalkınma politikalarının önemi vurgulanmıştır. Çalışmada, hızlı kentleşmenin enerji tüketimini artırarak fosil yakıt kullanımına ve sera gazı emisyonlarında yükselişe neden olduğu, bunun da iklim değişikliğini tetiklediği belirtilmiştir. Ayrıca, kentleşmeyle birlikte doğal bitki örtüsünün azalması ve karbon yutak alanlarının daralması sonucu doğal dengenin bozulduğu ifade edilmiştir. Arslan, sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin yerel düzeyde uygulanmasının, kentsel nüfusun çevresel etkilerini hafifletebileceğini ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir politika aracı olabileceğini savunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, iklim değişikliğinin kentsel boyutunu ele alarak literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

İskenderoğlu, Ünlübulduk ve Karadeniz (2022) ise karbon salınımının ekonomik belirleyicilerini analiz etmiş ve fosil yakıtlara bağımlı üretim sistemlerinin, sanayileşme düzeyi ve enerji tüketimi ile birlikte, ekonomik sürdürülebilirlik açısından önemli riskler barındırdığını ifade etmiştir. Bu bağlamda, karbon yoğun yapının devam etmesinin uluslararası rekabet gücünü zamanla azaltacağı, dolayısıyla düşük karbonlu üretim modellerine geçişin hem ekonomik hem de çevresel açıdan zorunlu hale geleceği belirtilmektedir.

Akandere ve Zerenler (2022), Doğu Avrupa ölkelerinin çevresel ve ekonomik performanslarını CRITIC-TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemiyle karşılaştırmış; çevreci politikalarla desteklenen ekonomilerin uzun vadede daha istikrarlı ve dirençli bir büyüme patikasına sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların makroekonomik performans üzerinde pozitif etkisi bulunduğu ortaya konmuştur.

Erdoğan (2022) yeşil tahvil piyasalarının gelişimini vaka analiz yöntemiyle incelediği çalışmasında, yeşil finansman araçlarının iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol

üstlenebileceğini belirtmiştir. Ancak Türkiye’de yeşil tahvil kullanımının hâlâ çok sınırlı olduğu, finansal sistemin bu yönde teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu noktada, düşük karbonlu projelerin desteklenmesi ve sürdürülebilir finansman çerçevesinin kurumsallaştırılması önerilmektedir.

Saygın, Gök ve Yamak (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, finansal gelişmenin çevresel etkileri 1999-2019 döneminde 120 ülkeyi kapsayan panel veri seti üzerinden incelenmiştir. Çalışmada doğrusal olmayan dinamik panel veri analizi (sistem GMM) yöntemi kullanılarak, finansal gelişme ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin ters U şeklinde, yani çevresel Kuznets eğrisi formunda olduğu ortaya konmuştur. Bulgular, finansal gelişmenin belirli bir eşiğe kadar çevresel bozulmayı artırdığını, ancak bu eşik aşıldığında emisyonları azaltıcı yönde etkide bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, finansal sistemin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak çevre üzerindeki etkisinin değişebileceğini ve çevre dostu yatırımların desteklenmesinde finansal sektörün kritik bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır. Çalışma, karbon dostu finansman, kirlilik sığmağı ve kirlilik halosu gibi teorik yaklaşımları entegre ederek literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

Kapkara-Kaya ve Çoban (2025), Türk imalat sanayinde çevresel performansın finansal performans üzerindeki etkisini incelemiştir. 2009-2021 dönemi verileriyle yapılan analizde, çevresel performans ve verimlilik göstergelerinin finansal performansı olumlu yönde etkilediği; ancak imalat sektörünün henüz tam olarak yeşil dönüşüme adapte olamadığı vurgulanmıştır. Çalışmada, sürdürülebilir büyüme için karbon vergileri ve finansal destek mekanizmalarının önemine dikkat çekilmiştir.

Özarslan (2025) tarafından gerçekleştirilen ampirik bir çalışmada, İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) ile yenilenebilir enerji yatırımları arasındaki ilişki E-7 ülkeleri özelinde Parks-Kmenta tahmincisi kullanılarak incelenmiştir. 2008–2023 dönemine ait panel verilerin kullanıldığı bu çalışmada, CCPI skorlarındaki artışın, yatırım kararlarında anlamlı bir belirleyici haline geldiği ve yenilenebilir enerji yatırımlarını pozitif etkilediği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, kişi başına reel GSYİH artışının çevresel yatırımlar üzerinde olumlu etkisi olduğu, buna karşın nüfus artışı ve enflasyonun yatırımcı kararları üzerinde caydırıcı bir etki yarattığı ortaya konmuştur. Enflasyonun yatırım ortamında yarattığı belirsizlik, yeşil yatırımları sınırlarken, nüfus artışı fosil yakıtlara olan talebi artırarak çevresel baskıyı derinleştirmektedir.

Boston Consulting Group ve Gates Cambridge (2025) tarafından hazırlanan kapsamlı raporda, iklim değışikliğıyle mücadelede zamanında atılacak adımların ekonomik açıdan nasıl bir maliyet-fayda dengesi yarattığı detaylı biçimde analiz edilmiştir. Rapora göre, küresel sıcaklık artışının 3°C düzeyine ulaşması halinde, dünya genelinde ekonomik üretimde %15 ila %34 arasında bir azalma meydana gelmesi öngörülmektedir. Buna karşılık, küresel ekonominin yalnızca GSYİH'nın %1 ila %2'si kadar bir yatırım yapması durumunda sıcaklık artışı 2°C'nin altında tutulabilirken, ekonomik kayıplar da %2 ila %4 düzeyine indirilebilecektir. Bu bulgular, iklim krizine yönelik erken ve güçlü politika uygulamalarının hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından kaçınılmaz olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma, ekonomik kalkınma hedefleri ile iklim politikalarının uyumlu bir biçimde yürütülmesinin, uzun vadede maliyetleri azaltıcı etkide bulunacağını da vurgulamaktadır.

PwC (2025) tarafından yayımlanan bir diğer çalışmada, Orta Doğu ülkelerinin yapay zekâ yatırımları ve iklim direnci stratejileri üzerinden ekonomik büyüme potansiyeli değerlendirilmiştir. Rapor, 2035 yılına kadar stratejik iklim uyum politikalarının ve dijital teknolojilerin entegre edilmesi durumunda bölgesel GSYİH'nın 232 milyar dolar artabileceğini ortaya koymuştur. Öte yandan, iklim kaynaklı fiziksel zararların ve altyapı risklerinin değerlendirilmediği senaryolarda ekonomik kaybın GSYİH'nın %13,9'una ulaşabileceği vurgulanmaktadır. Bu bulgular, iklim direnci ile kalkınma politikalarının dijitalleşme ve inovasyon çerçevesinde birlikte ele alınmasının stratejik önemine işaret etmektedir.

Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Ofisi (UNDRR, 2025) tarafından yayımlanan "Küresel Değerlendirme Raporu (GAR 2025)" başlıklı çalışmada, iklim kaynaklı afetlerin dünya ekonomisi üzerindeki maliyetleri yıllık 2,3 trilyon dolar olarak hesaplanmıştır. Rapor, yalnızca doğrudan altyapı zararlarını değil; ekosistem tahribatı, tarımsal üretim kaybı, göç ve sağlık harcamaları gibi dolaylı etkileri de ekonomik yük olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, iklim risklerinin finansal sistemlerde istikrarsızlık yaratabileceği, gelişmekte olan ülkelerin bu durumdan orantısız şekilde etkileneceği belirtilmektedir. Bu bulgular, iklim adaptasyon politikalarının ve afet risk yönetiminin sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik bir öncelik olması gerektiğine işaret etmektedir.

Murakami vd. (2025) tarafından yapılan bir diğ er çalışmada, farklı net sıfır emisyon senaryoları kapsamında 21. yüzyıl boyunca iklimin ve ekonominin birlikte evrimi modellenmiştir. Çalışma, en iyimser senaryoda dahi 2100 yılına kadar ortalama küresel sıcaklık artışının 2,5 C ile 2,7 C arasında seyredeceğini ortaya koymuştur. Bu çerçevede karbonun sosyal maliyetinin 2025'te 30-50 dolar aralığında olduğu, ancak bu maliyetin 2100 yılına gelindiğinde 250-400 dolara kadar çıkabileceği     r lm şt r. Bu bulgu, karbon fiyatlandırmasının ekonomik maliyetlerini     rmeye ve bu yolla politika yapıcıları daha g    l    nlemler almaya teşvik etmeye yöneliktir.

Angelini vd. (2025) tarafından yürütülen bir ampirik analizde, kamuoyundaki iklim değişikliği endişesinin makroekonomik g  stergeler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada, doğrudan fiziksel bir iklim olayı yaşanmasa bile, iklim değişikliğine dair artan endişenin tüketim harcamalarında düşüşe, işsizlikte artışa ve finansal piyasalarda oynaklığın yükselmesine yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Bu durum, iklim krizinin yalnızca fiziksel değil aynı zamanda psikolojik ve sosyoekonomik yönleriyle de ekonomi üzerinde etkili olduğunu g  stermekte; kamu algısının makroekonomik politika tasarımlarında dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Dong vd. (2025) tarafından yapılan bir diğ er panel veri analizinde, sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenlerinin ekonomik üretim üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkileri bölgesel düzeyde karşılaştırılmıştır. Bulgular, hava durumu şoklarının kısa vadede ciddi üretim dalgalanmalarına neden olduğunu; ancak uzun vadede bu etkilerin iklim kuşağına bağlı olarak farklılaştığını g  stermektedir. Özellikle aşırı sıcak veya soğuk bölgelerde iklim değişikliğinin kalıcı büyüme kayıplarına yol açabileceği ortaya konmuştur. Bu yönüyle çalışma, bölgesel kırılganlıkların iklim politikalarında dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

EDHEC Business School (2025) tarafından hazırlanan bir finansal analiz raporu ise, iklim değişikliğinin hisse senedi piyasalarına etkisini değerlendirmiştir. Çalışmaya göre, iklim kaynaklı fiziksel zararların ve geçiş maliyetlerinin etkisiyle, iklim eylemi yapılmaması durumunda küresel hisse senedi değerinin %40'a kadar azalabileceği     r lmektedir. Bu bulgu, finansal istikrarın sağlanabilmesi için  evre dostu yatırımların ve sürdürülebilir finansman modellerinin hızla yaygınlaştırılması gerektiğine işaret etmektedir.

