



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı

Çevre Sağlığı Bilim Dalı

**KÜRESEL AYAK İZİ; SEÇİLMİŞ OECD ÜLKELERİNİN
KÜRESEL AYAK İZLERİNİN TOPSİS YÖNTEMİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Mustafa MİSİR

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

**KÜRESEL AYAK İZİ; SEÇİLMİŞ OECD ÜLKELERİNİN
KÜRESEL AYAK İZLERİNİN TOPSİS YÖNTEMİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Mustafa MİSİR

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı
Çevre Sağlığı Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

KABUL VE ONAY

Mustafa Misir tarafından hazırlanan “Küresel Ayak İzi; Seçilmiş OECD Ülkelerinin Küresel Ayak İzlerinin Topsis Yöntemiyle Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışma, 18.03.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Y. Murat KIZILKAYA (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN

Doç. Dr. İ. Orkun ORAL

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

18/03/2025

Mustafa MİSİR

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

** Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Tez Danışmanının Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Mustafa MİSİR

ÖN SÖZ

İnsan nüfusunun artması sonucu ortaya çıkan tüketim alışkanlıkları değişmekte ve artmaktadır. Doğal kaynakların tüketilmesi ve çevreye etkileri sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Ekolojik kapasitenin aşılması için bilinçli ve sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları kazanmak dünyanın geleceği için önemlidir.

İnsanların gelecek nesillere bırakacağı ve yaşamlarını rahatça sürdürebilecekleri bir yaşam oldukça gereklidir. Sürdürülebilir kaynakların kullanımı ve atık oluşumunun önüne geçilmesi insanlık için ödev mahiyetindedir.

İnsanlık için Küresel Ayak İzi tezimde gerekli bilinçlendirmeyi kendime hedef edinmekteyim. Tez içerisinde amacına uygun ve bilgilendirici çalışmalar olacaktır. İnsanlığın üretim tüketim dengesini, atık oluşumunu ve sürdürülebilirliği kendime hedef olarak belirledim.

Bu çalışmamda bana her türlü desteği sağlayan, yol gösteren ve benim için çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA' ya teşekkür ederim. Tez sürecimde kaybettiğim ve hayatımda önemli yeri olan dedem Mehmet Salih MİSİR' i anmak isterim. Babam Nihat MİSİR' e, annem Emine MİSİR' e, ablalarım Arzu ve Fatma MİSİR' e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Mustafa Misir
Ardahan-2025

ÖZET

MİSİR, Mustafa. *Küresel Ayak İzi; Seçilmiş OECD Ülkelerinin Küresel Ayak İzlerinin Topsis Yöntemiyle Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2025.

İnsanlık tarihinden itibaren doğal kaynakların kullanımı sonrasında atık oluşumu meydana gelmektedir. İnsanoğlu enerji üretmek için doğal kaynakları kullanmaktadır. Üretilen bu enerjinin günlük hayatta kullanılması ihtiyaçtır. Doğal kaynakların aşırı kullanımı dünyanın geleceğini olumsuz etkilemektedir. Doğal kaynakların kullanımı dünyada küresel ayak izi kavramını ortaya çıkarmıştır. Küresel ayak izi insanoğlunun çevreye olan etkisini ifade eden bir kavramdır. Küresel ayak izi insanların doğaya etkilerini inceler ve kendine sürdürülebilirliği amaç edinir. İnsanoğlu yaşadığı çevreyi tahrip etmeden sürdürülebilir şekilde yaşamayı bilmelidir. Çevrenin düzenini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için duyarlı olmak insanlık görevidir. Sürdürülebilir bir çevre gelecek nesiller için önem ifade etmektedir. Gelecek nesillerin refah ve temiz bir çevrede yaşamaları için çevre dostu yenilenebilir kaynaklar kullanılmalıdır. İnsanoğlu tarihinin ilk gününden itibaren üretim faaliyetlerine başlamıştır. Ancak endüstriyel üretimin artmasıyla birlikte bu üretim faaliyetleri çevreyi etkilemekte ve ciddi ölçüde atık oluşumuna sebebiyet vermektedir. Üretilen bu ürünlerin tüketilmesi sonrasında oluşan atıkların önüne geçilip geri dönüştürülebilmesi sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Atık oluşumun önüne geçilmesi için öncelikle insanların bilinçlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada ülkelerin küresel ayak izleri üzerine analiz yapılması için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle Entropi yöntemiyle seçilen OECD ülkelerinin ağırlıkları belirlenmiş daha sonra Topsis yöntemiyle ülkelerin sıralaması elde edilmiştir. Bu sayede seçilen OECD ülkelerinin küresel ayak izine olan etkisi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Doğal Kaynaklar, Küresel Ayak İzi, Sürdürülebilirlik, Çok Kriterli Karar Verme, Entropi, Topsis.

ABSTRACT

MİSİR, Mustafa. *Global Footprint; Comparison of Global Footprints of Selected OECD Countries by Topsis Method*, Master's Thesis, Ardahan, 2025.

Since the history of humanity, waste generation occurs after the use of natural resources. Human beings use natural resources to produce energy. It is necessary to use this energy produced in daily life. Excessive use of natural resources negatively affects the future of the world. The use of natural resources has created the concept of global footprint in the world. Global footprint is a concept that expresses the impact of human beings on the environment. The global footprint examines the impact of humans on nature and aims to achieve sustainability. Human beings should know how to live sustainably without destroying the environment they live in. It is humanity's duty to be sensitive to ensure the order and sustainability of the environment. A sustainable environment is important for future generations. Environmentally friendly renewable resources should be used for future generations to live in a prosperous and clean environment. Mankind has started production activities since the first day of its history. However, with the increase in industrial production, these production activities affect the environment and cause serious waste generation. It is important for sustainability that the wastes generated after the consumption of these products can be prevented and recycled. In order to prevent waste generation, people must first be made aware. In this study, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method was used to analyze the global footprint of countries. Firstly, the weights of the selected OECD countries were determined by Entropy method and then the ranking of the countries was obtained by Topsis method. In this way, the impact of the selected OECD countries on the global footprint was analyzed.

Keywords:

Natural Resources, Global Footprint, Sustainability, Multiple Criteria Decision Making, Entropi, Topsis.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM.....	4
KÜRESEL AYAK İZİ	4
1.1. KÜRESEL AYAK İZİ	4
1.1.1. Küresel Ayak İzinin Bileşenleri	7
1.1.1.1. Orman Alanı Ayak İzi	8
1.1.1.2. Karbon Alanı Ayak İzi.....	8
1.1.1.3. Tarım Alanı Ayak İzi.....	10
1.1.1.4. Otlatma Alanı Ayak İzi.....	10
1.1.1.5. Yapılaşmış Alan Ayak İzi.....	11
1.1.1.6. Balıkçılık Alanı Ayak İzi.....	11
1.1.2. Küresel Ayak İzinin Analizi.....	12
1.1.3. Küresel Ayak İzinin Azaltılması	12
1.1.4. Küresel Ayak İzinin Hesaplanmasının Önemi	13
1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	14
1.2.1. Kyoto Protokolü	17
1.2.2. Sürdürülebilirliğin Temel İlkeleri.....	21
1.2.3. Sürdürülebilirlik Bileşenleri	21
1.2.3.1. İktisadi Bileşen	22
1.2.3.2. Sosyal Bileşen.....	23

1.2.3.3. Çevresel Bileşen	23
1.2.4. Sürdürülebilirliğin Gelişimi.....	23
1.2.5. Sürdürülebilir Kaynak Kullanımı	26
1.3. DÜNYADA AYAK İZİ	27
1.3.1. Dünyanın Biyolojik Kapasitesi.....	29
1.3.2. Dünyada Biyolojik Kapasite Açığı.....	30
1.3.3. Dünyada Enerji Üretimi	33
1.3.3.1. Dünyada Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji	34
1.3.3.2. Yeşil Ekonominin Etkileri	35
1.3.4. Dünyada Yenilenebilir Enerjiyle ilgili Gelişmeler.....	36
1.3.5. Dünyada Gelire Göre Ayak izi	38
1.4. TÜRKİYE’NİN AYAK İZİ	38
1.4.1. Türkiye’de Elektrik Üretiminin Ayak İzi	43
1.4.2. Türkiye’nin Biyolojik Kapasitesi	45
1.4.3. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları	46
1.4.4. Türkiye’de Yenilenemez Enerji Kaynakları Kullanımı	49
1.4.5. Türkiye’de Ayak İzi Eğilimleri	49
1.4.6. Türkiye’nin Bulunduğu Konumun Ayak İzi	50
2. BÖLÜM.....	51
LİTERATÜR.....	51
3. BÖLÜM.....	54
3.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ (ÇKKV)	54
3.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV) İle Yapılan Çalışmalar	54
3.1.2. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Kullanıldığı Alanlar	56
3.1.3. OECD Ülkelerinin Ayak İzlerinin Hesaplanmasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi	56
3.1.4. Seçilmiş OECD Ülkelerine Ait Ayak İzi Verileri	57
4. BÖLÜM.....	60
UYGULAMA.....	60
4.1. YÜK TAŞIMACILIĞI (DEMİRYOLU).....	60
4.2. AR-GE'YE YÖNELİK GAYRİSAFİ YURT İÇİ HÂSILA (GSYH) HARCAMA	60

4.3. HAVA VE SERA GAZI EMİSYONLARI	61
4.4. BELEDİYE ATIKLARI	61
4.5. ELEKTRİK ÜRETİMİ	61
4.6. YURTIÇİ MALZEME TÜKETİMİ.....	62
4.7. BİTKİSEL ÜRETİM (BUĞDAY)	62
4.8. DOĞAL GAZ TÜKETİMİ.....	63
4.9. BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ.....	63
4.10. KÖMÜR TÜKETİMİ	63
4.11. NÜKLEER ENERJİ ÜRETİMİ	64
4.12. KARBON ENERJİDEN KAYNAKLI KARBONDİOKSİT EMİSYONLARI	64
4.13. PETROL TÜKETİMİ	64
4.14. YÖNTEM.....	65
4.14.1. Entropi Yöntemi Nedir	65
4.14.1.1.Karar Matrisinin Oluşturulması	65
4.14.1.2.Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması.....	66
4.14.1.3.Entropi Değerlerinin Hesaplanması (Ej).....	66
4.14.1.4.Bilginin Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması (dj).....	67
4.14.1.5.Entropi Ağırlığının Hesaplanması (wj)	67
4.14.2. Topsis Yöntemi Nedir	67
4.14.2.1.Karar Matrisinin Oluşturulması	68
4.14.2.2.Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması.....	68
4.14.2.3.Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması.....	69
4.14.2.4.Pozitif (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması.....	69
4.14.2.5.Pozitif (S+) ve Negatif Ayrım (S-) Çözüm Değerleri	69
4.14.2.6.İdeal Çözüme Göre Topsis Sonuçları	70
4.15. KÜRESEL AYAK İZİNİN ANALİZİ: ENTROPİ TABANLI TOPSİS YÖNTEMİYLE BİR UYGULAMA	70
4.15.1. Araştırmanın Konusu.....	70
4.15.2. Araştırmanın Önemi ve Amacı.....	71
4.15.3. Araştırmanın Sınırlılıkları	71
4.15.4. Araştırmanın Veri Setleri	71

4.16. ANALİZ	76
4.16.1. Entropi Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	76
4.16.1.1.Karar Matrisinin Oluşturulması	76
4.16.1.2.Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması.....	80
4.16.1.3.Entropi Değerlerinin Hesaplanması (Ej)	83
4.16.1.4.Bilginin Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması (dj Değerleri)	85
4.16.1.5.Entropi Ağırlığının Hesaplanması (Wj).....	86
4.16.2. Topsis Yöntemi İle Verilerin Analizi	89
4.16.2.1.Karar Matrisinin Oluşturulması	90
4.16.2.2.Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması.....	93
4.16.2.3.Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması.....	96
4.16.2.4.Pozitif İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A) Çözüm Değerleri	101
4.16.2.5.Pozitif (S+) ve Negatif (S-) Ayrım Çözüm Değerlerinin Hesaplanması.....	102
4.16.2.6.İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması (Topsis Sonuçları).104	
5. BÖLÜM.....	106
BULGULAR.....	106
SONUÇ.....	108
KAYNAKÇA	111
EKLER.....	121
EK 1. ORJİNALLİK RAPORU	121
EK 2. ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU	122
ÖZ GEÇMİŞ.....	123

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BM	Birleşmiş Milletler
BP	British Petroleum
CFC	Kloroflorokarbonlar
CH₄	Metan
CO₂	Karbondioksit
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
gha	Global Hectar
GSYH	Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla
HFCs	Hidroflorokarbonlar
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
N₂O	Nitroksit
O₃	Ozon
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PFCs	Perflorokarbonlar
SF₆	Sülfürheksaflorit
t.y.	Tarih Yok
WWF	World Wide Fund for Nature

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Küresel ayak izinin hesaplanması.....	5
Tablo 2. Karbon ayak izi parametreleri.....	9
Tablo 3. Kyoto Protokolünde dikkat çekilen sera gazları	18
Tablo 4. Sera gazları ve küresel ısınmaya etkileri	19
Tablo 5. Karbondioksit emisyonu yüksek ülkeler.....	28
Tablo 6. Küresel ayak izi bileşenleri.....	29
Tablo 7. Dünyada ekolojik açığı yüksek ülkeler.....	31
Tablo 8. Ülke gruplarının ekolojik açıklık miktarı	32
Tablo 9. Yenilenebilir enerji yatırımında öne çıkan ülkeler	37
Tablo 10. Türkiye'nin küresel ayak izi bileşenleri.....	41
Tablo 11. Türkiye'nin karbon alanı ayak izi bileşenleri	42
Tablo 12. Türkiye'nin gigawatt saat elektrik talebi	44
Tablo 13. Türkiye ile dünyanın ayak izi verileri.....	45
Tablo 14. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınıflandırılması	46
Tablo 15. Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan faydalanma oranları	47
Tablo 16. Türkiye'nin enerji üretim oranları	47
Tablo 17. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli	48
Tablo 18. 2020 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri	57
Tablo 19. 2021 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri	58
Tablo 20. 2022 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri	58
Tablo 21. 2020 yılına ait veriler	73
Tablo 22. 2020 yılına ait verilerin devamı	73
Tablo 23. 2021 yılına ait veriler	74
Tablo 24. 2021 yılına ait verilerin devamı	74
Tablo 25. 2022 yılına ait veriler	75
Tablo 26. 2022 yılına ait verilerin devamı	75
Tablo 27. 2020 yılı karar matrisi.....	77
Tablo 28. 2020 yılına ait karar matrisi devamı	77
Tablo 29. 2021 yılı karar matrisi.....	78
Tablo 30. 2021 yılı karar matrisi devamı	78

Tablo 31. 2022 yılı karar matrisi.....	79
Tablo 32. 2022 yılı karar matrisi devamı	79
Tablo 33. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi	80
Tablo 34. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	81
Tablo 35. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi	81
Tablo 36. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	82
Tablo 37. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi	82
Tablo 38. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	83
Tablo 39. 2020 yılına ait Entropi değerleri (E_j değerleri).....	83
Tablo 40. 2021 yılına ait Entropi değerleri (E_j değerleri).....	84
Tablo 41. 2022 yılına ait Entropi değerleri (E_j değerleri).....	84
Tablo 42. 2020 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (d_j değerleri).....	85
Tablo 43. 2021 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (d_j değerleri).....	85
Tablo 44. 2022 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (d_j değerleri).....	86
Tablo 45. 2020 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (W_j değerleri).....	87
Tablo 46. 2021 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (W_j değerleri).....	88
Tablo 47. 2022 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (W_j değerleri).....	89
Tablo 48. 2020 yılı karar matrisi.....	90
Tablo 49. 2020 yılı karar matrisi devamı	90
Tablo 50. 2021 yılı karar matrisi.....	91
Tablo 51. 2021 yılı karar matrisi devamı	91
Tablo 52. 2022 yılı karar matrisi.....	92
Tablo 53. 2022 yılı karar matrisi devamı	92
Tablo 54. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi	93
Tablo 55. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	93
Tablo 56. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi	94
Tablo 57. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	94
Tablo 58. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi	95
Tablo 59. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı	95
Tablo 60. 2020 yılı Entropi ağırlık değerleri	96
Tablo 61. 2020 yılı ağırlıklı standart karar matrisi	97
Tablo 62. 2020 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı.....	97

Tablo 63. 2021 yılı Entropi ağırlık değerleri	98
Tablo 64. 2021 yılı ağırlıklı standart karar matrisi	98
Tablo 65. 2021 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı.....	99
Tablo 66. 2022 yılı Entropi ağırlık değerleri	99
Tablo 67. 2022 yılı ağırlıklı standart karar matrisi	100
Tablo 68. 2022 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı.....	100
Tablo 69. 2020 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri	101
Tablo 70. 2021 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri	101
Tablo 71. 2022 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri	102
Tablo 72. 2020 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri	102
Tablo 73. 2021 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri	103
Tablo 74. 2022 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri	103
Tablo 75. 2020 yılı verilerine göre Topsis sonuçları	104
Tablo 76. 2021 yılı verilerine göre Topsis sonuçları	104
Tablo 77. 2022 yılı verilerine göre Topsis sonuçları	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ayak izi oluşumunda kaynak, ekonomi ve atık ilişkisi	6
Şekil 2. Ayak izinin bileşenleri	7
Şekil 3. Sürdürülebilirlik hedefiyle düzenlenen uluslararası çalışmalar.	16
Şekil 4. Sürdürülebilirliğin üç temel bileşeni.....	22
Şekil 5. Sürdürülebilirlik çalışmalarının tarihsel gelişimi.....	26
Şekil 6. Dünyanın biyolojik kapasitesi ve toplam ayak izi	30
Şekil 7. Dünyada kullanılan enerji türleri oranları.....	33
Şekil 8. Dünyada elektrik üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji oranı	34
Şekil 9. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları	35
Şekil 10. Türkiye'nin ayak izi ve biyolojik kapasitesi	39
Şekil 11. Türkiye'nin ayak izi verileri	40
Şekil 12. Türkiye'nin elektrik üretim kaynakları	43
Şekil 13. Türkiye'nin bulunduğu konumda ayak izi miktarı	50

GİRİŞ

İnsanlığın varlığından günümüze dek yürütmüş olduğu faaliyetler doğal kaynakların aşırı kullanımı ve israf edilmesi, tüketimin sürekli artması çevrenin kirletilmesi gibi problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bu problemler artmaya devam ettikçe çevrenin tahribatına neden olup geri dönülemez bir sorun haline gelecektir. İnsanların bu şekilde süren yaşamları değişmedikçe bu tahribatın yapılması dünyayı bekleyen fakirliğin ve açlığın engellenemeyeceği sonuçlarını ortaya çıkarabilecektir. Çevre problemlerinin çözümü için insanların bilgilendirilmeleri önemlidir. Eğitim yoluyla insanlarda olumlu tutum oluşturma ve davranışların düzeltilmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde uzman yetersizliği ve teknolojik yetersizliğin olması nedeniyle gerçekleşmesi beklenen hedefler sekteye uğramıştır. Hedeflerin gerçekleşmesi için okullarda verilen çevre eğitiminin her sınıf düzeyinde öğretim programlarıyla birleştirilmesi oldukça önemlidir. Üniversitelerin de sürdürülebilirlik için müfredatlarına gerekli konuları eklemeleri ve gündeme taşımaları önemlidir (Keleş, 2007).

İnsanoğlu yaşamından ölümüne kadar dünyada geçirmiş olduğu süre boyunca üretim ve tüketim yapmaktadır. Hayatları boyunca tükettikleri besinler, kıyafetler, işlevsel olan veya olmayan tüketim ürünleri, ulaşımda, ısınmada kullandıkları yakıtlar gibi birçok atık oluşumuna neden olmaktadır. İnsanların istek ve ihtiyaçlarının sınırsız, dünyadaki kaynakların ise bir sonu olduğu bilinmektedir.

Dünyada bulunan kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından doğada bulunan yenilenebilir kaynakların kullanım düzeyinin, doğanın oluşturabildiği kaynak miktarını da geçmemesine dikkat etmek önemlidir. Sürdürülebilirliği sağlamak için doğanın ürettiği kaynak miktarın fazla olması, tüketim miktarının ise az olması hedeflenmektedir (Erden Özsoy, 2015).

İnsanların faaliyetleri sonucunda tüketilen kaynaklar doğada iz bırakırlar. Ayak izi kavramı ise kaynakların kullanımı sonrasında ortaya çıkan izi ifade etmektedir. Küresel ayak izi ise bütün sektörlerin ve toplumların yaptıkları faaliyetleri açıklamaktadır (Kaypak, 2013).

Ayak izine bakıldığında canlı popülasyonların hızla azaldığı, biyoçeşitliliğin yok olduğu ve ekosistemlerin etkilendiği görülmektedir. İnsanların ayak izlerinin farkında olmaları, doğaya olan etkilerinin azalmasıyla çözüme kavuşabilir. Küresel ayak izi hesaplarının yapılması sonrası farkındalığın kazanılması ve yaşamın devam etmesi için tüketim alışkanlıklarının revizyonu gereklidir. Küresel ayak izinin hesaplanabilmesi sayesinde atık üretiminin ve tüketim hızının dünyanın kendini yenileme hızından daha hızlı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Tüketim alışkanlıklarına göre dünyamızın kendini yenileme hızı yavaş kalmaktadır, tüketimi yapılan kaynakların yeniden üretilebilmesi için dünya ortalama bir yıl sekiz aya ihtiyaç duymaktadır (Yorgun, 2022).

Küresel ayak izinin artmasında önemli etken olan fosil kaynakların rezervinin yakın gelecek zamanda tükenmesi söz konusudur. Fosil kaynakları kullanan ülkelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmeleri küresel ayak izinin azalması ve ekonomik dengenin bozulmaması için önemlidir (Dinç, 2015).

Dünyaya bakıldığında enerji kullanımı sonrasında ortaya çıkan karbon emisyonlarının çoğunun kentsel alanlar neticesinde ortaya çıktığı bilinmektedir. İnsan sayısının fazla olduğu yerlerde karbon miktarı oldukça fazladır. Bu alanlar iklimsel değişikliklerde ve küresel ısınmada aktif rol oynamaktadır (Gürsoy, 2023). Üniversite kampüsleri ve büyük şehirler bu miktarın fazla olduğu yerlere örnek teşkil etmektedir.

Küresel ayak izinin hesaplanabilmesi yetkili kişilere ve toplumda yaşayan herkese gelecek hakkında yol göstermektedir. Ortak kararlar alınarak sürdürülebilirlik amacıyla ekolojiyi de merkeze alarak uygun çözümler bulunabilir. Uygun çözümlerin bulunabilmesi için en önemli faktör eğitimidir. Gelecek kuşakların temiz ve sürdürülebilir bir çevrede yaşamaları için gencinden yaşlısına herkesin eğitim alması önemlidir. Küresel ayak izinin hesaplanması sonucunda ortaya çıkan sayısal veriler sürdürülebilir yaşam için son derece önemlidir. Sayısal veriler ayak izinin dünyaya olan etkilerini net olarak görmemizi sağlayan ayna gibidir. Bu ayna sayesinde gerekli eğitimlerin verilebilmesi için eğitimcilerin bilinçlendirilmesi gerekli donanımlara sahip olmaları şarttır. Eğitimcilerin gerekli donanımlara sahip olmaları ve farkındalıklarının yüksek olması bilinçli ve çevreci bireyler yetiştirmelerini sağlayacaktır. İlkokul seviyesinden itibaren öğretmenlerin öğrencilere kazandıracığı çevre bilinci oldukça önemlidir. Küresel ayak izinin bilinmesi ve farkındalık oluşturmaları çevre bilincinde

yetişen öğrencilerin duyarlılık konusunda hassas olmalarını sağlayacaktır (Yorgun, 2022).

Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında yer aldığından çevre bilincindeki gelişiminde yavaş olduğu bilinmektedir. Üreticiler de tüketicilerin tercihlerine göre çevre bilinci kapsamında isteklerine karşılık vermeye çalışmaktadırlar. Ortaya çıkan atık miktarı dengeyi bozmaya başlayınca üretim ve tüketim ilişkisini de etkileyecektir. Türkiye’de çevre bilinci gelişim göstermekte olup doğal dengenin işleyişini bozmadan pozitif bir ilerleme beklenmektedir (Ünaldı, 2016).

Ülkeler ekonomik büyüme gösterirken ilk dönemlerinde kolay ulaşılabilir doğal kaynakları tercih etmektedirler. Çevre kalitesi büyüme gösteren bu ülkelerde zamanla düşmektedir. Yaşadığımız yüzyılda iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarının ciddi boyuta ulaşacağı öngörülmektedir. Canlı yaşamı olumsuz etkilenecek ve ciddi sağlık sorunları ortaya çıkacaktır (Rüstemoğlu, 2023).

Küresel ayak izi miktarı yaşanılabilir bir gelecek ve refah seviyesinin artırılması için önem arz etmektedir. Ayak izinin önemine bakıldığında biyolojik kapasitenin aşılması ve insan yaşamının refah içinde devam etmesi için önemlidir. Ülkelerin ayak izleri, gelecek yaşam için insanlara rehberlik etmektedir.

Tez kapsamında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü’ne (OECD) üye seçilen ülkelerin küresel ayak izleri analiz edilmiştir. OECD’ye bakıldığında gelir düzeyi yüksek, orta ve düşük sayılabilecek ülkelerin örgüt içinde bir arada olduğu görülmektedir. Bu ülkelerin gayrisafi milli hasılları dikkate alınmış olup dolar bazlı incelenmiştir. Dolar bazlı gelirin düşük olduğu Kolombiya, Meksika, Kosta Rika ve Şili, bu dört ülkeden daha iyi gelire sahip Türkiye, Polonya, Slovenya ve Yunanistan ve yüksek gelire sahip olan OECD ülkeleri ise Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Norveç ve İsviçre gibi ülkelerdir (OECD, 2024r).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi, birden fazla verinin ele alınarak doğru kararın verilebilmesi ve alternatif kararların değerlendirilmesiyle en uygun karara ulaşmada kullanılan yöntemdir. Çok Kriterli Karar Verme yöntemi çözümsel olduğundan insanlara problemin çözülmesinde yardımcı olur ve doğru sonuca ulaştırmayı hedefler. Doğru kararı vermek ve doğru sonuca ulaşmak kritik bir süreçtir. Çok Kriterli Karar Verme yöntemi ele alınan verilere göre karar almakta olup kriterlere en uygun olanı seçmektedir (Demir, 2024).

1. BÖLÜM

KÜRESEL AYAK İZİ

1.1. KÜRESEL AYAK İZİ

İnsanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için doğal kaynakların verimli kullanılması önemlidir. Doğal kaynakların kullanımı sonrası oluşan atıkların bertarafı toprak ve su için gereklidir (Keleş, 2010).

Dünyada yaşayan bütün canlılar gibi insanlarda ihtiyaçlarını karşılamak için tabiattan faydalanmaktadır. İnsanlar yaşamlarını devam ettirirken tabiata verdikleri zararı fark edememektedir. İhtiyaçların karşılanma hızının doğanın üretim hızından fazla olması beraberinde aşırı atık oluşumuna sebebiyet vermektedir. Yaşamın devam edebilmesi için dünyadaki insanların gelecekte kullanılacağı kaynakları önceden kullanmak doğaya karşı borç oluşturmaktadır. Dünyada yaşamın devam edebilmesi için mevcut kaynakların fazla kullanılmaması gerekmektedir. Mevcut kullanımı belirlemek için ölçümler yapılarak hesaplanması önemlidir. Gelecek nesillerin refah içinde yaşayabileceği bir dünya için tabiattaki kaynakların ne kadar kullanıldığı ve kullanılacak olan kaynakların miktarının bilinmesi gerekir. İnsanların tabiata olan etkisi ayak izi hesaplamalarıyla mümkün kılınmaktadır (Yorgun, 2022).

Sanayi devriminden itibaren başlayan Dünya'nın yüzey sıcaklığında meydana gelen artışa küresel ısınma denir. Fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan gazlar Dünya'nın sıcaklığında değişime neden olmaktadır. Isınma sonucu iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme gibi olaylar meydana gelecek ve yaşanılan çevre değişime uğrayacaktır. Fosil yakıtlardan çıkan gazların çevreye olan etkisini izlemek küresel ayak izinin hesaplanması için son derece gereklidir (Kaypak, 2013).

Küresel ayak izi mevcut kaynakların kullanımı sonrası oluşan etkinin ifade edilmesinde kullanılan bir kavramdır. Sürdürülebilirlik açısından ayak izinin hesaplanabilmesi mevcut kaynakların yönetimi için önemlidir. Mevcut kaynakların yönetimi, atıkların bertaraf edilmesi, verimli toprakların ve su alanlarının yönetimi için küresel ayak izine ihtiyaç duyulmaktadır. İnsanların üretim ve tüketim dengesini sağlayabilmeleri için kapasiteler karşılaştırılmalıdır. Doğanın üretim yapma

kapasitesinin tüketim kapasitesinden fazla olması sürdürülebilirlik için şarttır (Erden Özsoy, 2015).

Küresel ayak izinin, çevresel göstergeler için önemli olduğu bilinmektedir. Ayak izi insanların refah içinde yaşamaları, gereksinim duydukları ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, oluşan atıkların zararsız hale dönüştürülmesi ve üretken düzeni sağlamak için gereklidir (Durkaya, 2022).

Küresel ayak izi miktarına bakıldığında artan nüfusla birlikte tüketimin ve tarımsal üretim alanlarının arttığı görülmektedir. Ekolojik ayak izinde dünyanın kendi kapasitesini yeniden oluşturması önemlidir (Yorgun, 2022).

Küresel ayak izinin hesaplanabilmesi için gerekli olan veriler Tablo 1’de incelenmiştir.

Tablo 1. Küresel ayak izinin hesaplanması

1. Veri	2. Veri	3. Veri	Hesap Sonucu
Tüketim	Üretim alanı	Nüfus	Ekolojik ayak izi

Kaynak: (Kaypak, 2013).

Tablo 1’deki verilere bakıldığında küresel ayak izi hesabının yapılması için üç verinin çarpım sonucuna ($Tüketim \times Üretim\ alanı \times Nüfus = Ekolojik\ ayak\ izi$) ihtiyaç duyulmaktadır. Üç verinin artması sonucunda ortaya çıkan sonuçlar ayak izi miktarının arttığını ifade etmektedir. Ayak izinin artması sonucunda atık miktarı artacak ve sürdürülebilirlikten uzaklaşılacaktır. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve atık miktarı oranının azaltılması, ayak izi verilerinin düşük çıkmasını sağlamaktadır.

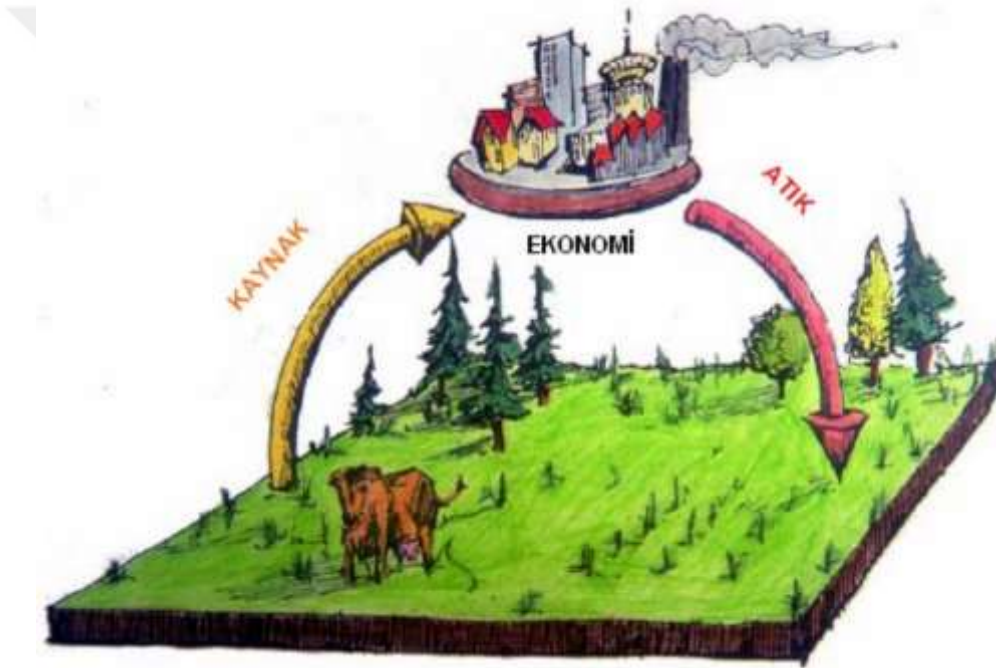
Tüketim verisi, tüketimi yapılan ürünün kilogram cinsinden miktarını ifade etmektedir. Üretim alanı verisi, tüketimi yapılacak ürün üretiminin yapıldığı alanın metrekare cinsinden yüzölçümüdür. Nüfus verisi, katılım sağlayan kişi sayısını ifade etmektedir (Durkaya, 2022).

Üretken faaliyetler sonrasında küresel ayak izi hız kazanarak artmaya devam etmektedir. Teknolojinin ilerlemesine, doğal kaynak kullanımının artışına, ekonomik faaliyetlere, toprak kullanımının artışına ve su alanlarının kullanımına bakıldığında dünyanın kapasitesinin ne kadar aşıldığı bilgisine ulaşılabilmektedir. İnsanlar bu sınırın ne kadar aşıldığı bilgisine ayak izi hesaplamalarıyla ulaşmaktadır (Güven, 2023).

İnsanlar yaşamlarını devam ettirebilmek için ayak izine sebep olan parametreleri kullanmak durumundadırlar. Beslenme, barınma, ulaşım ve hizmet gibi temel ihtiyaçlar

sağlıklı hayat için vazgeçilmez unsurlardır. Bu unsurlara dikkat edildiğinde ayak izi üretimi azaltılıp ve sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Sürdürülebilirlik gelecek nesiller için oldukça önemlidir.

İnsanların doğaya olan etkilerinin takibini sağlarsak doğal kaynakları korumak için neler yapılabileceğini planlamak kolaylaşır. Her insan bu planın bir parçası olabilir. Ortak hareket ederek dünyada bulunan kaynaklar israf edilmeden herkese yetecek şekilde kullanılabilir. Küresel ayak izi analizi sonucu sürdürülebilir bir dünya öngörülmektedir (Keleş, 2007). Şekil 1’de insanların kaynak kullanımları sonucunda ekonomik kalkınmanın oluşturduğu atık süreci verilmektedir.



