



**KARBON AYAK İZİ İZDÜŞMÜNDE
KARBON VERGİSİNİN ETKİNLİĞİ:
AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDEN
AMPİRİK BULGULAR**
Seray VANİİ
Yüksek Lisans Tezi
Maliye Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Nüket KIRCI ÇEVİK

2025

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARBON AYAK İZİ İZDÜŞÜMÜNDE KARBON VERGİSİNİN ETKİNLİĞİ:
AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDEN AMPİRİK BULGULAR

Seray VANİİ

MALİYE ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. NÜKET KIRCI ÇEVİK

TEKİRDAĞ-2025
Her hakkı saklıdır

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Hazırladığım Yüksek Lisans Tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğim ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda enstitü yazım kılavuzuna uygun davranıldığını taahhüt ederim.



09/05/2025

Seray VANİİ

TEZ ONAY SAYFASI



ÖZET

Kurum, Enstitü	: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
ABD	: Maliye Anabilim Dalı
Tez Başlığı	: Karbon Ayak İzi İzdüşümünde Karbon Vergisinin Etkinliği: Avrupa Birliği Ülkelerinden Ampirik Bulgular
Tez Yazarı	: Seray VANİİ
Tez Danışmanı	: Doç. Dr. Nüket KIRCI ÇEVİK
Tez Türü, Yılı	: Yüksek Lisans Tezi, 2025
Sayfa Sayısı	: 115

Dünyadaki canlı varlıkların ortak sorunu olan küresel ısınma ve iklim değişikliği canlı hayatını tehdit eder boyuta ulaşmıştır. Bu sorunun temelinde yatan neden ise sera gazlarının atmosfere salınımıdır. Atmosferdeki sera gazlarının büyük bir yüzdesini karbondioksit oluşturmaktadır. Ülkeler karbon ayak izi verilerini ölçümleyerek, karbon emisyonunu azaltmak için çeşitli tedbirler ve vergi uygulamaları yürürlüğe koymaktaktadır. Bunlar içerisinde en önemli uygulamaların biri karbon vergisidir. Karbon vergisi, ülkelerin karbon ayak izi verilerini düşürme konusunda etkili bir mali araçtır. Avrupa Birliği ülkeleri, karbon ayak izini düşürmek için birlik içinde hareket eden önemli bir ülke grubudur. Bu çalışmada küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları ele alınmıştır. Karbon ayak izini baskılacak bir uygulama olan karbon vergisinin Avrupa Birliği ülkeleri açısından uygulama örneklerine yer verilmiş ve mali bir araç olarak etkinliği ekonometrik analizlerle incelenmiştir. Bu çalışma, karbon vergisi ile ilgili literatüre yeni bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmadan elde edilen bulgular; organizasyonların ve bireylerin sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan karbon ayak izlerini düşürme eğilimlerinin ancak kısıtlayıcı ekonomik tedbirlerle gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, ülkelere ve gelişmişlik düzeylerine göre farklılık arz etse bile karbon vergisi etkili bir mali araçtır. Bununla birlikte küresel anlamda sürdürülebilir bir başarı elde edilebilmesi için emisyon kısıtlayıcı uygulamaların bireysel değil, küresel düzeyde iş birliği içinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Karbon Vergisi, Karbon Ayak İzi, Küresel ısınma, Küresel İklim Değişikliği, Avrupa Birliği, Emisyon Ticaret Sistemi

ABSTRACT

Institution, Institute : Tekirdağ Namık Kemal University, Social Sciences Institute
Department : Department of Finance
Thesis Title : The Effectiveness of Carbon Tax In The Carbon Footprint Projection: Empirical Evidence From European Union Countries
Thesis Author : Seray VANİİ
Thesis Adviser : Assoc. Prof. Nüket KIRCI ÇEVİK
Type of Thesis, Year: MS Thesis, 2025
Total Number Of : 115
Pages

Global warming and climate change have emerged as critical threats to all forms of life on Earth. At the core of these environmental crises lies the emission of greenhouse gases into the atmosphere, with carbon dioxide constituting the largest share. In response, countries are increasingly monitoring their carbon footprint data and implementing a range of regulatory and fiscal measures to curb carbon emissions. Among these, the carbon tax stands out as one of the most prominent and effective policy instruments. It serves as a key fiscal tool for reducing carbon emissions and incentivizing more sustainable economic activities. The European Union (EU) represents a leading bloc of countries that have adopted a coordinated approach to carbon footprint reduction. This study explores the causes and consequences of global warming and climate change, with a particular focus on the carbon tax as a policy mechanism. It examines the implementation of carbon taxation across EU member states and evaluates its effectiveness through econometric analysis. The study aims to contribute a new perspective to the existing body of literature on carbon taxation. The findings suggest that efforts to reduce the carbon footprints resulting from the social and economic activities of both individuals and organizations can only be successful when supported by stringent economic measures. Consequently, while the impact of the carbon tax may vary depending on a country's level of development and institutional capacity, it remains an effective fiscal tool overall. Nevertheless, in order to achieve lasting and globally sustainable outcomes, emission-reducing measures must be pursued through international cooperation rather than isolated national efforts.

Key words: Carbon Tax, Carbon Footprint, Global Warming, Global Climate Change, European Union, Emissions Trading System

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın şekillenmesinde emeği geçen ve yol gösteren, desteğini esirgemeyen saygideğer danışman hocam Doç. Dr. Nüket KIRCI Çevik'e teşekkürlerimi sunuyorum. Yüksek lisans eğitimim boyunca eğitim hayatı ışıklarıyla aydınlatan, desteklerini esirgemeyen ve emeklerini üzerimde hissettiğim değerli hocalarım Doç. Dr. Gamze Yıldız ŞEREN ve Doç. Dr. Simla GÜZEL'e teşekkürlerimi sunuyorum. Tez çalışmamın hazırlanması sırasında sağladığım motivasyon ile her zaman desteğini hissettiren değerli iş arkadaşım Stajyer SMMM Buse SÜNGER'e ve çalışmamın hazırlanması sırasında, iş ortamında bana gerekli konfor alanını sağlayan üstadım YMM Türkben PEDÜK'e teşekkürlerimi sunuyorum. En son ve en büyük teşekkürüm beni bugünlere getiren, desteğini ve sevgisini her zaman her alanda hissettiğim, bana kendimi şanslı hissettiren, duruşuna, gücüne ve karakterine hayran olduğum rol modelim canım anneme ve kıymetli aileme...

Seray VANİİ

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
TEZ ONAY SAYFASI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
GRAFİKLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
GİRİŞ.....	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	4
KARBON AYAK İZİ.....	4
1.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Nedenleri ve Sonuçları	4
1.1.1. Küresel Isınmanın Başlıca Nedenleri	6
1.1.2. Küresel Isınmanın Sonuçları	10
1.2. Karbon Ayak İzine Genel Bir Bakış.....	11
1.2.1. Karbon Ayak İzinin Tanımı	12
1.2.2. Karbon Ayak İzinin Türleri	13
1.2.2.1. Doğrudan (Birincil) Karbon Ayak İzi	13
1.2.2.2. Dolaylı (İkincil) Karbon Ayak İzi.....	15
1.2.3. Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi ve Ölçümü	16
1.2.4. Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Dair Metotlar.....	17
1.2.4.1. Karbon Ayak İzi Kapsamları	18
1.2.4.1.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplama Kriterleri	22
1.2.5. Avrupa Birliği ve Karbon Azaltma Hedefleri.....	26
1.2.5.1. Avrupa'nın Yeşil Mutabakat Anlaşması.....	27
1.2.5.1.1. Avrupa'nın Karbon Nötr Hedefi	27
1.2.6. Avrupa Birliği Ülkelerinde Karbon Ayak İzi Verileri	28
1.2.6.1. Almanya	31
1.2.6.2. İsveç	33
1.2.6.3. Hollanda	36
1.2.6.5. Finlandiya	37

1.2.6.6. İrlanda	39
1.2.6.7. Estonya.....	41
1.2.6.8. Portekiz	42
1.2.6.9. Türkiye	43
İKİNCİ BÖLÜM	46
KARBON VERGİSİ VE KARBON AYAK İZİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	46
2.1. Karbon Vergisine Genel Bir Bakış	46
2.2. Karbon Vergisi Kavramı ve Uygulama Amacı	47
2.3. Karbon Vergisi Uygulama Şekilleri	48
2.4.Karbon Vergisi ve Diğer Çevresel Vergilerin Karşılaştırılması.....	49
2.5. Karbon Vergisi Uygulamalarının Ekonomik ve Çevresel Etkileri	50
2.6.Karbon Vergisinde Vergiyi Doğuran Olayın Meydana Geliş, Matrah Tespit ve Vergilendirme	51
2.7. Avrupa Birliği'nin Karbon Vergisi Politikaları ve Tarihsel Gelişimi.....	52
2.7.1. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (ETS).....	54
2.7.2. Karbon Vergisi ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) Karşılaştırması	55
2.8. Sektörel Ayrımlar ve İstisnalar.....	57
2.9. Avrupa Birliği'ne Üye Ülkelerden Seçilmiş Örnekler	58
2.9.1. Almanya	60
2.9.2. İsveç	63
2.9.3. Hollanda	66
2.9.4.Finlandiya	69
2.9.5.İrlanda	72
2.9.6.Estasya.....	74
2.9.7.Portekiz	76
2.9.8.Türkiye	78
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	84
KARBON AYAK İZİ İZDÜŞÜMÜNDE KARBON VERGİSİNİN ETKİNLİĞİ	84
3.1. Ampirik Literatür.....	84
3.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	86
3.3. Çalışmada Kullanılan Veri Seti ve Yöntem	87
3.4. Veri Analizi ve Araştırma Bulguları	90
SONUÇ	96
KAYNAKÇA	98

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1: 1880-2023 Yılları Arası Dünya Üzerindeki Sıcaklık Artışı	5
Tablo 1. 2: Dünya Üzerindeki Gazların Dağılımı.....	8
Tablo 1. 3: Atmosferdeki Sera Gazlarının Dağılımı.....	9
Tablo 1. 4: Sera Gazlarının Sektörel Dağılımı	10
Tablo 1. 5: IPCC- Yakıt Türüne Göre NKD ve Emisyon Faktörü	24
Tablo 1. 6: IPCC Yakıt Türüne Göre Oksitlenme Oranı	24
Tablo 2.1: Avrupa Birliği Ülkelerinden Karbon Vergisini Destekleyici Örnekler.....	59
Tablo 2.2: Almanya'nın Karbon Fiyatlandırması.....	61
Tablo 2.3: İsveç'in Karbon Fiyatlandırması	63
Tablo 2.4: Hollanda'nın Karbon Fiyatlandırması	67
Tablo 2.5: Finlandiya'nın Karbon Fiyatlandırması	70
Tablo 2.6: İrlanda'nın Karbon Fiyatlandırması	72
Tablo 2.7: Estonya'nın Karbon Fiyatlandırması.....	74
Tablo 2.8: Portekiz'in Karbon Fiyatlandırması	77
Tablo 3.1: Çevre Vergisi Değişkenine İlişkin Birim Kök Testi Sonuçları	91
Tablo 3.2: Karbon Emisyonu Değişkenine İlişkin Birim Kök Testi Sonuçları	91
Tablo 3.3: Nedensellik Testi Sonuçları.....	93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1:.Emisyon Kapsamları.....	17
Şekil 3. 1:.Seçilmiş Ülkeler İçin Karbon Emisyonları.....	87
Şekil 3. 2:.Seçilmiş Ülkeler İçin Çevre Vergisi Gelirleri	89



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. 1: Küresel Isınmanın Tarihi İlerleyışı	6
Grafik 1. 2: Avrupa Birliği Ülkelerinde Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	30
Grafik 1. 3: Almanya'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	32
Grafik 1. 4: İsveç'in Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	35
Grafik 1. 5: Hollanda'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	37
Grafik 1. 6: Finlandiya'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)	38
Grafik 1. 7: İrlanda'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	40
Grafik 1. 8: Estonya'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)	41
Grafik 1. 9: Portekiz'in Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)	42
Grafik 1. 10 : Türkiye'nin Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022).....	44
Grafik 2.1: Almanya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	62
Grafik 2.2: İsveç'in Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	65
Grafik 2.3: Hollanda'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	68
Grafik 2.4: Finlandiya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022).....	71
Grafik 2.5: İrlanda'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	73
Grafik 2.6: Estonya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	75
Grafik 2.7: Portekiz'in Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	78
Grafik 2.8: Türkiye'nin Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)	80

KISALTMALAR LİSTESİ

- ETS : Emisyon Ticaret Sistemi
AB : Avrupa Birliği
CO₂ : Karbondioksit
IPCC : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
NKD : Net Kalorifik Değer
CEF : Karbon Emisyon Faktörü
AYM : Avrupa Yeşil Mutabakat
SDKM: Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması
IMF : Uluslararası Para Fonu



GİRİŞ

Küresel Isınma, yeryüzünden salınım gösteren sera gazlarının atmosferde birikmesi sonucu sıcaklık ortalamanın yükselmesi olarak tanımlanmaktadır. İklim değişikliği ise artan sıcaklıkların etkisiyle mevsimlerin değişmesi, yağış miktarlarının ve desenlerinin değişmesi gibi fenomenlerdir. Bu olguların sonucunda hava olaylarındaki değişiklikler, buzulların erimesi ve deniz seviyelerindeki artış gibi etkiler görülmektedir. Küresel Isınmanın temel nedeni, insan faaliyetleri sonucu sera gazlarının atmosferde birikmesidir. Fosil yakıtların kullanımı, sanayi tesislerinden salınan gazlar, ormansızlaşma ve tarım uygulamaları gibi etkenler sera gazı salınımını artırmaktadır. Bu durum da dünya genelinde atmosferdeki sera gazı oranlarını artırarak küresel ısınmaya yol açmaktadır.

Atmosferde karbon salınımının baş gösterdiği ve en yüksek seviyeye ulaşığı dönem Sanayi Devriminin başlangıcı ve buna bağlı gerçekleştirilen artan fosil yakıt kullanımının gerçekleştirildiği dönemdir (Bıyık ve Civelekoğlu, 2018:158). Fosil yakıtların yanması sonucu sera gazlarının salınımı gerçekleşmektedir. Atmosferde mevcut olan sera gazlarının %58,8'i karbon gazına aittir. Sera gazlarının artışının en önemli nedenlerinden bir tanesi kömür, petrol gibi fosil yakıtların yanmasıdır (Güllü ve Bayraç, ,2017:22-23). Sanayi Devrimi'nin başlangıcından bu yana insanlar fosil yakıtları giderek daha fazla kullanmış ve büyük orman alanlarını tarım alanlarına dönüştürerek peyzajları değiştirmiştir. Bu değişiklikler, sera gazlarının küresel yoğunluğunu etkilemektedir. Bu kolektif insan faaliyetleri, bugün iklimimizin değişmesinin başlıca nedenidir. Fosil yakıtların kullanılması, sera gazlarından biri olan karbondioksit üretmekte ve bu da ‘sera etkisi’ ne yol açmaktadır. Sera etkisi, gelen güneş enerjisinin Dünya yüzeyi tarafından ısı olarak geri yayılmasının, atmosferdeki bazı gazlar tarafından geri uzaya kaçmak yerine emildiği bir ısınma sürecidir. Gezegenin atmosferi, nispeten küçük ama güçlü miktarda karbondioksit ve benzeri gazlar içerdiginden, bu gazlar sera camı gibi davranışır ve ısısı hapseder, böylece içindeki hava (ya da Dünya yüzeyine daha yakın hava) olmasının gereklendenden daha sıcak olur.

Karbondioksit, insan kaynaklı iklim değişikliğinin başlıca nedenidir. Atmosfere girdiğinde, burada onlarca yıldan binlerce yıla kadar kalmaktadır. Metan ve azot oksit gibi diğer sera gazları da Dünya'nın enerji dengesini etkilemektedir. Örneğin, metan gazı karbondioksitin 4 katı kadar daha önemli ısınma etkileri yaratır ancak atmosferde daha kısa süre barınabilir; azot oksit ise dünyayı yaklaşık 120 yıl boyunca ısıtabilemektedir (CCKP, 2024:6). Bu gazlar sadece gezegenin ısınmasına katkıda bulunmakla kalmamakta, aynı zamanda hava koşullarını değiştirmekte, ekosistemleri bozmakta ve insan sağlığı ile altyapısı üzerinde de etkiler yaratmaktadır. Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve endüstriyel tarım gibi insan faaliyetlerinin bu etkileri arttırması, bugün karşılaşduğumuz iklim değişikliği krizinin temel nedenidir. Bu gazların davranışlarını, kaynaklarını ve etkilerini anlamak, iklim üzerindeki negatif etkilerini azaltmak, sürdürülebilir ve karbon salınımının kontrol altına alınabildiği bir düzene ulaşabilmek adına önemlidir.

Bu çalışmanın amacı; ülke faaliyetleri kökenli gerçekleşen karbon salınımının bir diğer ifadeyle karbon ayak izlerinin atmosferde yarattığı tahribatı incelemek ve karbon vergisinin bu tahribatın önüne geçmede ne derece etkili olduğu hususunu incelemektir. Bu çalışmada, küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları ele alınarak karbon ayak izi ve karbon vergisinin etkinliği Avrupa Birliği ülkeleri örneğinde ampirik olarak incelenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde küresel ısınma ve beraberinde meydana gelen iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçlarına, küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açan başlıca faktörlere yer verilmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri, sonuçları ve küresel iklim değişikliğine sebebiyet veren faktörler üzerinde durulmuştur. Karbon ayak izinin tanımı yapılacak türlerine, ölçüme, hesaplama yöntemlerine yer verilmiştir. Avrupa Birliğine üye ülkelerden seçilmiş ülke örneklerinin karbon ayak izi geçmişi ve güncel durumu incelenmiştir. Karbon ayak izini azaltmak amacıyla atılan adımlar ve çevresel politikalar hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde karbon vergisinin tanımı yapılmış, uygulama şekilleri ve diğer çevre vergileriyle arasındaki fark incelenmiş, Avrupa Birliği'nde karbon emisyonunu engelleyici hareketler ve karbon vergisinin uygulanış şekilleri üzerine ülke örneklerine deñinilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, karbon vergisinin etkinliğini değerlendiren ampirik çalışmalar özeti, çalışmada kullanılan veri seti ve

yöntem tanıtılmış ve ekonometrik analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışma kapsamına alınan Avrupa Birliği ülkeleri; Almanya, İsveç, Hollanda, Finlandiya, İrlanda, Estonia ve Portekiz karbon vergisi uygulama öncüsü olmalarından ve veriye erişim sağlanabilmesinden dolayı tercih edilmiştir. Türkiye'de ise henüz karbon vergisi uygulamaya konulmamıştır. Karbon Vergisi uygulaması gerçekleştirilen Avrupa ülkeleri ile karşılaştırma yapmak ve mevcut sistemde gerçekleştirdiği uygulamaların ne derece etkin olduğunu incelemek üzere çalışmaya dahil edilmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

KARBON AYAK İZİ

1.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Nedenleri ve Sonuçları

Günlük dilde çoğunlukla iki kavram sıkılıkla karıştırılsa da küresel isınma ve iklim değişikliği kavramları farklı süreçleri ifade etmektedir. Küresel isınmayı basit şekilde tanımlamak gerekirse; yaşadığımız dünyanın, yeryüzünün olması gereken sıcaklık seviyesine göre daha fazla ısınmasıdır. İklim değişikliği ise çoğunlukla küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklimin değişmesi bu ilerleyişe bağlı olarak olumsuz doğa fenomenlerinin ortaya çıkması olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel isınma ile yeryüzünde meydana gelen anormal sıcaklıklar ve doğa olayları, zaman içerisinde hava koşullarının değişmesine yol açmaktadır (Sözbilir Mendekli,2023:6-7). Bu açıdan ele alındığında küresel isınma neden, iklim değişikliği sonuçtut olgusuna ulaşılabilirilmektedir.

İklim değişikliği; “Kiyaslanabilir bir zaman diliminde gözlemlenen, doğal iklimin farklılaşması ile direkt ya da dolaylı olarak evrensel atmosferin doğasını bozan insanı eylemler sonucunda iklimde gerçekleşen değişikler bütünü” olarak tanımlanmaktadır (Küresel isınma ve iklim değişikliği,2008). Geçmişten bugüne kadar yapılan çalışmalar göstermektedir ki özellikle sanayi devriminden itibaren, iklim üzerinde meydana gelen olumsuz etkilerdeki en büyük pay insanlara aittir. O günden bugüne kadar olan hızlı nüfus artışı, sanayileşme, çarpık kentleşme, toprağın yanlış kullanımı ve doğal habitatın yapısının değişmesi, aşırı enerji üretime ve tüketme, ozon tabakasındaki bozulma, gökyüzün salınanı partiküler maddeler, ormansızlaşma ve çeşitli kaynaklardan meydana gelen sera gazlarından dolayı yer kürenin ısınması bölgesel çapta ve küreseli çapta iklimi etkilemiştir.

Günümüzde birçok ülke, enerji ihtiyaçlarını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ancak fosil yakıtların yanmasıyla atmosfere salınan sera gazları, ozon tabakasının incemesine neden olurken, sera etkisi de artmaktadır. Bu durum, dünya çapında sıcaklıkların artmasıyla sonuçlanmaktadır (Karaca ve Çimat, 2023:53).

Küresel ısınmanın etkileri birçok alanda hissedilmektedir. Bu etkiler

özellikle deniz seviyesinin yükselmesiyle birlikte kıyı bölgelerinde büyük sorunlara yol açmaktadır. Deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı şeritlerindeki erozyonun artmasına, sellerin ve tsunamilerin etkisinin daha da büyümeye neden olmaktadır (Gümüş ve Buluş ,2020:1017). Bunun yanı sıra, küresel ısınma artan sıcaklıklarla da beraberinde getirmektedir. Bu sıcaklık artışları ise iklim koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir. Daha sıcak ve kurak iklimler tarım alanlarında verimliliği düşürerek, su kaynaklarının azalmasına yol açmaktadır. Bu da gıda güvenliği sorunlarının yaşanmasına yol açan bir döngüyü tetiklemektedir (Çeçen ve Güvenç,2022:15).

Bütün bu etkiler, küresel ısınmanın ne denli ciddi bir sorun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, küresel ısınmanın etkilerini azaltmaya yönelik önlemler almak ve dünya genelinde iklim değişikliği ile mücadele etmek büyük bir önem taşımaktadır.

Tablo: 1.1. 1880-2023 Yılları Arası Dünya Üzerindeki Sıcaklık Artışı

Yıl	Sıcaklık Anomalisi (°C)	Yıl	Sıcaklık Anomalisi (°C)
1880	-0.12	1960	0.02
1890	-0.35	1970	0.03
1900	-0.09	1980	0.27
1910	-0.43	1990	0.44
1920	-0.26	2000	0.42
1930	-0.12	2010	0.70
1940	0.08	2020	1.02
1950	-0.17	2023	1.20

Kaynak: NASA-GISS,2024'den faydalananak yazar tarafından hazırlanmıştır.

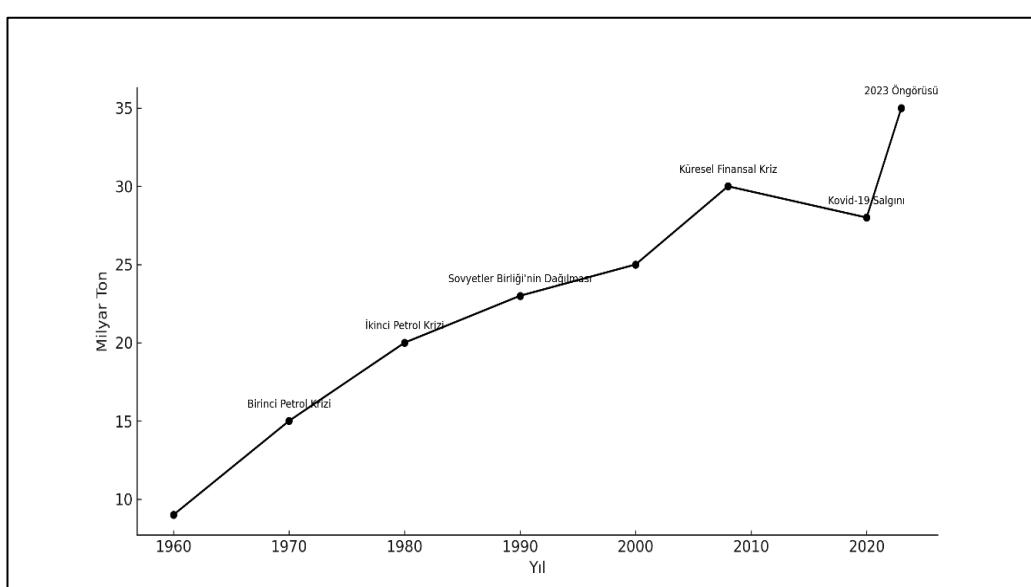
Dünya ikliminde 20. yüzyılın ortalarından itibaren meydana gelen değişiklikler, özellikle Dünya atmosferindeki ısısı hapsederek sera gazı emisyonlarını yükselten ve yeryüzünün ortalama sıcaklığını yükseltten fosili yakıt yakımı gibi beşeri faaliyetleri tarafından yönlendirilmektedir. İnsan faaliyetleri tarafından bastırılmış doğal süreçler de iklim değişikliğine katkıda bulunabilmektedir. Sanayi devriminden itibaren başlayan süreçle birlikte insan faaliyetleri sonucunda Dünya sıcaklığının yaklaşık olarak 1 santigrat derece arttırdığı tahmin edilmektedir. Bu sıcaklık oranı her on yılda bir 0,2 santigrat derecenin üzerinde artmaktadır. 1950'lerden itibaren bu süreç insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak devam etmekte ve hız kaybetmeden ilerlemeye devam etmektedir. (Nasa Science,2024)

1.1.1. Küresel Isınmanın Başlıca Nedenleri

Dünya ısısının artışı ve iklimsel dönüşümün nedenleri arasında fosil yakıtların aşırı kullanımı, ormanların tahribatı, endüstriyel faaliyetlerin artması, sera gazı salınımının yükselmesi ve hükümetlerin yeterli önlemler almaması gibi etkenler bulunmaktadır (Kahriman, 2020:104). Bu etkenlerin bir araya gelmesi sonucunda gezegende ciddi bir çevre krizi meydana gelmektedir. Özellikle fosil yakıtların aşırı kullanılması, atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin artmasına neden olmaktadır. Bu da sera etkisi yaratıp dünyanın ısınmasına ve iklim değişikliklerine yol açmaktadır (Okanlı ve Demir, 2024:50).

Fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğalgaz gibi yakıtlar, enerji üretimi, ulaşım ve endüstri gibi alanlarda geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak bahsi geçen fosil yakıt kullanımı sırasında atmosfere büyük miktarda karbondioksit ve diğer karbon bazlı gazlar salınır. Bu gazlar, atmosferde bir tabaka oluşturarak güneş ışınlarının dönüşünü engeller ve dünyanın ısınmasına neden olur (Demirbaş ve Aydın, 2020:165). Ayrıca, bu gazlar ozon tabakasını incelterek güneş radyasyonunun zararlı etkilerinin dünyaya daha kolay bir şekilde ulaşmasına sebep olur (Aydar, 2024:19). Bu durumda doğal yaşamı ve ekosistemleri olumsuz etkilemektedir.

Grafik:1.1. Küresel Isınmanın Tarihi İlerleyişi



Kaynak: Anadolu Ajansı, 2024'ten faydalananlarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Fosil yakıt kullanımı karbon salınımının en temel nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Sanayi Devriminin başlangıcıyla birlikte fosil yakıt kullanımına rağbet artmıştır. Özellikle sanayi ve elektrik sektörünün bel kemiğini oluşturan fosil yakıtların yüz yıllar boyunca kullanımı karbon salınımının en temel nedenini oluşturarak atmosfere tamiri zor tahribatlar bırakmıştır.

Orman tahribatı, küresel ısınmanın önemli bir etkenidir. Ormanlar, atmosferdeki karbondioksiti depolayan önemli bir karbon deposudur. Ancak dikili ağaçların kesilmesi, ormansızlaşma ve orman yangınları, atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin artmasına ve dolayısıyla sera etkisinin güçlenmesine neden olmaktadır (Şenol,2024:24). Ayrıca, ormanların yok olması, biyoçeşitlilik kaybına ve habitatların tahrip edilmesine yol açmaktadır.

Endüstriyel faaliyetlerin artması da küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununa katkıda bulunan bir etkendir. Özellikle enerji üretimi, üretim süreçleri ve imalat sektörü gibi endüstriyel faaliyetler, sera gazı salınımını artırmaktadır. Fabrika bacalarından, araç egzozlarından ve sanayi işletmelerinden çıkan dumanlar, havadaki kirleticilerin miktarını artırmaktadır (Kurt,2024:674). Bu da hem insan sağlığını hem de ekosistemleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Son olarak, sera gazı salınımının yükselmesi de küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununa katkıda bulunan bir faktördür. Sera gazlarının içerisinde yer alan karbondioksit, metan, azot oksitler ve sülfür hekzaflorür ve benzeri gazlar, atmosferde istiflenerek güneş ışınlarının geri yansımmasını önler. Bu da dünyanın ısınmasına, iklimin değişmesine ve doğal felaketlerin artmasına neden olur (Erşan Tan, 2023:116-117). Bunun sonucunda ise hava sıcaklıklarının artması, buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi etkiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca kuraklık ve seller gibi doğal olayların da artması söz konusu olmaktadır (Demirbaş ve Aydın , 2020:165).

Bu olumsuz etkilerin yanı sıra tarım ve hayvancılık sektörleri, su kaynakları, ekosistemler ve insan sağlığı da olumsuz yönde etkilenecektir. Bu durumun etkileriyle birlikte tarım ve hayvancılık sektörleri ciddi zorluklar yaşayacak ve verimde azalmalar görülecektir. Su kaynakları ise kuruyacak, ekosistemler bozulacak ve birçok türün nesli tehlike altına girecektir. Ayrıca, insan sağlığı da bu olumsuz etkilerden önemli ölçüde etkilenecektir. Artan

hava sıcaklıklarını nedeniyle hastalıkların yayılma riski artacak ve sağlık sorunları daha da ciddi boyutlara ulaşabilecektir. Bu nedenle, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve olumsuz etkilerini azaltmak için etkin tedbirlerin alınması gerekmektedir (Sancakdar, 2023:104).

Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebebiyet veren başlıca faktörler arasında fosil yakıtların kullanımı, endüstriyel faaliyetler, tarım uygulamaları, ormansızlaşma, sera gazı emisyonları ve nüfus artışı bulunmaktadır.

Tablo 1.2.: Dünya Üzerindeki Gazların Dağılımı

Gaz Türü	Dünyada Bulunma Oranı (%)
Nitrojen	% 78,09
Oksijen	% 20,95
Argon	% 0,93
Sera Gazları	% 0,50

Kaynak: Bulut ve Özer, 2024'ten yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Dünya üzerinde hacme sahip gaz türleri sırasıyla; %78,09 oran ile nitrojen, %20,95 ile oksijen ve son olarak ta %0,93 oran ile argondur. Atmosferde bulunan sera gazlarının toplam oranı ise %0,50 civarındadır. Diğer gaz çeşitlerinin yanında çok küçük bir oran gibi gözükmesine rağmen iklim üzerindeki tahribat etkisi oldukça büyektür. Sera gazları dünya yüzeyinde su buharı formunda yer almaktadır ve ekosistem yapısında bulunarak biyosferin sıcaklığını dengelemeye katkı sağlar (Bulut ve Özer,2024:766). Sera gazlarının dünya üzerindeki bulunma oranı hava sıcaklıklarının değişimine göre farklılık göstermekte olup sıcak dönemlerde daha yüksek oranda sera gazı mevcut olup soğuk dönemlerde ise bunun aksine daha düşük oranlarda sera gazı gözlemlenmektedir. Sera gazlarının artışına paralel olarak ta atmosfer daha fazla su buharı tutmaktadır. Buna bağlı olarak, hava sıcaklıklarında artış yaşanmaktadır. Bu kısır dönemin sonucunda; küresel ısınma ve iklimlerdeki değişiklik kaçınılmaz bir hal almaktadır

Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde, küresel ısınma olgusu ortaya çıkmakta ve doğal dengeler bozulmaktadır. İklim değişikliklerinin etkileri, ekosistemlere, biyoçeşitliliğe, tarım üretimine ve insan sağlığına olumsuz etkileri mevcuttur. Bu nedenle, endüstriyel faaliyetlerin yönetimi, tarım uygulamalarının sürdürülebilir hale getirilmesi, ormansızlaşmanın önlenmesi ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi tedbirlerin alınması önem

taşımaktadır. İlave olarak, nüfus artışıyla birlikte enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları da artmakta, bu durum da iklim değişikliğinin hızlanmasına katkı sağlamaktadır.

Fosil yakıtların yanması sonucunda atmosfere salınım gösteren karbondioksit (CO_2), metan(CH_4) ve azot oksit (NO_x), Halokarbonlar gibi ısısı tutucu gazlar, atmosferdeki sıcaklık artışına sebep olarak iklim değişikliğine neden olmaktadır (Erşan Tan, 2023:116-117). Bu gazlar, sera etkisi yaratır ve dünya genelindeki iklim sistemini etkiler. Karbondioksit gazı, fosil yakıtların yanması ve ormanların yok edilmesi gibi insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak salınımaktadır. Metan gazı ise tarım, hayvancılık ve doğal gaz endüstrisi gibi sektörlerde ortaya çıkmaktadır. Azot oksit gazları ise enerji üretimi, ormancılık ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanmaktadır.

Tablo: 1.3. Atmosferdeki Sera Gazlarının Dağılımı

Gaz Türü	Atmosferde Bulunma Oranı (%)
Azot Oksitler	%50
Halokarbonlar (CFC, HCFC, HFC)	%17
Metan	%13
Ozon	%7
Karbondioksit	%5

Kaynak: Özkul, 2021'den faydalananlarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Atmosfere salınım gösteren sera gazlarının %50'lik kısmını Karbondioksit (CO_2) oluşturmaktadır. Atmosfere salınan sera gazları, yeryüzüne düşen güneş ışınlarının yeryüzünde hapsolmasına sebebiyet vererek ısının yeryüzüne hapsolmasına neden olmaktadır (Edemen, Engin, Boynukara, Narin, Yalçın, Küçükilhan, ve Kavlak, 2023:38). ısısı hapseden gazlar, atmosferde uzun süre kalmakta ve güneş ışınlarını tutarak gezegene ısınma etkisi yapmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerin artması, sanayinin büyümesiyle birlikte enerji talebindeki artışı beraberinde getirmiştir. Bu artış, fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarına yol açmaktadır. Aynı zamanda tarım alanlarında yoğun kimyasal kullanım da iklim değişikliğinin bir diğer önemli etmenidir. Tarımsal uygulamalarda kullanılan gübreler ve tarım ilaçları, su kaynaklarının kirlenmesine ve doğal yaşamın tahrip olmasına sebep olmaktadır (Aktepe, 2024:12). Bununla birlikte, ormansızlaşma da küresel ısınmanın büyük bir sorunudur. Ormanların kesilmesiyle birlikte, güvenilir bir karbon depolama kaynağı yok olmaktadır. Ayrıca ormanlar,

fotosentez süreci yoluyla atmosferden karbondioksit emilimini sağlamaktadır (Demirbaş ve Aydın,2020:165). Bu sürecin azalmasıyla, atmosferdeki karbondioksit miktarı artmakta ve küresel ısınmanın etkisi daha da şiddetlenmektedir.

Tablo: 1.4. Sera Gazlarının Sektörel Dağılımı

Sektör	Dağılım Oranı (%)
Enerji	67,80%
Endüstri	15,70%
Tarım	5,70%
Atık	5,70%
Diğer	5,10%

Kaynak: Şahin ve Avcıoğlu Onurbaş, 2016'dan yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Sera gazı emisyonları ise küresel ısınmanın en önemli nedenleri arasındadır. Fosil yakıtların yanması, endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalar sonucu atmosfere salınan sera gazları, güneş ışınlarının Dünya'ya geri yansımاسını engelleyerek atmosferin ısınmasına neden olmaktadır (Beşballı, ,2023:503). Bu da iklim değişikliğini hızlandıran etkenlerden biridir.

1.1.2. Küresel ısınmanın Sonuçları

Küresel ısınmanın etkileri sadece ekonomi ve çevre üzerinde değil, aynı zamanda doğal yaşamın dengesi üzerinde de büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Ekosistemlerde bozulmalar yaşanmakta, türlerin uyum sağlama kabiliyeti zorlanmakta ve biyolojik çeşitlilik azalmaktadır. Bu da ekolojik dengeyi tehlikeye atmakta ve birçok canlı türünün hayatı kalmasını güçleştirmektedir. (Edemen, Engin, Boynukara, Narin, Yalçın, Küçükilhan ve Kavlak, 2023:39) İklim ısınması aynı zamanda doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. Artan sıcaklıklar, şiddetli fırtınalar, sel ve kuraklık gibi olayların daha sık yaşanmasına neden olmaktadır. Bu da insanların yaşamalarını tehdit etmekte, milyonlarca insanın evlerini kaybetmesine ve ekonomide büyük kayıplara sebebiyet vermektedir. (Demirbaş M. ve Aydın R., 2020:165) Özellikle, bu durum karbon ayak izi kavramını da ön plana çıkarmakta, çünkü sera gazı emisyonları doğrudan küresel ısınmaya etki etmektedir (Kızıltoprak,

Ö,2024:96). Bu sebeple, küresel ısınmanın ciddiyeti giderek artmaktadır ve bu konuda alınacak önlemler büyük bir önem taşımaktadır.