Yapılan akademik çalışmalar, iklim değışikliğı politikalarının ekonomik büyüme ile doğrudan ilişkili olduğunu ve karbon düzenlemeleri, yeşil finansman ve enerji dönüşüm stratejilerinin ekonomiyi olumlu yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Ancak, fosil yakıtlara bağımlı ekonomilerde bu dönüşümün bazı sektörlerde kısa vadeli maliyetler yarattığı belirtilmektedir. Türkiye açısından bakıldığında, CCPI sıralamalarında üst sıralara çıkabilmesi için düşük karbonlu üretim modellerine geçiş yapması, yenilenebilir enerji yatırımlarını artırması ve uluslararası karbon fiyatlandırma mekanizmalarına entegre olması gerekmektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalar, iklim politikalarının makroekonomik göstergeler üzerindeki uzun vadeli etkilerini daha detaylı bir şekilde analiz ederek, politika yapıcıların daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.

4.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın temel amacı, G7 ülkelerinin 2008–2021 döneminde iklim değışikliğı performansını belirleyen makroekonomik ve kurumsal faktörleri analiz etmektir. Özellikle ekonomik büyüme, finansal kalkınma ve teknolojik dönüşüm kapasitesinin çevresel performans üzerindeki etkileri incelenmiş; Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim politikalarının ülkelerin çevresel performansına yansımaları değerlendirilmiştir.

Çalışmada bağımlı değışken olarak İklim Değışikliğı Performans Endeksi (CCPI) kullanılmıştır. CCPI, sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimliliğı ve ulusal politika uygulamalarını kapsayan kapsamlı bir endeks olup, ülkelerin çevresel performansını nicel olarak değerlendirmeye imkân tanımaktadır. Bağımsız değışkenler arasında GSYİH (logaritmik formda), Finansal Kalkınma Endeksi, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu Ar-Ge harcamaları içindeki payı ve Paris Anlaşması dummy değışkeni yer almıştır. Bu yaklaşım, iklim değışikliğinin ekonomik, finansal ve uluslararası boyutlarını bütüncül bir çerçevede ele alarak, çevresel performansın yalnızca ekonomik büyüme ile açıklanamayacağını ortaya koymaktadır.

Çalışmanın önemi, çevresel performansı açıklamada ekonomik göstergelerin ötesinde finansal kalkınma ve yenilenebilir enerji Ar-Ge yatırımlarını da kapsamlı şekilde incelemesinden kaynaklanmaktadır. Böylece, çevresel performansın ekonomik, finansal ve teknolojik faktörlerle ilişkisini bütüncül olarak ele alan sınırlı sayıda çalışmadan biri olma özelliğı taşımaktadır. Ayrıca, Paris Anlaşması ve benzeri uluslararası iklim politikalarının ampirik analizle test edilmesi, literatürde genellikle normatif tartışmalarla sınırlı kalan konuyu somut bulgularla desteklemektedir.

Çalışma, sürdürülebilir kalkınma ve iklim politikalarının tasarımında politika yapıcılara rehberlik edecek bulgular sunmaktadır. Finansal kalkınmanın ve yenilenebilir enerji Ar-Ge yatırımlarının desteklenmesi, ülkelerin çevresel performansını artırmada öncelikli alanlar olarak öne çıkarken, uluslararası taahhütlerin etkili olabilmesi için ulusal düzeyde somut ve uyumlu stratejilerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerini azaltmak amacıyla düşük karbonlu üretim teknikleri ve enerji verimliliği önlemleri, politika araçları olarak öncelikli hale gelmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, G7 ülkelerinin iklim değişikliği performansının ekonomik büyüme, finansal kalkınma ve teknolojik dönüşümle şekillendiğini ve uluslararası anlaşmaların ancak ulusal politikalarla desteklendiğinde etkili olabileceğini ortaya koyarak hem teorik hem de uygulamalı literatüre özgün katkılar sağlamaktadır.

4.3. Çalışmanın Veri Seti ve Analiz Yöntemi

Bu çalışmada, 2008–2021 dönemi için G7 ülkelerini kapsayan bir panel veri seti kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak, İklim Değişikliği Performans Endeksi (Climate Change Performance Index – CCPI) kullanılmıştır. Bu endeks, Germanwatch, NewClimate Institute ve Climate Action Network ortaklığında yayımlanan yıllık raporlar temel alınarak oluşturulmuştur. CCPI, dört ana bileşene dayalı bir endeks olup; (i) sera gazı emisyonları, (ii) yenilenebilir enerji kullanımı, (iii) enerji tüketim trendleri ve (iv) iklim politikaları olmak üzere, her ülkenin iklim değişikliğiyle mücadeledeki performansını kapsamlı bir biçimde değerlendirir. Bu endeks 0 ile 100 arasında bir değer alır; yüksek değerler daha iyi iklim performansını göstermektedir.

Çalışmada, CCPI verilerinin ve seçilen değişkenlerin tümünün veri uygunluğuna göre 2008-2021 yılları kullanılmıştır. Aşağıda Tablo 6’da Analize Dahil Edilen Ülkeler ve Ülke Kodları verilmiştir.

Tablo 6. *Analize Dahil Edilen Ülkeler ve Ülke Kodları*

ÜLKE KODU	ÜLKE ADI
CAN	KANADA

<i>FRA</i>	<i>FRANSA</i>
<i>DEU</i>	<i>ALMANYA</i>
<i>ITA</i>	<i>İTALYA</i>
<i>JPN</i>	<i>JAPONYA</i>
<i>GBR</i>	<i>BİRLEŞİK KRALLIK</i>
<i>USA</i>	<i>AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ</i>

Analize dahil edilen 7 ülke ve ülke kodları Tablo 6’da verilmiştir.

Bağımsız değişkenler literatürde çevresel sürdürülebilirlik ve iklim politikalarını etkileyen temel sosyoekonomik ve makroekonomik göstergelere dayanmaktadır. Bu göstergelere ait veriler Dünya Bankası Açık Veri Platformundan (World Bank Open Data) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler aşağıda özetlenmiştir:

Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyini temsil eder ve Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin testinde temel değişkendir. EKC hipotezine göre ekonomik büyümenin ilk aşamalarında GSYİH artışı çevresel bozulmayı ve karbon emisyonlarını artırırken, belirli bir gelişmişlik seviyesinden sonra çevresel iyileşme gözlenmektedir (Grossman & Krueger, 1995). Bu nedenle işaret beklentimiz çift yönlüdür: düşük gelirli aşamada pozitif (çevresel bozulmayı artırıcı), yüksek gelirli aşamada ise negatif (çevresel iyileştirici) etki. Mekanizma şu şekilde işlemektedir: ekonomik büyümenin erken evrelerinde sanayileşme, enerji talebinin yükselmesi ve fosil yakıt bağımlılığı çevresel baskıyı artırırken; gelişmişlik düzeyi arttıkça çevre bilinci, yeşil teknolojilere yatırım, çevre düzenlemeleri ve daha yüksek standartlar devreye girerek bozulmayı azaltmaktadır. Literatür bu farklılaşmayı desteklemektedir: Özarslan (2025), E-7 ülkeleri için kişi başına reel GSYH artışının çevresel yatırımları pozitif etkilediğini bulmuştur. Altuntaş & Altınöz (2020), G-20 ülkelerinde GSYİH ile karbon emisyonları arasında çift yönlü nedensellik tespit etmiştir. Dölek (2020), G8&D8 ülkelerinde EKC hipotezinin geçerli olduğunu, G8 için GSYİH ile kirlilik arasında pozitif doğrusal ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan, Taşdemir (2024), çevre vergilerinin GSYİH üzerinden karbon salınımını azaltıcı etkide bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, çalışmamızda ekonomik büyümenin ilk aşamalarında GSYİH’nin iklim değişikliği

performansını olumsuz etkilemesi, daha ileri aşamalarda ise çevresel performansı iyileştirici yönde katkı sağlaması beklenmektedir.

Finansal Kalkınma Endeksi, bir ülkenin finansal sisteminin derinliği, erişilebilirliği, etkinliği ve istikrarını ölçen bileşik bir göstergedir. Finansal kalkınmanın çevresel performans üzerindeki etkisi çift yönlüdür. Kısa vadede, kredi genişlemesi ve yatırım imkânlarının artması sanayi üretimini ve enerji tüketimini yükselterek karbon emisyonlarını artırabilmektedir; dolayısıyla işaret beklentisi bu aşamada negatiftir (çevresel bozulmayı artırıcı). Ancak uzun vadede finansal sistemler, yeşil yatırımların finansmanı, çevre dostu teknolojilerin desteklenmesi ve çevresel risklerin fiyatlanması yoluyla karbon emisyonlarını azaltabilmektedir; bu aşamada işaret beklentisi pozitifdir (çevresel iyileştirici). Mekanizma, sermaye piyasalarının yeşil tahvil ve sürdürülebilir yatırım araçları yoluyla kaynak aktarımını kolaylaştırması ve finansal kurumların çevresel risk yönetiminde daha etkin hale gelmesi ile işler. Literatür de bu karmaşık etkiyi doğrulamaktadır: Kaya ve Gündüz (2023), finansal kalkınmanın kısa vadede emisyonları artırdığını, uzun vadede ise azaltıcı rol oynadığını bulmuştur. Özarslan (2025) da finansal kalkınmanın iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin çok boyutlu olduğunu, ancak sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu yönlendirildiğinde çevresel performansı iyileştirdiğini vurgulamıştır. Dolayısıyla çalışmamızda beklentimiz, finansal kalkınmanın özellikle uzun vadede çevresel performans üzerinde olumlu (emisyon azaltıcı) etki yaratacağı yönündedir.

