



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇİMENTO SEKTÖRÜNE ÖZGÜ KURUMSAL KARBON VE SU
AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Hasan KOÇYİĞİT**

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212301417 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK tarafından hazırlanan “ÇİMENTO SEKTÖRÜNE ÖZGÜ KURUMSAL KARBON VE SU AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hasan KOÇYİĞİT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Beril SALMAN AKIN

Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Gülden GÖK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 25.06.2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı destekleyen, hazırlanmasında yardımlarını, fikirlerini ve sabrını esirgemeyen değerli yol göstericim Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hasan KOÇYİĞİT ve Doç. Dr. Gülden GÖK'e içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

AKSARAY, 2024



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 İklim Değişikliğinin Ana Yönlendiricileri	4
2.2 Sera Gazları	4
3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SU	8
4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI	11
4.1 Uluslararası İklim Değişikliği Politikaları	11
4.1.1 Stockholm- BM insan çevresi konferansı.....	12
4.1.2 IUCN: Dünya koruma stratejisi (1980)	12
4.1.3 Dünya çevre ve kalkınma komisyonu: Brundtland raporu-ortak geleceğimiz.....	13
4.1.4 Birleşmiş milletler insani geliştirme raporu	13
4.1.5 Rio birleşmiş milletler konferansı (UNCED)	14
4.1.6 Kyoto protokolü	14
4.1.7 New York BM bin yıl zirvesi: bin yıl kalkınma hedefleri.....	16
4.1.8 Johannesburg BM sürdürülebilir kalkınma Dünya zirvesi	16
4.1.9 Rio +20 BM sürdürülebilir kalkınma zirvesi.....	17
4.1.10 BM sürdürülebilir kalkınma hedefleri (2030'a kadar).....	17
4.1.11 Paris iklim antlaşması	18
4.1.12 Avrupa yeşil mutabakatı (EU Green Deal).....	19
4.1.12.1 Sınırdaki karbon düzenleme mekanizması	21
4.2 Türkiye'nin (Ulusal) iklim değişikliği politikaları	22
5. KARBON AYAK İZİ (SERA GAZI EMİSYONU) VE SU AYAK İZİ KAVRAMLARI VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	24
5.1 Karbon Ayak İzi, Hesaplama Yöntemi ve Standartları	24
5.1.1 Karbon ayak izi.....	24
5.1.2 Hesaplama yöntemi-IPCC metodolojisi	25
5.2 Su Ayak İzi, Hesaplama Yöntemi ve Standartları.....	26
5.2.1 Su ayak izi.....	26
5.2.2 Hesaplama yöntemi-IPCC metodolojisi	27
5.2.3 Su ayak izi standartları.....	27
6. ÇİMENTO SEKTÖRÜNE ÖZGÜ KURUMSLA KARBON AYAK İZİ VE SU AYAK İZİ ÇALIŞMA ÖRNEĞİ	29
6.1 Çalışma Alanı	29
6.1.1 Çimento üretimi prosesi.....	29
6.1.2 Hammadde hazırlama	30
6.1.3 Klinker hazırlama	32
6.1.4 Çimento üretimi	33
6.2 Hesaplama Süreçleri.....	34
6.2.1 Metodoloji.....	34
6.2.2 Kurumsal karbon ayak izi hesaplama kategorileri.....	34
6.2.3 Kategori 1 doğrudan emisyonlar	35

6.2.3.1 Kategori 1.1 sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar.....	36
6.2.3.2 Kategori 1.2 hareketli yakma sonucu toplam sera gazı emisyonu...	39
6.2.3.3 Kategori 1.3 proses kaynaklı toplam sera gazı emisyonu.....	41
6.2.3.4 Kategori 1.4 kaçak emisyon sonucu toplam sera gazı emisyonu.....	41
6.2.4 Kategori 2 enerji dolaylı emisyonlar	42
6.2.5 Kategori 3 ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları.....	43
6.2.5.1 Kategori 3.1: Kuruluş tarafından ödenen navlun hizmetlerinden kaynaklanan emisyonlar olan, malların yukarı yönde taşınması ve dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.....	44
6.2.5.2 Kategori 3.2: Mal (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.....	47
6.2.5.3 Kategori 3.3: Çalışanların servis hizmetleri ile ilgili ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları	51
6.2.5.4 Kategori 3.4: Müşteri ve ziyaretçi seyahatleri ile ilgili ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları	52
6.2.5.5 Kategori 3.5: İş seyahatleri nedeni ile yakma faaliyetlerinden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları	52
6.2.6 Kategori 4: Kuruluş tarafından kullanılan ürünler kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	54
6.2.6.1 Kategori 4.1: Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar	55
6.2.6.2 Kategori 4.2: Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır ve taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar	55
6.2.6.3 Kategori 4.3: Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar...	56
6.2.6.4 Kategori 4.4: Kiralanan ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar	57
6.2.6.5 Kategori 4.5: Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar.....	57
6.2.7 Kategori 5: Ürünlerin üretim sonrası kullanımı kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	57
6.2.7.1 Kategori 5.1: Ürünün kullanımı kaynaklı emisyonlar ve uzaklaştırmalar	58
6.2.7.2 Kategori 5.2: Kiraya verilen ekipmanların (kuruluşa ait) kullanımı kaynaklı emisyonlar kaynaklı emisyonlar	58
6.2.7.3 Kategori 5.3: Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.)	58
6.2.7.4 Kategori 5.4: Yatırımlar kaynaklı emisyonlar	59
6.2.8 Su ayak izi hesaplama kategorileri	59
6.3 Bulgular	60
6.4 Sektörel Çalışmalar	64
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ.....	74

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİMENTO SEKTÖRÜNE ÖZGÜ KURUMSAL KARBON VE SU AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ

Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hasan KOÇYİĞİT

ÖZET

Bu çalışmada, sektörel olarak yapılacak olan çimento üretiminin sebep olduğu sera gazı emisyon salımlarına istinaden kurumsal karbon ve su ayak izi hesaplamaları yapılarak birim üretim başına düşen miktarlar incelenmiştir. Sektörel olarak ele alınan Çimento üretim CO₂ salımının yaklaşık %90'ı üretim süreci boyunca ara mamul olan klinker üretim süreci kapsamında kalsinasyon ve fosil yakıt kullanımı kaynaklı oluşmaktadır. Bu durum ise iklim değişikliği sürecinde emisyonu sebep olan sektörel olarak kilit noktalardan biridir.

İklim değişiklikleri sera gazı etkisine neden olduğu için; Dünyamız üzerindeki etkileri ölçmek için karbon ve su ayak izi izlenmesi ve değerlendirilmesi günümüzde en önemli başlıca konulardan biridir. Üretim süreci ve sonrası sera gazlarının belirlenmesi ve nasıl azaltılabileceğine yönelik çalışmalar, sınırlı olan doğal kaynaklarımızdan suyun kullanımının izlenmesi ve korunması, su tüketiminin azaltılması ile geri dönüşümü ve yeniden kullanımı dünyamızın geleceğinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışma, sera gazı emisyonları, kurumsal karbon ayak izi ve hesaplama yöntemleri hakkında genel bilgi sunmaktadır. Ayrıca, kurumsal düzeyde çimento sektörüne özgü karbon ayak izi hesaplayıcılarının kullanabileceği bir rehber ve hesaplama sonuçlarının nasıl değerlendirileceğine dair bir örnek çalışmayı da içermektedir. Şirketler, kurumsal karbon yönetimini kendi yapılarına entegre etmelidir. Bu konuda yapılacak çalışmalar, gelecekte bir engel olarak görülen sorunları aşarak şirketlerin ilerlemesine katkı sağlayacaktır. Çimento üretiminde fosil yakıt olarak petrokok, linyit gibi geleneksel kömür ve türevlerinin kullanılması iklim krizine sebep olarak sera gazı salınımı önemli derecede etkiler. Bu çalışmada iklim krizinin yönetiminde çimento sektöründe yaygın ve büyük miktarlarda kullanılan fosil yakıtların yerine alternatif yakıt ve alternatif hammaddeler kullanılmalıdır. Ayrıca, biyokütle içeriği yüksek olan alternatif yakıt olarak kullanıma uygun atıklar yerine günümüzde hala geleneksel kömür ve türevleri kullanımı önemli oranda CO₂ salımına sebep olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Kurumsal Karbon Ayak İzi, Sera Gazları, Su Ayak İzi

Haziran, 2024; 74 sayfa

M. Sc. THESIS

CORPORATE CARBON AND WATER FOOTPRINT ASSESSMENT SPECIFIC TO THE CEMENT INDUSTRY

Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Hasan KOÇYİĞİT

ABSTRACT

In this study, corporate carbon and water footprint calculations were made based on the greenhouse gas emissions caused by sectoral cement production and the amounts per unit production were examined. Approximately 90% of the Cement production CO₂ emissions, which are considered sectorally, originate from calcination and fossil fuel use within the clinker production process, which is an intermediate product throughout the production process. This situation is one of the key points in the sector that causes emissions during the climate change process.

Since climate changes cause greenhouse gas effects; Monitoring and evaluating carbon and water footprints to measure the impact on our world is one of the most important issues today. Determining greenhouse gases during and after the production process and how to reduce them, monitoring and protecting the use of water from our limited natural resources, reducing water consumption, recycling and reusing play an important role in the future of our world.

This study provides general information about greenhouse gas emissions, corporate carbon footprint and calculation methods. It also includes a guide that corporate-level cement industry-specific carbon footprint calculators can use and a case study on how to evaluate the calculation results. Companies should integrate corporate carbon management into their structures. Studies on this subject will contribute to the progress of companies by overcoming problems that are seen as obstacles in the future. The use of traditional coal and its derivatives such as petcoke and lignite as fossil fuels in cement production significantly affects greenhouse gas emissions, causing the climate crisis. In this study, alternative fuels and alternative raw materials should be used instead of fossil fuels, which are widely used and in large quantities in the cement industry, in the management of the climate crisis. In addition, the use of traditional coal and its derivatives instead of wastes suitable for use as alternative fuels with high biomass content still causes significant CO₂ emissions.

Keywords: Climate Change, Corporate Carbon Footprint, Greenhouse Gases, Water Footprint

June, 2024; 74 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İklim değişikliği ana yönlendiricilerinin gösterimi.	4
Şekil 2.2. Sera etkisi ve sera gazı kaynakları.....	5
Şekil 2.3. Ana sera gazlarının emisyon eğilimi, 1990-2021	6
Şekil 2.4. Türlerine göre sera gazı emisyonları	6
Şekil 3.1. Türkiye'nin su stresi haritası	10
Şekil 4.1. Uluslararası politikaların günümüze kadar tarihsel süreçleri.	12
Şekil 5.1. Karbon ayak izi kapsamaları	24
Şekil 5.2. Su ayak izi bileşenlerinin şematik gösterimi	27
Şekil 6.1. Çimento üretimi iş akış şeması.	30
Şekil 6.2. Hammadde hazırlama.	31
Şekil 6.3. Klinker üretimi.	32
Şekil 6.4. Hesaplama süreçleri.....	34
Şekil 6.5. 2022 yılı kategoriye göre sera gazı emisyonu dağılımı.	62
Şekil 6.6. Doğrudan emisyonların faaliyetlere göre dağılımı.	62
Şekil 6.7. Doğrudan ve enerji dolaylı emisyonların dağılımı.	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Kyoto Protokolü'nde Sera gazı sınırlaması yapılması gereken sektörler.	15
Çizelge 4.2. Sera gazları küresel ısıtım potansiyelleri ve ömürleri.	16
Çizelge 6.1. Doğrudan emisyonlar.	36
Çizelge 6.2. Sabit yakma kaynaklı kaynak akışlarının NKD ve EF değerleri.	37
Çizelge 6.3. Sabit yakma kaynaklı emisyonlar.	38
Çizelge 6.4. Motorin yoğunluk değeri.	39
Çizelge 6.5. Alt ısı değer ve emisyon faktörleri.	39
Çizelge 6.6. Hareketli yanma kaynaklı emisyonlar.	40
Çizelge 6.7. Proses kaynaklı emisyonlar.	41
Çizelge 6.8. Kaçak emisyonlar.	41
Çizelge 6.9. Enerji dolaylı emisyonlar.	43
Çizelge 6.10. Ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları.	43
Çizelge 6.11. Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	45
Çizelge 6.12. Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	48
Çizelge 6.13. Personelin ulaşımından kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları.	51
Çizelge 6.14. İş seyahatleri kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları.	53
Çizelge 6.15. Kategori 4 Emisyonlar.	54
Çizelge 6.16. Kategori 4.1-Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan.	55
Çizelge 6.17. Kategori 4.3-Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar.	56
Çizelge 6.18. Ürünlerin üretim sonrası kullanımı kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları.	58
Çizelge 6.19. Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.).	59
Çizelge 6.20. Sera gazı emisyonları sonucu.	61
Çizelge 6.21. Çimento Sektörüne özgü 5 ayrı doğrudan emisyonların dağılımı.	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CDM	Clean Development Mechanism-Temiz Kalkınma Mekanizması
CH₄	Metan
CO₂	Karbondioksit
COP	Conference Of the Parties -Taraflar Konferansı
EF	Emisyon Faktörü
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
GHG	Greenhouse gas-Sera gazı
GJ	Gigajoule
GWP	Global Warming Potential -Küresel Isınma Potansiyeli
HFCs	Hidroflorokarbonlar
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
	Katkılar
Kg	Kilogram
Km	Kilometre
Kwh	Kilowatt-saat
MRV	Monitoring, Reporting, Verification
N₂O	Nitrözoksit
NDC	Nationally Determined Contributions (Ulusal Olarak Belirlenmiş)
NKD	Net Kalorifik Değer
PFCs	Perflorokarbonlar
SF₆	Sülfür Hekzaflorür
SKDM	Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması
tCO₂e	Ton Karbondioksit Eş Değeri
TJ	Terajoule
UNDP	The United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)
UNEP	The United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
UNESCO	Conference Of the Parties (Taraflar Konferansı)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WRI	World Resources Institute (Dünya Araştırma Enstitüsü)

1. GİRİŞ

1900'lü yılların ortalarında başlayan endüstrileşme ve buna bağlı olarak sanayinin geliştirilmesi, küresel çapta iklim değişikliğine yol açan sera gazlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. İnsanların yaşam aktiviteleri, doğal karbon döngüsü yerine küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Küresel ısınma, doğa ve antropojenik faaliyetler nedeniyle oluşan sera gazlarının (CO₂, CH₄, N₂O, H₂O, PFC, HFC, O₃ vb.) atmosferin alt kademelerinde biriktirilerek atmosferin ısınmasına neden olan bir süreçtir. Yapılan birçok araştırma, nüfus artışı, enerji kullanımı, sanayileşme, toprak kullanımı, uluslararası veya yerel ticaret faaliyetleri, ulaşım ve trafik gibi insan aktivitelerinin sera gazı salınımında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Atmosfer sıcaklığının yükselmesi, çevre ve insan hayatını etkileyen iklim değişimini tetiklemektedir. Bu değişim, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, ani yağışlar ve ciddi kuraklıklar gibi çevresel felaketlere neden olmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023'te, ulusal stratejik hedefler arasında yer alan enerji konusuna özellikle vurgu yapılmış olup, yoğun sanayi tesislerinde enerji verimliliği sağlanması ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için projelere mali destek sağlanması teşvik edilmektedir. İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030) da belirtilerek bu süreçte alınması gereken aksiyonlar belirtilmiştir. Sektörlere göre sera gazı emisyonlarının incelenmesi sonucunda, enerji kaynaklı emisyonların en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir.

Son iki yüzyılda endüstrileşmenin etkisiyle refah seviyesinde hızlı bir artış yaşanmış ve bu durum nüfus, üretim ve tüketimde hızlı bir büyümeye neden olmuştur. Bu durum ise toplam su tüketimini önemli ölçüde artmasına yol açmıştır. Öte yandan, suların kirlenmesi sonucunda doğrudan kullanılabilir su miktarı azalmaya başlamıştır. Ayrıca, küresel iklim değişikliği nedeniyle taşkın ve kuraklık riski gün geçtikçe artmaktadır.

İklim değişikliğinin potansiyel etkileri, insanlar arasında her gün biraz daha anlaşılır hale gelmekte ve gelecek endişelerini artırmaktadır. Bu farkındalık ve endişeler, insanları çevre dostu ürünlere yönlendirmektedir. Bu durum, şirketler arasında önemli bir rekabet ortamı yaratmaktadır. Özellikle kaçak emisyonu sebep olan endüstriyel sanayi sektörlerinden çimento üretim sürecinde fosil yakıtların kullanılması, su

tüketimin artması süreçlerine önlem olarak alternatif düşük karbonlu hammadde arayışlarının artmasında önemli rol oynamaktadır. Dünyadaki ticarete paralel olarak farklı bölgelere ürünlerini ihraç eden sektörlerde, özellikle Avrupa pazarında ürünlerin diğer rakiplerle rekabet edebilmesi için karbon ve su ayak izinin belirlenmesi ve azaltılması önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Ülkemizdeki şirketlerin ulusal mevzuat kapsamında sera gazı emisyonlarını hesaplamaları ve raporlamaları zorunlu hale getirildiğinden, bundan sonraki adımın karbon ayak izlerinin hesaplanması ve azaltılmasına yönelik aksiyon almasına yönelik olacaktır. Özellikle Avrupa'ya ihracat sürecinde de belirli sektörlerde vergilendirme hususunda zorunluluklar başlayacaktır. Karbon ayak izinin hesaplanması ve azaltma çalışmaları sadece rekabeti artırmakla kalmayacak; emisyon azaltma çalışmalarının bir sonucu olarak, enerjinin daha verimli kullanılmasına odaklanılmasına, doğal kaynakların kullanımını azaltmaya ve sürdürülebilir yöntemler benimsenmesine neden olacaktır. Bu nedenle kaçak emisyonu sebep olan en büyük sektörlerden biri olan çimento üretimi yapan tesisin karbon ve su ayak izinin belirlenmesi çalışması yapılacak ve azaltılması için alternatif yöntemler geliştirilecektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sanayi devrimi ile enerji ihtiyacı hızla artmaya başlamış olup bu ihtiyacı karşılamak için çeşitli üretimler geliştirilmiştir. Bu enerjinin üretimi için kullanılan hammaddeler doğadan temin edilmesi günümüzde tek alternatiftir. Üretimi sağlamak ve gerekli enerjiyi elde etmek için başvuru en ekonomik ve en kolay yol fosil kaynakları kullanmak olarak öne çıkmıştır. Bu nedenle hızla fosil yakıtlardan enerji üretimi yapılmaya başlanmıştır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak bu üretimin miktarı hızla artmaya devam etmiştir (Kışlalıoğlu ve Berkes, 1994). 1980'lerin başlarında ise dünyanın ortalama ısısının gün geçtikçe arttığı ve doğal olmayan şekilde insanoğlunun müdahalesinin de bu sürece büyük katkı verdiği ortaya çıkmıştır. İklim değişikliğinin yüzde 95 gibi yüksek bir oranla insanoğlu kaynaklı olduğu ortaya çıkmıştır (Climate Change 2007).

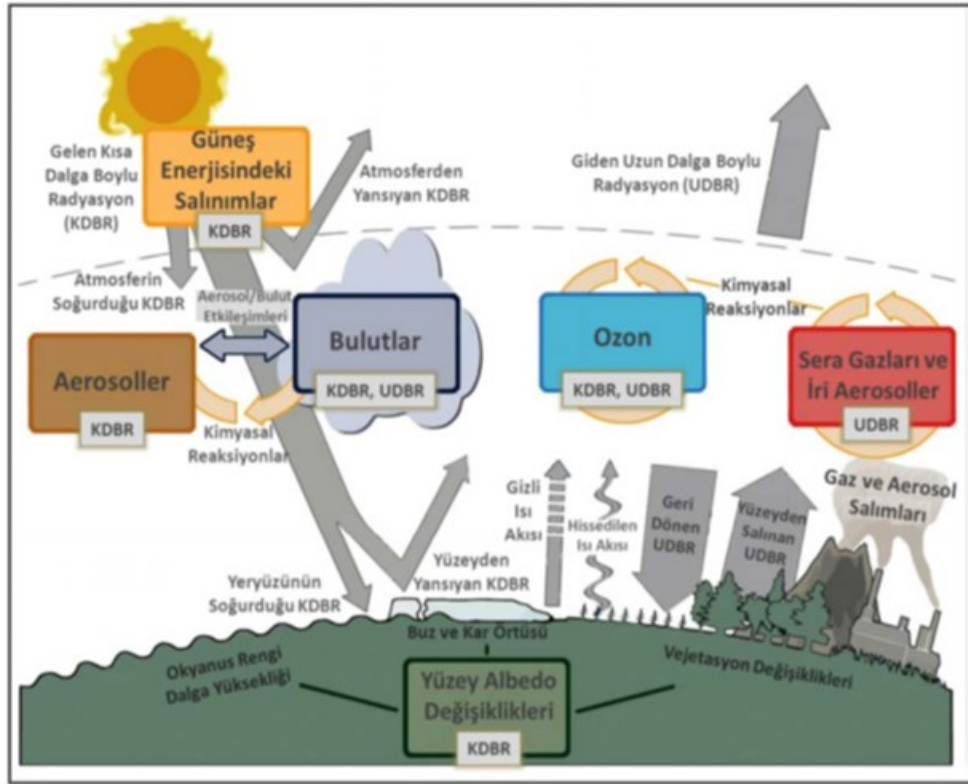
Dünyamızdaki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, doğal olarak birçok farklı gazları içermektedir. Atmosferde bulunan azot (%78,08) ve oksijen (%20,95) molekülleri, temiz ve kuru hava hacminin yaklaşık % 99'unu oluşturmaktadır. Kalan % 1'lik kuru hava bölümü, renksiz, kokusuz soy gaz olan argon (%0,93) ile eser gazlardan oluşmaktadır. Atmosferdeki konsantrasyonu az olmakla beraber, önemli sera gazı olan karbondioksit (CO_2), %0,0377 oranı ile atmosferde bulunan en çok gazlar içinde dördüncü sırada yer almaktadır (Türkeş, 2008). Sektörel kaynaklı kirleticilerin başındaki CO_2 ; petrol, kömür, doğal gaz yakılması, çimento üretim süreci ve ormansızlaşma gibi faaliyetler sonucunda açığa çıkmaktadır (Kıvılcım, 2013)

Sera gazlardan, başta en büyük etkiyi yapan su buharı (H_2O) ve CO_2 olmak üzere, metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve ozon (O_3) gazları sayılabilir (Türkeş, 2008). İklimsel değişimlerde sera etkisi önemli olan faktörlerin başında gelmektedir. Nüfus artışına bağlı olarak daha fazla besin ihtiyacı için sera üretimin yaygınlaşması nedeniyle, seraları kaplayan kalın cam veya renksiz naylonların örtü olarak kullanılması, gelen kısa dalgalı güneş ışınımını geçirmekte ancak, seranın içerisinde salınan uzun dalgalı (kızıl ötesi ya da termik) ışınımın büyük oranda engellemektedir.