Küresel ısınma, sadece atmosferdeki sıcaklık artışı değil, aynı zamanda iklim değişiklikleri ve doğal afetler gibi bir dizi etkenle de ilişkilendirilebilir. (Gerek G.S.,2022:15) Bu nedenle, insanlığın geleceği için yaşamsal bir tehdit oluşturan küresel ısınmanın etkisini azaltmak için önlem alma gerekliliği daha da belirgin hale gelmektedir. Çevre dostu teknolojilerin ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bireysel olarak, enerji tüketiminin bilinçli bir şekilde yönetilmesi, çevreye verilen zararı azaltmada etkili bir yöntemdir (Özdiç, 2024:72). Bunun yanı sıra, ormancılık projeleri ve ağaçlandırma çalışmaları gibi doğal çözümler de küresel ısınmanın etkilerini hafifletmek için önemlidir (Büyükkantarcı Tolgay ,2024:10). Ayrıca, uluslararası iş birliği ve politikalar da küresel ısınmanın ele alınmasında kritik bir role sahiptir (Özel ve Yorulmaz, 2024:53). Sera gazı emisyonlarının azaltılması için ulusal düzeyde kapsamlı yasalar ve düzenlemeler oluşturulması önemlidir. Bunun yanı sıra, uluslararası anlaşmalar ve protokoller aracılığıyla küresel çapta iklim değişikliğiyle mücadele edilebilir ve uluslararası karbon ticareti gibi mekanizmalar yoluyla sera gazı emisyonları kontrol edilebilir.

Sonuç olarak, küresel ısınma ile mücadele etmek için yapılan çabaların artması gerekmektedir. Her bireyin, kurumun ve devletin sorumlulukları vardır ve bu sorumluluklar yerine getirildiğinde, daha sürdürülebilir bir gelecek mümkün olacaktır. Küresel ısınmanın etkilerini en aza indirebilme hedefine ancak küresel bir iş birliği ile ulaşılabilicektir.

1.2. Karbon Ayak İzine Genel Bir Bakış

Bir organizasyonun, bireyin veya ülkenin sera gazı emisyonlarının miktarını belirten ifade “karbon ayak izi” olarak ifade edilmektedir. Bu ölçü, atmosfere salınan karbon dioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının etkisini değerlendiren bir endekstir ve çevresel sürdürülebilirlik için önemli bir göstergedir. Karbon ayak izi, bir bireyin ya da bir organizasyonun, kuruluşun enerji tüketimi, ulaşım alışkanlıkları, üretim süreci ve tüketim alışkanlıkları

gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle mücadele ve karbon emisyonlarını azaltma çabaları için bir rehberlik aracı olarak da kullanılabilir (Okanlı ve Demir, 2024:48). Bu nedenle, karbon ayak izinin yönetilmesi ve azaltılması, ekolojik bir yeryüzü için önemli bir adımdır.

Karbon ayak izini direkt ve endirekt olmak üzere iki farklı sınıfa ayırmak mümkündür. Karbon ayak izi, sera gazı emisyonlarının yanı sıra yaşamsal faaliyetlerin çevresel etkilerini hesaba katar. Karbon ayak izi, ölçümü zor ve kapsamlı bir konudur. Veriler, Avrupa Birliği ülkeleri arasında farklılık gösterebilir. İlgili ülkeler, emisyonları azaltmak için çeşitli politikalar geliştirmişlerdir (Okanlı ve Demir, 2024:49). Bu veriler, karbon vergisinin etkinliği konusunda değerlendirme yapmak adına önemli bir kıstas oluşturur. Karbon ayak izi hesaplama süreci, emisyon kaynaklarına dayalı olarak daha da ayrıntılı hale getirilebilir. Karbon ayak izi, çevresel sürdürülebilirlik için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir ve iklimsel dönüşüme karşı çıkabilme açısından kilit bir faktördür.

1.2.1. Karbon Ayak İzinin Tanımı

Karbon ayak izi, çevresel etkileri değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir metriktir ve bir organizasyonun veya bireyin faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazı miktarını ölçmektedir. Bu önemli metrik, genellikle karbondioksit (CO₂) cinsinden ifade edilir ve tüketim, üretim, ulaşım gibi çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı salınımını hesaplama sürecinde dikkate alınmaktadır (Bulut ve Özer, 2024:770). Karbon ayak izi: bir organizasyon veya birey tarafından doğrudan ve dolaylı olarak sebep olunan ya da bir ürünün hayatı var olma döngüsü boyunca biriktirmiş olduğu toplam karbondioksit emisyonlarının bir ölçüsüdür. Karbon ayak izi, bir ülke, şehir veya ürünle ilişkilendirilmiş olan toplam sera gazı emisyonu miktarıdır. Karbon ayak izi çevresel bir gösterge olmasından dolayı doğru kullanımını ve doğru hesaplanması son derece önem taşımaktadır. (Caro, 2018:1) Doğru kullanıldığı taktirde karar verme ve performans değerlendirmesi yapabilmek adına ve bu bağlamda iklim politikalarının oluşturulması hususunda politika yapıcılar açısından büyük bir öneme sahiptir.

Karbon ayak izi, doğru şekilde ölçüldüğü ve iyi analiz edildiği taktirde çevresel sürdürülebilirliği ve iklim değişikliğiyle mücadeleyi desteklemek amacıyla kullanılan değerli bir araçtır. Özellikle enerji tüketimi, atık yönetimi, ulaşım alışkanlıkları gibi faktörler üzerindeki etkileri analiz ederek olumsuz çevresel etkileri azaltmayı hedefler. Bu nedenle karbon ayak izinin hesaplanması, iklim değişikliğiyle başa çıkma konusunda ve ekolojik dengeye dayalı bir gelecek sağlayabilmek açısından yol gösterici bir göstergedir.

1.2.2. Karbon Ayak İzinin Türleri

Karbon ayak izi yaklaşımı, tüketicilere çevresel etkilerden ne derece sorumlu olduklarına dair çıkarımlar vermektedir. Tüketicinin sebebiyet verdiği karbon salınımı iki kapsamında sınıflandırılabilir;

- Bunlardan birincisi; doğrudan emisyonlardır.
- İkincisi ise dolaylı emisyonlardır.

Karbon ayak izi, doğrudan ve dolaylı olarak ölçülebilir.

Doğrudan karbon ayak izi; bir kuruluşun veya bireyin kendi faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarını ifade eder (Okanlı ve Demir, 2024:49). Bu emisyonlar, fabrika üretiminden, ulaşım faaliyetlerine kadar çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir.

Dolaylı karbon ayak izi ise ürün veya hizmet tüketimi nedeniyle ortaya çıkan karbon emisyonlarını içerir. Örneğin, bir tüketici tarafından satın alınan bir ürünün üretimi ve taşınması aşamasında ortaya çıkan emisyonlar, dolaylı karbon ayak izini oluşturur (Okanlı ve Demir, 2024:49). Doğrudan ve dolaylı karbon ayak izinin farklı ölçüm yöntemleri bulunmaktadır. Ve her ikisi de organizasyonlar için önem arz etmektedir.

1.2.2.1. Doğrudan (Birincil) Karbon Ayak İzi

Birincil karbon ayak izi, bir topluluğun veya bireyin direkt olarak tüketim ve faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarını ifade etmektedir. Bu emisyonlar genellikle enerji tüketimi, ulaşım, atık yönetimi gibi doğrudan

faaliyetlerden kaynaklanır. Bu tür karbon ayak izi hesaplamaları, şirketlerin veya bireylerin kendi operasyonlarından kaynaklanan karbon emisyonlarını anlamalarına ve azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmelerine yardımcı olabilir. Doğrudan karbon ayak izi, kuruluşların sürdürülebilirlik çabalarını değerlendirmek ve karbon salınımını azaltmak üzere hedefler belirlemek için önemli bir metrik olarak kullanılmaktadır (Okanlı ve Demir,2024:49).

Bu çerçevede, doğrudan karbon ayak izinin hesaplanması sadece kuruluşların veya bireylerin enerji tüketimi ve atık yönetimi gibi doğrudan faaliyetlerini içermez. Aynı zamanda tedarik zinciri olan dolaylı emisyonları da dikkate alır (Müller, Kätelhön, Bringezu, McCoy, Suh, Edwards, ve Bardow, 2020:2981). Örneğin, bir şirketin ürünlerini üretmek için kullandığı hammadde tedarikçilerinin karbon emisyonları, şirketin dolaylı karbon ayak izini oluşturan faktörlerden biridir. Bu nedenle, doğrudan karbon ayak izi hesaplamalarında daha kapsamlı bir yol izlenmektedir ve çeşitli sektörlerde sürdürülebilirlik performansını değerlendirmede standart bir yöntem haline gelmiştir.

Doğrudan karbon ayak izinin hesaplanması için çeşitli yöntemler vardır. En yaygın kullanılan yöntemlerden biri, uluslararası standartlar ve protokoller tarafından belirlenen Sera Gazi Protokolü'dür. Bu protokol, kuruluşların emisyon kaynaklarını belirlemelerine ve bunları hesaplamalarına olanak tanır (Gökten, Marştap, Gökten.,2018:917). Ayrıca, karbon ayak izinin azaltılması için potansiyel stratejilerin belirlenmesine ve uygulanmasına yönelik kullanışlı bilgiler sağlar. Sera gazı salınımlarının belirli ilkeler çerçevesinde muhasebeleştirilmesini ve raporlanması içeren protokol sera gazlarını doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki kapsamında sınıflandırmıştır. (Büyükkantarcı Tolgay ,2024:43).

Karbon ayak izinin hesaplanması ve azaltılması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir adımdır. Enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerjinin kullanılması, atık azaltma ve geri dönüşüm uygulamaları gibi çeşitli yöntemlerle karbon emisyonları azaltılabilir. Ayrıca, bilinçli tüketim alışkanlıklarının benimsenmesi ve sürdürülebilir üretim süreçlerinin tercih edilmesiyle karbon ayak izi daha da düşürülebilir

1.2.2.2. Dolaylı (İkincil) Karbon Ayak İzi

Dolaylı (İkincil) Karbon Ayak İzi, bir kurumun veya kişinin tüketim faaliyetlerinin neden olduğu sera gazı emisyonlarının hesaplanması içermektedir. Bu tüketim faaliyetlerine örnek olarak enerji, ulaşım, gıda tüketimi ve diğer mal ve hizmetlerin üretimi gösterilebilir (Okanlı ve Demir, 2024:49). Bu tür karbon ayak izi analizi, tüketicilerin çeşitli faaliyetlerinin çevresel etkilerini anlamalarını sağlar ve karbon salınımının azaltılmasına yönelik politikaların oluşturulmasına yardımcı olur. Dolaylı karbon ayak izinin hesaplanması, üretim ve tüketim aşamalarını dikkate alarak kapsamlı bir görünüm sağlar ve ikincil emisyon kaynaklarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Dolaylı karbon ayak izi analizi, tüketim faaliyetlerinin ekonomi üzerindeki etkilerini de göz önünde bulundurur. Bu analiz, enerji vergileri, tüketici tercihleri ve diğer ekonomik faktörleri dikkate alarak, karbon salınımını azaltmaya yönelik politikaların ekonomik etkisini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca, tüketicilerin ve işletmelerin çevresel açıdan sürdürülebilir seçenekler konusunda bilinçlenmelerini sağlamaktadır.

Dolaylı karbon ayak izi hesaplamaları, sera gazı emisyonlarının önemli bir bileşeni olan enerji tüketimini kapsar (Mirici ve Berberoğlu, 2022:109). Enerji sektöründe yaşanan değişiklikler ve enerji verimliliği önlemleri, karbon salınımını azaltmaya yönelik politikaların etkinliğini artırbilir. Ayrıca, enerji kaynaklarında çeşitlilik sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, karbon ayak izini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Dolaylı karbon ayak izi analizi, tüketim faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini belirlemek için değerli bir araçtır. Bu analiz, kişisel alışkanlıklar, satın alma kararları ve endüstriyel üretimin çevresel etkilerini anlamak açısından önem arz etmektedir (Karaman, 2024:32).

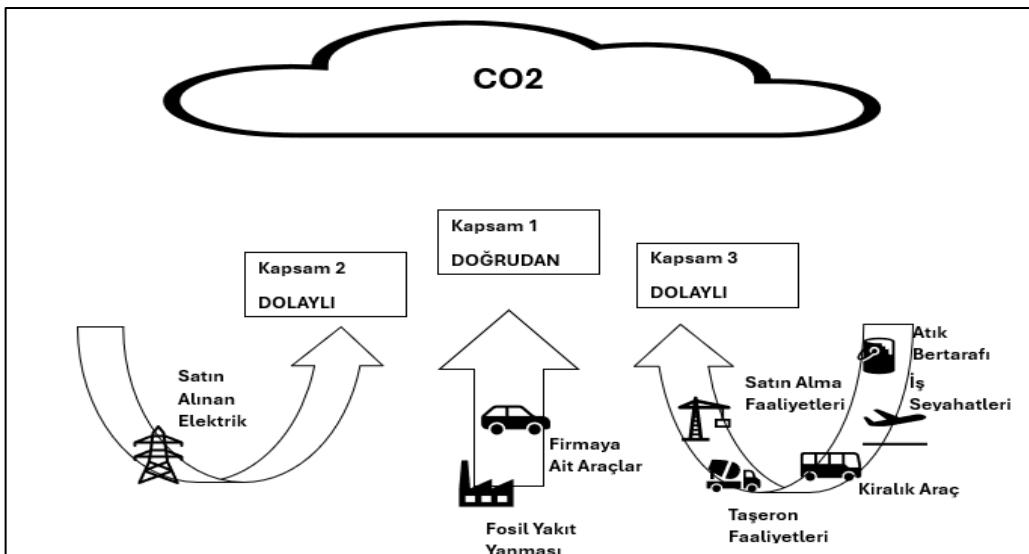
Dolaylı karbon ayak izi hesaplamaları, iklim değişikliğiyle mücadele için etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir. Politika yapıcılar ve işletmeler, bu analizleri kullanarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için stratejiler geliştirebilmektedirler. Gerçekleştirilen analizler, çevresel etkilerin azaltılması ve kaynakların daha verimli kullanılması konusunda ve bilinçli kararlar almak

adına yol göstermektedir. Bu şekilde, politika yapıcılar daha bütüncül bir perspektifle kararlar alabilmekte ve sürdürülebilir bir gelecek için gerekli adımları atabilmektedirler.

1.2.3. Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi ve Ölçümü

Karbon ayak izinin ölçümü, bir kuruluş veya bireyin etkilediği sera gazı emisyonlarının miktarını belirlemek için yapılan bir süreçtir. Bu süreç, enerji tüketimi, ulaşım, atık yönetimi ve diğer faaliyetlerin sera gazı emisyonlarına olan katkısını belirlemek için kullanılan çeşitli yöntemler ve araçlar içermektedir.

Karbon ayak izi ölçümü genellikle metrik ton karbon emisyonu birimleri üzerinden ifade edilir ve bu sayede emisyonların miktarı ve kaynakları hakkında net bir bilgi elde edilmektedir. Bu bilgi, çevresel etkilerin anlaşılmaması ve karbon salınımını azaltmak için etkili eylemler geliştirmek için önemli bir araçtır (Özsoy, 2015:201). Karbon ayak izi ölçümü, endüstriyel faaliyetler, enerji üretimi, ulaşım ve tüketim alışkanlıklar gibi çeşitli kaynaklardan gelen karbon salınımını hesaba katar. Bu sayede, bireyler, şirketler ve hükümetler, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda karbon ayak izlerini azaltmak için stratejiler geliştirebilmektedir (Örtlek, 2024:31). Karbon ayak izi, çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunmanın yanı sıra, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik uygulamalarının teşvik edilmesi gibi olumlu sonuçlar da doğurmaktadır (Kızıltoprak, 2024:96). Bu nedenle, karbon ayak izi önemli bir konu olup sürdürülebilir çevre açısından önem arz etmektedir. Bu ölçüm, kuruluşların emisyonlarını anlamalarına ve azaltma stratejileri geliştirmelerine yardımcı olmakta, ayrıca karbon vergisi gibi politika araçlarının etkinliğini değerlendirmek için önemli bir veri kaynağı sağlamaktadır. Kuruluşlar bu verilere dayanarak, emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçme gibi önlemler alabilmektedir.



Şekil 1.1: Emisyon Kapsamları

Kaynak: Kumaş, Akyüz, Zaman ve Güngör, 2019'dan yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Genel olarak, emisyonlar üç kapsam kategorisiyle dikkate alınır:

- Kapsam 1 veya doğrudan emisyonlar; kuruluşun faaliyetleri kaynaklı veya sahip olunan kaynaklardan gelen emisyonlar olarak tanımlanır.
- Kapsam 2 veya enerji dolaylı sera gazı emisyonları, organizasyonun dışındaki enerji kaynakları (örneğin, buhar, elektrik veya soğutulmuş su) kullanılarak yapılan emisyonlar olarak tanımlanır.
- Kapsam 3 veya diğer dolaylı emisyonlar, organizasyonun sınırları dışında gerçekleşen, sistemin yukarı ve aşağı akış faaliyetlerinden türetilen emisyonlar olarak tanımlanır (Caro,2018:1).

1.2.4. Karbon Ayak İzininin Hesaplanmasına Dair Metotlar

Karbon ayak izi hesaplama yöntemleri, genellikle ISO 14064 standartı ve Sera Gazi Protokolü (GHG Protocol) tarafından belirlenen kriterlere göre yapılmaktadır (Pandey, Agrawal ve Pandey,2011:141). Yayınlanan kriterlerde yer alan metotlar, kuruluşların doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarını hesaplayabilmek adına yol gösterici niteliktedir.

Kuruluşların üretim süreçleri, tüketikleri enerji, taşıma faaliyetleri ve atık yönetimi gibi etkenler dikkate alınarak kapsamlı bir hesaplama yapılır. Hesaplama süreci, matematiksel modeller ve istatistiksel analizler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, sosyo-ekonomik faktörler, iklim değişikliği politikaları ve gelişmiş teknolojilerin etkisi de göz önünde bulundurulmaktadır (Pandey, Agrawal ve Pandey, 2011:141). Bu sayede, doğru ve kapsamlı bir karbon ayak izi hesaplaması yapılarak çevresel etkinin belirlenmesine ve azaltılmasına katkı sağlanmaktadır.

Hesaplama sonuçları, kuruluşların sürdürülebilirlik stratejilerini oluşturmada ve karbon salınımlarını azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, karbon ayak izi hesaplama yöntemleri, çevre koruma ve iklim değişikliği mücadeleinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

1.2.4.1. Karbon Ayak İzi Kapsamları

Karbon ayak izi hesaplamalarında temel kriterler şunlardır: Kuruluşun faaliyetleri, enerji kullanımı, taşıma süreçleri, atık yönetimi ve tedarik zinciri boyunca oluşan emisyonlar dikkate alınmaktadır. Ayrıca, hesaplama sürecinde kullanılan verilerin doğruluğu ve güvenilirliği de büyük önem taşımaktadır. Hesaplama kriterleri belirlenirken ISO standartları ve Sera Gazi Protokolü (GHG Protocol) önerileri göz önünde bulundurulmaktadır (Altuğ ve Özkan, 2015:73-74). ISO 14064, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından oluşturulan kriterlerdir. ISO standartlarının hedefi, endüstri, hükümet ve tüketiciler bağlamındaki teknik içeriklerde bilgi aktarımını kolaylaştırarak, başta iş ve ticaret olmak üzere uluslararası iş birliğini desteklemek ve milli sınırlar çerçevesinde ve dışında ürün ve hizmetlerin tutarlılığını sağlamaktır. ISO 14064, kuruluşları için sera gazı envanterleri geliştirmede özel ve kamu sektörü için rehberlik sağlamada ve iklim değişikliğinin küresel, çevresel zorluğunu ele almaya yönelik girişimler için politika yapılara kılavuzluk etmektedir (Wintergreen ve Delaney, 2007:2-3).

ISO 14064, her biri farklı bir teknik odağa sahip üç bölümden oluşmaktadır.

Standardın 1. Bölümü "Sera gazı emisyonlarının ve giderimlerinin nicelleştirilmesi ve raporlanması için organizasyon düzeyinde rehberlik içeren şartname" yi içermektedir. Standardın birinci kısmı, veri toplama, konsolidasyon ve emisyon mantığına aşağıdan yukarıya bir yaklaşım kullanan şirketler gibi kuruluşların sera gazı emisyon envanterlerini yürütmemeyi ele almaktadır.

Standardın birinci kısmı bir organizasyon için sera gazı envanteri geliştirmenin üç temel yönünü tanımlar:

- Envanter sınırlarının belirlenmesi,
- Sera gazlarının ölçülmesi,
- Ölçülen sera gazlarının raporlanması.

ISO 14064 Bölüm 1'de envanter oluşturmak için sera gazı emisyonlarını ölçmek adına bir süreç oluşturulur. İlk adım olarak; organizasyon sınırları içerisindeki emisyon kaynakları belirlenir. İkinci aşama olarak belirlenen emisyon kaynakları için uygun emisyon metodu seçilir. Sonraki adımlar, kaynak için metodolojinin gerektirdiği verilerin toplanması ve toplanan veriler için belirlenmiş emisyon faktörlerinin belirlenmesidir. Son olarak, niceleme metodolojisi ile tutarlı olarak uygulanan veriler ve emisyon faktörleri, bireysel emisyon kaynaklarından kaynaklanan emisyonları ölçmek için kullanılır. Her bir kaynak için ölçülen emisyonlar daha sonra organizasyon sınırları içindeki diğer kaynaklarla birleştirilir. Ancak doğrudan ve dolaylı kaynakların ayrı tutulması sağlanır (Wintergreen ve Delaney,2007:2-3).

Standardın 2. bölümü, proje faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon azaltımlarının nicelleştirilmesini ve raporlanması ele almaktadır.

Standardın 3. bölümü "sera gazı iddialarının doğrulanması ve doğrulanması için rehberlik içeren şartname" yi içermektedir. Standardın bu kısmı ,envanterin 1. Bölümü kapsamında geliştirilip geliştirilmemiğine bakılmaksızın, kuruluş stokları da dahil olmak üzere bir sera gazı beyanının doğrulanması için bir süreç oluşturmaktadır sağlanır (Wintergreen ve Delaney, 2007:2-3). ISO 14064 Bölüm 3 sera gazı doğrulamasının yapılması için belirlenmiş ilkelerle başlar. Bu ilkeler bağımsızlık, etik davranış, adil sunum ve profesyonel bakışı içermektedir. Belirlenen ilkeler doğrulama sürecine

rehberlik etmenin yanı sıra standart tarafından ele alınmayan konuların yorumlanması ve ele alınmasına yardımcı olmaktadır.

Bu standartlar ve yönergeler, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve karbon ayak izinin hesaplanması gibi konularda rehberlik sağlamaktadır. ISO standartları, çeşitli endüstrilerde sürdürülebilirlik ve çevresel performansı iyileştirmek için kullanılan bir dizi yöntem ve kriterler sunmaktadır. GHG Protokol yönergeleri ise sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve raporlanması için genel kabul görmüş bir çerçeve sunmaktadır (Karakoç, 2022:27).

ISO 14064 kapsamında bir sera envanteri yürütmenin temel yönlerinin, genel olarak kabul görmüş Sera Gazi Protokolü tarafından tanımlananlarla tutarlı olduğunu ve çoğu durumda bunlardan türetildiğini belirtmek önemlidir. Bu iki protokol arasındaki fark ise Sera Gazi Protokolünün sera gazı envanterinin uygulamalarını tanımlaması, açıklaması ve seçenekleri sunması, ISO 14064 ise bu uygulamalara uyum için minimum standartlar oluşturmasıdır (Wintergreen ve Delaney, 2007:3).

Sera Gazi Protokolü (GHG Protocol) Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı, şirket ve organizasyonlar açısından belirli standartlar belirleyerek çifte raporlanmanın önüne geçmek adına sera gazlarını doğrudan ve dolaylı olarak sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmayı 3 kapsamında açıklamıştır (Dinçer, 2024:142). Bu iki kaynak, şirketlerin çevresel etkilerini ölçmek ve izlemek için güvenilir bir yöntem sunmaktadır. Bu nedenle, hesaplama kriterleri belirlenirken ISO standartları ve GHG Protokol yönergelerinin dikkate alınması önemlidir. Bu çerçeveler, hem şirketlerin sürdürülebilirlik çabalarına rehberlik etmekte hem de karbon ayak izinin etkin bir şekilde hesaplanması yardımcı olmaktadır (Balta, ,2020:11). Sonuç olarak, bu standartlar ve yönergeler, çevresel etkileri azaltmak ve sürdürülebilirliği sağlamak açısından adımlar atmada önemli bir rol oynamaktadır.

Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan Kapsam kavramları, kuruluşların sera gazı emisyonlarını sınıflandırmak için kullanılır. Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3 protokollerini kapsam açısından farklılıklar gösterse de bir organizasyonun doğrudan kontrolünde yer alan kaynaklardan meydana gelen emisyonları Kapsam 1 sınıfında, doğrudan satın aldığı enerjiden meydana

gelen emisyonları Kapsam 2 sınıfında değerlendirilir ve bu Kapsam sınıfında raporlanması gerekmektedir. Organizasyonun dolaylı olarak meydana getirdiği emisyonlar ise Kapsam 3 sınıfında değerlendirilir. Ancak Kapsam 3 protokolüne daha az odaklanılmaktadır.

Birçok iş sektörü arasında enerji üretimi, taşımacılık, tedarikçilik, çimento üretimi gibi sektörleri hariç tutmak kaydıyla doğrudan emisyon yayan ve satın alınan enerji kullanımından kaynaklanan; bir diğer ifade ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 protokolünde değerlendirilen karbon ayak izlerinin payı, toplam karbon ayak izi içerisinde küçük bir alana sahiptir (Hertwich ve Wood, 2018:8509). Uluslararası Yerel Yönetim Sera Gazı Emisyonları Analiz Protokolü'nün tahminlerine göre; bir sektörün Kapsam 1 emisyonları, toplam yukarı akış tedarik zinciri karbon emisyonlarının içerisinde %14'lük bir paya sahiptir. Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarının toplamı ise ortalama olarak %26 oranında bir paya sahiptir. Buradan ulaşılacak sonuç ise tedarik zincirinden kaynaklı emisyonların önemli bir kısmı Kapsam 3 emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Lego Grup sera gazı emisyonlarının %75'inin tedarikçilere ait olduğunu ve Kapsam 3 prosedüründe değerlendirirken, Wal-Mart emisyonların %90'ının tedarikçi kaynaklı yani Kapsam 3 prosedüründe olduğunu tahmin etmektedir (Huang ,2020:3). Dünya çapındaki karbon emisyonlarının %50'sinden fazlasının sekiz tedarik zincirine ait olduğu belirlenmiştir (WEF, 2021).

Kapsam 3 emisyonlarının önemi bilinmesine karşın tahmini ve anlaşılması zor emisyonlardır ve mevcutta yer alan karbon ayak izi protokollerinde Kapsam 3 emisyonlarının hesaplanması için yeterli kapasite ve motivasyon oldukça azdır. Kapsam 3 emisyonlarının pratikte kapsamlı ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi konusunda bir araştırma boşluğu vardır (Wiedmann, Chen, Owen, Lenzen, Doust, Barrett, ve Steele, 2021:2) Emisyonların azaltılması için organizasyonların öncelikli olarak doğrudan ve dolaylı emisyonlarını anlaşılması gerekmektedir.

Kapsam 1 emisyonları; kuruluşun doğrudan faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları, kendi tesislerindeki üretim süreçlerini ve atıkları içermektedir. Yakıt tüketimiyle alakalı veya araçlarından kaynaklanan doğrudan salınımları içerisine almaktadır. Kapsam 1 emisyonlarının

azaltılması, fabrika emisyonlarının kontrol altına alınması ve enerji verimliliğinin artırılması gibi önlemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, kömürle çalışan bir enerji santralinin emisyonları, ilgili enerji üreticisi için Kapsam 1 emisyonlarıdır (Shrimali,2022:3).

Kapsam 2 emisyonları; elektrik ve ısı gibi satın alınan enerjinin kullanımından kaynaklanan emisyonları içermektedir. Bu emisyonların azaltılması için, enerji kaynaklarının daha sürdürülebilir ve yenilenebilir hale getirilmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması gibi adımlar atılabilir. Örneğin, kömürle çalışan bir enerji santralinin emisyonları, elektriği satın alan alıcı için Kapsam 2 emisyonlarıdır (Shrimali,2022:3).

Kapsam 3 emisyonları ise kuruluşun tedarik zinciri, iş seyahatleri, çalışanların eve işe ulaşımı gibi dolaylı etkilerden kaynaklanan emisyonları içerir (Downie ve Stubbs, 2012:2). Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarının içerisine dahil olmayan diğer emisyonlardır. Örneğin, nakliye ve lojistik süreçlerinin optimize edilmesi, toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi ve telekomünikasyon teknolojisinin kullanımı ile seyahatlerin azaltılması, Kapsam 3 emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Karbon izi yönetimi, şirketlerin çevresel etkilerini azaltmalarına yardımcı olan bir stratejidir. Bu strateji, emisyonları izlemeyi, azaltmayı ve telafi etmemeyi hedefler. Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyonlarının etkili bir şekilde yönetilmesi, şirketlerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilir ve çevresel performanslarını artırabilir (Dincer,2024:142). Bu sınıflandırma, kuruluşların karbon ayak izi hesaplamalarını detaylı bir şekilde yapmalarını sağlamaktadır.

1.2.4.1.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplama Kriterleri

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından fosil yakıt kaynaklı sera gazlarını hesaplama konusunda yol göstermek amacıyla 2006 yılında bir kılavuz yayımlanmıştır. IPCC tarafından yayımlanan kılavuzda Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olarak isimlendirilen üç farklı hesaplama metodolojisi bulunmaktadır.

Tier 1 metodu, Tier 2 ve Tier 3 metoduna nazaran daha az veri gerektirmesinden dolayı Tier 1 metodunun hesaplaması daha yalın bir formata sahiptir (Akalp, S. ve Ayçam, İ., 2022:942). Tier 1 yöntemi yakıt miktarı doğrultusunda yapılan hesaplamayı içermektedir. Yakıt kaynaklı emisyon verilerine ulusal enerji istatistiklerinden ulaşılmasından dolayı “yakılan yakıt” miktarlarının yer aldığı verilere doğrudan ulaşım söz konusudur. Tier 1 hesaplamasında bu nedenle yanmış yakıt ve ortalama emisyonu içeren verileri içermektedir. Yanmış yakıt sonucunda meydana gelen salınım, yakıt tüketimi miktarı ve yakıt tipine bağlı olarak değişiklik gösteren emisyon faktörü Tier 1 hesaplama metodunda ana verileri oluşturmaktadır (Civelekoğlu ve Bıyık, 2020:82). Formülasyonu ise şu şekildedir:

$$\text{Emisyon GHG, FUEL (kg GHG)} = \text{Yakıt Tüketimi (Tj)} \times \\ \text{Emisyon Faktörü (Kg GHG/Tj)} \text{ (IPCC,2006).}$$

İlk olarak tüketilen yakıt miktarı, yakıtın cinsine (benzin, dizel vs.) ve hangi sektör kaynaklı tüketiminin gerçekleştirildiğine göre enerji cinsinden hesaplamaya tabi tutulmaktadır. İkinci aşamada ise Emisyon Faktörü olarak isimlendirilen yakıtın cinsi ve sektörel olarak seçilen emisyon faktörü ilk aşamada enerji cinsinden elde edilen yakıt tüketimi ile çarpılmaktadır. Elde edilen sonuç ise tek bir gaz bazında emisyon miktarını göstermektedir. Diğer yakıt türlerine ilişkin olarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen çıktıların toplamı ise toplam emisyon miktarını verecektir (Civelekoğlu ve Bıyık, 2020:82). Tier 1 formülasyonu ile elde edilen çıktı gaz bazında ser gazi emisyonlarının bir göstergesidir. Tier 1 metodu ile gaz bazında gerçekleşen Karbon salınımını bir diğer ifadeyle karbon ayak izini elde etmekte mümkündür. Tier 1 metoduyla gaz bazında karbon ayak izi hesabı için izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir: İlk olarak sektörel bazda fosil yakıt tüketme değerleri ayrı ayrı belirlenmelidir. Sonrasında ise yakıt tüketme değerinin enerji içeriği bulunmalıdır. Yakıt tüketim değeri ve IPCC tarafından yayımlanan kılavuzda yer alan net kalorifik değerlerin çarpımı yakıt cinsi enerji içeriğini verecektir.

Enerji tüketimine ulaşmak için formülasyon şu şekildedir:

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (t)} \times \text{Net Kalorifik Değer} \\ (\text{TJ/Gg}) \text{ (IPCC,2006).}$$

Tablo : 1.5. IPCC- Yakıt Türüne Göre NKD ve Emisyon Faktörü

Yakit Türü	Net Kalorifik Değerler (TJ/Gg)	Emisyon Faktörü (t CO2/TJ)
Benzin	44,3	69,3
Dizel	43,0	20,2
LPG	47,3	17,2
Motorin	43,0	74,1
Ham Petrol	42,3	73,3
Doğal Gaz	48,0	56,1
Odun Kömürü	29,5	-
Atık Yağlar	40,2	73,3

Kaynak: 29068 sayılı Genel Tebliğ, 2014'ten yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tabloda yakıt türlerine ilişkin IPCC kılavuzunda yer alan Net Kalorifik Değerler yer almaktadır. Son adım olarak kılavuzda yer alan yakıt türüne ilişkin olarak Karbon Emisyon Faktörleri (CEF) üzerinden yakıt bazında karbon miktarına ulaşılır. Yakıt bazlı Karbon Emisyon Faktörü değeri ve enerji tüketim değerinin çarpımı yakıt içeriğindeki karbon miktarını verecektir:

Karbon İçeriği (t C) = Karbon Emisyon Faktörü (t C/TJ) × Enerji Tüketimi (TJ) (IPCC,2006).

Elde edilen metrik ton karbon (tC) cinsindendir. Elde edilen değerin 1000'e bölümyle değer gG cinsine dönüştürülür. Yakıtın yanması sırasında tam bir salınımdan bahsedilemez. Bu durumda net bir karbon ayak izi verisine ulaşmada engel oluşturur. Bu nedenle yakıt türüne göre içeriğinde yer alıp yanmaya katılmayan gaz miktarlarının tespit edilerek arındırılması daha sağlıklı bir karbon salınımı verisine ulaşmak için gereklidir.

Tablo : 1.6. IPCC Yakıt Türüne Göre Oksitlenme Oranı

Yakit Türü	Oksitlenme Oranı
Benzin	0,99
Dizel	0,99
LPG	0,99
Linyit Kömürü	0,98
Doğal Gaz	0,99

Kaynak: Binboğa ve Ünal, 2018'den faydalananlarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Bir diğer aşama yanmaya katılmayan gazların miktarlarının hesaplanması için IPCC aracılığıyla sunulan oranlar, petrol ürünlerinin %1'lik bir eksikle yani %99 oranında oksidasyonu, gaz halindeki enerji kaynaklarının ise 0,995 oranda oksitlendiği yönündedir. Yanma sırasında oksitlenmeyen gazların emisyondan arındırılması için uygulanması gereken formül şu şekildedir:

$$\text{Karbon Emisyonu (Gg C)} = \text{Karbon İçeriği (Gg C)} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı (IPCC,2006)}.$$

Belirlenen toplam karbon tutarı “karbon oksitlenme oranı ” ile çarpılarak tamamen oksidasyona katılan karbon değerine ulaşılır (Civelekoğlu ve Bıyık, 2020:83).

Tier 2 metodu, Tier 1'den farklı olarak tüketilen yakıt miktarını değil, aracın ne kadar yol yaptığını hesaba katmaktadır. Yakıt türü, yakıt türünün kullanıldığı ülkelerde belirlenen emisyon faktörleri ve yakma teknolojilerinin bilgileri kapsamında elde edilen veriler üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilir (Akalp ve Ayçam,2022:942-943). Karbon salınınımının daha sağlıklı hesaplanması açısından daha çok veri entegre edilmesinden dolayı kapsayıcı bir metottur. Tier 1 metodu ile benzer şekilde yakıt istatistikleri üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilir. Ancak, Tier 1 metodundan farklı olarak emisyon faktörleri ülkelere özgü şekilde hesaplamaya dahil edilir (Civelekoğlu ve Bıyık, 2020:82). Ülkelerin sera gazlarının salınımlarındaki davranış biçimleri ülkenin sektörel yapısına, bilinçli ve bilinçsiz alışkanlıklarına göre değişim gösterebilmektedir. Hesaplamalar yapılırken ülke bazlı emisyon faktörlerinin kullanılması daha sağlıklı bir sonuca ulaşılabilmesi açısından pozitif yönde etki sergileyecektir.