Yenilenebilir enerjiye yönelik kamu Ar-Ge harcamalarının toplam kamu enerji Ar-Ge bütçesindeki payı, ülkelerin sürdürülebilir enerji politikalarına verdiği önceliği ve yeşil teknolojiye geçişteki kararlılığını yansıtır. Bu değişkenin işaret beklentisi pozitifdir; yani bu payın artışı karbon emisyonlarını azaltıcı yönde etki yapmaktadır. Mekanizma, kamu Ar-Ge harcamalarının yeni teknolojilerin geliştirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve özel sektörün yeşil yatırımlara yönlendirilmesi üzerinden işler. Dolayısıyla, bu payın yükselmesi çevresel inovasyonu tetikler ve iklim değişikliği performansını iyileştirir. Literatür de bu beklentiye desteklemektedir: Popp (2006) ve Johnstone vd. (2010), kamu destekli Ar-Ge harcamalarının çevre dostu teknolojilerin gelişimini hızlandığını belirtmiştir. Kwon (2015), OECD ülkelerinde bu harcamaların enerji sektörünün karbon yoğunluğunu azalttığını bulmuştur. Ayrıca *Sustainability* dergisinde yayımlanan bir çalışmada (2021),

17 Avrupa ülkesinde yenilenebilir enerji Ar-Ge payının yeşil patentler üzerinde pozitif etkisi olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2023), küresel ölçekte bu payın dalgalı seyrettiğini ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde düşük kaldığını ortaya koymuştur. Çalışmamızda ise beklentimiz, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının payındaki artışın karbon emisyonlarını azaltıcı ve iklim değişikliği performansını iyileştirici etki yaratacağı yönündedir.

Tüm değişkenler yıllık olarak ölçülmüştür ve uygun dönüşümler yapılarak analizde kullanılmıştır. İklim Değişikliği Performansı ve Finansal Kalkınma endeks olarak alındığı, Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Harcamalarının Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları İçindeki Payı da oran oldukları için logaritmik dönüşüm yapılmamıştır. Yalnızca GSYİH için logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Analizde kullanılan değişkenler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Çalışmada kullanılan değişkenler

Kaynak: Dünya Bankası, *Germanwatch (CCPI Raporları)*

Değişken Adı	Kısaltma	Açıklama	Veri Kaynağı
İklim Değişikliği Performans Endeksi	CCPI	Sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji, enerji kullanımı ve iklim politikalarını ölçer.	Germanwatch (CCPI Raporları)
GSYİH	GDP	Ekonomik büyüklüğü gösterir. Logaritmik formda modele dahil edilmiştir.	Dünya Bankası
Finansal Kalkınma Endeksi	FINDEV	Finansal sektörün gelişmişliğini temsil eder (kredi, piyasa erişimi vb.).	Dünya Bankası
Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Harcamalarının Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları İçindeki Payı	RE	Yenilenebilir enerjiye yönelik kamu Ar-Ge harcamalarının, toplam kamu enerji Ar-Ge bütçesi içindeki yüzdesel payını gösterir. Ülkelerin çevre dostu teknolojiye yatırım önceliğini yansıtır.	IEA Energy RD&D Budgets / OECD

Bu çalışmada kullanılan değişkenlerin özet istatistik tablosu aşağıda Tablo 8’de sunulmaktadır.

Tablo 8 Özet İstatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
CCPI	98	54.16704	11.88748	24.82	73.09
GSYİH	98	12.53305	0.3300023	12.13286	13.32052
FINDEV	98	0.8293498	0.0713836	0.6697968	0.9333178
RE_RD_SHARE	98	17.65051	6.313551	3.48	34.07

Tablo 8, çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerini göstermektedir. Örneklem 2008–2021 döneminde 7 ülkeye ait toplam 98 gözlemden oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu enerji Ar-Ge harcamaları içindeki payı (RE_RD_SHARE) ortalama %17,65 olup, minimum %3,48 ve maksimum %34,07 arasında değişmektedir. Finansal Kalkınma Endeksi (FINDEV) 0,67 ile 0,93 aralığında gözlenmiş ve ortalama 0,83’tür. Logaritmik olarak alınan GSYİH değişkeni (GSYİH) 12,13 ile 13,32 aralığında, ortalama 12,53 değerine sahiptir. İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) ise ortalama 54,16 olup minimum 24,82, maksimum 73,09 değerlerini almıştır. Tablo, değişkenlerin dağılımı ve varyasyonu hakkında genel bir çerçeve sunmakta, ekonometrik analizlere geçmeden önce veri setinin yapısını ortaya koymaktadır.

Bu modelde yer alan β katsayıları, ülke (i) ve zaman (t) boyutunda değişkenlerin etkilerini temsil etmektedir. u_{it} Hata terimi, gözlemlenemeyen etkileri ve modele dâhil edilmemiş diğer faktörlerin etkisini yansıtmaktadır. Modelin bağımlı değişkeni CCPI (İklim Değişikliği Performans Endeksi) olup, ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik düzeyini göstermek amacıyla kullanılmıştır. İlgili model formülü aşağıda verilmiştir:

$$CCPI_{it} = \beta_0 + \beta_1 GSYİH_{it} + \beta_2 RE_R\&D_SHARE_{it} + \beta_3 FINDEV_{it} + u_{it}$$

Araştırma için belirlenen temel ve alternatif hipotez aşağıdaki gibidir.

H0: Makroekonomik Faktörler ile İklim Değişikliği Performansı arasında ilişki vardır.

H1: Makroekonomik Faktörler ile İklim Değişikliği Performansı arasında ilişki yoktur.

Bu çalışmada, makroekonomik faktörlerin ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele performansları üzerindeki etkileri panel veri analizi aracılığıyla incelenmiştir. Panel veri yöntemi sayesinde hem zaman serisi hem de yatay kesit boyutu aynı anda analiz edilerek daha tutarlı ve güvenilir tahminler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, 2008–2021 yılları arasını kapsamakta olup, 7 ülke ve 14 yıllık bir zaman diliminden oluşmaktadır. Bu yapı, dengeli panel veri yapısına sahiptir ve zaman boyutu ($T = 14$), yatay kesit boyutundan ($N = 7$) büyüktür.

4.3.1. Uygun Tahmincinin Seçiminin Belirlenmesi için Yararlanılan Testler

Panel veri analizinde uygun tahminciyi seçebilmek, elde edilen sonuçların geçerliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, model tahminine geçmeden önce veri setinin yapısal özellikleri incelenmiş ve çeşitli tanısal testler uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı, birim kök, otokorelasyon ve değişen varyans testleri, seçilecek tahmincinin istatistiksel varsayımlarını karşılayıp karşılamadığını ortaya koyar (Baltagi, 2021).

4.3.1.1. Yatay kesit bağımlılığı

Panel veri setlerinde yatay kesit bağımlılığı (cross-sectional dependence), bir panel biriminde meydana gelen şok veya gelişmenin diğer birimlerin değerlerini etkilemesi durumunu ifade eder. Özellikle makroekonomik ve küresel düzeydeki panel verilerde, ülkeler arasındaki ekonomik entegrasyon, finansal ilişkiler, ticaret bağları ve ortak çevresel politikalar nedeniyle bu bağımlılığın görülmesi yaygındır (Pesaran, 2004). Yatay kesit bağımlılığı göz ardı edildiğinde, tahminciler tutarsız hale gelebilir ve standart hata tahminleri sapabilir (Baltagi, 2021; Greene, 2018).

Bu çalışmada yatay kesit bağımlılığını test etmek amacıyla Bias-adjusted LM testi kullanılmıştır. Bu test, özellikle T (zaman boyutu) küçük, N (kesit boyutu) büyük panel yapılarında etkin sonuçlar verdiği gibi hem klasik LM istatistiğini hem de düzeltilmiş (bias-adjusted) versiyonlarını ve Pesaran CD istatistiğini birlikte raporlaması bakımından avantaj sağlar (Pesaran, Ullah, & Yamagata, 2008).

Testin temel hipotezi aşağıda verilmiştir:

H0: Panel birimleri arasında hata terimleri bağımsızdır, yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H1: Panel birimleri arasında hata terimleri bağımsız değildir, yatay kesit bağımlılığı vardır.

Bias-adjusted LM testi ile elde edilen sonuçlar Tablo 8’de sunulmaktadır.

Tablo 9 *Uzun dönem denklemi için yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları*

Test	İstatistik	p-değeri	Karar ($\alpha=0.01$)
LM	47.48	0.0008	H ₀ reddedildi
LM adj.	5.624	0.0000	H ₀ reddedildi
LM CD	4.618	0.0000	H ₀ reddedildi

Elde edilen tüm test istatistikleri %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablo 8’deki tüm testlerin p-değerleri 0.01’den küçüktür (örneğin LM testi için $0.0008 < 0.01$). Dolayısıyla, hata terimleri arasında güçlü bir yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, G7 ülkelerinde birinde meydana gelen ekonomik veya çevresel şokların diğer ülkelerin hata terimlerini de anlamlı şekilde etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, sonraki aşamalarda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan tahmin yöntemleri tercih edilmiştir.

4.3.1.2. Birim Kök

Panel veri analizinde değişkenlerin durağan olup olmadığının belirlenmesi, model tahminlerinin güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Durağan olmayan serilerin doğrudan modele dâhil edilmesi, sahte regresyon (spurious regression) sorununa yol açarak istatistiksel olarak anlamlı görünen fakat gerçekte geçersiz ilişkilerin ortaya çıkmasına neden olabilir (Gujarati & Porter, 2020). Bu nedenle, panel veri setindeki tüm değişkenler için birim kök testleri uygulanarak durağanlık durumu sınanır.

Panel veri literatüründe birim kök testleri birinci nesil ve ikinci nesil olarak ikiye ayrılır. Birinci nesil testler panelin yatay kesit bağımsızlığı varsayımı altında çalışır. Ancak, önceki aşamada yapılan yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları, çalışmamızdaki G7 ülkeleri panelinde hata terimlerinin birbirinden bağımsız olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, ikinci nesil testler içerisinde yaygın olarak kullanılan Pesaran CADF (Cross-section Augmented Dickey-Fuller) ve CIPS (Cross-sectionally Augmented IPS) testleri uygulanmıştır. Pesaran CIPS testi hem bireysel zaman serisi dinamiklerini hem de paneldeki ortak faktörleri modelleyerek yatay kesit bağımlılığını dikkate alır.

Testin temel hipotezi aşağıda verilmiştir:

H_0 : Tüm seriler birim köke sahiptir (durağan değildir).

H_1 : En az bir panel birimi durağandır.