Şekil 1. Ayak izi oluşumunda kaynak, ekonomi ve atık ilişkisi (Keleş, 2007).

Şekil 1’de küresel ayak izinin şematik görüntüsü verilmiştir. Ayak izi oluşum sürecine bakıldığında dünyadaki doğal kaynaklar ekonomik gelişim için kullanılmakta, kullanılan bu kaynaklar sonucunda atık oluşumu görülmektedir. Doğal kaynak kullanımının dünyanın ürettiği miktardan fazla olması sürdürülebilirliğin önüne geçmektedir.

1.1.1. Küresel Ayak İzinin Bileşenleri

İnsanların faaliyetlerinin doğaya olan etkilerine bakmak bunların neden kaynaklandığını görmek ve alışkanlıklarını değiştirmek için ayak izi hesabının rahatça yapılabilmesi maksadıyla kategorilere ayırmak anlaşılabilirlik ve kolaylık sağlamaktadır (Yorgun, 2022). Şekil 2’de ayak izini kategorilere ayrılarak görsel biçimde ifade edilmektedir.



Şekil 2. Ayak izinin bileşenleri (Yorgun, 2022).

Şekil 2’ye bakıldığında ayak izinin bileşenlerinin orman alanı, karbon alanı, tarım alanı, otlatma alanı, yapılaşmış alan ve balıkçılık alanı olmak üzere altı bileşenden oluştuğu görülmektedir.

Orman alanı, tüketimi yapılan odun, kereste, kâğıt ürünleri ve yakacak olarak kullanılması gereken miktarı ifade eder. Karbon alanı, okyanuslar tarafından muhafaza edilen karbondioksitten yanı sıra fosil yakıtların kullanımını ve çeşitli kimyasal süreçlerden sonra oluşan karbon miktarını ifade eder. Tarım alanı, insanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için kullandıkları gıdaları ve diğer canlılar için üretilen besin türlerini ifade eder. Otlatma alanı, hayvansal ürünleri ve hayvansal gıdaları ifade etmekte kullanılmaktadır. Yapılaşmış alan, insan ihtiyaçlarının karşılanmasını ve insanlar için gerekli yapıları ifade etmektedir. Balıkçılık alanı, deniz ürünlerini ve tatlı su balıkçılığıyla ilgili alanı ifade etmektedir (WWF Türkiye, 2012).

1.1.1.1. Orman Alanı Ayak İzi

İnsanlar kullandıkları kâğıt, mobilya, ısınma, barınma vb. nedenlerle ormana gereksinim duyarlar. Dünya geneline bakıldığında ormanlık alanın 3,9 hektar milyar olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Kitzes vd., 2007).

Türkiye’de bulunan verimli ormanlar yaklaşık olarak 11 milyon hektardır. Bu miktar ülke topraklarına oranlandığında %15 kadarlık bir alanın orman olduğu ortaya çıkmaktadır (Dinç, 2015).

Türkiye’de 1961-2007 yılları arasında yapılan hesaplamalarda orman alanı ayak izinde diğer ayak izlerine oranla en az artış olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedenine bakıldığında köylerden şehirlere göç yaşandığı görülmektedir. Şehir kültürünün getirmiş olduğu kömür ve doğal gaz tüketimi oduna ve orman ürünlerine olan ihtiyacı azaltmıştır. Orman ürünlerinin kullanımının yerini çelik, beton ve plastiğin aldığı görülmüştür. Türkiye’de bulunan orman kapasitesi toplam ulusal kapasitenin %24’ünü oluşturur. Türkiye nicel veriler doğrultusunda orman ürünleri ihtiyacını kendi kaynaklarından karşılayacak güçte olsa da orman ürünleri ihtiyacını ithal ederek karşılamaktadır. İthal edilen orman ürünleri, orman alanı ayak izimizin %46’sı kadardır. İthalat yapılmasının nedeni daha nitelikli ve çeşitli ürünleri iç kaynaklardan daha uygun temin edilebilmesinden kaynaklıdır. Ulusal orman kapasitemiz kullanılmadığından, bu ormanlar karbon tutma görevini yerine getirmektedir. Orman bütünlüğünün kaybolması, biyolojik çeşitliliğin sağlanamaması, iklimin değişikliğe uğraması ve korunması gereken ormanların odun üretimi için ayrılması gibi unsurlar ayak izi hesaplamalarına dâhil edilemediğinden kapasitenin düşmesine neden olmaktadır. (WWF Türkiye, 2012).

1.1.1.2. Karbon Alanı Ayak İzi

İnsanlar ihtiyaçlarını karşılamak için doğada bulunan doğal kaynakları kullanmaktadırlar. Doğal kaynakların kullanımı sonucu doğa üzerinde bir etki ortaya çıkmaktadır. Karbon alanı ayak izi de çeşitli faaliyetler sonucu meydana gelen karbondioksit emisyonları olarak bilinmektedir. Karbon alanı ayak izi, insanların uğraşları sonucu doğrudan ve dolaylı yollarla meydana gelen karbondioksit emisyonlarının bütünüdür. Sera gazları arasında yer alan karbondioksitin salınımını temizlemek ve denge sağlamak için karbon alanı ayak izi hesaplamaları önemlidir.

İnsanların tüketimleri sonucu ortaya çıkan ayak izi artışı hız kazanmıştır. Artışın hız kazanması biyolojik kapasite ve dünya üzerinde baskı oluşturmaktadır (Ertekin, 2012).

Küresel çapta ve Türkiye’de ayak izindeki artış nedeniyle atmosfere salınan sera gazları atmosferin depolayabileceği miktardan fazladır. Atmosferde biriken sera gazlarından olan karbondioksit, iklim değişikliği ve okyanusların asitlenmesi gibi ekolojik sorunları da beraberinde getirmektedir. Atmosfere bırakılan sera gazlarının ekonomiyi bozmaması ve ekosistemi etkilememesi sürdürülebilirlik açısından mümkün değildir. Karbon alanı ayak izi hesaplamalarına mevcut orman dağılımı oldukça önemlidir. Orman miktarı emilimi sağlayıp karbonu depoladığı için orman arazisi miktarı ön plana çıkmaktadır. Üretilen karbondioksit miktarının mevcut orman arazisi büyüklüğü ve üretkenliğinden fazla olması karbon ayak izinde açık çıkmasına neden olmaktadır (WWF Türkiye, 2012). Dolayısıyla karbon ayak izi orman ayak iziyle bağlantılıdır.

Dünyada ortaya çıkan karbon ayak iziyle ilgili parametreler Tablo 2’de incelenmiştir.

Tablo 2. Karbon ayak izi parametreleri

Parametre	Birincil Ayak İzi	İkincil Ayak İzi
Ulaşım	Yakıt	Toplu taşıma Hava ulaşımı Otomobil
Barınma	Doğal gaz	Elektrik Su ve atık Isınma
Gıda		Tahıl Sebze Meyve Et
Ürün		Giyim Ev ürünleri Kişisel bakım
Hizmet		Sağlık Eğlence Eğitim

Kaynak: (Demirci, 2018).

Tablo 2’deki verilere bakıldığında birincil ayak izi, fosil yakıtların doğrudan kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksittir. İkincil ayak izi, üretimden tüketime

kadar ortaya dolaylı şekilde ortaya çıkan karbondioksittir. Ayak izinin kategorileri ayrılması kaynak tüketiminin takibini kolaylaştırmakta olup, farkındalık ve sürdürülebilirlik oluşturmak için de oldukça önemlidir (Demirci, 2018).

1.1.1.3. Tarım Alanı Ayak İzi

İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gereken gıdaları, kıyafetleri ve yağları üretmek amacıyla bitkilere ihtiyaç vardır. Hayvanlar için de gerekli besinleri sağlayabilmek amacıyla uygun bitkilerin yetiştirilmesi zorunludur. Üretimi yapılacak bu bitkilerin yetiştirilmesi için tarım alanlarına ihtiyaç duyulur. Dünyaya hektar olarak bakıldığında biyolojik olarak verimli tarım arazisi miktarı 1,5 milyar hektardır. Toprak üzerinde yapılan hayvancılık ve malzeme imalatı için üretimi yapılan bitkisel ürünler de tarım alanı ayak izine dâhildir. Toprak üzerinde yapılan yanlış uygulamalar sonucu toprak yapısındaki bozulmalar ve toprağın verimsizleşmesi gibi süreçlerde olan topraklar tarım alanı ayak izine dâhil edilmemektedir (Kitzes vd., 2007).

Tarım alanı ayak izi hesaplamalarına bakıldığında Türkiye’de gıdalar, lifler, hayvan yemleri, yağ bitkileri ve kauçuklar oldukça önemlidir. Türkiye’de üretimi yapılan tarım ürünlerinin miktarı genellikle tüketim miktarından çok olduğu bilinmektedir. Türkiye’deki tarım alanı ayak izine bakıldığında kapasitenin aşılmadığına ulaşılmakta ve küresel ölçekte sorun oluşturmadığı sonucuna varılmaktadır. Türkiye’de mevcut tarımsal faaliyetlerin geliştirilmesi için modern tarım faaliyetlerinin uygulanması verimliliği arttıracak ve doğa dostu projeleri uygulanabilir hale getirecektir (WWF Türkiye, 2012).

1.1.1.4. Otlatma Alanı Ayak İzi

Hayvansal gıdalar ve ürünler elde etmek için hayvancılık faaliyetlerinin yapılması gerekmektedir. Bunun sonucunda otlaklıklara olan ihtiyaç artmaktadır. Hayvanlardan verimli şekilde ürün elde etmek için verimli otlaklara ve tarım arazilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya geneline bakıldığında 3.5 milyar hektar alanın doğal ve yarı doğal otlak olduğu sonucuna varılmaktadır. Otlatma alanı ayak izine bakıldığında mevcut kullanıma hazır halde bulunan yem miktarı, bir yıl için gerekli olan yem miktarı ve otlaklardan elde edilebilecek yem miktarı hesapların yapılması için gereklidir (Kitzes vd., 2007).

Otlatma alanlarının bilinçsiz ve aşırı otlatılması beraberinde verimsizliği getirmektedir. Otlatma alanlarının erozyona uğraması, tarım alanı olarak kullanıma açılması, yapılaşmaya açılması ve ağaçlandırılması ekosistemde bulunan biyoçeşitliliği bozmaktadır. Besi ve ahır hayvancılığında artış, hayvanlarda ilaç kullanımında yaşanan artış ve hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atık miktarındaki artış otlatma alanı ayak izi hesaplamalarına dâhil edilmemektedir. Türkiye’de hayvan beslemek için meralardan elde edilen otların kullanılmamasından dolayı tarım arazilerinde üretilen tahıllar ve yem bitkileri kullanıldığından otlatma ayak izi oranı düşme eğilimindedir. Bunun sonucunda otlatma ayak izi düşmekte olup tarım alanı ayak izi artmaktadır. (Dinç, 2015).

Otlatma alanlarının inşaat alanlarına çevrilmesi ve yaşam alanı haline getirilmesi ekolojik çeşitliliğin devam etmesinin önündeki en büyük engeldir. Ekosistemdeki çeşitliliğin devam etmesi için doğal dengenin değiştirilmemesi oldukça önemlidir. İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için doğaya verdikleri zararın asgari düzeyde tutulması doğal dengesinin korunması için gereklidir.

1.1.1.5. Yapılaşmış Alan Ayak İzi

Dünya üzerinde insan yaşamı için gerekli olan konut, yol, fabrika ve enerji santrali gibi yapılarla kaplı alanın yüzölçümüyle yapılaşmış alan ayak izi hesaplanmaktadır. Dünya üzerinde yapılaşmış alanın ortalama 0,2 milyar hektar alan olduğu tahmin edilmektedir (Kitzes vd., 2007).

Hidroelektrik santralleri ve beraberinde olan enerji depolamak için kullanılan depolar yapılaşmış alan ayak izi hesaplarına dâhil edilmektedir. Türkiye’de yapılaşmış alan ayak izinin toplam ayak izine oranı %1,5’tir. Dünya genelinde ise bu oran %2,5 civarındadır (Dinç, 2015).

Dünya genelinde yapılaşmanın artması yapılaşmış alan ayak izinin artmasına neden olmaktadır. İnsan nüfusunun artması ve konfor alanının artması yapılaşmayı arttırmakta olup yapılaşmış alan ayak izinin de artmasına sebebiyet vermektedir.

1.1.1.6. Balıkçılık Alanı Ayak İzi

Balıkçılık alanı ayak izi, insanların tükettiği deniz ürünlerinin yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli deniz ve tatlı su alanlarının hesaplanmasıdır. Türkiye’deki

ortalama balıkçılık alanı ayak izi toplam ayak izinin %1'i kadarından ibarettir. Dünya ortalamasında bu oran %3 ile Türkiye ortalamasının üzerindedir (Dinç, 2015).

Türkiye'de balık stokları üzerinde av baskısının olması, balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan kirliliklerin olması, nesli tükenmekte olan balıkların koruma altına alınmaması ve balık popülasyonları verilerinin yeterli olmaması gibi sorunlar mevcuttur. Kıyı alanlarının yönetiminin denetlenmesi, balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan kirliliğin önüne geçilmesi, su ürünleriyle ilgili düzenlemelerin yapılması ve iç piyasadaki balıkçılığın desteklenerek standartlarının geliştirilmesi balıkçılık alanı ayak izi için önemlidir (WWF Türkiye, 2012).

Balıkçılık ekosisteminin düzenini bozmadan insanların ihtiyaçları doğrultusunda doğayı kullanılması doğanın geleceği için önemlidir. İnsanlar doğadan yararlanırken gerekli hassasiyeti gösterdiğinde, doğanın üretim gücü aşılmadığında ve dengede tutulduğunda balıkçılık ayak izinde artış yaşanmayacaktır.

1.1.2. Küresel Ayak İzinin Analizi

Küresel ayak izinde incelenmesi gereken zayıf ve güçlü taraflar vardır. Güçlü tarafına bakıldığında ayak izi hesaplamalarıyla uğraşan insan sayısı bilinirliğini ve ortak çözümlerin oluşma ihtimalini arttırmaktadır. Seviye gözetmeksizin herkes tarafından anlaşılabilir ve sektör gözetmeksizin işlevseldir. Sürdürülebilir kalkınma için insanlara yol gösteren ve ne yapması gerektiğini anlatan bir rehber gibidir. Ulusların küresel ayak izini benimsemeleri yaklaşımın kuvvet kazanmasını sağlamaktadır. Farklı çabaların oluşması ve değişimlerin ortaya çıkmasına vesile olmaktadır. Zayıf yönleri bakıldığında ise geniş bir uygulama alanına sahip olmasıdır. Enerji tüketimini zirveleri görmekte olup düzenlemeler ve değişimler ön plana çıkamamaktadır. Bölgesel verilere dikkat edilmemekte olup göz ardı edilmektedir. Küresel ayak izi hesaplamalarının oldukça karmaşık bir yapıda olması sonucu verilerdeki anlaşılma düzeyini düşürmektedir (Keleş, 2007).

1.1.3. Küresel Ayak İzinin Azaltılması

İnsanlar yaşamlarını devam ettirebilmek için yapması gerekenleri yapması ve ihtiyaçlarını karşılaması gerekir. Karşılanması gereken bu ihtiyaçların sonucunda küresel ayak izi artmaktadır. Küresel ayak izinin artışını yavaşlatmak için doğru

yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Enerji için yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması önemlidir. Evlerde veya ofislerde kullanılmayan aletlerin kapalı konumda olmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtımı yapılarak ısınmaya harcanan enerjinin düşük tutulması gereklidir. Suyun israfının önüne geçilmesi için ev aletlerinin kapasitelerine uygun şekilde kullanılması gerekmektedir (Ünaldı, 2016).

Küresel ayak izini azaltmak için bireysel olarak her insana düşen görevler vardır. Ulaşım yaparken yakın yerlere yürümek veya toplu taşıma araçlarını tercih etmek, yakıt tüketimi düşük araçları tercih etmek, iş yerlerine yakın evlerde konaklamayı tercih etmek gibi önlemler alınabilir. Beslenme ürünlerinde yerel olarak üretilmiş organik ürünleri tercih etmek, hayvansal gıdaların tüketimini azaltmak gibi önlemler önemlidir. Isınma ihtiyacı için yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılıp uygun sistemin uygulamaya geçirilmesi önemlidir (Keleş, 2007).

Günlük yaşamda her insanın tasarruf adı altında yapması gerekenler sürdürülebilir bir dünya için oldukça önemlidir. İnsanlar yaşam konforundan herhangi bir kayıp yaşamadan da küresel ayak izi oluşumu miktarını düşürebilir. Ayak izi oluşumu konusunda insanların bilinçlendirilmesi için gerekli eğitim ve seminerler uygulamaya geçirilmelidir.

1.1.4. Küresel Ayak İzinin Hesaplanmasının Önemi

İnsanlar dünyada bulunan kaynakların miktarını ve kullanım sonucu dünyaya tekrardan geri kazandırılması gereken kaynak miktarını ölçmek için küresel ayak izi hesaplamalarını kullanılmaktadır. Küresel ayak izi hesaplamaları insanlar tarafından tüketilen kaynakların ve tüketim sonucu ortaya çıkan atık miktarının bertarafı için kullanılabilmektedir. Bireylerin günlük yaşamda ihtiyaçlarının karşılanması ve yaşamlarını devam ettirebilmelerinin dünyaya olan maliyetinin bulunması küresel ayak izi hesaplamalarıyla mümkündür. Yaşanılabilir ve refah düzeyi yüksek bir dünya için yapılabilecek uygulamaların hedefe ulaşmasında hesaplamalar oldukça önemlidir (Yorgun, 2022).

Küresel ayak izi hesaplamaları sonucu ortaya çıkan atık miktarı düşürülebilir ve refah seviyesi yüksek bir dünyada yaşamak mümkün kılınabilir. İnsanlar hesaplamalar sonucu tüketime dikkat edip gereksiz yapılan her türlü harcamanın önüne geçerse

sürdürülebilirlik mümkündür. Yapılacak tüm çalışmaların ilk aşamasının eğitim olduğuna dikkat çekilmelidir.

1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Küresel ayak izi ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, ilk olarak Wackernagel ve Rees, 1996 yılında yaptıkları çalışmayla ele alınmıştır. Bu çalışmada ekolojik ayak iziyle sürdürülebilirlik ilişkisi açıklanmıştır. Bu ilişki insanların doğadan yararlanması ve ortaya çıkan atıkların sürdürülebilirlik açısından önemini ifade etmektedir. Kullanılan kaynakların miktarını öğrenme ve kalan kaynak miktarının bilinmesi açısından önemlidir (Tosunoğlu, 2014).

Dünyada bulunan kaynakların hızlıca tüketildiği ve bunun sonucunda da ekolojik ayak izinin arttığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bunun sonucunda da dünya üzerindeki ekolojik baskı artmaktadır. Sürdürülebilir bir dünya için kaynakların dikkatli kullanılması gereklidir (Yorgun, 2022).

İnsanlığın tüketimde gösterdiği artış 2030'lu yıllarda da bu şekilde devam ettiği takdirde karbondioksit atığının temizlenmesi ve doğal kaynak kullanımının devam edebilmesi için iki gezegene ihtiyaç olacağı varsayılmaktadır (WWF Türkiye, 2010).

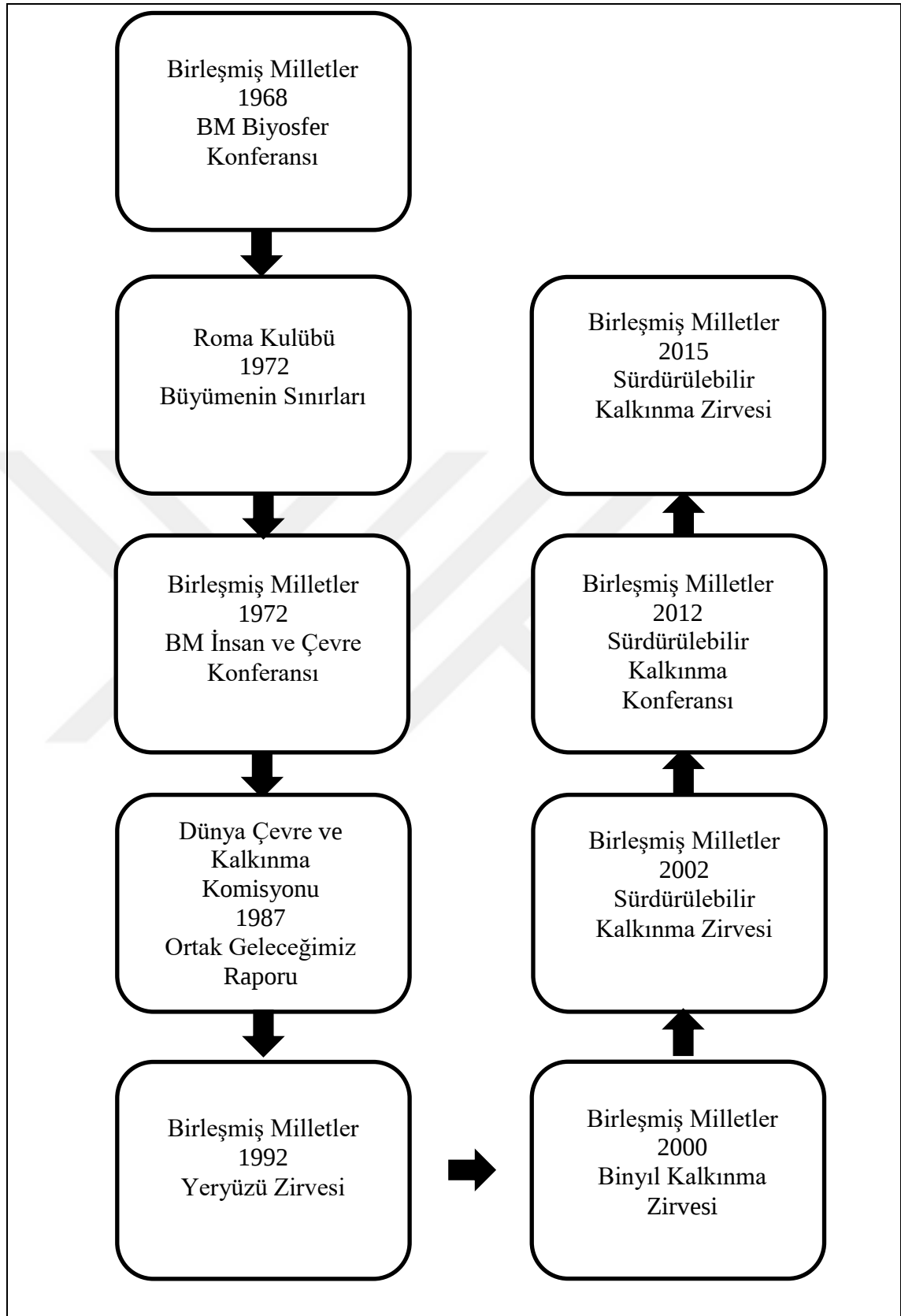
Sürdürülebilirliğin sağlanması için ortaya çıkan ekolojik ayak izi miktarının tespit edilmesi önemlidir. Günümüzdeki insanların dünyanın kapasitesini aştığı gerçeğiyle karşı karşıyayız. Bununla birlikte ekolojik ayak izini hesaplayan ülkeler kapasiteyi ölçebilir ve yönetebilirler. Ölçüm sonuçlarıyla birlikte sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için gerekli yöntemleri uygulayabilir ve sürdürülebilirliği sağlayabilirler. Çoğu ülkenin ekolojik ayak izi miktarının biyolojik kapasitenin üzerinde olduğu bilinmektedir. Sonuçlardan yola çıkarak sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için gerekli analizler yapılmalı ve oluşması muhtemel kötü senaryoların önüne geçilmesi gereklidir. Çalışmalar sonucunda sürdürülebilirliği sağlamak için ekolojik açıkların giderilmesi amacıyla önlemlerin alınması gereklidir. Bu önlemler sonucunda refah ve sürdürülebilir bir yaşamın oluşma potansiyeli vardır (Karaman, 2024).

Sürdürülebilirlik, tarihine bakıldığında ilk olarak 1972'de İsveç'in Stokholm kentinde yapılan konferansta ortaya çıktığı bilinmektedir. Birleşmiş Milletlerin 1987'de yayınladığı raporda sürdürülebilirliğin tanımı gelecek kuşakların düşünülmesi fakat

yaşanan zamanın gereksinimlerinin aksatılmadan kalkınmanın yapılması gerektiği şeklinde ifade edilmiştir (Coşgun, 2023).

İnsanlar yaşamlarında devamlılığı sağlamak için enerji kaynaklarına ihtiyaç duymuş ve ihtiyaçlarını karşılarken de doğayı olumsuz etkilemişlerdir. İnsanların doğaya verdiği tahribat sonucu çevre sorunları ortaya çıkmış olup sürdürülebilirlik çalışmaları başlamıştır. İnsanlar 18. yüzyılda odunu inşaat ve yakıt malzemesi olarak kullanmaktaydı. Daha öncesine bakıldığında 16. yüzyılda ağaç kesme faaliyetlerinin doğa üzerindeki etkisine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Odun kıtlığının yaşanması üzerine de doğal kaynakların tükenebileceği düşüncesi ön plana çıkmıştır. Doğal kaynakları dikkatli bir şekilde kullanarak gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için sürdürülebilirlik önem kazanmıştır (Yorgun, 2022).

Sürdürülebilirlik çevresel bozulmalar sonucunda dünya gündeminde olan ve çokça tartışılan önemli sorunlardan biridir. Sürdürülebilirlik enerjinin, ekonominin ve çevrenin merkezinde olan bir konudur. Sürdürülebilirlik çok yönlü bir konu olduğu için farklı yaklaşımları ve tanımları da beraberinde getirmektedir. Ortaya çıkan yaklaşımlar sonucunda farklı politikalar ve hedefler oluşmaktadır. Şekil 3'te sürdürülebilirlik üzerine yapılan uluslararası çalışmaların tarihsel gelişimi şemayla verilmiştir.



Şekil 3. Sürdürülebilirlik hedefiyle düzenlenen uluslararası çalışmalar (Yorgun, 2022).

Şekil 3'teki verilere bakıldığında sürdürülebilirlik adına uluslararası düzeyde ilk çalışmanın 1968 yılında Birleşmiş Milletlerin gündeminde olduğu görülmektedir. Birleşmiş Milletlerin yapmış oldukları sürdürülebilirlik çalışmaları konunun önemini göstermektedir. Sürdürülebilirliğin gelecek nesiller için ne kadar önemli olduğu yapılan çalışmalarda öne çıkmaktadır. Son yirmi beş yıllık sürece bakıldığında Sürdürülebilir Kalkınma Zirveleri adında bir isim oluşturarak çalışmalarda kendine özgü bir faaliyet oluşturduğu görülmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma için eğitimlerin yapılması önem teşkil etmektedir. Sürdürülebilirlik kazanımı için davranış değişikliği ve bunun devamlılığının olması beklenmektedir. Kalkınmanın sağlanması için yaşam becerilerinin gençler tarafından kazanılması önemlidir. Bu becerilerin kazanılması için gerekli eğitimin yapılandırılarak gelecek nesillere verilmesi gereklidir. Gelecek nesillerin çevresel problemleri çözebilmeleri için çevre eğitimi derslerine ihtiyaçları vardır (Özgen ve Kahyaoğlu, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma için bilmek, bilinç oluşturmak, tutum haline getirmek, beceriye ve davranışa dönüştürmek gibi unsurlar önemlidir. Bu unsurların yaşamın içine yerleştirilmesi ve doğadan tecrübeler kazanılması gereklidir. Sürdürülebilirlik ve çevre eğitimi pozitif bir ilişkiye sahiptir. Çevre eğitiminden geçmiş bireyler, hedefleri doğrultusunda sürdürülebilir yaşamı desteklemeleri oldukça önemlidir (Tanrıverdi, 2009).

İnsanlarda çevre bilinci oluşturmak için çevre sorunlarının giderilmesinin, ekolojik dengenin sağlanması gerektiğinin ve doğal kaynak kullanımının bilincinde olunmasının sürdürülebilirliğe katkı sağlaması için iş birliği gerekmektedir. İnsanların doğal kaynakları kullanma isteğinde artış görülmekte olup dünyada bulunan kaynakların kapasitesinde zorlanma oluşturmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirliği sağlamak için ekolojik dengeyi bozmadan çevreci bir tavırla gelişim desteklenmelidir. Doğal denge bozulmadan doğal kaynakların kullanımı dengeli olmalı ve ihtiyaca yönelik harcanmalıdır (Özer, 2007).

1.2.1. Kyoto Protokolü

Küresel iklim değişikliği ile mücadele eden insanların faaliyetleri sonucu oluşan sera gazlarının azaltılması için uluslararası çalışmalar yapan Birleşmiş Milletler İklim

Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin devamı olarak gösterilen bir belgedir. Adını toplantının yapıldığı Japonya'nın Kyoto şehrinden almıştır. Protokol sera gazlarının salınımının azaltılması için sanayileşmiş ülkelere çeşitli hedefler göstermektedir (Eren, 2012).

Kyoto Protokolünde sürdürülebilirlik açısından önemli olan ve dikkat edilmesi gereken sera gazları Tablo 3'te incelenmiştir.

Tablo 3. Kyoto Protokolünde dikkat çekilen sera gazları

Kimyasal Gösterimi	Sera Gazları
CO ₂	Karbondioksit
CH ₄	Metan
N ₂ O	Nitroksit
HFCs	Hidroflorokarbonlar
PFCs	Perflorokarbonlar
SF ₆	Sülfürheksaflorit

Kaynak: (Ertoş, 2022).

Tablo 3'e bakıldığında CO₂ gösterimin açılımının karbondioksit, CH₄ gösterimin açılımının metan, N₂O gösterimin açılımının nitroksit, HFCs gösterimin açılımının hidroflorokarbonlar, PFCs gösterimin açılımının perflorokarbonlar, SF₆ gösterimin açılımının sülfürheksaflorit olduğu görülmektedir.

Sera gazlarının küresel ısınmaya etki oranları ve emisyon kaynakları Tablo 4'te incelenmiştir.

Tablo 4. Sera gazları ve küresel ısınmaya etkileri

Sera Gazları	Katkı Oranı	Emisyon Kaynakları
CO ₂ (Karbondioksit)	%50	Kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtların tüketilmesi. Ormanlık alanların yok edilmesi.
CFC (Kloroflorokarbonlar)	%22	Sprey kutularındaki aerosoller. Buzdolabı içinde bulunan soğutucu maddeler. Elektronikte kullanılan temizleme malzemeleri. Aircondition sistemleri.
CH ₄ (Metan)	%14	Pirinç tarlaları. Hayvanların mideleri. Biyokütlenin yakılması. Çöp alanları. Doğal gaz boru hatlarındaki kaçaklar, Maden ocakları.
O ₃ (Ozon)	%7	Trafik düzeni. Termik santrallerde gerçekleşen yanma olayları. Tropikal ormanların yok olması.
N ₂ O (Diazot monoksit)	%4	Suni gübreler. Fosil yakıtlar. Naylon üretimi.
Su Buharı	%3	

Kaynak: (Karakaya, 2022).

Tablo 4'te küresel ısınmaya etki eden sera gazlarının katkı oranları ve emisyon kaynakları verilmiştir. CO₂ (Karbondioksit) katkı oranı %50 ile en fazla etkileyen sera gazıdır. Ardından %22 oranıyla CFC (Kloroflorokarbonlar), %14 oranıyla CH₄ (Metan), %7 oranıyla O₃ (Ozon), %4 oranıyla N₂O (Diazot monoksit) ve %3 oranıyla su buharı gelmektedir.

Karbondioksit (CO₂), sera etkisi oluşturmasıyla bilinen en önemli saydam gazdır. Dünyayı çepçevre saran bu gazın etkisiyle yeryüzü sıcaklığı yaklaşık olarak +16

santigrat derece iken bu gazın yokluğunda ise ortalama -18 santigrat derece civarında olacaktı. Yeryüzüne gelen ve tekrar yansıyan ışınları tutup yüzey sıcaklığının sağlanmasında önemli bir rolü vardır. Sanayi devriminin yaşanmasıyla beraber dünya ekonomik olarak büyümüş ve bu büyümeyi sağlamada kullanılan fosil yakıtların artması sonucunda karbondioksit miktarında da artış yaşanmıştır. 1800'lü yıllardaki fosil yakıtların ortaya çıkardığı karbondioksit miktarı düşük seviyedeydi. Ancak ilerleyen yıllarda yani 1900'lü yıllarda karbondioksit miktarı yıllık 16 milyon ton civarındaydı. Ardından 2000'li yıllara bakıldığında karbondioksit miktarının yıllık 6,3 milyar tonu bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Atmosfere yayılan bu gazın yüzey sıcaklığında artışın yaşanmasına sebep olduğu bilinmektedir (Karakoç, 2022).

Kloroflorokarbonlar (CFC), küresel ısınmaya neden olan ve stratosferde bulunan ozon gazının miktarını etkileyen gazdır. Soğutucularda, yalıtım malzemelerinde, spreylerde ve elektronik araçların temizliğinde kullanılmaktadır. Ozon gazı miktarına etkisi olduğu için tabakanın korunması amacıyla 1989 yılında Montreal Protokolü imzalanmıştır. Kloroflorokarbonların kullanımının yasaklanması sonucunda atmosfere olan etkisinin azaldığı görülmüştür (Gillenwater vd., 2002).

Metan (CH_4), normal sıcaklıkta ve basınçta gaz halinde bulunur. Renksiz ve kokusuz sera gazlarından biridir. Doğal gaz bileşeni olup önemli yakıt olarak ifade edilmektedir. Bulunduğu alanlara bakıldığında zemin altında ve deniz tabanında olduğu bilinmektedir. Sanayi devriminden sonra miktarında artış görülmektedir. 1700'lü yıllardan 2017 yılına kadar miktarında %150 artış görülmüştür. Oksijensiz ortamda organik maddelerin parçalanması metan gazı oluşumuna sebebiyet vermektedir. Karbondioksit gazıyla kıyaslandığında ısı tutma oranının 20 kat daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Karakaya, 2022).