Tier 1 metodu ile Tier 2 metodunun arasındaki en belirgin çizgi yakıt yanma teknolojisinin kullanımıdır. Tier 2 metodunun amacı ülke bazlı uygun emisyon faktörleri kullanılarak yakıt tüketim grupları açısından ayrımla sağlamaktır (Binboğa ve Ünal, 2018:195). Tier 2 metodu için genel formülasyon şu şekildedir:

Emisyon GHG,FUEL (kg GHG) = Aktivite Yakıt Tüketimi (TJ) veya Mobil Kaynağın Kat Ettiği Yol (km) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ)(kaynak yakıt teknoloji kirletici) (IPCC,2006).

Formülasyonda yer alan yanma teknolojilerinin, yakıt türünün, kirlenmeye neden olan kirleticinin bilinmesi metodun sonuç vermesi açısından önem taşımaktadır. Bu verilerin farklı olması nedeniyle ülkelere özgü sonuçlar elde edilmektedir.

Tier 3 metodu, Tier 1 ve Tier 2 metoduna nazaran Tier 3 metodu daha kapsamlı ve daha kompleks bir yapıya sahip olmakla birlikte profesyonel bir bilgi birikimi gerektirmektedir (Civelekoğlu ve Bıyık, 2020:82). Çünkü Tier 3 metodu yakıtın yanmasıyla alakalı olarak detaylı veri gerektirmektedir. Daha şeffaf sonuçlara ulaşmak amacıyla geliştirilmiştir.

Tier 3 metodunun merkez verisi teknoloji değişkenidir. Yanma prosesi ve yakıt özelliği gibi veriler ise sonuca doğrudan etki eden datalardır (Akalp, S. ve Ayçam, İ., 2022:942-943). Tier 1 ve Tier 2 metodunda kaynak verileri olan emisyon kaynağı ve yakıt karışımı iken Tier 3 metodu bu verilere ilave olarak yanma teknolojisini de baz alır (Turanlı, 2015:8). Daha spesifik bilgileri baz alarak tesise özgü hesaplamalar gerçekleştirmeye elverişlidir.

1.2.5. Avrupa Birliği ve Karbon Azaltma Hedefleri

Avrupa Birliği'nin karbon hedefi, 2030 yılına kadar sera gazı salınımları en az %55 seviyesinde azaltmaktadır. Bu hedef, 1990 seviyelerine göre emisyonların kesilmesini öngörmekte ve Yeşil Mutabakatın ana unsurlarından birini oluşturmaktadır (Erden Özsoy, 2022:13). Ayrıca, Avrupa Birliği, 2050 yılına varana kadar karbon emisyon mictarını sıfırlayarak ortadan kaldırmayı ve karbon nötr olma taahhüdü vermektedir. Bu hedefler, enerji, ulaşım, endüstri, inşaat ve tarım gibi sektörlerde karbon azaltma çabalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Küçük ve Dural,2022:142).

1.2.5.1. Avrupa'nın Yeşil Mutabakat Anlaşması

Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa Birliği'nin sürdürülebilir büyümeyi teşvik etmek ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek amacıyla oluşturduğu kapsamlı bir plandır. Bu mutabakat, enerji dönüşümü, sürdürülebilir ulaşım, çevre koruma ve dijitalleşme gibi alanlarda stratejiler içermekte ve karbon azaltma hedeflerini desteklemektedir (Küçük ve Dural,2022:142).

Avrupa Yeşil Mutabakatı, ekonomik ve toplumsal dönüşüme odaklanarak karbon azaltma çabalarını desteklemektedir. Bu çabaların bir parçası olarak, Avrupa Birliği kamu ve özel sektör arasında iş birliğini geliştirmek ve yenilikçi çözümler geliştirmek için çeşitli teşvikler sunmaktadır. Ayrıca, Avrupa entegrasyonunu daha da güçlendirmek ve uluslararası ortaklarla iş birliğini artırmak amacıyla yeni ortaklıklar ve anlaşmalar da geliştirmektedir. Bu şekilde, Avrupa Yeşil Mutabakatı, sadece Avrupa Birliği'ni değil, aynı zamanda tüm dünyayı sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği konusunda liderlik rolü üstlenmeye teşvik etmektedir.

1.2.5.1.1. Avrupa'nın Karbon Nötr Hedefi

Karbon nötr hedefi, sera gazı emisyonlarının absorbe edilmesi veya emisyonların tamamen ortadan kaldırılması yoluyla karbon ayak izinin sıfıra indirilmesini amaçlamaktadır. (Mısır ve Arıkan ,2022:72) Bu hedefe ulaşmak için AB, yoğun bir şekilde çalışmaktadır. İlgili kurumlar, politikaların etkin bir şekilde uygulanması için yoğun çaba sarf etmektedir. Çevre dostu teknolojiler ve yenilenebilir enerji kaynakları, bu kapsamda büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir enerji, AB'nin enerji dönüşümünde temel bir rol oynamaktadır. Rüzgar, güneş, hidro elektrik ve biyokütle gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talep, gün geçtikçe artmakta olup, karbon nötr hedefe ulaşmada önemli bir adım olarak görülmektedir. Aynı zamanda, sera gazı emisyonlarını absorbe etmek için doğal kaynakları koruma ve restorasyon konularına büyük önem verilmektedir. Ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımı, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık gibi alanlarda geliştirilen politikalar, karbon nötrlik hedefini desteklemektedir (Alpay, ve Gökmen,2023:979).

Avrupa Yeşil Mutabakatının (AYM) onaylanmasıından itibaren günümüzde gelene kadar yapılması planlanan adımlar; karbonsuz enerji sistemlerine geçilmesi, Sektörel düzeyde, çevre dostu ulaşım ağının kurulması, döngüsel ekonominin gerçekleştirilerek atık azaltımı, ticaret , sanayi , çevre dostu tarım ve gıda temini ile biyo -çeşitliliğin muhafaza edilmesi gibi alanlarda çeşitli stratejiler ve düzenlemeler onaylanmıştır.

Avrupa Birliği'nin sera gazı salınımlarının %75'ini enerji sistemleri oluşturmaktadır. AYM'nin kabulü ile birlikte anlaşmanın temelinde enerji sistemlerinin karbonsuzlaştırılması yatomaktadır (AYM,2019).. Bu hedefe istinaden yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanılması hedeflenmektedir. Enerji arzında düşük maliyetle temin sağlanarak dijital enerji pazarının gelişimini sağlamak hedefler arasındadır.

Avrupa Birliği'nin karbon ayak izinin dörtte birini ise taşımacılık sektörü oluşturmaktadır. Mutabakat kapsamında 2050 hedefi doğrultusunda belirlenen hedefe ulaşabilmek adına 1990 yılına göre %90 oranında ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarını azaltmak amaçlanmaktadır. Bu nedenle de bu hedef doğrultusunda atılan adım: Sürdürülebilir ve Akıllı Hareketlilik Stratejisi Eylem Planını yayımlamak olmuştur (AYM,2019). Sanayi kaynaklı karbon salınımının önüne geçmek için ise AB tarafından Yeşil Mutabakat Sanayi Planı'nın duyurusu yapılmıştır.

Karbondan arındırılmış bir Avrupa, sadece çevre dostu bir gelecek için değil, aynı zamanda yeşil iktisadi gelişim için de büyük bir fırsatır. Yenilikçi çözümler, yeni iş fırsatları ve stratejik yatırımlar, AB'nin karbon nötrlük hedefine ulaşmasına yardımcı olacak ve rekabetçiliğini artıracaktır.

1.2.6. Avrupa Birliği Ülkelerinde Karbon Ayak İzi Verileri

Avrupa Birliği ülkelerindeki karbon ayak izi verileri genellikle hane halkı tüketimi, endüstriyel üretim, ulaştırma ve enerji sektöründeki emisyonları içermektedir. Bu veriler, çevresel etkileri belirlemek, sürdürülebilirlik politikaları oluşturmak ve sıfır karbon ekonomisine geçiş yapmak için önemli bir araçtır. Tüketimin düşürülmesi, verimli enerji kullanımının artırılması ve

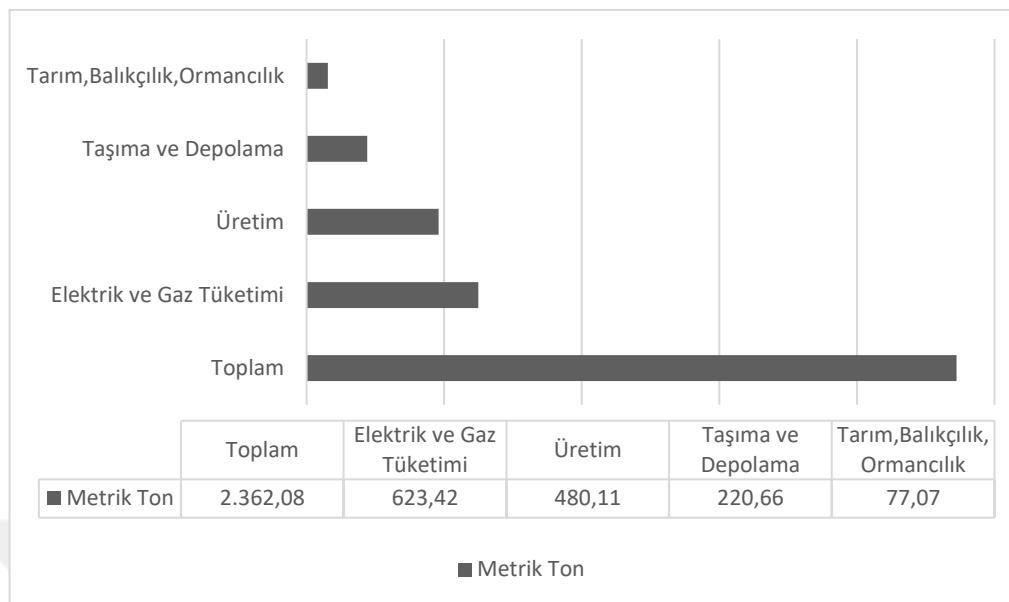
karbon salıncaksız enerji kaynakları kullanımı gibi önlemler, karbon ayak izini azaltmada etkili stratejilerdir.

Karbon ayak izi verileri, sadece bir ülkenin sınırları içindeki emisyonları değil, aynı zamanda ithalat ve ihracat yoluyla oluşan emisyonları da dikkate almaktadır. Bu nedenle, karbon ayak izinin azaltılması konusunda uluslararası iş birliği ve koordinasyon büyük önem taşımaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri, iklim değişikliğiyle mücadelede öncü rol oynamakta ve hedeflerine ulaşmak için karbon ayak izini azaltmaya odaklanmaktadır.

Bu veriler, çevresel politikaları oluşturmak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için son derece önemlidir. Ülkeler, çeşitli yöntemler kullanarak karbon ayak izi verilerini toplamak ve raporlamak için yoğun çaba harcamaktadır. Bazı ülkeler, emisyon verilerini tek bir merkezi platformda toplarken, diğer ülkeler daha farklı yöntemlere başvurmaktadır. Bu farklılıklar, emisyon yönetimine ilişkin karmaşıklığı artırırken, uluslararası veri uyumluluğu konusunda da zorluklar yaratmaktadır (Çokgezen,, 2007:101) Buna rağmen, küresel bir yaklaşım benimsenmesi ve emisyon verilerinin standart bir formatta toplanması, çevresel etkilerin daha iyi anlaşılmasına ve çözülmeye yönelik çalışmalara katkı sağlayabilir. Ülkeler arasındaki iş birliği ve bilgi paylaşımı, bu alanda ilerlemeyi destekleyebilecek önemli adımlardır.

Etkili bir emisyon yönetimi, sürdürülebilir bir geleceğin temel taşlarından biridir ve küresel düzeyde harekete geçilmesi gereken bir konudur. Bununla birlikte, AB ülkeleri genellikle ortak standartlara sahip olup karbon ayak izi verilerini birbirleriyle paylaşmaktadır. Bu veriler, uluslararası düzeyde iklim değişikliği politikalarının oluşturulmasında ve ilerlemesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu verilere dayanarak ülkeler, sera gazı emisyonlarını azaltma hedeflerini belirleyip uygulayabilirler. Bununla birlikte, veri toplama ve raporlama yöntemlerinin daha da standartlaştırılması ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

Grafik : 1.2. Avrupa Birliği Ülkelerinde Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve Dünya Bankası Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Avrupa Birliği ülkelerinde (AB-27) karbon ayak izi verilerine genel olarak bakıldığından, ülkeler arasında farklılıkların olduğu görülmektedir. İngiltere ve Almanya gibi büyük ekonomilere sahip ülkelerin karbon ayak izi verileri genellikle yüksektir. Bu ülkelerdeki yoğun endüstriyel faaliyetler ve enerji tüketimi, karbon salınımını artırmaktadır. Dolayısıyla, çevresel etki çok daha fazladır. Diğer yandan, İskandinav ülkeleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapan ülkelerin karbon ayak izi verileri daha düşük olabilmektedir (Bilgin ve Yıldırım,2023:73). Bu ülkeler, sürdürülebilir enerji politikaları ve yeşil teknolojiye olan yatırımları sayesinde çevrenin korunmasına ve karbon salınımının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, karbon ayak izi verileri düşük seviyelerde olabilmektedir.

Genel olarak, AB ülkeleri karbon ayak izi verileri konusunda farkındalık kazanmıştır ve emisyon azaltma politikaları üzerinde çalışmaktadır. AB'nin, Paris İklim Anlaşması'na taraf olması ve karbondioksit emisyonlarını azaltma hedeflerine bağlı kalması, bu ülkelerin çevre konusunda sorumluluklarını taşıdığını göstermektedir. AB ülkeleri, enerji verimliliği önlemleri, sürdürülebilir ulaşım projeleri ve yeşil binalar gibi çeşitli alanlarda çalışmalar yapmaktadır (Alpay ve Gökmen.,2023:971). Ayrıca, sürdürülebilir

enerji arzına yönlendirmek için teşvikler ve destekler sağlanmaktadır. Bu çabalar, AB ülkelerinin karbon ayak izini azaltmaya yönelik kararlılıklarını ve çevresel sürdürülebilirliğe olan bağıllıklarını göstermektedir.

Bu süreçte, çevre duyarlılığı ve farkındalığı arttıkça, ülkeler arasındaki iş birliği ve veri paylaşımı da önemli hale gelmektedir. Çünkü karbon ayak izi verilerine dayalı politikaların etkili bir şekilde uygulanması ve sonuçlarının takibi, uluslararası iş birliğine bağlıdır. Kaynakları doğru bir şekilde yönlendirmek, etkili karbon azaltım stratejileri geliştirmek ve çevrenin korunmasını sağlamak için tüm ülkelerin birlikte çalışması gerekmektedir.

Sonuç olarak, İngiltere, Almanya ve diğer AB ülkeleri gibi büyük ekonomilere sahip olan ülkelerin karbon ayak izi verileri genellikle yüksek olsa da yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapan ve emisyon azaltma politikalarını benimseyen ülkelerde bu veriler daha düşüktür. AB ülkeleri, çevre konusunda farkındalık kazanmış, emisyon azaltma politikaları üzerinde çalışmakta ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. Bu süreçte, uluslararası iş birliği ve veri paylaşımı önem kazanmaktadır. Tüm ülkelerin çevre konusunda birlikte çalışması, karbon ayak izini azaltma hedeflerine ulaşmak ve çevreyi korumak adına kritik öneme sahiptir.

1.2.6.1. Almanya

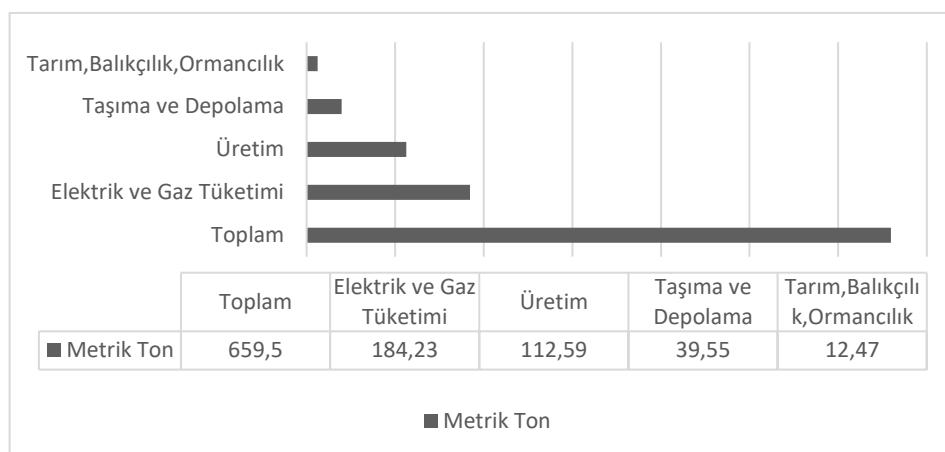
Almanya 1990'lı yıllar itibarıyle sera gazı salınımlarını azaltmayı hedeflemiştir ve bu hedef doğrultusunda tedbirlerin alınmasıyla karbon ayak izinin kısıtlanması konusunda ilk adımını atmıştır. Bu dönemde, emisyon azaltıcı hedeflere ulaşabilmek adına yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi adına teşvikler uygulanmıştır. Bu doğrultuda stratejik hedefler belirlenmiş ve yeşil ekonomiye geçişin hız kazanması adına yatırımlar yapılmıştır (Druckman ve Jackson, 2009:2067).

1970 yılı itibarıyle yaşanan petrol krizi sonucu ortaya çıkan enerji kıtlığından dolayı ve 1973'te uygulanan petrol ambargosuyla beraber Almanya'nın enerji politikasında önemli değişikliklere yol açmıştır. Alman politikacılar petrol ithalatına olan bağımlılığı azaltmanın bir yolu olarak odaklarını yenilenebilir enerjiye çevirmişlerdir. Bu amaçla, Almanya hükümeti yenilenebilir enerjiyi de kapsayan yerel enerji kaynaklarına yönelik araştırma

ve geliştirme (Ar-Ge) yatırımlarını önemli ölçüde artırmıştır. Enerji politikalarında köklü bir değişikliğe giden Alman hükümeti Energiewende adı verilen politika doğrultusunda kendisine 3 hedef belirlemiştir. Birinci hedef; kullanılan elektriğin üçte birinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmasıdır. Almanya'nın elektriğinin %40'ını yenilenebilir enerji kaynaklarından yani rüzgâr ve güneş enerjisinden karşılamayı hedeflemiştir. İkinci hedef olarak enerji tüketiminin beşte bir oranında azaltılması hedeflenmiştir. Üçüncü hedef olarak ise karbon emisyonunun azaltılması hedeflenmiştir. (Zhang, Karimi, Weerasinghe, Bilan, Shahzad,2024:232)

Alman hükümetinin belirlediği hedeflere ulaşması için uyguladığı politikaların temelinde enerjiyi verimli kullanarak karbon ayak izini düşürmek vardır (Manuel ve Schubert,2021:8). Bu doğrultuda atılan adımlardan örnekler şu şekilde sıralanabilir; binalarda enerji tasarrufu sağlayabilmek adına çeşitli düzenlemeler ve teşvikler getirilmiştir. Sanayi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş için teşvikler ve sektörel politikalar geliştirilmiştir (Gill ve Moeller,2018:163). 2000'li yıllarda Almanya'nın Kyoto Protokolüne taraf olmasıyla birlikte karbon emisyonlarının azaltılmasını hedefleyen daha kapsamlı politikalar geliştirilmiştir. Bu politikalar, özellikle enerji sektörüne odaklanarak, fosil yakıtların tüketiminin düşürülmesi ve sürdürülebilir enerji arzının daha yaygın bir şekilde kullanılması amacını taşımaktadır (Gill ve Moeller,2018:163). Endüstri sektöründe çeşitli önlemlerle karbon salınınının azaltılması hedeflenmektedir

Grafik : 1.3. Almanya'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Grafikte Almanya'nın 2022 yılında karbon salınımının (CO₂) sektörle bazda dağılımı metrik ton cinsinden gösterilmektedir. Almanya'nın karbon ayak izi verilerinin yükselmesinin temelinde elektrik ve gaz üretimi yatomaktadır. Energiewende politikası doğrultusunda belirlenen ilk hedef kapsamında elektrik üretiminin yenilenebilir enerji kaynaklarına kaydırılması doğru bir politika olmakla birlikte bu hedefe ne derecede ulaşılabilirliği soru işaretleri oluşturmaktadır. İkinci sırada ise sanayi yer almaktadır. Almanya'nın 2022 yılı karbon dioksit (CO₂) emisyonları, kömürle çalışan santrallerin daha az kullanılması ve enerji yoğun sanayilerin üretiminin düşmesi nedeniyle 1950'lardan bu yana en düşük seviyeye gerilemiştir. Ancak hala karbon ayak izi verilerinin içerisinde önemli bir paya sahiptir.

Almanya'nın karbon ayak izi verileri incelendiğinde temel kaynağın elektrik üretimi ve sanayi kaynaklığı olduğu görülmektedir. Almanya petrol krizinin baş gösterdiği 1990'lı yillardan bu yana karbon ayak izi ve sera gazlarını azaltma konusunda çeşitli politikalar uygulamıştır.

1.2.6.2. İsveç

İsveç'in karbon ayak izi verileri incelendiğinde yoğun karbon içeren bir sanayiye sahip olmasına rağmen karbon emisyonu diğer ülkelere oranla düşük seviyede kalmaktadır. 1990-2011 yılları arasında %58 oranında büyümeye kaydetmesine rağmen karbon salınımı %16 oranında düşüş göstermiştir (Erçoşkun ve Kovancılar,2023:614)

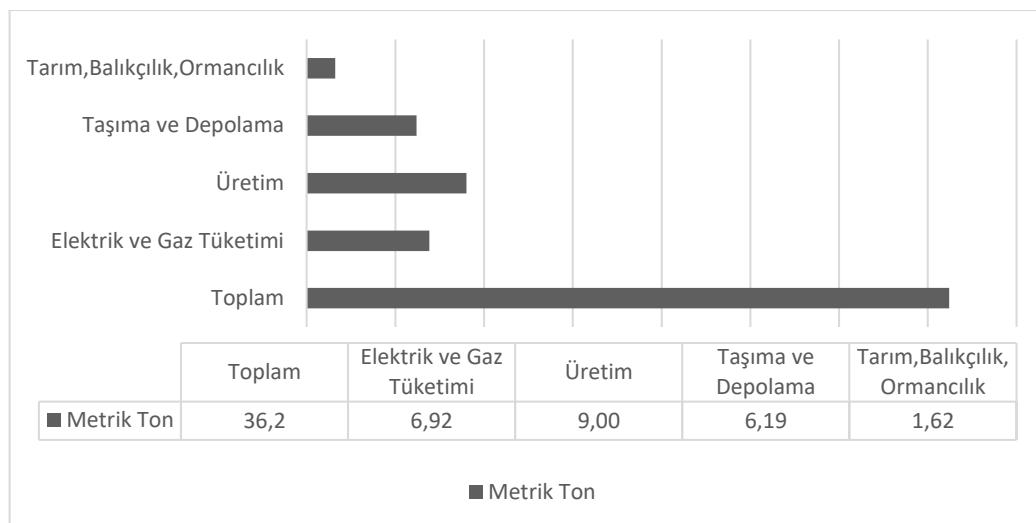
İsveç'in karbon ayak izi sektörel dağılımı incelendiğinde, ülkenin enerji sektöründen kaynaklanan emisyonların büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu sektörün yanı sıra ulaşım sektörü de karbon ayak izine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Diğer taraftan, sanayi ve tarım sektörlerinin de emisyonlarının göz ardı edilmemesi gerekmektedir. İsveç'in karbon ayak izi, nüfusun tüketim alışkanlıklarıyla doğrudan ilişkilidir. Ülkenin nüfusunun artması ve tüketim eğilimlerinin değişmesi, karbon ayak izinin büyümesine neden olmaktadır. Artan enerji tüketimi, kişi başına düşen ulaşım kullanımı ve tüketim mallarının üretim süreçlerindeki emisyonlar, nüfus ve tüketim eğilimlerinin karbon ayak izi üzerindeki etkilerini belirlemektedir (Jonsson, Ydstedt ve Asen, 2020:3-4).

İsveç Parlamentosu yeni iklim yasası ve iklim politikası danışma kurulu içeren bir iklim politikasını uygulamaya koymuştur. Uygulamaya koyulan politika kapsamında 2030 yılı ile 2005 yılı kıyaslandığında karbon emisyonunun %59 oran ile azaltılması hedeflenmektedir. 2045 yılında ise sera gazı emisyonlarının tamamen sıfırlanması uygulamaya koyulan çerçeve politika kapsamında belirlenmiştir. Ülke içi ulaşımdan kaynaklanan emisyonların 2030 yılına kadar 2010 yılı ile kıyaslandığında %70 azaltılması hedeflenmektedir (Bird,2017:22). İzlenen politika kapsamında belirlenen uzun vadeli hedef ise enerji sistemlerinin tamamen yenilebilir enerji sistemlerine dönüştürülmesidir.

İsveç, ulaşım ve enerji verimliliği konusunda çeşitli stratejiler ve uygulamalar geliştirmiştir. Toplu taşıma sistemlerinin yaygın kullanımı, yüksek vergilerle benzinli araçların önlenmesi ve elektrikli araç teşvikleri gibi politikalar sayesinde ulaşım sektöründeki karbon ayak izini azaltmaya yönelik çalışmalarıyla öne çıkmaktadır. Aynı zamanda, enerji verimliliğini artırmaya yönelik teşvikler, enerji tüketimini azaltmaya dönük politikalar ve yeşil teknoloji yatırımlarıyla enerji sektöründe sürdürülebilirlik uygulamalarını desteklemektedir. (Andersson, ,2019:4)

İsveç, atık yönetimi ve geri dönüşüm konusunda da sürdürülebilirlik uygulamalarıyla öne çıkmaktadır. Ülke, atık yönetimi politikalarıyla atık miktarının oranını azaltmaya ve atıkların geri dönüşümüne teşvik etmeye yönelik adımlar atmaktadır. Kaynakların verimli kullanımı ve atık oluşumunu önlemeye yönelik stratejiler geliştirerek, çevreye olan olumsuz etkileri minimize etmeyi hedeflemektedir (Marbuah ve Gren,2015:21). Aynı zamanda, geri dönüşüm tesislerinin sayısını artırarak atıkların yeniden kullanımını teşvik etmektedir.

Grafik : 1.4. İsveç'in Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

İsveç'in 2022 yılı karbon ayak izinin sektörel dağılımı incelendiğinde karbon salınınının çıkış noktasının üretim olduğu net bir şekilde belli olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle hidroelektrik enerji ve biyoyakıtlar, halihazırda toplam enerji kullanımının %54'ünü oluşturmaktadır. İsveç 2003 yılında tanıtılan piyasa temelli bir elektrik sertifikası sistemine geçiş yapmıştır. Bu sisteme kapsamında; elektrik tedarigi sağlayanlar, 2020 yılına kadar her yıl düzenli olarak arttırılacak şekilde, enerji ihtiyaçlarının belirli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmeye mecbur bırakılmıştır (Marbuah, Gren ve Tirkaso,2021:15). Gelecekteki yenilenebilir enerji artışının büyük bir kısmının ise hızla büyüyen bir rüzgâr enerjisi programı ve taşımacılık biyoyakıtlarının yayılması ile karşılaşması hedeflenmektedir. İsveç'in karbon ayak izi verileri incelendiğinde sanayi ağırlıklı bir ekonomik yapısı olmasına rağmen uzun yillardır karbon emisyonu konusunda uyguladığı doğru politika ve tedbirler ile karbon salınınını minimum düzeyde ve kontrol altında tutma konusunda başarı sağladığı anlaşılmaktadır.

1.2.6.3. Hollanda

Hollanda'nın karbon ayak izi tarihsel olarak incelendiğinde, ülkenin endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerinin etkisi açıkça görülmektedir. Sanayi devrimi ve sonrasında teknolojik gelişmeler, ülkenin emisyon profiline doğrudan etkide bulunmuştur. Ayrıca, enerji üretimindeki değişen eğilimler, ulaşımın dönüşümü ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik politika ve stratejilerin uygulanması da tarihsel olarak Hollanda'nın karbon ayak izini şekillendirmiştir. Özellikle, fosil yakıtların kullanımı ve araç trafiği, Hollanda'nın karbon ayak izinde büyük bir rol oynamaktadır. Ayrıca, tarım ve hayvancılık faaliyetleri de sera gazı emisyonlarını artıran diğer etmenler arasındadır.

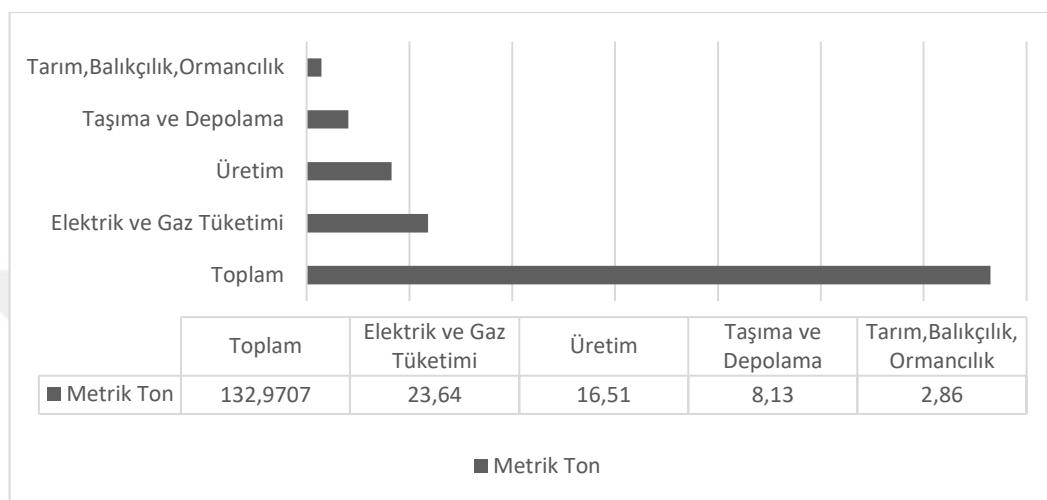
Hollanda'nın elektrik santrallerinin çalışması için elektrik sektörü kömür ve doğalgaz kullanmaktadır. Elektrik üretimindeki artışla paralel olarak fosil yakıt kullanımı artmada buna bağlı olarak karbon emisyonunda büyük ölçüde artışlar yaşanmaktadır. 2015-2017 yılları arasında kömürle çalışan elektrik santrallerinin kapanmasıyla birlikte kömür tüketiminde azalış yaşandı. (Ruyssenaars, Coenen, Zijlema, Arets, Baas, Dröge ve Zanten, 2021:58-60).

Hollanda'nın karbon ayak izini azaltma stratejileri arasında yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği politikaları öncelikli yer tutmaktadır. Ülke, fosil yakıtlardan çıkış hızlandırmak amacıyla güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik ve destekler sunmaktadır. Ayrıca, enerji verimliliğini artırmak için binalarda, ulaşımda ve endüstriyel tesislerde çeşitli politikalar yürütmektedir (Ruyssenaars, Coenen, Zijlema, Arets, Baas, Dröge ve Zanten, 2021:58-60). Bu sayede karbon ayak izini azaltmaya yönelik adımlar atılmaktadır.

Hollanda, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği politikaları kapsamında güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklara yatırım yaparak enerji dönüşümünü desteklemektedir. Ayrıca, binalarda enerji verimliliğini artırmak amacıyla çeşitli destekler ve normlar belirleyerek enerji tüketimini azaltmaya çalışmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım çözümleri arasında bisiklet ve toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi öne çıkmaktadır. Ülke, bisiklet kullanımını artırmak ve şehir içi ulaşımda araç kullanımını azaltmak

amacıyla altyapı yatırımları ve teşvikler sağlamaktadır. Ayrıca, elektrikli araç kullanımını teşvik ederek karbon salınımını azaltma çabaları gözlemlenmektedir. Endüstriyel tesislerde enerjide verimliliği sağlamak, sürdürülebilir enerji arzına geçiş desteklemek ve sera gazı emisyonlarını düşürmek amacıyla çeşitli stratejiler ve teşvikler uygulamaktadır.

Grafik : 1.5. Hollanda'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



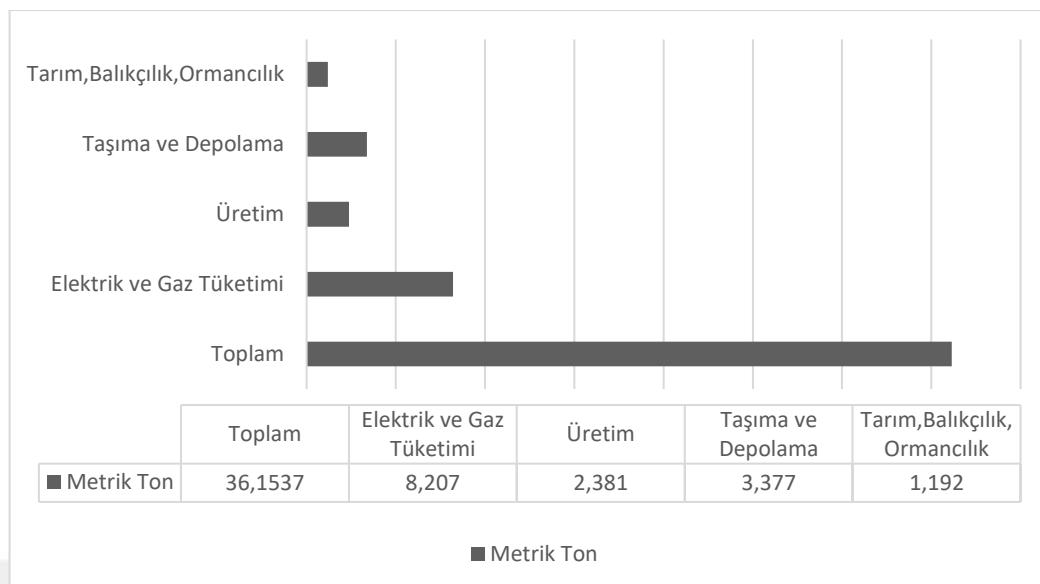
Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

2022 yılı Hollanda karbon ayak izinin sektörel dağılımı incelendiğinde en çok karbon emisyonu elektrik ve gaz tüketimi nedeniyle salgılanmaktadır. Elektrik ve gaz tüketiminin yüksek olmasının temel nedeni elektrik sektöründe yaygın olarak kömür kullanılmasıdır.

1.2.6.5. Finlandiya

Karbon ayak izinin azaltılması amacıyla adımlar atan öncü ülkelerden biri de Finlandiya'dır. 1990 yılı itibariyle Dünya'da ilk kez Karbon Vergisi uygulanmaya konmuş ve sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınması konusunda öncü bir adım atmıştır (World Bank,2023). Finlandiya'nın da karbon önleme politikaları; 2035 yılına kadar karbon nötr olmak ve 2045 yılına kadar ise negatif emisyonu sağlamaktır (Ministry of the Environment of Finland, 2022).

Grafik : 1.6. Finlandiya'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Finlandiya'nın belirlediği hedef doğrultusunda karbon emisyonu azaltma konusunda izlediği politikalar sonucu yıllar içerisinde emisyon azaltımı gerçekleştirilmiş 2021 yılı itibarıyle karbon azaltma oranı %20'ye ulaşmıştır (IMF,2021). Finlandiya karbon emisyonunu azaltmak ve karbon ayak izini düşürmek amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek, enerji verimliliğini sağlamak amacıyla politikalar oluşturmak ve orman yönetimi konusunda adımlar atmak gibi çeşitli stratejiler geliştirmiştir (Finlandiya Hazinesi,2022). Bu stratejilere ilave olarak Finlandiya'nın karbon yutakları özellikle geniş ormanları ve turbalıkları, son yıllarda alarm verici şekilde azalmaktadır. 2021-2022 yıllarında ülkenin arazi sektörü, net sera gazi emisyon kaynağı haline gelmiştir (The Guardian, 2024). Bu durum, Finlandiya'nın karbon nötr hedefine ulaşmasını sektöre uğratmakta ve Finlandiya'nın iklim stratejilerini yeniden değerlendirmesine neden olmaktadır.

Finlandiya'nın Karbon Ayak İzini Azaltma Stratejileri:

- Elektrikli araçların yaygınlaştırılarak fosil yakıtlı ulaşımın azaltılması,
- Binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kullanımı,

- Orman yönetimi ve karbon yutaklarının korunması,
- Sanayi sektöründe yeşil dönüşüm ve karbon yakalama teknolojileri.

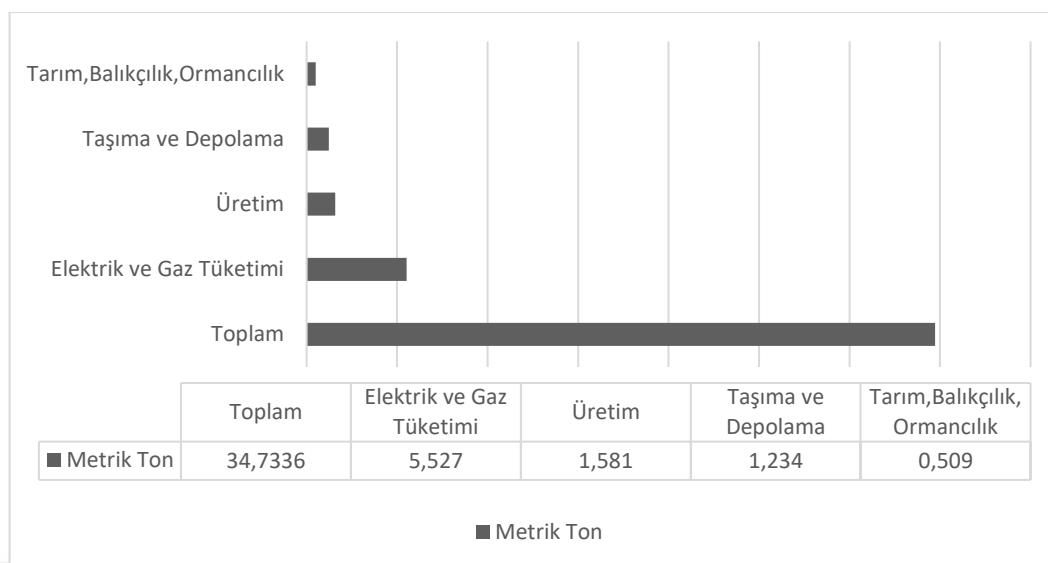
Bu politikalar, Finlandiya'nın karbon emisyonlarını azaltma konusundaki küresel liderliğine katkı sağlamaktadır.