Tablo 10 Pesaran CIPS Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Deterministik Terim	CIPS İstatistiği	%5 Kritik Değer	Durağanlık Kararı
CCPI	Sabit	-1.506	-2.37	Durağan değil
RE	Sabit	-2.610	-2.37	Durağan
FINDEV	Sabit	-2.199	-2.37	Durağan değil
GDP	Sabit	-1.469	-2.37	Durağan değil
dCCPI	Sabit	-3.996	-2.66	Durağan
dRE	Sabit	-3.218	-2.66	Durağan
dFINDEV	Sabit	-4.364	-2.66	Durağan

CCPI değişkeninin istatistiksel değeri (1.506) <kritik değer (2.37) olduğundan, H_0 hipotezi kabul edilmekte ve serinin birim köke sahip olduğu sonucuna varılmaktadır. Benzer şekilde, FINDEV için istatistiksel değer 2.199 <2.37 ve GDP için 1.469 <2.37 olduğundan, bu seriler için de H_0 hipotezi kabul edilmekte ve birim köke sahip oldukları belirlenmektedir. Öte yandan, RE değişkeninin istatistiksel değeri 2.610 >2.37 olduğundan, H_0 hipotezi reddedilmekte ve H_1 hipotezi kabul edilerek serinin birim köke sahip olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak, test bulgularına göre RE değişkeni düzeyde durağandır. CCPI, FINDEV ve GDP değişkenleri ise durağan değildir ve birinci

farklarının alınması gerekmektedir. Böylece modelde kullanılacak değişkenlerin durağanlık düzeyleri belirlenmiş ve gerekli dönüşümler gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.3. Otokorelasyon

Panel veri analizinde otokorelasyon, hata terimlerinin kendi geçmiş değerleri ile ilişkisinin bulunması durumunu ifade eder. Otokorelasyon varlığı, klasik tahmin yöntemlerinin standart hata tahminlerini bozarak istatistiksel sonuçların güvenilirliğini azaltabilir (Baltagi, 2021). Bu nedenle, model tahminine geçmeden önce panel veri setinde otokorelasyon olup olmadığı test edilmiştir.

Bu çalışmada, Westerlund (2007) ECM panel eşbütünleşme testi kullanılarak hem otokorelasyon hem de uzun dönem denklemin eşbütünleşme ilişkisi incelenmiştir. Test, panel birimleri arasında kısa ve uzun dönemli dengelerin varlığını değerlendirir ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alabilir. Testin temel hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : Panel birimleri arasında uzun dönemli eşbütünleşme yoktur.

H_1 : Panel birimleri arasında uzun dönemli eşbütünleşme vardır.

Tablo 11. *Westerlund ECM Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları*

Model	Statistic	Value	Z-value	P-value	Karar ($\alpha=0.05$)
Düze y	Gt	-0.739	3.189	0.999	H_0 reddedilemedi
Düze y	Ga	-0.781	3.385	1.000	H_0 reddedilemedi
Düze y	Pt	0.681	3.913	1.000	H_0 reddedilemedi
Düze y	Pa	0.232	2.297	0.989	H_0 reddedilemedi
Sabit	Gt	-1.175	3.520	1.000	H_0 reddedilemedi
Sabit	Ga	-1.442	3.976	1.000	H_0 reddedilemedi
Sabit	Pt	-0.620	4.674	1.000	H_0 reddedilemedi
Sabit	Pa	-0.516	3.067	0.999	H_0 reddedilemedi
Sabit & Trend	Gt	-4.648	-5.203	0.000	H_0 reddedildi
Sabit & Trend	Ga	-0.249	5.238	1.000	H_0 reddedilemedi
Sabit & Trend	Pt	-1.235	5.721	1.000	H_0 reddedilemedi

Model	Statistic	Value	Z-value	P-value	Karar ($\alpha=0.05$)
Sabit & Trend	Pa	-0.388	4.149	1.000	H ₀ reddedilemedi

Panel veri analizinde değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olup olmadığı, modelin yapısal doğruluğu ve tahmincilerin güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, CCPI, RE, FOSSIL, FINDEV ve GDP değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişkileri değerlendirmek amacıyla Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Test hem grup hem bireysel birim düzeyinde eşbütünleşmeyi sınavarak paneldeki kısa ve uzun dönem dinamiklerini dikkate alır.

Elde edilen sonuçlar Tablo 10'da sunulmaktadır. Çoğu model ve istatistik için H₀ hipotezi reddedilememiştir; özellikle Gt, Ga, Pt ve Pa istatistiklerinin p-değerleri anlamlılık düzeyinin üzerinde bulunmuştur.

4.3.1.4. Katsayıların Homojenlik Testi

Panel veri analizinde, modeldeki regresyon katsayılarının tüm kesit birimleri için aynı olup olmadığının belirlenmesi, uygun tahmincinin seçimi açısından kritik öneme sahiptir. Katsayıların homojenliği varsayımı sağlanmadığında, sabit katsayılı tahminciler (ör. sabit etkiler veya rastgele etkiler modelleri) tutarsız sonuçlar üretebilir (Pesaran & Yamagata, 2008).

Bu çalışmada G7 ülkeleri paneli için katsayıların homojenliğini test etmek amacıyla Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından önerilen Delta Testi uygulanmıştır. Testin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H₀: Tüm kesit birimlerinde regresyon katsayıları homojendir.

H₁: En az bir kesit birimi için katsayılar heterojendir.

Tablo 12'de test sonuçları özetlenmektedir.

Tablo 12. Katsayıların homojenlik testi sonuçları

Test İstatistiği	Değer	p-değeri	Karar ($\alpha=0.05$)
Delta	2.120	0.034	H ₀ reddedildi
Delta adj.	2.805	0.005	H ₀ reddedildi

Tablo 12’den görüldüğü üzere hem Delta hem de düzeltilmiş Delta (adj.) istatistikleri %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve H_0 hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuç, paneldeki regresyon katsayılarının homojen olmadığını ve modelin her bir ülke için farklı tepki verdiğini göstermektedir. Dolayısıyla, bir sonraki aşamada kullanılacak tahminciler katsayı heterojenliğini dikkate alan yöntemler olmalıdır.

Modelin hata bileşenlerine ilişkin yapılan ön testlerde, yatay kesit bağımlılığı, heteroskedastisite ve birimler arası otokorelasyon gibi klasik panel regresyon varsayımlarını ihlal eden durumların varlığı tespit edilmiştir. Bu tür yapısal sorunlar karşısında, literatürde önerilen sağlam bir yaklaşım olan Parks Kmenta tahmincisi kullanılmıştır. Alternatif Sağlamlık analizi için de Driscoll–Kraay tahmincisi ve Nedensellik analizleri kullanılmıştır.

Parks (1967) ve Kmenta (1986) tarafından geliştirilen bu tahminci, panel veri setlerinde grup düzeyinde farklı varyans ve otokorelasyon yapılarının varlığını dikkate alarak katsayıların daha tutarlı ve verimli tahmin edilmesini sağlar. Temel olarak, her panel birimi için hata terimlerinin varyans ve otokorelasyon yapısı tahmin edilir ve bu tahminler, tüm panel boyunca ağırlıklı bir GLS regresyonunda kullanılır. Bu yaklaşım, özellikle T (zaman boyutu) küçük ve N (kesit boyutu) görece olarak büyük olduğunda tercih edilmektedir (Kmenta, 1986; Baltagi, 2021).

Parks-Kmenta tahmincisi, kısa dönemli dinamik modellerde ve heterojen katsayıların var olduğu durumlarda, tutarlı tahminler elde etmek için etkili bir yöntem sunar. Bununla birlikte, uzun dönemli ilişkiler veya eşbütünleşme varlığının incelendiği modellerde, tahminci yalnızca kısa dönem katsayılarının yorumlanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda eşbütünleşme testleri sonucunda uzun dönemli bir ilişkinin gözlemlenmemesi nedeniyle Parks-Kmenta tahmincisi, kısa dönem analizleri ve heterojen katsayıların tespitinde kullanılmıştır.

Tablo 13. Parks Kmenta Test Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	z	P> z	[95% conf. interval]	
RE	0.0012046	0.0004696	2.57	0.010	0.0002842	0.002125
dFINDEV	-0.1592552	0.0866407	-1.84	0.066	-0.3290678	0.0105574
dGDP	-0.1893929	0,11868	-1.60	0.111	-0.4220015	0.0432156
Post_paris	-0.0202104	0.0047922	-4.22	0.000	-0.029603	-0.0108178
_cons	-0.0108416	0.0094021	-1.15	0.249	-0.0292693	0.0075861
Model İstatistikleri						
Wald $\chi^2(4) = 35.01$						

Prob > χ^2 = 0.0000
Gözlem Sayısı = 91
Grup Sayısı = 7

Elde edilen sonuçlara göre: Yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu Ar-Ge harcamaları içindeki payı (RE) değişkeni, pozitif yönlü ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, yenilenebilir enerjiye yönelik kamu Ar-Ge yatırımlarının artmasının iklim değişikliği performansını (CCPI) iyileştirdiğini göstermektedir. Finansal gelişme (FINDEV) değişkeni ise negatif yönlü bir katsayıya sahip olup %10 düzeyinde zayıf anlamlılık göstermektedir; bu durum, finansal gelişmenin kısa dönemde çevresel performans üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğine işaret etmektedir. Ancak katsayının marjinal düzeyde anlamlı olması, uzun dönemde bu ilişkinin farklı bir seyir izleyebileceğini düşündürmektedir. Ekonomik büyüme (GDP) değişkeni negatif yönlü olmasına karşın istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır; bu durum, kısa dönemde ekonomik büyümenin CCPI üzerinde güçlü ve doğrudan bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, Paris Anlaşması sonrası dönemi temsil eden kukla değişken (post_paris) negatif ve %1 düzeyinde anlamlıdır. Paris Anlaşması sonrası dönemde ülkelerin iklim performansında beklenen iyileşmenin kısa vadede gözle görülür şekilde ortaya çıkmadığını, hatta bazı göstergelerde kısa süreli kötüleşmelerin yaşanabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgu, anlaşmanın etkilerinin uzun vadeli ve yapısal politika uygulamalarıyla birlikte değerlendirildiğinde daha net ortaya çıkabileceğini işaret etmektedir.