Ozon (O_3), sanayi devriminden sonra artış gösteren önemli gazlardan biridir. Atmosferin troposfer katmanında bulunur. Ozon troposfer katmanının soğuk kısımlarında az miktarda bulunurken fazlasıyla stratosfer katmanında bulunur. Ozon ultraviyole ışınlarını tutma kabiliyetine sahiptir. Işınları tutma kabiliyeti sayesinde koruma sağlar (Karakoç, 2022).

Diazot monoksit (N_2O), tarım alanlarından salınan ve atmosferde doğal olarak bulunan azot döngüsünde yer alan gazdır. Fosil yakıtların kullanımının artması, insan nüfusunun artması, tarımda azotlu gübrelerin kullanılması, kimya endüstrisinde azotun

kullanılması ve hayvan yemi üretiminin yapılması sonucu diazot monoksit miktarı artmaktadır (Karakaya, 2022).

Su buharı (H_2O), atmosferde genellikle bulunan ve sera etkisinden sorumlu gazlardandır. Doğal olarak oluşan sera etkisinin üçte ikisinden su buharı sorumludur. Su döngüsünün ana karakteri olan ve yeryüzünde bulunan suların ısınarak buharlaşmasıyla atmosfere ulaşmaktadır (IPCC, 2022).

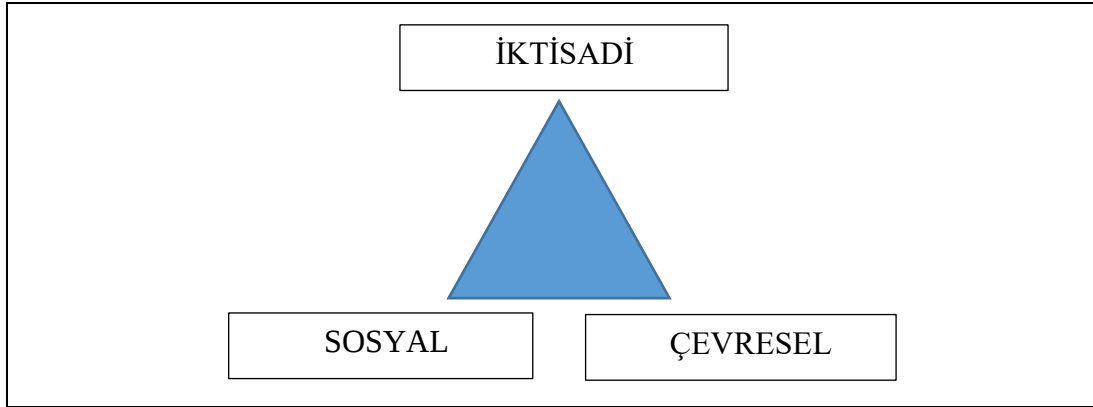
1.2.2. Sürdürülebilirliğin Temel İlkeleri

Sürdürülebilir bir yaşam için doğaya zarar vermeden sağlıklı ve üretken yaşamak her bireyin doğal hakkıdır. Dünyada yaşamış bütün kuşaklar aynı haklara sahiptirler. Sürdürülebilir yaşam için doğanın korunması gereklidir. İnsanlar ülkelerinin kaynaklarını doğaya zarar vermeden kullanma hakkına sahiptir. Doğaya verilen zararın giderilmesi gerekir. Doğanın korunması için gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Ülkelerin doğanın korunması için birlik ve beraberlik içinde olmaları önemlidir. Dünyadaki yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve yoksulluğun giderilmesi için çalışmaların yapılması gereklidir. Sürdürülebilir ekonomik faaliyetler desteklenmeli ve üretim tüketim dengeleri için çalışmalar yürütülmelidir. Çevre sorunlarının giderilmesi için tüm dünya devletlerinin iş birliği içinde olmaları gereklidir. Çevre için yasaların ve kanunların uygulanabilir olması ve denetlenmesi uygundur. Sürdürülebilirliğin, çevrenin ve doğal dengenin ayrılmaz bir bütün olduğu tüm toplum tarafından desteklenmelidir (Keleş, 2007).

Sürdürülebilirliğin temel ilkeleri insanların gelecekteki hayatlarında ve refah seviyelerinde bir düşüş yaşamamaları için uygulanması gerekli olan durumları ifade etmektedir. Dünyadaki üretim ve tüketim dengesinin sağlanması sürdürülebilir bir dünya için gereklidir. Doğal dengenin bozulması beraberinde yaşam şartlarının kötüleşmesi ve refah seviyesinin düşmesini de beraberinde getirir.

1.2.3. Sürdürülebilirlik Bileşenleri

Sürdürülebilirliğin bileşenlerine bakıldığında üç bileşenden oluştuğu görülmektedir. İktisadi, sosyal ve çevresel bileşen olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir. Sürdürülebilirlik için gerekli olan üç temel bileşen Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sürdürülebilirliğin üç temel bileşeni (Yeni, 2014).

Şekil 4’te sürdürülebilirliğin üç temel bileşeni ele alınmıştır. İktisadi bileşen, ekonomiyle ilgili alanları kapsamaktadır. Sosyal bileşen, insan ilişkileriyle ilgili alanla ilgilenmektedir. Çevresel bileşen, yaşanılan çevreyle ilgili alanı kapsamaktadır. İnsanların sürdürülebilirliği sağlaması ve yaşamlarını devam ettirebilmeleri için üç bileşene dikkat edilmelidir. Refah düzeyini düşürmeden gelecek kuşakların yaşamlarını olumsuz etkilemeyecek şartlar yaratmamak için sürdürülebilirliğin sağlanması önemlidir.

1.2.3.1. İktisadi Bileşen

İktisadi konudaki uzmanlar, kaynakları verimli bir biçimde ortaya çıkarma konusuna önem verdiklerinden dolayı doğada bulunan kaynakların sınırsız olduğunu düşünmektedirler. İktisadi alanda doğal kaynaklara duyulan endişe tarih boyunca düşüktür. Sürdürülebilirlik açısından iktisadi boyutun tanımı, sermayenin korunmasını sağlayarak bozulmasının önüne geçilmesi olarak ifade edilmektedir (Bilgili, 2017).

İktisadi bileşende ülkelerin ekonomik politikaları ve ekonomik ilişkileri uluslararası alanda oldukça önemlidir. Ekonomik alanda hazırlanacak politikalar ve önlemler iktisadi boyut için önemlidir. Ülke kaynaklarının plansız kullanılması iktisadi alanda istikrarsızlığa neden olmaktadır. Uygun politikalar desteklenerek dengesizliklerin ortaya çıkmasına engel olunabilir (Dinç, 2015).

1.2.3.2. Sosyal Bileşen

Bir toplumun üretken olabilmesi için istikrarlı olması önemlidir. Nüfusun sağlıklı ve başarılı olabilmesi için çalışması gerekir. Sürdürülebilir bir toplum içinde üreten insanların olması önemlidir. Sosyal bileşen, ekonomi ve sürdürülebilirlikle ilişkilidir. Dünyada meydana gelen değişiklikler dünyanın kapasitesinin nasıl etkileneceğini ve oluşabilecek sorunları beraberinde getirmiştir. Ortaya çıkabilecek sorunlara bakıldığında sosyal hayatın ve refah düzeyinin olumsuz etkileneceği ön görülmektedir. (Strange ve Bayley, 2008).

İnsanlar ve doğa arasında doğrudan bir bağlantı bulunmaktadır. Bu bağlantı sosyal bileşen ile sürdürülebilirliğinin birbirlerini etkilediklerini öne çıkarmaktadır. İnsanların çevre üzerindeki baskısı artmaya devam ettiği sürece sosyal ilişkiler üzerindeki baskı artmaya devam edecektir. Baskılar arttığı sürece sosyallik olumsuz yönde etkilenecektir. Sosyallığın bozulması sonrası beraberinde çevresel bozulmaları getirecektir (Yeni, 2014).

1.2.3.3. Çevresel Bileşen

Ekonomik gelişmenin etkisiyle doğal çevre olumsuz yönde etkilenmeye başlamış ve beraberinde getirdiği tartışmaları ilk kez Carson 1960'lı yıllarda Sessiz Bahar adlı eserinde ele almıştır. Etkilere yönelik çalışmalar yapılıyor olmasına rağmen geçen süreye rağmen etkiler tamamıyla giderilememiştir. Doğal dengenin kendini nasıl temizlediği ve dengelediği yapılan çalışmalara rağmen tam olarak bilinmemektedir. Gelecekte neler olabileceğini anlamak ve kontrolünü sağlamak oldukça zorlaşmaktadır. Çevresel kirliliğin zamanla artması, kirlilik hakkında yeterli bilginin bulunmaması, doğal kaynakların istenilmeden de olsa üst seviyede kullanılması ve birçok kirliliğin küresel boyuta ulaşması olumsuz etkilerden bazılarıdır (Dinç, 2015).

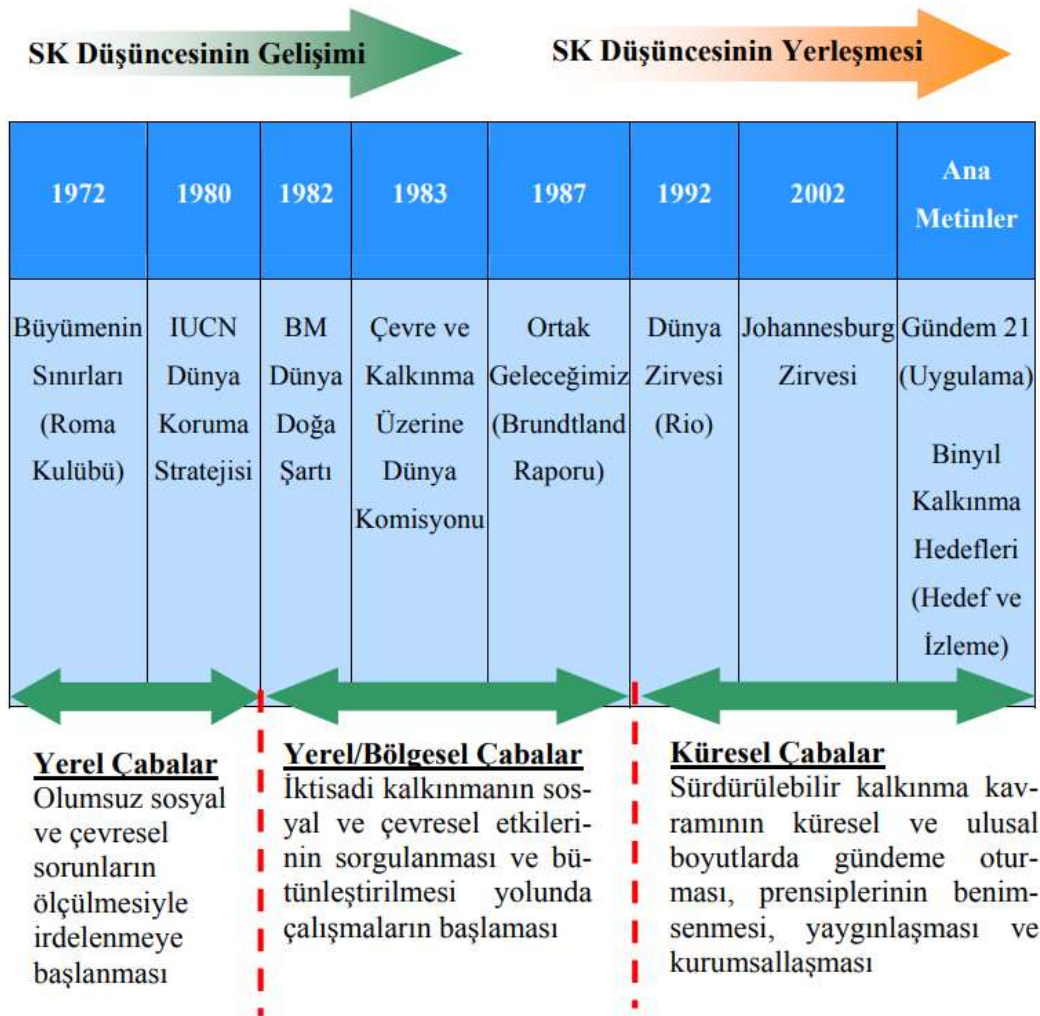
1.2.4. Sürdürülebilirliğin Gelişimi

Dünya nüfusuna bakıldığında yıllar ilerledikçe nüfusun artış gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Dünya nüfusunun artış hızına bakıldığında 2030'lu yıllarda nüfusun 8.4 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Dünyadaki yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynakların artan nüfusa bağlı olarak hızla azaldığı görülmekte olup dünyanın kendi

kaynaklarını yenilemesi dünya üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum küresel çapta dünyanın kaynaklarının tükendiğini işaret etmektedir. Dünyada meydana gelen bu durumları ortadan kaldırmak için ortak çözüm yolları bulunarak çalışmalar yapılmıştır. İlk çalışma 1962 yılında Rachel Carson tarafından ortaya konulan Sessiz Bahar (Silent Spring) eseridir. Bu çalışmada insanların doğa üzerindeki tahribatının son çeyrek yüzyılda arttığından bahsetmiş ve insanların yaptıkları tahribatın doğanın dengesini bozduğunu ifade etmiştir. 1964 yılının haziran ayında Uluslararası Bilim Konseyi (International Council of Scientific Union) tarafından kaynak yönetiminin sağlanması için Uluslararası Biyolojik Programı (International Biological Program) tasdik edilmiştir. Bu programın hedefi insanların yaşam kalitesini yükseltmek, verimliliği sağlamaktır. Dünyanın geleceği ve daha iyi bir dünyada yaşamak için 1968 yılında Aurelio Peccei ve Alexander King önderliğinde Roma'da toplantı yapılmıştır. Bu toplantıda dünyadaki kaynakların sınırsız olmadığı ve kaynak tüketimiyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir. 1972 yılında Meadows ve arkadaşları Ekonomik Büyümenin Sınırları (The Limits to Growth) isimli bir çalışma yaparak rapor oluşturmuşlardır. Oluşturulan raporda nüfus, gıda, sanayi, kirlilik ve yenilenemeyen doğal kaynakların sürdürülebilirliğe olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca 1972 yılının 8-16 Haziran zaman aralığında BM Çevre Programı (United Nations Environment Programme) tarafından oluşturulan ve Maurice Strong önderliğinde İnsan Çevresi Konferansı (The United Nations Conference on the Human Environment) Stockholm'de yapılmıştır. Konferansta insanın yaşadığı çevreyi tahrip etmemesi ve geliştirmesine yönelik konular gündeme gelmiştir. Stockholm Konferansı gündeminde insanların barış içinde yaşamlarını devam ettirmeleri, ekonomik gelişememe sorunu, sosyal adaletsizlik ve ekolojik problemler hakkında konuşulmuştur. Yıl 1977'de BM Çölleşme Konferansı (United Nations Conference on Desertification) organize edilerek genel olarak çölleşen dünyanın en önemli sorunları gündeme getirilmiştir. Bu sorunlar sosyal, ekonomik ve çevre sorunlarıdır. Bu sorunların ardından Çölleşmeyle Mücadele Eylem Planı (Plan of Action to Combat Desertification) ilan edilmiştir. Uluslararası alanda sürdürülebilirlik hakkında ilk resmi çalışma BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (The World Commission on Environment and Development) öncülüğünde Brundtland Raporu başka bir deyişle Ortak Geleceğimiz raporu 1987 yılında yayınlanmıştır. Bu raporda yaşam ve yönetim biçimlerinin önemine değinilmiştir. Sürdürülebilirlik ve çevre politikaları 1987

yılından itibaren artış göstermeye devam etmiştir. Rio de Janerio’da yapılan BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Environment and Development) 1992 yılında yapılan en önemli çalışmadır. Bu konferansta Stockholm Konferansı kararları incelenmiş ve düzenlenmiştir. BM öncülüğünde Japonya’nın Kyoto şehrinde 1997 yılında yapılan fakat 2005’te resmîyet kazanan Kyoto Protokolüdür. Kyoto Protokolünde hedeflenen amaç atmosferdeki sera gazının düşürülmesi ve iklimi olumsuz etkileyen sebeplerin ortadan kaldırılmasıdır. BM Genel Kurulu tarafından Milenyum Deklarasyonu (UN Millennium Declaration) 2000 yılında yayınlanmıştır. Deklarasyonun genel amacı sürdürülebilirliği sağlamak ve fakirliğin önüne geçmektir. Güney Afrika’nın Johannesburg şehrinde 2002 yılında Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi yapılmıştır. 2002 yılında yapılan bu zirvede 10 yıl önce Rio’da yapılan toplantının hedeflere olan uzaklığı konuşulmuştur. Yapılan çalışma sonucu sürdürülebilirlik çalışmalarının hedefe ulaşmadığı görülmüş ve zararın arttığı sonucuna varılmıştır. 2012 yılında Rio’da BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (UN Conference on Sustainable Development) on yıl aradan sonra tekrar düzenlenmiştir. Hindistan’ın Yeni Delhi şehrinde Delhi 2013 yılında Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Delhi Sustainable 12 Development Summit) yapılmıştır (Dinç, 2015).

Sürdürülebilirlik çalışmalarının 19. yüzyıldan itibaren başladığı ve 20. yüzyıl itibariyle hız kazandığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalardaki temel amaç dünyanın kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması ve dünyaya verilen zararı en aza indirmektir. Yaşanılabilir ve sürdürülebilir bir dünya için yapılan çalışmalar küresel çapta önem ifade etmektedir. Sürdürülebilirlik çalışmalarının gelişimi ve günümüze kadar yaşanan gelişmeler Şekil 5’te ele alınmıştır.



Şekil 5. Sürdürülebilirlik çalışmalarının tarihsel gelişimi (Keleş, 2007).

Şekil 5'te sürdürülebilirliğin gelişimini ve sürdürülebilirlik düşüncesinin yerleşmesi ele alınmıştır. Yerel çabalara bakıldığında sosyal ve çevresel sorunların ele alındığı ve incelendiği görülmektedir. Bölgesel çabalar ise ekonomik kalkınmanın sosyallik ve çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmaları ifade etmektedir. Küresel çabalar ise dünyayı ilgilendiren ve dünya gündeminde yer alan çalışmaları ve bu çalışmaların uygulanabilirliğini ifade etmektedir.

1.2.5. Sürdürülebilir Kaynak Kullanımı

Sürdürülebilir kaynak kullanımı, mevcut kaynakların sürdürülebilirlik hedefiyle doğal yaşama zarar vermeden yapılan tüketimdir. Sürdürülebilir kaynak kullanımı tasarruf yapılarak doğal kaynak kullanımını ifade eder. Petrol, doğal gaz, elektrik ve su gibi kaynaklardan tasarruf yapılması gelecek nesillerin bu kaynaklara erişimine olanak

sağlayacaktır. Petrolden tasarruf etmek için yürüyüş yapılabilir, bisiklet kullanılabilir, yakıt tüketimi az olan araçlar tercih edilebilir ve toplu taşıma araçları kullanılabilir. Doğal gazdan tasarruf yapmak için oda sıcaklığında ısınmanın ve yalıtımın yapılması önemlidir. Elektrik kullanımını en aza düşürmek için gereksiz elektrik kullanımı yapan bütün araçlar prizden çekilmeli ve gereksiz aydınlatmalardan kaçınılmalıdır. Su tüketimini düşürmek için tasarruflu musluk başlıkları kullanılmalı ve boşa akan suların önüne geçilmelidir (Coşkun, 2013).

Sürdürülebilir bir dünya için insanları tasarrufa yönlendirmeli ve bunu refah düzeylerini düşürmeden yapmak oldukça önemlidir. İnsanlar yaşam konforunu kaybetmek istemezler. Yaşam konforu kaybettirilmeden sürdürülebilirlik gelişen teknolojiyle beraber mümkündür. Doğal kaynakları kullanırken dünyanın ürettiği miktara dikkat etmeli üretimden çok tüketim yapılmamalıdır. Tüketim miktarı düşürülürse ortaya çıkacak atık miktarını da minimum seviyeye düşecektir. Sürdürülebilir bir yaşam için tasarruf yapmak her bireyin görevidir.

1.3. DÜNYADA AYAK İZİ

Yarım yüzyılı geçmiş zamandan sonra karbon alanı ayak izi, küresel ayak izi hesaplarında en büyük orana sahip faktör haline gelmiştir. Karbon alanı ayak izi 1960'lı yıllarda toplam küresel ayak izinin yüzde 36'sı kadarını oluşturmaktaydı. Artan fosil yakıt kullanımıyla beraber bu oran 2010 yılında yüzde 53'e, bir yıl sonra ise yüzde 55'e çıkmıştır. Fosil yakıtlardan olan kömür, petrol ve doğal gaz gibi kaynakların kullanımı karbon alanı ayak izinde artışın temel nedenlerindendir (WWF, 2014).

Dünya geneline bakıldığında enerji üretmek için kullanılan kaynakların %80'i fosil yakıtlardır. Fosil yakıtlarının kullanılması iklim değişikliğine ve atmosferde sera gazlarının artmasına neden olmaktadır. Küresel dünyada sanayi kuruluşlarının gelişmesi ve artması nedeniyle sera gazlarında artış yaşanmaktadır. Artan sera gazlarındaki bu yoğunluk iklim değişikliği için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Atmosferde biriken gazların küresel ısınmaya olan etkisi birbirlerinden farklıdır. Atmosferde biriken gazlardan kükürtheksaflorit en tehlikeli gazlardan biridir. İmalat faaliyetleri sonucunda oluşan karbondioksitin miktarı ise diğer gazlara oranla oldukça fazladır (Erden Özsoy, 2015).

Atmosferdeki sera gazlarının miktarının artması doğal çevreyi kirletmekte ve geri dönüşü olmayan küresel sorunları ortaya çıkarmaktadır (Dinç, 2015). Karbondioksit emisyonu yüksek ülkeler Tablo 5’te incelenmiştir.

Tablo 5. Karbondioksit emisyonu yüksek ülkeler

Karbondioksit Emisyonu En Yüksek 15 Ülke	2020 Karbondioksit Emisyon Verileri (Kiloton, Kt)
Çin	10.944.686
Amerika Birleşik Devletleri	4.320.533
Hindistan	2.200.836
Rusya Federasyonu	1.618.271
Japonya	1.014.065
İran, İslam Cumhuriyeti	616.561
Almanya	603.351
Kore, Temsilci.	569.682
Endonezya	563.197
Kanada	516.874
Suudi Arabistan	513.556
Brezilya	414.139
Türkiye	407.406
Güney Afrika	393.242
Meksika	383.131

Kaynak: (The World Bank, 2024).

Tablo 5’e bakıldığında en fazla karbondioksit emisyon miktarının Çin’de olduğu görülmektedir. Karbondioksit miktarı 10.944.686 kiloton olan Çin, ikinci sırada yer alan Amerika Birleşik Devletleri’nin 4.320.533 kiloton olan karbondioksit miktarının iki katından fazla emisyonu sahiptir. Çin’in ardından Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Rusya Federasyonu, Japonya, İran (İslam Cumhuriyeti), Almanya, Kore (Temsilci.), Endonezya, Kanada, Suudi Arabistan, Brezilya, Türkiye, Güney Afrika ve Meksika gelmektedir.

1.3.1. Dünyanın Biyolojik Kapasitesi

İnsanların faaliyetleri sonucu oluşan ayak izi dünyanın kendini yenileme hızını geçmiştir. Dünyanın kendini yenileyememe nedenlerine bakıldığında ağaçların kendilerini yenilemeden hızlı şekilde kesimlerinin yapılması, denizlerde ve okyanuslarda aşırı avlanma yapılması ve karbon salınım miktarındaki ciddi artış bunlardan bazılarıdır. Karbon miktarındaki artışa bakıldığında ise fosil yakıtların kullanımı ön plana çıkmaktadır. İnsanların doğadan taleplerinin artması sonucu biyolojik kapasite aşılmış olup tüketim sonucunda da atıklar ortaya çıkmıştır (WWF, 2014). Dünyada ortaya çıkan küresel ayak izi bileşenleri ve oranları Tablo 6'da incelenmiştir.

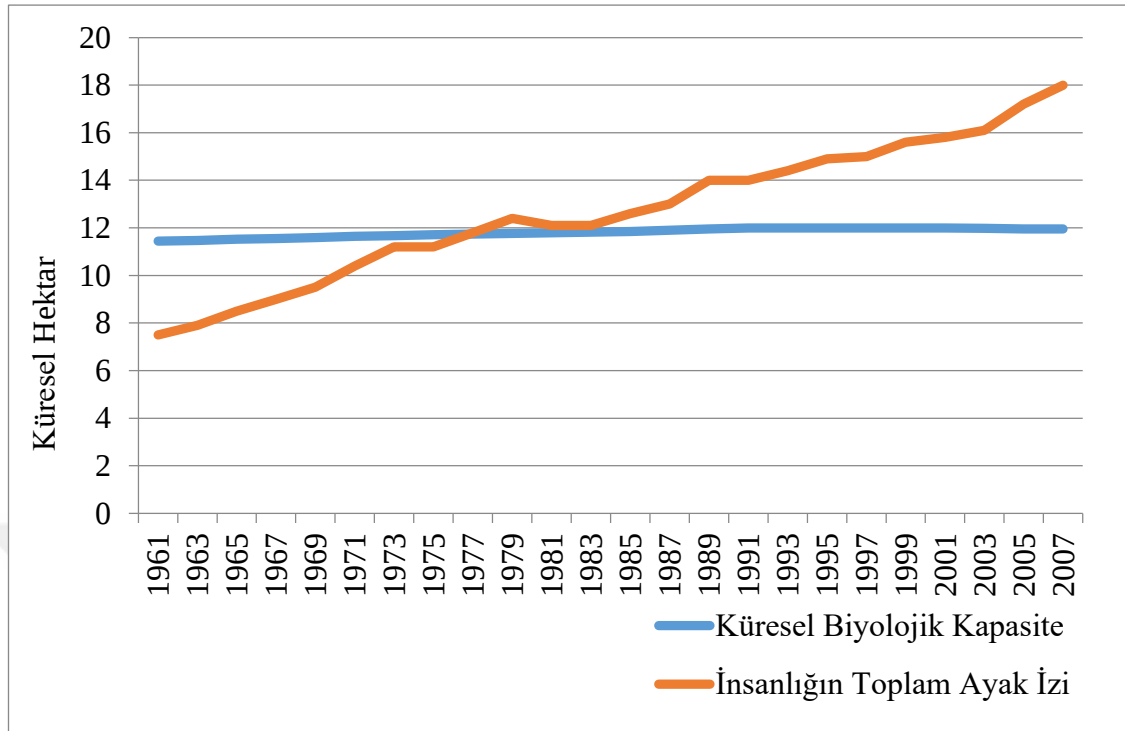
Tablo 6. Küresel ayak izi bileşenleri

Küresel Ayak izi Bileşenleri	Yüzdelik Oran
Karbon Alanı Ayak İzi	%55
Tarım Alanı Ayak İzi	%21
Orman Alanı Ayak İzi	%10
Otlatma Alanı Ayak İzi	%8
Yapılandırılmış Alan Ayak İzi	%3
Balıkçılık Alanı Ayak İzi	%3

Kaynak: (Dinç, 2015).

Tablo 6'da dünyadaki toplam ayak izi bileşenleri incelendiğinde %55 oranıyla en yüksek orana karbon alanı ayak izinin sahip olduğu görülmektedir. Tarım alanı ayak izi %21 oranıyla ikinci, orman alanı ayak izi %10 oranıyla üçüncü, otlatma alanı ayak izi %8 oranıyla dördüncü, yapılandırılmış alan ayak izi ve balıkçılık alanı ayak izi %3 oranıyla son sırada yer almaktadır.

Dünyanın biyolojik kapasitesi ve insanlığın toplam ayak izi Şekil 6'da incelenmiştir.



Şekil 6. Dünyanın biyolojik kapasitesi ve toplam ayak izi (WWF Türkiye, 2012).

Şekil 6'ya bakıldığında biyolojik kapasitenin 1970'lerin ortalarında geçildiği sonucuna ulaşılmaktadır. Biyolojik kapasite keskin çıkışlar ve düşüşler yaşamamış ve genel olarak 10 ile 12 küresel hektar (milyar) aralığında ilerlemiştir. İnsanlığın toplam ayak izi 1960'lardan 2007 yılına kadar inişler, çıkışlar ve sabit kalma gibi hareketler gösterse de yükselme trendinden vazgeçmemiştir. Toplam ayak izinin 1970'lerden sonra daima biyolojik kapasitenin üstünde kalmıştır.

1.3.2. Dünyada Biyolojik Kapasite Açığı

Dünyadaki ayak izi artışının sebeplerine bakıldığında küresel zenginlik, nüfus artışı, fosil yakıt kullanımının artması, verimsiz arazi kullanımı ve su tüketimidir. Yaşanan olaylar sonrası biyolojik kapasitede de açık artmaktadır. Dünyada 2007 yılında kullanılan doğal kaynakların oluşması için gereken süre miktarı 1,5 yıldır. Dünyanın biyolojik kapasitesi ve küresel ayak izi miktarı kıyaslandığında küresel açığın yıllar içinde arttığı görülmektedir (WWF Türkiye, 2012).

Dünyada bulunan doğal kaynakların mevcut tüketim alışkanlıklarına göre devam etmesi durumunda birçok ülkede kıtlığın ortaya çıkması mümkündür. Biyolojik

kapasitenin aşırı zorlanarak üzerinde bir tüketimin devam etmesi canlı yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir (Dinç, 2015). Dünya ülkelerinde ekolojik açığı yüksek yirmi ülke Tablo 7’de incelenmiştir.

Tablo 7. Dünyada ekolojik açığı yüksek ülkeler

Ülkeler	Ayaz İzi Miktarı (Küresel Hektar/Kişi)	Biyolojik Kapasite (Küresel Hektar/Kişi)	Ekolojik Açık (Küresel Hektar/Kişi)
Kuveyt	8,9	0,5	-8,3
Dubai	8,1	0,6	-7,6
Singapur	5,9	0,0	-5,9
Katar	7	1,3	-5,7
Bahreyn	6,2	0,6	-5,7
Belçika	5,8	1,1	-4,6
İsrail	4,7	0,3	-4,4
G. Kore	4,5	0,7	-3,8
İsviçre	4,9	1,4	-3,5
S. Arabistan	4	0,5	-3,5
Hollanda	4,5	1,1	-3,3
Kıbrıs	3,6	0,4	-3,2
ABD	6,8	3,7	-3,1
Japonya	3,8	0,7	-3,1
İngiltere	4,2	1,4	-2,8
Almanya	4,4	2,1	-2,3
İspanya	3,4	1,5	-1,9
Polonya	3,8	2,0	-1,9
Portekiz	3,3	1,5	-1,8
Çin	2,5	0,9	-1,6

Kaynak: (Dinç, 2015).

Tablo 7’de dünyada ekolojik açığı yüksek ülkelerde biyolojik açığın en fazla Kuveyt’te olduğu görülmektedir. Ardından Dubai, Singapur, Katar, Bahreyn, Belçika,

İsrail, G. Kore, İsviçre, S. Arabistan, Hollanda, Kıbrıs, ABD, Japonya, İngiltere, Almanya, İspanya, Polonya, Portekiz ve Çin gelmektedir.

Dünya ülkelerinin bulunduğu bölümlerin ayak izi miktarı, biyolojik kapasiteleri ve ekolojik açık miktarı Tablo 8’de incelenmiştir.

Tablo 8. Ülke gruplarının ekolojik açıklık miktarı

Ülkeler Grupları	Ayaz İzi Miktarı (Küresel Hektar/Kişi)	Biyolojik Kapasite (Küresel Hektar/Kişi)	Ekolojik Açık (Küresel Hektar/Kişi)
Kuzey Amerika	6,7	4,7	-2
Avrupa	4,1	2,3	-1,8
Orta Doğu-Orta Asya	2,5	1	-1,5
Asya-Pasifik	1,8	0,9	-0,9
Afrika	1,2	1,2	0
Diğer Avrupa	3,9	5	+1,1
Latin Amerika	2,5	5,3	+2,8
Dünya	2,65	1,72	-0,93

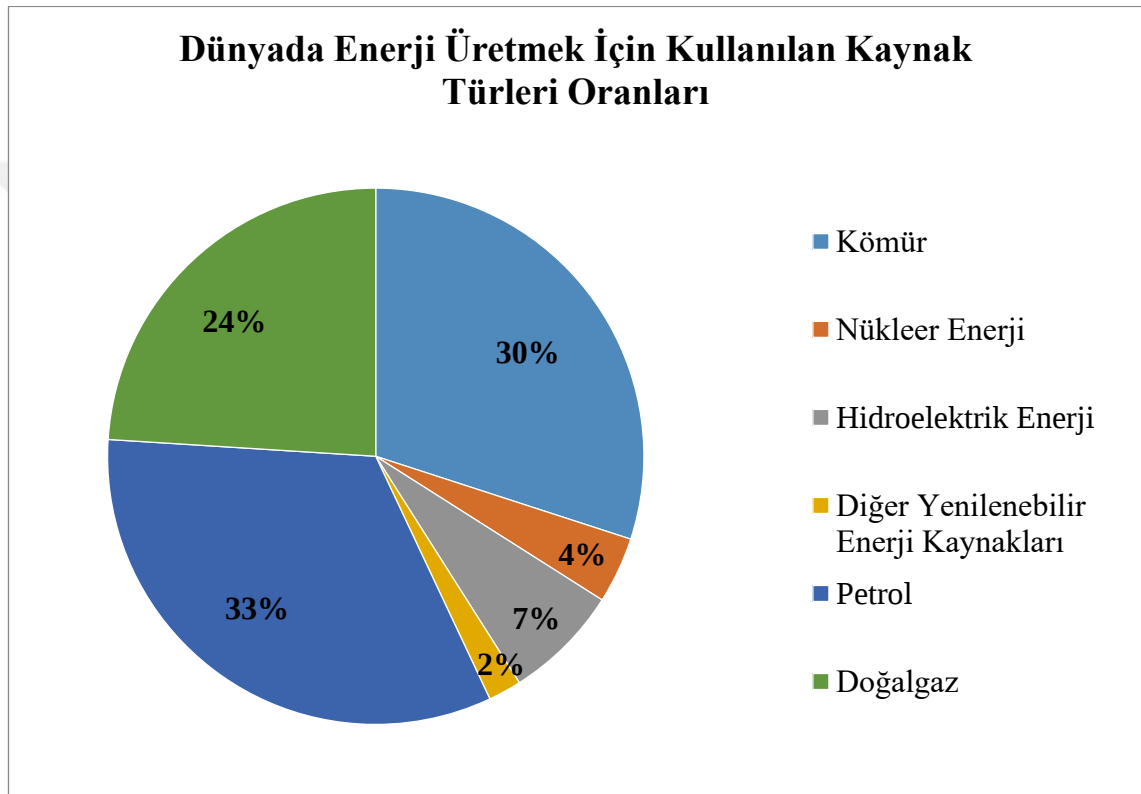
Kaynak: (Dinç, 2015).