1.2.6.6. İrlanda

İrlanda, iklim değişikliği ile mücadele ve karbon ayak izini küçültme konusunda 1990'lı yıllar itibarıyle önemli adımlar atmaktadır. 1990'lı yıllarda sera gazını düşürmek için hedefler belirlemiş ve bu hedefler doğrultusunda adımlar atmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar yapmış, karbon vergisini uygulamaya koyarak karbon ayak izini kontrol altında tutmayı hedeflemiştir (Conefrey, Gerald, Valeri ve Tol, 2012:936). 2010'lu yıllara gelindiğinde rüzgâr enerjisine yatırımlar yapılmış ve bunun üzerine gelişim sağlanmış, böylelikle elektrik üretimindeki fosil yakıt bağımlılığında azaltım sağlanmıştır (Constructive Voices, 2023).

2020 yılı itibarıyle karbon nötr hedefine İrlanda hükümeti de katılmış, 2050 yılında karbon nötr olmak taahhüt edilmiştir. Bu doğrultuda sera gazi emisyonlarını azaltma stratejileri yoğunlaştırılmıştır (Conefrey, Gerald, Valeri ve Tol, 2012:935). Bu kapsamda 10 yıllık süre zarfında 500 bin evde enerjinin verimli kullanılmasını sağlama, ulaşımda elektrik kullanımının yaygınlaştırılması ve bu doğrultuda 2030 yılı itibarıyle yeni benzinli ve dizel araçların satışlarının durdurulması gibi politikalar benimsenmiştir.

Grafik : 1.7. İrlanda'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Enerjinin verimli kullanımını sağlamak, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını yaygınlaştırmak İrlanda hükümetinin emisyon azaltma politikalarının temelini oluşturmaktadır. Yeşil altyapının geliştirilmesi için çalışmalar sağlanmış, sürdürülebilir bina uygulamaları ve binalarda çevre dostu malzeme kullanımı gibi adımlarla emisyon azaltma politikalarına inşaat sektörünü de entegre etmek hedeflenmiştir (Constructive Voices, 2023).

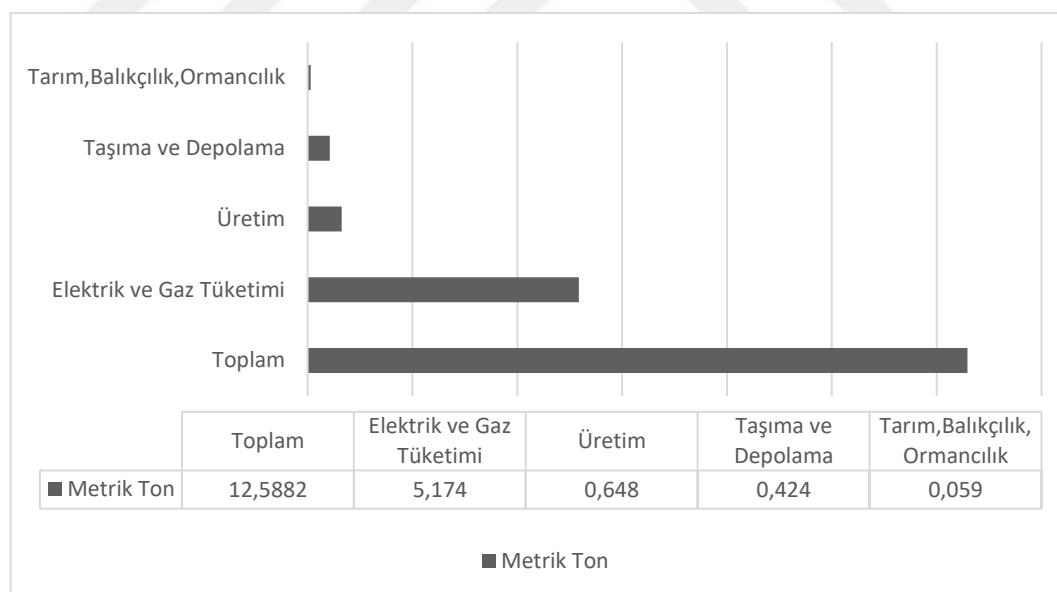
Son yıllarda tarım ve arazinin faal kullanıldığı sektörler dolayısıyla meydana gelen yüksek emisyonlar, İrlanda'nın karbon nötr hedefine ulaşmasını sektöre uğratmaktadır. Özellikle sığır yetiştirciliği ve metan emisyonları dolayısıyla emisyon seviyelerinde belirlenen hedefler yerine getirilememektedir (Conefrey, Gerald, Valeri ve Tol, 2012:947). Bundan dolayı hükümet tarımda sürdürülebilirlik sağlamak için politikalar oluşturma ve çiftçileri düşük karbonlu üretme teşvik etme gibi çalışmalar正在执行中.

1.2.6.7. Estonia

Estonya, karbon ayak izini düşürmek ve enerjide sürdürülebilir bir yapı geliştirebilmek adına önemli adımlar atan ülkelerden biridir. Estonia'nın enerji tüketiminin temeli yüksek ölçüde fosil yakıtlara ve seyl gazlarına dayanmaktadırken son yıllar itibarıyle yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş hızlanmıştır (Statista, 2023). Yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle rüzgâr ve biyokütle enerji alanlarına yatırım yapılmıştır (IEA, 2022).

Estonya Çevre Bakanlığı'nın verilerine göre, 2010-2020 yılları arasında ülkenin sera gazı emisyonlarında %30'luk bir azalma gerçekleşmiştir. Bu azaltımın temelinde yenilenebilir enerji kaynaklı enerji kullanımının olduğu gözlemlenmektedir (Estonya Çevre Bakanlığı, 2021). İlave olarak sera gazı emisyonlarındaki düşüşte Avrupa Birliği'nin karbon nötr hedefinde Estonia'nın taraf olmasının da payı vardır.

Grafik : 1.8. Estonia'nın Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

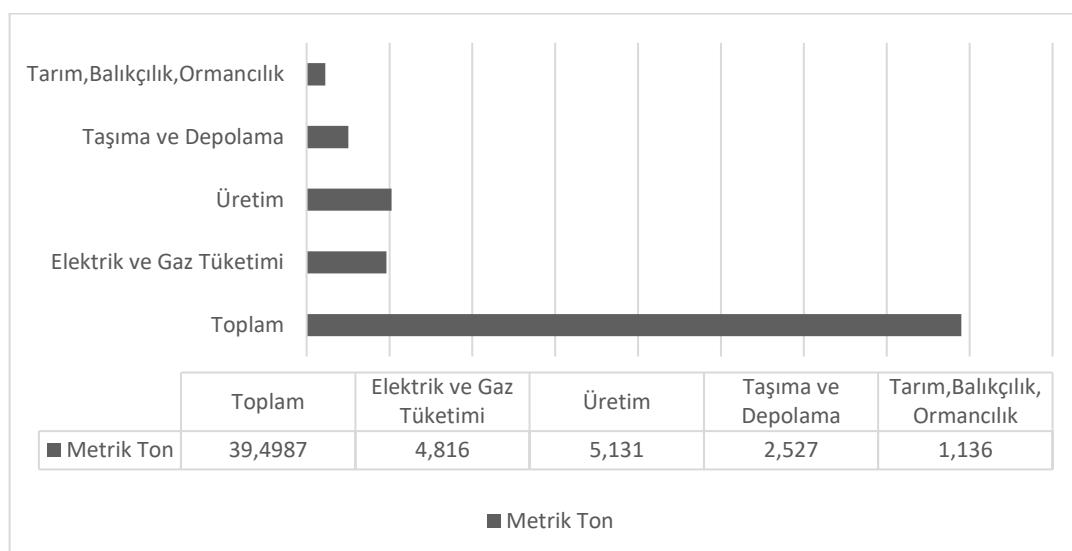
Avrupa Birliği'nin karbon nötr hedefi doğrultusunda 2030 yılına kadar emisyon oranının %40 oranında azaltılması hedeflenmekte, yenilenebilir

enerjinin toplam enerji içerisindeki payının %50 oranına çıkartılması hedeflenmektedir (European Commission, 2020). Avrupa Birliği'nin karbon nötr hedeflerine uyum sağlayabilmek adına Estonia hükümeti çeşitli teşvik ve düzenlemelere başvurmuştur. Örneğin, yenilenebilir enerji projelerine sağlanan devlet destekleri ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik programlar, bu dönüşüm sürecini desteklemektedir (Estonia Enerji Ajansı, 2021). İlave olarak kamu ve özel sektörün ortak ilerlettiği projeler neticesinde sürdürülebilir enerji politikaları uygulamaya konulmuştur (IEA, 2022). Sonuç olarak, Estonia, fosil yakıtlara dayalı enerji üretiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yaparak, karbon ayak izini azaltma konusunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Enerji politikalarında sürdürülebilirlik ve yenilikçiliğe verilen önem, ülkenin iklim hedeflerine ulaşmasında kritik rol oynamaktadır.

1.2.6.8. Portekiz

Portekiz'de diğer Avrupa ülkeleri gibi karbon nötr hedefinin bir parçası olmuş ve bu hedef doğrultusunda karbon ayak izini düşürmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yaparak önemli aşamalar kaydetmiştir.

Grafik : 1.9. Portekiz'in Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Ülkenin 2022 yılında sektörel bazda karbon ayak izi dağılımı incelendiğinde üretimin ve elektrik-gaz tüketiminin öncü olduğu görülmektedir. Portekiz, hidroelektrik, rüzgâr ve biyokütle enerji sektörlerine geçişte önemli dönüşüm sağlamıştır. Bu dönüşümün önemli nedenlerinden birisi de Avrupa Birliği'nin karbon nötr hedefine ulaşma taahhüdünden kaynaklanmaktadır. 2045 yılına kadar karbon nötr olmayı ve 2030 yılına gelindiğinde ise elektrik tüketimini %93 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedef belirlemiştir. Ancak, büyük ölçekli projeler yerel protestolara neden olmuş ve geçiş süreci hane bütçelerini etkilemiştir (El País, 2025). Bu nedenle, ekonomik katılım ve tüm paydaşların sürece dâhil edilmesi büyük önem taşımaktadır.

2024 yılında Portekiz, elektrik tüketimi %71 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması başlanmıştır. Elektrik tüketim yapısındaki bu değişim 1990 yılından bu yana karbon ayak izinin en düşük seviyeye ulaşmasını sağlamıştır (El País, 2025). Karbon ayak izinin düşüşünde elektrik tüketim tercihlerinin değişiminin yanı sıra hükümetin bu istikrarlı politikalarının ve ülke içi siyasi uzlaşının da büyük rol oynadığı söylenebilmektedir.

1.2.6.9. Türkiye

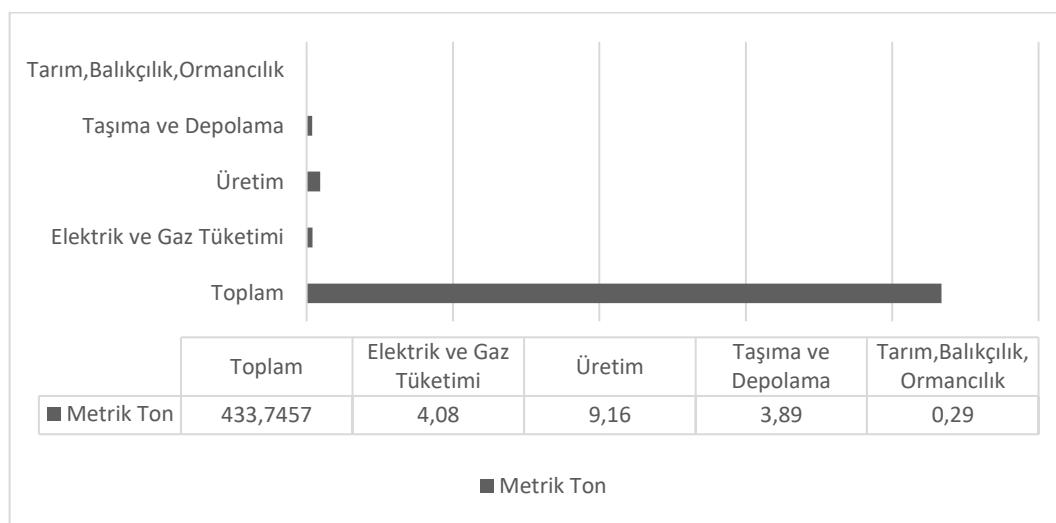
Türkiye, 2004 yılı itibarıyle Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve 2009 yılında da Kyoto Protokolü'ne dahil olmuştur. Karbon emisyonunu azaltmaya yönelik bir taahhüdü bulunmasa da Türkiye'nin karbon salınımını azaltım faaliyetleri yürütmektedir (Danışman. ve Özalp, 2016:3). Türkiye'deki bireylerin tüketim ve üretim kaynaklı salınım oranları, dünya ortalamasıyla paraleldir. WWF (2012) verileri göstermektedir ki; Türkiye'nin toplam ekolojik ayak izin verileri içerisinde karbon ayak izinin en büyük paya (%46-49 aralığı) sahiptir. Durum diğer Avrupa Ülkeleriyle benzer şekildedir (Esen ve Dündar, 2021:180).

Türkiye'de 1980 öncesindeki döneme kadar ithal ikameci sanayileşme stratejisi belirlenmiştir ve dışa kapalı bir büyümeye modeli benimsenmiştir. Bu

süre zarfında karbon ayak izi düşük seviyededir. 1980 sonrası dönemde ihracata dayalı büyümeye modelinin benimsenmesiyle birlikte ticari ve finansal serbestleşme gerçekleşmiş ve bu durumda karbon ayak izi seviyelerinin artışa geçmesine neden olmuştur (Apaydın, 2020:25). Türkiye'de 1990 yılından 2012 yılına kadar geçen süreçte akaryakıt kullanımını büyük oranda artış göstermiştir. Ulaşım sektörünün neden olduğu karbon ayak izi değeri 1990'dan 2015 dönemine kadar geçen süreçte %181 artmış yıl bazında ise her bir yıl için %7,5 yükselmiştir (Civelekoğlu ve Bıyık, 2018:162-164). Türkiye'nin temelinde yatan en büyük problemlerden biri ise dış ülkelere olan enerji bağımlılığıdır. Cari işlemler açığının kaynağı da enerjide dışa bağımlı olmasından doğmaktadır. Sürdürülebilir bir üretim ve tüketim şablonu olmamasından dolayı 1 yılda tüketilen doğal kaynakların tekirdan üretimi ve meydana getirdikleri karbon salınımının önüne geçilmesi için 2 yıla ihtiyaç vardır.

Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla dışa bağımlılık geliştirmiştir. 1970'li yıllar itibarıyle enerji ihtiyacının %33 oranında ithal ederken 2010 yılına gelindiğinde ise bu oran %72'ye kadar yükselmiştir (Erden, 2014). 2011-2012 dönemlerinde ise bu oranlar %45 ile %62'dir. Günümüze gelindiğinde ise petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların ithalatı enerji talebini karşılayabilmek adına hızla devam etmektedir (Erden, 2014:6-9).

Grafik : 1.10. Türkiye'nin Karbon Ayak İzinin Sektörel Dağılımı (2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye'nin karbon ayak izinin sektörel dağılım grafiği 2022 yılı özelinde metrik ton cinsinden ifade edilmektedir. Türkiye'de karbon ayak izi üretim kaynaklı olarak görülmektedir. Karbon emisyonunun dağılımı konusunda üretim sektörlerini elektrik tüketimi ve taşımacılık takip etmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde küresel iklim değişikliğine degenilmiş, temel sebeplerinden biri olan karbon ayak izinin tanımı, kapsamları, hesaplama yöntemlerine degenilmiş, Avrupa Birliğinden seçilmiş ülke örnekleri ve Türkiye'nin karbon ayak izi kaynağuna ve geçmişine degenilmiştür. Çalışmanın ikinci bölümünde ise karbon ayak izini baskılamak üzere mali araç olarak karbon vergisi yapısı itibariyle incelenecik, Avrupa Birliği ülkelerinden uygulama örneklerine yer verilecektir. Karbon vergisi uygulamasına henüz geçiş yapmasa da Türkiye'de karbon ayak izini baskılayıcı unsurlar açısından ele alınmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

KARBON VERGİSİ VE KARBON AYAK İZİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

2.1. Karbon Vergisine Genel Bir Bakış

Sera gazlarının atmosferde birikmesi sonucu meydana gelen sera etkisi kaynaklı ısınma ve neticesinde gerçekleşen iklimsel dönüşüm tüm canlılar ve ekosistem için büyük bir problem meydana getirmektedir. Söz konusu problemin önüne geçebilmek adına sera gazlarının salınımını kısıtlayıcı tedbirler almak, ekosistemin sürdürülebilirliği açısından ve daha büyük sorunların önüne geçebilmek adına büyük önem kazanmaktadır. Sera gazı salınımının bir sorun olarak görülüp gündeme getirilmesi ilk olarak 1992 yılında Rio Konferansında gündeme getirilmiş ve önüne geçirilmesi adına çalışmalar başlatılmıştır. 1997 yılında ise Kyoto Protokolü’nde sera gazlarının meydana getirebileceği muhtemel sorunlar gündeme getirilmiş ve tedbir alınması konusunda farkındalık sağlanmıştır (Balı ve Yaylı, 2019:304-306). Devletlerin kendi emisyonlarının önüne geçmesi için ilk adımları bu çalışmalardan sonra başlamış ve emisyon azaltıcı tedbirlere ilave olarak “karbon vergisi” emisyon kısıtlayıcı bir tedbir olarak gündeme gelmiştir.

Fosil yakıtların içerisinde barındırdığı karbon içeriğine yalnızca karbon miktarı üzerinden alınan tüketim vergisi Karbon Vergisi olarak adlandırılmaktadır (Oğuz ve Yıldız, 2024:24). Karbon vergisi; yanmasıyla birlikte karbon salınımına neden olan fosil yakıtlarının içeriklerine göre vergiye tabi tutulmasını içermektedir.

Karbon vergisi “kirleten öder” prensibinin etkili olduğu bir vergi türüdür. Bu durumda verginin mükellefi, karbon salınımına sebebiyet veren kişi ya da organizasyondur. Bu noktada kirletenin bir diğer ifade ile karbon ayak izinin sahibinin tespitinin doğru yapılması ve emisyonun doğru hesaplanması önem kazanmaktadır. Bireylerin karbon ayak izinin tespitinin ve takibinin zorluğundan dolayı verginin mükellefi genel olarak büyük ölçekte

salınımı sebebiyet veren ve tespiti mümkün olan organizasyon ve üreticilerdir (Aliusta, Yılmaz, ve Kırlıoğlu, 2016:394).

Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarını azaltmayı teşvik etmek amacıyla uygulanan bir tür çevresel vergidir. Bu vergi, fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarına dayalı olarak hesaplanır ve bu emisyonları azaltmak veya dengelemek için ekonomik bir teşvik sağlar. Karbon vergisinin amacı, karbon emisyonlarını azaltarak iklim değişikliği ve çevresel etkilerini en aza indirmek, sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve yeşil teknolojilere yatırım yapılmasını sağlamaktır (Karakaya, Akkoyun ve Hiçyılmaz, 2023:823). Bu şekilde, ekonomik faaliyetleri ve tüketimi daha çevreci hale getirerek, çevresel sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkelerini desteklemektedir.

2.2. Karbon Vergisi Kavramı ve Uygulama Amacı

Karbon vergisi ile küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının salınımının sebebiyet verdiği negatif dışsallığın içselleştirilmesi desteklenmektedir (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007:111). Bu mantık doğrultusunda verginin muhatabı: üretim veya tüketim eylemleri dolayısıyla karbon salınımına neden olanlardır. Diğer bir ifadeyle vergi yükümlüsü kirlenmeye neden olandır. Kirletenin vergi muhatabı olduğu vergilendirme mantığı Pigouvian vergilendirmenin mantığıyla denk düşmektedir (Organ ve Emre, 2013:87-89).

Kirlilikten kaynaklanan piyasa başarısızlığı, üretim veya tüketimde kullanılan kaynakların tam olarak fiyatlandırılmamasından ortaya çıktıgı felsefesini savunur. Manta ve arkadaşlarına göre Pigou kirlilik nedeniyle bir malın özel ve sosyal maliyetleri arasındaki fark göz önüne alındığında, bu farkın, kirliliğin marjinal zararıyla eşit olduğunu belirtmiştir (Manta., Doran, Bădîrcea, Badareu, ve Țăran, 2023:1720). Kirliliği sosyal marjinal zararına göre vergilendirmenin, özel ve sosyal marjinal maliyetleri eşitleyeceğini ve piyasanın daha verimli bir hale geleceğini savunmuştur. Pigouvian vergi, karbon salınımının vergilendirilmesi vizyonuyla uyuşmaktadır. Bir ton kömür, bir galon benzin veya bir term doğal gazın yakılmasıyla ilişkili CO₂ miktarı

sabittir. Endüstriyel süreçlerdeki değişiklikler, yakıtın ne kadar yandığını etkileyebilir ancak birim yakıt girişi başına emisyonları etkilemez (Metcalf, 2021:250). Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, fosil yakıtların karbon içeriklerine göre vergilendirilmesi, Pigouvian fiyatlandırmasının doğrudan bir uygulamasıdır.

Karbon vergisinin bir diğer amacı, karbon emisyonlarını azaltarak iklim değişikliği ve çevresel etkilerini en aza indirmek, sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve yeşil teknolojilere yatırım yapılmasını sağlamaktır (Karakaya, Akkoyun ve Hiçyılmaz, 2023:823). Bu şekilde, ekonomik faaliyetleri ve tüketimi daha çevreci hale getirerek, çevresel sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkelerini desteklemektedir. Karbon vergisinin uygulama amacının temel mantığı çevre üzerindeki negatif etkilerin önüne geçme çabasıdır. Dolayısıyla fiskal amaçtan ziyade politik bir amaç güderek uygulamaya koyulduğu belirtilebilir (Yerlikaya, 2003:692-693). Temel mantığında hazineye gelir sağlamak değil, karbon salımının çevre üzerinde yarattığı tahribatın önüne geçme felsefesi yatmaktadır.

2.3. Karbon Vergisi Uygulama Şekilleri

Karbon vergisi uygulama şekilleri, genellikle emisyonlara dayalı olarak belirlenmektedir. Karbon vergisi, emisyonların miktarı ve büyüklüğüne doğrudan bağlı olarak uygulanabileceği gibi, enerji içeriği, yakıt türü veya sanayi faaliyeti türü gibi faktörlere de bağlı olabilir (Organ ve Emre, 2013:91-93). Karbon vergisi emisyon birimi başına alınmaktadır.

Çeşitli ülkelerde karbon vergisi uygulama yöntemleri farklılık gösterebilir. Örneğin, bazı ülkelerde karbon vergisi, emisyon ticaret sistemi (ETS) üzerinden uygulanmakta ve emisyon izinleri üzerinden karbon miktarına dayanarak vergilendirilmektedir. Bu şekilde, emisyonu yüksek olan şirketler daha fazla karbon vergisi ödemek zorunda kalırken, emisyonu düşük olanlar daha az vergi öder. (Başdağ, 2023:63). Öte yandan, diğer ülkelerde karbon vergisi, fosil yakıtların tüketimi üzerinden uygulanabilir. Örneğin, petrol, kömür veya doğalgaz gibi fosil yakıtları kullanan şirketler bu vergiyi ödemek zorundadır (Başdağ, 2023:63). Karbon vergisinin uygulanma şekli ve miktarı

ülkeye göre değişebilmektedir. Bazı ülkelerde sektörel bazda veya belirli endüstrilerde istisnalar yapılabilir, bu da karbon vergisi uygulamasının farklılaşmasına yol açabilir. Karbon vergisi, sürdürülebilir bir ekonomi için önemli bir araç olarak kabul edilir ve emisyonları azaltma hedefine katkıda bulunur (Ağcakaya, ve Kaya, 2022:519). Bu nedenle, çeşitli ülkelerde karbon vergisi uygulama şekilleri ve politikaları geliştirilmektedir. Karbon vergisinin etkili bir şekilde uygulanması, iklim değişikliği ile başa çıkma konusunda atılmış önemli bir adımdır ve sürdürülebilir bir gelecek için gereklidir.

2.4.Karbon Vergisi ve Diğer Çevresel Vergilerin Karşılaştırılması

Karbon vergisi, enerji ürünleri ve elektrik tüketimleri üzerinde doğrudan bir vergi olarak uygulanırken, diğer çevresel vergiler çeşitli alanlarda uygulanabilmektedir. Karbon vergisi, temel olarak CO₂ emisyonlarına dayalıken, diğer çevresel vergiler hava kirliliği, atık yönetimi ve su kullanımı gibi farklı alanlara odaklanabilir. Karbon vergisi ve diğer çevresel vergiler, amaçları ve uygulama şekilleri açısından karşılaştırıldığında dikkate değer bir farklılık göstermektedir (Şencan, 2021:522). Karbon vergisi, fosil yakıtların kullanımının iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı hedeflerken, diğer çevresel vergiler genel olarak çevreye zarar veren faaliyetlerin maliyetini artırmayı amaçlamaktadır. Karbon vergisi doğrudan karbon salımının azalmasını teşvik ederken, diğer çevresel vergiler çevre dostu alternatiflerin tercih edilmesini sağlamaya yöneliktir. Aynı zamanda, karbon vergisi genellikle enerji sektörünü hedeflerken, diğer çevresel vergiler geniş bir yelpazede sektörleri kapsayabilir (Oğuz ve Yıldız, 2024:24).

Özetle, karbon vergisi ve diğer çevresel vergiler arasında farklı amaçlar ve uygulama alanları bulunmaktadır, ancak ikisi de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için etkili politika araçlarıdır. Bu nedenle, bu vergilerin etkili bir şekilde tasarlanması ve uygulanması önemlidir.

2.5. Karbon Vergisi Uygulamalarının Ekonomik ve Çevresel Etkileri

Karbon vergisi uygulamalarının ekonomik etkileri, enerji maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek karbon vergileri, fosil yakıtlara dayalı endüstrilerin maliyetlerini artırarak rekabet gücünü azaltabilir. Bu durum, sektördeki işletmelerin yenilikçi çözümler ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelme ihtiyacını da ortaya çıkaracaktır. Ayrıca, karbon vergileri ödemek zorunda kalan şirketlerin, enerji verimliliği ve karbon ayak izini azaltma konularında daha fazla çaba harcamaları beklenmektedir (Kızıltoprak, 2024:99-100).

Öte yandan, karbon vergileri devlet bütçesine önemli bir gelir kaynağı olabilir. Bu gelirler, kamu hizmetlerinin finansmanında kullanılabilir veya alternatif enerji kaynaklarına yatırım yapılmasını teşvik edebilir. Özellikle yenilenebilir enerji sektörü, karbon vergileri sayesinde desteklenebilir ve büyümeye potansiyelini artırabilir. Bunun yanı sıra, vergi gelirleri çevre politikalarının finansmanında da kullanılabilir ve çevreye dost teknolojilerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir (Uyduranoğlu, 2023:273).

Piyasa temelli bir yapıya sahip olmasından dolayı karbon vergisi; uygulama açısından avantaj sağlayacaktır. Uygulanan karbon vergisi doğrudan fiyat mekanizması üzerinde etki yaratacak bu durum sonucunda da yanması dolayısıyla karbon salınımı gerçekleştiren fosil yakıtların fiyatları yükselecektir (Hotunluoğlu, ,2007:111). Fiyat mekanizmasında yarattığı etki bakımından doğrudan miktara tesir edebilen bir piyasa aracıdır. Bu açıdan karbon vergisinin etkili bir araç olduğu belirtilebilir.

Karbon vergilerinin etkileri sektörler arası farklılık gösterebilir. Örneğin, enerji yoğun sektörler karbon vergilerinden daha fazla etkilenebilirken, düşük karbon salınımlı sektörler bu vergilere daha az duyarlı olabilir (Uyduranoğlu, 2023:273). Bu nedenle, vergi politikaları belirlenirken sektörler arası farklılıkların göz önünde bulundurulması önemlidir. Aynı zamanda, vergi gelirlerinin adil bir şekilde dağıtilması da sağlanmalıdır.

Sonuç olarak, karbon vergisi uygulamalarının ekonomik etkileri karmaşık ve çeşitlidir. Bir yandan endüstrilerin rekabet gücünü azaltırken, diğer yandan devlet bütçesine gelir sağlayarak alternatif enerji kaynaklarına

yatırımı teşvik edebilir. Bu nedenle, karbon vergisi politikalarının dikkatlice tasarlanması ve sektörel farklılıkların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca, karbon vergilerinin çevresel etkileri de göz ardı edilemez. Düşük karbon içeren üretim yöntemlerini teşvik ederek sera gazı emisyonlarını azaltabilir ve çevre kirliliğini önleyebilir. Bu uygulamaların ekonomik ve çevresel etkilerinin dengelenmesi için etkili politika ve yönetmeliklerin oluşturulması önemlidir.

2.6.Karbon Vergisinde Vergiyi Doğuran Olayın Meydana Geliş, Matrah Tespiti ve Vergilendirme

Karbon Vergisi için vergiyi doğuran olay ülkeydeki karbon vergisinin uygulama düzenine göre farklılık gösterebilir. Örneğin sektör bazında karbon vergisi uygulayan ülkelerde belirlenen sektörde faaliyet gösterilmesi vergiyi doğuran olayın meydana gelmesi için yeterli olacaktır. Veyahut belirli miktarda karbon salımının üstüne karbon vergisi uygulanması şeklinde gerçekleştirilen uygulamalarda karbon üst sınırının aşılması vergiyi doğuran olaydır.

Vergilerin uygulanması aşamasında iki teşvik unsuru vardır. Birincisi, doğrudan etkidir. Bu etki, fiyat artışları yoluyla, enerji verimliliği yatırımlarını, yakıt ve ürün değişikliklerini, koruma önlemlerini ve ekonominin üretim ve tüketim yapılarındaki değişimleri teşvik etmektir. Dolaylı etki ise, toplanan mali gelirlerin geri dönüşümü yoluyla, önceki etkileri pekiştirir ve yatırım ve tüketim alışkanlıklarını değiştirir (Baranzini, Goldemberg ve Speck, 2000:396). Ancak, Emisyonları şekillendiren nihai faktör, diğer faktörlerin ilave olarak, vergilendirme, esas alınan vergi tabanı (yani vergilendirilecek unsur) ile uygulanan vergi oranına (yani ödenecek miktarın yüzdesine) göre belirlenir. Karbon vergisi, her fosil yakıt için ödenmesi gereken bir ücreti içerir ve bu ücret, yakıtın yakıldığıında saldığı karbon miktarıyla orantılıdır.

Bir diğer uygulama biçimi ise salımını gerçekleşen Karbonun ton başına vergiye tabi tutulmasıdır. Bu şekilde gerçekleştirilen uygulamalarda karbon salımının ölçülebilir olması büyük önem kazanmaktadır. İdeal vergilendirme biçimini tavan sınır salım miktarı üzerinden vergilendirmek olsa da birim başına ölçüm sağlayabilmek oldukça zordur. Bu nedenle fosil

yakıtların (kömür, petrol, gaz gibi) cinsi üzerinden karbon yoğunluğu saptanmak suretiyle tarife belirlenir (Artun, 2024:26-27). Fosil yakıtların yanması sebebiyle ortaya çıkan karbon salınızı belirlenerek cins bazında ton başına vergiye tabi tutulur. Karbon vergisinin ölçümü aşamasında ölçü birimi olarak ton veya metreküp tarzında metrikler kullanılmasından dolayı spesifik matrahlı vergi grubuna dahildir.

2.7. Avrupa Birliği'nin Karbon Vergisi Politikaları ve Tarihsel Gelişimi

Avrupa Birliği'nde karbon vergisi uygulamalarının tarihsel gelişimi, 1950'lardan günümüze kadar uzanan bir süreci kapsamaktadır. Bu süreç boyunca, çevresel sorumluluk anlayışının artmasıyla birlikte karbon vergisi uygulamalarının önemi daha da artmıştır. Avrupa Birliği, çeşitli politika ve düzenlemelerle çevresel etkileri sınırlamayı ve karbon emisyonlarını azaltmayı hedeflemiştir (Yılmaz Uğur, 2023:347-348). Bu doğrultuda, üye ülkeler kendi karbon vergisi uygulamalarını belirlerken, AB dışından gelen ürünlere karbon vergisi uygulanmasını sağlamak için çaba sarf etmiştir. Bu şekilde, AB'nin karbon vergisi politikaları hem yerel hem de uluslararası çevre bilincinin gelişimi için önemli bir adım olmuştur. Avrupa Birliği, karbon vergisi uygulamalarının etkin bir şekilde yönetilmesi ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yanı sıra, sürdürülebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve yeşil ekonomiye geçişin desteklenmesi gibi hedeflere odaklanmaktadır.

Avrupa Birliği ülkelerinde karbon vergisinin uygulanmasını düzenleyen temel hükümler, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belirlenen emisyon kotası ve karbon fiyatının tespit edilmesi gibi konuları içerir. Bunların yanı sıra, AB ülkeleri, sektörler arasında adil bir dağılım sağlamak için sektörel istisnalara ve uyum mekanizmalarına yer veren ulusal düzenlemeler yapmaktadır (Marron ve Toder, 2014:564). Bu düzenlemeler, çevresel etkileri azaltmayı hedefleyen AB'nin sürdürülebilirlik politikaları çerçevesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Çevre politikalarının uygulanmasında, yalnızca beş ülke (İsveç, Norveç, Hollanda, Danimarka ve Finlandiya) ve en son İtalya, enerji ürünlerinin karbon içeriğine dayalı vergiler uygulamıştır. Avusturya ve

Almanya, son zamanlarda enerji vergileri getirmiştir, ancak bu vergiler enerji ürünlerinin karbon içeriğini dikkate almamaktadır. İsviçre ve Birleşik Krallık gibi bazı ülkeler ise karbon veya enerji vergilerini uygulama önerilerini tartışmaktadır (Baranzini, Goldemberg ve Speck, 2000:395-396).

Karbon vergisi uygulamaları, emisyon düzeylerinin kontrol altına alınarak iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir araç olmayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede; enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve fosil yakıt kullanımının azaltılması yoluyla Avrupa Birliği'nin karbon emisyonlarını azaltma hedeflerine katkı sunulmaktadır. Bu düzenlemeler, AB ülkelerinin çevreye ve iklim değişikliğiyle mücadeleye olan taahhütlerinin bir parçasıdır (Gevher, 2022:230). Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen bir ekonomik enstrümandır. Emisyonların maliyetlerini yansıtarak, şirketleri daha temiz üretim yöntemleri ve enerji kaynakları kullanmaya teşvik eder.

AB ülkeleri, karbon vergisinin uygulanması konusunda farklı yaklaşımlar benimsemektedir. Bazı ülkeler, endüstriyel tesislerin karbon salımını azaltmalarını teşvik etmek için sektörel istisnalar, vergi indirimleri ve hükümet teşvikleri gibi çeşitli önlemler alırken, diğerleri ise daha geniş kapsamlı bir yaklaşım benimsemekte ve sürdürülebilir enerji projelerine yatırım yapmaktadır. Bu ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek, enerji verimliliğini artırmak ve yeşil teknolojilere öncelik gibi stratejiler izlemektedir. Ayrıca, çevreye duyarlı üretim yöntemlerini teşvik etmek için endüstriyel süreçlerin iyileştirilmesi ve temiz üretim teknolojilerinin kullanımı gibi önlemler de benimsenmektedir (Babiker, Criqui, Ellerman, Reilly, ve Viguier, 2003:188). Bu düzenlemeler aynı zamanda AB'nin dış ticaret politikasının bir parçasıdır. AB, ithalat ürünlerinin karbon salımını dikkate alarak adaletli bir ticaret ortamı sağlamayı hedeflemektedir. Bu nedenle, AB'den ithal edilen ürünler de karbon vergisine tabi olabilmektedir.

Öte yandan, AB üye ülkeleri karbon vergisi konusunda ortak bir yaklaşım benimsedikleri için, rekabetin bozulmasını engellemek amacıyla birlik içinde karbon vergi standartlarının belirlenmesi önemlidir. Bu şekilde, AB içindeki şirketler eşit koşullarda rekabet edebilmekte ve çevreye olan taahhütlerini yerine getirebilmektedirler. (Babiker, Criqui, Ellerman, Reilly, ve

Viguier, 2003:188). Sonuç olarak, karbon vergisi uygulamaları, Avrupa Birliği ülkeleri arasında çevreye duyarlılık ve iklim değişikliği ile mücadeleye dair birliği sağlamak için önemli bir araçtır. Bu düzenlemelerin etkili bir şekilde uygulanması, sürdürülebilir ve yeşil bir ekonomiye geçişin teşvik edilmesine yardımcı olmaktadır.