Modelin genel anlamlılığı Wald χ^2 testiyle teyit edilmiş olup ($\chi^2=35.01$, $p<0.01$), katsayıların istatistiksel olarak birlikte anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 14. *Driscoll Kraay Test Sonuçları*

Değişken	Katsayı	Std. Hata	z	P> z	[95% conf. interval]	
RE	0.0016202	0.0007362	2.20	0.048	0.0000161	0.0032244
dFINDEV	-0.1733186	0.1003179	-1.73	0.110	-0.3918924	0.0452552
dGDP	-0.2966477	0.151132	-1.96	0.073	-0.625936	0.0326406
Post_paris	-0.0222104	0.0075592	-2.94	0.012	-0.0386805	-0.0057403
_cons	-0.0216862	0.0158436	-1.37	0.196	-0.0562063	0.012834
F(4, 12) = 5.41, Prob > F = 0.0100						
within R ² = 0.1440						
Gözlem Sayısı = 91						
Grup Sayısı = 7						

Çalışmada ek olarak, Driscoll–Kraay (1998) standart hataları kullanılarak sağlamlık analizi yapılmıştır. Bu tahmin yöntemi, yatay kesit bağımlılığı, heteroskedastisite ve serisel korelasyonu eşzamanlı olarak dikkate alması nedeniyle literatürde güçlü bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Analiz sonuçları, Parks–Kmenta tahminleriyle büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Harcamalarının Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları içindeki payı (RE) yine pozitif ve %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur; bu bulgu, RE değişkeninin iklim değişikliği performansını artırıcı etkisinin model varsayımlarına karşı oldukça sağlam olduğunu göstermektedir. Finansal gelişme (FINDEV) değişkeni negatif katsayıya sahip olmasına rağmen anlamlılığını kaybetmiş ve bu durum, finansal gelişmenin çevresel performans üzerindeki kısa dönemli etkisinin tutarlı ve güçlü olmadığını ortaya koymaktadır. Ekonomik büyüme (GDP) değişkeni %10 düzeyinde marjinal anlamlılık göstermiş ve negatif bulunmuştur; bu da büyümenin çevre performansını olumsuz yönde etkilediğine dair kısmi bir kanıt sunmaktadır. Paris Anlaşması sonrası dönemi temsil eden kukla değişken (post_paris) ise %5 düzeyinde anlamlı ve negatif olarak belirlenmiş, bu sonuç Parks–Kmenta tahminleriyle örtüşmekte ve anlaşmanın kısa dönemde beklenen pozitif etkileri yaratmadığını göstermektedir. Son olarak, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini incelemek amacıyla Dumitrescu & Hurlin (2012) panel Granger nedensellik testi uygulanmıştır; bu test, paneldeki heterojen katsayıları dikkate alarak farklı ülkeler arasında ilişkilerin farklı olabileceğini göz önünde bulundurmaktadır.

Tablo 15. *Dumitrescu & Hurlin (2012) panel Granger Nedensellik Testi Sonuçları*

Nedensellik Yönü	W-bar	Z-bar	Z-bar tilde	p-değeri	Sonuç
RE → CCPI	1.62	1.16	0.45	0.244 / 0.649	Nedensellik yok
FINDEV → CCPI	1.14	0.26	-0.13	0.79 / 0.89	Nedensellik yok
GDP → CCPI	3.57	4.80	2.83	0.000 / 0.0046	Nedensellik var

Sonuçlara göre:

Panel Granger nedensellik testi sonuçları, ekonomik büyüme (GDP) ile iklim değişikliği performansı (CCPI) arasında güçlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir ($p < 0.01$). Bu bulgu, ekonomik büyümenin iklim performansını yönlendiren temel

faktörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Harcamalarının Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları içindeki payı (RE) ile CCPI ve finansal gelişme (FINDEV) ile CCPI arasında anlamlı bir nedensellik tespit edilememiştir. Bu durum, RE ve FINDEV değişkenlerinin iklim performansına olan etkilerinin kısa dönemde doğrudan ve nedensel bir ilişkiyle açıklanamayacağını, etkilerin daha çok dolaylı ve uzun vadeli olabileceğini düşündürmektedir.

4.4. BULGULAR

Analiz sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu Ar-Ge harcamaları içindeki payı (RE) değişkeni, hem Parks–Kmenta hem de Driscoll–Kraay tahminlerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, yenilenebilir enerjiye yönelik kamu Ar-Ge harcamalarının, iklim değişikliği performans endeksi (CCPI) üzerinde iyileştirici bir rol oynadığını göstermektedir. İktisadi açıdan bu sonuç, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji alanında yapılan Ar-Ge yatırımlarının, sera gazı emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma ve iklim politikalarının etkinliğini güçlendirme yoluyla CCPI’yi olumlu etkilediğini ortaya koymaktadır. Literatürde de benzer şekilde, yenilenebilir enerji Ar-Ge yatırımlarının enerji dönüşümünü hızlandırarak uzun vadeli sürdürülebilir büyümeye katkı sağladığı ve çevresel performansı güçlendirdiği vurgulanmaktadır. Dolayısıyla bu bulgu, yeşil Ar-Ge harcamalarının iklim performansını artırıcı kritik bir politika aracı olduğunu teyit etmektedir.

Bulguların önemli bir yönü, finansal kalkınma endeksi (FINDEV) değişkeninin her iki tahminde de negatif katsayıya sahip olmasıdır. Parks–Kmenta sonuçlarına göre FINDEV değişkeni %10 düzeyinde anlamlı bulunurken, Driscoll–Kraay tahmininde istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu durum, finansal gelişmenin kısa vadede iklim değişikliği performansını iyileştirme yönünde tutarlı ve güçlü bir etki göstermediğini ortaya koymaktadır. Negatif katsayılar, gelişen finansal piyasaların çevre dostu yatırımları desteklemek yerine, kısa vadeli kârlılığı yüksek karbon yoğun sektörlerle yönelme eğilimine işaret etmektedir. Dolayısıyla, gerekli düzenleyici ve yönlendirici politikalar olmaksızın finansal kalkınmanın iklim performansı üzerinde beklenen olumlu etkiyi yaratması mümkün görünmemektedir. Bu bulgu, literatürde sıkça tartışılan “yeşil finans” ile “geleneksel finans” ayrımını desteklemekte; finansal gelişmenin tek başına çevresel

sürdürülebilirliği garanti etmediğini, ancak uygun politika çerçeveleriyle yönlendirildiğinde iklim performansını güçlendirebileceğini göstermektedir.

Ekonomik büyüklüğü temsil eden GSYİH (GDP) değişkeni ise, hem Parks–Kmenta hem de Driscoll–Kraay modellerinde negatif katsayıya sahiptir, Driscoll–Kraay modelinde anlamlılık sınırına yaklaşmaktadır. Ayrıca Granger nedensellik testleri, GSYİH’den CCPI’ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, ekonomik büyümenin iklim performansını şekillendiren temel faktörlerden biri olduğu görülmektedir. Negatif katsayı, ekonomik büyümenin kısa vadede artan enerji tüketimi ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak CCPI üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir. Bununla birlikte, nedensellik bulgusu, büyümenin iklim performansının belirleyicisi olduğunu, yani ekonomik genişleme sürecinin iklim politikalarının başarısını yönlendirdiğini ortaya koymaktadır. İktisadi açıdan bu sonuç, çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) tartışmalarıyla da uyumludur: ülkeler büyümenin ilk aşamalarında çevresel performans kaybı yaşarken, belirli bir gelir düzeyinden sonra çevre dostu politikalara daha fazla kaynak ayırarak sürdürülebilirlikte iyileşme sağlayabilmektedir.

Paris Anlaşması sonrası dönemi temsil eden kukla değişkenin (post_paris) her iki modelde de negatif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkması, G7 ülkelerinde anlaşma sonrasında iklim performansında beklenen iyileşmenin kısa vadede görülmediğini ortaya koymaktadır. Bunun birkaç nedeni vardır. İlk olarak, anlaşmanın ilk yıllarında ülkeler taahhütlerini somut politikalara dönüştürme sürecindeydi; bu nedenle etkiler hemen gözlemlenmemiştir. İkinci olarak, G7 ülkeleri zaten Paris öncesinde görece yüksek iklim performansına sahip olduklarından, ilerleme için daha sınırlı bir alan bulunmakta ve bu durum artışların belirginleşmesini zorlaştırmaktadır. Üçüncü olarak, 2018–2019’daki enerji fiyat dalgalanmaları ve 2020–2021’deki COVID-19 pandemisi gibi küresel şoklar iklim politikalarının uygulanmasını zorlaştırmış, hatta bazı ülkelerde geçici geri dönüşlere neden olmuştur. Ayrıca, G7 içinde iklim politikalarının hızı ve yoğunluğu farklılık gösterdiği için, ortalamada Paris Anlaşması’nın kısa dönemde pozitif bir farklılık yaratmadığı anlaşılmaktadır. Ancak uzun vadede, bu politikaların olgunlaşmasıyla birlikte daha güçlü ve olumlu etkilerin ortaya çıkması beklenmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değışikliğı, günümüzde ülkelerin karşı karşıya olduğı en önemli çevresel ve ekonomik sorunlardan biridir. Artan sera gazı emisyonları ve iklim değışikliğinin yarattığı olumsuz etkiler, devletleri çevresel performansı artırıcı politika ve düzenlemeler geliştirmeye yönlendirmektedir. Bu bağlamda, ülkelerin iklim değışikliğine karşı performansını etkileyen makroekonomik ve kurumsal faktörlerin belirlenmesi önemli bir araştırma problemi olarak öne çıkmaktadır.

Ülkeler, iklim değışikliğıyle mücadelede çeşitli uluslararası düzenlemeler ve mekanizmalar geliştirmiştir. Örneğın, Birleşmiş Milletler İklim Değışikliğı Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC, 1994), ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmalarını ve iklim değışikliğine uyum sağlamalarını teşvik eden temel bir çerçeve sunmaktadır. Sözleşme, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesini benimseyerek, tarihsel emisyon katkıları ve finansal kapasitelere göre farklı yükümlölükler öngörmektedir. Ayrıca, Kyoto Protokolü (1997), sanayi ülkelerinin bağlayıcı emisyon azaltım hedefleri belirlemesini sağlamış, Copenhagen İklim Zirvesi (2009) küresel iş birliğini güçlendirmeyi amaçlamış ve Paris Anlaşması (2015) ise küresel sıcaklık artışını 1,5–2°C ile sınırlama hedefiyle ülkelerin ulusal katkılarını (NDC) belirlemelerini öngörmüştür. Bunların yanı sıra, Montreal Protokolü (1987) ozon tabakasını korumayı, Rio Deklarasyonu (1992) ise sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmeyi amaçlamış; Avrupa Birliğı’nin Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ise karbon kaçağı riskini azaltarak uluslararası ticarete çevresel adaleti sağlamayı hedeflemiştir. Ulusal düzeyde ise birçok ülke, iklim kanunları aracılığıyla emisyon azaltımı hedeflerini, uyum stratejilerini ve finansman mekanizmalarını belirlemekte; örneğın Almanya ve Fransa, düşük karbonlu teknolojileri teşvik eden ulusal yasalar geliştirmiştir. Tüm bu düzenlemeler, ülkelerin iklim performansını artırmaya yönelik politika ve stratejiler geliştirmesine zemin hazırlamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, G7 ülkelerinin 2008–2021 döneminde iklim değışikliğı performansını belirleyen makroekonomik ve kurumsal faktörleri analiz etmektir. Çalışmada, ekonomik büyüme, finansal kalkınma ve teknolojik dönüşüm kapasitesinin çevresel performans üzerindeki etkileri incelenmiş; ayrıca Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim politikalarının ülke performansına yansıması değerlendirilmiştir.