Tablo 8’de biyolojik kapasitenin en fazla açık verdiği yerin Kuzey Amerika olduğu görülmektedir. Ardından biyolojik açığın yüksekte düşüğe doğru Avrupa, Orta Doğu-Orta Asya, Asya-Pasifik, Afrika, Diğer Avrupa ve Latin Amerika olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Dünya ortalamasının verilen gruplara göre ekolojik açık sıralamasında dördüncü sırada sonucuna ulaşılmaktadır.

Dünyanın biyolojik kapasitesiyle ortaya çıkan ayak izi miktarı oranı incelendiğinde gelişmiş ülkelerin bulunduğu kıtalarda biyolojik kapasitenin aşıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Gelişmiş ülkelere nüfusun fazla olması ayak izi miktarının artmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilir bir dünya ve gelecek için biyolojik kapasitenin aşılmaması ve ortaya çıkan ayak izi miktarının düşürülmesi önemlidir.

1.3.3. Dünyada Enerji Üretimi

Dünyada enerjinin önemi 1973 yılında yaşanan birinci petrol krizinden sonra daha iyi anlaşılmıştır. Enerji üretmek için yenilenebilir veya yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Dünya geneline bakıldığında enerji için kullanılan kaynakların ilk sırasında petrol ardından doğal gaz gelmektedir (Koç ve Kaya, 2015). Dünyada enerji türlerinden faydalanılma oranı Şekil 7’de incelenmiştir.



Şekil 7. Dünyada kullanılan enerji türleri oranları (BP, 2015).

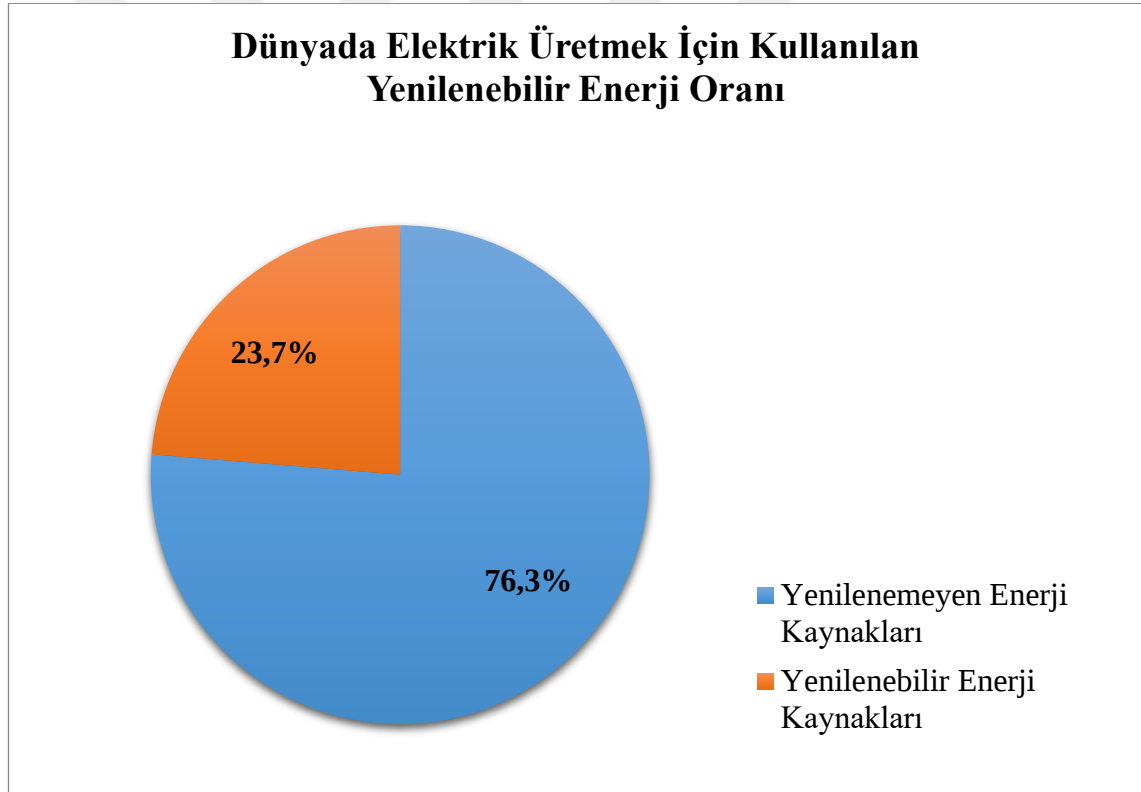
Şekil 7’ye bakıldığında dünyada enerji üretmek için en çok kullanılan kaynak %33 oranıyla petroldür. İkinci sırada %30 oranıyla kömür, üçüncü sırada %24 oranıyla doğal gaz, dördüncü sırada %7 oranıyla hidroelektrik enerji, beşinci sırada %4 oranıyla diğer yenilenebilir enerji kaynakları ve son sırada %2 oranıyla nükleer enerji yer almaktadır. Dünyada enerji üretmek için kullanılan kaynaklara bakıldığında yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanım oranı ön plana çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre düşük

seviyede kalmaktadır. Dünyada enerji üretmek için en çok kullanılan üç kaynağın yenilenemeyen kaynaklar olduğu bilinmektedir.

Yapılan son çalışmalar incelendiğinde bu oranların %31 petrol, %27 kömür, %23 doğal gaz, %11 diğer yenilenebilir enerji kaynakları, %5 nükleer enerji ve %3 hidroelektrik kaynakları olarak değiştiği sonucuna ulaşılmıştır (Arı ve Yılmaz, 2023).

1.3.3.1. Dünyada Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji

Dünyada elektrik üretmek için en çok kullanılan enerji kaynaklarının yenilenemeyen enerji kaynakları olduğu bilinmektedir (WWF Türkiye, 2012). Elektrik üretmek için yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı Şekil 8’de incelenmiştir.

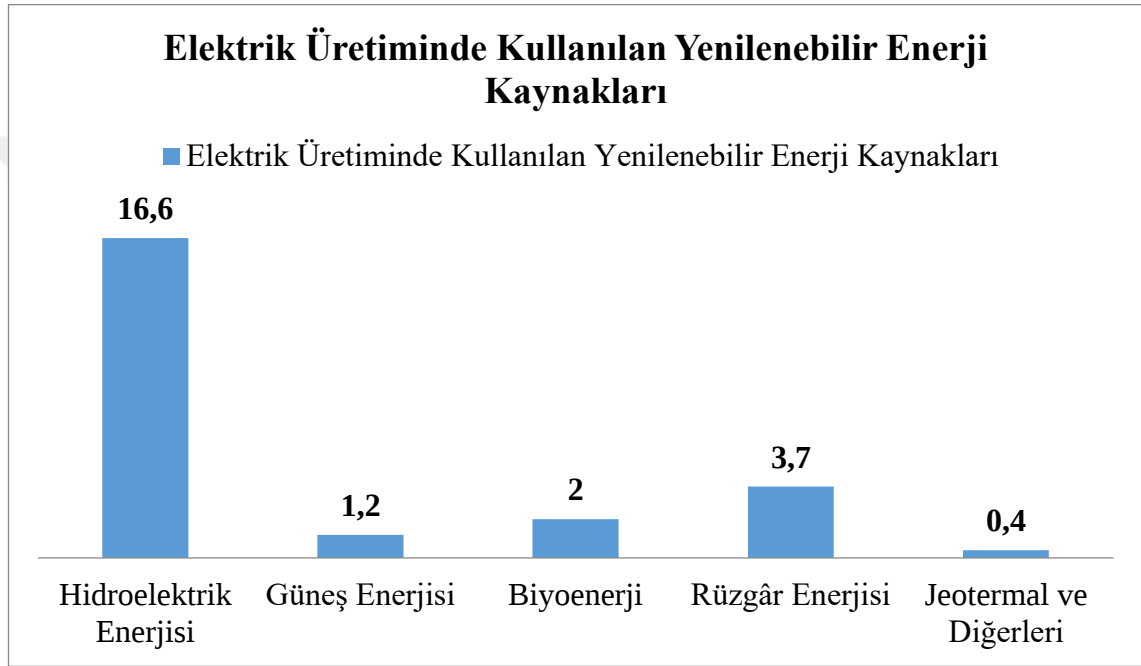


Şekil 8. Dünyada elektrik üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji oranı (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Şekil 8’e bakıldığında elektrik üretiminde %76,3 oranıyla yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki

oranı ise %23,7'dir. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları biyolojik kapasitenin aşılmasına ve ayak izi miktarının artmasına neden olmaktadır. Küresel ayak izinin düşürülmesi ve biyolojik kapasitenin arttırılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması doğanın kendini yenileyebilmesi için gereklidir. Biyolojik kapasitenin yeterli olması için ayak izi artışının düşürülmesi önemlidir.

Elektrik üretimde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları Şekil 9'da incelenmiştir.



Şekil 9. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Şekil 9'a bakıldığında dünyada elektrik üretiminde en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjisi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ardından %3,7 oranıyla rüzgâr enerjisi, %2 oranıyla biyoenerji, %1,2 oranıyla güneş enerjisi, %0,4 oranıyla jeotermal ve diğerleri olacak şekilde sıralanmıştır.

1.3.3.2. Yeşil Ekonominin Etkileri

Yeşil ekonomi ilk olarak 22 Nisan 1970'te Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir organizasyon sonucu ortaya çıkmıştır. Bu organizasyonun amacı çevrenin korunması ve daha iyi bir hale getirilmesidir. Organizasyon insanların çevre için birlik

olmalarını gerektiğini anlamaları için önemlidir. Yeşilin korunması, yeşil ekonomi, sürdürülebilirlik, ekosistemin korunması ve istikrarlı şekilde büyüyerek refah düzeyinin artırılması organizasyonun konuları arasındadır (Dinç, 2015).

Yeşil ekonomi, bütün insanları ilgilendiren, çevreyi korumayı hedefleyen, sürdürülebilir bir gelecek için çalışan ve toplumu yararına bir fikirdir. Doğayla ilgili çevresel sorunlarını inceleyen, atıklarla ilgili çalışmalar yapan ve temiz bir dünya için çalışmalar yürüten düşünce sistemidir (Özsoy, 2011).

Yeşil ekonomi yeni iş alanları yaratabilir ve istihdam alanları oluşmasına katkı sağlayabilir. Ancak fabrikaların kapatılmasına neden olup talep edilen ürünlere ulaşmada aksaklıklar da görülebilir. İstihdam, üretim ve talep arzını değiştirebilir ve insanların işini kaybetmesine neden olabilir. Çevreci politikaların uygulandığı ve sıkı denetimlerin yapıldığı ülkelerde yapılan üretim, denetimleri gevşek olan ülkelere kayabilir (Dinç, 2015).

1.3.4. Dünyada Yenilenebilir Enerjiyle ilgili Gelişmeler

Yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların artması sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik çalışmalardır (Kavaz ve Karagöl, 2017). Yenilenebilir enerji yatırımlarıyla öne çıkan ülkeler Tablo 9’da incelenmiştir.

Tablo 9. Yenilenebilir enerji yatırımda öne çıkan ülkeler

Enerji Alanı	İlk Beşteki Ülkelerin Sıralamaları				
	1.	2.	3.	4.	5.
Yenilenebilir Enerji ve Yakıtlara olan Yatırım	Çin	ABD	Japonya	Birleşik Krallık	Hindistan
Jeotermal Enerji Kapasite Artışı	Türkiye	ABD	Meksika	Kenya	Almanya/Japonya
Hidrolik Enerji Kapasite Artış	Çin	Brezilya	Türkiye	Hindistan	Vietnam
Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasite Artışı	Çin	Japonya	ABD	Birleşik Krallık	Hindistan
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri Kapasite Artışı	Fas	Güney Afrika	ABD	-	-
Güneş Kollektörü Kapasite Artışı	Çin	Türkiye	Brezilya	Hindistan	ABD
Rüzgâr Enerjisi Kapasite Artışı	Çin	ABD	Almanya	Brezilya	Hindistan
Biyodizel Üretimi	ABD	Brezilya	Almanya	Arjantin	Fransa
Etanol Yakıt Üretimi	ABD	Brezilya	Çin	Kanada	Tayland

Kaynak: (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Tablo 9'a bakıldığında yenilenebilir enerji ve yakıtlara olan yatırımın en fazla olduğu ülke Çin'dir. Jeotermal enerji kapasitesi artışının en çok yaşandığı ülke Türkiye'dir. Hidrolik enerji kapasitesi artışı ve güneş fotovoltaik sistemi kapasite artışı en fazla Çin'de yaşanmıştır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin kapasite artışı en fazla Fas'ta yaşanmıştır. Güneş kollektörünün kapasite artışı ve rüzgâr enerjisinin kapasite artışı Çin'de görülmüştür. Biyodizel üretimi ve etanol yakıt üretiminde en fazla gelişim gösteren ülke ABD'dir.

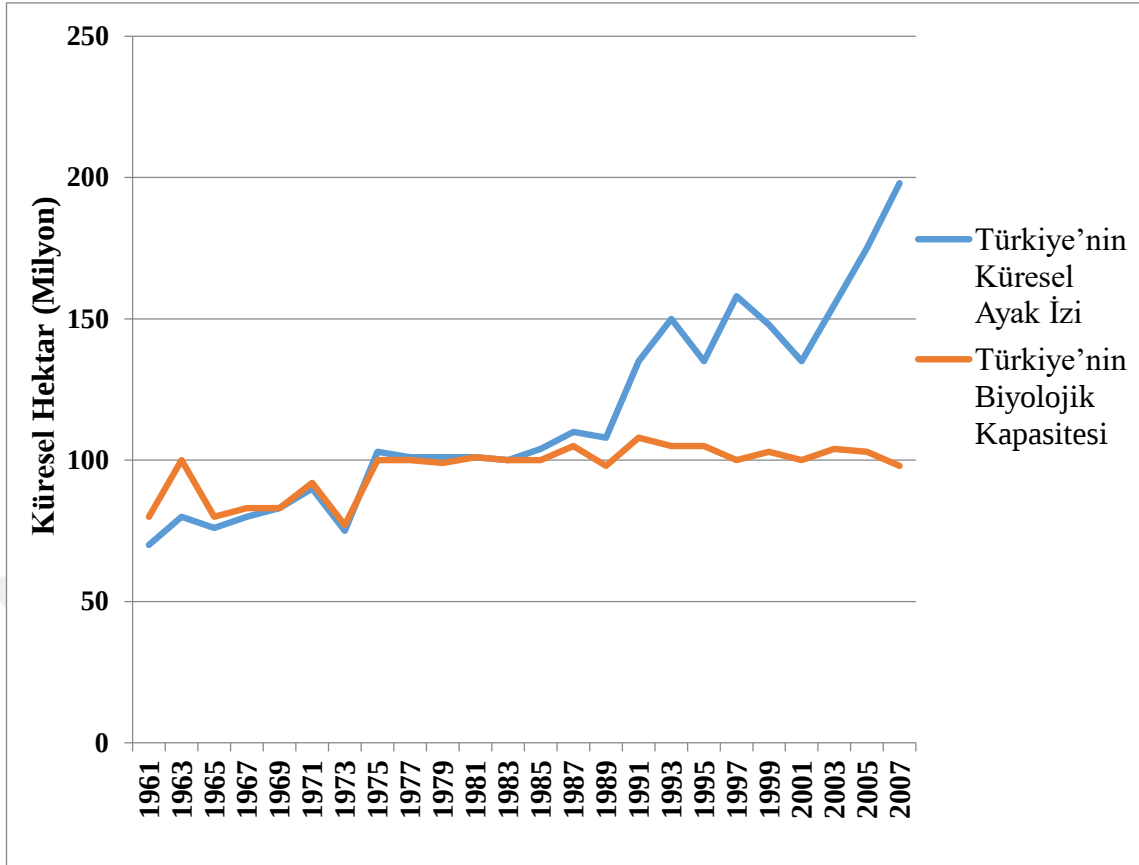
1.3.5. Dünyada Gelire Göre Ayak izi

Dünyanın biyolojik kapasitesi insan ihtiyaçları ve kaynakların kullanımı sonrası düşme eğilimi göstermektedir. Dünyada gelir seviyesi yüksek olan ülkelerin tüketim alışkanlıkları ve kaynak kullanımları daha çok olduğu için ayak izi üretim oranları yüksektir. Orta gelir düzeyine sahip ülkelerin gelir düzeyi yüksek olan ülkelere oranla ayak izi miktarları daha düşüktür. Gelir düzeyi düşük olan ülkelerin ise ayak izi miktarları orta gelir düzeyine sahip olan ülkelere oranla daha azdır. Düşük gelir düzeyine sahip olan ülkeler en az ayak izi miktarına sahipken ekosistem kaybından da en çok etkilenen ülkelerdir. Gelir düzeyi yüksek olan ülkeler biyolojik kapasitenin üstünde oluşan ayak izi açığından oluşan farkı kapatmak ve yaşamlarını devam ettirmek için başka ülke kaynaklarına ihtiyaç duyarlar (WWF, 2014).

Dünyada insanların ihtiyaçlarının karşılanması için ve kendini sürekli yenileyen biyolojik kapasite fazla kullanıldığı takdirde ekolojik açık oluşmaktadır. Ekolojik açığı olan ülkeler oluşan açığı kapatmak için ayak izi miktarlarını düşürmeleri gerekmektedir.

1.4. TÜRKİYE’NİN AYAK İZİ

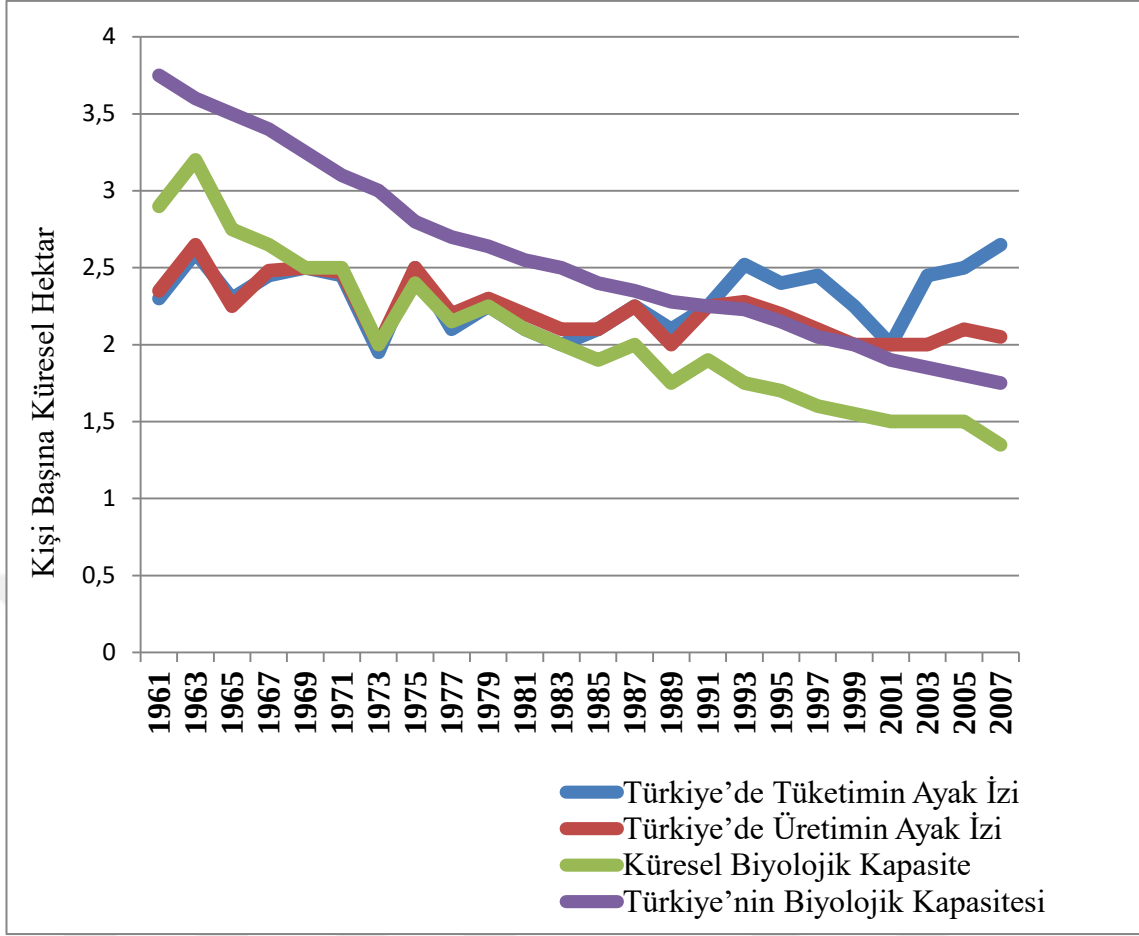
Türkiye’de doğal kaynakların kendini yenileme hızından daha hızlı biçimde tüketim yapıldığı için ayak izi oranında açık olduğu anlamına gelmektedir. Türkiye’deki tüketim kişi başına düşen miktar 2007 yılında küresel ayak izi ortalamasıyla aynı seviyedeydi. Türkiye’nin küresel ayak izi borcu dünya ortalamasının ayak izinin üstündedir. Türkiye’deki üretkenlik dünya ortalamasının üstünde olmasına karşın ayak izi oranındaki artıştan dolayı kapasite aşılmaktadır. (WWF Türkiye, 2012). Şekil 10’da Türkiye’de meydana gelen küresel ayak izi ve Türkiye’nin biyolojik kapasitesi verilmiştir.



Şekil 10. Türkiye'nin ayak izi ve biyolojik kapasitesi (Tosunoğlu, 2014).

Şekil 10'da Türkiye'nin küresel ayak izi ve biyolojik kapasitesi verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde küresel ayak izinin kısmi düşüşler yaşadığı fakat uzun vadede ayak izinde yaşanan artış görülmektedir. Türkiye 1990'lı yıllardan itibaren biyolojik kapasitesinin üstüne çıkmış durumdadır. 1990'lı yıllardan itibaren biyolojik kapasitenin fazla değişmediği genellikle aynı seviyede devam ettiği görülmektedir. 1990'lı yıllarda 2000'li yıllar arasında keskin düşüşler ve yükselişler görülmektedir. Küresel ayak izi ne kadar düşüş yaşasa da yükseliş trendinde olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin biyolojik kapasitesinin 1972 yılında aşıldığı bilinmektedir. Aradan 35 yıl geçtiğinde ise ayak izi miktarının biyolojik kapasitenin 1,6 kat üzerine çıktığı bilgisine ulaşılmaktadır. Bunun sonucunda da kaynakların tüketiminin sürdürülebilir olmadığını ve biyolojik kapasiteye ihtiyaç olacağı sonucuna ulaşılmaktadır (Tosunoğlu, 2014). Şekil 11'de Türkiye'nin ayak izi üretimi, tüketimi, biyolojik kapasitesi ve küresel biyolojik kapasite verileri verilmiştir.



Şekil 11. Türkiye'nin ayak izi verileri (WWF Türkiye, 2012).

Şekil 11'de verilen bilgilere bakıldığında Türkiye'nin biyolojik kapasitesinin yıllar ilerledikçe düştüğü görülmektedir. Türkiye'de tüketim ayak izi ile üretim ayak izi genellikle birbirini takip etmekteyken son 15 yıllık süreçte tüketim ayak izinin yukarı yönlü ivmelendiği görülmektedir. Küresel biyolojik kapasitenin de yıllar ilerledikçe düştüğü görülmektedir.

Türkiye'ye ait küresel ayak izi bileşenleri ve ayak izlerine ait yüzdesel oranlar Tablo 10'da incelenmiştir.

Tablo 10. Türkiye'nin küresel ayak izi bileşenleri

Ayak izi Bileşenleri	Yüzdelik Oran
Karbon Alanı Ayak İzi	%46
Tarım Alanı Ayak İzi	%35
Orman Alanı Ayak İzi	%11
Yapılandırılmış Alan Ayak İzi	%3
Otlatma Alanı Ayak İzi	%3
Balıkçılık Alanı Ayak İzi	%2

Kaynak: (Erden Özsoy, 2015).

Tablo 10'a bakıldığında Türkiye'nin ayak izi bileşenlerinde ilk sırada karbon alanı ayak izi yer almaktadır. Ardından ikinci sırayı tarım alanı ayak izi takip etmektedir. Tarım alanı ve karbon alanı ayak izi toplamı %81 oranıyla zirveye en yakın bileşenlerdir. Karbon alanı ve tarım alanı ayak izinin yüksek olması insanların üretim ve tüketim faaliyetleri sonucudur. En fazla etkileşimin yaşandığı bu iki alan diğer dört bileşenin oransal olarak çok üstündedir. İnsanlar yaşamlarını devam ettirmek için altı bileşen hayatlarında daima var olacaktır. En az ayak izi balıkçılık alanı ayak izinde olduğu görülmektedir.

Dünya ülkelerine bakıldığında karbon alanı ayak izinde artış yaşandığı görülmektedir. Türkiye'nin de küresel ayak izi verilerine bakıldığında en fazla artışın karbon alanı ayak izinde yaşandığı sonucuna ulaşılmaktadır (WWF Türkiye, 2012).

Türkiye'ye ait karbon alanı ayak izi bileşenleri ve oranları Tablo 11'de incelenmiştir.

Tablo 11. Türkiye'nin karbon alanı ayak izi bileşenleri

Karbon Alanı Ayak İzi Bileşenleri	Yüzdelik Oran
Elektrik Üretimi	%26
İmalat Sanayi Ve İnşaat	%22
İthal Ürünlerin Gömülü Emisyonları	%16
Ulaştırma	%15
Konut Ve Hizmetler (Elektrik Dışı)	%12
Uluslararası Taşımacılık Kaynaklı Emisyonlar	%4
Tarım, Orman, Balıkçılık	%2
Enerji Üretimi (Elektrik Dışı)	%2

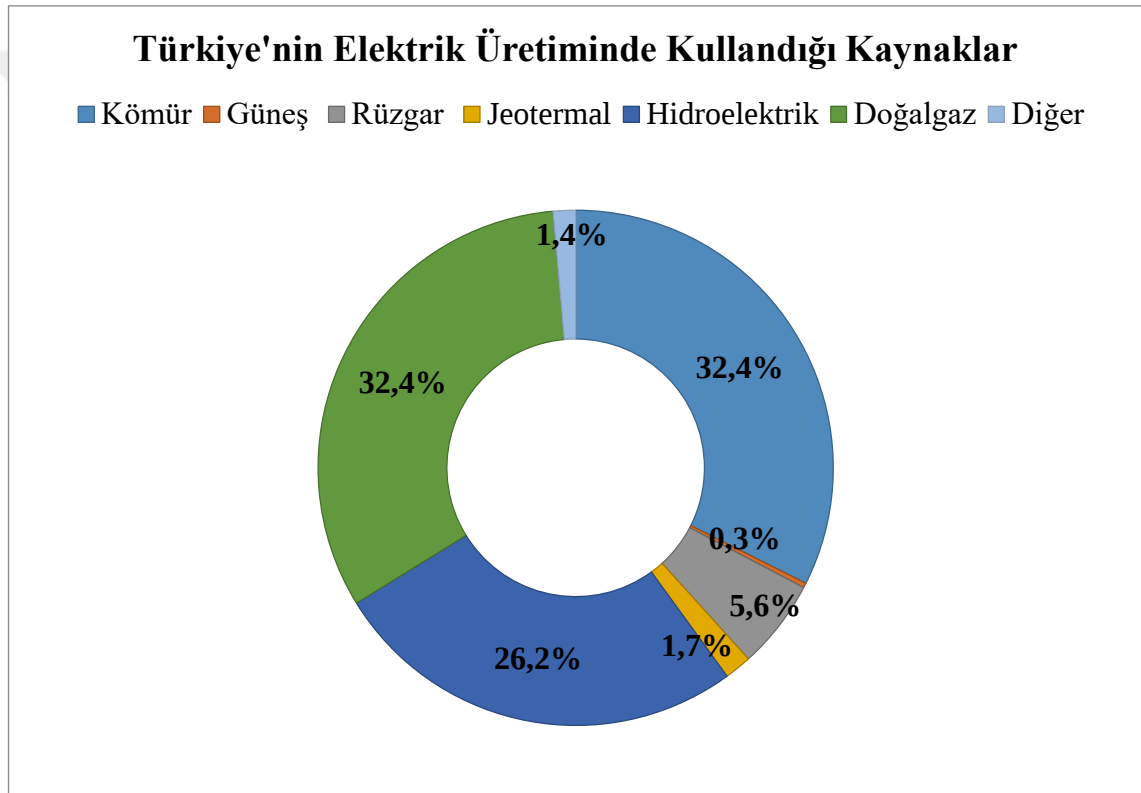
Kaynak: (WWF Türkiye, 2012).

Tablo 11'de karbon ayak izinin oluşumunda en büyük etkenin elektrik üretimi olduğu görülmektedir. Ardından onu ikinci sırada imalat sanayisi ve inşaat sektörü takip etmektedir. Emisyonlar, ulaşırma ve konut gibi bileşenler ise yüzde onluk kısımda yer almaktadır. Yüzde onluk kısmın altında kalan uluslararası taşımacılık, tarım, orman, balıkçılık, elektrik harici enerji üretimi olduğu görülmektedir.

Türkiye'de elektrik üretmek için kullanılan kaynaklar karbon alanı ayak izi miktarını arttıran en önemli unsurdur. Ulaşırmda kullanılan kaynaklar sonucu oluşan karbon miktarı da ayak izi miktarını arttıran bir bileşendir. Elektrik üretmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması karbon alanı ayak izinin düşürülmesi için oldukça önemlidir. Güneşlenme süresinin uzun olduğu Türkiye'nin güney kesimlerine güneş enerji santralleri, rüzgârın çok olduğu boğazlar ve ege kıyılarına rüzgâr enerjisi santralleri, uygun akarsu yataklarının hidroelektrik santrali olarak değerlendirilmesi karbon ayak izinin düşürülmesi için önemli adımlardır. Kırıklı dağların bulunduğu Ege Bölgesi'nde jeotermal kaynakların ısınma amaçlı kullanılması karbon ayak izindeki artışı yavaşlatmada önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması doğal çevrenin ve biyolojik kapasitenin kendini yenileyebilmesi için bir fırsat oluşturur.

1.4.1. Türkiye’de Elektrik Üretimine Ayak İzi

Türkiye’de elektrik üretmek için ağırlıklı olarak yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bunlar doğal gaz, petrol, linyit ve taş kömürüdür. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında ilk sırada hidroelektrik santralleri yer almaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı ise düşüktür. Türkiye’nin elektrik üretiminin toplam ekolojik ayak izindeki oranı %14’tür. Elektrik üretiminin karbon alanı ayak izindeki oranı %26’dır (WWF Türkiye, 2012). Türkiye’nin elektrik üretiminde kullandığı kaynakların oranları Şekil 12’de incelenmiştir.



Şekil 12. Türkiye’nin elektrik üretim kaynakları (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Şekil 12’ye bakıldığında Türkiye’nin elektrik ihtiyacını karşılamak için öncelik olarak yenilenemeyen kaynakları kullandığı görülmektedir. İlk sırayı Kömür ile doğal gaz paylaşmaktadır. Ardından onu hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal, diğer kaynaklar ve güneş enerjisi takip etmektedir. Türkiye’de yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminde en çok kullanılanı hidroelektriktir. Ayak izi miktarının düşürülmesi için yenilenebilir kaynakların kullanımı önemlidir.

Türkiye’de 2020’li yıllar ile 1990’lı yıllar karşılaştırıldığında 2020’li yıllarda katı yakıt ve petrol kullanım oranında düşüş görülürken doğal gaz ve yenilenebilir kaynaklarda artış olduğu görülmektedir (Tosun, 2023). Türkiye’nin elektrik talebi gigawatt saat olarak yıllara göre Tablo 12’de incelenmiştir.

Tablo 12. Türkiye’nin gigawatt saat elektrik talebi

Yıl	Düşük Talep İhtimali	Yüksek Talep İhtimali
2007	163.382	163.382
2008	170.600	170.600
2009	185.900	185.900
2010	209.000	209.000
2011	219.478	219.478
2012	234.183	235.939
2013	249.873	253.634
2014	266.615	272.657
2015	284.478	293.106
2016	303.254	314.796
2017	323.268	338.091
2018	344.604	363.110
2019	367.348	389.980
2020	391.593	415.719
2021	417.438	443.156
2022	444.990	472.405
2023	474.359	503.584

Kaynak: (WWF Türkiye, 2012).

Tablo 12’de verilen bilgilere bakıldığında elektrik talebinin yıllar ilerledikçe arttığı görülmektedir. 2007 yılının elektrik ihtiyacıyla 2023 yılının elektrik ihtiyacı karşılaştırıldığında üç kat civarı bir artış görülmektedir. Düşük talep ve yüksek talep

ihtimalinin 2011 yılına kadar aynı olduğu ve 2012 yılından itibaren ihtimallerin değiştiği görülmektedir.

1.4.2. Türkiye'nin Biyolojik Kapasitesi

Türkiye'nin biyolojik kapasitesi 1960'lı yıllardan 2010'lu yıllara kadar düşüş eğilimindedir. Türkiye'de 1970'ler itibaren küresel ayak izi miktarı biyolojik kapasitenin üstünde yükseliş göstermektedir (Dinç, 2015).

Türkiye'nin nüfusu 2016 yılında ortalama 80 milyon civarındadır. Biyolojik kapasiteye bakıldığında 114 milyon civarında olduğu bilinmektedir. Ortaya çıkan ayak izi miktarının ise 267 milyon olduğu hesaplanmıştır. Biyolojik kapasitenin aşıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Türkiye'nin biyolojik kapasiteye ihtiyacı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Kurt, 2020). Türkiye ile dünyanın küresel ayak izi verileri Tablo 13'te incelenmiştir.