Avrupa Birliği, karbon vergisi politikalarını çevresel etkileri azaltmak ve sürdürülebilir bir ekonomik büyümeye sağlamak amacıyla oluşturmuştur. Bu politikalar kapsamında, Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) önemli bir yere sahiptir ve sera gazı salımlarını azaltmayı hedeflemektedir. CAP and Trade ise karbon sınırlama ve ticaret sistemini içeren bir yaklaşımdır ve AB ülkeleri tarafından uygulanmaktadır (Stavins, 2019:14). Bunun yanı sıra, Karbon Vergisi Direktifi sayesinde sera gazı salımlarına doğrudan vergilendirme getirilerek, ekonomik teşviklerle emisyon azaltımına destek verilmektedir.

2.7.1. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (ETS)

Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (ETS), AB'nin en kapsamlı karbon piyasasıdır ve sera gazı salımlarını azaltmayı hedeflemektedir. Uygulanan sisteme göre, belirli sektörlerde faaliyet gösteren firmalar, belirli bir miktarda emisyon izni almak mecburiyetindedirler. Aksi takdirde, cezalarla karşılaşmaktadır (Özdemir, ve Köse, 2024:524). Bu sistem, emisyon azaltımını teşvik ederek çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu sayede çevreye olan olumsuz etkilerin sınırlanılması ve doğal kaynaklarımızaın korunması amaçlanmaktadır. Kuruluşlar bu emisyon izinlerini alarak, çevreye olan saygılarını göstermekte ve sürdürülebilir bir işletme modeli benimsemektedirler. Emisyon izni almayan kuruluşlar ise cezai yaptırımlarla karşıya kalmaktadırlar (Kızıltoprak, 2024:100). Bu sistemin amacı, çevreye saygılı ve sürdürülebilir bir endüstriyel gelişime sağlamaktır.

Avrupa Birliği'ndeki Emisyon Ticareti Sistemi, "cap and trade" bir diğer ifadeyle "üst sınır ve ticaret" ismi verilen politikayı benimsemiştir. Üst sınır; sisteme paydaş olan işletmeler tarafından salınabilecek toplam emisyon miktarına atıfta bulunur. Bu sınır, AB'nin iklim hedefi doğrultusunda her yıl

azaltılır. Bu doğrultuda sera gazı salınımlarının her yıl azaltılması hedeflenmektedir. Sera gazı emisyonlarının belirli bir kotası olması ve bu kotaların ticari olarak alınıp satılmasını içeren bir sistemdir (EU-Climate Action). Bu sistem, iklim değişikliğiyle savaşmak ve geleceğin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Karbon sınırlama ve ticaret sistemi, Avrupa Birliği üyesi ülkeler arasında emisyon sınırlarını paylaşmayı ve izlemeyi sağlayan bir mekanizma olarak faaliyet gösterir. Bu sayede, sera gazı salınınının düşürülmesi ve enerjide verimlilik sağlanması hedeflenir. (EU-Climate Action). Karbon sınırlama ve ticaret sistemi, şirketlere belirli bir emisyon kotası tahsis eder. Şirketler, kotaları aşmamak için sera gazı salımını azaltmak veya kotalarını satın almak suretiyle emisyonlarını dengelemek zorundadır. Bu sayede, sera gazı emisyonlarının kontrol altında tutulması sağlanırken, şirketlerin de maliyetleri düşürülür. Sistem ayrıca, şirketlerin sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmasını teşvik eder. Avrupa Birliği'nin Karbon Sınırlama ve Ticaret Sistemi, iklim politikalarının etkin bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.

Karbon sınırlama ve ticaret sistemi, aynı zamanda ekonomiyi de olumlu yönde etkiler. Sürdürülebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması teşvik edilirken, yenilikçi çözümler ve yeşil teknolojilerin geliştirilmesi teşvik edilir. Bu da iş fırsatlarının artmasına ve yeni istihdam alanlarının oluşmasına katkı sağlar. (Fuss, Flachsland, Koch, Kornek, Knopf ve Edenhofer, 2018:3-4). Avrupa Birliği'nin Karbon Sınırlama ve Ticaret Sistemi, iklim değişikliğine karşı koymak adına çok önemli bir adımdır. Sera gazı salınımlarının kontrol altında tutulması ve enerji verimliliğinin artırılması, sürdürülebilir bir gelecek için gereklidir. Bu sistem, Avrupa Birliği'nin liderlik rolünü artırırken, diğer ülkelerin de benzer mekanizmaları uygulaması için bir örnek teşkil etmektedir.

2.7.2. Karbon Vergisi ve Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) Karşılaştırması

Karbon vergisinin temel dürtüsü “kirleten öder” prensibine dayanarak dışsal maliyetlerin kirleten tüketicilere yüklenmesi mantığına dayanmaktadır. Karbon Ticaret Sistemi; bir diğer ifade ile “Emisyon Ticaret

Sistemi'' ise üst sınır ve ticaret mantığına dayanan kapsamlı bir programı içermektedir (Çelikkaya, 2023:4). Her iki düzenleyici enstrümanın amacı karbonun kontrollsüz salınınımının önüne geçmektir. İki arasında uygulama aşamasında benzerlik ve farklılıklar içeren noktalar mevcuttur.

Karbon vergisi ve karbon ticaret sisteminin uygulama açısından ortak noktaları incelendiğinde; karbon salınınımının kontrol altına alınarak azaltılması hususunda her iki araçta karbonun fiyatlandırılması üzerine kurulan bir yapıyı içermektedir. Ve bu doğrultuda karbonu fiyatlandırarak hem tüketiciyi faaliyetlerini gerçekleştirken daha az karbon salınımıyla gerçekleştirmeye sevk etmekte hem de sektörel ve yatırım açısından karbondan arınmış alanlara taşınmayı teşvik etmektedir. Ancak, karbon salınımı nedeniyle tüketici faaliyetleri üzerinde oluşan ek maliyet baskısı ''karbon kaçağı'' denilen olguya ortaya çıkarılmaktır ve tüketiciyi karbon fiyatlandırmasının olmadığı ülkelere savurabilmektedir. Karbon kaçağı riski nedeniyle ülkeler arası piyasalarda rekabet gücü azalabilmektedir. Ve ülke ekonomisi bu durumda negatif etki alabilmektedir (Özdemir ve Köse,2024:527-529).

Karbon vergisi ve ETS'nin farkları göz önüne alındığında; en belirgin farklardan bir tanesi uygulama şeklidir. Karbon vergisi karbon salınınımının doğrudan fiyatlandırılmasını içeren bir fiyatlandırma yapısını içerir. Ancak karbon salınınımının vergiye tabi tutulması salınım azalımı üzerinde kesin bir sonuç vadetmemektedir. ETS'de ise salınımın azalması için belirlenen bir hedef vardır ve fiyat belirsiz olmasına rağmen salınımda ne derecede azalma olacağı bellidir (Özdemir ve Köse,2024:528). İki aracın tercihi açısından ayrılm yapılması tamamen politika yapıcılarının karbon emisyonu konusundaki beklenileriyle alakalıdır. Ülke açısından gerçekleştirilmek istenen hedefler doğrultusunda politika yapıcılarının karbon salınımı hususunda ekonomik beklenileri varsa; karbon vergisinin tercih edilmesi, salınım temelli hedefler belirlendiye; ETS fiyatlandırılmasının tercih edilmesi daha doğru bir uygulama olacaktır.

Emisyon azaltıcı iki aracın bir diğer ayrılm noktası ise yapılanma yönünden ortaya çıkmaktadır. Emisyon ticaret sistemi daha komplike ve çetrefilli bir uygulama sürecini beraberinde getirmektedir. ETS'nin uygulama sürecine geçilebilmesi için öncesinde alt yapısının oluşturularak sistemin

kurulması, uygulanacak tavan sınırın ortaya çıkarılması, takibi ve raporlanmasını içeren bir sürecin oluşturulmasını kapsamaktadır. Karbon vergisinin geçiş süreci ise ETS ile karşılaşıldığında çok daha pratik ve basittir. Halihazırda hükümetlerin uygulamada oldukları bir vergi sistemi ve bu alanda tecrübeleri mevcut olduğundan karbonun vergilendirilmesi ETS'ye göre daha eforsuz ve ulaşılardır. Mevcut vergi sisteminin karbon vergisine entegre edilmesiyle ivedilikle uygulamaya koyulabilecek bir yapıya sahiptir.

Ülke ekonomisine gelir sağlama açısından da iki araç arasında farklılıklar söz konusudur. Karbon vergisinin ödenmesi açısından maktuluk söz konusudur. Devlete gelir sağlayan kesin bir kaynaktır. Emisyon ticaret sistemi ise gelir getirme hususu tahsisatların fiyat bazlı dağıtılp dağıtılmadığı ile alakalıdır. Eğer tahsisatlar fiyat bazlı paylaştırılmamışsa devlete gelir sağlama olanağı yoktur. Tahsisatlar fiyat bazlı dağıtıldıysa devlete gelir sağlama ihtimali olmakla birlikte sabit gelir olmayıp tahsisatların piyasa içerisindeki arz-talep dengesine göre değişkenlik göstermektedir (Özdemir ve Köse, 2024:529).

2.8. Sektörel Ayrımlar ve İstisnalar

AB ülkelerinde karbon vergisi uygulamalarında sektörel ayrımlar ve istisnalar, enerji yoğun sektörler, küçük ve orta ölçekli işletmeler gibi belirli sektör ve kuruluşları kapsam dışı bırakma, vergi indirimi veya farklı düzenlemeleri içerebilir. Bu tür politikalar, çevre dostu teknolojilerin benimsenmesini teşvik etmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için kullanılabilir (Cheng, Sinha, Ghosh, Sengupta ve Luo, 2021:2-3). Hem yerel hem de ulusal düzeyde çeşitli teşvikler ve destekler sunularak, karbon vergisi uygulamalarıyla ilgili politikaların etkinliği artırılabilir. Bu önlemler aynı zamanda AB'nin Paris Anlaşması'nda belirtilen iklim hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilir ve AB'nin liderlik rolünü küresel ölçekte pekiştirebilir. Bununla birlikte, karbon vergisi uygulamalarının düzenlenmesi ve uygulanmasıyla ilgili çeşitli zorluklar ve tartışmalar da vardır. Alınacak bir dizi önlemle, karbon vergisi uygulamalarının etkisi artırılabilir ve AB'nin sürdürülebilir enerji ve iklim

politikalarına daha da katkı sağlamaası sağlanabilir. Bu doğrultuda, AB ülkeleri temiz ve sürdürülebilir bir enerji geleceği inşa etme yolunda kayda değer ilerlemeler kaydedebilir. Bu sektörel ayrımlar ve istisnalar, karbon vergisi uygulamalarının etkinliği ve sektörel adaletin sağlanması amacıyla uygulanmaktadır.

2.9. Avrupa Birliği'ne Üye Ülkelerden Seçilmiş Örnekler

Avrupa Birliği, karbon ayak izini kontrol altına alarak azalmasını sağlamak ve iklim değişikliğinin önüne geçebilmek adına çeşitli ve çok yönlü politikalar geliştirmiştir. Bu kapsamda, sürdürülebilirlik ve çevre koruma hedeflerine ulaşmak için karbon vergisi uygulamaları önemli bir yer tutmaktadır. AB, karbon vergisi politikalarının etkinliğini doğru bir biçimde değerlendirmek ve belirlenen karbon azaltım hedeflerine ulaşmak için sürekli olarak yeni düzenlemeler ve stratejiler ortaya koymaktadır.

Karbon vergisi; karbon salınımının kontrol altına alınabilmesi açısından birçok ülkenin vergi sisteminde farklı isimlerle yer almaktadır. Birleşik Krallık elektrik, gaz ve LPG üzerinden uyguladığı çevre vergisi ile karbon salınımını kontrol altında tutarak azaltmaya çalışmaktadır. Karbon salınımı gerçekleştiren araçlara yakıt türlerine ve emisyonlarına göre vergi uygulamaktadır. Aynı şekilde Fransa ve İspanya'da araçların emisyon miktarına göre vergi alınmaktadır. Danimarka su tüketimi ile alakalı olarak vergilendirme yoluna gitmiş yine benzer şekilde İspanya'da su tüketimindeki verimliliği artırmak adına hacim ve kalite bazında vergilendirme yoluna gitmiştir.

Tablo : 2.1. Avrupa Birliği Ülkelerinden Karbon Vergisini Destekleyici Örnekler

Ülke	Uygulama Örnekleri
Birleşik Krallık	<ul style="list-style-type: none"> -Elektrik, gaz , katı enerji kaynakları, LPG üzerinden İklim Değişikliği Vergisi (Climate Change Levy) ismiyle çevre vergisi kapsamında vergilendirme yapmaktadır. -İşletmelere verimli enerji kullanımı sağlayan ve karbonsuz teknolojiye sahip teknolojik ürünler aldıklarında teşvik indirimleri sağlanmaktadır. -Enerji tasarruflu ürün tedarигinde ve birleştirilmesinde KDV indirimleri sağlanmaktadır. -Yakıt türü ve emisyon miktarları üzerinden hesaplanan araç vergisi uygulanmaktadır. İlave olarak araçların yaptığı kilometre başına karbon emisyonları hesaplanarak araç tüketim vergisi de uygulanmaktadır. -Katı atıkların vergilendirilmesi de plastik ambalaj vergisi ile gerçekleştirilmektedir.
Danimarka	<ul style="list-style-type: none"> -Karbon vergisi adıyla vergi uygulaması 1992 yılı itibarıyle yürürlüğe girmiştir. -Şirketlerin karbon emisyonlarına tavan sınır koyulmuştur. Azaltılması adına teşvikler uygulanmaktadır. Örneğin enerji kullanımını azaltmak adına enerji teşvikleri uygulanmaktadır. -Kükürtdioksit ve Nitrojendioksit için vergilendirme yapılmaktadır. -Firma sahiplerine daha az enerji tüketen araçları kullanmaya özendirmek amacıyla "yeşil mal sahibi vergisi" uygulanmaktadır.
Fransa	<ul style="list-style-type: none"> -Atıklar, biyoyakıt kullanımı gibi kirletici maddelerin ve faaliyetlerin madde cinsine göre vergilendirilmesi sağlanmaktadır. -Yerel yönetimler içme suyuna vergilendirme uygulamaktadır. Yağmur sularının geri dönüşümünün sağlanması için kullanılan sistemlere vergisel teşvikler sağlanmaktadır. -Arabalara emisyon miktarına göre vergilendirme yapılmaktadır. -Binalar enerji tüketim oranlarına göre vergilendirilmektedir ve düşük enerji etiketine sahip binalar için emlak vergisi muafiyetleri sağlanmaktadır. -Fosil yakıtlara vergilendirmeler yapılmaktadır.
İspanya	<ul style="list-style-type: none"> -Arabaların motor boyutları baz alınmak suretiyle karbon salınımlarına göre tek seferlik kayıt vergisi alınmaktadır. -Kirliliğin azaltılması adına hem merkezi yönetim hem de yerel yönetimler kirlilik vergileri uygulamaktadır. -Su tüketiminde verimliliği sağlayabilmek adına tüketim miktarının baz alındığı vergilendirmeler uygulanmaktadır.

Kaynak: AĞCAKAYA ve KAYA, 2022'den faydalananak yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.9.1. Almanya

Büyük sanayi ülkelerinden olan Almanya için karbon salınımının kökeninin büyük bir kısmı sanayi temellidir. Bu nedenle yenilenebilir enerjiye yönelik adıma Almanya'da önemli adımlar atılmıştır. Bu doğrultuda çeşitli kanuni düzenlemeler yapılmıştır. Almanya'da karbon vergisi yasal çerçevesi, 2011 yılında yürürlüğe giren Emisyon Ticareti Yasası ile belirlenmiştir. Yasada, sera gazı emisyonlarına karşı ekonomik önlemler ve vergilerin uygulanması konusunda detaylı düzenlemeler bulunmaktadır. Bu yasaya göre, belirli sınırların üzerindeki sera gazı emisyonlarına sahip işletmelerin karbon birimlerini satın almaları veya emisyonlarını azaltmaları gerekmektedir (Runst, P., 2021: 23).

Bu sistem, elektrik üretimi, ısıtma ve soğutma sektörleri ile bazı endüstriyel süreçleri kapsamaktadır. Ayrıca, yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonlar da karbon vergisi kapsamında değerlendirilmektedir. Bu sistem, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik etkili bir araç olarak görev yapmakta ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan karbon ayak izini düşürmeyi hedeflemektedir (Şahin ve Çiftçi, 2021:263). 2021 yılı itibarıyle ısıtma ve ulaşım yakıtları için ulusal ticaret sistemi uygulanmaya başlanmış, bu uygulamayla birlikte Almanya'daki birçok sektör karbon fiyatlandırmasına dahil edilmiştir.

Almanya'nın uyguladığı ulusal ETS, Avrupa Birliği'nin uyguladığı ETS'yi tamamlayıcı nitelikte olmuştur. AB ETS'nin kapsamına alınmayan tüm yakıtlar Ulusal ETS'nin kapsamına dahil edilmiştir. Sistem kademeli olarak devreye sokulmuştur. 2021 yılından 2025 yılına kadar ton başına uygulanan karbon sabit fiyatı artan şekilde belirlenmiştir. Ulusal ETS, 2019 yılında kabul edilen "Yakit Emisyonları Ticaret Yasası" ile kurulmuştur ve bu yasa 2020, 2022 ve 2023 yıllarında değiştirilmiştir. Almanya'da karbon vergisi adına yapılan son düzenleme ise "Yenilenebilir Enerjinin Yaygınlaştırılması Kanunu" olup 2023 yılı itibarıyle düzenlenip 2024 yılında yürürlüğe girmesi beklenmektedir (Artun, ,2024:32).

Tablo 2.2. : Almanya'nın Karbon Fiyatlandırması

Yıl	ETS (Euro)
2021	29,36
2022	33,15
2023	32,62
2024	48,37

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

1999 ile 2003 yılları arasında Almanya'da taşımacılık alt sektöründe gerçekleştirilen fosil yakıt vergisi taşımacılık, ısıtma ve elektrik üretimi için kullanılan fosil yakıtlar üzerinde uygulanmaktadır. Ancak, taşımacılık sektörü, en ciddi fiyat artışlarının hedef alındığı sektör olmuştur. 1999 ile 2003 arasında yaklaşık 3 Euro Cent/litre oranında beş yıllık vergi artışı gerçekleşmiştir. Toplamda 15 Cent/litre olan vergi oranı, yaklaşık 66 Euro/ton CO₂'lik örtük bir karbon vergisine denk gelmektedir ve bu, Almanya'nın 2021'deki yeni karbon vergilendirme sisteminin (başlangıç seviyesi 29,365 €/tCO₂) sunduğundan daha büyük bir miktarıdır (Runst, 2021:32).

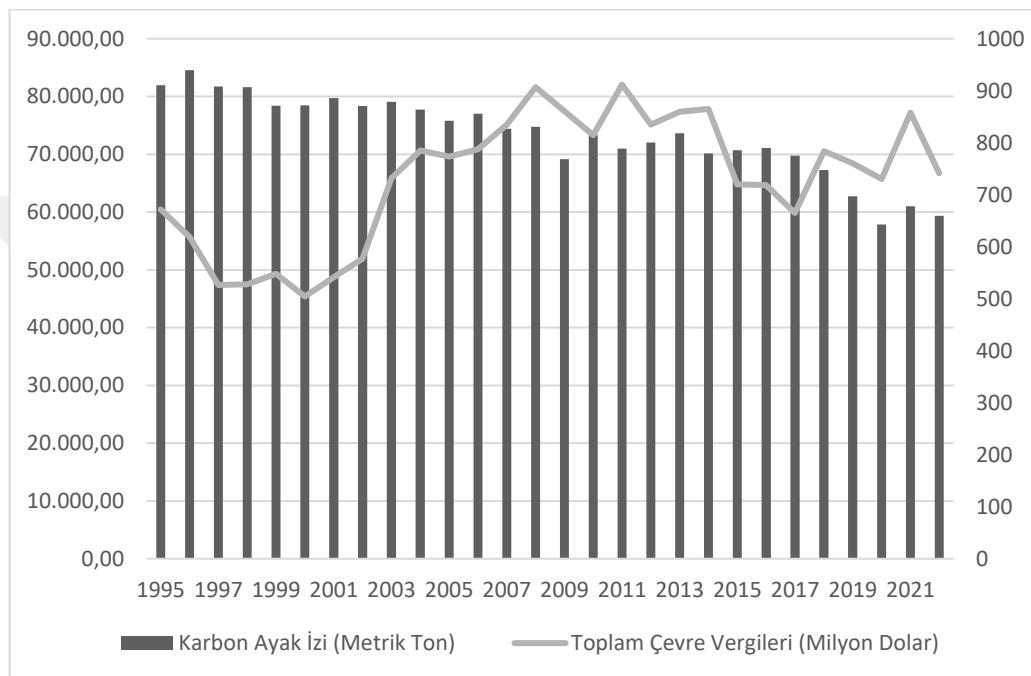
Almanya karbon vergisine ilave olarak yaptığı çeşitli vergisel teşviklerle karbon salınınımının önüne geçebilmek adına adımlar atmaktadır. Bunlardan birkaçı şu şekildedir:

- Yenilenebilir enerjiye yönelik artırmayı目的로, yenilenebilir enerji sektöründe ekipman alımına KDV iadesi sağlanmaktadır.
- Elektrik temininin yenilenebilir enerjiden sağlanması koşuluyla tüketiciler vergiden muaf tutulacaktır.
- Elektrikli araçlar vergiden muaf tutulmuştur.

Bunlar ve benzeri şekilde sağlanan vergisel teşvikler karbon salınınımını azaltmak amacıyla uygulanan karbon vergisinin etkinliğini sağlamaya açısından önem arz etmektedir. Almanya'da karbon vergisi sektörel uygulamaları, enerji, ulaşım, imalat ve diğer endüstriyel sektörleri kapsamaktadır. Bu sektörlerin her biri, belirli bir emisyon limitine tabidir ve bu limitlerin aşıldığı durumlarda karbon birimleri satın alınmalıdır. Bu sektörel vergi uygulamaları, şirketleri çevreye zarar verici faaliyetleri azaltmaya ve daha sürdürülebilir bir gelecek için adımlar atmaya teşvik etmektedir (Runst, 2021:33). Bunun yanı sıra,

Almanya'nın karbon birimleri ticareti, karbon piyasasının etkin işleyişini sağlamakta ve ekonomik büyümeye ile sürdürülebilirliğin denge içinde ilerlemesini desteklemektedir (Artun,2024:32). Almanya'nın karbon vergisi politikası, diğer ülkeler için de bir örnek teşkil etmekte ve küresel düzeyde çevresel politika oluşturmaktadır.

Grafik : 2.1. Almanya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Almanya'nın karbon ayak izinin yıllar bazındaki seyri grafikte görülmektedir. 1995 yılı itibarıyle yaklaşık 910 metrik ton olan karbon salınımı, 2010 yılında 815 metrik tona gerilemiş ve 2022 yılına gelindiğinde ise karbon salınımı 659 metrik tona kadar gerilemiştir. Bu grafik perspektifinde incelendiğinde, Almanya'nın karbon ayak izini azaltma istikrarlı bir düşüş yakaladığı görülmektedir. Almanya'nın toplam çevre vergileri 1995-2022 dönemi için incelendiğinde, 1995 yılında yaklaşık 60 milyar dolar vergilerin 2011 yılında 82 milyar dolara yükseldiği ve 2022 yılında yaklaşık 67 milyar dolar olduğu görülmektedir.

2.9.2. İsveç

İsveç'in karbon emisyonunun zararlı etkilerinin önüne geçebilmek adına attığı ilk adımlar 1920'li yıllarda enerji vergilerini yürürlüğe koyması ile olmuştur. 1991 yılına gelindiğinde ise karbon vergisini kendi vergi sistemine uygun hale getirerek uygulamaya koymuştur. İsveç'te uygulanan karbon vergisi, enerji vergisinin bir parçası olarak uygulamaya konulmuştur. Özellikle karbon yoğun yakıtları hedef alan vergi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı düşürmeyi hedeflemiştir.

İlk olarak 1991 yılında uygulamaya koyulan karbon vergisinin yapısı 1994 yılına gelindiğinde önemli ölçüde değişikliklere tabi tutulmuştur. 1994 yılında uygulamaya koyulan yasa günümüzde hala yürürlükte olmakla birlikte içeriğinde sadece bazı uyarlamalar gerçekleştirılmıştır.

Tablo 2.3. : İsveç'in Karbon Fiyatlandırması

Yıl	Petrol (Benzin)	Doğal Gaz	Jet Yakıtı	Dizel	LPG	Kömür
1991	21,74	21,74	21,74	21,74	21,74	21,74
1994	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30
2000	31,74	31,74	31,74	31,74	31,74	31,74
2005	54,78	54,78	54,78	54,78	54,78	54,78
2010	80,87	80,87	80,87	80,87	80,87	80,87
2015	97,39	97,39	97,39	97,39	97,39	97,39
2019	104,35	104,35	104,35	104,35	104,35	104,35
2022	104,35	104,35	104,35	104,35	104,35	104,35
2024	127,25	142,94	114,69	135,06	135,95	137,48

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır

İlk yürürlüğe girdiği tarihte bir ton karbon salınımı için 21,74 Euro uygulanmaktadırken, 2015 yılında 97,39 Euro günümüze gelindiğinde bu tutar bir ton için 127-137 Euro civarına ulaşmıştır. Karbon vergisinin uygulamasında fosil yakıtların vergilendirmesinde enerji içeriğine göre ayrim yapılmaktadır. Verginin kapsamına turba haricinde tüm fosil yakıt kaynaklı emisyonlar dahil edilmiş olup doğrudan (Kapsam 1) emisyonlar üzerine uygulanmaktadır. AB ETS kapsamına dahil olan işletmeler 2022 yılı itibarıyle vergi kapsamı dışında bırakılmıştır. Biyoyakıtlar karbon vergisi kapsamına dahil edilmemiştir (Artun,

,2024:31). İlgili yakıtların ihracatı ve sanayi süreçlerinde kullanılıp enerji amaçlı olmayan yakıtlarda vergi kapsamı dışında bırakılmıştır.

Vergilendirme öncelikli olarak fosil yakıtların yoğun kullanım alanına sahip olduğu ulaşım ısıtma gibi sektörler üzerinden uygulanmıştır. Bunların dışındaki sektörler ise ya Avrupa Birliği ETS'ye dahil edilmiş ya da fiyatlandırma kapsamına alınmamıştır (Ercoskun ve Kovancılar, 2023:620).

İsveç'te de Almanya'ya benzer şekilde karbon salımını düşürmek adına karbon vergisini destekleyici vergisel teşvikler uygulamaya koyulmuştur:

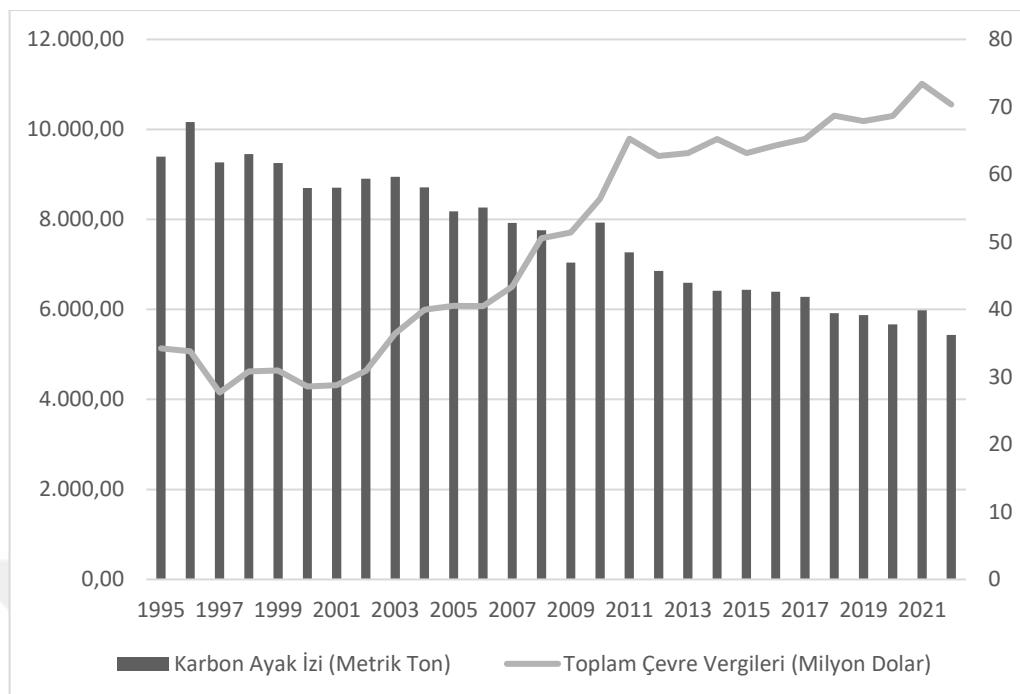
- Yenilenebilir yakıtlardaki vergi oranı indirilmiş veya tamamen kaldırılmıştır.
- Fosil yakıtlardan yenilenebilir yakıtlara geçiş sağlayabilmek adına vergisel teşvikler uygulanmaktadır.
- Rüzgâr enerjisiyle elektrik üretimine vergi muafiyeti uygulanmaktadır

İsveç'te araç sahipleri araçlarının karbondioksit emisyonlarına göre vergi ödemektedirler. Buna ilave olarak İsveç'te "kirleten öder" prensibinden dolayı kirletici faaliyetler vergiye tabi tutulur (AĞCAKAYA ve KAYA,2022:518).

Diğer vergi türlerinden sağlanan indirim ve teşviklerin ekonomi üzerindeki etkileri incelendiğinde karbon vergisi gelirlerinin diğer vergisel teşvikler nedeniyle yaşanan vergisel kayıpları tolere edebildiği görülmüştür.1990 yılı itibariyle Gayri Safi Milli Hasıladaki vergi payı %50 iken 2018 yılına gelindiğinde bu oran %44 düzeyine gerilemiştir (Ercoskun ve Kovancılar, 2023:620). İsveç'in 2024 yılında açıkladığı sera gazı emisyonlarını azaltma planına yaptığı revizyon ile birlikte yakıt kaynaklı sera gazı azaltım yükümlülüğü 2024 yılı başından 2026 yılına kadar %6 olarak belirlenmiştir.

İsveç 2045 yılına kadar karbon emisyonunu sıfıra indirmeyi hedeflemektedir. Karbon vergisinin başlangıçta enerji, ulaşım gibi belirli sektörler bazında uygulanmasına karşın muafiyet ve istisnaların kaldırıldığı ve karbon vergisi tabanının daha geniş bir sektörde yayıldığı bir vergi türüne dönüştürülmüştür (Ercoskun ve Kovancılar, 2023:620) Günümüze gelindiğinde dünyada karbon vergisini en yüksek seviyede uygulayan sayılı ülkelerden biri konumuna gelmiştir.

Grafik: 2.2. İsveç'in Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

İsveç'in yıllar bazında karbon ayak izi dağılımı incelendiğinde 1991 yılında karbon vergisinin uygulamaya konulmasıyla beraber 1996 yılında 67 metrik ton ile karbon salınımının zirve yaparak sonrasında düşme eğilimine geçtiği belirtilebilir. 2022 yılına gelindiğinde ise İsveç'in karbon ayak izi 36 metrik tona kadar gerilemiştir. 2008 yılı itibarıyle 51 metrik ton karbon ayak izi ve 7.5 milyar dolar toplam çevre vergisi geliri elde edilmektedir, 2021 yılına gelindiğinde karbon ayak izi seviyesi 39 metrik tona gerilemiş, toplam çevre vergisi geliri ise 11 milyar dolar ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. İsveç karbon salınımını azaltma konusunda dünyada ve Avrupa Birliği ülkeleri arasında başarılı sonuçlar elde etmiş bir ülke örneğidir. Karbon vergisine ilave olarak uygulanan teşviklerde bu sonuca ulaşmada büyük önem arz etmektedir. Diğer ülkeler ile İsveç'in karbon ayak izi verileri karşılaştırıldığında ülkenin yüksek oranlı karbon vergisi tarifesi uyguladığı göz önünde bulundurularak verginin salınım üzerindeki pozitif etki düzeyi açık bir şekilde görülmektedir.

2.9.3. Hollanda

Hollanda'da enerji politikaları, ülkenin enerji bağımsızlığını artırmak ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla oluşturulmuştur. Ülke, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmaya çalışmaktadır. Enerji politikalarının temel hedefleri arasında enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilere duyarlı enerji üretim tesislerinin yaygınlaştırılması bulunmaktadır. Hollanda'nın enerji politikaları, karbon vergisi uygulamalarının oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Hollanda'nın karbon vergisine ilk adımı 1990 yılı itibarıyle olmuştur. 1990 yılı itibarıyle uygulamaya koyulan karbon vergisine 1992 yılına gelindiğinde revizyon yapılmıştır. "Yakıt Üzerinde Çevre Vergisi" ismiyle ve enerji vergisiyle hibrit şekilde uygulanacak bir vergi yapısıyla uygulamaya konulmuştur. Ancak bu uygulaması yüksek düzeyde tüketim sağlayan tüketiciler üzerinde etkilidir ve düşük düzeyde tüketim sağlayan tüketiciler vergi kapsamına dahil edilememiştir. Bu nedenle 1996 yılında yine içeriği karbon ve enerji olmak üzere hibrit olan ve düşük düzey tüketicisini de vergilendirmeye dahil eden "Enerji Üzerindeki Düzenleyici Vergi" uygulamaya konulmuştur. Bu uygulama kapsamında elektrik ve gaz için enerji vergileri sabit bir tabana oturtulmuştur (Lin ve Li, 2011:5143). Bu dönemde hibrit şekilde uygulanan karbon-enerji vergisinin denge merkezi, Hollanda'nın sektörel olarak elektrik sektörüne yönelikinden dolayı daha çok elektrik yönüne doğru kaymıştır. Ve elektrik için uygulanan vergi oranı daha çok arttırılmıştır. Elektrik üzerine kayan vergi yüküne 2000-2003 yılında bir istisna getirilerek yenilenebilir enerji kaynaklar vasıtasıyla elde edilen elektrik (gerekli özel şartları yerine getirmesi koşuluyla) vergiden muaf tutulmuştur.

Hollanda'nın karbon vergisi uygulamasında kullanılan vergilendirme yöntemleri arasında emisyon tabanlı vergilendirme, karbon içerikli ürünlerin vergilendirilmesi, sektörel vergilendirme yaklaşımı vb. bulunmaktadır. Emisyon tabanlı vergilendirme, şirketlerin sera gazı emisyonlarına göre vergilendirilmesi anlamına gelirken, karbon içerikli ürünlerin vergilendirilmesi, enerji ürünleri ve karbon içerikli mal ve hizmetlerin vergilendirilmesini

îçermektedir (Orkunoðlu Şahin ve Çiftçi,2021:260). Sektörel vergilendirme yaklaşımı ise farklı sektörler için özel olarak belirlenen vergilendirme tarifeleri ve uygulamalarını kapsar. Bu yaklaşım, çevresel etki ve emisyon düzeyleri açısından farklılıklar gösteren sektörlerin vergilendirme sistemi içerisinde daha adil bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

Tablo 2.4. : Hollanda'nın Karbon Fiyatlandırması

Yıl	Karbon Vergisi	Minimum Karbon Fiyatı (Elektrik ve Sanayi)
2021	35,238	-
2022	46,1421	-
2023	60,83475	17,835
2024	71,48085	19,3482

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

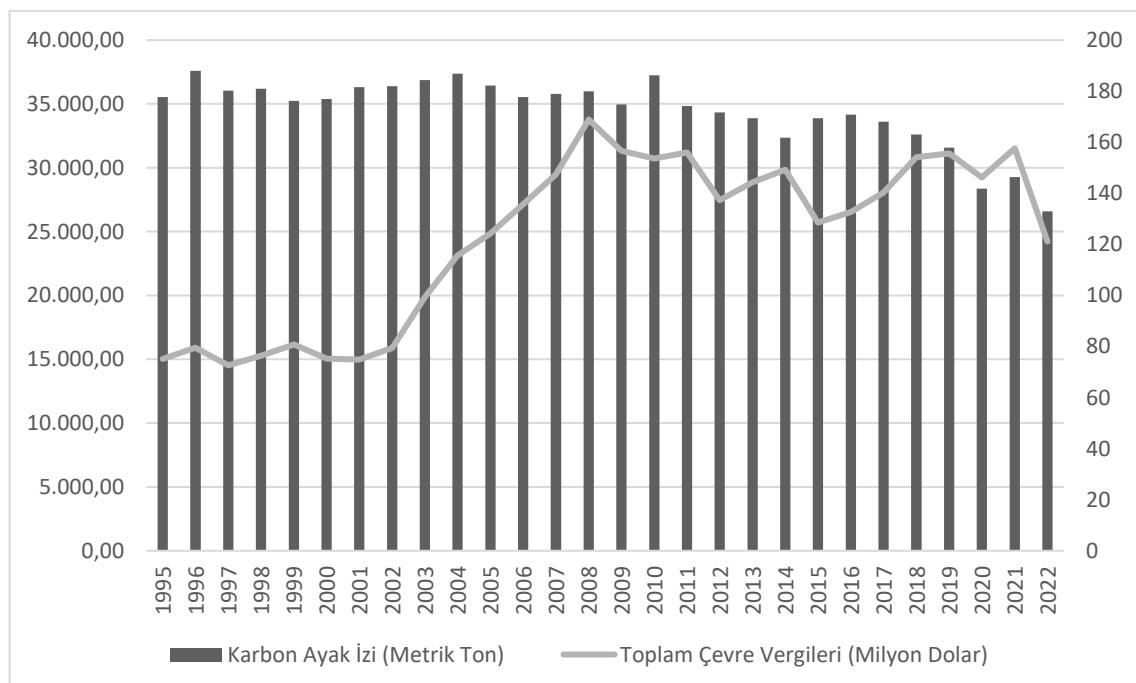
Hollanda'nın karbon vergisi sanayi için karbon vergisi ve minimum karbon fiyatı ve elektrik için minimum karbon fiyatı şeklinde dizayn edilmiştir. AB ETS'i destekler nitelikte bir yapıya sahiptir. Elektrik için belirlenen minimum karbon fiyatı ve sanayi için belirlenen minimum karbon fiyatı, AB ETS fiyatı için bir taban fiyat işlevi görür ve her yıl artar. İşletmelerin temel seviye üzerindeki emisyonları için uygulanmaktadır. 2024 yılı itibarıyle 270.230'dan fazla şirket için uygulama alanı bulmaktadır. Elektrik için belirlene minimum karbon fiyatının 2030 yılına kadar 31,9 Euro'ya kadar arttırılması planlanmaktadır. Karbon vergisi oranı ise her yıl 10,56 artırılarak 2030 yılında ton başına 128,71 Euro'ya ulaşması planlamıştır. Karbon vergisi ve minimum karbon fiyatına ilave olarak karbon emisyonlarını düşürmek adına Hollanda'da diğer ülkelere benzer şekilde uyguladığı karbon politikasını ek tedbirler ile desteklemektedir. Hollanda'da karbon salınımı engellemek adına uyguladığı tedbirlerden birkaçı şu şekildedir:

- Arabaların motor hacmi, yakıt türü gibi veriler göz önünde tutularak MTV uygulanır.
- Elektrikli araçlar için vergi muafiyeti sağlanır.
- Atık boşaltımına yönelik atık vergisi uygulamaya konulmuştur.
- Kömür üreticilerine yönelik kömür vergisi uygulanmaktadır (Aðcakaya, ve Kaya,2022:518).