2.1 İklim Değişikliğinin Ana Yönlendiricileri

Atmosferdeki değişken konsantrasyonlara sahip olan ve birçok insan faaliyetinden etkilenen, doğal sera etkisine neden olan ana doğal sera gazları; karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4) ve ozon (O_3) ile tamamen insanoğlu kaynaklı kloroflorokarbonlar (CFC'ler), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve bunların çeşitli türevlerini içermektedir (Pekin, 2006).

Güneş'ten yayılan ve atmosferin üst katmanına ulaşan (gelen, G) kısa dalga boylu radyasyondan (KDBR) ve yeryüzünden salınan (giden, G) uzun dalga boylu radyasyondan (UDBR) ve diğer aerosollerin iklim değişikliğinin ana yönlendiricilerini ve nedenlerini gösteren sera gazlarının güneş ışınları üzerindeki etkisi Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmektedir (Türkeş vd., 2022).



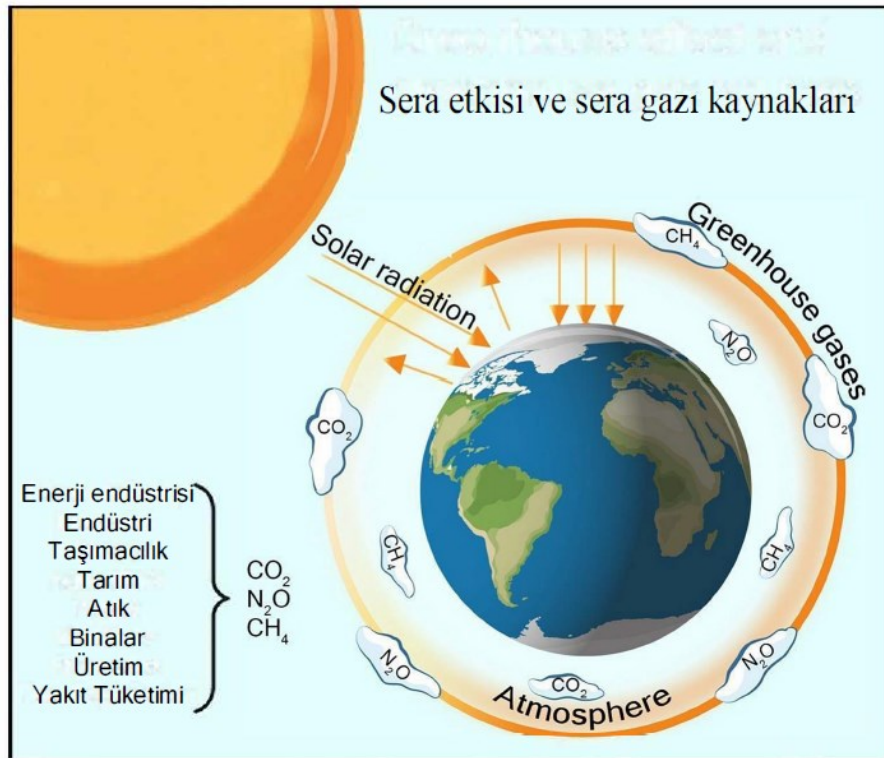
Şekil 2.1. İklim değişikliği ana yönlendiricilerinin gösterimi.

2.2 Sera Gazları

İnsan aktiviteleri, atmosferdeki sera etkisi yapan gazlarda doğal olmayan bir artışa ve buna bağlı olarak da küresel ısınmaya neden olmaktadır. Nüfus artışı, fosil yakıt

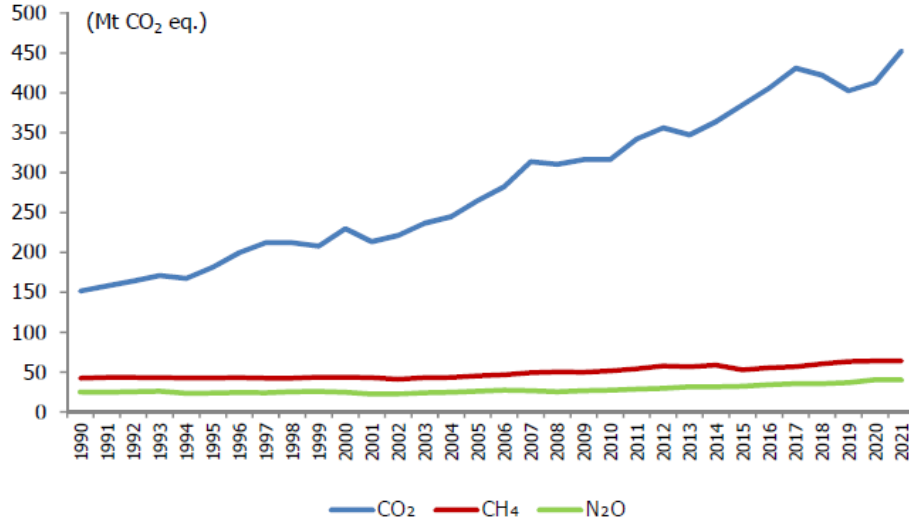
kullanımı, ormanların tahribatı Dünya'nın düzensiz ve şiddetli bir şekilde ısınmasının arkasında yatan bazı genel faktörlerden bir kaçıdır. Mevcut küresel ısınmanın temel nedeninin doğal faktörlerden ziyade insan kaynaklı sera gazı emisyonları olduğu artık bir gerçektir (IPCC, 2007).

Atmosferdeki gazların doğal dengesini bozan bu faaliyetler, gerekli önlemler alınmazsa geri dönüşü olmayan bir şekilde küresel ısınmaya yol açacaktır. Bu durum da dünyamızın yaşanılmaz bir hale gelmesine sebep olacaktır. Sera etkisi, Dünya atmosferinde güneş ışınlarının etkisi altında ortaya çıkan bir olgudur. Güneş, çeşitli gazlar arasında nitrojen, oksijen, su buharı ve sera gazları (GHG'ler) dahil olmak üzere atmosfere enerji yayarak, görünür ışık, ultraviyole ışınlar ve kızılötesi radyasyon gibi bileşenlerle etkileşime girer. Özellikle kızılötesi radyasyonun etkileşimi, sera etkisinin oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır (Filonchik vd., 2024). Şekil 2.2'de küresel ısınmaya sebep olan faktörlere yer verilmiştir.

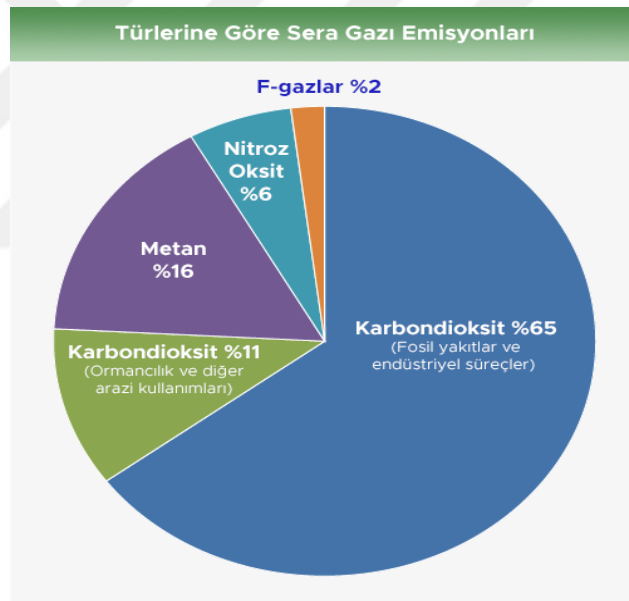


Şekil 2.2. Sera etkisi ve sera gazı kaynakları (Filonchik vd., 2024).

TÜİK'in 2023 yılında yayınladığı Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990-2021 raporuna göre, sera gazlarının artış eğilimi 1990 ile 2021 yılları arasında devam etmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Ana sera gazlarının emisyon eğilimi, 1990-2021 (TUİK, 2023).



Şekil 2.4. Türlerine göre sera gazı emisyonları (IPCC, 2014).

Karbondioksit (CO₂): Fosil yakıt kullanımı CO₂'nin temel kaynağını oluşturmaktadır. İnsanların arazi kullanımı biçimi de, özellikle ormanların tahrip edilmesi durumunda, önemli bir CO₂ kaynağı olabilir. CO₂ aynı zamanda ormanların yok edilerek, tarımda kullanılması ve/veya çoraklaşması gibi doğrudan insan kaynaklı faaliyetlerden de oluşmaktadır. Benzer şekilde, arazi, ağaçlandırma, toprağın iyileştirilmesi ve diğer faaliyetler aracılığıyla atmosferden CO₂'i uzaklaştırabilir.

Nitroz Oksit (N_2O): Gübre kullanımı gibi tarımsal faaliyetler, N_2O emisyonlarının birincil kaynağıdır.

Metan (CH_4): Tarımsal faaliyetler, atık yönetimi, enerji kullanımı ve biyokütle yakmanın tümü CH_4 emisyonlarına katkıda bulunmaktadır.

F-Gazlar: Sanayi faaliyetleri, soğutma sistemleri ve çeşitli tüketici ürünlerinin kullanımı, hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar, sülfür heksaflorür vb.dir.



3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SU

Hidrolojik döngü, atmosferik sıcaklık ve radyasyon dengesindeki değişikliklerle yakından ilişkilidir. Son yıllarda iklim sisteminin ısındığı açıktır; bu, küresel ortalama sıcaklıklarında artışların, kar ve buzulların geniş çapta erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi gözlemlerle de açıkça görülmektedir. İklimin net insan kaynaklı ısıma etkisinin olumlu yönde olduğu (ısınma etkisi) ve 2005 için en iyi tahminin $1,6 \text{ Wm}^{-2}$ olduğu tahmin edilmektedir (1750 öncesi endüstriyel seviyelere göre). 1906'dan 2005'e kadar küresel yüzey sıcaklığındaki en iyi tahmin edilen doğrusal eğilim, son 50 yılda daha hızlı bir ısınma eğilimiyle birlikte $0,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik (muhtemelen $0,56$ ila $0,92 \text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında) bir ısınmadır. Yapılan yeni analizler, troposferin alt ve orta kısmındaki ısınma oranlarının yüzeydeki oranlara benzer olduğunu göstermektedir. Referans çalışmaları, 20. yüzyılın ortalarından bu yana küresel sıcaklıklarda gözlemlenen artışın büyük olasılıkla insan kaynaklı iklim koşullarından kaynaklandığını göstermektedir (IPCC, 2008).

Atıf çalışmaları, 20. yüzyılın ortalarından bu yana küresel sıcaklıklarda gözlemlenen artışın çoğunun, büyük olasılıkla insan kaynaklı iklim değişikliklerinden kaynaklandığını göstermektedir. Sera gazı konsantrasyonları artmaktadır. Kıtasal ölçekte, son 50 yılda, Antartika hariç her kıtada büyük olasılıkla insan kaynaklı ısınmanın ortalaması artmıştır. Geniş bölgelerde son 50 yılda soğuk gün ve geceler ile don olayları azalırken, sıcak gün ve geceler ile sıcak hava dalgaları daha yaygın görülmektedir (IPCC, 2008).

Su kaynaklarının sunduğu ekosistem hizmetlerinin çeşitliliği nedeniyle, su toplum gelişiminin temelidir. Bu sebeple, su yönetiminin suyun verimli, adil ve sürdürülebilir şekilde tahsis edilmesi, yoksulluğun azaltılması, ekonomik büyüme ve çevrenin korunması için kritik öneme sahiptir (Zhineng vd., 2016). Ancak insan faaliyetleri küresel su döngüsünü etkileyerek okyanuslar, atmosfer, yüzey suyu, yeraltı suyu, kar ve buz gibi çeşitli depolama alanlarında akış hızlarını ve kalma sürelerini değiştirmiştir (Keys vd., 2016).

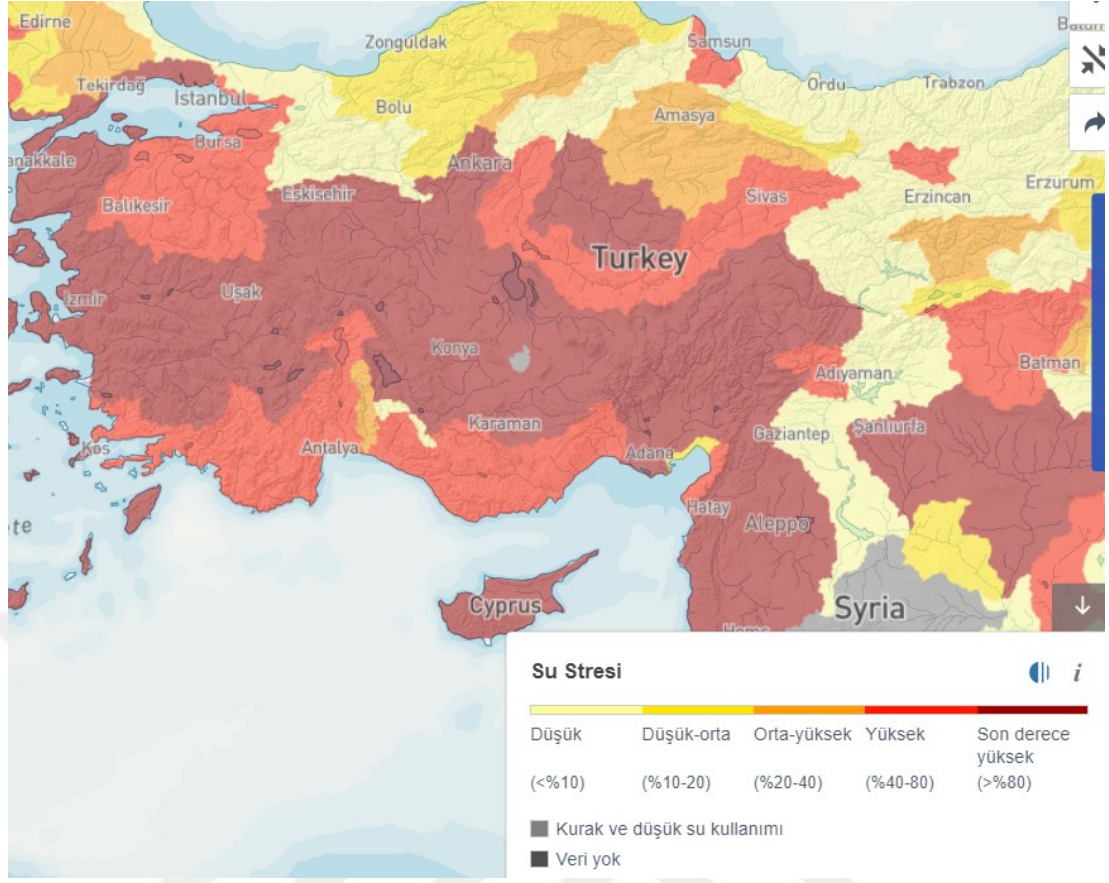
Kuraklık, 1970'lerden bu yana artış göstermektedir. İklim değişikliği, hem yeraltı suyu besleme oranlarını hem de yer altı su tablalarının derinliğini ve ayrıca yüzey akışını etkilemektedir. Artan yağış, bölgenin özelliklerine bağlı olarak yeraltı suyu

beslemesini artırabilir ya da azaltabilir. Örneğin, nemli bölgelerde artan yağış toprağın suyu emme kapasitesini etkileyebilir; buna karşılık kurak bölgelerde artan yağışlar yeraltı suyunun beslenmesine olanak sağlayabilir. Yapılan çalışmaların sayısı sınırlı olmakla birlikte ve belirli alanlara özgü olmasından dolayı, iklim değişikliğinin yeraltı suyu üzerinde dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Bates vd., 2008).

İklim değişikliğinin artması genellikle su kıtlığının ana nedenidir (Mubako and Lant, 2013). Su ayak izi (WF), ilk olarak Hoekstra ve Hung tarafından ekolojik ayak izine benzetilerek, bölge sakinlerinin tüketiminden kaynaklanan su miktarını ölçmek için geliştirilmiştir; bu da su tüketim seviyelerini ve su kaynakları üzerindeki insan kaynaklı etkileri yansıtmak için taşıma kapasitesini değerlendirmek için uygun bir yöntem sağlayabilir (Feng vd., 2017).

Türkiye'nin geniş bir iklim yelpazesine sahip olduğu bilinmektedir, çünkü ülke aşırı soğuk kışlardan çok sıcak ve kurak yazlara kadar değişen mevsimsel ve mekânsal iklim farklılıklarına sahiptir. Ülkenin üç tarafı denizlerle çevrili olduğundan, Karadeniz'in kuzey kesiminde iklim soğuk ve yağışlı iken güney ve batıda Akdeniz iklimi gözlenmekte olup; yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir. İç Anadolu'da yazlar kurak ve sıcak, kışlar ise çok soğuk geçerken, Kuzeydoğu Anadolu'da yazlar kısa ve serin, kışlar ise karasal bir iklimi temsil eder. Bu durum, Türkiye'nin iklim çeşitliliğini ve farklı etkilerini göstermektedir (Yılmaz ve Imteaz, 2014).

Şekil 3.1'de Dünya Araştırma Enstitüsü tarafından yayınlanan Su Stresi Atlası içerisinde Türkiye'nin süreci görülmektedir.



Şekil 3.1. Türkiye'nin su stresi haritası (WRI, 2024).

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI

4.1 Uluslararası İklim Değişikliği Politikaları

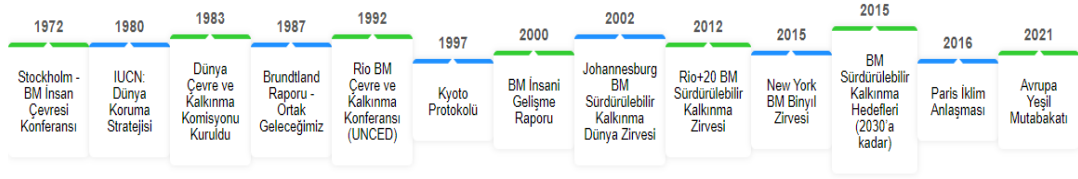
Gelişmiş ülkeler, 1980'li yıllara kadar sosyal ve ekonomik büyümeyi sağlamak için sistematik olarak, sınırsız doğal kaynak yaklaşımı göstermişlerdir. Bu nedenle, hızlı bir kentleşme ve sanayileşme politikası izlemişlerdir. O yıllarda ki petrol krizi büyümeyi yavaşlatmasına rağmen hızını yeterli oranda kesememiştir. Bu nedenle Dünya Bankası 1978'de yayınladığı Kalkınma Raporu ile kaynak sıkıntısı ve çevresel tehditler konusuna yer vermemiştir.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışının somut bir şekilde gündeme gelmediği, fakat çevre sorunlarına da değinilen 1968 Roma Kulübü Toplantısı ile başlayan sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, 1972 Stockholm Konferansı ile devam etmiştir. Kuzey Avrupa'daki bölgesel kirlenme ve asit yağmurları bu toplantının yapılma sebebi olarak göze çarpmaktadır. 1987 yılına gelindiğinde Brundtland Raporu olarak da bilinen "Ortak Geleceğimiz" Raporu, daha sonraki yıllarda gündeme oturacak olan "sürdürülebilir kalkınma" tanımını ilk kez yapmıştır. 1992 Rio Konferansı ve birçok anlaşma ve toplantılar günümüze kadar devam etmiştir (Önder ve Yaman, 2018).

Küresel ısınma sonucu, iklim değişikliği, kutuplarda erimeye başlayan buzullar dünya gündeminde ön sıralarda yer almaya başlamıştır. Bu nedenlerle dünyanın geleceğini tehlikeye atan durumun önüne geçmek amacıyla bazı tedbirlerin alınması gündeme gelmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamak için 169 ülkenin katılımı ile 11 Aralık 1997 tarihinde Kyoto Protokolü imzalanmış ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Protokol, atmosferde bulunan ve sera etkisine neden olan gazların kontrol edilmesi ve konsantrasyonun iklimsel değişime olumsuz etkisinin olmayacağı seviyelerde tutulmasını amaçlamaktadır. Kyoto Protokolü'nün taraftarları, protokolün istenilen hedefler için bir başlangıç olduğunu, hedef tutturuluncaya kadar bazı hedeflerin değiştirilebileceğini öngörmekte iken karbon salınımları yüksek olan ABD ve Avustralya gibi ülkelerin protokolü imzalamaktan çekinceleri de söz konusudur.

Şekil 4.1'de Uluslararası Politikaların günümüze kadar tarihsel süreçleri verilmiştir.

Tarihsel Çerçeve



Şekil 4.1. Uluslararası politikaların günümüze kadar tarihsel süreçleri.

4.1.1 Stockholm- BM insan çevresi konferansı

Stockholm'de 1972 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı, çevrenin önemli bir sorun haline gelmesine yol açan ilk küresel konferans olarak kayıtlara geçmiştir. Katılımcılar, Stockholm Bildirgesi ve İnsan Çevresine İlişkin Eylem Planı dahil olmak üzere çevrenin sürdürülebilir yönetimi için çeşitli ilkeleri benimsemişlerdir.

Stockholm Deklarasyonu 26 ilkeyi içeren, çevre sorunlarını uluslararası endişelerin başında yerleştirmiştir. Sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomik büyüme, doğal kaynakların kirliliği ile ilgili bir diyalogun başlangıcını işaret etmiştir. Bu eylem planı üç kategoriyi içermektedir.

- Küresel Çevresel Değerlendirme Programı (izleme planı);
- Çevre yönetimi faaliyetleri;
- Ulusal ve uluslararası düzeyde yürütülen değerlendirme ve yönetim faaliyetlerini desteklemeye yönelik uluslararası önlemler.

Stockholm konferansının en önemli çıktılarından biri Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) oluşturulması olarak değerlendirilmesidir (URL-1).