Tablo 13. Türkiye ile dünyanın ayak izi verileri

Ayak İzi Alanı	Türkiye	Dünya
Orman Alanı	0.2	0.17
Karbon Alanı	1.24	1.01
Tarım Alanı	0.5	0.33
Otlatma Alanı	0.07	0.09
Yapılaşmış Alan	0.02	0.04
Balıkçılık Alanı	0.02	0.06
Toplam	2.05	1.7

Kaynak: (Kurt, 2020).

Tablo 13'e bakıldığında Türkiye'nin küresel ayak izinin dünyanın ayak izi miktarından yüksek olduğu görülmektedir. Orman alanı ayak izi Türkiye'nin 0.2 iken dünyanın 0.17'dir. Karbon alanı ayak izi Türkiye'nin 1.24 iken dünyanın 1.01'dir. Tarım alanı ayak izi Türkiye'nin 0.5 iken dünyanın 0.33'tür. Otlatma alanı ayak izi Türkiye'nin 0.07 iken dünyanın 0.09'dur. Yapılaşmış alan ayak izi Türkiye'nin 0.02 iken dünyanın 0.04'tür. Balıkçılık alanı ayak izi Türkiye'nin 0.02 iken dünyanın 0.06

olduğu görülmektedir. Türkiye'nin toplam ayak izi 2.05 olmakla beraber dünyanın ise 1.7 olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

1.4.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye 1132 metre ortalama yükseltiye sahip bir ülke olması itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke konumundadır (Baris ve Kucukali, 2012).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında çok iyi bir coğrafyada yer almaktadır. Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji üretme seviyesi düşüktür (Kavaz ve Karagöl, 2017). Yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 14'te incelenmiştir.

Tablo 14. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınıflandırılması

Enerji Kaynağı Türü	Enerji Kaynağı Adı	Alt Sınıflama
Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Direkt Güneş Enerjisi	
	Biyolojik Enerji	Odun
		Tahıl ve Hayvanlar
		Hayvan ve İnsan Gücü
		Biyolojik Gaz
		Organik Atıklar
	Jeotermal	
	Dolaylı Güneş Enerjisi	Su ve Hidrolik
		Rüzgâr
		Dalga
		Termik Isı Farkı
		Gelgit

Kaynak: (Erden Özsoy, 2015).

Tablo 14'e bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının dört grupta ele alındığı görülmektedir. Bunlar direkt güneş enerjisi, biyolojik enerji, jeotermal ve dolaylı güneş enerjisidir. Direkt güneş enerjisi ve jeotermal enerji kaynaklarının alt gruplarda çeşitliliği bulunmamaktadır. Biyolojik enerji beş alt gruptan oluşmaktadır. Bunlar odun, tahıl ve hayvanlar, hayvan ve insan gücü, organik atıklar ve biyolojik gaz olarak

sınıflandırılmıştır. Dolaylı güneş enerjisi de beş alt gruptan oluşmaktadır. Bunlar su ve hidrolik, rüzgâr, dalga, termik ısı farkı ve gelgit olarak sınıflandırılmıştır.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma miktarı Tablo 15'te incelenmiştir.

Tablo 15. Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan faydalanma oranları

Yenilenebilir Kaynaklar	Yüzdelik Oran
Biyokütle (Endüstriyel Atıklar Hariç)	1.48
Rüzgâr	13.93
Güneş	0.23
Baraj	56.8
D. Göl ve Akarsu	23.47
Jeotermal	4.09
Toplam	100.00

Kaynak: (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Tablo 15'e bakıldığında en çok faydalanılan yenilenebilir kaynak yüzde 56.8 ile barajlardır. İkinci sırada yüzde 23.47 ile doğal göller ve akarsulardır. Üçüncü sırayı ise yüzde 13.93 oranıyla rüzgâr enerjisi takip etmektedir. Dördüncü sırası yüzde 4.09 oranıyla jeotermal, beşinci sırayı yüzde 1.48 oranıyla biyokütle ve son sırayı yüzde 0.23 oranıyla güneş enerjisi takip etmektedir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları arasında en az faydalanılan kaynağın güneş enerjisi olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranının toplam üretilen enerji miktarına oranı Tablo 16'da incelenmiştir.

Tablo 16. Türkiye'nin enerji üretim oranları

Enerji Kaynakları	Faydalanılma Oranı
Yenilenebilir Kaynaklar	31.9
Yenilenemeyen Kaynaklar	68.1

Kaynak: (Kavaz ve Karagöl, 2017).

Tablo 16'ya bakıldığında Türkiye'de üretilen enerji miktarının yüzde 31.9'unun yenilenebilir kaynaklardan, 68.1'inin ise yenilenemeyen kaynaklardan elde edildiği görülmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma potansiyeli Tablo 17'de incelenmiştir.

Tablo 17. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Enerji Kullanım Alanı	Teorik Potansiyel	Teknik Potansiyel	Ekonomik Potansiyel
Güneş Enerjisi	Elektrik (Terawatt-saat)	977.000	6.105	305
	Isınma (Milyon ton petrol eşdeğeri)	80.000	500	25
Hidroelektrik Enerjisi	Elektrik (Terawatt-saat)	433	216	127,4
Karasal Rüzgâr Enerjisi	Elektrik (Terawatt-saat)	400	110	50
Denizsel Rüzgâr Enerjisi	Elektrik (Terawatt-saat)	-	180	-
Dalga Enerjisi	Elektrik (Terawatt-saat)	150	18	-
Jeotermal Enerji	Elektrik (Terawatt-saat)	-	-	1,4
	Isınma (Megawatt)	31.500	7.500	2.843
Biyokütle Enerjisi	Yakıt (Klasik)	30	10	7
	Yakıt (Modern)	90	40	25

Kaynak: (Dinç, 2015).

Tablo 17'ye bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi Türkiye'de potansiyel açısından ilk sırada yer almaktadır. Ardından jeotermal enerji,

hidroelektrik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerji ve son olarak biyokütle enerjisi yer almaktadır. Türkiye’de ısınma amaçlı kullanımda da güneş enerjisi ilk sırada yer alırken ikinci sırada jeotermal enerji yer almaktadır.

1.4.4. Türkiye’de Yenilenemez Enerji Kaynakları Kullanımı

Türkiye’de son yıllara bakıldığında karbondioksit miktarında artış yaşanmakta olup bununla etkisiyle küresel ısınma problemini ortaya çıkmaktadır. Karbondioksit miktarında yaşanan bu artışın nedenine bakıldığında gelişmekte olan Türkiye’de enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtlar olduğu görülmektedir (Gojayev vd., 2012).

Türkiye gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi artan enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenemez enerji kaynaklarını kullanmaktadır. Ancak talep doğrultusunda yenilenemez enerji kaynaklarında yetersizlik yaşandığı için bu kaynakları ithal etmektedir. İthal edilen bu kaynaklar neticesinde Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için dışa bağımlı ülke haline gelmektedir. Türkiye yaklaşık olarak %70 civarı dış ülkelere satın aldığı fosil kaynakları enerji ihtiyacını karşılamak için kullanmaktadır. Türkiye 1970’lere kadar enerji üretmek için en büyük yerli kaynağı olan kömürü kullanmıştır. 1980’lerin ortalarından sonra üretim oranı az olmasına rağmen enerji üretmek için doğal gaz kullanılmaya başlanarak kömür yerini doğal gaza bırakmıştır. Fakat Türkiye’de enerji üretmek için yine de en çok kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları kömür ve doğal gazdır. Kömür ve doğal gaz kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksit miktarı da artmaktadır (Atılğan ve Azapagic, 2015).

1.4.5. Türkiye’de Ayak İzi Eğilimleri

Türkiye’de ayak izi miktarı kapasiteyi ilk kez 1974 yılında geçerek biyolojik kapasitenin üstüne çıkmıştır. İlerleyen dönemlerde yaşanan ayak izi miktarındaki artış dolayısıyla 2007 yılında bu miktar kapasitenin yaklaşık olarak 1,6 kat üstüne çıkmıştır. Türkiye’de ayak izi miktarının biyolojik kapasitenin üzerine çıkmasının en temel etkeni nüfus artışıdır. Yaşanan artış sonucu nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması için sürdürülebilir politikalar gereklidir. Sürdürülebilirliğin sağlanması için biyolojik kapasiteye özen gösterilmelidir. Doğal alanları üretim alanı haline getirmek yerine mevcut alanlarda verimliliği artırma çalışmaları yapılmalıdır (WWF Türkiye, 2012).

Türkiye’de biyolojik kapasitenin arttırılması ve ayak izi miktarının düşürülmesi sürdürülebilir gelecek için önemlidir. Sürdürülebilirlik için uygun çözümler bulunmalı ve uygulamaya geçirilmelidir.

1.4.6. Türkiye’nin Bulunduğu Konumun Ayak İzi

Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası’nda biyolojik kapasiteler ve ayak izi miktarı farklılık göstermektedir. Akdeniz’in kuzeyindeki ülkelerde ayak izi miktarının artış nedeni tüketimin artması iken güneyindeki ülkelerde bunun nedeni nüfus artışıdır (WWF Türkiye, 2012). İçinde Türkiye’nin bulunduğu Akdeniz Havzasındaki ayak izi miktarı Şekil 13’te incelenmiştir.



Şekil 13. Türkiye’nin bulunduğu konumda ayak izi miktarı (WWF Türkiye, 2012).

Şekil 13’e bakıldığında Türkiye’nin bulunduğu coğrafi konumun güney kesiminin ayak izi miktarının kuzey kesime göre daha az olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Türkiye ise bulunduğu konum itibarıyla güney kesimden fazla kuzey kesimden daha az ayak izi miktarına sahiptir. Türkiye 2,6 küresel hektar/kişi ile 0,6 küresel hektar/kişi aralığında bir değere sahiptir.

2. BÖLÜM

LİTERATÜR

Keleş 2011 yılında ortaokul düzeyi öğrencilerine ekolojik ayak iziyle ilgili bilgi düzeylerini arttırmak amacıyla bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışma neticesinde 5E öğrenme yöntemine uygun ders içeriği hazırlanıp uygulanmıştır. Yapılan etkinlikler neticesinde ekolojik ayak izinin azaldığı görülmüştür.

Coşkun 2013 yılında sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Araştırmanın bulgularına bakıldığında ise sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin orta düzeyde olduğu sonucuna ulaşıldığı görülmüştür.

Yıldız 2014 yılında fen ve teknoloji öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışma yürütmüştür. Çalışma neticesinde ekolojik ayak izi konusu üzerinde durulması ve öğretim etkinliklerinde gerekli çalışmalara yer verilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir. Toplumun bilinçlenmesini sağlamak amacıyla ekolojik ayak iziyle ilgili faaliyetlerin yapılması gerektiğinden söz edilmiştir.

Çetin 2015 yılında ortaokul öğrencilerine ekolojik ayak iziyle ilgili verilen eğitimin etkisini araştırmış. Eğitim sonucunda verilen eğitimin işlevsel olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Kurtuldu 2019 yılında ortaokul öğrencilerine yönelik ekolojik ayak izi farkındalığı için yapılan eğitimlerin etkisini görmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Yapılan eğitimlerden öğrencilerin farkındalık düzeylerinde olumlu sonuçların gözlemlendiğine ulaşılmıştır.

Cangüven 2024 yılında yapmış olduğu çalışmada lise düzeyindeki öğrenciler üzerinde ekolojik ayak iziyle ilgili bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışma neticesinde ekolojik ayak iziyle ilgili olarak lise öğrencilerinin orta düzeyde farkındalık sahibi oldukları sonucuna ulaşmıştır.

Hüdavendigar 2024 yılında yapmış olduğu çalışmada ortaokul öğrencilerine uygulanan değerler eğitimi temelli ekolojik ayak izi etkinliklerinin çevresel farkındalıklarına olan etkilerini gözlemlemiştir. Yapılan çalışma sonucunda uygulanan

değerler eğitiminin öğrencilerde ekolojik ayak izi konusunda farkındalık oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bayramoğlu 2024 yılında ekonomik büyümenin ve yeşil enerjinin ekolojik ayak izine yönelik bir çalışma yürütmüştür. Çalışma neticesinde büyüyen ekonomilerin ekolojik ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Ekolojik ayak izinin düşürülmesi için çevre dostu teknolojilere yönelik AR-GE çalışmalarının artırılması, çevre bilincinin oluşmasını sağlayacak faaliyetlerin artırılması, yenilebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artırılması, enerji verimliliğinin sağlanması için politikaların oluşturulması ve mevcut enerji kaynaklarının etkin kullanılmasının gerekliliklerinden söz etmiştir. Sürdürülebilir kalkınma çalışmalarının yapılması, karbon vergileriyle ilgili düzenlemelerin yapılması ve yeşil ekonomi sektöründe yeni fırsatların olması gerektiği gibi sonuçlara da ulaşmıştır.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili Meral 2020 tarihinde bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda ÇKVV'nin benzer ve farklı sonuçlar vermesi yorumlanmıştır. ÇKVV yöntemlerinin analiz sonuçlarının benzer olduğu ama birebir aynı sonuçları vermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Bostan 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada Türk bankacılık sektöründe katılım bankalarının finansal performans analizini Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Entropi, Vikor ve Topsis ile inceleyerek bir uygulama yapmıştır. Yapılan çalışmada katılım bankalarının finansal oranları belirlenen oranlarla değerlendirilmiştir. Ardından yapılacak çalışmalar için finansal oranlarının artırılabilirliğinden ve finansal oranların değişebileceğinden söz edilmiştir. Sonuç olarak bakıldığında kamu katılım bankalarının daha iyi finansal performans sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Samancı 2023 yılında Çok Kriterli Karar Verme yöntemini kullanarak BİST kurumsal yönetim endeksi işletmelerinin finansal performanslarının ölçülmesiyle ilgili bir çalışma yapmıştır. 25 BİST Kurumsal Yönetim Endeksi işletmesi ve 15 Finansal Performans Göstergesi kriterlerini çalışmasında kullanmıştır.

Aşyemez 2023 yılında Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Topsis'i kullanarak Türkiye'de vergi denetimi performansını incelemiştir. Bu çalışmada Türkiye'nin 2000 yılından 2021 yılına kadar olan vergi performansı değerlendirmesi sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmasında denetim performansının en yüksek 2015 yılında en az olduğu yılın ise 2019 yılı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

İslamoğlu 2024 yılında yüksek konut binalarında yapım sistemleri seçimi için Topsis tabanlı karar destek modelini kullanarak Çok Kriterli Karar Verme yöntemini kullanmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda ise mimarlık ve inşaat alanlarında yapım, performans, kalite, maliyet, süre, mimari faktörler, sosyal faktörler ve çevresel faktörler kriterlerin önemli katkılar sağlayabileceğinin düşünülmesinden söz edilmiştir.



3. BÖLÜM

3.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ (ÇKKV)

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi en doğru kararın verilebilmesi için kullanılan bir yöntemdir. En doğru kararın verilebilmesi için belirsizliklerin nedenlerinin, üstünlüklerin ve zayıflıkların ele alınıp sentezlendikten sonra karar verilmesi sürecidir (Lezki, 2019).

Çok Kriterli Karar Verme yönteminin temelinde bir yaklaşım temsil edilmektedir. Bu yaklaşım farklı veya birbiriyle çelişen seçenekleri olan problemlerin ardından kişiyi uygun seçeneklerle buluşturan ve seçim yapmasını sağlayan yaklaşımdır. Karar vermek için farklı yöntemlerden yararlanarak amaca en uygun olanı seçmek için bu yöntem kullanılmaktadır (Dilsiz, 2024).

Çok Kriterli Karar Verme yöntemi aşamalardan oluşmaktadır. İlk olarak amaç belirlenmeli ve çalışmanın niçin yapıldığının cevabı net olarak belirtilmelidir. Amacı kesin çizgilerle belirtmeden karar verme sürecine devam etmek doğru değildir. Amaç belirlendikten sonra kriterlerin oluşturulması gerekir. Kriterler amaca hizmet edecek niteliğe sahip kapsayıcı, ölçülebilir, yeterli ve minimal seviyede olmalıdır. Çalışmanın başında olan belli olan seçeneklere çalışma devamında ortaya çıkan seçenekler eklenecek ve seçenekler çoğalacaktır. Çok Kriterli Karar Verme yönteminde ortaya çıkan her seçeneğin kriterler üzerinden değerlendirilmesi yapılır. Karar için en uygun seçenek bu şekilde seçilir (Erdoğan Toksoy, 2012).

Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanımı, zaman içinde değişim göstermektedir. Çelişen kriterleri ele almasıyla rasyonel kararlar vermesi açısından önem ifade etmektedir. Bundan dolayı akademik olarak etkin ve iyi sonuçlar ortaya koymaktadır (Paksoy, 2017).

3.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV) İle Yapılan Çalışmalar

Morais ve Almeida 2006 yılında yaptıkları çalışmada ÇKKV yönteminden yararlanarak açılması planlanan su kuyusu için en doğru seçimi yapabilmek adına bu yöntemi kullanmışlardır. Sekiz farklı alternatifi; maliyet, popülasyon, hayat kalitesi ve turizm kriterleri kapsamında ele alarak kuyu için en uygun yer belirlenmiştir. Işıklar ve

Büyüközkan 2007 yılındaki çalışmalarında ÇKKV'yi kullanarak satın alınan cep telefonları arasında sıralama yapmayı hedeflemişlerdir. Fiyatları birbirine yakın üç farklı markanın telefonlarını altı kriter üzerinden değerlendirmişlerdir. Oprikovic ve Tzeng 2007 yılındaki çalışmalarında Yugoslavya'da hidroelektrik santral için en uygun yerin bulunmasında altı alternatifi sekiz kriterde değerlendirmiştir. Boran vd. 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada uygun tedarikçiyi bulmada ÇKKV'yi kullanmış olup beş alternatifi dört kriterde analiz etmiştir. Lee vd. 2009 yılındaki çalışmalarında Çin'de rüzgâr enerjisi santralinin kurulacağı yer için ÇKKV'yi kullanmıştır. Beş farklı alternatifi; fayda, fırsat, risk ve maliyet kriterleriyle değerlendirmiştir. Yücel ve Ulutaş 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada ÇKKV'yi kullanarak Malatya ilinde açılması planlanan kargo şubesi için uygun yer için bulmak istemişlerdir. Altı farklı kriter incelenmiş olup altı farklı konuma ulaşılmıştır. Demireli 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de hizmet veren kamu bankalarının performanslarını incelemiştir. Ersöz ve Kabak 2010 yılındaki çalışmalarında, Türk savunma sanayisinde kullanılan otuz yedi akademik çalışmayı ÇKKV yöntemiyle incelemişlerdir. Akyüz vd. 2011 yılındaki çalışmalarında seramik sektöründe yer alan firmanın on yıllık verilerini ÇKKV ile analiz etmişler ve yıllara göre başarılarını sıralamışlardır. Bülbül ve Köse 2011 yılındaki çalışmasında gıda sektöründe bulunan on dokuz firmayı ÇKKV ile incelemiş ve performanslarına göre sıralamıştır. Cristobal 2011 yılındaki çalışmasında yenilenebilir enerji projesi için en doğru kararı vermek adına ÇKKV'yi kullanarak sonuca ulaşmıştır. Kaya vd. 2011 yılındaki çalışmalarında AB üyesi ülkelerini, AB aday ülkelerinden olan Hırvatistan, Türkiye ve Makedonya'yı, son olarak da Avrupa Ortak Alan ülkesi olan Norveç'i yaşam kalitelerine göre sıralamışlardır. Kuru ve Akın 2012 yılındaki çalışmalarında ÇKKV'yi kullanarak bir firmanın yönetim sistemini belirleme çalışması yapmışlardır. Achilles vd. 2013 yılındaki çalışmaları atık yönetimi üzerine olup ÇKKV yöntemiyle analiz edilmesidir. Ayhan 2013 yılındaki çalışmasında dişli motor firması için en uygun tedarikçiyi seçmede ÇKKV'yi kullanmıştır. Ahmadi vd. 2014 yılındaki çalışmalarında İran'da bulunan firmaların hangilerinin çevre kirliliğine neden olduğunu bulmak için ÇKKV'yi kullanmışlardır. Çalışma sonucunda da çevreyi en çok kirleten sektörün turizm olduğu görülmüştür. Doğan ve Önder 2014 yılındaki çalışmasında iş yerinde çalışanların veya işe alınacakların çalışılacak pozisyonla ilgili donanımların yeterliliği ÇKKV yöntemiyle incelenmiştir. Ertuğrul ve Özçil 2014

yılındaki çalışmalarında klima seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurları ÇKKV yöntemiyle analiz etmişlerdir. Yavaş vd. 2014 yılındaki çalışmalarında sekiz farklı otomobil firmasının kırk farklı müşterisine uygulanan anket çalışmasını ÇKKV yöntemiyle analiz etmişlerdir. Deveci vd. 2015 yılındaki çalışmalarında Türkiye'deki karbondioksit jeolojik depolama yeri seçiminde ÇKKV'yi kullanmışlardır. Analiz sonucunda beş farklı alternatif on iki kritere göre değerlendirilmiştir. En uygun yerin Diyarbakır olduğu görülmüştür. Çalışkan ve Eren 2016 yılındaki çalışmalarında ÇKKV'yi kullanarak bankaların finansal performans verileri üzerinde bir analiz yapmış olup başarı sıralamasını ortaya çıkarmışlardır. Perçin ve Aldalou 2018 yılındaki çalışmaları Türk havayolu şirketleri arasında finansal performansa yönelik bir analizdir. Analizde ÇKKV kullanılmış olup Pegasus firmasının, Türk Hava Yolları firmasına göre daha iyi finansal performansa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sarıme Mehmet vd. 2020 yılında çalışmalarında Kırıkkale'de yüksek hızlı tren istasyonu için güzergâh belirlenmesinde ÇKKV'yi kullanılmışlardır (Dalbudak ve Rençber, 2022).

3.1.2. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Kullanıldığı Alanlar

Çok Kriterli Karar Verme yöntemi en doğru alternatifin çok kriterlerle analiz edilmesiyle beraber en iyi ve doğru kararı vermeyi amaçlayan yöntemdir. Performans skorlarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralama gerektiren tüm alanlarda kullanılabilir. Bunlar ekonomi, yönetim, muhasebe, finans, sermaye yatırımı, üretim, insan kaynakları, pazarlama, planlama, risk analizi, başvuru değerlendirmeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, politika, strateji, ulaştırma, çatışma analizi, eğitim, sağlık, çevresel kararlar, bilgi işlem, karar destek, silah seçimi, kamu sektörü, portföy seçimi, pazar seçimi vb. gibi alanlardır (Özden, 2015).

3.1.3. OECD Ülkelerinin Ayak İzlerinin Hesaplanmasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

Yapılan literatür taraması sonucunda OECD ülkelerinden gayri safi milli hasıla verilerine göre seçilmiş bazı ülkelerin küresel ayak izi oluşumuna neden olabilecek verileri ele alınarak ortaya çıkan ayak izleri miktarlarına ulaşmak hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada en doğru ve en iyi sonuca ulaşmak için Çok Kriterli Karar Verme yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

3.1.4. Seçilmiş OECD Ülkelerine Ait Ayak İzi Verileri

Seçilmiş OECD ülkelerine ait 2020, 2021 ve 2022 yılları ayak izi ve biyolojik kapasite verilerine ait bilgiler Tablo 18, Tablo 19 ve Tablo 20’de incelenmiştir.

Tablo 18. 2020 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri

Ülke	Ekolojik Ayak İzi (gha)	Ekolojik Ayak İzi (Kişi başına gha)	Biyokapasite (gha)	Biyokapasite (Kişi başına gha)
Almanya	360343199.28	4.32	134603516.27	1.62
ABD	2372743785.19	7.06	1258523327.96	3.75
İsviçre	32149960.84	3.72	9842942.04	1.14
Norveç	27082704.97	5.03	36668369.5	6.82
Türkiye	271968651.98	3.23	126152715.41	1.5
Polonya	173835751.86	4.52	80361549.09	2.09
Slovenya	10322181.52	4.87	5269580.51	2.49
Yunanistan	38565458.08	3.67	16662364.24	1.59
Meksika	276037193.11	2.19	153151237.99	1.22
Şili	72415419.98	3.75	63331953.39	3.28
Kolombiya	105198099.38	2.07	186062599.06	3.65
Kosta Rika	13187900.39	2.57	8345386.21	1.63
Dünya	19337586269.71	2.47	12034111475.6	1.53

Kaynak: (Global Footprint Network, (t.y.a)).

Tablo 18’de 2020 yılına ait veriler ele alındığında seçilen OECD ülkelerinin dolar bazlı gelir düzeyi yüksek olan ülkelere Almanya, ABD ve İsviçre’nin biyolojik kapasiteyi aştıkları görülmüştür. Gelir düzeyi yüksek olan Norveç’in ise biyolojik kapasiteyi aşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Gelir düzeyi ortalama olan ülkelere Türkiye, Polonya, Slovenya ve Yunanistan’ın biyolojik kapasiteyi aştıkları görülmüştür. Gelir düzeyi düşük olan ülkelere Meksika, Şili ve Kosta Rika’nın biyolojik kapasiteyi aştıkları görülmüştür. Gelir düzeyi düşük olan Kolombiya’nın ise biyolojik kapasiteyi aşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ele alınan ülkelere ekolojik ayak izi miktarı (kişi başına gha) dünya ortalamasından düşük ülkeler Kolombiya ve Meksika’dır. Biyokapasitesi (kişi başına gha) dünya ortalamasının altında olan ülkelerin Meksika, Türkiye ve İsviçre olduğu görülmüştür.

Tablo 19. 2021 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri

Ülke	Ekolojik Ayak İzi (gha)	Ekolojik Ayak İzi (Kişi başına gha)	Biyokapasite (gha)	Biyokapasite (Kişi başına gha)
Almanya	378008981.08	4.53	134603516.27	1.61
ABD	2506646658.8	7.44	1258622372.28	3.73
İsviçre	32875005.47	3.78	9842942.04	1.13
Norveç	29199910.87	5.4	36668369.5	6.79
Türkiye	283845973.09	3.35	126152715.41	1.49
Polonya	185737862.48	4.85	80361549.09	2.1
Slovenya	10400112.96	4.91	5269580.51	2.49
Yunanistan	38883146.12	3.72	16662364.24	1.6
Meksika	296319604.89	2.34	153257636.3	1.21
Şili	75265643.94	3.86	63343540.98	3.25
Kolombiya	103554895.14	2.01	186088368.09	3.61
Kosta Rika	13710792.33	2.66	8356682.73	1.62
Dünya	20496983850.3	2.59	12039152298.58	1.52

Kaynak: (Global Footprint Network, (t.y.b)).

Tablo 18 ve Tablo 19 verileri karşılaştırıldığında ekolojik ayak izi (kişi başına gha) miktarlarında bir yıllık süreçte seçilen OECD ülkelerinde artış yaşandığı görülmüştür. İki yıllık veriler karşılaştırıldığında biyokapasitede (kişi başına gha) Polonya'nın ve Yunanistan artış yaşadığı görülmüştür. Slovenya'nın ise biyokapasitesinde (kişi başına gha) hiçbir değişiklik görülmemiştir. Seçilen diğer ülkelerde ise biyokapasitede (kişi başına gha) azalma gözlemlenmiştir.

Tablo 20. 2022 yılı seçilmiş OECD ülkelerine ait ayak izi verileri

Ülke	Ekolojik Ayak İzi (gha)	Ekolojik Ayak İzi (Kişi başına gha)	Biyokapasite (gha)	Biyokapasite (Kişi başına gha)
Almanya	375053977.32	4.5	134603516.27	1.61
ABD	2523857229.87	7.46	1258720257.25	3.72
İsviçre	32654080.81	3.74	9842942.04	1.13
Norveç	29338445.44	5.4	36668369.5	6.75
Türkiye	289719004.34	3.39	126152715.41	1.48
Polonya	185282627.33	4.65	80361549.09	2.02
Slovenya	10137073.04	4.78	5269580.51	2.49
Yunanistan	39257359.81	3.78	16662364.24	1.6
Meksika	291375916.03	2.29	153361683.03	1.2
Şili	75314148.74	3.84	63348104	3.23
Kolombiya	102560818.12	1.98	186104965.58	3.59
Kosta Rika	13464670.98	2.6	8367568.65	1.6
Dünya	20588847129.44	2.58	12044118589.92	1.51

Kaynak: (Global Footprint Network, (t.y.c)).

Tablo 19 ve Tablo 20 verileri karşılaştırıldığında ekolojik ayak izi (kişi başına gha) miktarlarında bir yıllık süreçte seçilen OECD ülkelerinden ABD, Türkiye ve Yunanistan'da artış yaşandığı görülmüştür. Norveç'te ise ekolojik ayak izi (kişi başına gha) verilerinin sabit kaldığı görülmüştür. Almanya, İsviçre, Polonya, Slovenya, Meksika, Şili, Kolombiya ve Kosta Rika'da ise ekolojik ayak izi (kişi başına gha) verilerinde azalma görülmüştür. Biyokapasitenin (kişi başına gha) durumu 2021 ve 2022 yıllarının verileri karşılaştırıldığında Almanya, İsviçre, Slovenya, Yunanistan ve Kosta Rika'da değişmediği görülmüştür. Diğer ülkelerde ve dünya ortalamasında ise azalma görülmüştür.



4. BÖLÜM

UYGULAMA

Çalışmada kullanılan kriterler, ayak izi oluşumuna etkisi olan kriterlerdir. Bu kriterlere ait veriler kullanılarak ayak izi oluşumunun etkileri bu çalışmada ele alınmıştır.

4.1. YÜK TAŞIMACILIĞI (DEMİRYOLU)

Yük taşımacılığında demiryolunu kullanmak diğer taşıma türlerine göre daha çevrecidir. Dünya ekonomisi için demiryolu eşsiz bir değerdir. Çünkü enerji tüketimi açısından büyük fırsatlar sağlamaktadır. Yük taşımacılığında demiryolunu kullanmak sürdürülebilir bir çevre ve yaşam için önemlidir. Bu nedenle uluslararası ticaretlerde demiryolu yük taşımacılığı öne çıkmaktadır. Yük taşımacılığında demiryolunun kullanılması sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olsa da altyapı eksikliğinden dolayı tam anlamıyla demiryolundan faydalanılamamaktadır (Çukur, 2024).

Demiryolunu kullanarak yük taşımacılığı yapmak karbon ayak izini azaltmada ve sürdürülebilir bir yaşam için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Demiryolu yük taşımacılığı hava kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının azalmasında önemli rol oynamaktadır (Çiğil, 2024).

Taşımacılık sektöründe yakılan yakıttan dolayı oluşan karbondioksit emisyonu miktarı %24'tür. Demiryolu kullanımının bu paydaki etkisi ise sadece %1'dir (Turgut ve Budak, 2022).

Yük taşımacılığında demiryolu kullanımının yüksek olması küresel ayak izi için olumlu bir etkidir. Yük taşımacılığında demiryolu kullanımının artması daha çevreci ve sürdürülebilir bir yaşam için önem ifade etmektedir.

4.2. AR-GE'YE YÖNELİK GAYRİSAFİ YURT İÇİ HÂSILA (GSYH) HARCAMA

AR-GE faaliyetlerine yönelik yapılan harcamalar kaynakları daha etkin kullanmaya yönelik olduğundan küresel ayak izini azaltmada ve ekonomik kalkınmada

rol oynamaktadır. AR-GE çalışmalarının yüksek olması daha temiz ve sürdürülebilir çevre için önemlidir. Ancak yapılan AR-GE harcamaları sanayiye, fosil yakıtlara, kentleşmeye vb. alanlara olduğu zaman küresel ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. En güncel çalışma olan Adedoyin vd. 2020 yılında yapmış oldukları çalışmada AR-GE harcamalarının küresel ayak izini azalttığını görmüşlerdir. (Kılınç, 2021).

Yapılan en güncel çalışmaya bakılarak AR-GE'ye yönelik gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH) harcamaları arttıkça küresel ayak izi için olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3. HAVA VE SERA GAZI EMİSYONLARI

Sera gazları insanların faaliyetleri ve fosil yakıtlarının kullanılmasından dolayı ortaya çıkan gazlar topluluğudur. Hava ve sera gazı emisyonları miktarındaki artışlara bakıldığında küresel ayak izini etkilediği ve ayak izini arttırdığı görülmüştür (Civelekoğlu ve Bıyık, 2018).

Hava ve sera gazı emisyonlarının yüksek olması küresel ayak izini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Gazların miktarının yüksek olması ayak izinin yüksek olacağını göstermektedir. Emisyonların fazla olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak ifade edilmektedir.

4.4. BELEDİYE ATIKLARI

Belediye atık üretimi ve atıkların geri dönüşümüne bakıldığında atık miktarının düşük olması küresel ayak izini etkilediği bilinmektedir. Atık miktarı ne kadar düşük olursa buna atıkların geri dönüştürülmesinden sonra kalan atık miktarı da eklenince küresel ayak izinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Kapçak, 2024).

Belediye atıklarının artması küresel ayak izini olumsuz etkilediği ve ayak izinin artmasına neden olduğu görülmektedir.

4.5. ELEKTRİK ÜRETİMİ

Elektrik üretimi için kullanılan fosil yakıtlar küresel ayak izi miktarını arttırırken yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilen elektrikle küresel ayak izi arasında negatif ilişki vardır (Okanlı ve Demir, 2024).

Dünyada elektrik üretmek için kullanılan kaynaklar incelendiğinde en fazla kullanılan kaynakların fosil kaynaklar olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Elektrik üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji oranı %22,9'dür (Koç vd., 2018).

Çalışmalara bakıldığında elektrik üretmek için fosil yakıt kullanımı oranının fazla olduğu görülmektedir. Fosil yakıtların küresel ayak izini arttırdığı bilinmektedir. Bu nedenle elektrik üretimi verileri ele alındığından küresel ayak izini arttırdığı yönünde çalışmada ele alınacaktır. Elektrik üretiminin fazla olması küresel ayak izi için olumsuzluk ifade etmektedir.

4.6. YURTIÇİ MALZEME TÜKETİMİ

Malzeme tüketimi arttıkça ortaya çıkan atık miktarında artış görülmektedir. Tüketimle beraber oluşan atık küresel ayak izinde artışa neden olmaktadır. Malzeme tüketimi karbondioksit miktarını da arttırmaktadır. Sürdürülebilirlik için malzeme tüketiminin düşürülmesi önemlidir. Malzeme tüketiminde artışın görülmesi çevre kirliliğine de neden olmaktadır (Koçak ve Sarıöz Gökten, 2022).