2004 yılına gelindiğinde ise karbon-enerji hibrit uygulanan vergi ile mineral yağlar üzerinden alınan Özel Tüketim Vergisi birleştirilerek yeni bir vergi formu oluşturulmuştur.

Hollanda'nın karbon vergisi uygulamalarının ekonomik etkileri çeşitli boyutlarda gözlemlenmektedir. Öncelikle, karbon vergisinin enerji maliyetlerini artırıcı etkisi bulunmaktadır. Bu durum özellikle enerji yoğun sektörleri ve tüketici üzerinde baskı oluşturarak rekabetçiliği etkilemektedir. Ayrıca, karbon vergisi doğrudan enerji fiyatlarına yansıtılmakta ve tüketici üzerinde ek yük oluşturarak enflasyonu artırıbmaktadır. Bununla birlikte, verginin gelir getirici bir tarafı da bulunmaktadır. Toplanan vergi gelirleriyle çevre dostu teknolojilere ve enerji verimliliği projelerine finansman sağlanması, ekonomik dengeleri olumlu yönde etkileyebilmektedir. Karbon vergisinin iş dünyası üzerindeki etkileri de önemlidir. Enerji maliyetlerinin artması, işletmelerin temiz enerjiye yönelik yatırımlarını teşvik edebilir. Ancak bu durum, bazı sektörlerde maliyet artışı ve iş gücü kaybı riskini de beraberinde getirebilir. Dolayısıyla, karbon vergisi uygulamalarının ekonomik etkileri karmaşık ve çeşitlidir.

Grafik : 2.3. Hollanda'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Hollanda'nın 1995-2022 dönemi karbon ayak izi grafiği incelendiğinde; karbon ayak izinin 177 metrik tonla 132 metrik ton arasında seyrettiği görülmektedir. 2019 yılı itibariyle karbon salınımı düşüş trendine girmiştir. Çevre vergileri 1995-2008 döneminde sürekli artmış, 2008-2022 döneminde ise 33 milyar dolar ile 24 milyar dolar arasında dalgalanmıştır. Emisyonların azalmasında, AB tarafından uygulamaya koyulan Emisyon Ticaret Sisteminin belirlediği hedeflerin payı yadsınamaz. Hollanda'da karbon vergisi uygulamalarının incelenmesi sonucunda, karbon vergisinin çevresel etkileri konusunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ekonomik olarak verginin şirketler üzerindeki etkileri incelendiğinde, bazı sektörlerde maliyet artışına neden olduğu gözlemlenmiştir. Ancak çevreye olan olumlu etkileri göz önüne alındığında, karbon vergisi uygulamalarının önemli bir adım olduğu söylenebilir.

2.9.4.Finlandiya

Finlandiya 1990 yılı itibariyle karbon vergisini uygulamaya koyarak karbon vergisinde öncü ülke haline gelmiştir (OECD,2024). Finlandiya hükümetinin uyguladığı karbon vergisinin yapısı; fosil yakıtların karbon içeriğine göre belirlenmesi ve enerji sistemine entegre edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. İlk olarak 1 Ocak 1990 tarihinde uygulamaya koyulmuş ve ton başına 1.12 Euro olarak fiyat belirlenmiştir. Vergilendirme fosil yakıtların içeriğinde yer alan karbon içeriğine dayanmaktadır. Vergilendirme yakıtların karbon içeriğine göre gerçekleştirilmekte olup kömür, dizel, benzin, jet yakıtı ve LPG, doğal gaz gibi diğer petrol ürünlerini içermektedir. Karbon vergisinin yapısı ulaşım yakıtları ve ısınma yakıtları olarak ikiye ayrılmış olup iki kategori içinde tek fiyat uygulaması mevcuttur. Vergi turbo haricinde tüm fosil yakıtlara uygulanmaktadır. Elektrik üretimi için ve endüstride hammadde olarak kullanılan fosil yakıtlar ise karbon vergisinden muaf tutulmuştur.

1997 yılında ise verginin yapısı tekrardan dizayn edilmiş ve enerji sektörlerine bazı muafiyetler getirilmiştir. Bu uygulamıyla sanayi rekabet gücünü korumak amaçlanmıştır. Ancak bu istisnalar verginin çevre üzerindeki etkinliğini azaltmıştır (EDAM,2015).

Finlandiya hükümeti karbon vergisinin kapsam ve oranlarını yıl bazında arttırmıştır.

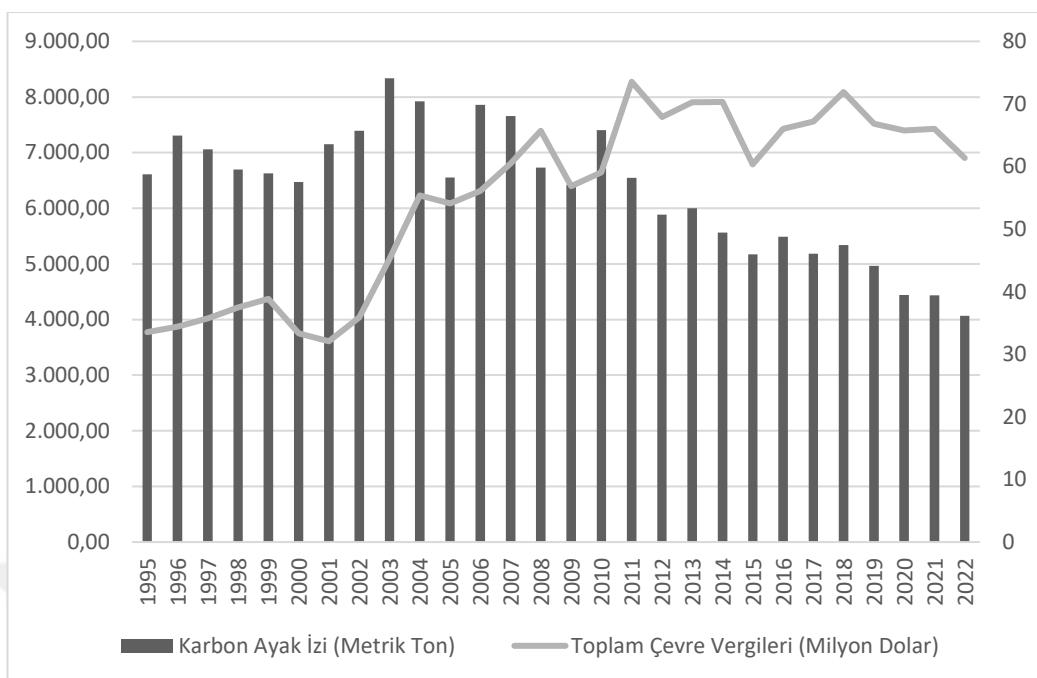
Tablo 2.5. : Finlandiya'nın Karbon Fiyatlandırması

YIL	Taşımacılık Yakıtları (EURO)	Isıtma Yakıtları (EURO)	YIL	Taşımacılık Yakıtları (EURO)	Isıtma Yakıtlar ¹ (EURO)
1991	1,90	1,90	2008	12,65	12,65
1992	1,56	1,56	2009	15,40	15,40
1993	2,36	2,36	2010	15,15	15,15
1994	4,04	4,04	2011	35,35	21,21
1995	8,83	8,83	2012	44,92	22,46
1996	8,26	8,26	2013	39,04	27,33
1997	14,10	14,10	2014	42,05	25,38
1998	14,60	14,60	2015	53,92	40,91
1999	20,06	20,06	2016	66,30	61,73
2000	17,96	17,96	2017	62,00	66,28
2001	19,42	19,42	2018	90,50	65,70
2002	19,66	19,66	2019	86,51	59,55
2003	16,57	16,57	2020	84,20	57,96
2004	14,65	14,65	2021	90,44	62,25
2005	13,92	13,92	2022	85,10	58,57
2006	14,91	14,91	2023	83,73	57,63
2007	13,55	13,55	2024	99,98	65,09

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Karbon vergisinin ton başına uygulanan fiyatı yıllar içinde artış göstermiştir. 2010 yılı sonrasında ise iklim değişikliği ile mücadele konusunda daha büyük hedefler belirlenmiş 2022 yılına gelindiğinde ise İklim Değişikliği Yasası ile 2035 yılında karbon nötr hedefi taahhüt edilmiştir (Parry ve Wingender, 2021:6). Karbon vergisi uygulamaları bu süreçte önemli rol oynamıştır. Emisyonlardaki düşüş, sadece ekonomik yavaşlamayla değil, aynı zamanda karbon fiyatlandırması yoluyla davranış değişikliği yaratılmasıyla da ilişkilidir (Khastar, Aslani ve Nejati, 2020:737).

Grafik :2.4. Finlandiya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: Eurostat-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Finlandiya'nın 1995-2022 zaman dilimi içerisinde metrik ton cinsinden karbon ayak izi verileri ve milyon dolar cinsinden toplam çevre vergileri incelendiğinde; 1995-2003 yılları arasında çevre vergileri gelirleri düşük olduğu görülmektedir. Karbon ayak izi seviyesi 2003 yılında 74 metrik ton ile inceleme yapılan zaman dilimi içerisinde en yüksek seviyeyi görmüştür. 2009 yılı itibariyle toplam çevre vergisi gelirleri artış eğilimine geçmiş 2022 yılına kadar bu eğilim devam etmiştir. 2011 yılı itibariyle karbon ayak izi 58 metrik ton iken toplam çevre vergisi gelirleri 8.2 milyar dolardır. Finlandiya'da gerçekleştirilen karbon vergisi uygulaması emisyon azaltımı konusunda etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Ancak uygulama kısmında özellikle enerji yoğun sektörlerde tanımlanan istisnalar vergi politikasının daha kapsamlı şekilde planlanması konusunda planlanması gerektiğini göstermektedir.

2.9.5. İrlanda

Karbon vergisi uygulaması 2010 yılı itibariyle yürürlüğe girmiştir. Kömür, dizel, benzin, kömür ve LPG gibi fosil yakıtların yanmasından kaynaklı karbon ayak izini düşürmeyi hedeflemektedir (OECD,2021). İrlanda karbon vergisi (resmi olarak üç farklı ad altında: Doğal Gaz Karbon Vergisi – Mineral Yağ Vergisi: Karbon Ücreti –Katı Yakıt Karbon Vergisi – SFCT), sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflemekte; elde edilen gelirin bir kısmı ise enerji verimliliğini artırmak ve daha sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu vergiler İrlanda'da aşamalı olarak uygulanmaya başlanmıştır. İlk olarak Aralık 2009'da motor yakıtlarına yönelik MOTCC devreye alınmıştır. Bunu, Mayıs 2010'da diğer sıvı yakıtlar için MOTCC ve doğal gaz için NGCT izlemiştir, NGCT 1 Mayıs 2010 itibarıyla resmen uygulanmaya başlanmıştır. Karbon vergisi sistemi 2013 yılı Mayıs ayında SFCT'nin (Solid Fuel Carbon Tax) getirilmesiyle katı yakıtları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir

Tablo 2.6. : Finlandiya'nın Karbon Fiyatlandırması

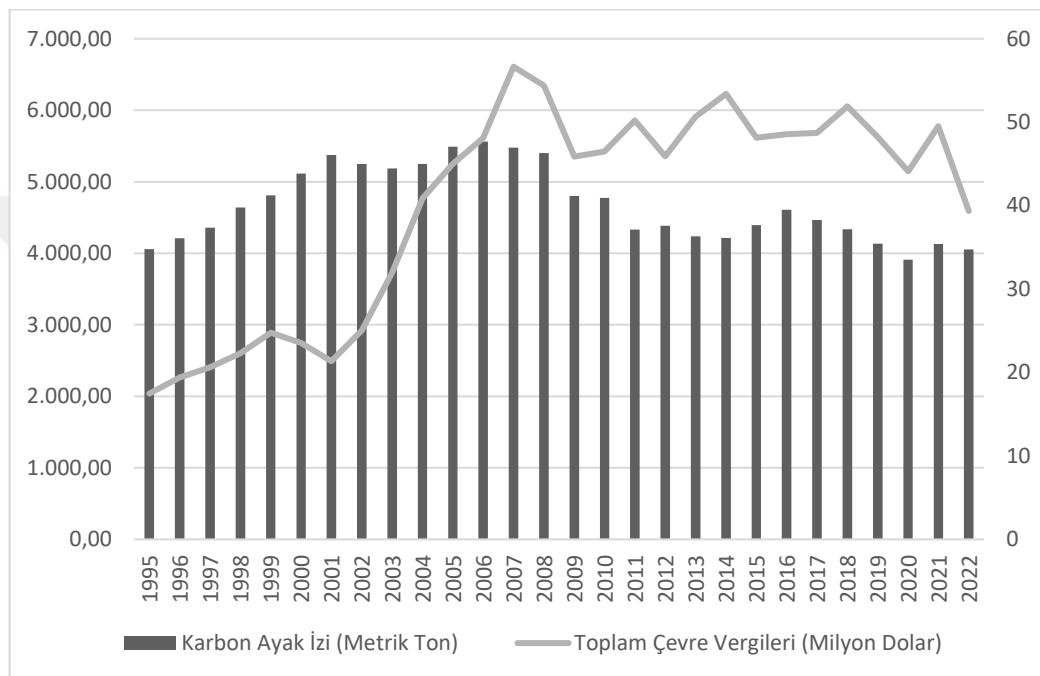
Yıl	Karbon Vergisi (EURO)
2010	20,20
2011	21,21
2012	19,97
2013	25,68
2014	27,57
2015	21,51
2016	22,32
2017	21,38
2018	24,79
2019	22,47
2020	28,43
2021	39,34
2022	45,31
2023	52,74
2024	60,19

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

2010 yılında ton başına 20 Euro olarak belirlenen karbon vergisi, 2011 yılında 21,21 Euro'ya yükseltilmiştir. 2020 yılında Maliye Yasası ile hükümet 2030 yılına kadar vergi oranını kademeli olarak ton başına 100 Euro'ya

çıkarmayı taahhüt etmiştir (OECD, 2021). 2024 yılına gelindiğinde ton başına uygulanan fiyat 60,1944 Euroya ulaşmıştır. Karbon vergisinde gerçekleştirilen bu istikrarlı artışın nedeni yenilenebilir enerjiye geçiş teşvik etmektir. İrlanda'da uygulanan karbon vergisinin yapısı 2013 yılına gelindiğinde katı yakıtları da içine alarak genişletilmiştir.

Grafik : 2.5. İrlanda'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

İrlanda'nın 1995-2022 zaman dilimi içerisinde metrik ton cinsinden karbon ayak izi verileri ve milyon dolar cinsinden toplam çevre vergileri incelendiğinde; 1995-2007 yılları arasında çevre vergileri gelirleri artış eğilimine geçmesine rağmen karbon ayak izi seviyelerinde herhangi bir azalmaya rastlanmamıştır. 2007 yılında 1995-2009 dönemindeki 6.6 milyar dolar ile en yüksek toplam çevre vergisi geliri elde edilirken, aynı zaman dilimi içerisinde 46 metrik ton ile karbon ayak izi de en yüksek seviyelere ulaşmıştır. 2009 yılında toplam çevre vergisi geliri 5.3 milyar dolara gerilerken ile karbon ayak izi de benzer yönlü hareket ederek 41 metrik tona gerilemiştir. 2022 yılına gelindiğinde ise karbon ayak izi 34 metrik tona kadar gerilemiş, toplam çevre vergisi gelirleri 4.5 milyar dolar seviyelerine kadar düşürülmüştür.

Karbon vergisinin ekonomik ve çevre üzerindeki etkileri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, İrlanda hükümeti tarafından karbon vergisinin emisyonları azaltma konusunda başarılı sonuçlar verdiği göstermektedir (O'Donoghue, 2024). İrlanda'nın karbon vergisi politikası, iklim değişikliği ile mücadele konusunda etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Vergi fiyatlarında gerçekleştirilen kademeli artış ve elde edilen gelirlerin stratejik kullanımını hem çevresel açıdan hem de sosyal adaletin sağlanması açısından önemli bir araçtır.

2.9.6.Estonya

Estonya, 2000 yılında “Çevresel Ücret Yasası” adı altında karbon vergisini uygulamaya koymustur ve çevre kirliliğinin sınırlandırılması amaçlanmaktadır (International Energy Agency [IEA], 2023). Estonia'nın uygulamaya koyduğu karbon vergisinin yapısı ETS ile tamamlayıcı niteliktedir. Termal enerji üreticilerine ek karbon maliyetleri getirilmiştir. ETS altında oluşturulan teşvikleri güçlendirici niteliktedir. İlave olarak ETS kapsamına alınmayan bazı endüstriyel yakıt türleri Estonia'nın uyguladığı karbon vergisinin kapsamına dahil edilmiştir (IEA, 2023). Bu düzenlemeyle Estonia'nın enerji sektöründeki karbon emisyonlarının azaltımı hedeflenmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

Tablo 2.7. : Estonia'nın Karbon Fiyatlandırması

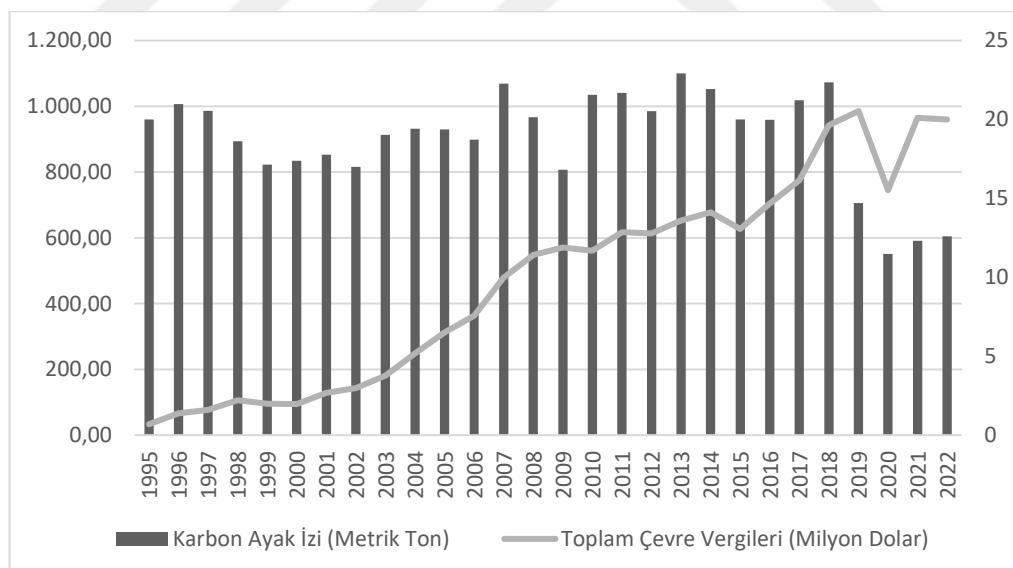
Yıl	Karbon Vergisi (EURO)	Yıl	Karbon Vergisi (EURO)
2001	0,42	2013	2,56
2002	0,41	2014	2,75
2003	0,52	2015	2,15
2004	0,59	2016	2,23
2005	0,93	2017	2,13
2006	1,21	2018	2,47
2007	1,33	2019	2,24
2008	2,34	2020	2,18
2009	2,64	2021	2,34
2010	2,70	2022	2,21
2011	2,82	2023	2,17
2012	2,66	2024	2,14

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Estonya'nın karbon vergisinin yapısı endüstri ve enerji sektörlerinden kaynaklı doğrudan (Kapsam 1) emisyonları kapsamaktadır. Ancak ETS kapsamına alınan sanayi tesisleri vergiden muaf tutulmuştur. Yalnızca termal jeneratörler için uygulanmaktadır.

Estonya'nın ton başına uygulanan karbon fiyatları zaman içinde değişiklik göstermiştir. 1 Temmuz 2024 tarihinden itibaren ton başına uygulanacak karbon vergisi oranı 25 Euro olarak güncellenmiştir (Riigi Teataja, 2024). İlave olarak kükürt dioksit, azot oksit ve amonyak içinde belirlenmiş vergi uygulamaları mevcuttur (Riigi Teataja, 2024). Estonya'nın uyguladığı karbon vergisinin ekonomi üzerine etkileri araştırmacılar tarafından incelenmiş, verginin Estonya ekonomisi üzerinde uzun vadede negatif etkiler yaratmayacağı kanısına varılmıştır. Ancak bu sonuca ulaşabilmek için vergi reformunun tüm vergi sistemini kapsayacak nitelikte gerçekleştirilmesi gereği de belirtilmiştir (Kiuila ve Markandy, 2009:707).

Grafik : 2.6. Estonya'nın Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Estonya'nın 1995-2022 döneminde metrik ton cinsinden karbon ayak izi verileri ve milyon dolar cinsinden toplam çevre vergileri incelendiğinde; 1995-2005 yılları arasında çevre vergileri gelirleri çok düşük seyretmiş, karbon ayak izi verileri de 2019 yılına kadar dalgalandı bir seyir izlemekle birlikte düşüş

eğilimine geçememiştir. 2018 yılı karbon ayak izi 22 metrik ton seviyesinde ve toplam çevre vergisi geliri 942,5 milyar dolar seviyesindeyken 2019 yılında toplam çevre vergisi gelirlerinin 985,5 milyar dolara yükselmesiyle karbon ayak izi seviyesi 14,7 metrik tona gerilemiştir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Estonya'nın enerji politikalarına ilişkin 2023 tarihli raporunda, ülkenin enerji sistemini karbonsuzlaştırma hedeflerine ulaşabilmesi için karbon fiyatlandırmasının artırılması ve fosil yakıt sübvansiyonlarının azaltılması gerektiğini belirtmektedir (IEA, 2023). Ayrıca, enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi önerilmektedir.

Estonya'nın karbon vergisi politikaları, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Ancak, bu politikaların etkinliği, vergi oranlarının güncellenmesi, kapsamının genişletilmesi ve diğer çevresel politikalarla uyumlu bir şekilde uygulanmasına bağlıdır.

2.9.7. Portekiz

Portekiz'de karbon vergisinin uygulaması 2015 yılı itibarıyle başlamıştır. Portekiz'de uygulanan karbon vergisi ETS dışı sektörleri de hedef olarak karbon ayak izini düşürmeyi hedeflemektedir (Pereira ve Rodrigues, 2015:291-292). Karbon vergisinin yapısı başlangıçta ton başına belirli bir ücret olarak planlanmıştır. Ve ETS'ye endeksli bir fiyat politikası izlenmektedir. Ancak 2020 yılına gelindiğinde enerji fiyatlarının üst düzeye ulaşması sebebiyle vergi artışı planlandığı şekilde ilerleyememiş ve dondurulmuştur (OECD, 2023). 2021 seviyelerinde dondurulan fiyat artışlarının yanında 2022'nin başında yapılması planlanan fiyat artışları, 2023'ün Mart ayı sonuna kadar ertelenmiştir. Karbon fiyatlandırması yaklaşık olarak %34 oranında fosil yakıtları kapsamaktadır. Bu durum karbon fiyatlandırmasının etkinliğini sektöre uğratmıştır (OECD, 2023).

Tablo 2.8. : Portekiz'in Karbon Fiyatlandırması

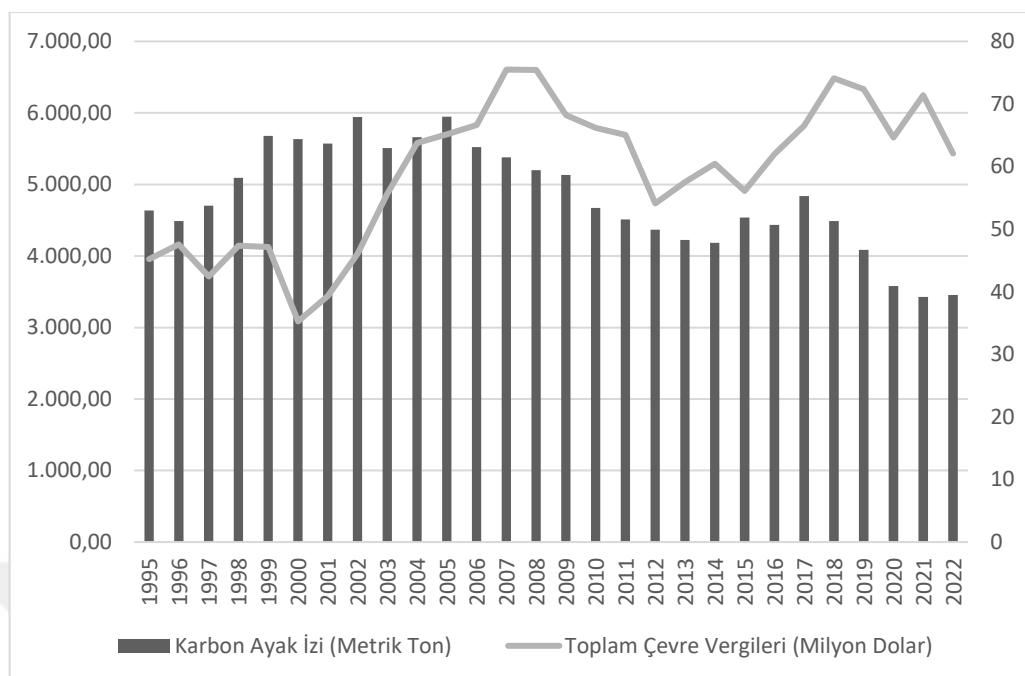
Yıl	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Kurşunsuz benzin	-	-	-	-	14,16	13,79	27,81	26,17	25,75
Motorin	-	-	-	-	13,23	12,88	25,98	24,44	24,05
Gazyağı	-	-	-	-	13,79	13,42	27,07	25,47	25,06
LPG	-	-	-	-					
Doğal gaz	-	-	-	-	14,22	13,84	28,05	26,40	25,98
Kömür ve kok	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Düşük kükürtlü fuel oil	-	-	-	-	15,81	15,39	31,03	29,20	28,73
Hafif fuel oil	4,68	7,54	7,25	8,40	14,17	25,57	-	-	-
Otomotiv dizel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzin 95 oktan	4,37	7,04	6,79	7,87	13,22	239,03	-	-	-
Gasonline 95 ron	4,70	7,57	7,27	8,43	14,15	25,59	-	-	-
Otomotiv LPG	4,35	7,06	6,74	7,81	13,25	23,88	-	-	-
Doğal gaz	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kömür	4,39	7,07	6,80	7,88	13,29	23,98	-	-	-
Elektrik üretimi için kömür	-	-	-	0,79	1,30	2,54	-	-	-

Kaynak: Dünya Bankası Karbon Ayak İzi Göstergesi Paneli verilerinden yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Portekiz'in karbon vergisi, tüketim üzerindeki özel vergiler (kapsamında yer alan bir harç vergisidir. Vergi oranı, önceki yılın ortalama AB ETS izin fiyatına dayanarak her yıl belirlenir. Portekiz'in karbon vergisinin yapısı tüm fosil yakıt kaynaklı doğrudan (Kapsam 1) emisyonlara uygulanmaktadır. Dolayısıyla vergisinin kapsamı geniş tutularak endüstri, binalar, ulaşım gibi birçok sektörü kapsar niteliktedir. ETS kapsamı dışında kalan elektrik üreticileri ve yakıt yağı içinde yakıt yağı için %25 ve doğal gaz için %10 oranında vergi uygulanmaktadır.

Portekiz'in 1995-2022 zaman dilimi içerisinde metrik ton cinsinden karbon ayak izi verileri ve milyon dolar cinsinden toplam çevre vergileri incelendiğinde 1995-2005 yılları arasında çevre vergileri gelirleri düşük seyrederken 2012 yılında çevre vergileri gelirlerinin artış eğilimiyle birlikte karbon ayak izi verileri düşüş eğilimine geçmiştir. 2021 yılına gelindiğinde toplam çevre vergisi gelirleri 6.2 milyar dolar ile en yüksek seviyeye ulaşıırken karbon ayak izi 39,16 metrik ton ile en düşük seviyeye gerilemiştir.

Grafik : 2.7. Portekiz'in Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Karbon vergisinin ekonomik ve çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalar, verginin sera gazı emisyonlarını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ve vergi oranlarındaki belirsizlikler, uzun vadeli yatırım kararlarını etkileyebilmektedir ve ekonomik büyümeye açısından zorluklar yaratmaktadır (OECD, 2023).

2.9.8.Türkiye

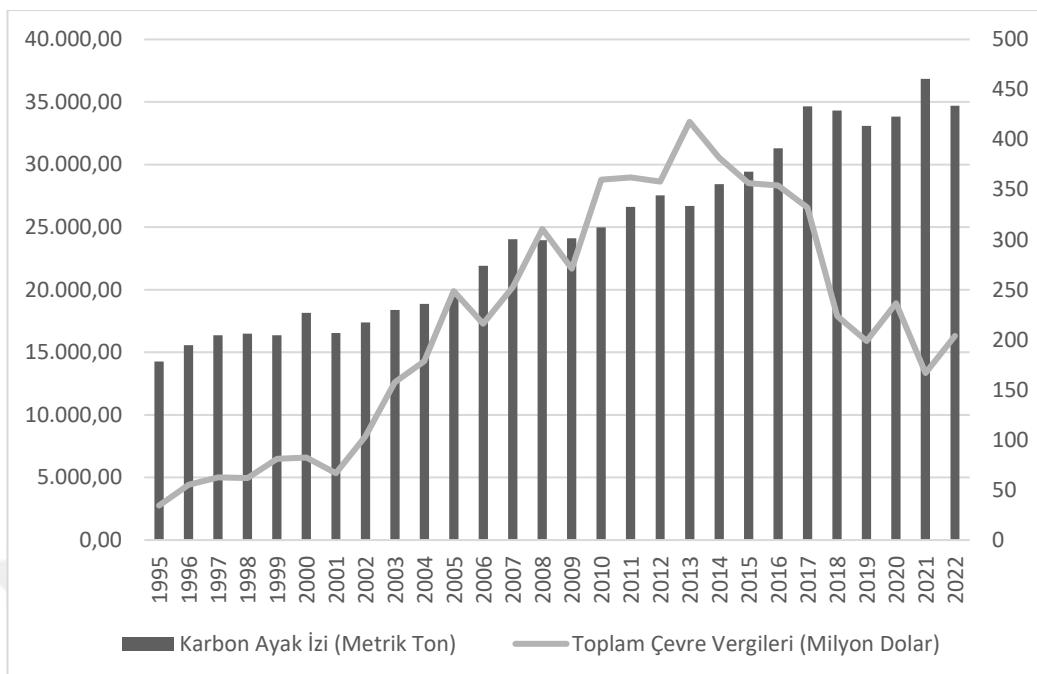
Türkiye'de karbon vergisi ismiyle doğrudan karbon emisyonu üzerine uygulanan bir vergi bulunmamaktadır. Bununla birlikte Çevre Temizlik Vergisi, vergi tabanında yakıtları kapsayan Katma Değer Vergisi ve Özel Tüketim Vergisi ve araç bazlı alınan Motorlu Taşıtlar Vergisi dolaylı olarak bu kapsamda değerlendirilebilir. Bu vergiler daha çok fiskal amaçlı uygulansa da dolaylı olarak karbon emisyonunu düşürme konusunda etki sağlayabilir (Sapmaz, H. ,2023:6). Bu vergilere ilave olarak uçak gürültü harcı, petrol

arama ve işletme izin harcı, avlanma harcı gibi çevreyle alakalı sorunların önüne geçebilmek adına çeşitli harçlar alınmaktadır.

Türkiye'de araçlar üzerinden alınan Motorlu Taşıtlar Vergisi bir çevre vergisi olarak tasarılanmamış ve çevreyle alakalı politik bir amaç gütmeden servet vergisi kapsamında değerlendirilmek üzere tasarlanmıştır. Motorlu Taşıtlar Vergisinin tarifesi araçların yaşı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Araç yaşı ve uygulanan vergi oranı ters yönlü gerçekleştirilmektedir. Araç yaşı arttıkça uygulanan vergi oranı düşmektedir. Bu durumda karbon salınımı açısından negatif etki gerçekleştirilmektedir. Çünkü araç yaşı büyündükçe aracın yarattığı karbon salınımı daha fazla gerçekleşir. Bununla birlikte Motorlu Taşıtlar Vergisi'nin uygulanması sırasında motor silindir hacminin baz alınması karbon emisyonunu baskılama konusunda daha pozitif bir etki sağlayacaktır (Orkunoğlu Şahin ve Çiftçi, 2021:258). 2003-2004 yılı itibariyle hurda araçların piyasadan çekilmesi için vergisel teşviklerin sağlanması emisyon açısından pozitif yönlü etki sağlayabilecek bir gelişme olmuştur. Buna ilave olarak hibrit araçların kullanımı için teşvikler sağlanmamaktadır ve şarj dolum istasyonları konusunda alt yapının henüz oluşturulmamış olması tüketiciyi bu tercihden uzaklaştırmakta ve bu da emisyon üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Türkiye'de petrol ürünleri, doğal gaz, madeni yağlar gibi fosil yakıtların vergilendirilmesi Özel Tüketim Vergisi üzerinden gerçekleştirilmektedir. Özel Tüketim Vergisinin 1 numaralı cetvelinde yer alan mallar için alınan maktu tutarlar TÜİK'in toptan eşya fiyat endeksine göre yükseltilmektedir (Orkunoğlu Şahin ve Çiftçi, 2021:259). Özel Tüketim Vergisi uygulanırken fosil yakıtların içeriğinde yer alan karbon miktarı baz alınmamaktadır. Dolayısıyla Özel Tüketim Vergisi'nin de uygulama perspektifi daha çok fiskal amaçlıdır.

Türkiye'nin 1995-2022 zaman dilimi içerisinde metrik ton cinsinden karbon ayak izi verileri ve milyon dolar cinsinden çevre vergisi çatısı altında uygulanan toplam çevre vergisi gelirleri incelendiğinde; karbon ayak izi verilerinin düzenli şekilde artış gösterdiği, çevre vergisi gelirlerinin ise 2013 yılına kadar arttığı bu yıldan itibaren ise düşüş eğilimine girdiği gözlenmektedir.

Grafik : 2.8. Türkiye'nin Karbon Ayak İzi ve Çevre Vergileri (1995-2022)



Kaynak: OECD-Database ve World Bank Data'dan yararlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Söz konusu seyirden hareketle, Türkiye'de çevre vergisi çatısı altında uygulanan vergi ve tedbirlerin, karbon ayak izini düşürmeye yönelik amacından çok fiskal amaçlı tedbirler olduğu yönünde hedef ve yapıya sahip olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir. 2022 yılı itibarıyle 433 metrik ton ve çevre vergileri 16,3 milyar dolardır.

Türkiye'nin elde ettiği ekonomik gelişmeler dolayısıyla karbon içerikli kaynak tüketimi ve buna bağlı olarak önlenemez bir şekilde karbon emisyonu artış göstermiştir. Türkiye'de karbon salınımlarının ölçümüne dair çalışmalar yapılmıştır ancak karbon salınınının önlenmesine dair herhangi bir vergi uygulaması teşebbüsünde bulunulmamıştır. Enerji talebinde dışa bağımlılık dolayısıyla artan karbon salınımda artış hızlanmıştır. 2009 yılında Kyoto Protokolüne üye olmasına rağmen 2023 yılına kadar karbon emisyonunu azaltmak için bir aksiyon alınmamıştır (Erden,2014:9).