4.1.2 IUCN: Dünya koruma stratejisi (1980)

1980 yılında yayımlanan Dünya Koruma Stratejisi (DKS), Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerini sağlayabilmek için önleme, koruma ve geliştirme kavramlarının beraber yürütülmesi gerektiğini vurgulayan önemli bir çalışmadır. Uluslararası Doğal Kaynakları ve Doğayı Koruma Birliği (IUCN), Dünya Yabani Hayat Fonu (WWF) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından hazırlanan DKS, "sürdürülebilir yararlanma" ilkesini uluslararası alanda öne çıkarmıştır. DKS'de sürdürülebilirliğe üç

farklı düzeyde yaklaşıldığı belirtilmektedir Bu çalışma, Sürdürülebilir Kalkınma ve çevre koruma konularında önemli bir referans kaynağıdır ve Sürdürülebilir gelişme kavramının tarihsel gelişiminde dikkate alınması gereken bir belgedir (O’Riordan, 1998: 35-37).

4.1.3 Dünya çevre ve kalkınma komisyonu: Brundtland raporu-ortak geleceğimiz

1980’lerde global çevre sorunlarına önlem alma çalışmalarında artış gözlenmekte olup Birleşmiş Milletler 1982 yılında “Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu”nu kurmuştur. Kurulan bu komisyonda ekonomik büyüme ve kalkınma, çevre sorunlarıyla beraber kullanılmaya başlamıştır. Başkanlığını BM Genel Sekreteri Harlem Brundtland’ın yaptığı Komisyon 1987 yılında “Ortak Geleceğimiz” isimli rapor yayımlamıştır. Bu rapor; 1960’lardaki kalkınmacı yaklaşımı ile 1970’lerin çevreci görüşlerini “sürdürülebilir kalkınma” anlayışını birlikte ortak bir çatı altında birleştirmeyi amaçlamıştır. Ancak insanoğlunun hızlı büyüme ve kalkınma istek ve arzusu, ekonomik anlamda refah artışı sağlarken, ters oranda çevreyi etkilemekte ve ekonomi ile çevre kalitesi arasında bir tezatlık meydana getirmektedir (WCED, 1987).

Brundtland Raporu, sadece basit bir çevrecilik yaklaşımı olmayıp, gerçekçi kaynak kullanımını temel alan ekonomik bir olgu olarak sunulmaktadır. Raporun tüm ülkeler için önerdiği kalkınma modeli; i) kalıcı ve uzun vadeli ekonomik ilerleme, ii) kalkınma ile doğal denge arasındaki uyumun korunduğu ekonomik düzen, iii) doğayı tahrip etmeden ve tüketmeden kullanarak temel seviyede çalışmaları esas alan, uzun vadeli sürdürülebilir ekonomik büyüme olarak dikkati çekmektedir (Hamamcı, 1997).

4.1.4 Birleşmiş milletler insani geliştirme raporu

İnsani değerlerin belirlenerek, insanoğlunun temel ihtiyaçlarının karşılanması insani gelişme olarak tanımlanabilir (Demir, 2006).

İnsani gelişme terimi ilk olarak Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından 1990 yılında yayınlanan İnsani Gelişme Raporu'nda yer almıştır. Bu raporlar her yıl ülkelerin gelişmişlik seviyelerini belirleyen insani gelişme göstergelerini içermektedir. İlk raporun yayınlandığı yıldan itibaren insan odaklı gelişmeye vurgu yapılmış ve sonraki raporlarda devam etmiştir (UNDP, 2024).

Yıllık olarak güncellenen insani gelişme göstergeleri, insanı merkeze alan bakış açısıyla 175'ten fazla ülkenin gelişimini gösteren bir endekstir. İnsani gelişme endeksi, ülkeler arasındaki hayat kalitesi ve standartlarını açıklamaya yardımcı olmuştur (Günsoy, 2005).

4.1.5 Rio birleşmiş milletler konferansı (UNCED)

Sürdürülebilirlik, Rio'da gerçekleştirilen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) resmi olarak tanımlanmıştır. Konferansta vurgulanan temel nokta, insanların dünya üzerinde egemen olmadığı ve her bireyin nerede yaşadığına bakılmaksızın aynı temel haklara sahip olduğudur. Gündem 21, UNCED'de ortaya çıkmış ve ulusal seviyede gelişim için çağrıda bulunmuştur. Gündem 21, UNCED'den verimli bir şekilde yararlanmayı sağlamak, uluslararası işbirliğini artırmak ve Gündem 21'in yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeylerde gelişimini teşvik etmek için Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu'nun kurulmasını talep etmiştir (Koroneos ve Rokos, 2012).

4.1.6 Kyoto protokolü

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), taraflar arasında net sayısal sınırların tespiti edilememesi ve tarafların yükümlülüklerini yerine getirme konusunda hukuki bir bağlayıcılığının olmaması gerekçesiyle, özellikle karbon ayak izi azaltım hedeflerinin gerçekleştirilmesi için yeterli olmamıştır. Ek-I ülkelerinin yükümlülüklerinin belirlenmesi amacıyla 1997 yılında Kyoto'da düzenlenen 3. taraflar konferansında Kyoto Protokolü kabul edilerek, 2001 yılında 7. taraflar konferansında tarafların onayına sunulmuş ve 2004 yılında Rusya Federasyonu'nun da onaylamasıyla 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir (Kartal, 2018).

Atmosferde biriken sera gazlarının, insan kaynaklı iklim değişikliği etkilerini tehlikeli seviyelere ulaşmasını engellemek protokolün asıl amacıdır. Protokol, bir giriş bölümü, 28 madde ve 2 ekten oluşmuştur. Ek A'da, iklim değişikliğine yol açan altı sera gazı belirtilmiş olup bu gazların salınımının sınırlandırılması ve sınırlamaların uygulanması için belirlenen sektörler listelenmiştir (Ayhan, 2010).

Kyoto Protokolü'nde Ek A'da yer alan sera gazları; karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve sülfürheksaflorid (SF₆)'dır.

Sektör ve kaynak kategorileri ise; Enerji, endüstriyel prosesler, solventler ve diğer ürünlerin kullanımı ile tarım ve atık olmak üzere beş ana başlık altında yer almaktadır (United Nations, 1998). Sınırlama yapılması belirtilen sektörler ise Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sektörel kaynaklı kirleticilerin başındaki CO₂; petrol, kömür, doğal gaz yakılması, çimento üretim süreci ve ormansızlaşma gibi faaliyetler sonucunda açığa çıkmaktadır (Kıvılcım, 2013). 1960lara gelmeden 315 ppm civarında olan yıllık ortalama CO₂ birikimi, günümüzde giderek artarak 380 ppm'e ulaşarak bu son 650 bin yılın doğal seviyesini aşmaktadır (Keskin, 2008). Karbondioksitin etkisinin bir birim olduğu varsayıldığında, her bir gazın 100 yıllık zaman diliminde atmosferde yarattığı göreceli etki "küresel ısınma potansiyeli" Çizelge 4.2'de verilmiştir (Keskin, 2008).

Çizelge 4.1. Kyoto Protokolü'nde Sera gazı sınırlaması yapılması gereken sektörler.

Enerji	Yakıt Yanması (Enerji endüstrileri, İmalat endüstrileri ve İnşaat, Ulaşım ve Diğerleri)
	Yakıtlardan kaynaklanan kaçak emisyon (Katı yakıtlar, Petrol ve Doğal gaz ve Diğerleri)
Endüstriyel İşlemler	Mineral Ürünler
	Kimyasal Ürünler
	Metal Üretim
Diğer Üretimler	Halokarbonlar ve sülfür heksaflorürlerin üretimi
	Halokarbonlar ve sülfür heksaflorürlerin tüketimi
	Diğerleri
Tarım	Enterik fermantasyon
	Çiftlik gübresi yönetimi
	Çeltik yetiştiriciliği
	Tarımsal topraklar
	Savanaların düzenli bir şekilde yakılması
	Diğerleri
Atık	Araziye katı atık boşaltımı
	Atık su
	Atık yakma
	Diğerleri
Çözücü ve diğer kullanımı	

Çizelge 4.2. Sera gazları küresel ısıtım potansiyelleri ve ömürleri.

Kyoto Protokolü Kapsamındaki Sera Gazları	Küresel Isınma Potansiyeli	Atmosferde Kalma Süresi (yıl)
Karbondioksit (CO ₂)	1	5-200
Metan (CH ₄)	27,9	12
Diazot monoksit (N ₂ O)	273	114
Hidrolorokarbonlar (HFCs)	140-12000	2->50000
Perflorokarbonlar (PFCs)		
Kükürt heksaflorid (SF ₆)	23.500	3200

4.1.7 New York BM bin yıl zirvesi: bin yıl kalkınma hedefleri

Birleşmiş Milletlerin 2000 yılı Eylül ayında gerçekleştirdiği "Binyıl Zirvesi" Ssrdürülebilir kalkınmanın belirli hedeflerle dünya kamuoyuyla paylaşıldığı son girişimlerden biridir. Binyıl Kalkınma Hedefleri şunlardır (United Nations, 2000);

1. Aşırı yoksulluğu ve açlığı sona erdirmek,
2. Evrensel temel eğitime erişim sağlamak,
3. Toplumsal cinsiyet eşitliğini teşvik etmek ve kadınları güçlendirmek,
4. Çocuk ölümlerini azaltmak,
5. Anne sağlığını iyileştirmek,
6. HIV/AIDS, sıtma ve diğer hastalıklarla mücadele etmek,
7. Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak,
8. Kalkınma için küresel bir ortaklık oluşturmak".

4.1.8 Johannesburg BM sürdürülebilir kalkınma Dünya zirvesi

Rio Konferansı'nda belirlenen amaçların gerçekleştirilmesinde yaşanan sorunlar nedeniyle, 2002 yılında Güney Afrika'nın Johannesburg şehrinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'ne 191 hükümet ve birçok uluslararası örgüt, iş insanı ve bilim insanı katılmıştır. Bu zirve aynı zamanda Rio+10 olarak da bilinmektedir. Bu sayede sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk defa bir konferansın adında yer almıştır (Güneş,2021; Skalar, 2015).

Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi'nin önemli bir özelliği, dayanışma, insan hakları, küresel toplum oluşturma ve gelir artırıcı istihdam olanaklarının

sürdürülebilir kalkınma kavramıyla birlikte kullanılmasıdır (Boyar, 2020). Ayrıca bu bildirgeyle birlikte, özel sektörün sürdürülebilir kalkınmadaki rolü ilk defa vurgulanmıştır (Boyar, 2020) ve Zirve'nin Afrika'da gerçekleşmesinin etkisiyle gıda güvenliği, çölleşme, HIV/AIDS gibi sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlar öne çıkmıştır (Skalar, 2015).

4.1.9 Rio +20 BM sürdürülebilir kalkınma zirvesi

1992 yılında Rio de Janeiro şehrinde gerçekleştirilen Rio Konferansı'ndan sonra 20-22 Haziran 2012 tarihlerinde yine Rio de Janeiro'da düzenlenen ve Rio+20 olarak da anılan Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı, çeşitli ülkelere, delegelerden ve sivil toplum örgütlerinin yoğun katılımıyla o güne kadar Birleşmiş Milletler'in çevre konulu en büyük organizasyon olarak yer almıştır (Güneş, 2021).

Rio+20 Zirvesi, çevre aktivistleri tarafından sonuç bildirgesinin taslağı üzerinden eleştirilmiş ve çok uluslu şirketleri koruma çabası olarak tanımlanmıştır. Bunlara rağmen taslak bildirge, sürdürülebilir kalkınma ilkesini odak noktası olarak fakirliğin önlenmesi amacıyla yeşil ekonomiye yönelmesi, sürdürülebilir kalkınmanın hayata geçirilmesi için uluslararası iş birliğinin başarılması, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve bunlara ilave olarak enerji, sürdürülebilir şehirler, gıda ve su arzı, okyanuslar, istihdam, felaketler gibi konuları merkezine almaya çalışmıştır (Özkan 2016; Yıldırım ve Nuri, 2018).

4.1.10 BM sürdürülebilir kalkınma hedefleri (2030'a kadar)

Birleşmiş Milletler üyesi 193 ülke, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin altında imzalarını atmış ve bu hedeflerin evrensel bir eylem planına dönüştürülmesini sağlamıştır. Bu hedefler, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarının aynı derecede önemsenmesi ve uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır. 2020-2030 yılları arasında Birleşmiş Milletler tarafından "Eylem Onyılı" olarak ilan edilen bu süreçte, 17 farklı başlık altında belirlenen eylem planı ve öncelikler, ülkelerin yanı sıra bireyler ve kurumlar arasındaki bilgi merkezlerini de kapsamaktadır. Bu hedefler, çalışmaların odak noktasını oluşturmaktadır.

4.1.11 Paris iklim antlaşması

Kyoto Protokolü'nde belirtilen sera gazı emisyonu azaltım yükümlülüklerinin süresinin 2020 yılında dolması ve protokolün eleştirilen yönlerinden dolayı yeterli bir mutabakata varılamadığında yeni bir anlaşma gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu sebeple Paris Anlaşması, 2015 yılında BMİDÇS'ye taraf ülkelerin 21. Taraflar konferansında oy birliğiyle kabul edilmiştir. 2016 yılında imzaya açılmış ve sera gazı emisyon salımının en az %55'inden sorumlu en az 55 ülkenin anlaşmayı imzalamış olma şartının birkaç ay içinde yerine gelmesiyle bir yıldan az bir sürede yürürlüğe girmiştir. Birleşmiş Milletler'in en hızlı onaylanan anlaşması olarak kısa sürede yürürlüğe girmiştir. 2016 da sera gazı emisyon salımının en az %55'inden sorumlu en az 55 ülkenin anlaşmayı imzalamış olma şartının birkaç ay içinde yerine gelmesiyle bu süreç kendiliğinden hızlanmıştır. Bu antlaşmanın oy birliğiyle kabul edilmesi ve çok hızlı yürürlüğe girmiş olması, Paris Anlaşması'nın, Kyoto Protokolü'ne göre çok daha kabul görmüş bir anlaşma olmaktadır (Talu ve Kocaman, 2019).

Türkiye, anlaşmanın imzaya açıldığı günü takiben hızlı bir şekilde imzalamış ancak derhal onaylamamıştır. Bu durumun temel nedeni, Paris Anlaşması'nda gelişmiş ülke olarak sınıflandırılmasına rağmen BMİDÇS'de Ek-I ülkesi olarak kabul edilmesidir. Gelişmiş ülke statüsüne sahip olması, ülkenin teknoloji transferi ve iklim değişikliği projelerine yönelik finansman olanaklarından yararlanmasını engellemektedir. Türkiye'nin Ek-I listesinden çıkarılma talebi devam etmesine rağmen, anlaşmanın onaylanmasını uygun bulan yasa Meclis'ten geçmiş ve 7 Ekim 2021 tarihinde resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (ÇŞİDB, 2022).

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), 2100 yılına kadar sanayi öncesi döneme göre küresel sıcaklığın ortalama 4,5 °C kadar artabileceğini, bu artışın 1,5 °C'de kalmasının sağlanması, eğer 2 °C 'nin üzerine çıkılması halinde büyük sorunlar yaşanacağını belirtmiştir (IPCC, 2013). IPCC'nin bu uyarısı dikkate alınarak, BMİDÇS'nin daha etkin uygulanabilmesi amacıyla Paris Anlaşması'nda devletler, sıcaklık artışının 1,5 – 2 °C aralığında sınırlandırma hedefi belirlemiştir (Kaya, 2020). Sıcaklık artışında ilk defa böyle bir sınırlama hedefi konulması, Paris Anlaşması ile birlikte ülkelerin bu hedefe daha fazla benimsediğini göstermektedir.

Paris Anlaşması, BMİDÇS'deki Ek'leri dikkate almayarak, ülkeleri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olarak tanımlamıştır. Bu anlaşmaya göre, gelişmiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere iklim değişikliğine uyum ve emisyon azaltımı konusunda finansman sağlayacağı belirtilmiştir. Bu durumda gelişmekte olan ülkeler, emisyon azaltımı için teşvik edilmektedir. Emisyon azaltımının sağlanabilmesi için protokolde bir zorlama yapılmamış, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ayrımı da yapılmamış olup yalnızca gelişmiş ülkelerin azaltım konusunda öncülük etmesi gerektiği belirtilmiştir. Emisyon azaltımı için verilen taahhütler, ülkelerin kendi oluşturduğu ve belirli dönem için açıkladığı “Amaçlanan Ulusal Katkı Beyanı”na göre belirlenmektedir. Ülkelerin gönüllü olarak verecekleri bu taahhütlerinde tek kısıtlayıcı konu, yeni beyanda belirlenecek hedefin bir önceki beyanda belirlenenden düşük olmaması gerektiğidir (Kaya, 2020).

Bu taahhütlere göre ABD 2025 yılına kadar 2005 yılına kıyasla %28, AB 2030 yılına kadar 1990 yılına kıyasla %40 azaltacağını taahhüt etmektedirler. Çin, en yüksek emisyon değerine sahip ve gelişmekte olan ülke sınıfına dahil olan bir ülkedir. Çin, 2030 yılına kadar herhangi bir azaltım yapmayacağını belirtmiştir. Ancak, 2019 itibarıyla azaltım yapacağını açıklamıştır ancak belirli bir oran belirtmemiştir (Öztürk ve Öztürk, 2019).

4.1.12 Avrupa yeşil mutabakatı (EU Green Deal)

Çevresel problemlerin uluslararası süreçte gündeme gelmesiyle birlikte, yeni, stratejiler geliştirmeye başlanarak sürdürülebilir bir doğayı destekleme çabaları içerisine girilmiştir (Bogoslov, Lungu, Stoica ve Georgescu, 2022).

Bu bağlamda, küresel iklim krizine iş birliği içinde çözüm arayan en önemli etkenlerden biri de Avrupa Birliği (AB) olarak karşımıza çıkmaktadır. Avrupa Komisyonu, 2019 yılında Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı duyurarak sürdürülebilir çevre hedefine ulaşma konusunda başarılı olmayı amaçlamıştır. Bu Mutabakat, AB'nin ekonomik açıdan rekabetçi, kaynakların verimli kullanıldığı ve çevreye karşı hassas bir topluma dönüşmesi için önerilen yeni ve yeşil büyüme stratejisidir (Avrupa Komisyonu, 2019).

Avrupa Yeşil Mutabakatı, "yeşil büyüme" prensibine dayanmaktadır. Diğer bir deyişle, Mutabakat, yüksek karbon emisyonları ve atıklara neden olan "kahverengi büyüme" yerine, ekonomi ve ekolojinin uyumlu bir şekilde ilerlemesini hedeflemektedir (Ecer, Güner ve Çetin, 2021).

AB, orta (2030 yılı) ve uzun vadeli (2050 yılı) hedeflerine yeşil büyüme stratejisiyle ulaşmayı hedeflemektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatın, mevcut hükümetlerin kısa vadede adım atması ve aksiyon alması gerekmesi sebebiyle siyasi açıdan önemli olan ilk hedefi 2030 yılına odaklanmaktadır (Siddi, 2021). AB, bu amaçla sera gazı salımlarını 1990 seviyelerine göre %55 oranında azaltmayı hedeflemektedir (Avrupa Komisyonu, 2019). Ayrıca, Avrupa Komisyonu, bu hedefi sağlayabilmek için 14 Temmuz 2021'de "Fit for 55" paketini duyurmuştur (İMSAD, 2021).

2030 ve 2050 hedeflerine tutturabilmek için Mutabakat, sekiz farklı konu içeren bir eylem planı oluşturmuştur. Bunlar arasında iklim stratejisi (İklim Yasası'nın oluşturulması/geliştirilmesi); döngüsel ekonomi için bir endüstriyel strateji (AB endüstri reformu); temiz, ekonomik ve güvenli enerji stratejisi; sürdürülebilir ve akıllı ulaşım stratejisi (alternatif yakıt üretiminin teşvik edilmesi, alternatif yakıtlarla çalışan araçlar için altyapının geliştirilmesi); Ortak tarım politikasının geliştirilmesini kapsayan tarım stratejisi (tarımda kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanımını yasaklayan önlemlerin geliştirilmesi, gıda sisteminde iklim etkisinin azaltılması); biyolojik çeşitliliğin korunması stratejisi (biyolojik çeşitliliği, ormanları ve ekosistemi korumaya yönelik önlemlerin alınması); Sıfır kirlilik seviyelerinin sağlandığı bir çevresel ortamın oluşturulması (sürdürülebilirlik AB politikalarında genişletilmiştir) ve enerji ve kaynakları verimli bir şekilde kullanarak inşa etme ve yenileme stratejisi olarak tanımlanabilir (Avrupa Komisyonu, 2019).

Belirlenen bu stratejilere dayalı Mutabakat ile AB, ekonomik rekabet gücünü arttırarak sürdürülebilirliği sağlamayı, yaşam kalitesini ve sağlığı göz önünde bulundurmayı ve karbon nötr bir ekonomiye geçişle birlikte ekonomik, sosyal ve ekolojik alanları kapsayan üçlü soruna çözüm bulmayı hedeflemektedir (Ziabina ve Pimonenko, 2020).

4.1.12.1 Sınırdaki karbon düzenleme mekanizması

Avrupa Yeşil Mutabakatı, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlayan politik ve ekonomik uygulamaları içeren ve aynı zamanda iklim değişikliğinin neden olduğu etkileri hafifletip küresel ölçekte yeşil dönüşüme yol gösteren bir niteliğe sahiptir (Çayırbaş, 2022).

Yol haritasında, yenilenebilir enerji, sürdürülebilir gıda sistemleri, sürdürülebilir sanayi ve inşaat, kirliliğin azaltılması gibi birçok politika ve bu politikaların uygulanabilmesi için araçlar bulunmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023). Bu araçlardan biri de büyük bir dikkat çeken ve özellikle ihracata dayalı sektörleri yakından etkileyecek olan Sınırdaki Karbon Düzenleme (SKD) Mekanizmasıdır.

2050 yılına kadar AB'nin net sıfır sera gazı salınım hedefine ulaşmak için, AB içindeki şirketlere ek maliyet getirecek politikaların uygulanacağı açıktır. Ayrıca yaptırımlar nedeniyle üretim ve yatırımın, karbon salınımı azaltma hedefi ve uygulaması olmayan ülkelere kayma riski bulunmaktadır. Bu durum, AB ekonomisini olumsuz etkileyeceği gibi küresel iklim hedeflerine ulaşmayı da zorlaştıracaktır (Ticaret Bakanlığı, 2021).