Yurtiçi malzeme tüketimi beraberinde atık oluşunu meydana getirmektedir. Çevreye bırakılan ürünler bertaraf edilmediği sürece kirliliğe neden olmaktadır. Malzeme tüketimi ne kadar fazla ise küresel ayak izi miktarını o denli artmasına neden olacaktır. Malzeme tüketiminin fazla olması küresel ayak izi için olumsuzluk ifade etmektedir.

4.7. BİTKİSEL ÜRETİM (BUĞDAY)

Türkiye'de yapılan bir çalışma incelendiğinde tarımsal faaliyetler sonucu oluşan su ayak izinin %92'si bitkisel üretimden kaynaklanmaktadır. Bitkisel üretimin su ayak izine etkisi incelendiğinde ise en büyük payın tahıllar olduğu bilinmektedir. Bu pay ise %38'dir (Taşkın vd., 2022).

Bitkisel üretimde kullanılan su miktarı üretim arttıkça artacağından dolayı su ayak izini de arttırdığı görülmektedir (Turan, 2017).

Bitkisel üretimin yüksek olması su ayak izini arttırmaktadır. Tahıllar için harcanan su miktarının ise bu oranı arttırdığı bilinmektedir. Su ayak izi miktarı bitkisel üretimle beraber artmaktadır. Bitkisel üretimin fazla olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak ifade edilmektedir.

4.8. DOĞAL GAZ TÜKETİMİ

Doğal gaz gibi fosil yakıtlar birincil karbon ayak izine dâhil olan grupta yer almaktadır. Bu grupta yer alan fosil yakıtların tüketiminden oluşan emisyon küresel ayak izinin artmasına neden olmaktadır. Türkiye’de yapılan diğer bir çalışmaya bakılarak bir konutun enerji tüketiminin karbon miktarındaki artışa neden olduğu görülmüş olup ve üçüncü sırada yer alan kaynağın ise doğal gaz olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Okanlı ve Demir, 2024).

Doğal gaz yenilenemeyen bir enerji kaynağıdır. Doğal gaz kullanımının çok olması karbon miktarında artışa neden olmaktadır. Bundan dolayı küresel ayak izinin artmasına neden olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Doğal gaz kullanımının yüksek olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak görülmektedir.

4.9. BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ

Dünyada enerji talebinde artış yaşanmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi kaymış olmasına rağmen halen daha birincil enerji kaynaklarının kullanımının çok olduğu görülmektedir. Bu birincil enerji kaynaklarının tüketilmesinden dolayı karbondioksit açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan karbondioksit küresel ayak izinin artmasına neden olmaktadır (Çoban ve Küsmez, 2021).

Birincil enerji kaynaklarının tüketilmesi karbon salınımını arttırmaktadır. Salınımı gerçekleşen karbon miktarı arttığı için bu durum küresel ayak izi için olumsuz olarak görülmektedir.

4.10. KÖMÜR TÜKETİMİ

Fosil kaynaklardan biri olan kömürün tüketimi doğada karbon salımına neden olduğu bilinmektedir (Bucak ve Saygılı, 2022).

Kömür tüketiminin artması sonucu ortaya çıkan karbonun bir kısmı atmosferde sera gazları şeklinde birikmekte ve iklimin dinamiklerini etkilemektedir (Kılınç, 2021).

Kömür doğada bulunan fosil kaynaklarından biridir. Bu fosil kaynağın tüketimi sonucu oluşan karbondioksit küresel ayak izinin artmasına neden olmaktadır. Kömür tüketiminin yüksek olduğu ülkelerde bu tüketimin küresel ayak izini arttırdığı sonucuna

ulaşılmaktadır. Sonuç olarak kömür tüketiminin fazla olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak görülmektedir.

4.11. NÜKLEER ENERJİ ÜRETİMİ

Alternatif enerji kaynağı olarak görülen nükleer enerji düşük karbonlu ekonomiye geçişte teşvik olarak kullanılması sonucu temiz bir kaynak olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Erkekoğlu ve Arıç, 2023).

Nükleer enerjinin çevresel bozulmayı olumsuz etkilemediği bilinmektedir. Nükleer enerjide düşüş yaşanması ise uzun dönemi etkileyen emisyonda artışa neden olabileceği görülmektedir (Kılınç, 2023).

Nükleer enerji kullanımında artış yaşanması küresel ayak izi için olumlu bir durum olarak görülmektedir.

4.12. KARBON ENERJİDEN KAYNAKLI KARBONDİOKSİT EMİSYONLARI

Karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarına bakıldığında kirletici gazlar sınıfında olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan karbondioksit gazının artması ise iklim değişikliği ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Karbondioksit gazının havada asılı kalma özelliği olduğundan güneş ışınlarını engellemektedir. Bunun beraberinde de çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Karbondioksitin gazının yapmış olduğu kirlilik ve sera gazı karbon enerji kaynaklarının (fosil yakıtlar) kullanılmasından dolayı ortaya çıkabilmektedir. (Aksoy, 2023).

Karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarının fazla olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak görülmektedir.

4.13. PETROL TÜKETİMİ

Petrol tüketimi gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde önemli görülen bir enerji kaynağıdır. Günümüzün küresel dünyasında petrolün üretimi ve tüketimi tartışılmaz olup ekonomik, çevresel ve jeopolitik alanlarda önemli etkilere sahiptir. Petrol tüketim miktarları ülkelerin ekonomileri hakkında insanlara ön bilgi vermektedir (Urgenışbay, 2024).

Petrol tüketimi yağ türevli olduğundan ve kullanımı sonucunda ortaya karbon çıkmaktadır. Dolayısıyla petrol tüketiminin fazla olması küresel ayak izi için olumsuz bir durum olarak görülmektedir.

4.14. YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı küresel ayak izi hesabının yapılması için 2020-2022 yılları verilerini kullanarak bir sonuca ulaşmaktır. Bu amaçla yük taşımacılığı, AR-GE'ye yönelik GSY harcamaları, hava ve sera gazı emisyonları, belediye atıkları, elektrik üretimi, yurt içi malzeme tüketimi, doğal gaz tüketimi, birincil enerji tüketimi, kömür tüketimi, karbon kaynaklı karbondioksit emisyonları ve petrol tüketimi gibi kriterler Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanılarak çalışılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Entropi ile ağırlıklar belirlenmiş olup Topsis ile veriler analiz edilmiştir.

4.14.1. Entropi Yöntemi Nedir

Entropi yöntemiyle yapılan ağırlık belirleme çalışmaları metoda uygun olarak objektif olup güven durumları nihai çıktı kapsamında ele alınmaktadır. Karar vericinin amacına uygun olarak bir veya daha fazla alternatifini rasyonel bir şekilde ele almayı amaçlar. Entropi yöntemi Shannon tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemle veri setindeki belirsizlikler ölçülür ve veri setindeki farklılaşma hesaplanır. Kriter bağlamında farklılaşmanın toplam farklılaşmaya oranı kriter ağırlıklarını gösterir. Veri setleri kullanılır ve oluşturulan karar matrisi, kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için yeterli olur (Geçer, 2023).

Entropi değeri ile ağırlıklar, aşağıda yer alan adımlar izlenerek hesaplanmaktadır (Bostan, 2021).

4.14.1.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Kriterler ve karar alternatifleri kullanılarak bir karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin normalizasyonu yarar ve maliyet yapıları dikkate alınarak aşağıdaki denklem 1 ve denklem 2'ye göre yapılır.

$$r_{ij} = \{x_{ij} | \max_{ij}\} (i = 1 \dots m; j = 1 \dots n) \quad (1)$$

$$r_{ij} = \{x_{ij} | \min_{ij}\} (i = 1 \dots m; j = 1 \dots n) \quad (2)$$

Bu denklemlerde x_{ij} , i. Alternatifinin j kriterde gösterdiği performansı ifade etmektedir. Bu ifadede n adet kriter ve m adet alternatif bulunmaktadır.

4.14.1.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Farklı ölçü birimlerindeki aykırılıkları ortadan kaldırmak için normalizasyon işlemi yapılır ve P_{ij} değeri hesaplanır. Verilerin farklı ölçüm birimlerinden oluşması tutarsızlığa neden olduğundan alternatifler arasındaki karşılaştırma işleminin önüne geçebilmektedir. Bu nedenle kriterler ayrı ayrı normalize edilir. Matrisin bütün elemanları formül 3 yardımıyla kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilmektedir.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}; \forall j \quad (3)$$

i = alternatifler

j = kriterler

P_{ij} = normalize edilmiş değerler

4.14.1.3. Entropi Değerlerinin Hesaplanması (E_j)

E_j 'nin Entropi'si denklem (4) aracılığıyla hesaplanır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}]; \forall j \quad (4)$$

$$k = (\ln(n))^{-1}$$

k = Entropi katsayısı

E_j = Entropi değeri

P_{ij} = Normalize edilmiş değerler

4.14.1.4. Bilginin Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması (d_j)

d_j belirsizliği denklem (5) aracılığıyla hesaplanır. j kriter için ayrı ayrı hesaplanır. Bu değer hangi kriterde daha yüksekse o kriterin önemi daha fazla olmaktadır.

$$d_j = 1 - E_j; \forall j \quad (5)$$

4.14.1.5. Entropi Ağırlığının Hesaplanması (w_j)

j kriterinin önem derecesinin belirlenmesi için w_j ağırlık değerleri yani Entropi kriter ağırlıkları denklem (6) aracılığıyla hesaplanır. Kısacası her bir kriterin objektif ağırlığı belirlenir.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} : \forall j \quad (6)$$

w_j değeri j kriterin ağırlığını ifade etmektedir. Entropi yönteminin sonucunda kriter ağırlıkları elde edilir. Her bir kriter için ayrı ayrı hesaplanan Entropi ağırlıklarından büyük öneme sahip kriter, değerlendirme aşamasında daha önemli olduğu sonucu taşımaktadır (Bostan, 2021). Elde edilen Entropi ağırlıklarının toplamı daima 1'e eşittir.

4.14.2. Topsis Yöntemi Nedir

Topsis yöntemi 1981 yılında Hwang and Yoon'un yapmış olduğu (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) araştırmadan esinlenmiş olup 1992 yılında Chen and Hwang tarafından geliştirilmiştir. Topsis tekniği karar vermede pozitif-ideal hem de negatif-ideal çözümleri ele alarak alternatifler arasında en iyi seçimin yapılmasında kullanılmaktadır. Pozitif istenen çözüme mesafesi en yakın ve negatif ideal çözüme mesafesi en uzak olan alternatifin seçilmesi bu tekniğin temelidir. Bu yöntemde sadece pozitif ideal çözüme yakınlık değil negatif ideal çözüme de en uzak olması önemlidir. Kısaca en yakın pozitif ideal çözüm en iyi değeri alırken negatif ideal çözümden alabileceği en kötü değer alınarak sıralama yapılır (Bostan, 2021).

Topsis yönteminin uygulama adımları aşağıdaki verilmektedir. Bunlar altı adımdan oluşmaktadır (Öncül, 2023).

4.14.2.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

İlk olarak karar matrisi oluşturulur. Ardından m tane alternatifin ve n tane kriterin olduğu karar matrisi oluşturulur. Bu matris $m \times n$ boyutlu aşağıdaki gibi bir matris olacaktır. Karar matrisinde $(A_1, A_2, \dots, A_m)$ alternatifler ve $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ kriterler olmak üzere D karar matrisi (7) eşitliğindeki gibi $m \times n$ boyutlu bir matris olarak gösterilir.

$$D = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

x_{ij} = i. alternatifin j. kritere göre başarı değeri (performansı)

$i = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, n$

4.14.2.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinin elemanları olan her bir x_{ij} için (8) eşitliği yardımıyla normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. (9)'te görüldüğü gibi elemanları r_{ij} olan Rij normalize karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (8)$$

Bu matriste m alternatif ve n kriter bulunmaktadır.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

r_{ij} = Normalize karar matrisinin i.satır ve j. sütun elemanı

4.14.2.3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize karar matrisinin (R) her bir sütunundaki elemanlar ilgili kriterin ağırlık değeri (w_j) ile çarpılarak ağırlıklı standardize karar matrisi (V), (10)'daki gibi elde edilir. Kriterlerin ağırlık değerleri olarak Entropi 50 yöntemi ile ağırlıklandırma ile elde edilen değerler kullanılmaktadır. Bu değerler n kriter için eşitlik (11)'de verilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$W = w_1 \quad w_2 \quad \cdots \quad w_n \quad (11)$$

4.14.2.4. Pozitif (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması

Ağırlıklı standardize karar matrisindeki her bir sütundaki kriter için ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözümler (12) ve (13) eşitliklerindeki gibi oluşturulmaktadır.. Her bir sütunun kriteri için ideal (A+) çözümler bulunurken eğer kriter yarar yönlü ise ağırlıklı standardize karar matrisinde kriterlerin bulunduğu sütundaki maksimum değer alınmaktadır. Eğer maliyet yönlü ise sütundaki minimum değer alınır. Her bir sütun için negatif ideal çözümler (A-) bulunur ve kriter maliyet yönlü ise ağırlıklı standardize karar matrisinde kriterin bulunduğu sütundaki maksimum değer alınmaktadır.

$$A^+ = \{(\max_{vij} \mid j \in J), (\min_{vij} \mid j \in J')\} \quad A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (12)$$

$$A^- = \{(\min_{vij} \mid j \in J), (\max_{vij} \mid j \in J')\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (13)$$

4.14.2.5. Pozitif (S+) ve Negatif Ayrım (S-) Çözüm Değerleri

Ağırlıklı standardize karar matrisi (V) elemanları (v_{ij}) ile pozitif ve negatif ideallerin belirlenmesi sonucu kriterler için elde edilen ideal (v_j^+) ve negatif ideal (v_j^-)

değerler ile ayırım ölçüleri hesaplanır. İdeal ayırım (S_i^+) ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüleri, (14) ve (15) eşitliklerindeki gibi bulunmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (14)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (15)$$

4.14.2.6. İdeal Çözüme Göre Topsis Sonuçları

Bulunan ideal (S_i^+) ile negatif ideal ayırım (S_i^-) değerleri (16) eşitliği yardımıyla (A_i)'nin (C_i^*)'ye göreceli yakınlık değeri hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (16)$$

4.15. KÜRESEL AYAK İZİNİN ANALİZİ: ENTROPİ TABANLI TOPSİS YÖNTEMİYLE BİR UYGULAMA

Bu çalışmada OECD ülkelerinden gayri safi yurt içi hasılasına göre 12 ülke seçilmiştir. Bu ülkelerin küresel ayak izi verileri ele alınmıştır. Bu ülkelere ait yük taşımacılığı, AR-GE'ye yönelik GSY harcamaları, hava ve sera gazı emisyonları, belediye atıkları, elektrik üretimi, yurt içi malzeme tüketimi, doğal gaz tüketimi, birincil enerji tüketimi, kömür tüketimi, karbon kaynaklı karbondioksit emisyonları ve petrol tüketimi gibi verilerine erişilerek bu çalışma yapılmıştır.

4.15.1. Araştırmanın Konusu

OECD ülkelerinin küresel ayak izine olan etkilerinin araştırılması ve Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden yararlanarak bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Entropi ile ağırlıklar belirlenip Topsis ile analiz edilmiştir.

4.15.2. Araştırmanın Önemi ve Amacı

Dünyada insanların yaptıkları işler doğrultusunda küresel ayak izinde artış yaşanmaktadır. Dünyanın ise biyolojik kapasitesinin aşılması önem arz etmektedir. Yaşanılabilir bir dünya için biyolojik kapasiteye fazla yüklenilmemesi önemlidir. Yaşamın refah içinde devam etmesi için kaynakların doğru ve etkin kullanılması gereklidir. OECD ülkelerinin küresel ayak izindeki payının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda OECD ülkelerine ait veriler bulunup Çok Kriterli Karar Verme yöntemiyle analiz edilmiştir.

4.15.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Yapılan çalışmada OECD ülkelerinden yıllık gayri safi milli hasılası düşük olan Kolombiya (A11) ve Kosta Rika'ya (A12) ait verilerin eksik olması sebebiyle analize dâhil edilmemiştir. Ele alınan diğer ülkelerin ise nükleer enerji üretimi (Terawatt-Saat) (C13) ve bitkisel üretim (buğday, ton/hektar) (C12) verilerinin eksik olması nedeniyle analize dâhil edilmemiştir. 2022 yılı petrol verileri yayınlanmadığı için analize dâhil edilmemiştir. 2022 yılına ait verilerin tam olmaması nedeniyle sağlıklı olmadığı görülmüştür.

4.15.4. Araştırmanın Veri Setleri

Araştırma verileri, OECD ülkelerinden seçilen 12 ülke dâhil edilmiştir. Dâhil edilen 12 ülkenin 2020 ile 2022 verilerine ait kaynaklar şunlardır: (OECD, 2024a), (OECD, 2024b), (OECD, 2024c), (OECD, 2024ç), (OECD, 2024d), (OECD, 2024e), (OECD, 2024f), (OECD, 2024g), (OECD, 2024ğ), (OECD, 2024h), (OECD, 2024ı), (OECD, 2024i), (OECD, 2024j), (OECD, 2024k), (OECD, 2024l), (OECD, 2024m), (OECD, 2024n), (OECD, 2024o), (OECD, 2024ö), (OECD, 2024p), (OECD, 2024r) ve (Energy Institute, 2024). Araştırmaya 10 ülke dâhil edilmiş olup 11 kriter ile analiz yapılmıştır.

Eksik olan veriler istatistikte sıklıkla kullanılan medyan değerinin yerine atanması yöntemiyle tamamlanmıştır.

Verilerin ifade şekli yük taşımacılığı (demiryolu, milyon ton-kilometre) (C1), AR-GE'ye yönelik GSYH harcama (milyon ABD doları) (C2), hava ve sera gazı emisyonları

(karbondioksit (CO₂) ton/kişi) (C3), belediye atıkları (kişi başı kilogram) (C4), elektrik üretimi (toplam, gigaawatt-saat) (C5), yurtiçi malzeme tüketimi (ton/kişi) (C6), doğalgaz tüketimi (milyar m³) (C7), birincil enerji tüketimi (exajoule) (C8), kömür tüketimi (exajoule) (C9), karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonları (milyon ton CO₂) (C10), petrol tüketimi (exajoule) (C11), bitkisel üretim (buğday, ton/hektar) (C12), nükleer enerji üretimi(terawatt-saat) (C13) kriterler ele alınmıştır.

Yapılan çalışmaya OECD ülkelerine dâhil olup nükleer enerjiye sahip olunmaması ve verilerin olmamasından dolayı bu kriter analize dâhil edilmemiştir. Bitkisel üretim kriterinin ise ülkelerin verilerinin eksik olması neticesinde analize dâhil edilmemiştir. Petrol tüketiminin 2022 yılı verileri açıklanmamış olması sebebiyle analizin 2022 yılını kapsayan bölümünde bu kriter analizden çıkarılmıştır.

Ülkeler Almanya (A1), Amerika Birleşik Devletleri (A2), İsviçre (A3), Norveç (A4), Türkiye (A5), Polonya (A6), Slovenya (A7), Yunanistan (A8), Meksika (A9), Şili (A10), Kolombiya (A11), Kosta Rika (A12) şeklinde ifade edilmiştir.

Yapılan analiz çalışmasında OECD ülkelerinden olan Kolombiya ve Kosta Rika'nın verilerin açıklanmamış veya eksik olmasından dolayı analize dâhil edilmeyen iki ülkedir. OECD'ye Kolombiya 2020 yılında, Kosta Rika ise 2021 yılında katılması neticesinde yapılan analize ait verilerinin olmamasından dolayı çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Tablo 21 ve 22'de 2020 yılına ait veriler, Tablo 23 ve 24'te 2021 yılına ait veriler, Tablo 25'te ve 26'da 2022 yılına ait veriler incelenmiştir.

Tablo 21. 2020 yılına ait veriler

Kriterler	Ülkeler					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	119790	2105254	11063	4110	15428	51096
C2	125843,2	674351	Veri Yok	6826,6	32496,6	16575,1
C3	7,13	12,9	3,85	6,7	4,39	7,11
C4	64	Veri Yok	706	726	415	342
C5	547662	4080724	70020	154303	292664	146151
C6	14	22,5	10,2	24	11,4	17,3
C7	Veri Yok	3,3	6,6	3,8	3	Veri Yok
C8	87,1	834,5	3,3	4,5	46,2	21,1
C9	12,4	88,64	1,11	2,01	6,56	4,1
C10	1,85	9,2	Veri Yok	0,03	1,7	1,72
C11	64,4	831,5	23	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	603	4466,8	32,6	33,7	384,6	284,3
C13	4,21	32,53	0,37	0,37	1,97	1,29

Tablo 22. 2020 yılına ait verilerin devamı

Kriterler	Ülkeler					
	A7	A8	A9	A10	A11	A12
C1	7726	Veri Yok	86224	3585	Veri Yok	Veri Yok
C2	1565,4	4135,8	Veri Yok	1377,09	1835,9	307,17
C3	5,7	4,48	2,81	4,31	Veri Yok	Veri Yok
C4	488	499	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	286
C5	16289,7	45334,7	312233	81600,4	Veri Yok	Veri Yok
C6	13,2	10,2	11,1	50,1	6,7	8,4
C7	Veri Yok	Veri Yok	5,3	6	1,7	Veri Yok
C8	0,9	6,3	92,2	6,2	13,1	Veri Yok
C9	Veri Yok	1	7,35	1,59	1,85	Veri Yok
C10	0,04	0,08	0,24	0,26	0,17	Veri Yok
C11	6,4	Veri Yok	11,2	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	11,9	56,3	413,4	85,1	89,6	Veri Yok
C13	0,09	0,52	3,02	0,69	0,67	Veri Yok

Tablo 23. 2021 yılına ait veriler

Kriterler	Ülkeler					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	131035	2240822	12024	4305	15863	54387
C2	129348,5	725643,7	19840,58	6977,77	37130,63	18309,58
C3	7,5	13,76	4	6,69	4,76	7,84
C4	651	Veri Yok	704	799	415	358
C5	558488	4187448,834	64623,704	157247,272	319539,981	166801,043
C6	14,4	23,1	10,1	22,4	11,7	17,8
C7	Veri Yok	3	6	4,9	2,5	Veri Yok
C8	91,7	836,4	3,6	4,3	57,3	22,4
C9	12,76	93,44	1,07	2,05	7,02	4,41
C10	2,24	10,57	Veri Yok	0,04	1,74	1,9
C11	69,1	820,7	18,5	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	640,2	4755,3	33,3	34,6	420,7	310,3
C13	4,16	35,53	0,37	0,38	2,09	1,35

Tablo 24.2021 yılına ait verilerin devamı

Kriterler	Ülkeler					
	A7	A8	A9	A10	A11	A12
C1	4937	Veri Yok	92437	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C2	1683,49	4323,18	Veri Yok	1648,26	Veri Yok	275,11
C3	5,82	4,66	2,93	4,32	Veri Yok	Veri Yok
C4	511	509	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	313
C5	15048,057	53055,958	371511	85560,378	Veri Yok	Veri Yok
C6	14,2	10,6	11,5	50,6	7,3	8,7
C7	Veri Yok	Veri Yok	6	5,9	2	Veri Yok
C8	0,9	7	91,6	6,8	12,6	Veri Yok
C9	Veri Yok	1,09	7,83	1,72	2,07	Veri Yok
C10	0,04	0,07	0,2	0,29	0,11	Veri Yok
C11	5,7	Veri Yok	11,9	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	12,1	59,6	442,5	93,8	96,8	Veri Yok
C13	0,1	0,55	3,44	0,76	0,86	Veri Yok

Tablo 25. 2022 yılına ait veriler

Kriterler	Ülkeler					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	Veri Yok	2239264	12136	4246	16187	59307
C2	131833,6	761528,9	Veri Yok	7209,05	37130,63	19638,97
C3	7,21	13,64	3,63	6,52	4,4	7,59
C4	593	Veri Yok	677	768	382	355
C5	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C6	13,7	23,5	10	22,6	11,7	18
C7	Veri Yok	3,1	6	4,9	2,7	Veri Yok
C8	77,5	879,6	3	3,9	51,2	18,6
C9	12,29	95,42	1,04	1,92	7,1	4,27
C10	2,31	9,91	Veri Yok	0,03	1,76	1,78
C11	34,7	812,1	23,1	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	631,8	4798,2	32,8	34,7	420,4	294,5
C13	4,25	35,75	0,38	0,39	2,12	1,4

Tablo 26. 2022 yılına ait verilerin devamı

Kriterler	Ülkeler					
	A7	A8	A9	A10	A11	A12
C1	4928	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C2	1708,27	4623,54	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C3	5,71	4,79	3,06	4,09	Veri Yok	Veri Yok
C4	488	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	310
C5	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C6	14,9	11	11,6	51,2	7,4	9
C7	Veri Yok	Veri Yok	5,6	5,9	1,7	Veri Yok
C8	0,8	6,2	90,9	7,3	12,6	Veri Yok
C9	Veri Yok	1,13	8,18	1,81	2,2	Veri Yok
C10	0,03	0,07	0,24	0,24	0,1	Veri Yok
C11	5,6	Veri Yok	10,8	Veri Yok	Veri Yok	Veri Yok
C12	11,6	62,8	469,3	93	103	Veri Yok
C13	0,1	0,62	3,77	0,82	0,96	Veri Yok

4.16. ANALİZ

OECD ülkelerinden bazılarının küresel ayak izine olan etkisine Çok Kriterli Karar Verme yöntemiyle ulaşılmak istenmiştir. Bundan dolayı kriterler Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Entropi ile ağırlıkları hesaplanmış olup Topsis yöntemiyle de analiz edilmiştir. Ele alınan kriterler yük taşımacılığı, AR-GE'ye yönelik GSYH harcama, hava ve sera gazı emisyonları, belediye atıkları, elektrik üretimi, yurtiçi malzeme tüketimi, doğalgaz tüketimi, birincil enerji tüketimi, kömür tüketimi, karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonları, petrol tüketimi, bitkisel üretim, nükleer enerji üretimi gibi kriterlerdir.

4.16.1. Entropi Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Araştırmanın bu bölümünde ele alınan OECD ülkelerinin küresel ayak izi analizinin yapılabilmesi için nesnel ağırlıklandırma yöntemi olan Entropi yöntemi kullanılarak ağırlıklar belirlenecektir.

4.16.1.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Aşağıda verilen tablolarda Entropi yönteminin başlangıç aşamasında 10 OECD ülkesinin 2020, 2021 ve 2022 yıllarındaki karar matrisleri bulunmaktadır. Ele alınan kriterlerine göre yöntem kısmında belirtilen formül (1) ve formül (2) yardımıyla değerler bulunmuştur.

Tablo 27 ve 28'de 2020 yılına ait karar matrisi, Tablo 29 ve 30'da 2021 yılına ait karar matrisi, Tablo 31 ve 32'de 2022 yılına ait karar matrisi verilmiştir.

Tablo 27. 2020 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	119790	2105254	11063	4110	15428	+
C2	125843,2	674351	11700,85	6826,6	32496,6	+
C3	7,13	12,9	3,85	6,7	4,39	-
C4	641	499	706	726	415	-
C5	547662	4080723,877	70019,984	154302,735	292664,052	-
C6	14	22,5	10,2	24	11,4	-
C7	87,1	834,5	3,3	4,5	46,2	-
C8	12,4	88,64	1,11	2,01	6,56	-
C9	1,85	9,2	0,26	0,03	1,7	-
C10	603	4466,8	32,6	33,7	384,6	-
C11	4,21	32,53	0,37	0,37	1,97	-

Tablo 28. 2020 yılına ait karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	51096	7726	15428	86224	3585	+
C2	16575,1	1565,4	4135,8	11700,85	1377,09	+
C3	7,11	5,7	4,48	2,81	4,31	-
C4	342	488	499	499	499	-
C5	146150,551	16289,674	45334,743	312233,27	81600,425	-
C6	17,3	13,2	10,2	11,1	50,1	-
C7	21,1	0,9	6,3	92,2	6,2	-
C8	4,1	4,1	1	7,35	1,59	-
C9	1,72	0,04	0,08	0,24	0,26	-
C10	284,3	11,9	56,3	413,4	85,1	-
C11	1,29	0,09	0,52	3,02	0,69	-

Tablo 29. 2021 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	131035	2240822	12024	4305	15863	+
C2	129348,5	725643,7	19840,58	6977,77	37130,63	+
C3	7,5	13,76	4	6,69	4,76	-
C4	651	511	704	799	415	-
C5	558488	4187448,834	64623,704	157247,272	319539,981	-
C6	14,4	23,1	10,1	22,4	11,7	-
C7	91,7	836,4	3,6	4,3	57,3	-
C8	12,76	93,44	1,07	2,05	7,02	-
C9	2,24	10,57	0,29	0,04	1,74	-
C10	640,2	4755,3	33,3	34,6	420,7	-
C11	4,16	35,53	0,37	0,38	2,09	-

Tablo 30. 2021 yılı karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	54387	4937	35125	92437	35125	+
C2	18309,58	1683,49	4323,18	18309,58	1648,26	+
C3	7,84	5,82	4,66	2,93	4,32	-
C4	358	511	509	511	511	-
C5	166801,043	15048,057	53055,958	371511	85560,378	-
C6	17,8	14,2	10,6	11,5	50,6	-
C7	22,4	0,9	7	91,6	6,8	-
C8	4,41	4,41	1,09	7,83	1,72	-
C9	1,9	0,04	0,07	0,2	0,29	-
C10	310,3	12,1	59,6	442,5	93,8	-
C11	1,35	0,1	0,55	3,44	0,76	-

Tablo 31. 2022 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	14161,5	2239264	12136	4246	16187	+
C2	131833,6	761528,9	19638,97	7209,05	37130,63	+
C3	7,21	13,64	3,63	6,52	4,4	-
C4	593	540,5	677	768	382	-
C5	589204,84	4417758,52	68178,00772	165895,872	337114,68	-
C6	13,7	23,5	10	22,6	11,7	-
C7	77,5	879,6	3	3,9	51,2	-
C8	12,29	95,42	1,04	1,92	7,1	-
C9	2,31	9,91	0,24	0,03	1,76	-
C10	631,8	4798,2	32,8	34,7	420,4	-

Tablo 32. 2022 yılı karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	59307	4928	14161,5	14161,5	14161,5	+
C2	19638,97	1708,27	4623,54	19638,97	19638,97	+
C3	7,59	5,71	4,79	3,06	4,09	-
C4	355	488	540,5	540,5	540,5	-
C5	175975,1004	15875,70014	55974,03569	391944,105	90266,19879	-
C6	18	14,9	11	11,6	51,2	-
C7	18,6	0,8	6,2	90,9	7,3	-
C8	4,27	4,27	1,13	8,18	1,81	-
C9	1,78	0,03	0,07	0,24	0,24	-
C10	294,5	11,6	62,8	469,3	93	-

Araştırma kapsamında OECD ülkelerinin küresel ayak izi kriterleri olarak ele alınan yük taşımacılığı (demiryolu, milyon ton-kilometre) (C1), AR-GE'ye yönelik GSYH harcama (milyon ABD doları) (C2), hava ve sera gazı emisyonları (karbondioksit (CO2) ton/kişi) (C3), belediye atıkları (kişi başı kilogram) (C4), elektrik

üretimi (toplam, gigaawatt-saat) (C5), yurtiçi malzeme tüketimi (ton/kışı) (C6), doğalgaı tüketimi (milyar m3) (C7), birincil enerji tüketimi (exajoule) (C8), kömür tüketimi (exajoule) (C9) ve karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonları (milyon ton CO2) (C10) gibi kriterler ele alınmış ve değerdendirilmiştir.

Ülkeler Almanya (A1), Amerika Birleşik Devletleri (A2), İsviçre (A3), Norveç (A4), Türkiye (A5), Polonya (A6), Slovenya (A7), Yunanistan (A8), Meksika (A9), Şili (A10) şeklinde ifade edilip değerdendirilmiştir.

4.16.1.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Araştırmanın yöntem kısmında açıklanan bölümde belirtilen formül (3) matrisin tüm elemanları kendi sütun toplamlarına bölünerek kriterlere ilişkin normalize edilmiş değerdler hesaplanmıştır. Normalizasyon işlemine ilişkin sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 33 ve 34'te 2020 yılına ait normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 35'te ve 36'da 2021 yılına ait normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 37 ve 38'de 2022 yılına ait normalize edilmiş karar matrisi verilmiştir.