2023 yılında kademeli olarak uygulamaya koyulan Yeşil Mutabakat Eylem Planı ile birlikte ‘*Türkiye'nin uluslararası ticarette rekabet gücünün artırılmasını*’, “*tedarik zincirlerindeki yerin güçlendirilmesini*” ve “*yeşil yatırımların Türkiye'ye çekilmesi için ilgili tüm politika alanlarında yeşil*

dönüşümün desteklenmesini” içeren eylem planı devreye girmeye başlamıştır. Eylem Planı'nın içeriği, iklim kriziyle mücadele ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda belirlenen çeşitli tematik alanları kapsamaktadır. Bu bağlamda öne çıkan ana başlıklar; sınırda karbon düzenlemeleriyle uyumlu yeşil ve döngüsel ekonomi modelleri, çevresel sürdürülebilirliği esas alan yeşil finansman mekanizmaları, güvenli, temiz ve maliyet etkin enerji arzının sağlanması, ekosistem temelli sürdürülebilir tarım uygulamaları, düşük karbonlu ve akıllı ulaşım sistemleri ile iklim değişikliğiyle bütüncül mücadele stratejilerinden oluşmaktadır (Gültekin,2022:209-210). Sınırda karbon düzenlemesini içeren ana başlık Türkiye'nin Avrupa ile gerçekleştirdiği ticari faaliyetlerinin “karbon fiyatlandırması” düzenlemesiyle sınırlandırılmasını içermektedir.

Yeşil Mutabakat konusunda Avrupa'nın liderlik ettiği bilinmektedir. Ancak eylem planının sadece Avrupa düzeyinde uygulanması tüm dünyanın sorunu olan emisyon sorunları konusunda kesin bir sonuç getirmeyecektir. Bu nedenle küresel ölçekte hareket edilmesi sorunun çözümü açısından etki sağlayabilir. Bu olgunun temelinde ise “karbon kaçağı” ihtimalinin azaltılması yatkınlıkta. Çünkü karbon kaçağı riski Yeşil Mutabakat kapsamında belirlenen hedeflere ulaşma konusunda engeller oluşturacaktır ve emisyonun düşürülmesi konusunda planlanan etki yaratılamayacaktır. Bu ihtimalin önüne geçebilmek adına “Sınırda Karbon Düzenlemesi” uygulamaya konulmuştur.

Sınırda karbon düzenlemesi karbon emisyonunun engellenmesi için uygulamada birlik oluşturma açısından olumlu bir adım olmuştur. Ancak yeterli ekonomik ve teknolojik imkana sahip olmayan ülkeler açısından bu uygulama bir tehdit olarak algılanmaktadır. Çünkü Avrupa Birliği ile ticari ilişkileri bulunan ülkeler sınırda karbon düzenlemesi ile birlikte AB ülkelerine ihracat ettiği her ürün için sınırda karbon düzenlemesine tabi tutulacaktır. İthalat vergisi kapsamında Avrupa Birliği ülkelerinin aldığı her ürün için karbon vergisi uygulanacaktır (Mirici ve Berberoğlu, 2022:158).

Türkiye'nin AB ülkeleri ile ihracat hacmi 2020 dönemi itibarıyle %41,3 seviyesine ulaşmıştır. 2022 yılı için bu rakam %40,6'dır. Sınırda karbon düzenlemesi uygulamasıyla Türkiye'de dolaylı olarak karbon kısıtlamalarından etkilenmektedir. 2021 yılında yayımlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı hem

Avrupa Birliği'ne aday üye ülkeleri kapsamakta hem de dolaylı olarak ticari faaliyette bulunduğu diğer bir ifade ile Gümrük Birliği ortağı olduğu ülkeleri etkilemektedir. AB ülkeleri Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında kendi ekonomilerinde dekarbonizasyon sağlarken ihracat pazarlarını da karbonsuz ekonomileri olan ülkelere yönlendireceklerdir (Mirici ve Berberoğlu ,2022:159). Bu şartlar altında Türkiye'nin karbon ayak izi verileri göz önünde bulundurulduğunda karbon emisyonunu düşürmekten başka şansı kalmamaktadır. Aksi taktirde Türkiye açısından ihracat kayıpları kaçınılmaz hale gelecektir.

2023 yılı itibarıyla sınırda karbon düzenlemesi aktif hale gelmiş ancak geçiş dönemi için üç yıllık bir zaman tanımlanmıştır. 1 Ocak 2026 tarihi ile birlikte nihai uygulamaya geçilecektir. Uygulama nihai olarak yürürlüğe gireceği tarihe kadar ithalatı gerçekleştiren ülkelerin sorumluluğu bildirim ile sınırlıdır. AB üye ülkelerindeki ithalat ile uğraşanların doğrudan veya dolaylı şekilde emisyona sebep veren ürünlerin kılavuz değerler eşliğinde emisyon değerlerinin hesaplanması ve raporlanması istenmektedir (KPMG,2025).

TÜSİAD 2020 yılında Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi Raporu ile Sınırda Karbon Düzenleme mekanizmasının devreye girmesiyle birlikte Türkiye'de ihracatçı sektörler için olası maliyetlerin hesaplandığı girdi-çıktı analizine yer vermiştir. Bu rapora göre 2020 yılında ihracat nedeniyle gerçekleşen karbon maliyeti 30 Euro civarında iken Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasının uygulanmaya başlanmasıyla birlikte bu rakamın 50 Euro civarına ulaşacağı var sayılmıştır. Bu doğrultuda gerçekleşen analiz sonucunda SKDM uygulamaya girmeden 30 Euro maliyetle gerçekleştirilen ihracatın Türkiye pazarına yansması Kapsam 1 emisyonları için 478 milyon Euro olurken Kapsam 2 emisyonları içinse 1.085 milyon Euro olarak hesaplanmıştır. SKDM uygulamaya girmesiyle birlikte 50 Euro olarak belirlenen karbon maliyeti doğrultusunda AB ülkelerine Türkiye tarafından gerçekleştirilen ihracatın bedeli Kapsam 1 emisyonları için 707 milyon Euroya kapsam 2 emisyonları için ise 1.809 milyon Euro'ya ulaşacaktır. Sektörel bazda bakıldığına ise SKDM en çok etkilenecek sektörler; çimento, elektrik, tarım, demir - çelik gibi sektörlerdir. (TÜSİAD,2020).

Türkiye'nin karbon ayak izi verileri incelendiğinde yıllar bazında artarak devam eden bir karbon ayak izi grafiği olduğu görülmüştür. Bu grafiği düşürmek ve emisyon oranında azalma sağlamak amacıyla Türk Vergi Sisteminde baskılıyıcı bir enstrümanın kullanılmadığı görülmüştür. Avrupa Birliği'nin uyguladığı Yeşil Mutabakat Eylem Planı hem AB ülkelerini hem de AB'nin gümrük ortaklarını içine dahil eden kapsamlı uygulamaları içermektedir. Türkiye'nin Yeşil Mutabakat Eylem planına sadakat göstererek karbon emisyonlarını düşürmesi hem ekonomik iş birlikleri açısından hem de dünyanın ekolojik geleceği açısından son derece önem arz etmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde karbon vergisinin tanımı yapılmış, uygulama amacı ve kapsamına deñinmiş, çevre vergileriyle ve Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemiyle fark ve benzerlikleri incelenmiştir. Avrupa Birliğinden seçilmiş ülke olan Almanya'da ki ETS uygulaması, İsveç, Hollanda, Finlandiya, İrlanda, Estonya ve Portekiz'de uygulanan karbon vergisi uygulamaları incelenmiş, ülkelerin karbon ayak izi geçmişleri toplam çevre vergileri gelirleriyle karşılaştırılmıştır. Karbon vergisi uygulamasının henüz geniş uygulama alanı bulamaması ve uygulama geçmişinin çok eskiye dayanmaması nedeniyle ülkelerin toplam çevre vergi gelirleri üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde karbon ayak izi izdüşümünde karbon vergisinin etkinliği empirik analiz metotlarıyla ele alınacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KARBON AYAK İZİ İZDÜŞÜMÜNDE KARBON VERGİSİNİN ETKİNLİĞİ

3.1. Ampirik Literatür

Dünya genelinde karbon vergisinin karbon ayak izi üzerindeki etkinliğini sorgulama konusunda gerçekleştirilen çalışmalar çok uzun yillara dayanmamaktadır. Küresel iklim değişikliğinin temelinde sera gazlarının yadsınamaz etkilerinin ortaya konulmasıyla birlikte atmosferde meydana gelen tahribatın devamlılığını önlemek amacıyla karbon vergisi gündeme gelmiş beraberinde de bu konudaki etkinliği sorgulanmaya başlanmıştır. Bu konu üzerine gerçekleştirilen çalışmalar ve ulaşılan sonuçlar doğrultusunda araştırmacıların tek bir perspektifle buluşturduğundan bahsetmek mümkün değildir. Karbon vergisinin karbon ayak izini düşürme konusundaki etkinliği açısından olumlu ve olumsuz görüşler mevcuttur.

Andersson (2019) karbon vergisi uygulamasının öncülerinden olan ve sözkonusu vergiyi 1991 yılında uygulamaya koyan İsveç'te ulaşım sektörü temelli karbon vergisinin, karbon ayak izini %11 oranında azalttığı yönünde bulgular elde etmiştir. Benzer şekilde Murray ve River (2015) Kanada'nın British Columbia eyaletinde uygulamaya koyulan karbon vergisiyle birlikte sera gazında %5-%15 oranlarında azalma gözlendiği yönünde bulgulara ulaşılmış olmakla birlikte, ekonomik açıdan karbon vergisinin herhangi olumsuz bir yansıması tespit edilmemiştir.

Uluslararası Para Fonu (IMF) 2020 yılında yayımladığı yıllık rapor ile sera gazı emisyonlarının düşürülmesi konusunda karbon vergisinin etkin bir mali araç olduğu konusunda açık görüşünü ortaya koymuş, ekonominin her sektöründe karbon ayak izini düşürme konusunda etki ettiği görüşünü yayımlamış, karbon vergisinin uygulama açısından diğer mali araçlara göre uygulama kolaylığı sağladığı yönünde görüş belirtmiştir.

Larsen ve Nasbakken (1996) Norveç'in 1987-1994 dönemi karbon emisyonlarını sektör bazlı veriler üzerinden, karbon vergisiyle bağlantılı olarak analiz ederek karbon ayak izini yaklaşıklar olarak %4 oranında düşürdüğü

sonucuna ulaşmıştır. Vural (2006) çalışmasında, karbon vergisi, sürdürülebilir kalkınma açısından ele alınmış ve etkin bir araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İklim değişikliği açısından da karbon vergisinin etkin bir araç olduğuna değinilmiştir. Potsdam İklim Etki Araştırmaları Enstitüsünün gerçekleştirdiği çalışma sonucunda 1998-2022 döneminde 41 ülke kapsamında gerçekleştirilen araştırmada 1500 iklim politikası içerisinde sadece 63 politikanın karbon ayak izini etkin şekilde azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Etkin işleyen politikaların karbon fiyatlandırması, sübvansiyon ve düzenlemeleri içeren kapsamlı düzenlemeler olduğu belirtilmiştir.

Kesbiç ve Şimşek (2020) dokuz Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye'nin 1997-2015 döneminde karbon ayak izi verilerini ve çevre vergilerini düşürmedeki etkinliğini panel veri analizi aracılığıyla incelemiştir. Analiz sonucunda, çevre vergilerinin etkin şekilde dizayn edilmesi ve ülkelerin yenilenebilir enerjiye teşviki ile karbon ayak izinin azaltılacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, kentleşmenin ve kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıladaki artışının karbon ayak izi üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu belirtilmektedir. Çalışmada, çevre vergilerinin uygulama hedeflerinde fiskal amaçlarına ilave olarak çevreyi koruma amacıyla düzenlemelerin yapılması önerisinde bulunulmuştur.

Kılınç ve Altınparmak (2020), Avrupa Birliğinden 21 ülkenin ve Türkiye'nin 2005-2014 dönemine ait karbon ayak izi ve çevre vergileri verileri ışığında gerçekleştirdiği panel veri analizinde çevre vergilerinin karbon ayak izini düşürme konusunda etkin bir araç olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada, karbon ayak izini düşürme konusunda bir diğer faktör olarak Ar-Ge harcamalarına da yer verilmiştir. Çevre vergisi oranlarının arttırılması, Ar-Ge ve enerji harcamalarındaki artışlar karbon ayak izinde azalmaya yol açmaktadır. Çalışmada, Kesbiç ve Şimşek'in bulgularına benzer şekilde kişi başına düşen GSYH'nın artışının karbon ayak izi üzerinde artışa neden olacağı hususuna yer verilmiştir. Kişi başına GSYH'daki artışın bireysel alım gücünü artırarak fosil yakıt kullanımını artıracığı ve dolayısıyla karbon ayak izinin artacağı yönünde görüşler öne sürülmüştür.

Hotunoğlu (2007) seçilmiş Avrupa ülkelerinin çevre vergisi ve karbon emisyonu değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiş, ampirik bulgular çevre

vergilerinin karbon ayak izini düşürmede etkin olmadığı yönünde kanıtlar sağlamıştır. Çiçek ve Çiçek (2012), karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemini karşılaştırdığı çalışmada, karbon vergisinin emisyonları düşürmede tek unsur olarak yeterli olmadığı, vergi sisteminin de çevreye duyarlı olarak düzenlenmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Yavuz ve Ergen (2022) G20 ülkelerinin 1998-2016 dönemi için çevre vergilerinin ekolojik ayak izi üzerine etkisini panel veri analizi incelemiştir. Araştırma bulguları, çevre vergilerinin ekolojik ayak izini düşürme ve çevresel bozulmayı önleme açısından yeterli olmadığını, ekolojik ayak izini ve dolayısıyla karbon ayak izini arttıran fosil yakıt kullanımı için daha etkili önlemlerin alınması gerektiğini göstermiştir. Yenilenebilir enerji kullanımının teşviklerle desteklenmesi gerektiği, ekolojik ayak izinin düşürülmesi açısından çevre vergilerinin tek başına yeterli olmadığı tespitleri yapılmıştır.

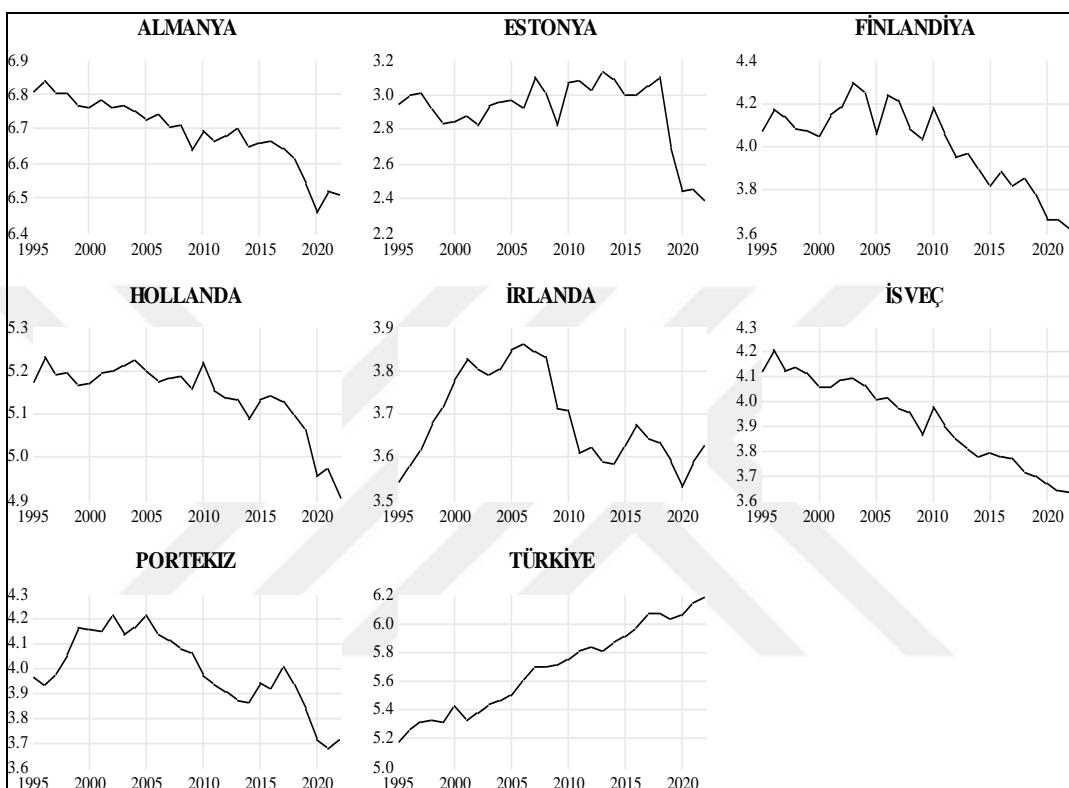
Damirova ve Yayla (2021) makroekonomik göstergelerin çevre kirliliği üzerinde yarattığı etkileri, seçilmiş on ülkeye ait 1995-2016 dönemi verilerini panel veri analizi ile incelenmiştir. Çalışmada, çevre kirliliğine neden olan gazlar bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Çevre vergilerinin çevre kirliliğini azaltmada düşük etkinliğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çevre vergilerinde yapısal değişikliler yapılması gerektiği ve oluşan finansmanın kirliliğini azaltmaya yönelik yatırımlara kanalize edilmesi gerektiği hususunda önerilerde bulunulmuştur.

3.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın amacı, seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye'de karbon ayak izi ile karbon vergileri arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmektir. Avrupa Birliği (AB) ülkelerinden Almanya, Estonya, Finlandiya, Hollanda, İrlanda, İsveç, Portekiz ve Türkiye çalışma kapsamında incelenmiştir. Çalışmada, 1995-2022 dönemi yıllık verileri kullanılmış olup; karbon ayak izi değişkeni olarak karbon emisyonları (metrik ton), karbon vergisi değişkeni olarak çevre vergisi gelirleri (milyon Dolar) kullanılmıştır. Her iki değişken doğal logaritmaları alınarak ekonometrik analizlere dahil edilmiştir.

3.3. Çalışmada Kullanılan Veri Seti ve Yöntem

Bu bölümde ekonometrik analizde kullanılan değişkenlere dair zaman yolu grafikleri, tanımlayıcı istatistikler ve uygulanan empirik yöntemlerin metodolojileri yer almaktadır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de değişkenlere ait zaman yolu grafikleri yer almaktadır.



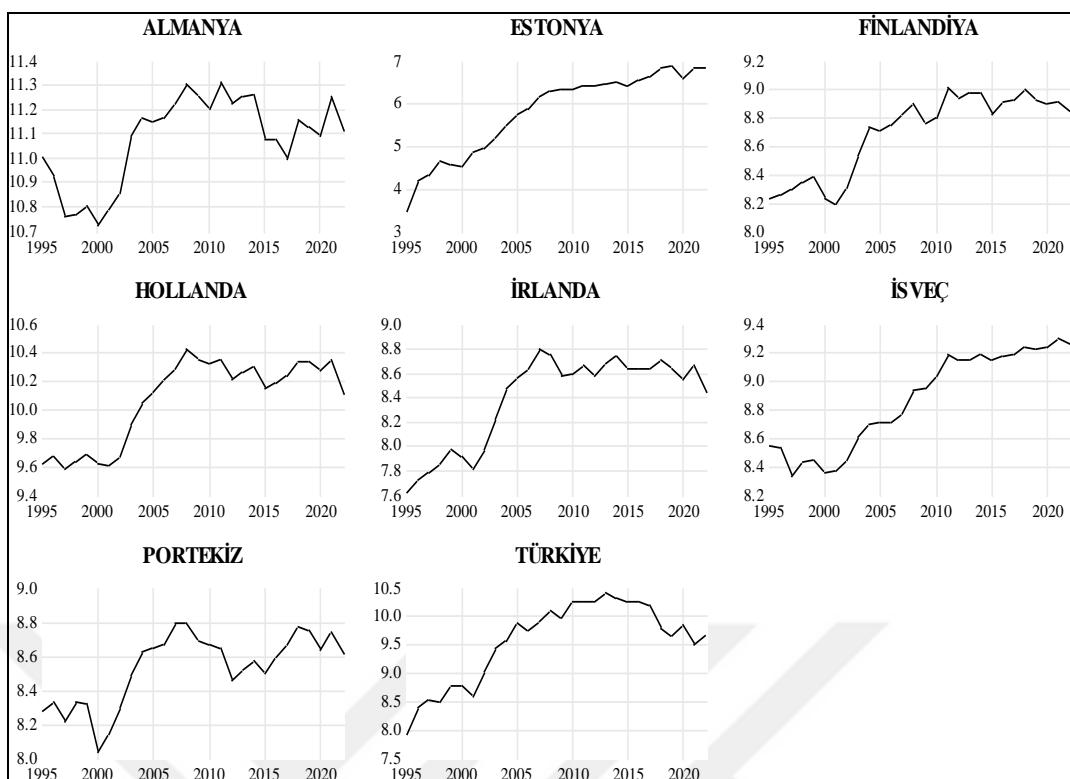
Şekil 3.1: Seçilmiş Ülkeler İçin Karbon Emisyonları

Almanya karbon emisyonlarında azalan bir trend yakalamıştır. 1995 yılından itibaren kademeli azalış gerçekleşmiş, 2010 yılı itibariyle ise belirgin bir azalış trendine girmiştir. Estonya, diğer grafiklerle karşılaştırıldığında 1995-2020 zaman diliminde dalgalandırmalı bir seyir izlemiştir. 2010 yılı itibariyle karbon emisyonlarında istikrarlı bir düşüş gözlenmekle birlikte, 2018 yılına kadar dalgalandırmalar devam etmiştir. 2018 yılında ise sert bir azalış yaşanmıştır. Bu düşüş ülkenin enerji kaynaklarındaki kömür kullanım tercihlerinin azaltılmasının sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Finlandiya'nın emisyon trendi 1995-2005 döneminde dalgalandırmalı bir seyir izlemiştir. 2005 yılında ise düşüş trendini yakalamıştır. Bu durumun nedeni olarak, 2010 sonrası dönemde düşük

karbonlu enerji yatırımları ve biyoenerjiye geçiş gösterilebilmektedir. Hollanda, 1995-2015 döneminde nispeten yatay bir grafik izlemiştir. 2015 ve sonrası dönemde belirgin bir düşüş eğilimi göstermiştir. Bu azalışın nedeni olarak, Hollanda'nın sanayi sektörü üzerinde gerçekleştirdiği karbon salınımları düzenlemeleri ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması gösterilebilir. İrlanda'nın 1995-2005 yılları arasındaki emisyon grafiği artış trendi göstermektedir. 2008 sonrası ciddi bir düşüş yaşanmış, 2012 yılı itibariyle ise istikrarlı bir azalış söz konusu olmuştur. Bu azalış yeşil enerji politikalarının ve karbon vergisinin etkisini yansımaktadır. İsveç, karbon vergisini uygulamasının öncüsü olarak diğer seçilmiş ülkelerle kıyaslandığında en istikrarlı ve düşüş odaklı trendi yakalamıştır. 1995 yılı itibariyle azalma eğilimi sergilemiştir. Bu durum, İsveç'in erken dönemlerde karbon vergisi uygulamasının ve düşük karbon enerjisine geçişin yansımasıdır. Portekiz'in karbon emisyonları 1995-2005 döneminde artış göstermiş, 2005 sonrası dönemde ise kayda değer bir azalış göstermiştir. Bu durumun temelinde, Portekiz'in yenilenebilir enerji için yaptığı yatırımlar ve AB'nin iklim düzenlemelerine uyum çalışmaları yatomaktadır.

Türkiye'nin karbon emisyonları, 1995-2020 dönemi için incelendiğinde istikrarlı bir artış eğilimi göstermektedir. 1995 yılında oldukça düşük bir seviyede olan emisyonlar, yıllar içinde istikrarlı bir şekilde artmış ve 2020 yılına gelindiğinde önceki yıllara kıyasla kayda değer bir artış söz konusu olmuştur. 2000 sonrası gözlemlenen bu artış Türkiye'nin ekonomik büyümeye ve sanayileşme süreciyle doğrudan ilişkilidir.

Seçilmiş ülke örnekleri özelinde değerlendirildiğinde, 1995-2020 dönemi için ülkelerin karbon emisyonları dalgalı bir seyir izlemiştir. Genel bir bakış açısından, 2008 ekonomik krizinden sonra düşüş eğilimi göstermeye başlanmıştır. Bu durum, ekonomik krizin enerji tüketimi üzerine etkisinin ve AB'nin uyguladığı iklim politikalarının ve karbon fiyatlandırmasının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.2: Seçilmiş Ülkeler İçin Çevre Vergisi Gelirleri

Almanya'nın zaman yolu grafiğinde 1999 yılında ani bir artış gerçekleşmiştir. Bunun temel nedeni, uygulamaya konulan Ekolojik Vergi Reformu gösterilebilir. 2000'li yıllarda dalgalı bir seyir gözlemlense de genel olarak artış yönlü olduğu belirtilebilmektedir. Bu durum, Almanya için çevre bazlı mali önlemler konusunda istikrar sağladığı şeklinde yorumlanabilmektedir. Estonia, 1996-2020 döneminde çevre vergisi gelirleri açısından belirgin bir artış sergilemiştir. Bu istikrarlı artış, Avrupa Birliğine üyeliğiyle birlikte çevre ve vergi standartlarına adapte olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir. Finlandiya da diğer AB ülkelerine benzer şekilde, çevre vergisi gelirleri açısından sürekli artış trendine sahip ülkelerden biri olmuştur. 2010 sonrası dönemde grafik bir miktar yatay seyretse de, ülke genel itibarıyle vergi tabanında çevre vergilerinin ağırlığını arttırmıştır. Özellikle karbon vergisi bu ağırlık içerisinde önemli bir paya sahip olmuştur. Hollanda'nın 1995-2015 döneminde çevre vergisi gelirleri düzenli artış eğilimine sahiptir. 2015 sonrası dönemde bir duraksama yaşanmış, 2020 sonrasında ise düşüş yaşanmıştır. Bunun nedeni olarak enerji tüketimi azalışı gösterilmektedir. Almanya'nın karbon emisyon seviyesi de 2015 yılı itibarıyle düşüş eğilimi

göstermiştir. İrlanda, 1995-2010 döneminde çevre vergisi gelirlerinde istikrarlı bir artış göstermiştir. Bu artışta, özellikle 2008 sonrasında yürürlüğe giren karbon vergisinin payı büyük olmuştur. 2010 sonrası dönemde ise dalgalı bir seyir izlenmiştir. 2020 sonrasında çevre vergisi gelirleri yüksek seyretmektedir. İsveç'in çevre vergisi gelirleri istikrarlı bir artış eğilimi göstermiştir. 1995 yılından itibaren ülke yavaş ama sürekli yükselen bir seyir izlemiştir. İsveç çevre odaklı mali politikaları erken dönemde benimseyerek, başarılı şekilde uygulayan bir ülkedir. Portekiz'in çevre vergisi gelirleri grafiği, 1995-2005 döneminde belirgin bir artış yakalamış, sonrasında kısa dalgalanmalar yakalamakla birlikte 2015 itibarıyle artış yönlü bir trende girmiştir.

Türkiye'de çevre vergisi gelirlerinde 1995 yılından 2010 yılına kadar gözlemlenen belirgin artışın nedeni olarak, bu süreçteki ekonomik büyümeye ve artan çevresel düzenlemeler gösterilebilir. Ancak, 2010 sonrası dönemde vergi gelirlerin artış hızının yavaşladığı ve 2015 sonrasında düşüş eğilimine girdiği görülmektedir. Türkiye'deki çevre vergisi gelirleri ekonomik yapıdaki değişimlerden kaynaklı ve karbon emisyonlarının seyrine göre dalgalanmalar göstermektedir.

3.4. Veri Analizi ve Araştırma Bulguları

Değişkenlerin bütünlleşme dereceleri ADF ve PP birim kök testleri ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2.'de gösterilmiştir. Tablolardaki sonuçlara göre, tüm ülkeler için çevre vergisi serileri, ADF ve PP testlerine göre fark durağan olarak bulunmuştur. Benzer şekilde tüm ülkeler için karbon emisyonu serileri hem ADF hem de PP testi sonuçlarına göre düzeyde durağan olarak bulunamamıştır. Serilerin birinci farkları için birim kök testleri uygulandığında tüm seriler için birim kökün varlığını belirten sıfır hipotez %1 önem düzeyinde reddedilmiştir. Söz konusu sonuçlar, Toda-Yamamoto nedensellik analizinde dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, öncelikle serilerin en yüksek bütünlleşme derecesinin belirlenmesi gereklidir ki, birim kök testi sonuçları en yüksek bütünlleşme derecesinin (dmak) bir olduğunu göstermektedir.

İrlanda ve İsviçre çevre vergisi gelirleri ADF ve PP testine göre %5 önem seviyesinde düzeyde durağan iken, Estonia çevre vergisi serisi PP testine göre %1 önem seviyesinde durağan olarak bulunmuştur. Diğer taraftan tüm ülkeler için hesaplanan karbon emisyonları serisi hem ADF hem de PP testi sonuçlarına göre düzeyde durağan olarak bulunamamıştır. Diğer taraftan serilerin birinci farkları için birim kök testleri uygulandığında tüm seriler için birim kökün varlığını belirten sıfır hipotez %1 önem düzeyinde reddedilmiştir. Bu sonuçlar özellikle nedensellik testi için önemlidir çünkü nedensellik analizinde Toda-Yamamoto prensibi dikkate alınmıştır. Bu bağlamda öncelikle serilerin en yüksek bütünlleşme derecesinin belirlenmesi gereklidir ki, birim kök testi sonuçları en yüksek bütünlleşme derecesinin (dmak) bir olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.1: Çevre Vergisi Değişkenine İlişkin Birim Kök Testi Sonuçları

Çevre Vergisi	Düzey Değerler		Birinci Fark	
	ADF	PP	ADF	PP
Almanya	-3.249 [0.101]	-1.834 [0.660]	-5.319 [0.000]	-5.319 [0.000]
Estonya	-2.339 [0.401]	-2.346 [0.397]	-2.342 [0.021]	-4.910 [0.000]
Finlandiya	-1.279 [0.871]	-1.328 [0.859]	-4.397 [0.000]	-4.356 [0.000]
Hollanda	-0.566 [0.973]	-0.641 [0.968]	-3.768 [0.001]	-3.775 [0.001]
İrlanda	-0.620 [0.969]	-0.634 [0.968]	-3.534 [0.001]	-3.464 [0.001]
İsviçre	-2.196 [0.472]	-2.253 [0.444]	-4.195 [0.000]	-4.195 [0.000]
Portekiz	-1.807 [0.673]	-1.807 [0.673]	-4.766 [0.000]	-4.757 [0.000]
Türkiye	-1.136 [0.903]	-1.000 [0.927]	-3.625 [0.007]	-5.168 [0.000]

Tablo 3.2: Karbon Emisyonu Değişkenine İlişkin Birim Kök Testi Sonuçları

Karbon Emisyonu	Düzey Değerler		Birinci Fark	
	ADF	PP	ADF	PP
Almanya	-0.429 [0.890]	-0.153 [0.933]	-7.073 [0.000]	-7.163 [0.000]
Estonya	-0.632 [0.874]	-0.616 [0.850]	-4.754 [0.000]	-4.744 [0.000]
Finlandiya	1.083 [0.996]	0.319 [0.975]	-5.719 [0.000]	-7.285 [0.000]
Hollanda	3.932 [1.000]	0.759 [0.991]	-5.112 [0.000]	-6.407 [0.000]
İrlanda	-1.532 [0.502]	-1.801 [0.371]	-3.693 [0.005]	-3.724 [0.009]
İsviçre	0.567 [0.985]	0.850 [0.993]	-9.304 [0.000]	-17.092 [0.000]
Portekiz	-0.257 [0.919]	-0.558 [0.864]	-3.989 [0.005]	-3.991 [0.005]
Türkiye	-3.245 [0.0978]	-3.220 [0.101]	-3.954 [0.000]	-3.954 [0.000]

Almanya için her iki seri düzeydeğerlerinde durağan değildir. Çevre vergisi gelirleri ve karbon emisyonu serileri, %1 önem düzeyinde birinci farklarda durağan tespit edilmiştir. Bu durum Almanya için, çevre vergileri ve karbon emisyonlarının ekonomik ve çevresel dinamiklerden etkilenecek zaman içinde dalgalandığını, ancak uzun dönemli istikrarın birinci fark düzeyinde sağlanabildiğini göstermektedir. Estonia'nın çevre vergisi gelirleri düzeyde durağan değildir; her iki test sonucuna göre %5 önem düzeyinde birinci farklarda durağanlık tespit edilmiştir. Karbon emisyonları serileri de benzer şekilde %1 önem düzeyinde birinci farklarda durağan bulunmuştur. Finlandiya için her iki serinin düzeydeğerleri durağan değildir. Birinci farklar alındığında her iki testte de %1 anlamlılık düzeyinde durağanlık sağlanmıştır. Hollanda için çevre vergisi gelirleri ve karbon emisyonları serileri birinci farklarda durağan elde edilmiştir. İrlanda'da her iki seri de %1 önem düzeyinde birinci farklar durağan bulunmuştur. İsveç, Portekiz ve Türkiye için gerçekleştirilen birim kök testlerinden de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Ülke bazında değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini belirleyebilmek amacıyla öncelikle iki değişkenli VAR model tahmin edilmiş ve optimal gecikme sayısı (p), Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Ardından, VAR model $p + dmak$ gecikme sayısı dikkate alınarak tahmin edilmiş ve p sayıdaki gecikmeli regresyon katsayısına sıfır kısıdı konularak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Tablo 3.3'te yer alan sonuçlara göre Vergi Geliri → Karbon Emisyonu sütunu vergi gelirlerinden karbon emisyonuna yönelik nedensellik testi sonucunu gösterirken, Karbon Emisyonu → Vergi Geliri sütunu ise karbon emisyonlarından vergi gelirlerine yönelik nedensellik ilişkisini göstermektedir. Köşeli parantez içindeki değerler test istatistikleri için olasılık değerlerini göstermektedir. Bu bağlamda değişkenler arasında %5 önem düzeyinde nedensellik ilişkisini olduğunu söyleyebilmek için p değerinin %5'ten küçük olması gerekmektedir.

Tablo 3.3'te yer alan sonuçlara göre; Estonia, İrlanda ve İsveç için değişkenler arasında nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Bununla birlikte Finlandiya, Hollanda, Portekiz ve Türkiye için karbon emisyonlarından çevre vergisi gelirlerine yönelik nedensellik ilişkisi belirlenirken, Almanya ve

Finlandiya için çevre vergisi gelirlerinden karbon emisyonlarına yönelik nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Tablo 3.3: Nedensellik Testi Sonuçları

Ülkeler	Gecikme Sayısı	Nedenselliğin Yönü	Nedenselliğin Yönü
		Vergi Geliri → Karbon Emisyonu	Karbon Emisyonu → Vergi Geliri
Almanya	4	10.410 [0.034]	2.307 [0.679]
Estonya	4	0.440 [0.979]	6.518 [0.163]
Finlandiya	2	13.022 [0.001]	14.278 [0.000]
Hollanda	4	0.917 [0.922]	10.257 [0.036]
İrlanda	5	6.329 [0.275]	8.349 [0.138]
İsveç	1	0.061 [0.804]	2.059 [0.151]
Portekiz	4	3.790 [0.435]	22.549 [0.000]
Türkiye	1	1.716 [0.190]	4.578 [0.032]

Tablo 3.3'te yer alan sonuçlara göre, Almanya vergi gelirlerinden karbon emisyonlarına doğru %5 anlamlılık düzeyinde ($p=0.034$) tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Bu sonuç, Almanya'da çevre vergilerinin karbon emisyonları üzerinde azaltıcı bir etki yarattığını ve vergi politikalarının çevre dostu uygulamalar açısından işlevsel olduğunu göstermektedir. Ters yönde, karbon emisyonlarından vergi gelirlerine anlamlı bir nedensellik bulunamamıştır.

Estonya'da her iki yönde de nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir ($p>0.1$). Bu sonuç, Estonya'da çevre vergilerinin karbon emisyonları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını ve emisyon düzeylerinin vergi politikalarından bağımsız olarak şekillendiğini göstermektedir.

Finlandiya'da her iki yönde de çift taraflı ve güçlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. Vergi gelirlerinden karbon emisyonlarına ($p=0.001$) ve karbon emisyonlarından vergi gelirlerine ($p=0.000$) anlamlı geçişler gözlenmiştir. Bu bulgu, Finlandiya'da çevre vergilerinin hem çevresel sonuçlar üzerinde etkili olduğunu hem de emisyon seviyelerinin politika yapıcılar tarafından vergi sisteminde dikkate alındığını ortaya koymaktadır.

Hollanda'da karbon emisyonlarından çevre vergilerine doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir ($p=0.036$). Bu durum, Hollanda'da çevre vergilerinin emisyon düzeylerine tepki olarak şekillendiğini, politika yapıcılarının vergi düzenlemelerinde karbon emisyonlarını dikkate aldığıni göstermektedir. Ters yönde ise anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

İrlanda'da her iki yönde de nedensellik tespit edilmemiştir ($p>0.1$). Bu bulgu, İrlanda'da çevre vergileri ile karbon emisyonlarının doğrudan etkileşim içinde olmadığını, vergi sisteminin emisyon düzeylerinden bağımsız olarak şekillendirdiğini göstermektedir.