SKD Mekanizması, Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemindeki (EU-ETS) karbon kaçağı riskini önlemek amacıyla karşımıza çıkmaktadır. AB, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında sera gazı salınımını sınırlamak amacıyla 2005'ten beri aşamalı olarak emisyon ticaret sistemini uygulamaktadır. Sisteme göre belirlenen sektörlerde üretim yapan tesislerin satın alabilecekleri emisyon izinleri belirlenmiş olup bu izinler her yıl azaltılarak uygulanmaktadır. Karbon kaçağı riskli sektörlerde ise tesislerin emisyon izinleri AB içinde belirlenen referans değerlere kadar ücretsiz verilmektedir. Eğer tanınan emisyon referans sınırı aşılsa, serbest piyasadan aşılacak miktar satın alınarak sera gazı salınım miktarının sınırlar içinde tutulması sağlanmaktadır (TUSİAD, 2020).

SKD Mekanizması için 2023-2025 yıllarını geçiş dönemi olarak belirlemiştir. Bu dönemde AB'ye ihraç edilen ürünler için herhangi bir ödeme yapılmayacak, ancak ürünlerdeki karbon salınımı rapor edilecektir. 2026 yılında uygulamanın tam olarak başlatılması planlanmaktadır (European Commission, 2021a):

4.2 Türkiye'nin (Ulusal) iklim değişikliği politikaları

Türkiye Cumhuriyeti, Eylül 2015'te 1/CP.19 ve 1/CP.20 kararları gereği Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası'na Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanını (INDC) sunmuştur, böylece Sözleşme'nin 2. maddesinde belirtilen nihai amacına ulaşmayı hedeflemiştir. Paris Anlaşması çerçevesinde Türkiye, 2030 yılına kadar sera gazı azaltımında %21'e kadar bir hedef belirlemiştir. Daha sonra Türkiye, Paris Anlaşması'nı 22 Nisan 2016'da imzalayarak ve 7 Ekim 2021'de Meclis'ten geçirerek onaylayarak taahhütlerini yerine getirmiştir (07.11.2021 tarihli ve 31621 sayılı Resmî Gazete). Türkiye, diğer Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafları gibi beş yılda bir daha iddialı azaltım hedefleri (ve isteğe bağlı olarak iklim değişikliğine uyum hedefleri) içeren Ulusal Katkı Beyanı (NDC) sunmakla yükümlüdür. Türkiye Cumhuriyeti, 13 Nisan 2023 tarihinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) sunulan Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı'nda, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonunu %41 azaltacağını belirtmiştir. Ülke, sürdürülebilir kalkınma yolunda ilerlemeyi hedeflerken, kalkınma politikalarıyla uluslararası gelişmeleri göz önünde bulundurmayı ve ekonomik, sosyal ve çevresel konuları dengeli bir şekilde ele almaya özen göstermektedir. Türkiye, uyum politikalarının önemini kavramış bir ülke olarak, etkilenebilirlik ve risk değerlendirmeleri, bilgi sistemleri, yasal ve politik araçlar gibi çeşitli girişimlerle hedeflerine ulaşmak için kararlılıkla çalışmalarını sürdürmektedir. Bu kapsamda, ilgili mevzuat ve politika belgeleri aşağıda sıralanmıştır (URL-2):

Bu alandaki mevzuat ve politika belgeleri aşağıda listelenmiştir:

- Çevre Kanunu
- 11. Kalkınma Planı (2019-2023)
- Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği
- Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023) ve Eylem Planı (2011-2023)
- Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023)
- Enerji Verimliliği Stratejisi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)
- 2053 Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı
- Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmeliği
- Türkiye'nin Yeşil Mutabakatı Eylem Planı

- İklim Şurası Nihai Tavsiyeleri
- Türkiye Ulusal Enerji Planı - Orta Vadeli Program (2024-2026)
- 12. Kalkınma Planı 2024-2028 Türkiye'nin iklim eylemini geliştirmek için hazırlanmakta olan ve en kısa sürede tamamlanması hedeflenen birincil mevzuat ve politika belgeleri aşağıda listelenmiştir:
- İklim Kanunu
- Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı Yönetmeliği
- Türkiye Mekânsal Strateji Planı 2053
- Su Kanunu
- Taşkın Kanunu
- 2053 Uzun Dönemli İklim Değişikliği Stratejisi
- Döngüsel Ekonomi Stratejisi ve Eylem Planı
- Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Stratejisi
- Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Stratejisi ve Eylem Planı
- Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası
- İklim Finansman Stratejisi

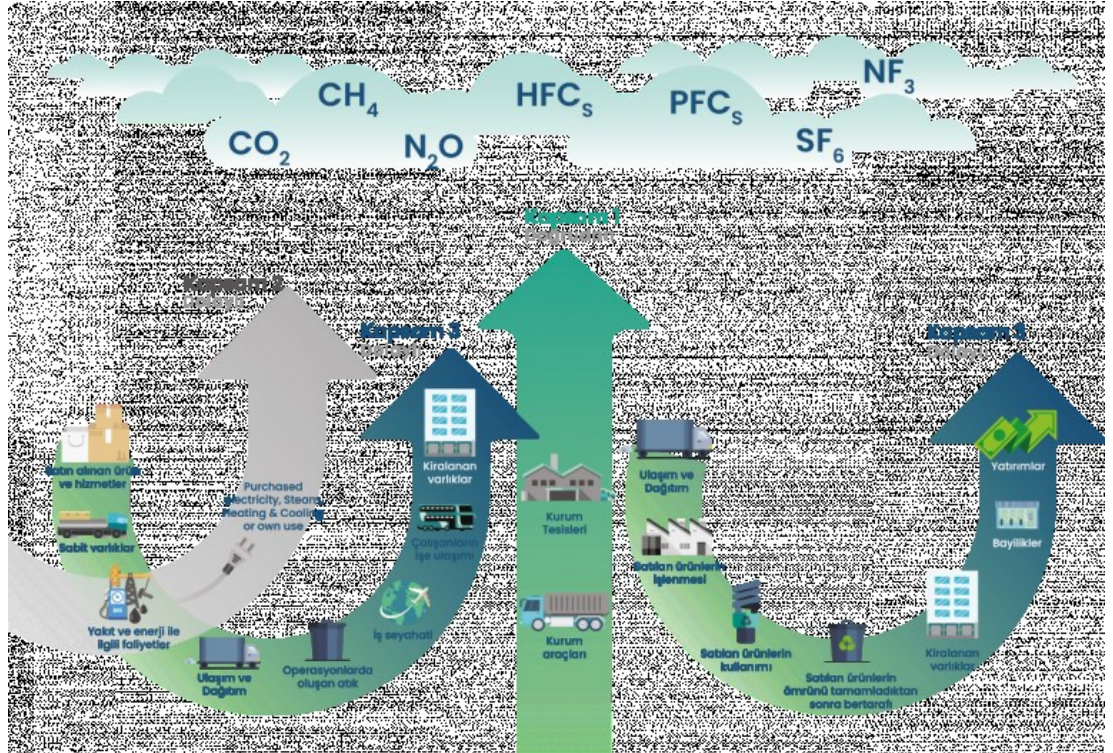
5. KARBON AYAK İZİ (SERA GAZI EMİSYONU) VE SU AYAK İZİ KAVRAMLARI VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

5.1 Karbon Ayak İzi, Hesaplama Yöntemi ve Standartları

5.1.1 Karbon ayak izi

Karbon ayak izi, bireyin, kurumun, kuruluşun ulaşım, ısınma, enerji tüketimi veya satın aldığı herhangi bir ürün nedeniyle atmosfere salınan karbon miktarını tanımlamak için kullanılmaktadır. Karbondioksit ve diğer sera gazları atmosferde uzun bir süredir bulunmakta ve sera etkisi sayesinde dünyayı yaşanabilir kılmaktadırlar. Ancak yirminci yüzyılda endüstriyelleşme ile bu gazların atmosferdeki miktarı olması gerekenden daha fazla artmış ve küresel ortalama sıcaklık yükselmiştir. Bu da iklim değişikliğine yol açmıştır. Günlük faaliyetlerimizle sera gazlarının salınımına katkıda bulunarak dünyanın geleceğini etkileriz, bu da karbon ayak izimizi oluşturmaktadır (URL-3). Şekil 5.1 Karbon ayak izi kapsamları yer almaktadır.

GHG Protokolünde sera gazları Kapsam 1 Doğrudan Emisyonlar, Kapsam 2 Enerji Dolaylı Emisyonlar, Kapsam 3 Diğer Dolaylı emisyonlar olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 5.1. Karbon ayak izi kapsamları (GHG Protokolü, 2006).

5.1.2 Hesaplama yöntemi-IPCC metodolojisi

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli, 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından kurulmuştur. IPCC, iklim değişikliğinde mevcut bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik veri ve çalışmaların değerlendirilmesi amacıyla oluşturulmuş ve karar vericilere iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliği sürecine uyum sürecine öncülük etmeyi hedeflemektedir.

Çeşitli seviyelere ayrılmış emisyon hesaplama metodlarına "Tier" adı verilir. Bu seviyeleri belirleyen faktör olarak teknolojik detaylar gösterilebilir. Tier 1 yaklaşımı genellikle temel bir yöntem olup bilgi sınırına sahiptir, Tier 3 yaklaşımı ise Tier 1 yaklaşımına göre biraz daha karmaşık ve uzmanlık gerektiren bir yaklaşımdır (IPCC, 2006).

Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımları tüm yönleriyle incelendiğinde aralarında farklılıklar görülebilir. Ancak Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımları, Tier 1'e göre daha karmaşık görünse de, bu yaklaşımların da aslında Tier 1 ile aynı temel yaklaşımı benimsediği gözlemlenmektedir.

5.1.3 Karbon ayak izi standartları

Kurumsal karbon ayak izinin belirlenmesi, faaliyetlerden kaynaklanan doğrudan veya dolaylı nedenlerle oluşan karbon miktarının güvenilir bir şekilde belirlenmesi amacıyla hesaplama ilkelerini ve koşullarını belirlemeyi amaçlar. Bu standartlar çerçevesinde, kurumların karbon ayak izlerini doğrulatmaları ve üretim süreçlerini daha etkin bir şekilde yönetmelerine olanak tanınır (URL-4).

ISO 14064 Uluslararası Standartlar Teşkilatı tarafından 2007 yılında 3 aşamalı olarak yayımlanmış bir standarttır. Bu aşamalar;

- ISO 14064-1 Sera Gazları – Bölüm 1: Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler; Standardının ilk aşamasında, kuruluşların sera gazı yönetimini geliştirmek için sera gazı emisyon sınırlarının belirlenmesi, uzaklaştırmalarının

hesaplanması ve kuruluşun özel tedbirlerinin veya faaliyetlerinin tanımlanması için gereklilikler belirtilmiştir.

ISO 14064-1 Standardı 2018 yılında güncellenerek Kapsam 1,2,3 olarak sınıflandırılan emisyonlar Kategori 1,2,3,4,5 ve 6 olarak güncellenmiştir.

– ISO 14064-2 Sera Gazları - Bölüm 2: Sera Gazı Emisyon Azaltmalarının veya Uzaklaştırma İyileştirmelerinin Proje Seviyesinde Hesaplanmasına, İzlenmesine ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler; Sera gazının uzaklaştırılması ve iyileştirilmesi amacıyla uygulanacak projenin ana senaryolarını belirlemek ve bu senaryolar doğrultusunda performansı değerlendirmek ve raporlamak için gerekli prensipleri ve koşulları içermektedir.

– ISO 14064-3 Sera Gazları – Bölüm 3: Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanmasına ve Onaylanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler; Geçerlilik sağlama veya doğrulama süreci hakkında bilgi verir, planlama, değerlendirme işlemleri ve kuruluşun veya projenin sera gazı beyanlarının değerlendirilmesine rehberlik etmektedir.

5.2 Su Ayak İzi, Hesaplama Yöntemi ve Standartları

5.2.1 Su ayak izi

Su ayak izi, kuruluşların ürünlerini, hizmetlerini ve süreçlerini oluştururken kullandıkları temiz su kaynaklarının miktarını ölçen bir kavramdır. Bu, herhangi bir ürün veya hizmet üretmek için kullanılacak tatlı su miktarının başlangıcından son kullanıcıya ulaşana kadar olan süreci kapsar. Su ayak izi, doğrudan ve dolaylı su kullanımını hesaba katar ve birim zamanda kirletilen su miktarını ölçer. ISO 14046 standardı, su tüketimini izlemeye yardımcı olur ve aşırı su kullanımının getirdiği maliyetleri azaltmaya yönelik bir çözüm sunar. Bu ölçüm, kurumlar, ürünler, hizmetler, bireyler ve toplumlar için önemli bir değerlendirme aracıdır.

Mavi Su: Bir ürünün üretilmesi için gereken yerüstü ve yeraltı tatlı su kaynakları olarak tanımlanmaktadır.

Yeşil Su: Bir ürünün üretim sürecinde kullanılan yağmur suyu olarak tanımlanabilir. Bu süreçte kullanılan yağmur suyu kaybolmamakta ve/veya yeraltı sularına karışmamaktadır.

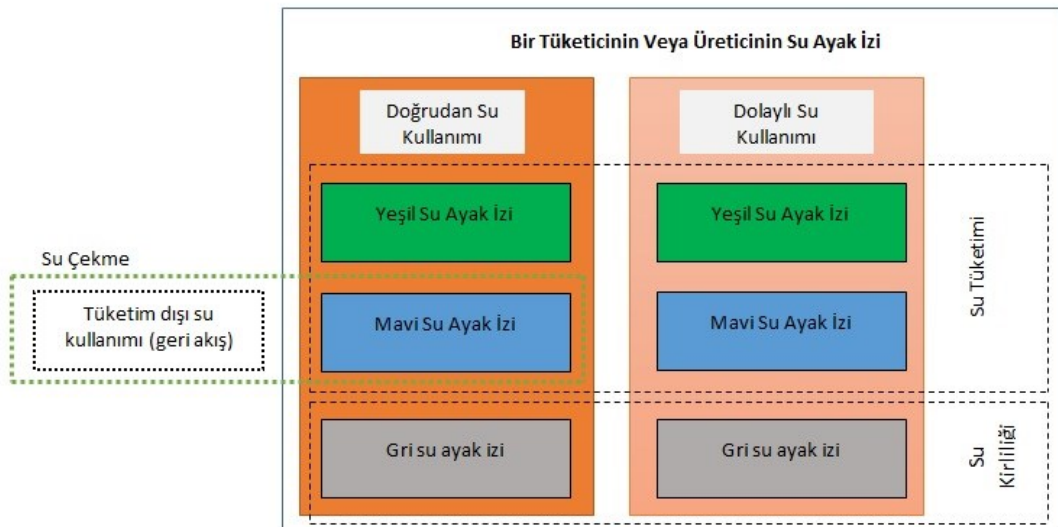
Gri Su: Su kirliliğe dair gösterge olarak tanımlanmaktadır. Su kalite standartlarına dayanarak, kirlilik miktarının azaltılması yada bertarafı için kullanılan tatlı su miktarını olarak ifade edilmektedir (URL-5).

5.2.2 Hesaplama yöntemi-IPCC metodolojisi

Su ayak izi, tüketici veya üreticinin su kullanımının yanı sıra dolaylı su kullanımını da içeren tatlı su tüketiminin göstergesi olarak tanımlanmaktadır (Hoekstra vd., 2009).

Su ayak izi kavramını uygulamak amacıyla Su Ayak İzi Ağı (WFN) Hoekstra tarafından kurulmuştur. WFN, su kıtlığı ve kirlilik seviyelerinin artmasıyla ilgili insanoglu ve doğa üzerindeki etkileri hakkında bir platform oluşturmayı amaçlamıştır (Sandu ve Virsta, 2021).

Su ayak izi, ürün veya hizmetleri kapsayan doğrudan ve dolaylı olarak kullanılan tatlı su tüketimine dayalı olarak da hesaplanabilmektedir (Hoekstra, 2015).



Şekil 5.2. Su ayak izi bileşenlerinin şematik gösterimi (Hoekstra vd., 2011).

5.2.3 Su ayak izi standartları

ISO 14046 Su Ayak İzi – İlkeler ve Gereklilikler

Kaynaklara olan talebin artması ve su miktarının azalması göz önünde bulundurulduğunda, su kullanımı ve yönetimi her kuruluş için önemlidir. Su yönetimi, yerel, bölgesel ve küresel düzeylerde düşünülmeli olup aynı zamanda tutarlı bir değerlendirme metodu gerektirmektedir. Su ayak izi sonuçlarına inanılabilirlik kazandıracak yeni bir su ayak izi standardı olarak ISO 14046 standardı mevcuttur.



6. ÇİMENTO SEKTÖRÜNE ÖZGÜ KURUMSLKARBON AYAK İZİ VE SU AYAK İZİ ÇALIŞMA ÖRNEĞİ

6.1 Çalışma Alanı

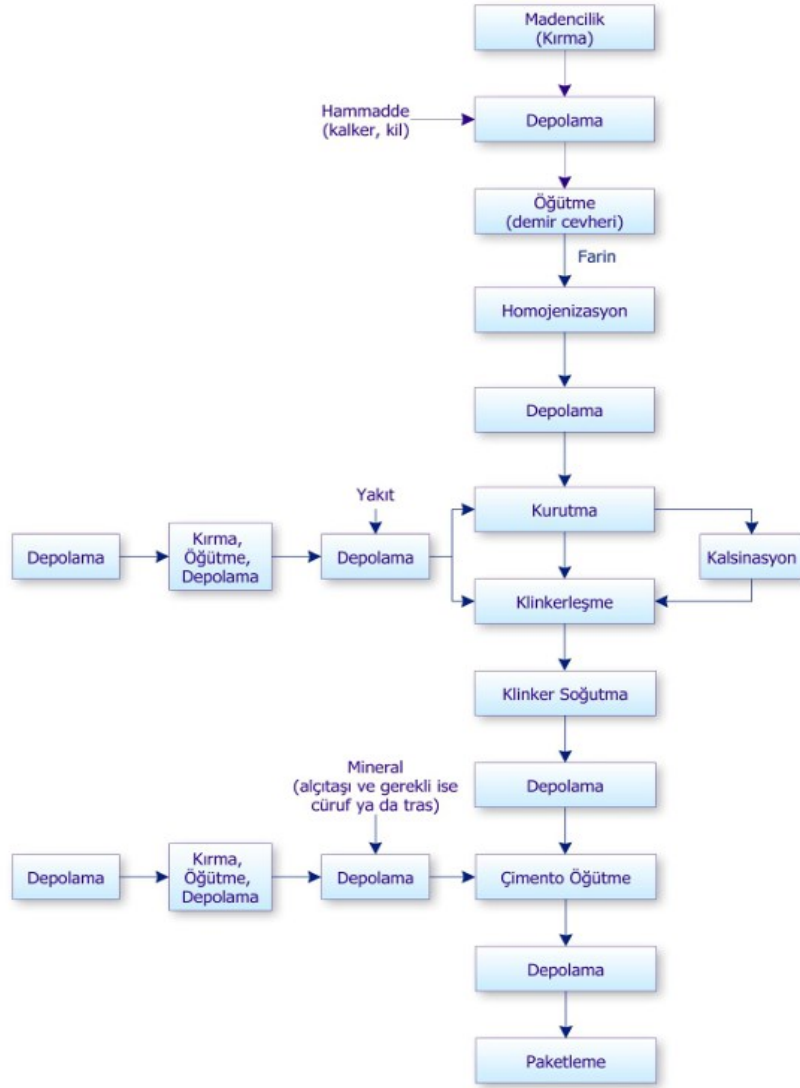
Örnek hesaplamaya dahil edilen faaliyet Ankara İlinde bulunan “Çimento Üretimi Tesisi” faaliyetidir.

6.1.1 Çimento üretimi prosesi

Çimento, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bu malzemeye kalsiyum sülfat formunun eklenmesiyle genellikle gri renkte ince bir toz elde edilmektedir. Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO , MgO gibi alkalın öğeler ve SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi hidrolik öğelerden oluşmaktadır. Çimento bağlayıcılık görevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak da isimlendirilmektedir. Çimento üretimi, CaCO_3 'ün ön kalsinasyon işlemiyle başlamaktadır. Bu süreçte CaO oluşurken CO_2 açığa çıkmaktadır. Daha sonra CaO , yüksek sıcaklıklarda ($1400\text{-}1500\text{ }^\circ\text{C}$) silis, alüminyum ve demir oksitlerle reaksiyona girerek silikatlar, aluminatlar ve kalsiyum ferritler içeren klinker oluşturmaktadır. Klinker daha sonra alçı taşı ve diğer katkı maddeleriyle birlikte öğütülerek çimento elde edilmektedir.

Çimento üretim süreçleri; taş ocağı, hammadde hazırlama, klinker üretimi, mineral katkı maddeleri, çimento öğütme, paketleme ve nakliye, yakıt hazırlama aşamaları olarak sınıflandırılabilir.

Çimento üretim iş akış diyagramı Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Çimento üretimi iş akış şeması (Sektörel uygulama kılavuzu, ÇŞİDB).

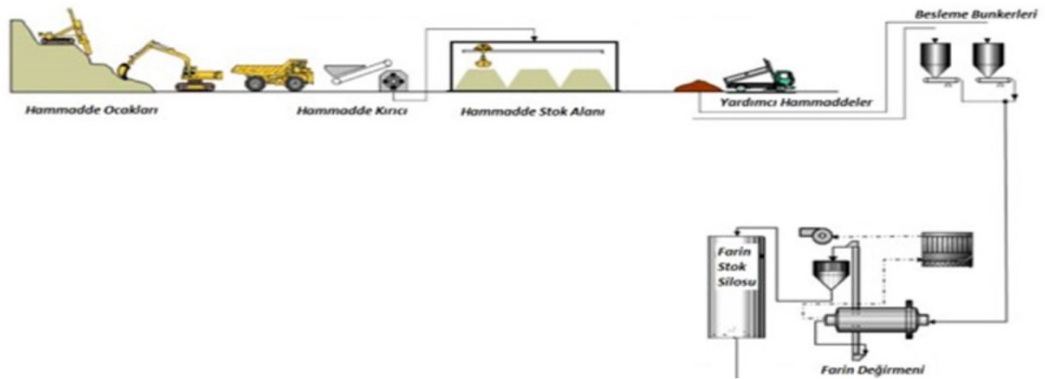
Çimento tesisleri, entegre veya klinker öğütme tesisleri şeklinde kategorilendirilebilirler. Entegre tesisler kalker, kil ve marn gibi zengin mineral bölgelerine kurulmakta ve kendi hammaddelerini sağlayarak üretim yapmaktadırlar. Klinker öğütme tesisleri ise entegre tesislerde üretilen klinkeri öğütme işleminden geçirmekte ve gerekli katkı maddeleri ile eklendikten sonra dökme veya paketlenmiş halde sevkiyatı yapılmaktadır.