Tablo 33. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,051849826	0,911236769	0,004788502	0,00177897	0,006677845	+
C2	0,144785412	0,775855884	0,0113462089	0,007854156	0,037388064	+
C3	0,153696917	0,278077172	0,082992024	0,144427678	0,094632464	-
C4	0,167450366	0,130355277	0,184430512	0,189655172	0,108411703	-
C5	0,101926186	0,759469568	0,013031523	0,0287117511	0,05446814	-
C6	0,093645485	0,150501672	0,068227425	0,160535117	0,076254181	-
C7	0,582608696	5,581939799	0,022073579	0,0301100334	0,3090301	-
C8	0,082943144	0,592909699	0,007424749	0,013444816	0,043879599	-
C9	0,012374582	0,061538462	0,001173913	0,000200669	0,011371237	-
C10	4,033444816	29,87826087	0,218060201	0,22541806	2,572575251	-
C11	0,028160535	0,217591973	0,002474916	0,002474916	0,013177258	-

Tablo 34. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,022116359	0,003344117	0,006677845	0,03732114	0,001551729	+
C2	0,019070023	0,001801028	0,00475833	0,013462089	0,001584373	+
C3	0,15326579	0,122871308	0,096572537	0,060573399	0,092907954	-
C4	0,089341693	0,127481714	0,130355277	0,130355277	0,130355277	-
C5	0,027200296	0,003031695	0,008437316	0,058110197	0,015186776	-
C6	0,115719064	0,088294314	0,068227425	0,074247492	0,335117057	-
C7	0,141137124	0,006020067	0,042140468	0,616722408	0,041471572	-
C8	0,027424749	0,027424749	0,006688963	0,04916388	0,010635452	-
C9	0,011505017	0,000267559	0,000535117	0,001605351	0,001173913	-
C10	1,901672241	0,079599662	0,376588629	2,765217391	0,569230769	-
C11	0,008628763	0,000602007	0,003478261	0,020200669	0,004615385	-

Yöntem bölümünde belirtilen formül (3) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Tablo 35. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,052549346	0,898643346	0,00482202	0,001726447	0,006361585	+
C2	0,137766147	0,772866607	0,021131751	0,007431864	0,03954699	+
C3	0,153468386	0,281563331	0,081849806	0,1368938	0,097401269	-
C4	0,164851861	0,129399848	0,178272981	0,202329704	0,105089896	-
C5	0,1008154	0,755896866	0,011665541	0,028385474	0,057681725	-
C6	0,095936043	0,153897402	0,067288474	0,149233844	0,077948035	-
C7	0,610926049	5,572285143	0,023984011	0,028647568	0,381745503	-
C8	0,085009993	0,622518321	0,007128581	0,013657562	0,046768821	-
C9	0,014923384	0,07041972	0,001932045	0,000266489	0,011592272	-
C10	4,265156562	31,68087941	0,221852099	0,230512991	2,802798135	-
C11	0,027714857	0,236708861	0,002465023	0,002531646	0,013924051	-

Tablo 36. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,021810976	0,001979899	0,014086281	0,037070278	0,014086281	+
C2	0,019501117	0,001793047	0,004604521	0,019501117	0,001755524	+
C3	0,160425619	0,119091467	0,095355024	0,059954983	0,08839779	-
C4	0,090655862	0,129399848	0,128893391	0,129399848	0,129399848	-
C5	0,030110072	0,002716398	0,009577739	0,067063267	0,015444922	-
C6	0,118587608	0,094603598	0,070619587	0,07661559	0,337108594	-
C7	0,149233844	0,005996003	0,046635576	0,610259827	0,045303131	-
C8	0,029380413	0,029380413	0,007261825	0,052165223	0,011459027	-
C9	0,012658228	0,000266489	0,000466356	0,001332445	0,001932045	-
C10	2,067288474	0,080612925	0,397068621	2,948034644	0,624916722	-
C11	0,008994004	0,000666223	0,003664224	0,022918055	0,005063291	-

Yöntem bölümünde belirtilen formül (3) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Tablo 37. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,006002001	0,949056629	0,005143543	0,001799562	0,006860459	+
C2	0,13228083	0,764112295	0,019705593	0,007233506	0,037256591	+
C3	0,153143585	0,289719626	0,077102804	0,138487681	0,093457944	-
C4	0,153786307	0,140171162	0,175570539	0,199170124	0,09906639	-
C5	0,1008154	0,755896866	0,011665541	0,028385474	0,057681725	-
C6	0,090909091	0,155938952	0,066357001	0,149966821	0,077637691	-
C7	0,514266755	5,836761778	0,0199071	0,02587923	0,339747843	-
C8	0,081552754	0,6331785	0,006901128	0,012740544	0,04711347	-
C9	0,015328467	0,065759788	0,001592568	0,000199071	0,011678832	-
C10	4,192435302	31,83941606	0,217650962	0,230258792	2,789648308	-

Tablo 38. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,025135804	0,002088611	0,004639225	0,019705593	0,019705593	+
C2	0,019705593	0,001714065	0,004639225	0,019705593	0,019705593	+
C3	0,161214953	0,1212822923	0,101741716	0,064995752	0,086873407	-
C4	0,092064315	0,126556017	0,140171162	0,140171162	0,140171162	-
C5	0,030110072	0,002716398	0,00957739	0,067063267	0,015444922	-
C6	0,119442601	0,098871931	0,072992701	0,076974121	0,339747843	-
C7	0,123424021	0,00530856	0,04114134	0,603185136	0,04844061	-
C8	0,028334439	0,028334439	0,007498341	0,054280027	0,012010617	-
C9	0,011811546	0,000199071	0,000464499	0,0011592568	0,0011592568	-
C10	1,95421367	0,076974121	0,416721964	3,114134041	0,617120106	-

Yöntem bölümünde belirtilen formül (3) aracılığıyla hesaplanmıştır.

4.16.1.3. Entropi Değerlerinin Hesaplanması (Ej)

2020-2022 yılları verilerinde değişken için hesaplanan Entropi değeri Formül (4) ile hesaplanmıştır.

Tablo 39'da 2020 yılına ait Entropi değerleri, Tablo 40'ta 2021 yılına ait Entropi değerleri ve Tablo 41'de 2022 yılına ait Entropi değerleri verilmiştir.

Tablo 39. 2020 yılına ait Entropi değerleri (Ej değerleri)

Kriterler	Ej	+/-
C1	0,206982622	+
C2	0,401539273	+
C3	0,956424424	-
C4	0,983696596	-
C5	0,472975599	-
C6	0,922869986	-
C7	-4,277039616	-
C8	0,459881293	-
C9	0,180897839	-
C10	-56,42086677	-
C11	0,300616382	-

Ej'nin Enropi'si, yöntem bölümünde belirtilen formül (4) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Tablo 40. 2021 yılına ait Entropi değerleri (Ej değerleri)

Kriterler	Ej	+/-
C1	0,238040641	+
C2	0,414104902	+
C3	0,954012798	-
C4	0,982315613	-
C5	0,478092967	-
C6	0,923304226	-
C7	-4,25925045	-
C8	0,460745422	-
C9	0,196779533	-
C10	-61,20035913	-
C11	0,30785	-

Ej'nin Enropi'si, yöntem bölümünde belirtilen formül (4) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Tablo 41. 2022 yılına ait Entropi değerleri (Ej değerleri)

Kriterler	Ej	+/-
C1	0,141978384	+
C2	0,443765123	+
C3	0,948471205	-
C4	0,983713596	-
C5	0,478092967	-
C6	0,920551158	-
C7	-4,630684999	-
C8	0,453119633	-
C9	0,189956908	-
C10	-61,35899845	-

Ej'nin Enropi'si, yöntem bölümünde belirtilen formül (4) aracılığıyla hesaplanmıştır.

4.16.1.4. Bilginin Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması (dj Değerleri)

Formül (5) yardımıyla 2020-2022 zaman aralığına her bir değişken için hesaplanan bilginin farklılaşma derecesi (dj) değerleri aşağıdaki Tablo 42’de 2020 yılı, Tablo 43’te 2021 yılı ve Tablo 44’te 2022 yılı farklılaşma dereceleri incelenmiştir.

(dj) değeri hangi kriterde daha yüksekse o kriterin önemi daha fazla olmaktadır.

Tablo 42. 2020 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (dj değerleri)

Kriterler	dj	+/-
C1	0,793017378	+
C2	0,598460727	+
C3	0,043575576	-
C4	0,016303404	-
C5	0,527024401	-
C6	0,077130014	-
C7	5,277039616	-
C8	0,540118707	-
C9	0,819102161	-
C10	57,42086677	-
C11	0,699383618	-

dj’nin değeri yöntem bölümünde belirtilen formül (5) aracılığıyla hesaplanmıştır. 2020 yılında farklılaşma derecesi en yüksek C10 kriterinde çıkmıştır. 2020 yılı için kriterlerin belirsizlik değerleri toplamı 66,812022’ ye eşittir.

Tablo 43. 2021 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (dj değerleri)

Kriterler	dj	+/-
C1	0,761959359	+
C2	0,585895098	+
C3	0,045987202	-
C4	0,017684387	-
C5	0,521907033	-
C6	0,076695774	-
C7	5,25925045	-
C8	0,539254578	-
C9	0,803220467	-
C10	62,20035913	-
C11	0,69215	-

d_j 'nin değeri yöntem bölümünde belirtilen formül (5) aracılığıyla hesaplanmıştır. 2021 yılında farklılaşma derecesi en yüksek C10 kriterinde çıkmıştır. 2021 yılı için kriterlerin belirsizlik değerleri toplamı 71,504363' e eşittir.

Tablo 44. 2022 yılına ait bilginin farklılaşma derecesi (d_j değerleri)

Kriterler	d_j	+/-
C1	0,858021616	+
C2	0,556234877	+
C3	0,051528795	-
C4	0,016286404	-
C5	0,521907033	-
C6	0,079445842	-
C7	5,630684999	-
C8	0,546880367	-
C9	0,810043092	-
C10	62,35899845	-

d_j 'nin değeri yöntem bölümünde belirtilen formül (5) aracılığıyla hesaplanmıştır. 2022 yılında farklılaşma derecesi en yüksek C10 kriterinde çıkmıştır. 2022 yılı için kriterlerin belirsizlik değerleri toplamı 71,4300312' ye eşittir.

4.16.1.5. Entropi Ağırlığının Hesaplanması (W_j)

Formül (6) aracılığıyla 2020-2022 zaman aralığına her bir değişken için hesaplanan (w_j) değerleri Tablo 45'te 2020 yılı, Tablo 46'da 2021 yılı ve Tablo 47'de 2022 yılı Entropi ağırlıkları incelenmiştir.

Tablo 45. 2020 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (Wj değerleri)

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,287857557	+
C2	0,217235394	+
C3	0,015817508	-
C4	0,005917976	-
C5	0,191304706	-
C6	0,027997441	-
C7	1,915513799	-
C8	0,196057811	-
C9	0,297326078	-
C10	20,84321337	-
C11	0,253869417	-

Her bir kriterin objektif ağırlığı yöntem bölümünde belirtilen formül (6) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Entropi yönteminin son aşamasında hesaplanan (wj) değerleri çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıklarını göstermektedir. 2020 yılı için tüm kriterlerin ağırlıkları toplamı 24,2522111 olarak hesaplanmıştır. 2020 yılı için en yüksek wj değeri 20,84321337 ağırlık değeri olan (C10) karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarıdır. İkinci sırada (C7) doğal gaz tüketimi, üçüncü sırada (C9) kömür tüketimi, dördüncü sırada (C1) yük taşımacılığı (demiryolu), beşinci sırada (C11) petrol tüketimi, altıncı sırada (C2) AR-GE'ye yönelik GSY harcama, yedinci sırada (C8) birincil enerji tüketimi, sekizinci sırada (C5) elektrik üretimi, dokuzuncu sırada (C6) yurt içi malzeme tüketimi, onuncu sırada (C3) hava ve sera gazı emisyonlarının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. En düşük öneme sahip kriter ise sonuncu olan (C4) belediye atıkları olmuştur.

Tablo 46. 2021 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (Wj değerleri)

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,281969182	+
C2	0,216815188	+
C3	0,017017934	-
C4	0,006544249	-
C5	0,193135891	-
C6	0,028381887	-
C7	1,946227883	-
C8	0,199555489	-
C9	0,297238187	-
C10	23,01774262	-
C11	0,256135668	-

Her bir kriterin objektif ağırlığı yöntem bölümünde belirtilen formül (6) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Entropi yönteminin son aşamasında hesaplanan (wj) değerleri çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıklarını göstermektedir. 2021 yılı için tüm kriterlerin ağırlıkları toplamı 26,46076 olarak hesaplanmıştır. 2021 yılı için en yüksek wj değeri 23,01774262 ağırlık değeri olan (C10) karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarıdır. İkinci sırada (C7) doğal gaz tüketimi, üçüncü sırada (C9) kömür tüketimi, dördüncü sırada (C1) yük taşımacılığı (demiryolu), beşinci sırada (C11) petrol tüketimi, altıncı sırada (C2) AR-GE'ye yönelik GSY harcama, yedinci sırada (C8) birincil enerji tüketimi, sekizinci sırada (C5) elektrik üretimi, dokuzuncu sırada (C6) yurt içi malzeme tüketimi, onuncu sırada ise (C3) hava ve sera gazı emisyonları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. En düşük öneme sahip kriter ise sonuncu olan (C4) belediye atıkları olmuştur.

Tablo 47. 2022 yılı Entropi ağırlık değerlerinin hesaplanması (Wj değerleri)

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,411832341	+
C2	0,266981049	+
C3	0,024732739	-
C4	0,007817131	-
C5	0,250504406	-
C6	0,038132334	-
C7	2,702610446	-
C8	0,262491081	-
C9	0,388803658	-
C10	29,93100851	-

Her bir kriterin objektif ağırlığı yöntem bölümünde belirtilen formül (6) aracılığıyla hesaplanmıştır.

Entropi yönteminin son aşamasında hesaplanan (wj) değerleri çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıklarını göstermektedir. 2022 yılı için tüm kriterlerin ağırlıkları toplamı 34,2849137 olarak hesaplanmıştır. 2022 yılı için en yüksek wj değeri 29,93100851 ağırlık değeri olan (C10) karbon enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarıdır. İkinci sırada (C7) doğal gaz tüketimi, üçüncü sırada (C1) yük taşımacılığı (demiryolu), dördüncü sırada (C9) kömür tüketimi, beşinci sırada (C2) AR-GE'ye yönelik GSY harcama, altıncı sırada (C8) birincil enerji tüketimi, yedinci sırada (C5) elektrik üretimi, sekizinci sırada (C6) yurt içi malzeme tüketimi, dokuzuncu sırada ise (C3) hava ve sera gazı emisyonları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. En düşük öneme sahip kriter ise sonuncu olan (C4) belediye atıkları olmuştur.

4.16.2. Topsis Yöntemi İle Verilerin Analizi

Araştırmanın bu kısmında ele alınan OECD ülkelerinin küresel ayak izine olan etkisinin analizi yapılmıştır. Ele alınan kriterler ile sıralama yapılmıştır. Bu bölümde Entropi yöntemi uygulaması sonucu elde edilen ağırlıklar kullanılarak ele alınan OECD ülkelerinin küresel ayak izine olan etkisinin sıralaması yapılmıştır. Topsis hesaplanması yöntem kısmında verilen adımlar izlenerek yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucu 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ilişkin veriler ele alınacak olup ilgili yıllara ilişkin verilerin tablolarına yer verilecektir.

4.16.2.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Verilen tablolarda Topsis yöntemi kullanılarak 10 OECD ülkesinin 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait karar matrisleri bulunmaktadır. Ele alınan kriterler yöntem kısmında belirtilen formül (7) kullanılarak ilgili değerler bulunmuştur.

Tablo 48’de ve Tablo 49’da 2020 yılına, Tablo 50 ve 51’de 2021 yılına, Tablo 52’de ve 53’te 2022 yılına ait veriler kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 48. 2020 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	119790	21005254	11063	4110	15428	+
C2	125843,2	674351	11700,85	6826,6	32496,6	+
C3	7,13	12,9	3,85	6,7	4,39	-
C4	641	499	706	726	415	-
C5	547662	4080723,877	70019,984	154302,735	292664,052	-
C6	14	22,5	10,2	24	11,4	-
C7	87,1	834,5	3,3	4,5	46,2	-
C8	12,4	88,64	1,11	0,01	6,56	-
C9	1,85	9,2	0,26	0,03	1,7	-
C10	603	4466,8	32,6	33,7	384,6	-
C11	4,21	32,53	0,37	0,37	1,97	-

Tablo 49. 2020 yılı karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	51096	7726	15428	86224	3585	+
C2	16575,1	1565,4	4135,8	11700,85	1377,09	+
C3	7,11	5,7	4,48	2,81	4,31	-
C4	342	488	499	499	499	-
C5	146150,551	16289,974	45334,743	312233,27	81600,425	-
C6	17,3	13,2	10,2	11,1	50,1	-
C7	21,1	0,9	6,3	92,2	6,2	-
C8	4,1	4,1	1,	7,35	1,59	-
C9	1,72	0,04	0,08	0,24	0,26	-
C10	284,3	11,9	56,3	413,4	85,1	-
C11	1,29	0,09	0,52	3,02	0,69	-

Tablo 50. 2021 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	131035	2240822	12024	4305	15863	+
C2	129348,5	725643,7	19840,58	6977,77	37130,63	+
C3	7,5	13,76	4	6,69	4,76	-
C4	651	511	704	799	415	-
C5	558488	4187448,834	64623,704	15747,272	319539	-
C6	14,4	23,1	10,1	22,4	11,7	-
C7	91,7	836,4	3,6	4,3	57,3	-
C8	12,76	93,44	1,07	2,05	7,02	-
C9	2,24	10,57	0,29	0,04	1,74	-
C10	640,2	4755,3	33,3	34,6	420,7	-
C11	4,16	35,53	0,37	0,38	2,09	-

Tablo 51. 2021 yılı karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	54387	4937	35125	92437	35125	+
C2	18309,58	1683,49	4323,18	18309,58	1648,26	+
C3	7,84	5,82	4,66	2,93	4,32	-
C4	358	511	509	511	511	-
C5	166801,043	15048,057	53055,958	371511	85560,378	-
C6	17,8	14,2	10,6	11,5	50,6	-
C7	22,4	0,9	7	91,6	6,8	-
C8	4,41	4,41	1,09	7,83	1,72	-
C9	1,9	0,04	0,07	0,2	0,29	-
C10	310,3	12,1	59,6	442,5	93,8	-
C11	1,35	0,1	0,55	3,44	0,76	-

Tablo 52. 2022 yılı karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	14161,5	2239264	12136	4246	16187	+
C2	131833,6	761528,9	19638,97	7209,05	37130,63	+
C3	7,21	13,64	3,63	6,52	4,4	-
C4	593	540,5	677	768	382	-
C5	589204,84	4417758,52	68178,00772	165895,872	337114,68	-
C6	13,7	23,5	10	22,6	11,7	-
C7	77,5	879,6	3	3,9	51,2	-
C8	12,29	95,42	1,04	1,92	7,1	-
C9	2,31	9,91	0,24	0,03	1,76	-
C10	631,8	4798,2	32,8	34,7	420,4	-

Tablo 53. 2022 yılı karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	59307	4928	14161,5	14161,5	14161,5	+
C2	19638,97	1708,27	4623,54	19638,97	19638,97	+
C3	7,59	5,71	4,79	3,06	4,09	-
C4	355	488	540,5	540,5	540,5	-
C5	175975,1004	15875,70014	55974,03569	391944,105	90266,19879	-
C6	18	14,9	11	11,6	51,2	-
C7	18,6	0,8	6,2	90,9	7,3	-
C8	4,27	4,27	1,13	8,18	1,81	-
C9	1,78	0,03	0,07	0,24	024	-
C10	294,5	11,6	62,8	469,3	93	-

4.16.2.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Ele alınan OECD ülkelerine ait normalize edilmiş karar matrisi oluşturulurken her bir değer sütun toplamının kareköküne bölünerek normalize işlemi yapılmıştır. Yöntem bölümünde yer alan formül (8) ve (9) kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 54 ve 55'te 2020 yılına, Tablo 56'da ve 57'de 2021 yılına, Tablo 58'de ve 59'da 2022 yılına ait veriler kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 54. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,056789447	0,998048346	0,005244692	0,001948448	0,00791403	+
C2	0,18315208	0,981449836	0,017029407	0,009935427	0,047295522	+
C3	0,373017502	0,6748844	0,201418987	0,350521355	0,229669962	-
C4	0,429864182	0,334636859	0,473454153	0,486866452	0,278305204	-
C5	0,132459415	0,98697791	0,016935274	0,03732019	0,070784734	-
C6	3,38609E-06	5,44193E-06	2,46701E-06	5,80472E-06	2,75724E-06	-
C7	2,10663E-05	0,000201835	7,98149E-07	1,08839E-06	1,11741E-05	-
C8	2,99911E-06	2,14388E-05	2,68468E-07	4,86146E-07	1,58662E-06	-
C9	4,47447E-07	2,22514E-06	6,28845E-08	7,2559E-09	4,11168E-07	-
C10	0,000145844	0,001080356	7,88475E-06	8,1508E-06	9,30207E-05	-
C11	1,01825E-06	7,86782E-06	8,94895E-08	8,94895E-08	4,76471E-07	-

Tablo 55. 2020 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,024223338	0,003662704	0,00731403	0,040876645	0,001699559	+
C2	0,024123386	0,002278282	0,00601924	0,017029407	0,002004216	+
C3	0,371971169	0,298204735	0,234378458	0,147009703	0,225484633	-
C4	0,229350312	0,327260095	0,334636859	0,334636859	0,334636859	-
C5	0,035348475	0,003939877	0,010964817	0,075517812	0,019736159	-
C6	4,18424E-06	3,1926E-06	2,46701E-06	2,68468E-06	1,21174E-05	-
C7	5,10332E-06	2,17677E-07	1,52374E-06	2,22998E-05	1,49955E-06	-
C8	9,9164E-07	9,9164E-07	2,41863E-07	1,7777E-06	3,84563E-07	-
C9	4,16005E-07	9,67454E-09	1,93491E-08	5,80472E-08	6,28845E-08	-
C10	6,87618E-05	2,87817E-06	1,36169E-05	9,99863E-05	2,05826E-05	-
C11	3,12004E-07	2,17677E-08	1,25769E-07	7,30428E-07	1,66886E-07	-

Tablo 56. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,058349918	0,997838595	0,00535429	0,001917018	0,007063798	+
C2	0,17513962	0,982531396	0,026864414	0,009447995	0,050275376	+
C3	0,370792526	0,680280688	0,197756014	0,330746934	0,235329657	-
C4	0,421940825	0,331200863	0,456292382	0,517865928	0,268979174	-
C5	0,131590147	0,986640728	0,015226545	0,037050378	0,075289555	-
C6	3,39291E-06	5,44279E-06	2,37975E-06	5,27786E-06	2,75674E-06	-
C7	2,16062E-05	0,000197071	8,48227E-07	1,01316E-06	1,35009E-05	-
C8	3,00649E-06	2,20162E-05	2,52112E-07	4,83018E-07	1,65404E-06	-
C9	5,27786E-07	2,49049E-06	6,83294E-08	9,42474E-09	4,09976E-07	-
C10	0,000150843	0,001120437	7,8461E-06	8,1524E-06	9,91247E-05	-
C11	9,80173E-07	8,37153E-06	8,71789E-08	8,95351E-08	4,92443E-07	-

Tablo 57. 2021 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,024218545	0,002198447	0,015641171	0,041162219	0,015641171	+
C2	0,024791419	0,002279468	0,005853644	0,024791419	0,002231766	+
C3	0,387601788	0,287735	0,230385756	0,14485628	0,213576495	-
C4	0,232035047	0,331200863	0,329904578	0,331200863	0,331200863	-
C5	0,039301424	0,003545602	0,012500969	0,087534892	0,020159614	-
C6	4,19401E-06	3,34578E-06	2,49756E-06	2,70961E-06	1,19223E-05	-
C7	5,27786E-06	2,12057E-07	1,64933E-06	2,15827E-05	1,60221E-06	-
C8	1,03908E-06	1,03908E-06	2,56824E-07	1,84489E-06	4,05264E-07	-
C9	4,47675E-07	9,42474E-09	1,64933E-08	4,71237E-08	6,83294E-08	-
C10	7,31124E-05	2,85098E-06	1,40429E-05	0,000104261	2,2101E-05	-
C11	3,18085E-07	2,35619E-08	1,2959E-07	8,10528E-07	1,7907E-07	-

Tablo 58. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					
	A1	A2	A3	A4	A5	+/-
C1	0,006321437	0,999566946	0,005417291	0,001895338	0,007225584	+
C2	0,17021147	0,983216367	0,025356039	0,009307665	0,047939669	+
C3	0,366307504	0,692986735	0,184423889	0,331251724	0,223544108	-
C4	0,394804518	0,359851335	0,45072961	0,511315126	0,254326013	-
C5	0,131590147	0,986640728	0,015226545	0,037050378	0,075289555	-
C6	3,05969E-06	5,24838E-06	2,23335E-06	5,04737E-06	2,61302E-06	-
C7	1,73085E-05	0,000196446	6,70005E-07	8,71007E-07	1,14348E-05	-
C8	2,74479E-06	2,13106E-05	2,32269E-07	4,28803E-07	1,58568E-06	-
C9	5,15904E-07	2,21325E-06	5,36004E-08	6,70005E-09	3,9307E-07	-
C10	0,000141103	0,001071607	7,32539E-06	7,74973E-06	9,38901E-05	-

Tablo 59. 2022 yılı normalize edilmiş karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					
	A6	A7	A8	A9	A10	+/-
C1	0,026473572	0,00219977	0,006321437	0,006321437	0,006321437	+
C2	0,025356039	0,002205562	0,005969491	0,025356039	0,025356039	+
C3	0,385613586	0,290099286	0,243358245	0,155464766	0,207794409	-
C4	0,236350091	0,324898153	0,359851335	0,359851335	0,359851335	-
C5	0,039301424	0,003545602	0,012500969	0,087534892	0,020159614	-
C6	4,02003E-06	3,32769E-06	2,45669E-06	2,59069E-06	1,14348E-05	-
C7	4,15403E-06	1,78668E-07	1,38468E-06	2,03012E-05	1,63035E-06	-
C8	9,53641E-07	9,53641E-07	2,52369E-07	1,82688E-06	4,04237E-07	-
C9	3,97537E-07	6,70005E-09	1,56335E-08	5,36004E-08	5,36004E-08	-
C10	6,57722E-05	2,59069E-06	1,40254E-05	0,000104811	2,07702E-05	-

4.16.2.3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi normalize edilmesinin ardından elde edilen matris, Entropi yönteminde hesaplanan ağırlıklar ile Tablo 54 ve 55'teki normalize karar matrisi ile çarpılarak Tablo 61 ve 62'de görülen 2020 yılına ait ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 56'da ve 57'de normalize karar matrisi ile 2021 yılına ait elde edilen ağırlıklar çarpılarak Tablo 64 ve 65'te 2021 yılına ait ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiştir. Aynı şekilde 2022 yılına ait Tablo 58'de ve 59'da bulunan normalize karar matrisi ile ağırlıklar çarpılarak Tablo 67 ve 68'de 2022 yılına ait ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 60. 2020 yılı Entropi ağırlık değerleri

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,287857557	+
C2	0,217235394	+
C3	0,015817508	-
C4	0,005917976	-
C5	0,191304706	-
C6	0,027997441	-
C7	1,915513799	-
C8	0,196057811	-
C9	0,297326078	-
C10	20,84321337	-
C11	0,253869417	-

Ağırlıklar Entropi yöntemiyle elde edilmiştir.

Tablo 61. 2020 yılı ağırlıklı standart karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,016347272	0,287295758	0,001509724	0,000560876	0,002105399	+
C2	0,039787114	0,213205642	0,00369939	0,002859988	0,013614373	+
C3	0,005900207	0,01067499	0,003185947	0,100900221	0,066112234	-
C4	0,002543926	0,001980373	0,00280189	0,140148187	0,080112256	-
C5	0,025340109	0,188813519	0,003239798	0,010742899	0,020375921	-
C6	6,47775E-07	1,04107E-06	4,7195E-07	1,67093E-06	7,93693E-07	-
C7	4,03008E-06	3,8612E-05	1,5269E-07	3,133E-07	3,21655E-06	-
C8	5,73743E-07	4,10134E-06	5,13593E-08	1,39941E-07	4,56722E-07	-
C9	8,55988E-08	4,2568E-07	1,20301E-08	2,08867E-09	1,18358E-07	-
C10	2,79006E-05	0,000206677	1,50839E-06	2,34627E-06	2,67767E-05	-
C11	1,94795E-07	1,50515E-06	1,71198E-08	2,57602E-08	1,37156E-07	-

Tablo 62. 2020 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,006972871	0,001054337	0,002105399	0,006972871	0,000489231	+
C2	0,006944099	0,000655821	0,010274261	0,005240453	0,000435387	+
C3	0,107074712	0,085840486	0,003632807	0,005883657	0,003566605	-
C4	0,066020221	0,094204291	0,001647004	0,00135729	0,001980373	-
C5	0,010175326	0,001134123	0,013541453	0,00676233	0,00377562	-
C6	1,20446E-06	9,19013E-07	5,27474E-07	8,00464E-07	2,31811E-06	-
C7	1,46903E-06	6,266E-08	2,13766E-06	9,76289E-07	2,86872E-07	-
C8	2,85451E-07	2,85451E-07	3,03529E-07	1,89705E-07	7,35687E-08	-
C9	1,1975E-07	2,78489E-09	7,86583E-08	7,95837E-08	1,20301E-08	-
C10	1,97936E-05	8,28504E-07	1,77953E-05	1,31545E-05	3,93754E-06	-
C11	8,98127E-08	6,266E-09	9,11511E-08	5,96878E-08	3,1926E-08	-

Tablo 63. 2021 yılı Entropi ağırlık değerleri

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,281969182	+
C2	0,216815188	+
C3	0,017017934	-
C4	0,006544249	-
C5	0,193135891	-
C6	0,028381887	-
C7	1,946227883	-
C8	0,199555489	-
C9	0,297238187	-
C10	23,01774262	-
C11	0,256135668	-

Ağırlıklar Entropi yöntemiyle elde edilmiştir.

Tablo 64. 2021 yılı ağırlıklı standart karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,016452879	0,281359733	0,001509745	0,00054054	0,001991773	+
C2	0,03797293	0,213027729	0,005824613	0,002664043	0,014176107	+
C3	0,006310123	0,011576972	0,003365399	0,093260442	0,066355711	-
C4	0,002761286	0,002167461	0,002986091	0,146022232	0,075843838	-
C5	0,02541478	0,190555736	0,002940792	0,010447065	0,021229334	-
C6	6,55292E-07	1,0512E-06	4,59615E-07	1,48819E-06	7,77315E-07	-
C7	4,17294E-06	3,80616E-05	1,63823E-07	2,8568E-07	3,80685E-06	-
C8	5,80662E-07	4,25212E-06	4,86919E-08	1,36196E-07	4,66389E-07	-
C9	1,01934E-07	4,81003E-07	1,31969E-08	2,65749E-09	1,15601E-07	-
C10	2,91332E-05	0,000216397	1,51536E-06	2,29873E-06	2,79501E-05	-
C11	1,89307E-07	1,61684E-06	1,68374E-08	2,52461E-08	1,38854E-07	-

Tablo 65. 2021 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,006828883	0,000619894	0,001991773	0,006828883	0,004410328	+
C2	0,006992565	0,00064274	0,010900465	0,005376809	0,000483881	+
C3	0,109291759	0,081132403	0,004004824	0,006596181	0,003634631	-
C4	0,065426732	0,093388436	0,001760267	0,001518495	0,002167461	-
C5	0,01108179	0,00099975	0,014541115	0,007590516	0,003893545	-
C6	1,18258E-06	9,43408E-07	5,32425E-07	8,10014E-07	2,30262E-06	-
C7	1,48819E-06	5,97935E-08	2,60752E-06	1,01934E-06	3,09444E-07	-
C8	2,92988E-07	2,92988E-07	3,19455E-07	2,00683E-07	7,8271E-08	-
C9	1,26231E-07	2,65749E-09	7,91811E-08	8,64622E-08	1,31969E-08	-
C10	2,06155E-05	8,0389E-07	1,91445E-05	1,41206E-05	4,2685E-06	-
C11	8,96902E-08	6,64372E-09	9,51084E-08	6,14336E-08	3,45849E-08	-

Tablo 66. 2022 yılı Entropi ağırlık değerleri

Kriterler	Wj	+/-
C1	0,411832341	+
C2	0,266981049	+
C3	0,024732739	-
C4	0,007817131	-
C5	0,250504406	-
C6	0,038132334	-
C7	2,702610446	-
C8	0,262491081	-
C9	0,388803658	-
C10	29,93100851	-

Ağırlıklar Entropi yöntemiyle elde edilmiştir.

Tablo 67. 2022 yılı ağırlıklı standart karar matrisi

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A1	A2	A3	A4	A5	
C1	0,002603372	0,411653995	0,002231016	0,000780561	0,002975729	+
C2	0,045443237	0,262500137	0,006769582	0,003833197	0,019743106	+
C3	0,009059788	0,01713946	0,004561308	0,136420173	0,092062693	-
C4	0,003086239	0,002813005	0,003523413	0,210576105	0,104739677	-
C5	0,032963912	0,247157849	0,003814317	0,015258544	0,031006674	-
C6	7,66466E-07	1,31474E-06	5,59464E-07	2,07867E-06	1,07613E-06	-
C7	4,33585E-06	4,92105E-05	1,67839E-07	3,58709E-07	4,7092E-06	-
C8	6,87582E-07	5,33841E-06	5,81843E-08	1,76595E-07	6,53034E-07	-
C9	1,29236E-07	5,54429E-07	1,34271E-08	2,7593E-09	1,61879E-07	-
C10	3,5347E-05	0,000268442	1,83504E-06	3,19159E-06	3,8667E-05	-

Tablo 68. 2022 yılı ağırlıklı standart karar matrisi devamı

Kriterler	Ülkeler					+/-
	A6	A7	A8	A9	A10	
C1	0,010902673	0,000905936	0,002975729	0,010902673	0,002603372	+
C2	0,010442437	0,000908322	0,012798983	0,006769582	0,006769582	+
C3	0,158808146	0,119472268	0,005528858	0,00953728	0,005139325	-
C4	0,097336611	0,133803567	0,0019881	0,00184758	0,002813005	-
C5	0,016185597	0,001460193	0,018860365	0,00984518	0,005050072	-
C6	1,65558E-06	1,37045E-06	6,54573E-07	1,00704E-06	2,86446E-06	-
C7	1,71077E-06	7,35813E-08	2,86446E-06	1,0406E-06	4,08409E-07	-
C8	3,9274E-07	3,9274E-07	3,9722E-07	2,38891E-07	1,01263E-07	-
C9	1,63718E-07	2,7593E-09	9,84657E-08	9,95847E-08	1,34271E-08	-
C10	2,70871E-05	1,06693E-06	2,35199E-05	1,64762E-05	5,20302E-06	-

4.16.2.4. Pozitif İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözüm Değerleri

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin ardından 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait Tablo 69’da, 70’te ve 71’de görülen pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm setleri verilmiştir.

Tablo 69. 2020 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri

Kriterler	A+	A-
C1	0,287295758	0,000489231
C2	0,213205642	0,000435387
C3	0,003185947	0,107074712
C4	0,00135729	0,140148187
C5	0,001134123	0,188813519
C6	4,7195E-07	2,31811E-06
C7	6,266E-08	3,8612E-05
C8	5,13593E-08	4,10134E-06
C9	2,08867E-09	4,2568E-07
C10	8,28504E-07	0,000206677
C11	6,266E-09	1,50515E-06

Tablo 70. 2021 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri

Kriterler	A+	A-
C1	0,281359733	0,00054054
C2	0,213027729	0,000483881
C3	0,003365399	0,109291759
C4	0,001518495	0,146022232
C5	0,00099975	0,190555736
C6	4,59615E-07	2,30262E-06
C7	5,97935E-08	3,80616E-05
C8	4,86919E-08	4,25212E-06
C9	2,65749E-09	4,81003E-07
C10	8,0389E-07	0,000216397
C11	6,64372E-09	1,61684E-06

Tablo 71. 2022 yılına ait pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözüm değerleri

Kriterler	A+	A-
C1	0,411653995	0,000780561
C2	0,262500137	0,000908322
C3	0,004561308	0,158808146
C4	0,00184758	0,210576105
C5	0,001460193	0,247157849
C6	5,59464E-07	2,86446E-06
C7	7,35813E-08	4,92105E-05
C8	5,81843E-08	5,33841E-06
C9	2,7593E-09	5,54429E-07
C10	1,06693E-06	0,000268442

Her sütuna ait maksimum değer pozitif ideal çözüm değerinde (A+), her sütuna ait minimum değerler ise negatif ideal çözümde (A-) yer almaktadır.

