

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİLİĞİ ANA BİLİM DALI



BİR KAFE İŞLETMESİNİN KARBON AYAK İZİNİN
HESAPLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

SEDA ALKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Atilla MUTLU (Tez Danışmanı)

Doç. Dr. Kazım Onur DEMİRARSLAN

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman UZUNER

BALIKESİR, TEMMUZ - 2026

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Bir Kafe İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Hesaplanması Ve Değerlendirilmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Seda ALKIR

ÖZET

**BİR KAFE İŞLETMESİNİN KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI VE
DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SEDA ALKIR
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ATILLA MUTLU)
BALIKESİR, TEMMUZ - 2026**

Bu çalışmada, Balıkesir merkezinde bulunan bir kafe işletmesinin faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izi incelenmiş ve işletmenin çevresel etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Artan sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği sorunları doğrultusunda, hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin çevresel performanslarının sürdürülebilirlik anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, kafe işletmesinde enerji tüketimi, su kullanımı, ulaşım faaliyetleri ve atık oluşumu gibi süreçlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları değerlendirilmiştir.

Çalışmada karbon ayak izi hesaplama yöntemlerinden yararlanılarak elde edilen veriler analiz edilmiş ve işletmenin toplam karbon salımına etki eden başlıca kaynaklar belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, özellikle elektrik ve doğal gaz tüketimi ile atık yönetimi süreçlerinin karbon emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca enerji verimliliğinin artırılması, geri dönüşüm uygulamalarının yaygınlaştırılması, sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi ve çevre dostu uygulamaların teşvik edilmesinin karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler, atık emisyonlarının büyük bir bölümünün enerji tüketiminden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Özellikle elektrik ve doğal gaz emisyonları bu emisyonların birikiminde önemli bir rol oynamaktadır. Elektrikle ilgili emisyonlar %63,18 ile en yüksek paya sahip olup, yüksek düzeyde kirlетici emisyonları (Scope 2) temsil etmektedir. Doğal gaz emisyonları ise %34,24 ile önemli bir doğrudan emisyon (Scope 1) seviyesini temsil etmektedir. Tüketimden kaynaklanan toplam yıllık emisyon 25836,46 kg CO₂e/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hizmet sektöründe karbon ayak izi programlarının yaygın şekilde uygulanmasının ve sonuçlara yönelik gerekli önlemlerin alınmasının, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Çevresel etki, iklim değişikliği, karbon ayak izi, küresel ısınma, sera gazı emisyonları, sürdürülebilirlik

ABSTRACT

CALCULATION AND EVALUATION OF THE CARBON FOOTPRINT OF A CAFÉ BUSINESS

MSC THESIS

SEDA ALKIR

**BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ATILLA MUTLU)**

BALIKESİR, JULY - 2026

In this study, the carbon footprint resulting from the activities of a café located in the city center of Balıkesir was examined, and it was aimed to determine the environmental impacts of the enterprise. In line with the increasing greenhouse gas emissions and climate change issues, evaluating the environmental performance of businesses operating in the service sector within the framework of sustainability has become highly important. In this context, greenhouse gas emissions arising from processes such as energy consumption, water use, transportation activities, and waste generation in the café enterprise were evaluated.

The data obtained through carbon footprint calculation methods were analyzed, and the main sources affecting the total carbon emissions of the enterprise were identified. As a result of the evaluations, it was determined that electricity and natural gas consumption, as well as waste management processes, had significant effects on carbon emissions. In addition, increasing energy efficiency, expanding recycling practices, adopting sustainable approaches, and promoting environmentally friendly applications were found to contribute to reducing the carbon footprint.

Assessments have revealed that a large proportion of waste emissions originate from energy consumption. Electricity and natural gas emissions, in particular, play a significant role in the accumulation of these emissions. Electricity-related emissions account for the highest share at 63.18%, representing a high level of polluting emissions (Scope 2). Natural gas emissions, on the other hand, represent a significant level of direct emissions (Scope 1) at 34,24%. The total annual emission from consumption was calculated as 25836,46 kg CO₂e/year. Furthermore, it was determined that widespread implementation of carbon footprint programs in the service sector, along with necessary measures taken in response to the results, contributes to reducing greenhouse gas emissions and achieving sustainability.