6.1.2 Hammadde hazırlama

Çimento üretiminde temel olarak kullanılan malzemeler kalker, kil ve mermerdir. Demir gereksinimini için demir cevheri, alüminyum ihtiyacını karşılamak için boksit kullanılabilir.

Ham maddeler, ocak bölgesinden nakliye araçlarına yüklenir akabinde ham madde hazırlama kısmına getirilir. Ham madde hazırlama süreci kapalı bir alanda gerçekleştirilir. Nakledilen materyaller, çeneli kırıcı (konkasör) bunkerine beslenmektedir. Ocaktan getirilen ham maddeler konkasörde kırıldıktan sonra boyutlarını küçültmek amacıyla kırıcılardan geçirilir ve ön homojenizasyonu tamamlanmış şekilde değirmen bunkerlerinde stoklanır. Konkasörlerde kırılan katkıları (demir cevheri, boksit vb.) bunkerlere alınarak depolanır. Belirli bir boyuta kadar küçültülme işleminden geçen ve homojenize olan malzemeler, konveyör sistemi aracılığıyla bilyalı veya dik değirmene (farin değirmeni) transfer edilir ve bilyalı değirmenlerde öğütülür. Ezilerek öğütülen malzeme, Fransızca'da un anlamına gelen "farine" kelimesinden türetilmiş olan farin formuna dönüşmektedir. Değirmende kurutma ve öğütme işlemleri için gereken ısı, çimento üretiminin bir sonraki aşaması olan döner fırın ünitesinden sağlanır. Çimento hammaddelerinin dikkatlice orantılanmış bir karışımı olan farin, kalsiyum oksit ve silisyum dioksit kaynaklarından oluşur. Kalsiyum oksit genellikle kalker veya marn gibi kalsiyum karbonat içeren kayaçlardan gelir. Silisyum dioksitin temel kaynağı ise kil olarak bilinir. Alüminyum ve demir oksitler, farinin diğer önemli bileşenleridir. Ayrıca, farinde magnezyum ve alkali oksitler gibi diğer maddeler de daha az miktarlarda bulunabilir.

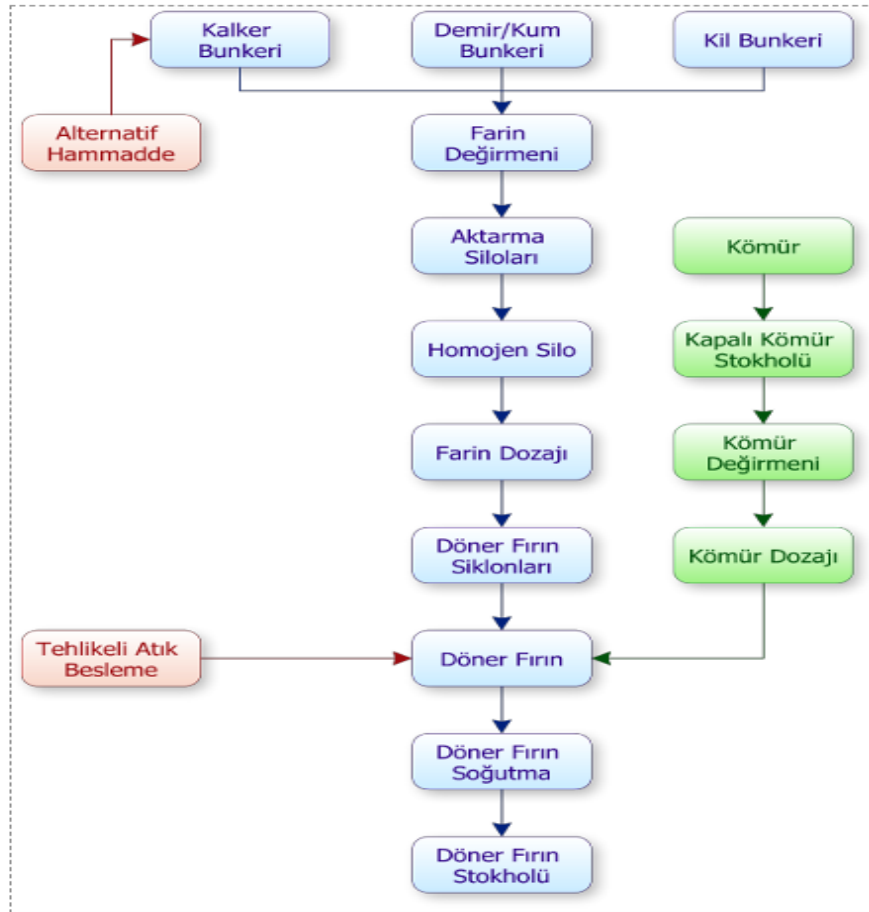
Öğütülmüş un, seperatörden geçirilerek un siklonlarına taşınır ve buradan elevatör yardımıyla aktarma silolarına iletilir. Un, laboratuvarından gelen örnek sonuçlarına göre homojenleştirilmesi için aktarma silolarından homojenizasyon silolarına alınır. Malzeme homojenize edildikten sonra, istenilen tonajda fuller pompalar veya elevatörler aracılığıyla döner fırınların ön ısıtıcı kulelerine beslenir. Ham madde hazırlama ünitesine ait akış şeması Şekil 6.2'de sunulmuştur.



Şekil 6.2. Hammadde hazırlama.

6.1.3 Klinker hazırlama

Hammadde hazırlama bölümünde yaklaşık %1 seviyesinde rutubet içeren farin, kimyasal reaksiyonlara maruz bırakılarak ısı yardımıyla klinker üretimi gerçekleşir. Bu ünite, doğal veya alternatif yakıtların fırınlasra eklenmesiyle, fırın içindeki sıcaklığı artırarak farinin rutubetini uzaklaştırır ve ardından farin içinde bulunan karbonatlı bileşiklerin tepkimeye girmesi için ayrışmasını sağlar. Fırından çıkan klinkerin sıcaklığı yaklaşık 1400 dereceye ulaştığından, klinkerin uygun bir şekilde depolanabilmesi için soğutma ünitesi kullanılarak klinker 100 dereceye kadar soğutulur.



Şekil 6.3. Klinker üretimi.

6.1.4 Çimento üretimi

Çimento üretiminde temel olarak kullanılan malzemeler kalker, kil ve mermerdir. Demir gereksinimini sağlamak için demir cevheri, alüminyum ihtiyacını sağlamak için ise boksit kullanılabilir.

Soğutucudan çıkan klinker, çimento üretiminde önemli bir aşama olarak kabul edilir ve çimento, klinkerin belirli miktarda kalsiyum sülfat (yaklaşık %3-5 ağırlıkça) ve katkı maddeleri ile öğütülmesi sonucu elde edilmektedir. Tipik olarak bilyalı çimento değirmenine beslenen klinker parçaları, alçıtaşı ile birlikte öğütülmektedir. Alçıtaşı katkısı, çimentonun su ile karıştırıldığında hızlı bir şekilde sertleşmemesini sağlamak amacıyla (priz süresinin uzatılması) gereklidir.

Çimento üretimi için gerekli olan temel malzemeler klinker ve alçıtaşıdır. Bu malzemelere ek olarak, kalker, yüksek fırın cürufu, pişmiş şist, silis dumanı, puzolan, uçucu kül gibi malzemeler de çeşitli çimento türlerinin üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Belirlenen ölçülerde alçı taşı eklenerek öğütülen klinker, "Portland Çimentosu" olarak adlandırılır. Ek katkı maddeleri ile öğütülen ve "katkılı çimento" olarak bilinen çimentolar, katkı türü ve miktarına bağlı olarak sınıflandırılmaktadır.

Faaliyetin sera gazı hesaplama yöntemine ilişkin bilgiler;

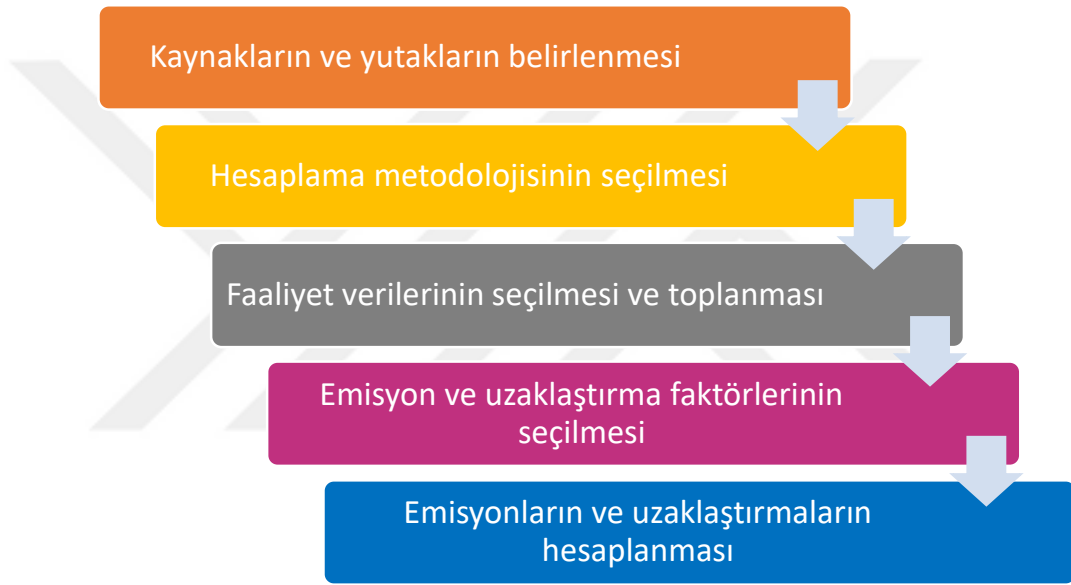
- Hesaplama için öncelikli olarak işletmeye ait üretim, maliyet, tedarik, ihracat gibi faaliyetlerinin sınırları belirlenir.
- Sera gazı emisyonu salımına sebep olan faaliyetler belirlenir ve hesaplanır, Bu hesaplama ISO 14064 Standardına göre şirket ile ilişkili doğrudan ve dolaylı olarak sera gazı emisyon lokasyonları sınıflandırılır.
- Faaliyete ilişkin veriler toplanıp bir envanter oluşturulur. Hazırlanan envanter ve belirlenen emisyon faktörleri kullanılarak kurumsal karbon ayak izi hesaplaması yapılır.
- Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri ilgili kapsamlara ve aşamalara uygun şekilde faaliyet verilerine bağlı olarak değişmektedir. Bu

hesaplamalar yapılırken Kyoto Protokolü kapsamındaki sera gazlarının hesaplanması ve raporlanması ele alınmaktadır.

- Son aşamada ise elde edilen sonuçlar değerlendirilerek iyileştirme olanakları ve öneriler belirlenir.

6.2 Hesaplama Süreçleri

Hesaplama sürecinde süreç yönetimi yapılırken önce kaynaklar belirlenecek ve uygun metodoloji seçilecektir. Faaliyet verileri toplanıp, hesaplamalar yapılacaktır. Süreç akışı Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Hesaplama süreçleri.

6.2.1 Metodoloji

Hesaplama yapılırken belirsizliği en aza indirgeyecek doğru, şeffaf, güvenilir, tutarlı ve uyumlu sonuçlar sağlayacak hesaplama yöntemi seçilmelidir. IPCC ve sera gazı protokolünde belirtilen kapsamlara uygun şekilde gerçekleştirilecektir. Tier 1 Yöntemi uygulanarak hesaplamalar yapılmaktadır.

6.2.2 Kurumsal karbon ayak izi hesaplama kategorileri

Bu tez çalışmasında, tesisin kuruluş sistemi sınırları belirlenerek, operasyonel kontrol faaliyetleri göz önünde bulundurulmuş ve her aşamada birim aktivite verileri incelenmiştir. Sera gazı kaynağı olabilecek tüm noktalar tespit edilmiştir. Üretim

sırasında ve sera gazlarının oluşmasında etkili olan basamaklar hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Çalışma, ISO 14064-1: 2018 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Kategorilerin Önemlilik Değerlendirmesi çalışmaları yapılarak, önem seviyeleri tanımlanmış ve risk değerlendirme ile Nitel değerlendirme yapılmıştır. Dolaylı emisyonların dahil edilip edilmeyeceği belirlenmiştir.

ISO 14064-1 Sera Gazı Kategorileri:

Kategori 1: Doğrudan Sera gazı emisyonları

Kategori 2: İthal Edeilen enerjiden Kaynaklanan Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

Kategori 3: Ulaşım kaynaklı Dolaylı sera gazı emisyonları

Kategori 4: Kuruluşun kullandığı ürünlerden kaynaklanan Dolaylı sera gazı emisyonları

Kategori 5: Kuruluştaki ürünlerin kullanımıyla ilişkili Dolaylı sera gazı emisyonları

Kategori 6: Diğer kaynaklardan Dolaylı sera gazı emisyonları

Faaliyet sırasında yapılan tüketimler bu kategorilere göre açıklanmıştır.

6.2.3 Kategori 1 doğrudan emisyonlar

Doğrudan sera gazı emisyonu ve uzaklaştırılmaları, organizasyon sınırları içerisindeki ve kuruluşun sahip olduğu veya kontrol ettiği kaynaklarından yada yutaklardan meydana gelmektedirler. Bu kaynaklar sabit yanma kaynaklı, mobil yanma kaynaklı, proses emisyonları ve kaçak emisyonlar olabilmektedirler.

Kategori 1 kapsamında hesaplamalara dâhil edilen süreçler Çizelge 6.1’de detaylandırılmıştır.

Çizelge 6.1. Doğrudan emisyonlar.

EMİSYONLAR		NOTLAR
1.	Kategori 1: Doğrudan sera gazı emisyonları ve uzaklaştırmaları (CO₂e)	
1.1	Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	Sabit yakma olarak kullanılan kaynak akışları hesaplamalara dahil edilmiştir.
1.2	Hareketli yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar	Araçlar hesaplamaya dahil edilmiştir
1.3	Endüstriyel süreçlerden kaynaklanan doğrudan proses emisyonları ve uzaklaştırmaları	Proses emisyonları hesaplamalara dahil edilmiştir
1.4	Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar	Klimalar, yangın tüpü, soğutucu kaynaklar incelenerek firma özelinde kapsamda yer alan kaynaklar hesaplamaya dahil edilmiştir
1.5	Arazi kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklik ve ormancılık (LULUCF) faaliyetlerinden kaynaklanan doğrudan emisyonlar ve uzaklaştırmalar	Arazi değişikliği bulunmamaktadır.

6.2.3.1 Kategori 1.1 sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar

Isıtıcılar, fırınları, gaz tribünleri gibi sabit ekipmanlarda yakılan her türlü yakıtın yanması sonucu oluşan sabit yanmadan oluşan doğrudan emisyonlardır. Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar kapsamında üretim sürecinde kullanılan kömür, ithal ve yerli linyit, petrokok, lpg,fuel oil, jeneratör kaynaklı motorin vb tespit edilerek hesaplamaya dahil edilmektedir (Çizelge 6.1).

Kg cinsinden belirlenen kaynak akışları ilgili verisi NKD değeri ile çarpılarak TJ/Gg'e ile çarpılarak TJ e çevrilmektedir. Daha sonra için emisyon faktörleri ile çarpılarak toplam CO₂ miktarları bulunmaktadır ve Küresel Isınma Potansiyelleri ile çarpılarak CO₂'e miktarları hesaplanır (Denklem 6.1).

$$tCO_2e: FV*NKD*EF*YF \quad (6.1)$$

Yakıt cinsine göre; oksidasyon faktörü ile net kalorifik değerler (NKD) tespit edilmekte ve tüketim değerleriyle çarpılarak TJ birimi olarak faaliyet verisi hesaplanmaktadır. Oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan net kalorifik değerler, emisyon faktörleri ve kaynakları Çizelge 6.2'de sabit yakma kaynaklı emisyonlar Çizelge 6.3'te verilmiştir..

Çizelge 6.2. Sabit yakma kaynaklı kaynak akışlarının NKD ve EF değerleri.

Yakıt / Malzeme	Kapsam	Yoğunluk			Alt Isıl Değer			Emisyon Faktörleri (kg CO ₂ /TJ)		
		Değer	Birim	Referans	Değer	Birim	Referans	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Doğalgaz	Doğrudan-Sabit Yanma	0,710	kg/Sm ³	1	48,0	TJ/Gg	3	56.100	1,0	0,1
Benzin	Doğrudan-Sabit Yanma	0,735	kg/l	2	44,3	TJ/Gg	3	69.300	3,0	0,6
LPG - Propan	Doğrudan-Sabit Yanma	-	-	-	47,3	TJ/Gg	3	63.100	1,0	0,1
Motorin	Doğrudan-Sabit Yanma	0,830	kg/l	2	43,0	TJ/Gg	3	74.100	3,0	0,6
Motorin	Doğrudan-Hareketli Yanma (on-road)	0,830	kg/l	2	43,0	TJ/Gg	3	74.100	3,9	3,9
Benzin	Doğrudan-Hareketli Yanma (on-road)	0,735	kg/l	2	44,3	TJ/Gg	3	69.300	25,0	8,0
Motorin	Doğrudan-Hareketli Yanma (on-road)	0,830	kg/l	2	43,0	TJ/Gg	3	74.100	4,15	28,6
Benzin	Doğrudan-Hareketli Yanma (off-road)	0,735	kg/l	2	44,3	TJ/Gg	3	69.300	52,0	0,4
Petrokok	Doğrudan-Sabit Yanma	-	kg	-	32,5	TJ/Gg	3	97.500	3,0	0,6
İthal Linyit	Doğrudan-Sabit Yanma	-	kg	-	25,8	TJ/Gg	3	94.600	10,0	1,5
Yerli Linyit	Doğrudan-Sabit Yanma	-	kg	-	18,9	TJ/Gg	3	96.100	10,00	1,5
Fuel Oil	Doğrudan-Sabit Yanma	-	kg	-	40,4	TJ/Gg	3	77.400	3,0	0,6

Çizelge 6.3. Sabit yakma kaynaklı emisyonlar.

Yakıt türü	FV		NKD		EF						YF	Emisyonlar			GWP (CH4)	GWP (N2O)	tCO2e
					CO2		CH4		N2O			CO2	CH4	N2O			
	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim		Değer(ton)	Değer(ton)	Değer(ton)			Değer(ton)
Petrokok	6351,63	ton	32,50	Tj/Gg	97500,00	kg CO2/Tj	3	kg CH4/Tj	0,6	kg N2O/Tj	1	20.126,73	0,6193	0,12386	27,9	273	20.177,82
İthal Linyit	20000,242	ton	25,80	Tj/Gg	94600,00	kg CO2/Tj	10	kg CH4/Tj	1,5	kg N2O/Tj	1	48.814,19	5,1601	0,77401	27,9	273	49.169,46
Yerli Linyit	201629,11	ton	18,90	Tj/Gg	96100,00	kg CO2/Tj	10	kg CH4/Tj	1,5	kg N2O/Tj	1	366.216,94	38,1079	5,71619	27,9	273	368.840,67
Fuel Oil	197,7	ton	40,40	Tj/Gg	77400	kg CO2/Tj	3	kg CH4/Tj	0,6	kg N2O/Tj	1	618,20	0,0240	0,00479	27,9	273	620,18
2 kg'lık LPG tüpü	0,046	ton	47,3	Tj/Gg	63100	kg CO2/Tj	1	kg CH4/Tj	0,1	kg N2O/Tj	1	0,14	0,0000	0,00000	27,9	273	0,14
45 kg'lık LPG tüpü	2,745	ton	47,3	Tj/Gg	63100	kg CO2/Tj	1	kg CH4/Tj	0,1	kg N2O/Tj	1	8,1928	0,0001	0,00001	27,9	273	8,2000
Motorin	1,08	ton	43	Tj/Gg	74100	kg CO2/Tj	3	kg CH4/Tj	0,6	kg N2O/Tj	1	3,44	0,0001	0,00003	27,9	273	3,45

6.2.3.2 Kategori 1.2 hareketli yakma sonucu toplam sera gazı emisyonu

Bu sınıftaki emisyonlar, taşıma araçlarında (örneğin motorlu taşıtlar, kamyonlar, gemiler, uçaklar, lokomotifler) kullanılan yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan mobil yanma kaynaklı emisyonlardır. Hareketli yanma kaynaklı doğrudan emisyonlar içinde bulunan araçlar belirlenerek hesaplamaya dahil edilir. Operasyonel kontrol firmaya ait ise doğrudan emisyon kapsamında değerlendirilir.

Bir de şirket araçları için dışarıdan anlaşmalı kullanımlar vardır. Bu tüketim miktarları faturalarla kayıt altına alınmaktadır. Motorin tüketimleri lt olarak kayıt altına alınmaktadır, yoğunlukla çarpılıp kg'a dönüştürülmektedir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4. Motorin yoğunluk değeri.

Yakıt	Yoğunluk (kg/lt)	Referans
Motorin	0,830	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik-Ek 2

Lt biriminden kaydedilen motorin kg çevrilir akabinde kg cinsinden motorin verisi 43 TJ/Gg'e ile çarpılarak TJ e çevrilmektedir.

Daha sonra forklift ve iş makineler, araçlar için emisyon faktörleri ile çarpılarak toplam CO₂ miktarları bulunmaktadır ve Küresel Isınma Potansiyelleri ile çarpılarak CO₂'e miktarları hesaplanır.

Yakıt cinsine göre; oksidasyon faktörü ile net kalorifik değerler (NKD) belirlenerek tüketim değeriyle çarpılmakta TJ birimi olarak faaliyet verisi hesaplanmaktadır. Oksidasyon faktörü 1 olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan net kalorifik değerler, emisyon faktörleri ve kaynakları Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.5. Alt ısı değer ve emisyon faktörleri.

Yakıt / Malzeme	Kapsam	Alt Isıl Değer				Emisyon Faktörleri (kg CO ₂ /TJ)		
		Değer	Birim	Değer	Birim	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motorin	Doğrudan-Hareketli Yanma (on-road)	0,830	kg/lt	43,0	TJ/Gg	74.100	3,9	3,9
Benzin	Doğrudan-Hareketli Yanma (on-road)	0,735	kg/lt	44,3	TJ/Gg	69.300	25,0	8,0
Motorin	Doğrudan-Hareketli Yanma (off-road)	0,830	kg/lt	43,0	TJ/Gg	74.100	4,15	28,6

Hareketli yanma kaynaklı emisyonlar Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Hareketli yanma kaynaklı emisyonlar.