4.16.2.5. Pozitif (S+) ve Negatif (S-) Ayrım Çözüm Değerlerinin Hesaplanması

Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplandıktan sonra pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri oluşturulur. 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait Pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri Tablo 72’de, 73 ve 74’te verilmektedir.

Tabloda yer alan pozitif ve negatif ayırım çözüm değerleri yöntem kısmında belirtilen formül (14) ve (15) ile elde edilmiştir.

Tablo 72. 2020 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri

Kriterler	S+	S-
C1	0,32261707	0,240197495
C2	0,187829902	0,394857464
C3	0,354362876	0,25319207
C4	0,394164317	0,178194264
C5	0,362908426	0,183928769
C6	0,369026638	0,193625916
C7	0,377576372	0,194385441
C8	0,35024122	0,246378883
C9	0,349097974	0,250420331
C10	0,357122775	0,253067853
C11	0,357783143	0,258374776

Tablo 73. 2021 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri

Kriterler	S+	S-
C1	0,3184747	0,245069618
C2	0,189734997	0,392780704
C3	0,348216985	0,258666982
C4	0,390082043	0,180834
C5	0,357056995	0,188757941
C6	0,364998604	0,196947902
C7	0,37203499	0,198733026
C8	0,345087995	0,250975398
C9	0,344296338	0,254887247
C10	0,349119934	0,258293279
C11	0,352928809	0,263778776

Tablo 74. 2022 yılına ait pozitif (S+) ve negatif (S-) ayırım ölçüleri

Kriterler	S+	S-
C1	0,21938084	0,336658606
C2	0,2460213	0,362857824
C3	0,255746881	0,354842689
C4	0,357845411	0,232995846
C5	0,279369374	0,250464338
C6	0,310902178	0,257414575
C7	0,314717634	0,260400983
C8	0,250308586	0,345347108
C9	0,255916364	0,349572662
C10	0,255758226	0,354161181

4.16.2.6. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması (Topsis Sonuçları)

Elde edilen ayırım ölçüleri kullanılarak ideal çözüme göreceli yakınlık değerlerinin hesaplanması yapılmaktadır. İdeal çözüme yakınlık hesaplaması formül (16) kullanılarak tespit edilmiş ve ele alınan OECD ülkelerinin küresel ayak izi bakımından sıralamaları Tablo 75’te, 76’da ve 77’de yapılmıştır.

Tablo 75. 2020 yılı verilerine göre Topsis sonuçları

Ülke	Alternatif No	Değer	Sıralama
Almanya	A1	0,426779102	2
ABD	A2	0,67764892	1
İsviçre	A3	0,416739377	4
Norveç	A4	0,311333262	10
Türkiye	A5	0,336350144	9
Polonya	A6	0,34413052	7
Slovenya	A7	0,339857377	8
Yunanistan	A8	0,412957729	6
Meksika	A9	0,41770256	3
Şili	A10	0,414735726	5

Topsis sonucu elde edilen 2020 verileri sonucunda küresel ayak izinde ABD’nin birinci derecede öneme sahip olduğu görülmüştür. İkinci sırada ise Almanya yer almaktadır. Üçüncü sırada Meksika, dördüncü sırada İsviçre, beşinci Şili, altıncı Yunanistan, yedinci Polonya, sekizinci Slovenya, dokuzuncu Türkiye ve onuncu sırada Norveç yer almaktadır.

Tablo 76. 2021 yılı verilerine göre Topsis sonuçları

Ülke	Alternatif No	Değer	Sıralama
Almanya	A1	0,434871953	2
ABD	A2	0,674283463	1
İsviçre	A3	0,426221479	3
Norveç	A4	0,316743595	10
Türkiye	A5	0,345827731	9
Polonya	A6	0,350474467	7
Slovenya	A7	0,348185287	8
Yunanistan	A8	0,421054876	6
Meksika	A9	0,425390904	4
Şili	A10	0,42523487	5

Topsis sonucu elde edilen 2021 verilerinde ise ABD birinci, Almanya ikinci, İsviçre üçüncü, Meksika dördüncü, Şili beşinci, Yunanistan altıncı, Polonya yedinci, Slovenya sekizinci, Türkiye dokuzuncu ve Norveç onuncu önem sırasına sahiptir.

Tablo 77. 2022 yılı verilerine göre Topsis sonuçları

Ülke	Alternatif No	Değer	Sıralama
Almanya	A1	0,605458135	1
ABD	A2	0,59594394	2
İsviçre	A3	0,581147642	3
Norveç	A4	0,394345932	10
Türkiye	A5	0,47272254	7
Polonya	A6	0,452942085	8
Slovenya	A7	0,452777871	9
Yunanistan	A8	0,57977639	5
Meksika	A9	0,577339385	6
Şili	A10	0,580668818	4

Topsis sonucuna, 2022 yılı petrol tüketimi verileri açıklanmadığı için dâhil edilmemiş olup ülkelerin önem sırası şu şekildedir: Almanya birinci, ABD ikinci, İsviçre üçüncü, Şili dördüncü, Yunanistan beşinci, Meksika altıncı, Türkiye yedinci, Polonya sekizinci, Slovenya dokuzuncu ve Norveç onuncu sırada yer almıştır.

5. BÖLÜM

BULGULAR

Yapılan analizler sonucunda 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait veriler ele alınmıştır. Ele alınan veriler Entropi yöntemi kullanılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından verilerin analizi Topsis yöntemiyle yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda üç yıla ait sonuçların yıllar bazında değişkenlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

2020 yılı verilerinin Topsis sıralamasına bakıldığında Amerika Birleşik Devletleri'nin küresel ayak izi sıralamasında birinci derece önemli olduğu görülmüştür. Ardından onu sırayla Almanya, Meksika, İsviçre, Şili, Yunanistan, Polonya, Slovenya, Türkiye ve Norveç gibi ülkelerin takip ettiği bulgusuna ulaşılmıştır.

2021 yılı verilerinden elde edilen Topsis sıralamasında ise tekrardan Amerika Birleşik Devletleri'nin birinci sırada olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. İkinci sıra ise tekrardan Almanya'nın olmuştur. Üçüncü sıraya ise İsviçre yükselmiştir. Meksika ise dördüncü sıraya gerilemiştir. Beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu sırada da bir değişiklik olmayıp sıralama aynı kaldığı görülmüştür.

2022 yılı verilerinden petrol tüketimi kriterindeki veriler açıklanmadığı için analize dahil edilmemiştir. Bunun neticesinde de sıralamalar oldukça fazla değişiklik göstermiştir. Birinci önem sırasına Almanya gelmiş olup ikinci sıraya ise Amerika Birleşik Devletleri gerilemiştir. Üçüncü sırayı ise İsviçre 2021 yılında da olduğu gibi önem sırasını korumuştur. Dördüncü sıraya ise Şili ilerlemiştir. Beşinci sıraya da bir önem sırası atlayarak Yunanistan gelmiştir. Meksika ise altıncı sıraya gerilemiştir. Türkiye iki sıra atlayarak yedinci sıraya kadar ulaşmıştır. Polonya ise sekizinci sıraya gerilemiştir. Slovenya da bir sıra gerileyerek dokuzuncu sırada kendine yer bulmuştur. Onuncu sıra ise hiç değişiklik göstermeyen Norveç'in olmuştur.

Yapılan çalışma neticesinde 2020 ve 2021 yılları arasında pek ciddi sıralama farkı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Petrol tüketimi ise ülkelerin enerji ve ulaşım gibi temel alanlarında kullanıldığından ve 2022 yılına ait petrol verilerinin açıklanmamasından dolayı 2022 yılı analizlerinde sıralamalarda oldukça fazla değişiklik yaşandığı saptanmıştır. 2022 yılında petrol tüketimi verilerinin olmamasından dolayı Amerika Birleşik Devletleri'nin ikinci sıraya gerilediği bulgusuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışma neticesinde ülkeler için her kriterin önemli olduğu ve bir kriterin dahi analize dâhil edilmediğinde analiz sonucunda farklılaşmalar yaşanılabileceği görülmüştür.



SONUÇ

Dünyada insanlık tarihinin başlangıcından itibaren doğadan faydalanma ve doğanın kaynaklarını kullanma gibi insanlık faaliyetleri yaşanmıştır. İnsanlık doğanın kaynaklarını kullanımı sonrası oluşan ize ayak izi adı verilir. Dünyada yaşayan bütün insanların toplam ayak izine de küresel ayak izi adı verilmektedir.

İnsanlık dünyanın doğal kaynaklarından olan ormanı ve ormansal ürünleri kullanmışlardır. Kullanılan orman ürünleri sonucu ayak izi ortaya çıkabilmektedir. Tarım alanlarının kullanımı ve zirai ilaç kullanımı sonucunda da ayak izi oluşumuna sebebiyet vermektedir. Otlakların kullanımı, su ürünlerinin kullanımı ve yaşam alanı oluşturmak için doğanın kullanımı gibi faaliyetler göstermesiyle beraber doğaya ayak izi bırakmıştır. İnsanlar enerji ihtiyaçlarını karşılamak için fosil yakıtların kullanımı sonrası karbon ayak izi oluşumuna neden olduğuna tez kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılmıştır.

Küresel ayak iziyle ilgili bir takım analizlerin yapılması ayak iziyle ilgili verilere ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Küresel ayak izinin doğaya olan etkileri ve azaltılması sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Küresel ayak izi hesaplarının yapılması sonucu gerekli önlemleri almak doğanın kendini yenilemesi için gerekli görülmektedir.

Doğada oluşan ayak izi miktarıyla ve sürdürülebilir bir gelecek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tosunoğlu 2014 yılında yapmış olduğu çalışmasında atmosferde biriken sera gazlarıyla ilgili önlemlerin alınması ve bu gazların yeterli seviyede kalma durumu sürdürülebilirliği etkileyebileceğini konu almıştır.

Sürdürülebilirlik doğanın insanları sunduğunu aşırı kullanmadan ve gelecek nesillerin ihtiyacını şimdiden tüketmemek anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir bir yaşam sürmek için doğal kaynakların aşırı kullanılmaması gerekli görülmektedir. Sürdürülebilirliği sağlamak için doğanın sunduğu fosil kaynakları kullanmak yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak doğa için olumlu bir etki yaratabilmektedir.

Türkiye’de oluşan ayak izi miktarında giderek artış görülmüştür. Türkiye oluşan ayak izi miktarında gerekli önlemleri alması halinde biyolojik kapasitenin zorlanmayacağı yapılan tez çalışması kapsamında öngörülmektedir.

Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlardan faydalanma oranını düşürerek yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmesi ortaya çıkan ayak izi miktarının

düşmesi için bir alternatif olarak görülebilmektedir. Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtları kullanmakla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarını da kullanan bir ülke konumundadır.

Türkiye'nin elektrik üretiminde kullanılan kaynaklardan biri kömürdür. Ancak Türkiye bulunduğu coğrafya itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından da zengin bir ülkedir. Üç tarafı denizle çevrili ve orta kuşakta yer alan bir ülke olduğundan güneş enerjisinden, rüzgâr enerjisinden, kırıklı yapıda bulunan jeotermal alanlarından ve hidrolik enerjisinden önemli ölçüde faydalanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ise sürdürülebilir bir dünya için önemli tedbirlerden biri olduğu görülmüştür.

WWF' nin 2012 yılı Türkiye raporuna göre Türkiye bulunduğu konum itibariyle kuzeyindeki ülkelerin ayak izi miktarından düşük fakat güneyinde bulunan ülkelerin ayak izi miktarına göre yüksek orana sahip ülkelerden biri olduğu görülmüştür.

Dinç 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada fosil yakıtlar bakımından zengin ve gelişmiş ülkelerin ayak izi miktarının biyolojik kapasitenin üzerinde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yapılan çalışma neticesinde ekolojik açık yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır. Dünyanın biyolojik kapasitesinin aşıldığı ve küresel ayak izi miktarının artış gösterdiği bilinmektedir.

Dünyada enerji üretmek için yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları kullanılmaktadır. Enerji elde etmek için kullanılan kaynaklara bakıldığında yenilenemeyen enerji kaynaklarından petrolün, kömürün ve doğalgazın kullanıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Kullanılan bu kaynaklar sonucunda karbondioksit miktarında artış görülüyor olup karbon ayak izi miktarının artmasına sebebiyet vermektedir. Ortaya çıkan bu sera gazı dünyanın gereğinden fazla ısınmasına neden olabilmektedir.

İnsanların kullandığı fosil yakıtlar sera gazlarının oluşmasına sebep olmasına ve bu gazların dünyayı çepeçevre sararak küresel ısınmaya neden olduğu bilinmektedir.

Kavaz ve Karagöl 2017 yılında yapmış oldukları çalışmada dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok faydalanılan kaynağın hidrolik enerji kaynağı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu yeşil enerji kaynağından faydalanma oranları arttıkça yeni istihdamların oluşması görülebilecektir. Dünyada kullanılan diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı arttıkça sürdürülebilirliğin sağlanması ve biyolojik açığın kapatılması öngörülmektedir.

Dünyada yaşanan gelişmelere bakıldığında her ülke bulunduğu konum itibarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak için yatırımlar yapmaktadır. Yapılan yatırımlar ülkelerin enerji ihtiyacını temiz enerjiden sağlamaları için bir olanak olarak görülmektedir.

WWF 2014 raporuna bakıldığında dünya ülkelerinde oluşan küresel ayak izi miktarlarının kıyaslandığı görülmüştür. Ekonomik düzeyi yüksek ve gelişmiş ülkelerde bu oranın fazla olduğu görülmektedir. Ekonomik açıdan gelişmemiş ve geri kalmış ülkelerde ise oluşan ayak izi miktarının düşük olduğu görülmüştür.

Yaşanılabilir bir dünya ve sürdürülebilir bir gelecek için biyolojik kapasitenin aşılması önemlidir. Küresel ayak izinin düşmesi için de gerekli tedbirlerin alınması sürdürülebilirlik için gerekli görülmektedir. Dünyanın ekolojik açığının azaltılması için insanların bilinçlendirilmesi ilk adımlardan biri olarak görülmektedir.

OECD ülkelerine ait ayak izi oluşumuna sebebiyet veren kriterler ele alınarak bu kriterlerin verilerine ulaşılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Entropi ile bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş olup Topsis yöntemiyle de analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) ve Almanya'nın ele alınan OECD ülkeleri arasında küresel ayak izi oluşumunda büyük önemleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ardından ise İsviçre'nin ve Meksika'nın yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonraki sıraları ise Şili ve Yunanistan takip etmektedir. Ardından Polonya ve Slovenya gelmektedir. Türkiye ve Norveç önem sırasında son sıralarda yer almaktadır.

Petrol tüketimi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan fosil yakıtlardan biridir. Küresel ayak izinin hızlıca değişim göstermesi beklenen bir netice değildir. Bu neticeden dolayı küresel ayak iziyle ilgili istikrarlı kararların verilmesi önemli görülebilmektedir. Verilen kararların uzun vadede küresel ayak izine etkisi olacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışma neticesinde de görüldüğü üzere 2022 yılına ait petrol verilerinin açıklanmaması nedeniyle analize dâhil edilmemiştir. Analize dâhil edilmemesi OECD ülkeleri arasında petrol tüketiminin küresel ayak izine olan etkisi saptanamamıştır. 2020 ve 2021 yıllarında önemli değişiklikler görülmediği, 2022 yılında ise petrol tüketimi verilerinin açıklanmış olmaması sebebiyle ilgili tablolarda farklılaşmalar ortaya çıktığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Aksoy, S. (2023). Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin belirlenmesi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Arı, F., ve Yılmaz, V. (2023). Türkiye’de ve Dünya’da enerji kaynaklarının genel görünümü ve alternatif enerji kaynaklarının önemi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (34), 496-519.
- Aşyemez, Ö. (2023). Türkiye’de vergi denetimi performansının Topsis yöntemiyle analizi: 2000-2021 dönemi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya.
- Atilgan, B., ve Azapagic, A. (2015). Life Cycle Environmental Impacts of Electricity From Fossil Fuels in Turkey. *Journal of Cleaner Production*.
- Baris, K., ve Kucukali, S. (2012). Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and the EU Perspective. *Energy Policy*, 42, 377-391.
- Bayramoğlu, S. (2024). Ekolojik ayak izi, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hatay.
- Bilgili, M.Y. (2017). Sürdürülebilir yükseköğretim kurumları: Karadeniz Teknik Üniversitesi örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Bostan, F. (2021). Türk bankacılık sektöründe katılım bankalarının finansal performans analizi: Entropi, Vikor ve Topsis yöntemleriyle bir uygulama. Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gümüşhane.
- BP Statistical Review of World Energy. 2015. British Petroleum (BP), London, UK.
- Bucak, Ç. ve Saygılı, F. (2022). Türkiye’de Ve G7 Ülkelerinde Dışa Açıklık Ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Veri Analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 346-365.
- Cangüven, M.Y. (2024). Ekolojik okuryazarlık, geri dönüşüm davranışı ve ekolojik ayak izi farkındalığı arasındaki ilişkinin incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Civelekoğlu, G. ve Bıyık, Y. (2018). Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. *Bilge Uluslararası Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 157-166. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.427359>
- Coşgun, G. (2023). Tekstil sektöründe karbon ayak izi hesaplaması ve analizi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Coşkun, I. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çetin, F. A. (2015). Ekolojik ayak izi eğitiminin 8. Sınıf öğrencilerinin sürdürülebilir yaşama yönelik tutum, farkındalık ve davranış düzeyine etkisi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çiğil, M. (2024). Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığında lojistik merkezler ve iltisak hatları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çoban, S. ve Küsmez, P. C. T. (2021). Birincil Enerji Tüketimi Ve Ekolojik Ayak İzine Etkileri: Avrupa Ülkelerinden Kanıtlar. *Proceedings E-Book*, 411.
- Çukur, E. (2024). Demir yolu yük taşımacılığının Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde incelenmesi: Türkiye firmaları analizi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dalbudak, E. ve Rençber, Ö. F. (2022). Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine literatür incelemesi. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-17.
- Demir, E. (2024). Sağlık sektöründe ilaç dağıtımı için kullanılacak olan dronelerin seçiminde ÇKKV yöntemlerinin uygulanması. KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Demirci, E. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarının konutlarda karbon ayak izinin azaltılmasındaki rolü. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Dilsiz, N. (2024). Bir porselen firmasında Pisagor bulanık AHP ve bulanık gri ilişkisel analiz yöntemleri ile iç lojistik yatırım projesi seçimi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Dinç, A. (2015). Bir sürdürülebilir kalkınma göstergesi olarak ekolojik ayak izi ve Türkiye. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Durkaya, F. (2022). Ekolojik ayak izi konusunda yapılan lisansüstü tezlerin analizi. *Fen Matematik Girişimcilik Ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(2), 166-184.

- Energy Institute. (2024). Dünya Enerji İstatistiksel İncelemesi. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.energyinst.org/statistical-review>.
- Eren, İ. (2012). Küresel iklimin korunması çalışmaları kapsamında Kyoto Protokolü ve yerel yönetimlerin rolü. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Erden Özsoy, C. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek Ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.
- Erdoğan Toksoy, M. (2012). Çok nitelikli karar verme yöntemleri ve VIKOR yöntemi ile bir uygulama. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Erkekoğlu, H. ve Arıç, K. H. (2023). Gelişmekte Olan Ülkelerde Ekonomik Görünüm.
- Ertekin, P. (2012). İlköğretim eğitimi anabilim dalı (fen bilgisi öğretmenliği) sürdürülebilir kaynak kullanımına yönelik çevre eğitimi uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin karbon ayak izi konusunda bilinçlenmeleri üzerine etkisi. Sıtkı Koçman Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Ertoş, Y. E. (2022). Sürdürülebilir küresel refah için ekolojik ayak izi analizi. İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Geçer, N. (2023). Entropi tabanlı Topsis ve Aras yöntemleri ile 2021 yılı ISO 500 şirketlerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi. KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M. ve Peterson, K., 2002. Greenhouse Gases And Global Warming Potential Values, Exerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions And Sinks: 1990-2000, pages: 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Global Footprint Network, (t.y.a). Ecological Footprint. Erişim: 22.03.2025.
https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.126881989.991414474.1581013564-1420927460.1581013564#/compareCountries?type=EFCpc&cn=231,79,211,40,84,138,223,173,198,162,44,48,5001&yr=2020.
- Global Footprint Network, (t.y.b). Ecological Footprint. Erişim: 22.03.2025.
https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.126881989.991414474.1581013564-1420927460.1581013564#/compareCountries?type=EFCpc&cn=231,79,211,40,84,138,223,173,198,162,44,48,5001&yr=2021.

- Global Footprint Network, (t.y.c). Ecological Footprint. Erişim: 22.03.2025.
https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.126881989.991414474.1581013564-1420927460.1581013564#/compareCountries?type=EFCpc&cn=231,79,211,40,84,138,223,173,198,162,44,48,5001&yr=2022.
- Gojayeve, Z., Sarmidi, T., Salleh, N. M., ve Jafari, Y. (2012). Economic Development, CO2 Emissions And Fossil Fuel Consumption in Turkey: An Ardl Bounds Testing Approach. *Journal of Academic Research in Economics*, 4(3), 257-270.
- Gürsoy, F. B. (2023). Erciyes Üniversitesi kampüsünde karbon ayak izinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Güven, M. (2023). Türkiye’de çevresel inovasyonun karbon ayak izi üzerine etkisi (The impact of environmental innovation on carbon footprint in Turkey). Available at SSRN 4362196.
- Hüdavendigar, M. N. (2024). Sosyal bilgiler öğretmen adayları tarafından tasarlanan değerler eğitimi temelli ekolojik ayak izi etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin çevresel farkındalıklarına etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- IPCC, 2022, Intergovernmental Panel on Climate Change. Erişim: 11.05.2024.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- İslamoğlu, K. (2024). Yüksek konut binalarında yapım sistemleri seçimi için Topsis tabanlı karar destek modeli. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Karagöl, E. T., Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Seta Analiz. Sayı: 197. İstanbul: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş.
- Karakaya, H. (2022). Mersin Üniversitesi Çiftlikköy kampüsü kurumsal karbon ayak izi hesaplaması ve değerlendirilmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Karakoç, A. (2022). Yerel yönetimler için karbon ayak izinin hesaplanması; Kahramankazan örneği. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karaman, R. (2024). Tüketim bencilliğinin ekolojik ayak izi farkındalığına ve tüketici tercihlerine etkisi: Yeşil restoranlar örneği. Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

- Kapçak, S. (2024). Döngüsel Ekonomi Bileşenlerinin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi. *Uluslararası Ekonomi İşletme Ve Politika Dergisi*, 8(1), 124-138. <https://doi.org/10.29216/ueip.1425770>.
- Kaypak, Ş. (2013). Ekolojik ayak izinden çevre barışına bakmak. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 154-159.
- Keleş, Ö. (2007). Sürdürülebilir yaşama yönelik çevre eğitimi aracı olarak ekolojik ayak izinin uygulanması ve değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keleş, Ö. (2011). Öğrenme Halkası Modelinin Öğrencilerin Ekolojik Ayak İzlerini Azaltmasına Etkisi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(3), 1143 - 1160.
- Keleş, Y. Ö. (2010). *Sürdürülebilir Yaşam Göstergesi: Ekolojik Ayak İzi*. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği.
- Kılınç, E. C. (2021). Ekolojik ayak izi-enerji ar-ge harcamaları ilişkisi: OECD ülkeleri örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 527-541.
- Kılınç, E. C. (2023). Yenilenebilir enerji ve fosil yakıt tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi: *Türkiye örneği*. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 731-749.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., ve Wackernagel, M. (2007). Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment and Sustainable Society*, 4(1), 1-9.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis Ve Makina*, 59(692), 86-114.
- Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makina*, 56 (668), 36-47.
- Koçak, E. ve Sarıöz Gökten, Y. (2022). Kapitalizmde İktisadi Küçülme Mümkün Mü? Malzeme Ayak İzi Ve CO2 İçin Panel Veri Analizi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 20-36.
- Kurt, P. (2020). Ortaokul 7. Ve 8. Sınıf düzeyinde ekolojik ayak izi ve karbon ayak izi konularına ilişkin durum tespiti: Bayramiç İlçesi örneği. Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

- Kurtuldu, A. (2019). Ekoloji temelli eğitimlerin ortaokul öğrencilerinin ekolojik ayak izi farkındalığına etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Lezki, S. (2019). Vikor. Durucasu, H. (Ed.), İşletmelerde karar verme teknikleri 139. Anadolu Üniversitesi Yayınları Yayın No :3355.
- Meral, İ. G. (2020). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması: İnsani gelişmişlik endeksi bileşenlerine göre G-20 ülkeleri üzerine bir inceleme. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Ankara.
- OECD. (2024a). Air and GHG emissions. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/air-and-ghg-emissions.html?oecdcontrol-00b22b2429-var3=2021>.
- OECD. (2024b). Air and GHG emissions. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/air-and-ghg-emissions.html?oecdcontrol-00b22b2429-var3=2022>.
- OECD. (2024c). Air and GHG emissions. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/air-and-ghg-emissions.html?oecdcontrol-00b22b2429-var3=2020>.
- OECD. (2024ç). Crop production. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/crop-production.html?oecdcontrol-106b3c3fe2-var3=2020>.
- OECD. (2024d). Crop production. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/crop-production.html?oecdcontrol-106b3c3fe2-var3=2021>.
- OECD. (2024e). Crop production. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/crop-production.html?oecdcontrol-106b3c3fe2-var3=2022>.
- OECD. (2024f). Electricity generation. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/electricity-generation.html?oecdcontrol-df9123c98c-var3=2020>.
- OECD. (2024g). Electricity generation. Erişim: 11.10.2024. <https://www.oecd.org/en/data/indicators/electricity-generation.html?oecdcontrol-df9123c98c-var3=2021>.

- OECD. (2024ğ). Freight transport. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/freight-transport.html?oe.cdcontrol-00b22b2429-var3=2020&oe.cdcontrol-a570c9a2aa-var6=RAIL>.
- OECD. (2024h). Freight transport. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/freight-transport.html?oe.cdcontrol-00b22b2429-var3=2021&oe.cdcontrol-a570c9a2aa-var6=RAIL>.
- OECD. (2024ı). Freight transport. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/freight-transport.html?oe.cdcontrol-00b22b2429-var3=2022&oe.cdcontrol-a570c9a2aa-var6=RAIL>.
- OECD. (2024i). Gross domestic spending on R&D. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/gross-domestic-spending-on-r-d.html?oe.cdcontrol-8027380c62-var3=2020&oe.cdcontrol-e3f433c5d8-var8=USD_PPP.
- OECD. (2024j). Gross domestic spending on R&D. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/gross-domestic-spending-on-r-d.html?oe.cdcontrol-8027380c62-var3=2021&oe.cdcontrol-e3f433c5d8-var8=USD_PPP.
- OECD. (2024k). Gross domestic spending on R&D. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/gross-domestic-spending-on-r-d.html?oe.cdcontrol-8027380c62-var3=2022&oe.cdcontrol-e3f433c5d8-var8=USD_PPP.
- OECD. (2024l). Material consumption. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/material-consumption.html?oe.cdcontrol-9202e3bf52-var3=2020>.
- OECD. (2024m). Material consumption. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/material-consumption.html?oe.cdcontrol-9202e3bf52-var3=2021>.
- OECD. (2024n). Material consumption. Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/material-consumption.html?oe.cdcontrol-9202e3bf52-var3=2022>.

- OECD. (2024o). Municipal waste. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/municipal-waste.html?oecdcontrol-64ef207fe7-var8=KG_PS&oecdcontrol-b84ba0ecd2-var3=2022.
- OECD. (2024ö). Municipal waste. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/municipal-waste.html?oecdcontrol-64ef207fe7-var8=KG_PS&oecdcontrol-b84ba0ecd2-var3=2020.
- OECD. (2024p). Municipal waste. Erişim: 11.10.2024.
https://www.oecd.org/en/data/indicators/municipal-waste.html?oecdcontrol-64ef207fe7-var8=KG_PS&oecdcontrol-b84ba0ecd2-var3=2021.
- OECD. (2024r). Nominal gross domestic product (GDP). Erişim: 11.10.2024.
<https://www.oecd.org/en/data/indicators/nominal-gross-domestic-product-gdp.html?oecdcontrol-d7f68dbeee-var3=2023>.
- Okanlı, G. ve Demir, O. (2024). Karbon ayak izi, türleri, oluşum sebepleri ve azaltma stratejileri. *Toprak Altı Hazinesi*, 1, 47-65.
- Öncül, E. (2023). Çok değişkenli yöntemlerde Entropi kullanımı: Mutluluk endeksi üzerine bir uygulama. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özden, Ü. H. (2015). Çok kriterli karar verme yöntemleri. İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Özer, S. (2007). Sürdürülebilir kalkınma sürecinde çevre yönetim sistemleri uygulamaları. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Özgen, N., ve Kahyaoğlu, M. (Ed.). (2019). Sürdürülebilir Kalkınma, Pegem Akademi, Ankara.
- Özsoy, C. (2011). Yeşil Ekonominin Dinamikleri: Yeşil İşler ve Beceriler. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*. 48(562), 19-32.
- Paksoy, S. (2017). Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar. Adana: Karahan Kitabevi.
- Rüstemoğlu, H. (2023). BRIC ülkeleri ve Türkiye’de 1992-2018 dönemi için ekolojik ayak izi dinamikleri: ekolojik denge ve ayrıştırma faktörü analizleri. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 23(1), 137-151.
- Samancı, T. H. (2023). Bıst kurumsal yönetim endeksi işletmelerinin finansal performanslarının çok kriterli karar verme teknikleri ile ölçülmesi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

- Strange, T. ve Bayley, A. (2008). Sustainable Development: Linking Economy, Society, Environment. France: OECD Publishing.
- Tanrıverdi, B. (2009). Sürdürülebilir çevre eğitimi açısından ilköğretim programlarının değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 34(151).
- Taşkın, Ö., Somuncu, M., ve Çapar, G. (2022). İklim Değişikliğinin Türkiye’de Su Kaynakları ve Tarım Sektörüne Etkileri Üzerine Bir Değerlendirme.
- The World Bank, Karbondioksit Emisyonu Yüksek Ülkeler. Erişim: 01.05.2024. https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?end=2020&most_recent_value_desc=true&start=2020&view=map&year=2020.
- Tosun, G. (2023). Enerji tüketiminin karbon ayak izindeki yeri: Giresun Üniversitesi örnek çalışması. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Tosunoğlu, B. (2014). Sürdürülebilir Küresel Refah Göstergesi Olarak Ekolojik Ayak İzi. *Hak İş Uluslararası Emek Ve Toplum Dergisi*, 3(5), 132-149.
- Turan, E. S. (2017). Türkiye'nin su ayak izi değerlendirmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(EK-1), 55-62.
- Turgut, A. ve Budak, T. (2022). Lojistik ve Taşımacılığın Karbon Ayak İzi: Sistemik Bir Literatür İncelemesi. *Kent Akademisi*, 15(2), 916-930. <https://doi.org/10.35674/kent.1071319>.
- Urgenışbay, A. (2024). Petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: G-7 ülkeleri üzerine bir analiz / The relationship between oil consumption and economic growth: An analysis on G-7 countries. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Ünaldı, G. (2016). Yeşil Pazarlamada karbon ayak izi kavramının değerlendirilmesi: Çorum ili’nin dünya üzerindeki karbon ayak izinin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması. Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.
- World Wide Fund for Nature Türkiye, (2012). Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu 2012-. WWF International, Switzerland.
- World Wide Fund for Nature Türkiye, (2010). Yaşayan Gezegen Raporu 2010-Biyolojik çeşitlilik, biyolojik kapasite ve kalkınma. WWF International, Switzerland.
- WWF, (2014). Living Planet Report 2014: Species and Spaces, People and Places. GFN, WFN and ZSL.

- Yeni, O. (2014). Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma: bir yazın taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 181-208.
- Yıldız, E. (2014). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yorgun, İ. (2022). Ekolojik ayak izi etkinliklerinin sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarına ve çevresel davranışlarına etkisi. Ege Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.



EKLER

EK 1. ORJİNALLİK RAPORU

 ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA
Tarih: 25/03/2025
Tez Başlığı: Küresel Ayak İzi; Seçilmiş Oecd Ülkelerinin Küresel Ayak İzlerinin Topsis Yöntemiyle Karşılaştırılması Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 106 sayfalık kısmına ilişkin, 25/02/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15 'tir. Uygulanan filtrelemeler: 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç 2- ☒ Kaynakça hariç 3- ☒ Alıntılar hariç/dâhil 4- ☒ 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim.
25.03.2025
Adı Soyadı: Mustafa MİSİR Öğrenci No: 22408400005 Anabilim Dalı: Çevre Sağlığı Programı: Çevre Sağlığı Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora
<u>DANIŞMAN ONAYI</u> UYGUNDUR. Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA

EK 2. ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

 ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU
ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA
Tarih: 25/03/2025
Tez Başlığı: Küresel Ayak İzi; Seçilmiş OECD Ülkelerinin Küresel Ayak İzlerinin Topsis Yöntemiyle Karşılaştırılması Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam: 1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır, 2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir. 3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir. 4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir. Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim.
25.03.2025
Adı Soyadı: Mustafa MİSİR Öğrenci No: 22408400005 Anabilim Dalı: Çevre Sağlığı Programı: Çevre Sağlığı Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora
<u>DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI</u> Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA Detaylı Bilgi: https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003 Telefon: 0-4782117522 Faks: 0-4782117523 E-posta: sbe@ardahan.edu.tr

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mustafa MİSİR

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Giresun Üniversitesi-Eğitim Fakültesi-Sınıf Öğr.

Yüksek Lisans Öğrenimi : Ardahan Üniversitesi-Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : Gölbelen İlkokulu (MEB)

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih

Jüri Tarihi : 18.03.2025