KEYWORDS: Environmental impact, climate change, carbon footprint, global warming, greenhouse gas emissions, sustainability

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vi
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER	5
2.1 İklim Değişikliği ve Küresel Isınma.....	5
2.2 Sera Gazı ve Sera Gazı Emisyonları.....	12
2.3 Karbon Ayak İzi ve Emisyon Kapsamları (Scope1, Scope2, Scope3).....	18
2.4 Gıda ve İçecek Sektöründe Sürdürülebilirlik	27
2.5 Kafe İşletmelerinde Emisyon Kaynakları.....	30
2.6 Literatür Özeti.....	33
3.METERYAL VE YÖNTEM	37
3.1 Çalışma Alanı ve İşletme.....	37
3.2 Veri Toplama Yöntemi.....	40
3.2.1 Enerji tüketim verileri	41
3.2.2 Su tüketim verileri.....	42
3.2.3 Atık verileri	43
3.2.4 Tedarik ve ürün verileri (Sınırlandırılmış scope 3 kapsamı)	44
3.3. Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemi (GHG Yaklaşımı).....	45
3.3.1 Scope 1 emisyonları (Doğrudan emisyonlar).....	45
3.3.2 Scope 2 emisyonları (Dolaylı emisyonlar).....	45
3.3.3 Scope 3 emisyonları (Diğer dolaylı emisyonlar).....	46
3.3.4 Toplam karbon ayak izi hesabı.....	47
3.4. Sınırlılıklar ve Varsayımlar	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	49
4.1 İşletmeye İlişkin Genel Bilgiler.....	49
4.1.1 Günlük müşteri sayısı	50
4.2 Enerji Tüketim Bilgileri.....	52
4.2.1 Elektrik tüketim bilgileri	53
4.2.2 Doğalgaz tüketim bilgileri.....	56
4.3 Su Tüketim Verileri	59
4.4 Atık Oluşum Verileri	62
4.5 Tedarik ve Ulaşım Kaynaklı Emisyonlar	70
4.6 Karbon Ayak İzi Hesaplama Sonuçları ve Kapsamlarının Değerlendirilmesi	70
4.7 Bulguların Tatışılması	72
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
6. KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: İklim değişikliğinin etkisi	6
Şekil 2.2: Yerküre-Atmosfer enerji dengesi.....	7
Şekil 2.3: İklim değişikliği oluşumu ve etkileri	8
Şekil 2.4: İnsana etkisi	9
Şekil 2.5: Sera gazı emisyonu en çok artan ülkeler	11
Şekil 2.6: Atmosferdeki sera gazlarının son yıllardaki durumu.....	13
Şekil 2.7: 2023 yılı sera gazı emisyonlarının sektörlere göre yüzdelik dağılımı	15
Şekil 2.8: 2023 yılı sera gazlarının gazlara göre yüzdelik dağılımı	15
Şekil 2.9: Atmosferdeki sera gazlarının son yıllardaki durumu.....	16
Şekil 2.10: Dünyanın ekolojik ayak izi ve biyo kapasitesinin karşılaştırılması.....	18
Şekil 2.11: Türkiye'nin ekolojik ayak izinin yıllara göre dağılımı	19
Şekil 2.12: Ekolojik ayak izinin Türkiye'de sektörel dağılımı	20
Şekil 2.13: CO ₂ emisyonlarının sektörlere göre	21
Şekil 2.14: CO ₂ emisyonlarının yakıtlara göre.....	21
Şekil 2.15: Karbon ayak izi ifade şekilleri	22
Şekil 2.16: Sektörlere göre 2021 yılı sera gazı emisyon oranları	24
Şekil 2.17: Kafe işletmeleri için emisyon şeması	31
Şekil 3.1: Balıkesir ilinin idari haritası ve Altıeylül ilçesinin konumu.....	37
Şekil 3.2: İşletmenin konumunun haritada ki yeri	38
Şekil 3.3: İşletmenin iç kısmına ait bar bölümü.....	38
Şekil 3.4: İşletmeye ait iç kısım oturma alanları.....	39
Şekil 3.5: İşletmenin ön kısmına ait oturma alanları	39
Şekil 4.1: İşletmenin 2025 yılı hizmet verdiği kişi sayısı	51
Şekil 4.2: İşletmenin 2025 yılı elektrik tüketim grafiği	54
Şekil 4.3: İşletmenin 2025 yılı doğalgaz tüketim grafiği.....	57
Şekil 4.4: İşletmeye ait 2025 yılı su tüketim grafiği	60
Şekil 4.5: İşletmeye ait 2025 yılı cam atık veri grafiği	64
Şekil 4.6: İşletmeye ait 2025 plastik atık miktarı veri grafiği	66
Şekil 4.7: İşletmeye ait 2025 yılı karton atık miktarı veri grafiği.....	67
Şekil 4.8: İşletmeye ait 2025 yılı evsel atık miktarı veri grafiği	69
Şekil 4.9: İşletmenin 2025 yılına ait emisyon kaynaklarının grafiği	71