Emisyon kaynağı	Yakıt türü	FV		NKD		EF						Y F	Emisyonlar			GW P (CH 4)	GW P (N2 O)	CO2e
						CO2		CH4		N2O			CO2	CH4	N2O			
		Değer	Biri m	Değ er	Biri m	Değ er	Birim	Değ er	Birim	Değ er	Birim		Değer(to n)	Değer(to n)	Değer(to n)			Değer(to n)
Şirket araçları /on-road bp	Motorin	5,56017	ton	43	Tj/G g	74100	kg CO2/Tj	3,9	kg CH4/Tj	3,9	kg N2O/Tj	1	17,72	0,02	0,00	27,9	273	18,18
Forklift ve iş Makinaları / off-road bp	Motorin	7,8767	ton	43	Tj/G g	74100	kg CO2/Tj	4,15	kg CH4/Tj	28,6	kg N2O/Tj	1	25,10	0,04	0,00	27,9	273	26,18
Şirket araçları / on-road (shell)	Motorin	1,6902535	ton	43	Tj/G g	74100	kg CO2/Tj	3,9	kg CH4/Tj	3,9	kg N2O/Tj	1	5,39	0,00	0,00	27,9	273	5,43
Şirket araçları / on-road (shell)	Benzin	3,1668504	ton	44,3	Tj/G g	69300	kg CO2/Tj	25	kg CH4/Tj	8	kg N2O/Tj	1	9,72	0,03	0,00	27,9	273	10,68

6.2.3.3 Kategori 1.3 proses kaynaklı toplam sera gazı emisyonu

Bu sınıftaki emisyonlar, proses emisyonları için geçerlidir. Çimento üretiminde karbonatlı bileşiklerin yanma tepkimesi sonucunda CO₂ açığa çıkmaktadır (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7. Proses kaynaklı emisyonlar.

Endüstriyel süreçlerden kaynaklanan doğrudan proses emisyonları ve uzaklaştırmalar								
PROSES kaynaklı emisyonlar								
Emisyon kaynağı		FV		EF		YF	Emisyonlar	CO2e
				CO2			CO2	
		Değer	Birim	Değer	Birim		Değer(ton)	Değer(ton)
Üretim	Klinker	1256601	ton	520	ton CO2/ton klinker	1	653.432,26	653.432,26
Üretim	Karbonat Olmayan Karbon	27645,21	ton	3,664	kg CO2/Tj	1	101,29	101,29

6.2.3.4 Kategori 1.4 kaçak emisyon sonucu toplam sera gazı emisyonu

Bu sınıftaki emisyonlar, antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması ve kaçak emisyon oluşması sebebiyle dikkate alınması gereken emisyonlardır .

Kaçak ve sızıntı emisyonları yangın tüpleri, soğutucu, chiller, trafo vb gibi ekipmanlardan kaynaklanmaktadır (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8. Kaçak emisyonlar.

Antropojenik sistemlerdeki sera gazlarının sızması/kaçak oluşumu kaynaklı doğrudan emisyonlar									
Emisyon kaynağı	Sera gazı	FV		EF		Emisyon		GWP	CO ₂ e
		Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim		
Yangın Tüpü-kaçak	CO ₂	0,025	ton	1	-	0,025	ton	1	0,025
Yangın Tüpü-sızıntı	CO ₂	0,025	ton	0,015	-	0,000	ton	1	0,000
SEBİL-SIZINTI	R134	0,616	ton	0,01	-	0,006	ton	1300	8,008
KLİMA BAKIM-KAÇAKLAR	R407	0,012	ton	1	-	0,012	ton	1770	20,532
KLİMA BAKIM-KAÇAKLAR	R22	0,047	ton	1	-	0,047	ton	1760	81,840
TRAFO	SF ₆	0,060	ton	0,026	-	0,002	ton	23500	36,660

6.2.4 Kategori 2 enerji dolaylı emisyonlar

Bu kategoride yer alan emisyonlar, sadece elektrik, ısı, buhar gibi nihai enerji ve kamu hizmetlerinin üretimi ile ilgili yakıtların yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarıdır.

Örnek çalışması yapılan işletmede enerji dolaylı olarak elektrik tüketimi hesaba dahil edilmiştir.

Elektrik Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Hesabı Tesiste enerji sarfiyatları ile takip edilebilmektedir. 2022 yılına ait aylık faturalardan gidilerek yıllık tüketime istinaden hesaplaması aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Tier 1 metoduna göre elektrik tüketimi kaynaklı sera gazı emisyon hesabı (Denklem 6.2);

$$E = FV * EF \quad (6.2)$$

formülüyle yapılır.

E: Faaliyetin yıllık emisyon miktarı (tCO₂)

FV: Faaliyete ait yıllık tüketimin yıllık üretime oranı

EF: Faaliyet verisinin emisyon faktörü değeri (tCO₂/ton, tCO₂/Nm³...)

Verilere göre FV= 95139990 kwh/yıl dır (Çizelge 6.9).

Birim elektrik üretim ve tüketimi başına salınan CO₂ ve CO₂ eşleniği cinsinden toplam sera gazı emisyonlarının miktarı Elektrik tüketim noktası emisyon faktörleri ile ifade edilmektedir. Elektrik tüketimi emisyon faktörü 0,44 Değeri (tCO₂-eşd./MWh) olarak alınmıştır (URL-6).

Çizelge 6.9. Enerji dolaylı emisyonlar.

İthal edilen elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar						
Emisyon kaynağı	FV		EF		Emisyonlar	
			CO2		CO2	
	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer(ton)	tCO2e
İthal edilen elektriğin üretimi kaynaklı dolaylı emisyonlar-konum bazlı	95.139.990,00	kwh	440.000,00	kg/Gwh	41.861,60	41.861,60

6.2.5 Kategori 3 ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları

Bu emisyonlar, hareketli kaynaklar oluşmakta olup, genellikle ulaşım ekipmanında yakıtın yanması sürecinde ortaya çıkmaktadır.

Kategori 3-6 ile ilişkili dolaylı emisyonlara ait emisyon/dönüşüm faktörleri için Defra 2022 Conversion Excel Files’de yer alan değerler kullanılmaktadır (URL-7).

Kategori 3 kapsamında hesaplamalara dahil edilen süreçler (Çizelge 6.10)’da detaylandırılmıştır.

Çizelge 6.10. Ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları.

EMİSYONLAR		NOTLAR
	Kategori 3: Ulaşım kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları (CO ₂ e)	
3.1	Kuruluş tarafından ödenen navlun hizmetlerinden kaynaklanan emisyonlar olan, malların yukarı yönde taşınması ve dağıtımından kaynaklanan emisyonlar. (Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar)	Örnek Çalışmada gelen hammadde, ürün olarak tedarikçiden alınan lojistik süreci dâhil edilmiştir
3.2	Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	Atık bertarafı için lojistik süreçler ve ürün (kalker) ilk müşteriye gidene kadarki süreç hesaplamaya dahil edilmiştir.
3.3	Çalışanların evlerinden işyerlerine taşınmasıyla ilgili emisyonlar da dâhil olmak üzere, çalışanların işe gidip gelmelerinden kaynaklanan emisyonlar (Personelin işe gidiş gelişleri kaynaklı emisyonlar)	Hesaplamalara dahil edilmiştir
3.4	Müşterilerin ve ziyaretçilerin raporlama yapan şirketin tesisine yaptığı seyahatlerle ilişkili emisyonlar dâhil olmak üzere müşteri ve ziyaretçi taşımacılığından kaynaklanan emisyonlar. (Müşteriler ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar)	-
3.5	Mobil yanma kaynaklarında yanan yakıt nedeniyle iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlar.(İş seyahatleri kaynaklı emisyonlar)	Operasyonel kontrol şirkete ait olduğun, şirket araçları kullanılarak seyahat yapıldığı için Kategori 1 emisyonlarına dâhil edilmiştir. 2022 yılında konaklama yapılmamıştır.

6.2.5.1 Kategori 3.1: Kuruluş tarafından ödenen navlun hizmetlerinden kaynaklanan emisyonlar olan, malların yukarı yönde taşınması ve dağıtımından kaynaklanan emisyonlar

Kuruluşa gelen mal taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar, miktar belirleme metodolojileri için çeşitli seçenekler sunmaktadır. Bu seçenekler arasında, tedarikçiden kuruluşa en son nakliye faaliyetini veya tedarik zinciri boyunca tüm nakliye faaliyetlerini içermektedir. Ürün, hammadde, mamul veya yarı mamul ve hizmet süreci için lojistik verileri kullanılarak, tüketilen yakıt miktarı bilinmiyorsa mesafe hesaplamaları yapılarak hesaplama gerçekleştirilir. Fabrikaya veya müşteriye olan mesafeler belirlenerek Defra üzerinden emisyon faktörleri hesaplanarak kg CO₂ değerleri belirlenir. Bu süreç, çevresel etkilerin hesaplanması ve azaltılmasında önemli bir adımdır.

İngiltere'nin şirket raporlamasına yönelik sera gazı dönüşüm faktörlerine ilişkin ilgili yıla ait klavuzlardan yararlanılmıştır (URL-7).

Yapılan örnek çalışmada, kuruluşa gelen taşımacılık ve dağıtımından kaynaklanan emisyonların büyük bir kısmının, ürün üretimi için gereken hammadde çıkarılması sürecinde kullanılan Kalker, klinker malzemelerin taşınması sırasında olduğu belirtilmiştir. Bu hesaplamalarda, taşıma mesafeleri de dikkate alınmıştır. Hesaplamalar Çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11. Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.

Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı ve ya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar						
Emisyon kaynağı	Araç tipi	FV		EF		CO2e
		Değer	Birim	Değer	Birim	
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı	panelvan tipi araçlar	157852,3	km	0,14003	kg/km	102,35
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatında kullanılan araçlarda kullanılan yakıtın, üretimi, taşınması ve dağıtımından kaynaklanan emisyonlar (WTT-Well to Tank emisyonları)	panelvan tipi araçlar	157852,3	km	0,03568	kg/km	5,63
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	64164	km	0,78952	kg/km	288,91
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı yapıldıktan sonra tesisten gitmesi(yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	64164	km	0,63161	kg/km	278,78
Ürünlerin taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (taşıma aracının tesise ürün bırakması amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	64164	km	0,18728	kg/km	12,02
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Ürün taşıma aracının ürünü bıraktıktan dönmesi) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	64164	km	0,14983	kg/km	9,61
HAMMADDE TAŞINMASI	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	100075	km	0,78952	kg/km	450,60
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı yapıldıktan sonra tesisten gitmesi(yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	100075	km	0,63161	kg/km	434,80
Ürünlerin taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (taşıma aracının tesise ürün bırakması amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	100075	km	0,18728	kg/km	18,74
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Ürün taşıma aracının ürünü bıraktıktan dönmesi) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	100075	km	0,14983	kg/km	14,99
KİMYASAL KATKI TAŞINMASI	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	11234	km	0,78952	kg/km	50,58
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı yapıldıktan sonra tesisten gitmesi(yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	11234	km	0,63161	kg/km	48,81

Çizelge 6.11 (Devam). Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.

Ürünlerin taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (taşıma aracının tesise ürün bırakması amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	11234	km	0,18728	kg/km	2,10
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Ürün taşıma aracının ürünü bıraktıktan dönmesi) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	11234	km	0,14983	kg/km	1,68
YAKIT NAKLİYESİ	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	676777	km	0,78952	kg/km	3.047,30
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı yapıldıktan sonra tesisten gitmesi(yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	676777	km	0,63161	kg/km	2.940,43
Ürünlerin taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (taşıma aracının tesise ürün bırakması amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	676777	km	0,18728	kg/km	126,75
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Ürün taşıma aracının ürünü bıraktıktan dönmesi) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	676777	km	0,14983	kg/km	101,40
Emisyon kaynağı	Yakıt türü	FV		NKD		CO2e
		Değer	Birim	Değer	Birim	Değer(ton)
HAMMADDE TAŞINMASI	Motorin	586,01154	ton	43	Tj/Gg	11.909,86
İŞ MAKİNASI, KIRICI , JCB	Motorin	2,49	ton	43	Tj/Gg	8,04

6.2.5.2 Kategori 3.2: Mal (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar

Malların alt nakliyesi ve dağıtımı esnasındaki oluşan emisyonlar, tedarik zinciri boyunca ilk ve/veya diğer alıcılardan kaynaklanan nakliye hizmetlerinden kaynaklanan emisyonlardır, ancak kuruluş tarafından ödenmez. Kuruluş, yalnızca kuruluştan ilk alıcıya gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetlerinden veya tedarik zincirindeki tüm taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını dâhil edebilir.

Yapılan örnek çalışmada kuruluştan giden taşımacılığı ve dağıtımından kaynaklanan emisyonlar için çıktımız olan ürün imentp ve atık malzemelerin tesisten gönderilmesi sürecinde ulaşım mesafeleri alınarak hesaplamalar dâhil edilmiştir. Hesaplamalar izelge 6.12’de gösterilmiştir.

Fabrikaya/Müşteriye mesafeleri belirlenerek Defra üzerinden emisyon faktörleri hesaplanarak kg CO₂’e değeri hesaplanmaktadır.

İngiltere’nin şirket raporlamasına yönelik sera gazı dönüşüm faktörlerine ilişkin ilgili yıla ait kılavuzlardan yararlanılmıştır (URL-7).

Çizelge 6.12. Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.

Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar														
Emisyon kaynağı	Araç tipi	FV		EF						Emisyonlar				
				CO2		CH4		N2O		CO2		GWP		
		Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	CH4	N2O	CO2e
Atıkların çimento tesisine taşınması - tehlikeli atıklar (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	90	km	0,78952	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	0,07106	ton	27,9	273	0,41
Atık taşıma aracının tesise atık almak üzere gelmesi (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	90	km	0,63161	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	0,05684	ton	27,9	273	0,39
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Atık taşıma aracının tesise atık almak üzere gelmesi amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	90	km	0,18728	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	0,01686	ton	27,9	273	0,02
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Atık taşıma aracının tesisten aldığı atıkları çimento tesisine taşınması amacıyla tükettiği motorin için) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	90	km	0,14983	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	0,01348	ton	27,9	273	0,01
Atıkların çimento tesisine taşınması - tehlikeli atıklar (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	77	km	0,78952	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	0,06079	ton	27,9	273	0,35

Çizelge 6.12 (Devam). Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.

Atık taşıma aracının tesise atık almak üzere gelmesi (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	77	km	0,63161	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	0,04863	ton	27,9	273	0,33
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Atık taşıma aracının tesise atık almak üzere gelmesi amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	77	km	0,18728	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	0,01442	ton	27,9	273	0,01
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Atık taşıma aracının tesisten aldığı atıkları çimento tesisine taşınması amacıyla tükettiği motorin için) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	77	km	0,14983	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	0,01154	ton	27,9	273	0,01
ÇİMENTO KLİNKER NAKLİYESİ	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	6713050	km	0,78952	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	5.300,08724	ton	27,9	273	30.226,57
Hizmet alımı ile gerçekleştirilen ürünlerin sevkiyatı yapıldıktan sonra tesisten gitmesi(yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	6713050	km	0,63161	kg/km	0,00011	kg/km	0,01359	kg/km	4.240,02951	ton	27,9	273	29.166,52

Çizelge 6.12 (Devam). Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.

Ürünlerin taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (taşıma aracının tesise ürün bırakması amacıyla tüketilen motorin için) (yarım yük)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	6713050	km	0,18728	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	1.257,22000	ton	27,9	273	1.257,22
Atıkların taşınmasında kullanılan yakıtın beşikten yakıt tankına kadarki yaşam döngüsü aşamaları (Ürün taşıma aracının ürünü bıraktıktan dönmesi) (yüksüz)	3.5- 33 ton olan mafsallı ağır yük taşıtı	6713050	km	0,14983	kg/km	0	kg/km	0	kg/km	1.005,81628	ton	27,9	273	1.005,82

6.2.5.3 Kategori 3.3: Çalışanların servis hizmetleri ile ilgili ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları

Çalışanların evlerinden işyerlerine taşınmasıyla ilgili emisyonlar da dâhil olmak üzere, çalışanların işe gidip gelmelerinden kaynaklanan emisyonlardır.

Örnek çalışması yapılan işletmede servis hizmeti alınmaktadır. Motorin tüketimi ilgili firmadan temin edilerek hesaplamalar dahil edilmiştir (Çizelge 6.13).

Çizelge 6.13. Personelin ulaşımından kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları.

Personelin işe geliş gidişleri kaynaklı emisyonlar	Emisyon kaynağı			Servis ve hizmet araçları / on-road	
	Yakıt türü			Motorin	
	FV		Değer	64,0573665	
			Birim	ton	
	NKD		Değer	43	
			Birim	Tj/Gg	
	EF	CO2	Değer	74100	
			Birim	kg	CO2/Tj
		CH4	Değer	3,9	
			Birim	kg	CH4/Tj
		N2O	Değer	3,9	
			Birim	kg	N2O/Tj
	YF			1	
	Emisyonlar	CO2	Değer(ton)	204,11	
		CH4	Değer(ton)	2,19	
		N2O	Değer(ton)	0,02	
	GWP(CH4)			27,9	
GWP(N2O)			273		
CO2e		Değer(ton)	271,71		

6.2.5.4 Kategori 3.4: Müşteri ve ziyaretçi seyahatleri ile ilgili ulaşımdan kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları

Müşterilerin ve ziyaretçilerin raporlama yapan şirketin tesisine yaptığı seyahatlerle ilişkili emisyonlar dâhil olmak üzere müşteri ve ziyaretçi taşımacılığından kaynaklanan emisyonlardır. Örnek çalışması yapılan işletmede verilerin doğruluğu k-noktasında tutarsızlık olduğu için önemlilik değerlendirmesinde hesaplamalara dahil edilmemiştir.

6.2.5.5 Kategori 3.5: İş seyahatleri nedeni ile yakma faaliyetlerinden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları

Mobil yanma kaynaklarında yanan yakıt nedeniyle iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlardır.

Otel konaklamaları, iş seyahatleriyle ilişkilendirildiğinde, yani bir toplantıya katılırken veya diğer iş amaçları için uçuş bağlantıları sırasında konaklama süresi de hesaba katılabilir. Eğer bu tür bilgiler mevcut ve önemliyse, seyahat esnasında oluşan dolaylı emisyonlar da hesaba katılmalıdır (Çizelge 6.14).

Çizelge 6.14. İş seyahatleri kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları.

Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar															
Emisyon kaynağı	FV		EF						Emisyonlar						CO2e
			CO2		CH4		N2O		CO2		CH4		N2O		
	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	
İş seyahatleri kapsamında gerçekleştirilen uçuşlar - kısa mesafe	20.810	yolcu.km	0,0791	kg CO2/yolcu.km	0,00001	kg CH4/yolcu.km	0,00075	kg N2O/yolcu.km	1,64565	ton	0,00021	ton	0,01561	ton	5,91
İş seyahatleri kapsamında gerçekleştirilen uçuşlarda kullanılan yakıtlar için WTT (well to tank) - kısa mesafe	20.810	yolcu.km	0,0165	kg CO2e/yolcu.km	-	kg CH4/yolcu.km	-	kg N2O/yolcu.km	0,34420	ton	-	ton	-	ton	0,34
İş seyahatleri kapsamında gerçekleştirilen konaklama	103	Gecelik oda	32,1	kg CO2e/gecelik oda	-	kg CH4/yolcu.km	-	kg N2O/yolcu.km	3,30630	ton	-	ton	-	ton	3,31

6.2.6 Kategori 4: Kuruluş tarafından kullanılan ürünler kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

Kurumsal sınırların dışında bulunan kaynaklardan kuruluş tarafından kullanılan hizmetlerden kaynaklanan dolaylı sera gazı emisyonları meydana gelmektedir. Sabit veya hareketli olabilen bu kaynaklar raporlama yapan kuruluş tarafından dikkate alınmalıdır.

Emisyonlar çoğunlukla

- hammaddelerin çıkarımı, zirai faaliyetler;
- Hammaddelerin veya ürünlerin tedarikçiler arasında taşınımı;
- hammaddelerin üretimi ve işlenmesi aşamalarından kaynaklanmaktadır (ISO 14064-1).

Kategori 4 kapsamında hesaplamalara dahil edilen süreçler (Çizelge 6.15)'te detaylandırılmıştır.

Çizelge 6.15. Kategori 4 Emisyonlar.

EMİSYONLAR		NOTLAR
Kategori 4: Kuruluş tarafından kullanılan ürünler kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları (CO ₂ e)		
4.1	Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar	Örnek Çalışmada gelen ürün olarak tedarikçiden alınan patlayıcı dâhil edilmiştir
4.2	Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır ve taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar	İlgili yıla ait demirbaş sermaye varlığı alımı olmamıştır.
4.3	Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar	Motat Beyanı dikkate alınarak hesaplamaya dâhil edilmiştir
4.4	Kiralanan ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar	Çalışma örneğinde kiralanan ekipman bulunmamaktadır
4.5	Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar	Önemlilik değerlendirmesinde veri temini, bilgi güvenilirliği ve hesaplanabilirliği olmaması sebebiyle hesaplamalara dahil edilmemiştir

6.2.6.1 Kategori 4.1: Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar

Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar” kapsamında üretim sürecinde satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul maddeler tespit edilerek hesaplamaya dahil edilmektedir.

Örnek çalışması yapılan işletmede önemlilik değerlendirmesinde üretim ile alakalı olan ürün olan patlayıcı faturalardan tespit edilerek hesaplamalara dahil edilmiştir ve karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. EF değeri Ecoinvent veri tabanı kullanılarak alınmıştır (Çizelge 6.16).

Çizelge 6.16. Kategori 4.1-Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan.

Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul/yarı mamul vb. kaynaklı emisyonlar					
Satın alma kalemi	FV			Emisyonlar	CO2e
	Değer	Birim	CO2	CO2	
			Birim	Değer	
Üretim ile Alakalı					
Ham Madde/ Yarı Mamul/Katkı					
Chryso wpa 513	90	ton	kgCO2e/ton	19,80	19,80
Ham alçı taşı	60506,69	ton	kgCO2e/ton	5,02	5,02
Ham alternatif kil	78139,09	ton	kgCO2e/ton	16,88	16,88
Demir cevheri	4776,42	ton	kgCO2e/ton	2,63	2,63
Ham alternatif kalker	41754,39	ton	kgCO2e/ton	0,01	0,01
Ham mermer	25922,04	ton	kgCO2e/ton	5,60	5,60
Akgrin 456	250	ton	kgCO2e/ton	55,00	55,00
Ac-cls 001	210	ton	kgCO2e/ton	46,20	46,20
Uçucu kül	28147,04	ton	kg/ton	112,59	112,59

6.2.6.2 Kategori 4.2: Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır ve taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar

“Sermaye niteliğindeki varlıklardan (taşınır ve taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar” kapsamında demirbaşlar tespit edilerek hesaplamaya dahil edilmektedir

Örnek çalışması yapılan işletmede ilgili yıla ait alım olmadığı için demirbaş sermaye varlığı hesaplamaya dahil edilmemiştir.