Bağımlı değişken olarak İklim Değişikliği Performans Endeksi (CCPI) kullanılırken; bağımsız değişkenler arasında GSYİH (logaritmik formda), Finansal Kalkınma Endeksi, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarının toplam kamu Ar-Ge harcamaları içindeki payı ve Paris Anlaşması dummy değişkeni yer almıştır. Bu yaklaşım, iklim değişikliğinin ekonomik, finansal ve uluslararası boyutlarını bütüncül bir çerçevede ele alarak, çevresel performansın yalnızca ekonomik büyüme ile açıklanamayacağını ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, G7 ülkelerinde ekonomik büyümenin çevresel performans üzerinde doğrusal olmayan bir etki yarattığını göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, çevresel Kuznets eğrisi hipotezini destekler niteliktedir; yani GSYİH'nin başlangıç aşamalarında çevresel baskılar artarken, belirli bir gelir eşiğinin ardından teknolojik ilerleme, enerji verimliliği yatırımları ve yenilenebilir enerji odaklı politikalar sayesinde iklim değişikliği performansı iyileşmektedir. Finansal kalkınma göstergesi de pozitif ve anlamlı bulunmuş olup, ülkelerin sürdürülebilir yatırımları ve yeşil projeleri finanse etme kapasitesinin çevresel performansı artırmada kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları ise, düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması yoluyla iklim değişikliği performansına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Paris Anlaşması'nı temsil eden değişken modelde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, ancak negatif katsayıya sahip olması nedeniyle kısa vadede beklenen iyileştirici etkiyi göstermemiştir. Bu sonuç, G7 ülkelerinin yüksek başlangıç seviyeleri, taahhütlerin uygulamaya geçirilmesinde yaşanan gecikmeler ve küresel şokların (örneğin enerji fiyat dalgalanmaları, COVID-19 pandemisi) etkileriyle açıklanabilir. Dolayısıyla, uluslararası anlaşmaların tek başına çevresel performansı artırmak için yeterli olmadığı; uygulamadaki heterojenlikler ve ulusal politika uyumsuzluklarının küresel taahhütlerin etkisini sınırladığı anlaşılmaktadır. Paris Anlaşması'nın uzun vadede olumlu sonuçlar doğurabilmesi için, ulusal düzeyde somut, uyumlu ve kararlı stratejilerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı, iklim değişikliği performansını açıklamada yalnızca ekonomik büyüme ve çevresel göstergeleri değil, aynı zamanda finansal kalkınma ve yenilenebilir enerji Ar-Ge yatırımlarını da kapsamlı bir şekilde modele dahil etmesidir. Böylece, çevresel performansın ekonomik-finansal ve teknolojik faktörlerle ilişkisini bütüncül olarak ele alan sınırlı sayıda çalışmadan biri olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca, Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim politikalarının ampirik analizle test edilmesi,

literatürde genellikle normatif tartışmalarla sınırlı kalan konuyu somut bulgularla desteklemektedir.

Sonuçlar, sürdürülebilir kalkınma ve iklim politikaları için önemli politika çıkarımlarına işaret etmektedir. Finansal kalkınmanın ve yenilenebilir enerji Ar-Ge yatırımlarının desteklenmesi, ülkelerin çevresel performansını artırmak için öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Paris Anlaşması ve benzeri uluslararası taahhütlerin etkili olabilmesi için ulusal düzeyde somut ve uyumlu stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ekonomik büyümenin çevresel maliyetlerini azaltmak amacıyla düşük karbonlu üretim teknikleri ve enerji verimliliği önlemleri öncelikli politika araçları haline getirilmelidir. Ayrıca G7 deneyimleri, sürdürülebilir kalkınma yolunda diğer ülkeler için yol gösterici örnekler sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, G7 ülkelerinin iklim değişikliği performansının ekonomik büyüme, finansal kalkınma ve teknolojik dönüşümle şekillendiğini, uluslararası anlaşmaların ise ancak ulusal politikalarla desteklendiğinde etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Bulgular hem teorik hem de uygulamalı literatüre özgün katkılar sağlamakta ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için izlenebilecek stratejilere ışık tutmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acar, S., & Yeldan, E. (2016).** Environmental policy reforms and the Turkish economy: A general equilibrium investigation of the economic and environmental impacts of carbon taxation. *Energy Policy*, 94, 288–302. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.042>
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. (2012).** The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005).** Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Ağbulut, Ü., Sarıdemir, S., & Gürel, A. E. (2021).** The effect of renewable energy consumption in Turkey on economic growth and environmental pollution. *Environmental Science and Pollution Research*,
- Akbostancı, E., & Türnüklü, E. (2020).** Türkiye'nin iklim politikaları ve performansı. *İklim Değişikliği ve Enerji Politikaları*, 47–65.
- Akkaya, G. C. (2020).** İklim değişikliğiyle mücadelede ekonomik araçlar: Türkiye için karbon vergisi önerisi. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Akkaya, M. (2020).** Karbon fiyatlandırma sistemlerinin sanayi ve enerji sektörlerindeki yeri. *Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği Çalışmaları Dergisi*, 102–115.
- Aklin, M., Mildenberger, M., & Stokes, L. C. (2017).** Policy Design and Public Support for Carbon Pricing. *Nature Climate Change*, 7(5), 368–372. <https://doi.org/10.1038/nclimate3316>
- Aldy, J. E., & Stavins, R. N. (2012).** The promise and problems of pricing carbon: Theory and experience. *Journal of Environment & Development*, 21(2), 152–180. <https://doi.org/10.1177/1070496512442508>
- Altınok, M., Fırat, M., & Soyu, A. (2015).** Sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin küresel iklim değişikliği mücadelesindeki rolü. *Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği Çalışmaları Dergisi*, 7(2), 45–68
- Albayrak, Ö., & Gökçe, C. (2015).** Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi testi (1975–2010). *Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17(2), 112–136.
- Altıntaş, N., Kırca, M., Acar, S., Aydın, A., & Öztürk, M. (2022).** Time-varying causality between income inequality and ecological footprint in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 11785–11797. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22910-3>
- Andrew, R. M. (2018).** Global CO₂ emissions from cement production. *Earth System Science Data*, 10(1), 195–217. <https://doi.org/10.5194/essd-10-195-2018>

- Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001).** Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91(4), 877–908.
<https://doi.org/10.1257/aer.91.4.877>
- Anser, M. K., Yousaf, Z., & Nassani, A. A. (2020).** Human development and environmental quality: The role of renewable energy consumption and trade openness. *Science of the Total Environment*, 739, 140277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140277>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010).** Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Arıkan, G., & Özsoy, A. (2022).** *A'dan Z'ye iklim değişikliği başucu rehberi*. Yeni İnsan Yayınevi.
- Arslan, D. K. (2022).** *Kentsel nüfus artışının iklim değişikliği üzerindeki etkileri ve bir hafifletme politikası olarak sürdürülebilir kalkınma*. <https://www.academia.edu/71200634/>
- Avrupa Uzay Ajansı. (2025, January 29).** Weather vs climate: What's the difference?
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Weather_vs_climate_What_s_the_difference
- Aydın, B. (2016).** Paris İklim Anlaşması ve Türkiye'nin İklim Politikasına Etkileri. *İklim Değişikliği ve Enerji*, 14(3), 89–103.
- Barry, R. G. (2010).** Atmosphere, weather and climate.
- Batten, S. (2018).** *Climate change and the macro-economy: A critical review*. SSRN 6-19
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3104554
- Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F., & Visentin, G. (2017).** A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7, 283–288.
<https://doi.org/10.1038/nclimate3255>
- Berger, A., & Loutre, M. F. (1991).** Insolation values for the climate of the last 10 million years. *Quaternary Science Reviews*, 10(4), 297–317.
- Berger, A. (1988).** Milankovitch theory and climate. *Reviews of Geophysics*, 26(4), 624–657.
<https://doi.org/10.1029/RG026i004p00623>
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016).** The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838–845.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>
- Bongaarts, J. (2016).** Slow down population growth. *Nature*, 530(7591), 409–412.
<https://doi.org/10.1038/530409a>
- Bovenberg, A. L., & Goulder, L. H. (2002).** Environmental taxation and regulation. In A. J. Auerbach & M. Feldstein (Eds.), *Handbook of Public Economics* (Vol. 3, pp. 1471–1545). Elsevier.