İsveç'te de iki değişken arasında anlamlı bir nedensellik bağı saptanmamıştır ($p>0.1$). İsveç'in köklü çevre politikalarına rağmen vergi gelirlerinin ve emisyon seviyelerinin birbirinden bağımsız hareket ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Portekiz'de karbon emisyonlarından çevre vergisi gelirlerine doğru anlamlı bir nedensellik saptanmıştır ($p=0.000$). Bu durum, Portekiz'de vergi gelirlerinin emisyon düzeylerine bağlı olarak değiştigini ve çevre vergilerinin daha çok gelir amaçlı kullanıldığını düşündürmektedir.

Türkiye'de karbon emisyonlarından vergi gelirlerine doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir ($p=0.032$). Bu bulgu, Türkiye'de çevre vergilerinin emisyon seviyelerine duyarlı biçimde belirlendiğini ve karbon emisyonlarının vergi politikası üzerinde yönlendirici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Vergi gelirlerinden karbon emisyonlarına doğru ise anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Nedensellik test sonuçlarına göre; Almanya ve Finlandiya özelinde çevre vergilerinin karbon emisyonu üzerinde etkin bir politika aracı olduğundan söz edilebilmekteyken, Portekiz, Hollanda ve Türkiye örneklerinde çevre vergilerinin karbon emisyonlarını belirlemede etkin bir politika aracı olmadığını söylemek mümkündür. Estonia, İrlanda ve İsveç örneklerindeyse karbon emisyonları ve çevre vergisi gelirleri arasında anlamlı bir nedensellik ilişkisi saptanamamıştır. Çevre vergilerinin karbon emisyonları üzerindeki etkinliği ülkeler bazında farklılık göstermektedir.

Ekonometrik analiz sonuçları, literatürde karşılaşan karbon vergilerinin karbon emisyonları üzerinde etkili olmadığı yönündeki görüşleri destekler niteliktedir. Brovoll ve Larswen (2004)'in görüşünü destekler nitelikte çevre vergilerinin etkinliği karbon emisyonları üzerinde sınırlı kalmıştır. Damirova ve Yayla (2021) 'nın elde ettiği bulgularda çevre vergilerinin çevre kirliliğini azaltmada düşük etkinliğe sahip olduğu görüşü bu çalışmada elde edilen bulguları niteliktedir. Yavuz ve Ergen (2022)' ve Çiçek ve Çiçek (2012)'nin elde ettiği, çevre vergilerinin çevresel bozulmayı önlemede ve karbon emisyonunu azaltmada tek başına yeterli bir araç olmadığı bulgusu da bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik arz etmektedir.



SONUÇ

Bu çalışmada, Avrupa Birliği ülkelerindeki uygulamalar dikkate alınarak karbon ayak izi ve karbon vergisi değişkenleri arasındaki ilişkinin açıklanması amacıyla kapsamlı bir inceleme yapılmıştır. İlgili literatür incelendiğinde, karbon vergisinin AB ülkelerinde yaygın kullanılmaya başlanan bir mali mücadele aracı olduğu görülmüştür. AB ülkeleri, belirlenen karbon nötr hedefi doğrultusunda, karbon ayak izlerini baskılamak üzere karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemine başvurmaktadır. AB ülkelerinde farklı yapılarda karbon vergisi uygulamaları mevcuttur. Genel olarak fosil enerji kaynaklarının vergilendirilmesi söz konusu olsa da verginin kapsamı, uygulanan taban fiyatlar ve yıllara göre artış düzeyi gibi konularda ülke uygulamalarında farklılıklar göstermektedir.

Karbon vergisi özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde diğer ülke gruplarına göre daha yaygın kullanılan ve karbon emisyonunun azaltılması konusunda yaygın bir araç olarak kullanılmaktadır. Karbon ayak izi ülkelerin karbon vergisini doğru uygulayabilmeleri adına çok önemli bir çıktı kaynağıdır. Karbon ayak izinin doğru ölçümlenmesi, karbon vergisinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Ülkelerin içinde bulundukları sosyal ve ekonomik koşullar karbon vergisinin yapısal unsurlarını belirleyen önemli bir etmendir. Ülkelerdeki sektör yönetimi ve birey tercihleri nedeniyle farklı şekilde karbon salımını önleyici tedbirler, teşvikler ve vergi uygulamaları görülmektedir. Avrupa Birliği'ne üye ve Emisyon Ticaret Sistemi uygulayan ülkeler için bile aynı durum söz konusudur. Ülkelerin hedefleri ortak olsa bile bu hedefe ulaşma konusunda farklı yöntem ve uygulamalar tercih etmektedirler. Avrupa Birliği'ne üye ülkeler daha çok “Çevre Vergileri” başlığı altında uygulamalar gerçekleştirmiştir. Karbon Vergisi temelinde gerçekleştirdikleri uygulamalar ise genel itibariyle “enerji ve ulaşım” üzerine konumlandırılmıştır.

Ülkelerin sektörel bazda uyguladıkları karbon vergileri tüketicilere ek maliyet olarak yansıyacağından “karbon kaçagi” adı verilen olguya karşımıza çıkarabilemektedir. Tüketicilerin sektör ve ülke tercihleri farklı alanlara ve

ülkelere kayabilmekte bu durum ise ülkeler arasındaki rekabet gücünü etkileyebilmektedir.

Bu çalışmada, kapsama alınan ülkelerin karbon emisyonları ve çevre vergisi gelirleri arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, çevre vergisi gelirlerinin karbon emisyonunu belirleme konusunda sınırlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Karbon ayak izinin azaltılması için çevre vergilerinin “tek başına yeterli olmadığı” olmadığı yönünde kanıtlar sağlanmıştır.

Ülkelerin karbon vergisi uygulamaları karbon emisyonlarını azaltma konusunda tek başına yeterli bir mücadele aracı olmamaktadır. Ülkeler, karbon vergisinden etkin sonuçlar elde edebilmek için öncelikle karbon salınımına sebebiyet veren kaynak ve faaliyet konularının tespitini ve ölçümünü doğru şekilde belirlemelidir. Ülkelerdeki karbon vergilendirmesi, tespit edilen emisyon kaynak ve faaliyetlerine caydırıcı nitelikte uygulanmalıdır. Ülkelerde uygulanan karbon vergilerinin uygulama amacı son derece önem taşımaktadır. Amaç fiskal getiriden ziyade karbon emisyonu azaltma güdüsü taşımalıdır.

Ülkelerin karbon vergisine ilave olarak çeşitli politikalar ve teşviklerle karbon vergilerini desteklemesi gerekmektedir. Ülkelerin karbon emisyon azaltma konusunda başarıya ulaşabilmesi, ülkelerin bu hedef doğrultusundaki mali entegrasyonları ile mümkün olabilecektir. Buna ek olarak, karbon vergisinin yanında bireysel karbon ayak izini düşürmek amacıyla gönüllülük esasına dayalı, hükümetler tarafından bireylere “ödüllendirme motivasyonu” sağlayıcı uygulamalar da sağlanabilir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, ülkelerin birlik ve kararlılık içerisinde karbon ayak izlerine düşürmeye yönelik hareket etmeleri gereğini ortaya koymaktadır. Sürdürülebilirlik açısından ortak bir hedef belirlenerek aynı perspektifte ve iş birliği ile ilerlemek önem kazanmaktadır. Ülkelerin bireysel karbon ayak izlerini düşürmek için adımlar atmaları son derece kıymetlidir. Alınan önlemler, ülkesel düzeyde kaldığı sürece küresel açısından olumlu sonuçlar elde edilmesi zorlaşacaktır. Uygulamaların Avrupa Birliği ülkelerinde sınırlı kalmayıp küresel düzeyde yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Ağcakaya, S., & Kaya, I. (2022). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi perspektifinden yeşil maliye politikaları uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 512-525.
- Akalp, S., & Ayçam, İ. (2022). İklim Değişikliğine Duyarlı Yerleşimlerde Karbon Ayak İzi Analizi: Diyarbakır Örneği, 11th International Conference on Social Sciences, August 19-20, 2022-Ataturk University, Erzurum, Turkey.
- Aköz, K. (2023). Küresel Ekosistem ve İklim Değişikliği Kapsamında Ortadoğu ve Kuzey Afrika Bölgesinde İklim Teknolojileri.
- Aktepe, K. (2024). Seçili Ülke Gruplarında Co2 Emisyonunu Etkileyen Faktörler ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi.
- Aliusta, H., Yılmaz, B., & Kırlioğlu, H. (2016). Küresel Isınmayı Önleme Sürecinde Uygulanan Piyasa Temelli İktisadi Araçlar: Karbon Ticareti ve Karbon Vergisi *. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(12), 382-401.
- Alpay, E. E., & Gökmen, M. K. (2023). Sınırda karbon düzenleme (SKD) mekanizması çerçevesinde karbon salınımı açıklamalarının incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 970-986.
- Altın, O. (2023). Avrupa Birliği’nde Yeşil Kamu Alımları: Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler ve Avrupa Birliği’nin Etkinliği. *Sosyal Bilimlerde Yeşil Yaklaşımlar: Dijitalleşme ve Enerji*, 71.
- Anadolu Ajansı (2023). Fosil yakıt kaynaklı karbon emisyonlarının bu yıl tarihi zirveye ulaşacağı öngörülüyor, <https://l24.im/DJ4NI> Erişim Tarihi: 10.02.2024

Andersson, J.J. (2019). Carbon Taxes and CO₂ Emissions: Sweden as A Case Study, *American Economic Journal: Economic Policy*, 11 (4): 1-30.
<https://doi.org/10.1257/pol.20170144>

Apaydın, Ş. (2020). Küreselleşmenin ekolojik ayakizi üzerindeki etkileri: Türkiye örneği. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 23-42.

Artun, E. S. (2024). Karbon Vergisinin Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönlendirme Aracı Olarak Kullanılması. *Yaşar Hukuk Dergisi*, 6(1), 15-48.

Avcı, A. (2022). Şirketlerde Küresel İklim Değişikliği Farkındalığı ve Karbon Ayak İzi Sıfırlama Uygulamalarının İncelemesi Üzerine. *JOURNAL OF SOCIAL, HUMANITIES AND ADMINISTRATIVE SCIENCES (JOSHAS)*, 8(51), 584-588.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2019. T.C. Dışişleri Başkanlığı Avrupa Birliği Başkanlığı
<https://124.im/BdID> Erişim tarihi: 12.11.2024

Aydar, M. (2024). Küresel iklim değişikliğinin toprak, su ve tarım üzerine etkileri.

Aydinoğlu, A. U., & Özdemir, B. E. (2022). Yeşil Mutabakat: Tarihçe ve akademik araştırmaların incelenmesi. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 11(2), 107-121.

Aydin, G., & Genç, F. N. (2023). İklim Değişikliğine Bağlı Afetler ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 13(2).

Babahanoğlu, V. (2023). Uluslararası İlişkilerde Yeşil Yolculuk: Bir Güvenlik Sorunu Olarak Küresel İklim Değişikliği ve İklim Mülteciliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*.

Bali, S., & Yaylı, G. (2019). Karbon vergisinin Türkiye'de uygulanabilirliği. *Third Sector Social Economic Review*, 54(1), 302-319.

Balta, M. (2020). Endüstri kaynaklı karbon ayak izi azaltımı ve enerji verimliliği.

Baranzini, A., Goldemberg, J., & Speck, S. (2000). A future for carbon taxes. *Ecological economics*, 32(3), 395-412.

Başdağ, G. C. (2023). İklim değişikliği sorununa alternatif bir kamupolitikası: Karbon salınımının önlenmesinde çevre vergileri.

Bayar, Y., & Şaşmaz, M. Ü. (2016). Karbon vergisi, ekonomik büyümeye ve CO₂ emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi: Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç ve Norveç örneği. *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*, 1(1), 32-41.

Beşballı, S. G. (2023). Çevre Sorunları Çerçevesinde Küresel İklim Değişikliği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 500-521.

Büyükk, Y., Civelekoğlu, G., 2018. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2 (2): 157-166.

Biçer, C. C. (2024). Çevre vergileri ile karbon salınımı ilişkisi: Türkiye örneği.

Bilgin, E. ve Yıldırım, Z., 2023. Çevre Vergisi ile Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişki: Türkiye ve Seçili AB Üye Ülkeleri Üzerine Ampirik Bir İnceleme. *MALİYE ARAŞTIRMALARI-6*.

Binboğa, G., & Ünal, A. (2018). Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanması'na Yönelik Bir Araştırma. *Uluslararası İktisadi Dergisi (İdari İncelemeler Dergisi)*(21), 187-202. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.323532>

Bird, T. 2017. Nordic Action on Climate Change. *Nordic Council of Ministers*, <http://dx.doi.org/10.6027/ANP2017-766>

Bulut, G., & Özer, M. A. (2024). Ekolojik Modernleşmeye İklim Değişikliği ve “Çevresel Ayak İzleri” Üzerinden Bakmak. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 752-778.

Büyükkantarcı Tolgay, S., 2024. Yeşil Enerji Kullanımının Çevresel Bozulmanın Azaltılması ve Sürdürülebilirlik Açılarından İncelenmesi.

Caro, D., 2018. Carbon footprint. In *Encyclopedia of ecology* (pp. 252-257). Elsevier.

CEIC. (2024). Finland: Consumption Based Emissions of CO2. <https://imup.cc/RfviVY> Erişim Tarihi: 12.03.2025

Cengiz, Y., & Yavuz, H. (2020). Seçilmiş Avrupa ülkelerinde elektrikli araçlara yönelik teşviklerin Türkiye ile karşılaştırılması. *ÇEVRE EKONOMİSİ VE MALİ İLİŞKİLER ÜZERİNE SEÇME YAZILAR*, 85.

Civelekoglu, G., & Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.

Civelekoglu, G., & Bıyık, Y. (2020). Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 78-87.

Conefrey, T., Fitz Gerald, J. D., Valeri, L. M., & Tol, R. S. J. (2012). The impact of a carbon tax on economic growth and carbon dioxide emissions in Ireland. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(7), 934–952. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.709467>

Constructive Voices. (2023). İklim değişikliği ve inşaat: Bir arada var olabilir mi? Constructive Voices. <https://imup.cc/IiaJwr> Erişim Tarihi: 23.01.2025

Cural, M., & Saygı, H. E. (2016). Avrupa Birliği’nde Çevre Vergisi Uygulamaları ve Çevre Vergilerinin Gelişimi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 77-92.

Çankaya, S. T., & Pekey, B. (2023). Biyolojik ve İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin Karbon Ayak İzinin Yaşam Döngüsü Temelinde Belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(4), 1847-1860.

Çeçen, Z. & Güvenç, F. (2022). İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Toplum Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*.

Çelikkaya, A. (2023). Karbon Fiyatlandırması Seçenekleri ve Tasarım Sorunları. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 1-26.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığından: Sera Gazi Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ- 2014- <https://124.im/prsG> Erişim tarihi: 15.12.2024

Çokgezen, J. (2007). Avrupa Birliği çevre politikası ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2).

Damirova, S. & Yayla, N. (2021). “Çevre Kirliliği İle Makroekonomik Belirleyicileri Arasındaki İlişki: Seçilmiş Ülkeler İçin Bir Panel Veri Analizi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (30), 107–126.

Danışman, İ. K., & Özalp, G. (2016). Karbon Ayak İzinin Azaltılmasında Yeşil Liman Uygulamasının Rolü: Marport Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 8, 99-166.

Demirbaş, M. & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*.

Dincer, B. (0). Kapsam 1 ve Kapsam 2 Sera Gazi Emisyonları Ölçümlemesinin IFRS S2 Kapsamında Değerlendirilmesi. *İktisat İşletme ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*.

Downie, J., & Stubbs, W. (2012). Corporate carbon strategies and greenhouse gas emission assessments: the implications of scope 3 emission factor selection. *Business Strategy and the Environment*, 21(6), 412-422.

Druckman, A., & Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990–2004: a Socio-economically disaggregated, Quasi-multi-regional input–output model. *Ecological economics*, 68(7), 2066-2077.

EDAM. (2015). Carbon Taxation Policy Case Studies.
https://edam.org.tr/Uploads/Yukleme_Resim/-19-10-2023-15-23-56.pdf

Edemen, M., Engin, V., Boynukara, E., Narin, E., Yalçın, M., Küçükilhan, H., ve Kavlak, A., 2023. Küresel Isınma, Küresel Isınmanın Nedenleri ve Sonuçları Dünya ve Türkiye Üzerine Olası Etkileri. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 10(91), 37-48.
jshsr.org

El País. (2025, 14 Ocak). Cómo Portugal se convirtió en el país más descarbonizado del sur de Europa. El País. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2025-01-14/como-portugal-se-convirtio-en-el-pais-mas-descarbonizado-del-sur-de-europa.html>

Ercoskun, S., & Kovancılar, B. (2023). Nordik Ülkelerinde Karbon Vergisi Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 30(3), 611-631.

Erden Özsoy, C., (2022). *Sınırlarda Karbon Düzenleme Mekanizması: Türkiye İçin Yeni Bir Risk mi Fırsat mı?*. VI. Anadolu International Conference on Economics, Eskişehir, Turkey

Erden, C. (2014). Düşük Karbon Ekonomisi Ve Türkiye'nin Karbon Ayak İzi. In *International Conference in Economics*.

Ertaş, S. A. (2024). Avrupa Birliği Ülkelerinin Çevre Performanslarının İstatistiksel Analiz Yardımıyla İncelenmesi. Bozok Sosyal Bilimler Dergisi.

Esen, Ö., & Dündar, M. (2021). Do energy taxes reduce the carbon footprint? Evidence from Turkey. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(2), 179-186.

Estonya Çevre Bakanlığı. (2021). Estonya'nın sera gazı emisyonları raporu.
<https://imup.cc/Q1UqAk> Erişim Tarihi: 02.02.2025

EU-Climate Action- What is the EU ETS? Link: <https://imup.cc/jlGrYY> Erişim Tarihi: 08.04.2025

European Commission. (2020). 2030 iklim ve enerji çerçevesi.

Evren, M. B. (2022). İnsan ve Çevre Etkileşiminde Küresel İklim Değişikliğine Adaptasyon. *Kırkłareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*.

Finlandiya Hazinesi. (2022). Carbon Neutral Finland 2035.
<https://imup.cc/Z8rN7m> Erişim Tarihi: 09.01.2025

Fuss, S., Flachsland, C., Koch, N., Kornek, U., Knopf, B., & Edenhofer, O. (2018). A framework for assessing the performance of cap-and-trade systems: insights from the European Union Emissions Trading System. *Review of Environmental Economics and Policy*.

Gerek, G. S. (2022). İklim Değişikliği Sorununun Hukuki ve Toplumsal Boyutlarına Yönelik Farkındalıkla İlişkin Ölçek Geliştirme Çalışması. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*.

Gevher, R. (2022). Sürdürülebilir Kalkınma ve Yeşil Ekonomi: Avrupa Birliği Örneği.

Gill, B., & Moeller, S. (2018). GHG emissions and the rural-urban divide. A carbon footprint analysis based on the German official income and expenditure survey. *Ecological Economics*, 145, 160-169.

Goulder, L. H., & Schein, A. R. (2013). Carbon taxes versus cap and trade: a critical review. *Climate Change Economics*, 4(03), 1350010.

Gökten, P. O., Marşap, B., & Gökten, S. (2018). Sera Gazi Emisyon Raporlaması Bir Tercih Mi Yoksa Zorunluluk Mu? Kuramsal Bir Değerlendirme. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20, 911-922.

Guidance for Understanding Climate Conditions and Climate Change, and Determining Physical Climate Risks in Operational Programming- Climate Change Knowledge Portal (CCKP) 2024

Güllü, M., & Bayraç, H. N. B. (2017). Biyoyakıt Üretimi, Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Amerika, Brezilya ve Almanya Örnekleri. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (64), 18-34.

Gültekin, R. (2022). Avrupa Birliği Sınırda Karbon Düzenlemesi ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme. *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 8.

Gümüş, B. & Buluş, A. (2020). Uluslararası çevre sorunları ve william Nordhaus'ın çevre ekonomisine katkıları. *Alanya Akademik Bakış*.

Gündüz, N. K. (2021). Yenilenebilir enerji yatırımlarının ve teşviklerinin ülke gruplarına göre karşılaştırılması.

Hertwich, E. G., & Wood, R. (2018). The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104013.

Hotunluoğlu, H., & Tekeli, R. (2007). Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var mı?. *Sosyoekonomi*, 6(6).

Höbel, Z., 2022. İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Temiz Enerji İçin Vergi Politikaları ve Uygulamaları. *PROCEEDINGS BOOK*.

Huang, H., Narayanan, S., & Swaminathan, J. M. (2020). Carrot or stick? Supplier diversity and its impact on carbon emission reduction strategies. *Supplier Diversity and its Impact on Carbon Emission Reduction Strategies (March 23, 2020)*. *Kenan Institute of Private Enterprise Research Paper*, (20-9).

ICLEI. International Local Government GHG Emissions AnalysisProtocol Release Version 1.0; 2008

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 – Energy* (Chapter 1:

Introduction). IGES. Retrieved from <https://l24.im/8zbXaC> Erişim Tarihi: 10.03.2024

International Energy Agency (IEA). (2022). Estonia enerji politikası incelemesi.

International Energy Agency. (2023). Environmental Charges Act - Estonia carbon tax. <https://imup.cc/bEBNdq> Erişim Tarihi: 19.01.2025

International Monetary Fund (IMF). (2021). Finland's Green Building Revolution. IMF. <https://imup.cc/AE8YJz> Erişim Tarihi: 20.01.2025

Isaksen, E. T., & Narbel, P. A. (2017). A carbon footprint proportional to expenditure-A case for Norway?. *Ecological Economics*, 131, 152-165.

Jonsson, S., Ydstedt, A., & Asen, E. (2020). Looking back on 30 years of carbon taxes in Sweden. *Fiscal fact*, 727.

Kahriman, E. H. (2020). Küresel İklim Değişikliğinin Olumlu ve Olumsuz Dışsallıkları Üzerine Bir Değerlendirme. Sayıştay Dergisi.

Karaca, B. & Çimat, A. (2023). Sanayileşme-Enerji Tüketimi ve Büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi: Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı. Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.

Karakaya, E., Akkoyun, G., & Hiçyılmaz, B. (2023). Sera Gazı Emisyonu Azaltımı için Karbonun Fiyatlanması: Karbon Vergisi mi Emisyon Ticareti mi?. Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi, 8(4), 813-841.

Karakoç, A. (2022). Yerel yönetimler için karbon ayak izinin hesaplanması; Kahramankazan örneği.

Karaman, R. (2024). Tüketim bencilliğinin ekolojik ayak izi farkındalığına ve tüketici tercihlerine etkisi: Yeşil restoranlar örneği.

Karataş, E. C. (2023). Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi ve Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması. Makro Boyutlarıyla Çevre Ekonomisi.

Kesbiç, C. & Şimşek, D. (2020). “Çevresel Riskleri Azaltmada Çevre Vergilerinin Etkisi: Avrupa Birliği ve Türkiye Örneği”, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 21(46), 20–39.

Khastar, M., Aslani, A., & Nejati, M. (2020). How does carbon tax affect social welfare and emission reduction in Finland? *Energy Reports*, 6, 736–744.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.03.001>

Kıçık, N. (2023). Küresel iklim değişikliğinde tarım ve bir çözüm önerisi olarak modern tarım uygulamaları.

Kılçık, F. (2021). Çevre Etiği Çerçevesinde Sucul Ekosistemler ve Biyolojik İzleme. *Tabula Rasa: Felsefe ve Teoloji*.

Kılınç, E. C. & Altıparmak, H. (2020). “Çevre Vergilerinin CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkisi Üzerine Bir Uygulama”, *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 217–227.

Kızıltoprak, Ö (2024). Küresel Isınma ile mücadelede Karbon Vergisi. *Bitlis Eren Sosyal Araştırmalar Dergisi*.

Kiuila, O., & Markandya, A. (2009). Can transition economies implement a carbon tax and hope for a double dividend? The case of Estonia. *Applied Economics Letters*, 16(7), 705-709.
<https://doi.org/10.1080/13504850701221816>

KPMG (2025), Avrupa Birliği Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM)
<https://l24.im/D3i5Q8y> Erişim Tarihi: 14.01.2025

KumAŞ, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M., & Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. *El-Cezeri*, 6(1), 108-117.

Kurt, M. (2024). G-20 Ülkelerinde Ekolojik Vergilerin Karbon Emisyonları Üzerindeki Etkisi: Panel ARDL Analizi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*.

Küçük, G. & Dural, B. Y. (2022). Avrupa yeşil mutabakatı ve yeşil ekonomiye geçiş: Enerji senaryoları üzerinden bir değerlendirme. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.

Larsen, H. N., & Hertwich, E. G. (2010). Implementing Carbon-Footprint-Based Calculation Tools in Municipal Greenhouse Gas Inventories: The Case of Norway. *Journal of Industrial Ecology*, 14(6), 965-977.

Le Monde. (2024). What's an effective climate policy? <https://imup.cc/WCFf1a>
Erişim Tarihi: 07.04.2025

Lin, B., & Li, X. (2011). The effect of carbon tax on per capita CO₂ emissions. *Energy policy*, 39(9), 5137-5146.

LSE. (2015). Finland: Climate Change Laws of the World.

Manta, A. G., Doran, N. M., Bădîrcea, R. M., Badareu, G., & Țăran, A. M. (2023). Does the implementation of a Pigouvian tax be considered an effective approach to address climate change mitigation?. *Economic Analysis and Policy*, 80, 1719-1731.

Manuel Frondel, Stefanie A. Schubert, Carbon pricing in Germany's road transport and housing sector: Options for reimbursing carbon revenues, *Energy Policy*, Volume 157, 2021,112471, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112471>.

Marbuah, G., & Gren, I. M. (2015). *Carbon emissions and social capital in Sweden*. Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences.

Marbuah, G., Gren, M., & Tirkaso, W. T. (2021). Social capital, economic development and carbon emissions: Empirical evidence from counties in Sweden. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111691.

Marron, Donald B. and Eric J. Toder. 2014. "Tax Policy Issues in Designing a Carbon Tax." *American Economic Review*, 104 (5): 563–68.

Merritt-Thrasher, K. M. (2011). Tracing the steps of Norway's carbon footprint: lessons learned from Norway and the European Union concerning the regulation of carbon emissions. *Ind. Int'l & Comp. L. Rev.*, 21, 319.

Metcalf, G. E. (2021). Carbon taxes in theory and practice. *Annual Review of Resource Economics*, 13(1), 245-265.

Mısır, A., & Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye'de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 69-78.

Ministry of the Environment of Finland. (2022). Finland's Carbon Neutrality Target for 2035. Government of Finland.

Mirici, M. E., & Berberoğlu, S. (2022). Türkiye perspektifinde yeşil mutabakat ve karbon ayak izi: tehdit mi? fırsat mı?. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 156-164.

Murray, B., & Rivers, N. (2015). British Columbia's revenue-neutral carbon tax: A review of the latest “grand experiment” in environmental policy. *Energy Policy*.

Müller, L. J., Kätelhön, A., Bringezu, S., McCoy, S., Suh, S., Edwards, R., ... & Bardow, A. (2020). The carbon footprint of the carbon feedstock CO₂. *Energy & Environmental Science*, 13(9), 2979-2992.

NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS). (2024). Global temperature anomalies. NASA Climate Change. Retrieved. <https://imup.cc/VkB2Z0>
Erişim Tarihi: Şubat 9, 2025

O'Donoghue, C., Immervoll, H., Can, Z. G., Linden, J., & Sologon, D. (2024). The distributional impact of carbon pricing and energy related taxation in Ireland. ESRI. <https://imup.cc/WZettB> Erişim Tarihi: 09.03.2025

OECD. (2021). A credible carbon tax trajectory for Ireland. <https://imup.cc/jEPjgL>
Erişim Tarihi: 05.04.2025

OECD. (2023). Key Findings for Carbon Pricing in Portugal.

OECD. (2024). Carbon Pricing in Finland.

Oğuz, N. S. & Yıldız, S. (). Bir Çevre Vergisi Olarak Karbon Vergisi. Anadolu University Journal of Faculty of Economics.

Oireachtas. (2024). Climate: Focus on the carbon tax. <https://imup.cc/3nF4uz>
Erişim Tarihi: 02.02.2025

Okanlı, G. & Demir, O. (2024). Karbon ayak izi, türleri, oluşum sebepleri ve azaltma stratejileri. Toprak Altı Hazinesi.

Organ, İ., & Çiftçi, T. E. (2013). KARBON VERGİSİ. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(1), 81-95.

Orkunoğlu Şahin, I. F., ve Çiftçi, T. E. (2021). İklim Değişikliği İle Mücadelede Türkiye İçin Karbon Vergisi Önerisi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 16(2), 254-269. <https://doi.org/10.48145/gopsbad.1005072>

Öktem, B. (2020). Sera gazı emisyon muhasebesi ve raporlamasının GRI 305: emisyon standarı çerçevesinde incelenmesi. Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(2), 186-211.

Örtlek, Z. (2024). Finansal gelişme ve yeşil teknolojik inovasyonun çevre kalitesi üzerindeki etkisi.

Özdemir, H., & Köse, M. (2024). Karbon Vergisi, Emisyon Ticaret Sistemi ve Sınırda Karbon Düzenlemesi: Türkiye Açısından Değerlendirmeler. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(3), 518-541.

Özdiç, F. (2024). Doğal Afetlerin Davranışsal Ekonomi Bağlamında İncelenmesi: Bibliyometrik Bir Analiz. *Efil Journal of Economic Research/Efil Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(3).

Özel, B., & Yorulmaz, M. (2024). Uluslararası Risk Yönetişim Konseyi (IRGC) Risk Yönetişim Çerçeve Bağlamında İklim Değişikliğinin Çevresel ve Güvenlik Çıktılarının Analizi: NATO Örneği. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 51-71.

Özkul, S. (2021). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, *DEÜ İklim- DE Farkındalık Projesi*, <https://124.im/qLlbGiD> Erişim Tarihi: 15.02.2024

Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environ Altuğ, T., & Özkan, F. (2015)*.

Parry, I. W. H., & Wingender, P. (2021). Fiscal Policies for Achieving Finland's Emission Neutrality Target. IMF Working Papers, 2021(171).

Pereira, R. M., & Rodrigues, P. G. (2015). A new carbon tax in Portugal: A missed opportunity to achieve the triple dividend? *Energy Policy*, 88, 289-298. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.007>

Riigi Teataja. (2024). Environmental Charges Act. <https://imup.cc/NsriBY> Erişim Tarihi: 17.01.2024

Runst, P. (2021). The German eco tax and its impact on CO₂ emissions- [Energy Policy](#)

Ruyssenaars, P. G., Coenen, P. W. H. G., Zijlema, P. J., Arets, E. J. M. M., Baas, K., Dröge, R., ... & van Zanten, M. C. (2021). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2019. *National Inventory Report 2021*.

Sancakdar, O. (2023). İklim Değişikliğinin Kamu Hizmeti, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temel Haklara Etkilerinden Kesitler ve İklim Davaları. *İdare Hukuku ve İlimleri Dergisi*.

Sapmaz, H. (2023). Karbon Vergisinin Türkiye'de Uygulanabilirliği. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 1-10.

Savcı, M. & Yıldırım, K. (2024). İklim Değişikliği ve Çevresel Maliyetler: Kirleten Öder İlkesi Çerçeveinde Bir Değerlendirme. *Fiscaoeconomia*.

Savrul Kılınç, B. Ve Yağış, O. (2022). Fosil Kaynaklı Enerji Tüketimi ve Çevre Kalitesi: APEC Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi, SOSYAL BİLİMLERDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR II. Çanakkale,2022.

Shrimali, G. (2022). Scope 3 emissions: measurement and management. *The Journal of Impact and ESG Investing*, 3(1), 31-54.

Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO₂ emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6167-6181.

Sözbilir Mendekli, A.H., (2023). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Kapsamında Avrupa Birliği'nin Ortak Çevre Politikasının Değerlendirilmesi-156

Statista. (2023). Estonia'nın fosil yakıt tüketimi istatistikleri.
<https://imup.cc/0zSiAw> Erişim Tarihi: 12.12.2024

Stavins, R. N. (2019). Carbon taxes vs. cap and trade: Theory and practice. *Cambridge, Mass.: Harvard Project on Climate Agreements*.

Şahin, G., Avcıoğlu Onurbaş, A., Tarımsal Üretimde Sera Gazları ve Karbon Ayak İzi- 2016, 12 (3), 157-162

Şahin, I. F. O. Ve Çiftçi, T. E. (2021). İklim değişikliği ile mücadelede Türkiye için karbon vergisi önerisi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 16(2), 254-269.

Şahin, O. (2022). Dünya ve Türkiye'de Ekolojik Kent Örnekleri Değerlendirilmesi. *City Health Journal*.

Şencan, D. (2021). Çevresel Sorunların Önlenmesinde Karbon Vergisi Üzerine Genel Bir Bakış. *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi*, (6), 50-58.

Şenol, S. (2024). İklim değişikliği ve güvenlik ilişkisi: Türkiye üzerine bir değerlendirme.

Şimşek, O. & Tunalı, H. (2022). Yeşil finansman uygulamalarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki rolü: *Türkiye Projeksiyonu. Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*.

T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Küresel Isınma ve İklim Değişikliği- 2008 (1-79)

Tan, E. E. (2022). İklim Değişikliği ve Sosyal Politika: Adil Bir Gelecek İçin Yol Haritası. Ulusa: Uluslararası Çalışmalar Dergisi.

Temel, F. (2024). Yeşil Finans, Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Doğrudan Yabancı Yatırımların Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkileri: E-7 Grubu Örneği.

The Guardian. (2024). Finland's emissions target under threat as forests, peatlands stop absorbing carbon. Retrieved from <https://imup.cc/zzbX73> Erişim Tarihi: 07.04.2025

Time. (2019). Activists Can't Agree on How to Fight Climate Change. The IMF Says Just Do Something. <https://imup.cc/lk5oOe> Erişim Tarihi: 04.03.2025

Turanlı, A.M. (2015). Estimation of Carbon Footprint: A Case Study for Middle East Technical University, Master of Science. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara.

TUSİAD (2020) Ekonomik Göstergeler Merceğiinden Yeni İklim Rejimi Raporu <https://l24.im/prsG> Erişim Tarihi: 14.01.2025

Türkeş, M. & Değişikliği, B. (2022). İklim diplomasisi ve iklim değişikliğinin ekonomi politiği. Bilim ve Ütopya.

Ubay, B., & Bilgici, Y. (2021). Emission Trading System And Its Importance In Carbon Pricing. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*.

Uğur, S. (2014). Sera gazı emisyonlarının azaltımında karbon-enerji vergilerinin rolü. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*

Uyduranoğlu, A. (2023). İklim Değişikliği, Yoksullar ve Karbon Fiyatlandırması. *REFLEKTİF Sosyal Bilimler Dergisi*.

WEF, 2021. Net-zero Challenge: The Supply Chain Opportunity. Available at Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity | World Economic Forum (weforum.org)

Wiedmann, T., Chen, G., Owen, A., Lenzen, M., Doust, M., Barrett, J., & Steele, K. (2021). Three-scope carbon emission inventories of global cities. *Journal of Industrial Ecology*, 25(3), 735-750.

Wintergreen, J., & Delaney, T. (2007, May). ISO 14064, international standard for GHG emissions inventories and verification. In *16th annual international emissions inventory conference, Raleigh, NC*.

World Bank. (2023). Carbon Pricing Dashboard: Finland. Retrieved from <https://imup.cc/3M0kNl> Erişim Tarihi: 02.02.2025

Worldometer. (2024). Finland CO₂ Emissions. <https://imup.cc/ifVPpr> Erişim Tarihi: 10.04.2025

Ya Cheng, Avik Sinha, Vinit Ghosh, Tuhin Sengupta, Huawei Luo, Carbon tax and energy innovation at crossroads of carbon neutrality: Designing a sustainable decarbonization policy, *Journal of Environmental Management*, Volume 294, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112957>

Yavuz, E. & Ergen, E. (2022). “Çevre Vergilerinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş G20 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama”, *International Journal of Public Finance*, 7(1), 113-136. <https://doi.org/10.30927/ijpf.1066728>

Yıldız, Z. (2024). Japonya ve Güney Kore'yi İklim Liderliği ÇerçEVesinde Asya Pasifik ve Küresel İklim Politikalarında Konumlamak.

Yılmaz Uğur, C. (2023). Avrupa Birliği'nde Karbon Vergisinin Kabul Edilebilirliği: Güven, Endişe ve Demokratik Katılım. Sosyal Mucit Academic Review, 4(3), 343-363. <https://doi.org/10.54733/smar.1342166>

Yılmaz, F. (2022). Enerji yönetimi ve Türkiye: Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde bir değerlendirme. Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi.

Yüksek, M. 2020. Yeşil Sanayi & Endüstri Nedir?. cerkezkoytso.org.tr.

Zhang, Z., Karimi, M.S., Weerasinghe, N.M., Bilan, Y., Shahzad, U. (2024). Interplay between economic progress, carbon emissions and energy prices on green energy adoption: Evidence from USA and Germany in context of sustainability, Renewable Energy, 230-242