6.2.6.3 Kategori 4.3: Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar

“Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar” kapsamında üretim sürecinde oluşan katı ve sıvı atıklar tespit edilerek hesaplamaya dahil edilmektedir.

Örnek çalışmada, 2022 yılında oluşan ve lisanslı atık firmalarına gönderilen atıkların, 2022 yılı atık beyan formuna dayanarak hesaplamaları yapılmış ve bu hesaplamalar Çizelge 6.17'de sunulmuştur.

İngiltere'nin şirket raporlamasına yönelik sera gazı dönüşüm faktörlerine ilişkin ilgili yıla ait klavuzlardan yararlanılmıştır (URL-7).

Çizelge 6.17. Kategori 4.3-Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar.

Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar						
Atık türü	Atık işleme yöntemi	FV		EF		CO2e
				CO2		
		Değer	Birim	Değer	Birim	
Tehlikeli atık	BERTARAF	8	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,17
Demir dışı metal	BERTARAF	2,1	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,04
Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	BERTARAF	0,13	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00
Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	BERTARAF	0,02	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00
16 02 09 dan 16 02 12 ye kadar olanların dışındaki tehlikeli parçalar içeren ıskarta ekipmanlar	BERTARAF	0,1	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00
Cıva içeren piller	BERTARAF	0,006	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00
Demir ve çelik	BERTARAF	68	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	1,45
Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	BERTARAF	0,0055	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00
17 04 10 dışındaki kablolar	BERTARAF	1,25	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,03
20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	BERTARAF	0,05	ton	21,294	kg CO2e/ton tehlikeli atık	0,00

6.2.6.4 Kategori 4.4: Kiralanan ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar

“Kiralanan ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı emisyonlar” kapsamında üretim sürecinde kiralanan ekipmanlar tespit edilerek hesaplamaya dahil edilmektedir

Örnek çalışması yapılan işletmede dışarıdan araç kiralama faaliyeti gerçekleşmemiştir

6.2.6.5 Kategori 4.5: Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar

“Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar” kapsamında hizmet alımları hesaplamaya dahil edilmektedir

Örnek çalışması yapılan işletmede önemlilik değerlendirmesinde veri temini, bilgi güvenilirliği ve hesaplanabilirliği olmaması sebebiyle hesaplamalara dahil edilmemiştir.

6.2.7 Kategori 5: Ürünlerin üretim sonrası kullanımı kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları

Kuruluştaki ürünlerin kullanımına bağlı olarak sera gazı emisyonları veya azaltmalar, kuruluşun üretim aşamasında oluşan süreçte kuruluş tarafından piyasaya sürülen ürünler kaynaklıdır. Bu emisyonlar veya azaltmalar, çok çeşitli hizmetleri ve ilgili süreçleri kapsayabilir.

Genellikle kuruluş, ürünün yaşam evreleri süresince ne olacağını bilemez ve bu nedenle her yaşam aşaması için geçerli senaryolar tanımlamalıdır.

Kategori 5 kapsamında hesaplamalara dâhil edilen süreçler (Çizelge 6.18)’de detaylandırılmıştır.

Çizelge 6.18. Ürünlerin üretim sonrası kullanımı kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları.

EMİSYONLAR		NOTLAR
	Kategori 5: Ürünlerin üretim sonrası kullanımı kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonları	
5.1	Ürünün kullanımı kaynaklı emisyonlar ve uzaklaştırmalar	
5.2	Kiraya verilen ekipmanların (kuruluşa ait) kullanımı kaynaklı emisyonlar kaynaklı emisyonlar	İlgili yıla ait kurulun kiraya verilen ekipmanı bulunmamaktadır
5.3	Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.)	Ürünün Kullanım ömrünü tamamlaması sonrası sürecinde senaryoya istinaden ç inşaat moloz yığını olduğu varsayılarak end of life hesabı yapılmıştır.
5.4	Yatırımlar kaynaklı emisyonlar	Çalışma örneğinde ilgili yılda bir yatırım bulunmamaktadır

6.2.7.1 Kategori 5.1: Ürünün kullanımı kaynaklı emisyonlar ve uzaklaştırmalar

Satılan tüm ilgili ürünlerden beklenen toplam ömür boyu emisyonları içerir. Bu kategoriden kaynaklanan emisyonların yaşam döngüsü senaryolarıyla çok yakından ilgilidir.

6.2.7.2 Kategori 5.2: Kiraya verilen ekipmanların (kuruluşa ait) kullanımı kaynaklı emisyonlar kaynaklı emisyonlar

Kiralanen araçlardan kaynaklanan emisyonlar, raporlama yapan kuruluşa ait olan ve raporlama yılı boyunca diğer kuruluşlara kiralanen varlıkların kullanımından kaynaklı oluşan emisyonlardır.

Örnek çalışması yapılan işletmenin 2022 yılına ait kiraya verilen ekipmanı bulunmadığı için hesaplamalara dahil edilmemiştir.

6.2.7.3 Kategori 5.3: Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.)

İşletme tarafından satılan tüm ürünlerin kullanım ömrü sonu ile ilişkili emisyonları içerir. Çoğunlukla emisyon kaynakları ve yutucular katı ve sıvı atıkların bertarafı ile ilgili olanlar hesaplamaya dahil edilmektedir (Çizelge 6.19).

Ürünün Kullanım ömrünü tamamlaması sonrası sürecinde senaryoya istinaden inşaat moloz yığını olduğu varsayılarak end of life hesabı yapılmıştır.

Çizelge 6.19. Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.).

Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım, vb.)										
Emisyon kaynağı	FV		EF						Emisyon lar	
			CO2		CH4		N2O		CO2	
	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer	Birim	Değer(ton)	CO2e
Çimentonun kullanılacak yeri hazırlama	1211407	ton	4,84	kg/Gwh	-	kg/Gwh	-	kg/Gwh	5.863,21	5.863,21

6.2.7.4 Kategori 5.4: Yatırımlar kaynaklı emisyonlar

Yatırım kaynaklı oluşan özel veya kamu mali kurumlarını hedef alan emisyonlardır. Emisyonlar öz sermaye borcu, yatırım borcu, proje finansmanı ve diğerleri olmak üzere 4 tür faaliyetten kaynaklanmaktadır.

Örnek çalışması yapılan işletmenin 2022 yılına ait yatırımı bulunmadığı için hesaplamalara dahil edilmemiştir.

6.2.8 Su ayak izi hesaplama kategorileri

Su ayak izi hesaplamalarında, faturalar ve sayaç okumaları gibi asıl veriler kullanılarak belirlenir. Sadece atıksu tahliye miktarında ikincil veri kullanılır.

Mavi Su Ayak izi hesaplarında, Fabrika ve Beton Santralinin kullanma suyu ve Proses suyu ihtiyacı 2 kuyudan karşılanmaktadır. İçme suyu olarak Damacana su tercih edilmektedir. Mavi su ayak izi hesaplamaları için birinci veriler kullanılmıştır.

Yeşil Su Ayak izi hesaplarında, Devlet Meteoroloji Ofisinden alınan yağış miktarı mm cinsinden ölçülüp tesislerin kapladığı alan ile çarpılarak ayak izi m² cinsinden hesaplanmıştır. Yeşil alanlardaki buharlaşma oranı %40, kömür stok alanındaki beton zemin üzerindeki buharlaşma oranı ise %10 olarak kabul edilmiştir.

Gri Su Ayak izi hesaplarında, atıksu tahliye miktarı hesaplanırken tesise gelen suyun buharlaşma oranı %10 ve yağmur suyunun beton zemin üzerindeki buharlaşma oranı da %10 olarak kabul edilmiştir. Arıtma tesisinin girişindeki atık su kirlilik miktarları

hakkında bilgi bulunmamaktadır. Ancak arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atık suyun kirlilik miktarları analiz raporları ile belirlenmektedir. Bu nedenle, hesaplamalarda arıtma verimliliği sıfır olarak kabul edilir ve çıkış kirlilik konsantrasyonu, giriş kirlilik konsantrasyonu olarak ele alınarak işlem yapılır. KOİ, AKM ve Yağ Gress gibi parametreler temel alınarak gri su ayak izi hesaplamaları yapılmış ve yüksek çıkan değerler gri su ayak izine dahil edilmiştir.

2022 yılına ait su kullanım türü ve kaynakları incelendiğinde;

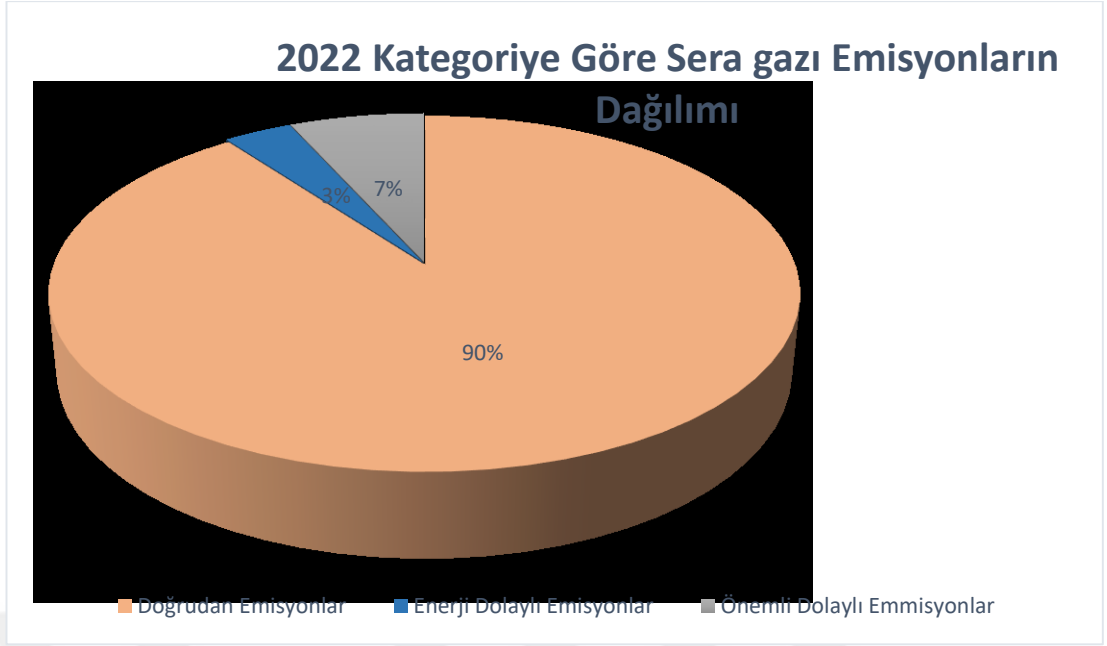
- Mavi su ayak izinin 112.652 m³
- Yeşil su ayak izinin 6764,768 m³
- Gri su ayak izinin 128.320 m³ olduğu tespit edilmiştir.

6.3 Bulgular

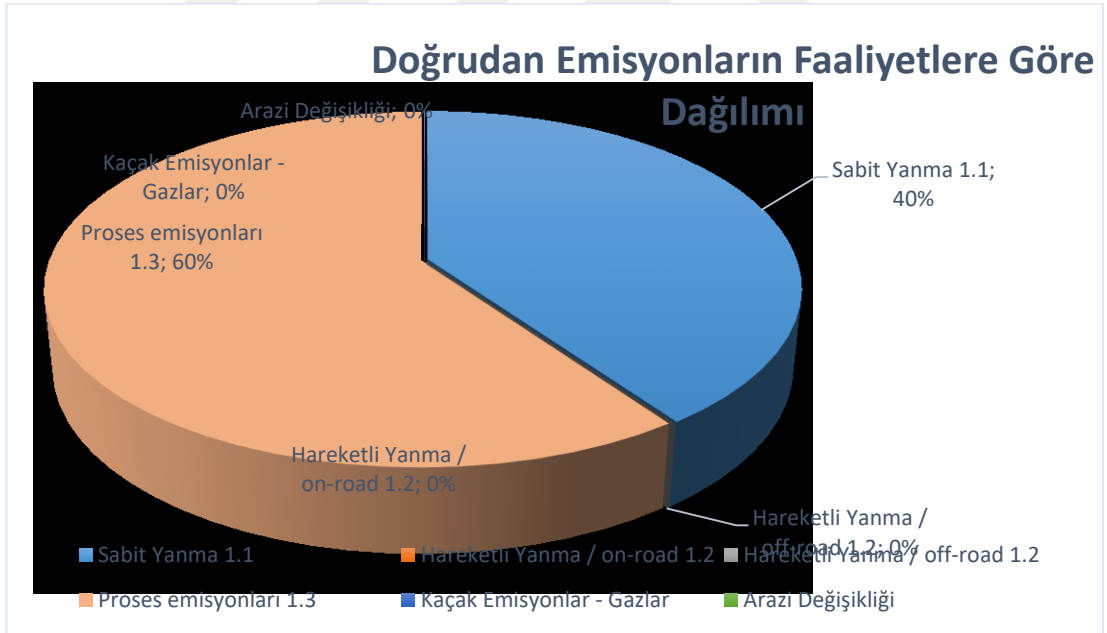
Örnek çalışması yapılan işletmenin kurumsal karbon ayak izi hesaplaması doğrudan, enerji dolaylı ve önemlilik değerlendirmesi çalışmasına Şekil 6.6'ya göre diğer dolaylı hesaplamalar ilgili kategori ve alt kategorilerine göre hesaplanarak sonuçları Çizelge 6.20'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.20. Sera gazı emisyonları sonucu.

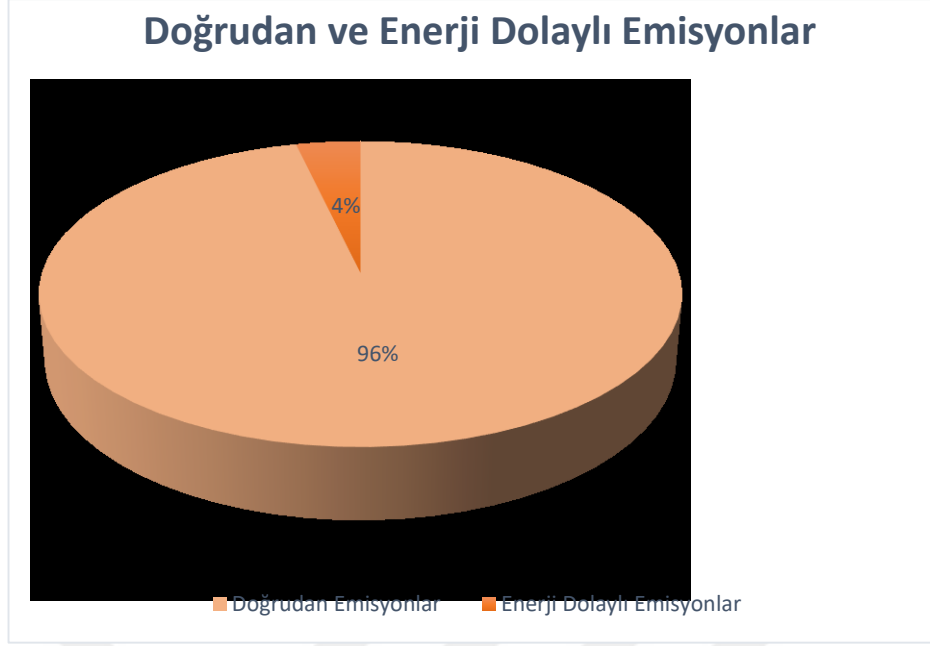
Raporlama yılı: 2022								
Kapsam	Faaliyet Kategorisi	Emisyon (ton CO ₂)	Emisyon (ton CH ₄)	Emisyon (ton N ₂ O)	Emisyon (ton HFC)	Emisyon (ton SF ₆)	Toplam Emisyon (tCO _{2eq})	Toplam Emisyon (tCO _{2eq})
Doğrudan Emisyonlar	Sabit Yanma 1.1	435.787,83	43,91	6,62	0,00	0,00	438.819,91	1.092.561
	Hareketli Yanma / on-road 1.2	23,10	0,02	0,00	0,00	0,00	34,29	
	Hareketli Yanma / off-road 1.2	34,82	0,07	0,00	0,00	0,00	26,18	
	Proses emisyonları 1.3	656.605,55	0,00	0,00	0,00	0,00	653.533,55	
	Kaçak Emisyonlar - Gazlar	0,03	0,00	0,00	110,38	36,66	147,07	
Enerji Dolaylı Emisyonlar	Tüketilen Elektrik	41.861,60	0,00	0,00	0,00	0,00	41.861,60	41.862
Önemli Dolaylı Emisyonlar								
Kategori 3	Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	3.401,34	183,69	41,49	0,00	0,00	19.853,38	81.792
	Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar.	11.803,45	1,48	182,47	0,00	0,00	61.657,66	
	Personelin İşe geliş Gidişleri	204,11	2,19	0,02	0,00	0,00	271,71	
	iş seyahati	5,30	0,00	0,02	0,00	0,00	9,56	
Kategori 4	Ham madde /mamul	263,72	0,00	0,00	0,00	0,00	263,72	265
	Atık bertaraf	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	
Kategori 5	Ürünün kullanım ömrünü tamamlamasından sonraki emisyonlar	5.863,21	0,00	0,00	0,00	0,00	5.863,21	5.863
TOPLAM		1.155.855,74	231,36	230,61	110,38	36,66	1.222.343,53	1.222.344



Şekil 6.5. 2022 yılı kategoriye göre sera gazı emisyonu dağılımı.



Şekil 6.6. Doğrudan emisyonların faaliyetlere göre dağılımı.



Şekil 6.7. Doğrudan ve enerji dolaylı emisyonların dağılımı.

Doğrudan ve enerji dolaylı emisyonlar kategorisi kendi içerisinde incelendiğinde ise % 96’lık doğrudan emisyonlardan, %4’lük kısmı ise enerji dolaylı emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

Üretilen ürün miktarına da bakınca üretim başına düşen; 1.650.300 ton çimento klinkeri için 0,74 ton CO₂/Çimento-klinker emisyon salımı gerçekleşmektedir.

Bu süreçler incelendiğinde dünya da AB ETS kapsamında da ortalama kabul gören sınır değer Mrv proses emisyonları kapsamında 0,72 ton/ Çimentodur. Fakat karbon kaçağına sebep olan en büyük sektörlerden biri olan çimento sektörü için mutlaka alternatif yakıt ve enerji tüketim süreçleri dikkate alınmalıdır.

5 ayrı bölge de yapılan çalışma da ise LCA (Life Cycle Assesment) çalışması yapılarak doğrudan karbon emisyonları çalışması yapılmıştır (Prakasan vd., 2020). (Çizelge 6.21)

Çizelge 6.21. Çimento Sektörüne özgü 5 ayrı doğrudan emisyonların dağılımı (Prakasan vd., 2020).

Product	Input	Embodied CO ₂ (kgCO ₂ /ton)				
		Region 1 USA	Region 2 Canada	Region 3 Europe without Switzerland	Region 4 Switzerland	Region 5 Rest of the World
Clinker	Direct CO ₂ (raw material and fuel)	839.00	846.00	839.00	769.00	838.00
	Electricity	35.90	1.10	25.40	10.20	40.10
	Others	57.40	25.50	58.20	18.60	64.90
	Total	933	873	923	798	943
Cement Portland	Clinker	842.00	803.00	833.00	721.00	852.00
	Electricity	34.50	0.56	16.50	3.70	25.40
	Others	3.50	3.45	3.50	3.30	3.60
	Total	880	807	853	728	881
Cement Pozzolana and fly ash	Clinker	642.00	–	675.00	584.00	690.00
	Electricity	29.40	–	14.50	2.79	22.30
	Others	3.60	–	3.50	3.21	3.70
	Total	675	–	693	590	716

6.4 Sektörel Çalışmalar

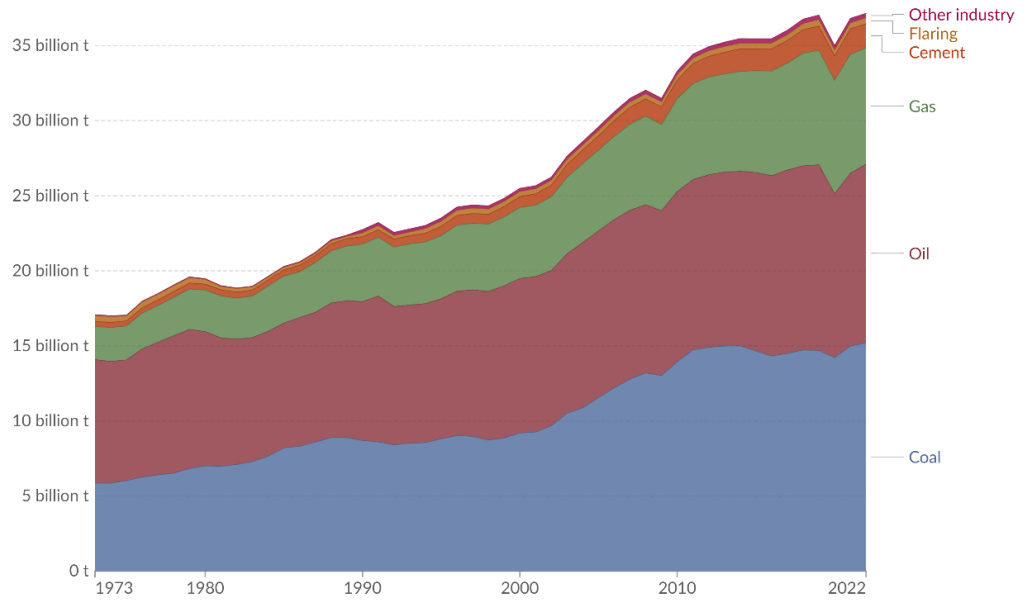
Ülkemizde ve AB ETS sisteminde uygulanan MRV (İzleme, Raporlama ve Doğrulama) süreçlerini barındıran belirli sektörlerin emisyon raporları bulunmaktadır.