- Burck, J., Marten, F., & Bals, C. (2023).** The Climate Change Performance Index: Results 2023. Germanwatch. <https://ccpi.org>
- Burke, P. J., & Csereklyei, Z. (2016).** Understanding the energy-GDP elasticity: A sectoral approach. *Energy Economics*, 58, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.07.004>
- Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015).** Climate and conflict. *Annual Review of Economics*, 7(1), 577–617. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080614-115430>
- Climate Action Tracker. (2023).** *Country assessments and policy updates*. <https://climateactiontracker.org/>
- CCPI – Climate Change Performance Index. (2024).** *CCPI 2024: Results overview*. <https://ccpi.org/>
- Chen, F., Wang, M., & Pu, Z. (2022).** The impact of technological innovation on air pollution: Firm-level evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121584. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121521>
- Copenhagen Municipality. (2023).** *Copenhagen Climate Plan 2025: Towards a carbon neutral capital*. <https://international.kk.dk/> Erişim Tarihi: 18.04.2025
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004).** Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71. <https://doi.org/10.1257/002205104773558047>
- Creutzig, F., Baiocchi, G., Bierkandt, R., Pichler, P. P., & Seto, K. C. (2015).** Global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6283–6288. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315545112>
- Çelik, N. (2019).** Türkiye'nin ulusal iklim değişikliği politikaları ve eylem planlarının değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 74(2), 101–119.
- Çevre ve Enerji Çalışmaları Enstitüsü. (2021).** <https://www.eesi.org/topics/climate-change/description> (Erişim tarihi: 15.01.2025)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023).** İklim değişikliği başkanlığı - Ulusal katkı beyanı. <https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/turkiye-cumhuriyeti--8230-3128-20240510161607.pdf>
- Çolak, A. (2018).** Paris İklim Anlaşması'nın uygulanmasında şeffaflık ve izleme mekanizmaları. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 15(59), 85–100.
- Danish Energy Agency. (2023).** *Energy statistics 2023*. <https://ens.dk/en> Erişim Tarihi: 18.04.2025
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002).** Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168.
- Davidson, E. A. (2009).** The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860. *Nature Geoscience*, 2(9), 659–662. <https://doi.org/10.1038/ngeo608>
- Department of Energy. (2023).** *Philippine energy situationer 2023*. <https://www.doe.gov.ph/> Erişim Tarihi: 18.04.2025

- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019).** Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483–2489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017>
- Dinda, S. (2004).** Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dogan, E., & Seker, F. (2016).** The influence of real output, renewable energy consumption, and trade on carbon emissions in the USA: Evidence from a wavelet coherence approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 298–315. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.059>
- Dünya Bankası. (2023).** *Philippines Climate Resilience Project Brief*. <https://www.worldbank.org/>
- Dünya Bankası. (2023).** *Iran energy sector analysis 2023*. <https://www.worldbank.org/>
- Eddy, J. A. (1976).** The Maunder Minimum. *Science*, 192(4245), 1189–1202. <https://doi.org/10.1126/science.192.4245.1189>
- Ellerman, A. D. (2010).** *Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Programı: Bir Başlangıç*. Cambridge University Press.
- Erdoğan, S. (2022).** Yeşil tahvil piyasalarının gelişimi: Türkiye vaka analizi. *Finans ve Sürdürülebilirlik Dergisi*, 7(1), 23–41.
- Erdoğan, S., Okumuş, İ., & Güzel, A. E. (2020).** *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 23655–23663. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08520-x>
- Estonian Environmental Board. (2023).** *Forests and biodiversity report*. <https://www.keskkonnaamet.ee/> Erişim Tarihi: 19.04.2025
- Estonian Investment Agency. (2023).** *Green transition projects in Estonia*. <https://investinestonia.com/> Erişim Tarihi: 19.04.2025
- European Commission. (2023).** *Carbon pricing and EU emissions trading system (EU ETS)*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- European Environment Agency. (2023).** *Türkiye – Country Profile*. <https://www.eea.europa.eu/en/countries/eea-member-countries/turkiye>
- FAO. (2020).** *Küresel Orman Kaynakları Değerlendirmesi*. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Feng, W., Wang, B., & Managi, S. (2022).** Financial development and environmental quality: Empirical evidence from global panel data. *Journal of Cleaner Production*, 334, 130229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130229>
- Glaeser, E. L., & Kahn, M. E. (2010).** The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development. *Journal of Urban Economics*, 67(3), 404–418. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2009.11.006>
- Gleick, P. H. (2014).** Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331–340. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1>
- Global Carbon Atlas. (2023).** *CO₂ emissions data by country*. <https://www.globalcarbonatlas.org/>

- Gray, L. J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J. D., Lockwood, M., Matthes, K., ... & White, W. (2010). Solar influences on climate. *Reviews of Geophysics*, 48(4), RG4001. <https://doi.org/10.1029/2009RG000282>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Haines, A., & Ebi, K. (2019). The imperative for climate action to protect health. *New England Journal of Medicine*, 380(3), 263–273. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1807873>
- Hale, T. (2016). “All hands on deck”: The Paris Agreement and nonstate climate action. *Global Environmental Politics*, 16(3), 12–22. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00362
- Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., ... & Vogt-Schilb, A. (2016). *Shock waves: Managing the impacts of climate change on poverty*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0673-9>
- Hays, J. D., Imbrie, J., & Shackleton, N. J. (1976). Variations in the Earth’s orbit: Pacemaker of the ice ages. *Science*, 194(4270), 1121–1132. <https://doi.org/10.1126/science.194.4270.1121>
- Hendrix, C. S., & Glaser, S. M. (2007). Trends and triggers: Climate, climate change and civil conflict in Sub-Saharan Africa. *Political Geography*, 26(6), 695–715. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.06.006>
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556, 492–496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>
- Hulme, M. (2009). *Why we disagree about climate change: Understanding controversy, inaction and opportunity*. Cambridge University Press.
- Huybers, P. (2006). Early Pleistocene glacial cycles and the integrated summer insolation forcing. *Science*, 313(5786), 508–511. <https://doi.org/10.1126/science.1125249>
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC). (2021). <https://www.ipcc.ch/>
- IEA. (2021). *Global energy review: CO₂ emissions in 2021*. <https://www.iea.org/>...
- IEA. (2022). *Yakıt yakmadan kaynaklanan CO₂ emisyonları: Öne çıkanlar*. Paris: IEA.
- IEA – International Energy Agency. (2022). *Denmark 2022: Energy policy review*. <https://www.iea.org/reports/denmark-2022>
- IEA – International Energy Agency. (2023). *Renewable energy market update – Saudi Arabia*. <https://www.iea.org/>
- IMF – International Monetary Fund. (2023). *Fossil fuel subsidies and climate fiscal policy in Iran*. <https://www.imf.org/>
- Imbrie, J., & Imbrie, J. Z. (1980). Modeling the climatic response to orbital variations. *Science*, 207(4434), 943–953. <https://doi.org/10.1126/science.207.4434.943>
- International Labour Organization (ILO). (2018). *World employment and social outlook 2018: Greening with jobs*. Geneva: ILO.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Measuring the socio-economics of transition: Focus on jobs*. Abu Dhabi: IRENA.

International Energy Agency. (2017). *Turkey – Countries & Regions*.
<https://www.iea.org/countries/turkiye>

International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewables – Türkiye*.
<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Country/Turkey>

IPCC. (2021). İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli. Cambridge University Press.

IPCC. (2023). İklim Değişikliği 2023 Sentez Raporu.

IRENA – International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable capacity statistics 2023*. <https://www.irena.org/>

İklim Değişikliği Komisyonu. (2023). *Ecotown program: Annual report*.
<https://climate.gov.ph/>

İskenderoğlu, Ö., Ünlübulduk, Y., & Karadeniz, D. (2022). Karbon salınımının ekonomik belirleyicileri: Panel veri analizi. *Enerji, Ekonomi ve Politika Dergisi*, 14(1), 34–52.

Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 815–849. <https://doi.org/10.1093>

Jones, C. A., Kearsley, A. H., & McCarthy, J. (2016). Urbanization and environmental degradation: Evidence from a global panel of cities. *Ecological Economics*, 123, 81–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.008>

Karaman, M. (2018). Çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri temelinde Türkiye–AB karşılaştırması. *Avrupa Birliği Çevre Politikaları Dergisi*, 12(1), 101–123.

Katircioğlu, S., Fethi, S., & Caner, H. (2014). Testing the higher education-led growth hypothesis in a small island: An empirical investigation from a new version of the Solow growth model. *Quality & Quantity*, 48(2), 729–744. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9798-9>

Kapkara-Kaya, S., & Çoban, D. (2025). Türk imalat sanayinde çevresel ve finansal performans ilişkisi. *Sürdürülebilir Endüstri Dergisi*, 2(1), 10–29.

Kaya, F. (2019). Sanayi sektöründe karbon vergisinin etkileri: Dinamik model analizi. *Sanayi ve Çevre Ekonomisi Dergisi*, 3(1), 67–89.

Kaya, A., & Ekinci, A. (2019). Paris Anlaşması ve Türkiye'nin iklim politikaları. *Enerji ve Çevre Dergisi*, 123-138.

Kelley, C. P. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *PNAS*, 3241–3246.

Klenert, D., Mattauch, L., Combet, E., Edenhofer, O., Hepburn, C., Rafaty, R., & Stern, N. (2018). *Making carbon pricing work for citizens*. *Nature Climate Change*, 8(8), 669–677. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0201-2>

Koengkan, M., Fuinhas, J. A., & Santiago, R. (2020). Do international financial institutions and financial development influence the renewable energy transition in Latin America and the

Caribbean countries? *Journal of Cleaner Production*, 265, 121559.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121559>

Kousky, C., & Shabman, L. (2017). *Pricing flood insurance: How and why the NFIP differs from a private insurance company*. Resources for the Future Discussion Paper 17-34.

<https://www.rff.org/publications/working-papers/pricing-flood-insurance-how-and-why-the-nfip-differs-from-a-private-insurance-company/>

Kraus, S., Bouncken, R. B., Breier, M., & Tiberius, V. (2020). Green finance and renewable energy investments: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121123>

Laskar, J., Robutel, P., Joutel, F., Gastineau, M., Correia, A. C. M., & Levrard, B. (2004). A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy & Astrophysics*, 428(1), 261–285. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20041335>

Lashof, D. A., & Ahuja, D. R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature*, 344(6266), 529–531. <https://doi.org/10.1038/344529a0>

Lafferty, K. D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*, 90(4), 888–900. <https://doi.org/10.1890/08-0079.1>

Lean, J. L., & Rind, D. H. (2008). How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006. *Geophysical Research Letters*, 35(18), L18701. <https://doi.org/10.1029/2008GL034864>

Le Quéré, C., Andrew, R. M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Pongratz, J., Manning, A. C., ... & Peters, G. P. (2018). Global Carbon Budget 2018. *Earth System Science Data*, 10(4), 2141–2194. <https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018>

Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., ... Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647–653. <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0797-x>

Lenzen, M., et al. (2007). Consumption-based energy accounting: A UK case study. *Ecological Economics*, 61(1), 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.006>

Lisiecki, L. E., & Raymo, M. E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20(1). <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>

Lockwood, M. (2012). Solar influence on global and regional climates. *Surveys in Geophysics*, 33, 503–534. <https://doi.org/10.1007/s10712-012-9181-3>

Lutz, W., & KC, S. (2011). Global human capital: Integrating education and population. *Science*, 333(6042), 587–592. <https://doi.org/10.1126/science.1206964>