Çimento sektöründe ise; çimento ürünlerinin karbon ayak izi, üretim sürecinde karbonat ayrışması ve fosil yakıt yanmasından kaynaklanan doğrudan emisyonların yanı sıra güç üretimi ve ulaşımdan kaynaklanan dolaylı hammadde öncesi ve üretim sonrası emisyonları içerir.

Endüstriyel sanayi sektörü olarak iklim değişikliği kapsamında dünyada oluşan sektörel sera gazı salımları incelendiğinde; çimento, yakıt, gaz ve birçok diğer sektörler de yer almaktadır.

Dünyada ve Türkiye’de sektörel çalışmalar kapsamında salım olan emisyonlar Şekil 6.8’de gösterilmektedir.

CO₂ emissions by fuel or industry type, World



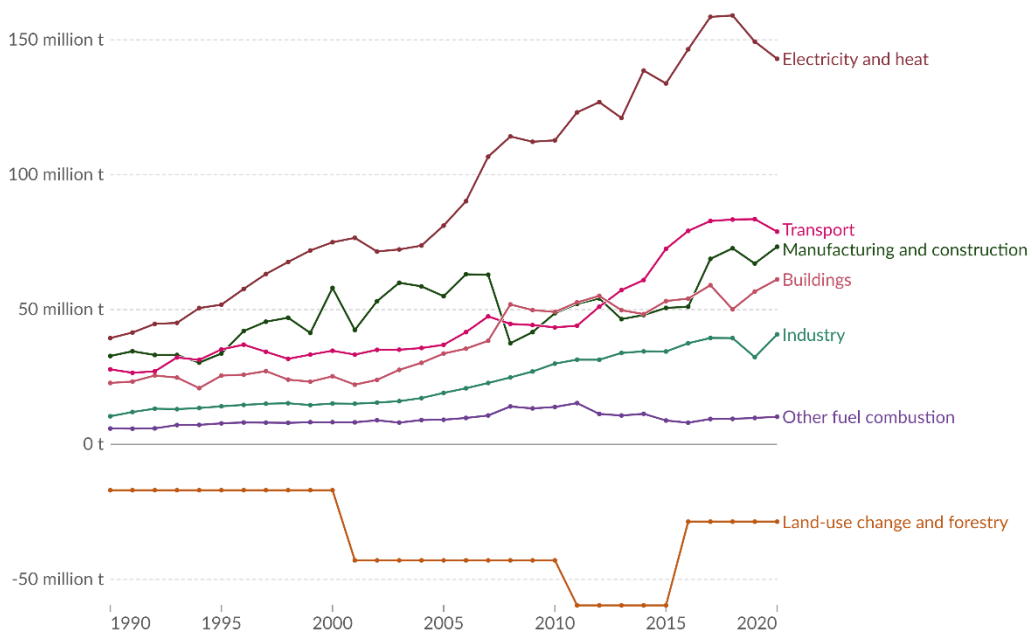
Data source: Global Carbon Budget (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

Şekil 6.8. Dünyada sektöre özgü emisyon salımları (URL-3).

Türkiye de sektörel bazda emisyonlar incelendiğinde Şekil 6.9’de Enerji, ulaşım, üretim gibi sektörlerinden her geçen yıl artış gösterdiği incelenmektedir.

CO₂ emissions by sector, Turkey



Data source: Climate Watch (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

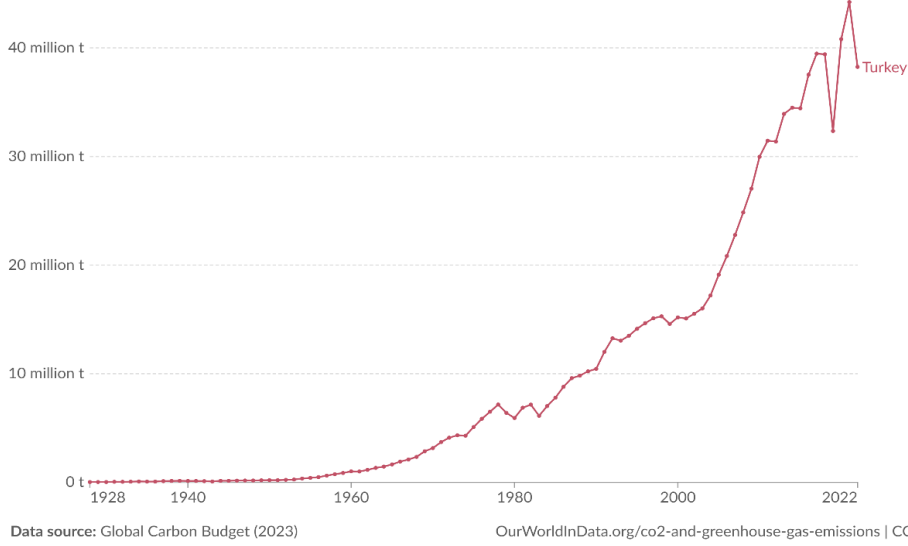
Şekil 6.9. Türkiye’de sektöre özgü emisyon salımları (URL-3).

Bunun yanında sektörel olarak çimento sektörüne geldiğimiz de ise Şekil 6.10'da üretim süreci her geçen gün artarak devam etmektedir.

Annual CO₂ emissions from cement

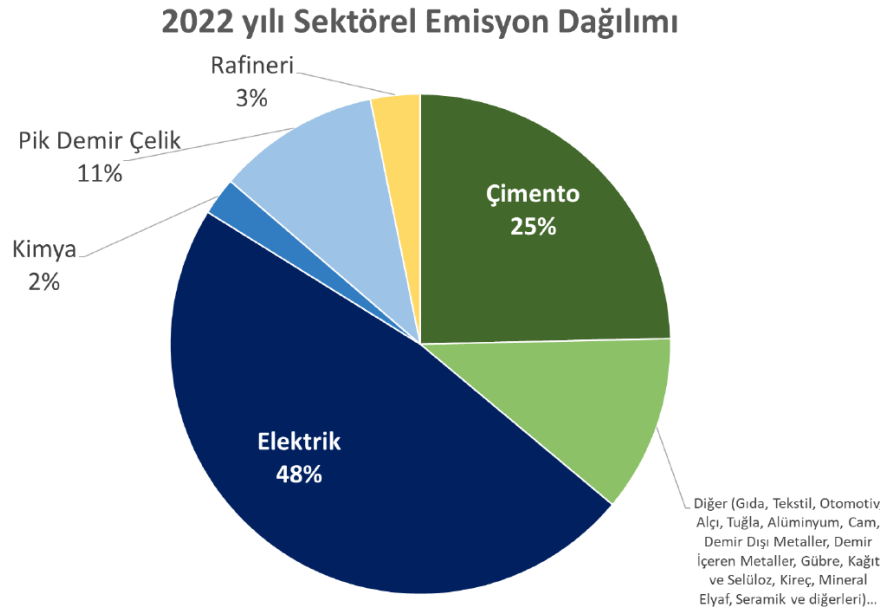
Annual emissions of carbon dioxide (CO₂) from cement, measured in tonnes.

Our World
in Data



Şekil 6.10. Türkiye’de çimento sektörüne özgü emisyon salımları (URL-3).

TÜİK Verileri incelendiğinde Sera Gazı Emisyon İstatistiklerine bakıldığında Toplam sera gazı emisyonu 2021 yılında 564MtCO₂ eşdeğeri oldu. Yılında Türkiye de sektörel emisyon dağılımı ise Şekil 6.10’da gösterilmiştir.



Şekil 6.11. 2022 yılı Sektörel emisyon dağılımı.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, Kyoto Protokolü kabul edildiğinde, Kyoto Protokolü'nün 2008 ve 2012 yıllarını kapsayan ilk yükümlülük döneminde herhangi bir sayısal salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğüne tabi tutulmamıştı. Fakat Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen, 29068 sayılı, 22 Temmuz 2014 tarihli “Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında tebliğ” ve 29003 sayılı, 17 Mayıs 2014 tarihli “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmeliği'ne” göre kuruluşların sera gazı emisyonlarını hesaplamaları, ve yetkili akredite doğrulayıcı kuruluşlara doğrulatmaları ve emisyon raporlarını bakanlığa sunmaları gerekmektedir. Bu durumda firmaların sera gazları emisyonlarını sürekli izlemeleri gerekmektedir. Çimento sektörü de bu ulusal mevzuat kapsamında zorunlu tesisler arasında yer almaktadır. Ve 2015 yılından itibaren proses emisyonlarını hesaplatarak doğrulatmaktadırlar.

Sektör olarak da fosil yakıtların kullanılması proses emisyonları kısmında ciddi bir emisyon salımına sebep olmaktadır. Bu sebeple alternatif yakıtlara ya da düşük karbonlu içeriklere yönelmeleri gerekmektedir.

Su Ayak izi konusunda ise, su tüketim ve geri kazanımları için yatırımlar yapılarak sınırsız olmayan doğal kaynak kullanımını azaltma yönünde çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Çimento üretimi, yüksek enerji ve karbon gereksinimleri olan bir endüstridir. Küresel insan kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonlarının yaklaşık %5'ini oluşturan çimento endüstrisi, enerji santrallerinin ardından en büyük ikinci CO₂ emisyon kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Ishaka ve Hashim, 2015).

Bu nedenle, iklim değişikliğiyle mücadelede yönelik Kyoto protokolünde ortaya konulan hedeflere uyum sağlamak için bu emisyonların azaltılması öncelikli hedeftir.

Son dönemlerde, çimento endüstrisinin sürdürülebilir kalkınmasını ve endüstriyel yan ürünlerin veya atıkların bertarafının sinerjik etkilerini sağlamak amacıyla, çeşitli endüstriyel yan ürünler veya atıklar çimento üretiminde alternatif yakıt ve malzeme olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, belediye katı atıkları, atık lastikler, kömür

gangı, yüksek fırın cürufu ve kanalizasyon çamuru bu amaçla değerlendirilmektedir (Palermo vd., 2022; Tao vd., 2022, Li vd., 2023).

Alternatif malzemelerin kompozisyon ve içeriğindeki büyük farklılıklar nedeniyle, farklı çalışmaların LCA sonuçlarında önemli farklılıklar vardı.

Çimento fırınında eş işleme teknolojisi, atıkların bertarafını yüksek sıcaklıkta klinker kalsinasyonu ile birleştiren yeni bir üretim yöntemidir ve bu da geleneksel üretime kıyasla küresel ısınma potansiyelini (GWP) 11.121 kg CO₂ eşdeğeri oranında azaltabilir (Liang vd., 2023a). Karbon yakalama, kullanım ve depolama teknolojisi (CCUS), çimento fabrikasının atık gazından CO₂'yi etkili bir şekilde ayırabilir ve yakalayabilir ve çimento üretiminin CO₂ emisyonunu %15-%97 oranında azaltabilir

Çimento fırınında eş işleme teknolojisi, atıkların bertarafını yüksek sıcaklıkta klinker kalsinasyonu ile birleştiren yenilikçi bir üretim yöntemidir ve bu, geleneksel üretime kıyasla küresel ısınma potansiyelini (GWP) 11.121 kg CO₂ eşdeğeri kadar azaltabilir (Liang vd., 2023a). Karbon yakalama, kullanım ve depolama teknolojisi (CCUS), çimento fabrikalarının atık gazlarından CO₂'yi etkili bir şekilde ayırıp yakalayarak, çimento üretiminin CO₂ emisyonlarını %15 ile %97 arasında azaltabilir (García - Gusano vd., 2015; Bacatelo vd., 2023).

Dolayısıyla ülkemizde de bu anlamda azaltıma yönelik çalışmaların da yapılarak iklime katkısının sağlanması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Asan, D., 2022. 1972 Stockholm insan ve çevre konferansı, Su ve Çevre Teknolojileri, 109, 36.
- Avrupa Komisyonu, 2019. Komisyondan Bildirim, Avrupa Yeşil Anlaşması, COM, 640, Brüksel.
- Ayhan, D., 2010. Enerji, çevre ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında küresel iklim değişikliği sorunsalı ve Kyoto protokolü: Türkiye analizi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bacatelo M., Capucha F., Ferrão P. ve Margarido F., 2023. Selection of a CO2 capture technology for the cement industry: An integrated TEA and LCA methodological framework.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. ve Palutikof, J. P. (Eds.), 2008. Climate change ve water, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Bogoslov, I. A., Lungu, A. E., Stoica, E. A. ve Georgescu, M. R., 2022. European Green Deal impact on entrepreneurship ve competition: A free market approach. Sustainability, 14, 19, 1-15.
- Boyar, O., 2020. Anayasa ve sürdürülebilir kalkınma, İstanbul Hukuk Mecmuası, 78, 4, 1921-1957.
- Climate, C., 2007. The Synthesis Report, Erişim Adresi: https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr.nx1Lgfxm_zEafzQDjgx.;_ylu=Y29sbwNpcjIEcG9zAzIEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1727853004/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.ipcc.ch%2fsite%2fassets%2fuploads%2f2018%2f02%2far4_syr_full_report.pdf/RK=2/RS=St5_5ksl0C5sEkLRxl1yZWWMJw-
- Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N. ve Winther, J. G., 2013. Introduction. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex ve P. M. Midgley (Eds.), Climate change 2013. The physical science basis. Contribution of working group i to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 119-158. Cambridge University Press.
- Çayırağası, F., 2022. Avrupa yeşil mutabakatı, Avrupa Birliği ile Türkiye arasındaki ihracat ve sınırda karbon ayarlaması üzerine değerlendirme, Vergi Raporu Dergisi, 276, 69–84.
- Demir, S., 2006. Birleşmiş milletler kalkınma programı, İnsani Gelişme Endeksi ve Türkiye Açısında Bir Değerlendirme, DPT. Ankara
- Ecer, K., Güner, O., ve Çetin, M., 2021. Avrupa yeşil mutabakatı ve Türkiye ekonomisinin uyum politikaları, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 9, 2, 136.

- European Commission, 2021a. Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions ve Answers, Retrieved from. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qvea_21_3661
- European Commission, 2021b. Proposal for a Regulation of the European Parliament ve of the Council Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0564>
- European Commission, 2023. Delivering the European, https://commission.europa.eu/strategy-ve-policy_en
- Feng, B., Chen, B., Hayat, T., Alsaedi, A. ve Ahmad, B., 2017. Dynamic forecasting of agricultural water footprint based on MarkovChain-a case study of the Heihe River Basin. *Ecological Modelling*, 353, 150-157.
- Filonchyk, M., P. Peterson M., Lifeng, Z., Hurynovich,, V. ve He, Y., 2024. Greenhouse gases emissions ve global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, ve N₂O, *The Science of The Total Environment*, 935, 2 :173359.
- García-Gusano D., Garraín D., Herrera I., Cabal H., Lechón Y., 2015. Life Cycle Assessment of applying CO₂ post-combustion capture to the Spanish cement production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.056>
- Guo X., Li Y., Shi H., She A., Guo Y., Su Q., Ren B., Liu Z., Tao C., 2023. Carbon reduction in cement industry - An indigenized questionnaire on environmental impacts ve key parameters of life cycle assessment (LCA) in China. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139022>
- Güneş, A. M., 2021. Çevre hukuku (4. Baskı), Ankara: Adalet Yayınevi.
- Günsoy, G., 2005. İnsani gelişme kavramı ve sağlıklı yaşam hakkı, *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 2, 35-52.
- Hamamcı, C., 1997. Çevrenin uluslar arası boyutu, (Yay. Haz. Ruşen Keleş), İnsan Çevre Toplum İçinde, Ankara, İmge Yayınevi, 394-412.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. ve Mekonnen, M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard, Earthscan, 38-58.
- Hoekstra, A.Y., 2009. Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint ve water footprint analysis, *Ecological Economics*, 68, 7, 1963-1974.
- Hoekstra, A.Y., 2015. The Water Footprint of Industry, Assessing ve Measuring Environmental Impact ve Sustainability, Butterworth-Heinemann, Chapter 7, 221-254.
- Ishaka S.A. ve Hashim H., 2015. Low Carbon Measures for Cement Plant – A review.

- Kartal, T., 2018., Ulusal ve yerel Türkiye’de iklim değişikliği politikaları ve uygulamaları: Kayseri örneği, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Kaya, H. E., 2020., Kyoto’dan Paris’e küresel iklim politikaları, Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi, 4, 10, 165-191.
- Keskin, T., 2008., İklim değişikliği süreci ve Kyoto protokolü, Mühendis ve Makine, 49, 581.
- Keys, P.W., Wang-Erlvesson, L. ve Gordon, L. J., 2016. Revealing invisible water: moisture recycling as an ecosystem service. PLoS One 11, 3, 32–40.
- Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., 1994. Ekoloji ve çevre bilimleri, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Kıvılcım, İ., 2013. 2020’ye Doğru Kyoto-Tipi iklim değişikliği müzakereleri, İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları, 268.
- Kızıltan, B. ve Doğan D. U., 2021. Çimento sektöründe karbon ayak izlerinin raporlanması amacıyla bir çerçeve önerisi, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18,1,43.
- Koroneos C. J. ve Rokos D., 2012. Sustainable ve integrated development-a critical analysis, Sustainability, 4, 1, 141-153.
- Liang X., Dang W., Yang G., Zhang Y., 2023. Environmental feasibility evaluation of cement co-production using classified domestic waste as alternative raw material ve fuel: A life cycle perspective. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116726>
- O’ Riordan, Timothy, 1998. The Politics of Sustainability Sustainable Environmental Management Principles ve Practice, R. Kerry Turner (ed.), Belhaven Press, London, 29.
- Özkan, Ö., 2016. Sürdürülebilir kalkınma ve Türkiye’de çevre politikalarının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, M. ve Öztürk, A., 2019., BMİDÇS’den Paris Anlaşması’na: Birleşmiş Milletler’in iklim değişikliğiyle mücadele çabaları, Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12, 4, 527-541.
- Pekin M. A., 2006. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Prakasan, S., Palaniappan, S. ve Gettu R., 2020. Study of Energy Use ve CO2 Emissions in the Manufacturing of Clinker ve Cement Case Study. The Institution of Engineers (India).

- Siddi, M., 2021. A green revolution? A tentative assessment of the European Green Deal. *International Organisations Research Journal*, 16, 3, 85–107.
- Skalar, M., 2015. Uluslararası hukuk ve sürdürülebilir kalkınma (1. Baskı) İstanbul: Beta Yayıncılık.
- T.C. Bakanlığı, 2021. Yeşil mutabakat eylem planı. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf>
- T.C. Resmî Gazete, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 29003, 17.05.2014, 2
- T.C. Ticaret Bakanlığı, 2022. Yeşil Mutabakat Çalışma Grubu, Yıllık Faaliyet Raporu, 9.
- Talu, N. ve Kocaman, H., 2019. Türkiye’de iklim değişikliği ile mücadelede politikalar, yasal ve kurumsal yapı - iklim değişikliği eğitim modülleri serisi, WeGlobal. Erişim Adresi: https://www.iklimin.org/egitimmateryalleri/TR%20Pol_NT.pdf
- Tao, M., Lu, D., Shi, Y., Wu, C., 2022. Utilization ve life cycle assessment of low activity solid waste as cementitious materials: A case study of titanium slag ve granulated blast furnace slag, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157797>
- TS EN ISO 14064-1, 2019. Sera gazları-bölüm 1: sera gazı salımlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve raporlanmasına dair kılavuz ve özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS EN ISO 14064-2, 2019. ISO 14064-2 Sera Gazları Bölüm 2: sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin proje seviyesinde hesaplanmasına, izlenmesine ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 14064-3, 2019. Sera Gazları Bölüm 3: sera gazı beyanlarının doğrulanmasına ve onaylanmasına dair kılavuz ve özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler, *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 26-37
- TÜSİAD, 2020. Ekonomik göstergeler merceğinden yeni iklim rejimi. Erişim adresi: <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10633-ekonomik-gostergeler-merceginden-yeni-i-iklimrejimi-raporu>
- United Nations, 1998. Kyoto Protocol to the united nations framework convention on climate change, web sayfası: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> , Erişim Tarihi: 10/06/2024.

WRI ve WBCSD 2013. Supplement to the corporate value chain (scope 3) accounting ve reporting stveard, technical guidance for calculating Scope 3 Emissions, World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development.

Yıldırım, O. ve Nuri, F. İ., 2018., Sustainable development under the historical development process, Econworld: Sustainable Development, Lisbon.

Yilmaz, A.G. ve Imteaz, M.A., 2014. Climate change ve water resources in Turkey: a review ,Int. J. Water, 8, 3, 299–313.

Zhineng, H., Yazhen, C., Liming, Y., Weib, C., Chaozhi, L., 2016. Optimal allocation of regional water resources: from a perspective of equity–efficiency tradeoff. Resour. Conserv. Recycl. 109, 102–113.

Ziabina, Y. ve Pimonenko, T., 2020. Green Deal policy for renewable energy: A bibliometric analysis. Virtual Economics, 3, 4, 147-168.

Zwiers, F.W., Zhang, X., Feng, Y., 2011. Anthropogenic influence on long return period daily temperature extremes at regional scales. J. Clim. 24, 3, 881–892.

URL-1 < <https://www.tarimis.org.tr/basin/yayinlar> >, Erişim tarihi: 10.06.2024

URL-2 <<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>>, Erişim tarihi: 01.12.2023

URL-3 <<https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-cement?tab=chart&time=1978..latest&country=~TUR>>, Erişim tarihi: 20.07.2024

URL-4 <<https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097043053053066052076070053050121>>, Erişim tarihi: 02.10.2024

URL-5 <https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrLDoeDgPxm.TEAIDMDjgx.;_ylu=Y29sbwNpcjIEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1727852804/RO=10/RU=https%3a%2f%2fdocuments.worldbank.org%2fcured%2fen%2f962651468332944887%2fpdf%2f626280PUB0The000Box0361488B0PUBLIC0.pdf/RK=2/RS=aP8CvKrME951CYrF8SJORSmoCPg->>, Erişim tarihi: 02.10.2024

URL-6< <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri> >, Erişim tarihi: 02.10.2024

URL-7 < https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr.gZbxgPxmLDIAGBoDjgx.;_ylu=Y29sbwNpcjIEcG9zAzMEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1727852913/RO=10/RU=https%3a%2f%2fgovernment.gov.uk%2fgovernment%2fpublications%2fgreenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022/RK=2/RS=QdsXo.prjJZ3dX1SU2n1OjYinmk->>, Erişim tarihi: 02.10.2024.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Gülay ÖNCAR ŞENTÜRK

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2012

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2024

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Öncar Şentürk G. ve Koçyiğit H., 2023. Sınırdaki karbon düzenleme mekanizması, 15. National 3. International Environmental Engineering Congress, 23-25 November 2023.