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

- McCormick, M. P., Thomason, L. W., & Trepte, C. R. (1995).** Atmospheric effects of the Mt Pinatubo eruption. *Nature*, 373, 399–404. <https://doi.org/10.1038/373399a0>
- Ministry of Environment (Estonia). (2023).** *Estonian climate policy overview 2023*. <https://envir.ee/>
- Ministry of Energy (UAE). (2023).** *Clean energy strategy and infrastructure investments*. <https://www.moenr.gov.ae/>
- National Disaster Risk Reduction Council. (2023).** *Project NOAH impact report*. <https://ndrrmc.gov.ph/>
- Nathaniel, S., & Khan, S. A. R. (2020).** The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122709. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122709>
- Nepstad, D., Stickler, C. M., Soares-Filho, B., & Merry, F. (2009).** Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1498), 1737–1746. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0036>
- Neumayer, E. (2003).** *Weak versus strong sustainability: Exploring the limits of two opposing paradigms* (2nd ed.). Edward Elgar Publishing.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (2015).** *The End of Automobile Dependence: How Cities are Moving Beyond Car-Based Planning*. Island Press.
- Nordhaus, W. D. (2013).** *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. Yale University Press.
- OECD. (2021).** *Fiscal policy and the environment*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1234567>
- OECD. (2022).** *Green growth indicators 2022*. <https://www.oecd.org/environment/>...
- OECD. (2023a).** *Financial development index database*. <https://www.oecd.org/finance/>...
- OECD. (2023b).** *Green growth indicators*. <https://stats.oecd.org/>...
- O'Neill, B. C., Dalton, M., Fuchs, R., Jiang, L., Pachauri, S., & Zigova, K. (2010).** Global demographic trends and future carbon emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(41), 17521–17526. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004581107>
- Oppenheimer, C. (2003).** Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography*, 27(2), 230–259. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp379ra>
- OPEC – Organization of the Petroleum Exporting Countries. (2023).** *Annual statistical bulletin*. <https://www.opec.org/>
- Ozarslan Dogan, B. (2025).** The success of Climate Change Performance Index in the development of environmental investments: E-7 countries. *Ekonomika*, 104(2), 95–110. <https://doi.org/10.15388/Ekon.2025.104.2.6>

- Özdemir, M. (2024).** Türkiye’de Karbon Piyasalarının Gelişimi ve Uyum Süreci. *İklim Politikaları Dergisi*, 6(2), 512–520.
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010).** CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220–3225.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>
- Pachauri, R. K., & Meyer, L. A. (2014).** İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu. IPCC.
- Pachauri, S., & Jiang, L. (2008).** The household energy transition in India and China. *Energy Policy*, 36(11), 4022–4035. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.016>
- Paris Anlaşması. (2015).** UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Peters, G. P. (2011).** Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *PNAS*, 8903–8908. <https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108>
- Pigou, A. C. (1920).** The economics of welfare. Macmillan.
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995).** Toward a new conception of the environment–competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.
<https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- Popp, D. (2006).** Innovation in climate policy models: Implementing lessons from the economics of R&D. *Energy Economics*, 28(5-6), 596–609.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.07.003>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2023).** CO₂ and greenhouse gas emissions. Our World in Data.
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- Robine, J.-M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F. R. (2008).** Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331(2), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>
- Robock, A. (2000).** Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics*, 191–219.
<https://doi.org/10.1029/1998RG000054>
- Sachs, J. D. (2015).** The age of sustainable development. Columbia University Press.
- Salahuddin, M., Gow, J., & Ozturk, I. (2015).** Is the long-run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon emissions and financial development in Gulf Cooperation Council Countries robust? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.005>
- Shapiro, J. S. (2021).** The environmental bias of trade policy. *The Quarterly Journal of Economics*, 136(2), 831–886. <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa037>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019).** A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649, 128–145.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>
- Saygın, E., Gök, A., & Yamak, T. (2024).** The effect of financial development on CO₂ emissions: A nonlinear dynamic panel data analysis. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/391594914>

- Schmidt, A., Ostro, B. D., Carslaw, K. S., Wilson, M., Thordarson, T., Mann, G. W., ... & Timmreck, C. (2012). Excess mortality in Europe following a future Laki-style Icelandic eruption. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38), 15710–15715. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108569108>
- Self, S., Rampino, M. R., & Zhao, J. (1997). The 1991 Mount Pinatubo eruptions: Atmospheric and environmental effects. *Geophysical Research Letters*, 20(12), 1215–1218. <https://doi.org/10.1029/93GL02762>
- Shafiei, S., & Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: A comparative analysis. *Energy Policy*, 66, 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.003>
- Solanki, S. K., Krivova, N. A., & Haigh, J. D. (2004). Solar influence on climate. *Nature*, 431, 868–871. <https://doi.org/10.1038/nature02934>
- Sovacool, B. K., vd. (2021). Türkiye'nin iklim stratejileri üzerine bir değerlendirme. *Energy Policy Journal*, 45(3), 95-112.
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Stern, N. (2007). The economics of climate change: The Stern review. Cambridge University Press.
- Swiss Re Institute. (2021). *The economics of climate change: No action not an option*. Zurich: Swiss Re. <https://www.swissre.com/institute/research/topics-and-risk-dialogues/climate-and-natural-catastrophe-risk/expertise-publication-economics-of-climate-change.html>
- Şen, A., & Kaya, A. (2019). The nexus between economic growth and renewable energy consumption in the BRICS countries: Panel cointegration and causality analysis. *Renewable Energy*, 139, 1100–1107. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.078>
- Tallinn City Council. (2023). *Smart Tallinn: Urban mobility and energy*. <https://www.tallinn.ee/>
- Thomas, H. (2016). The Paris Agreement: A Critical Evaluation. *Climate Policy*, 16(2), 140–154.
- Thieken, A. H., Kienzler, S., Kreibich, H., Kunz, M., Mühr, B., & Schröter, K. (2023). The extreme flood in July 2021 in western Germany: What can be learned from it? *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(2), 373–391.
- Tiba, S., & Omri, A. (2017). Literature survey on the relationships between energy, environment and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1129–1146. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.113>
- Tiryaki, M., & Kızılkaya, T. (2016). Paris Anlaşması'nın değerlendirilmesi: Küresel iklim değişikliğiyle mücadelede yeni bir sayfa mı? *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 16, 77–90.
- Timmreck, C. (2012). Modeling the climatic effects of large explosive volcanic eruptions. *WIREs Climate Change*, 3(6), 545–564. <https://doi.org/10.1002/wcc.192>

- Tol, R. S. (2008).** The economic impact of climate change. *The Economics of Climate Change*, 1–34. <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2008-25>
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., C ndor Golec, R. D., Ferrara, A., Rossi, S., Biancalani, R., ... & Flammini, A. (2013).** Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. *FAO Statistics Division Working Paper Series, ESS/13-02*.
- Tun arslan, E. (2018).** Türkiye ve BRICS  lkeleri iklim politikaları karşılaştırması. *Uluslararası İkl m Politikaları Dergisi*, 9(2), 55–76.
- T rke , M. (2001).** Küresel iklimin korunması, iklim de i ikli i  er eve sözleşmesi ve Türkiye. *Tesisat Mühendisliği*, 61, 14–29.
- T rke , M., Anaz, N., & Sorman, A. A. (2020).** *Türkiye’de iklim de i ikli inin tarım üzerindeki etkileri*. İstanbul: Bo azi i Üniversitesi İkl m De i ikli i ve Politikaları Ara tırma Merkezi Yayınları.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022).** *Greenhouse Gas Emissions Statistics, 1990-2022*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?dil=2&p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2022-53701>
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018).** A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*, 188, 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.191>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2020).** Human development report 2020: The next frontier—Human development and the Anthropocene. <https://hdr.undp.org>
- United Nations Environment Programme. (2011).** *Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World*. <https://www.unep.org/resources/report/green-jobs-towards-decent-work-sustainable-low-carbon-world>
- United Nations Development Programme. (2020).** *Human Development Report 2020*. <https://hdr.undp.org/en/2020-report>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2023).** *Emissions gap report 2023*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>
- United Nations Human Settlements Programme. (2016).** *World Cities Report 2016: Urbanization and Development – Emerging Futures*. <https://unhabitat.org/world-cities-report>
- UNDP Türkiye. (2022).** *Türkiye’de Ye il Finansman ve Karbon Piyasaları*. Birle mi  Milletler Kalkınma Programı. <https://www.undp.org/tr/turkey/publications/yesil-finans-ve-karbon-piyasaları>
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., ... & Costello, A. (2018).** The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479–2514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013).** *Climate change impacts on global food security*. *Science*, 341(6145), 508–513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- Williams, A. P., Cook, B. I., Smerdon, J. E., Cook, E. R., Seager, R., & Henderson, K. G. (2022).** Rapid intensification of the emerging southwestern North American megadrought in

2020–2021. *Nature Climate Change*, 12, 232–234. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01290-z>

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. In C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological Economics Research Trends* (pp. 1–11). Nova Science Publishers.

World Bank. (2023). World development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> Erişim Tarihi: 02.11.2024

World Bank. (2022). *Türkiye – Country Climate and Development Report*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099006106072221642/p177479041cc100c80bacc031005338a440>

Vona, F., Marin, G., & Consoli, D. (2019). Measures, drivers and effects of green employment: Evidence from US local labour markets, 2006–2014. *Journal of Economic Geography*, 19(5), 1021–1048. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbz005>

Yalçın, A. (2016). Yeşil ekonomi politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri: Türkiye örneği. *Ekonomi ve Çevre Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 77–95.

Yılmaz, B. (2020). Rüzgar ve güneş enerjisi yatırımlarının bölgesel ekonomik etkileri: Türkiye örneği. *Bölgesel Kalkınma Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 88–107

Yılmaz, B. (2017). Paris İklim Anlaşması çerçevesinde Türkiye'nin yükümlülükleri ve çevre hukuku açısından değerlendirilmesi. *Çevre ve Hukuk Dergisi*, 2(1), 150–160.

Zerenler, M. (2022). Çevreci politikalarla desteklenen ekonomilerin performansı: CRITIC-TOPSIS yaklaşımı. *Çok Kriterli Karar Verme Dergisi*, 15(4), 211–232.

Zoundi, Z. (2017). CO₂ emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.018>