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: 1990-2021 yılları arasında sektörel emisyonların miktarları	25
Tablo 4.1: İşletme 2025 yılı hizmet verdiği kişi sayısı.....	51
Tablo 4.2: İşletmeye ait 2025 yılı elektrik tüketim detayları.....	53
Tablo 4.3: İşletmeye ait 2025 yılı doğal gaz tüketim detayları	57
Tablo 4.4: İşletmeye ait 2025 yılı su tüketimi	60
Tablo 4.5: İşletmenin 2025 yılına ait cam ambalaj atık miktarı	63
Tablo 4.6: İşletmeye ait 2025 yılına ait plastik ambalaj atık miktarı	65
Tablo 4.7: İşletmenin 2025 yılına ait karton atık miktarı	67
Tablo 4.8: İşletmenin 2025 yılına ait karışık evsel atık miktarı	68
Tablo 4.9: İşletmenin 2025 yılına ait toplam emisyonlar	70

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

BM	: Birleşmiş Milletler
CF	: Karbon Ayak İzi (Carbon Footprint)
CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
CO₂e	: Karbondioksit Eşdeğeri
COP	: Taraflar Konferansı (Conference of the Parties)
E	: Enerji Tüketimi
EF	: Emisyon Faktörü
ESG	: Çevresel, Sosyal ve Yönetim
GHG	: Sera Gazı (Greenhouse Gas)
GWP	: Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
Kg	: Kilogram
kWh	: Kilotvatsaat
LCA	: Yaşam Döngüsü Analizi (Life Cycle Assessment)
m²	: metrekare
m³	: metreküp
N₂O	: Diazot Monoksit
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
tCO₂e	: Ton Karbondioksit Eşdeğeri
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
%	: Yüzde

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, tez sürecinin her aşamasında büyük bir özveriyle zaman ayıran, yapıcı geri bildirimleri ve değerli katkılarıyla araştırmanın bilimsel açıdan şekillenmesine önemli katkılar sağlayan ve süreç boyunca sabır, anlayış ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Atilla MUTLU'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de sevgi, sabır ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan kıymetli annem Nurgül ALKIR ve babam Sait ALKIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Onların varlığı, desteği ve inancı bu süreci başarıyla tamamlamamda en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

Son olarak, bu çalışma süresince doğrudan ya da dolaylı olarak katkı sağlayan, destek olan ve varlıklarıyla motivasyon sağlayan tüm kişi ve kurumlara içtenlikle teşekkür ederim.

Balıkesir, 2026

Seda Alkır

1. GİRİŞ

Sanayileşme ile başlayan kentleşme ve gelişen teknoloji insan faaliyetlerine bağlı olarak ekosistemimizi olumsuz etkilemiştir. Kentleşme sonucunda oluşan nüfus artışı ve sanayileşme sürecinin gelişmesiyle artan fosil yakıt kullanımı küresel anlamda çevre sorunlarına neden olmaya başlamıştır.

Dünya genelinde üretim ve tüketimin artması da bu çevre sorunlarını artırmaya devam etmiştir. İklim değişikli günümüzün en güncel ve en kritik sorunlarından biri haline gelmiştir. Buna neden olan en önemli faktörde insan faaliyetleridir. Çeşitli tüketim alışkanlıkları ve doğal kaynakların tüketiminin artması çevresel faktörleri olumsuz etkilemiştir.

Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaştırma, tarım ve arazilerin yanlış kullanılmasıyla oluşan değişimler ve yaygınlaşan sanayileşme süreci sonunda atmosfere salınan sera gazları artmaya başlamıştır. Özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra atmosferde biriken sera gazı oranındaki artış hızı ciddi bir ivme kazanmıştır (Türkeş, 2022)

Kentleşme ise bu sürece katkı sağlamış ve sera etkisinin artmasına yol açmıştır. Doğal sera etkisi canlılığın sürdürülebilmesi ve yaşam için gerekli olsa da, Dünya atmosferinde insan kaynaklı olarak biriken sera gazlarının etkisiyle Güneş'ten gelen ısıyı tutarak gezegenin daha fazla ısınmasına neden olur. Sera gazlarının birikmesi sonucunda atmosferdeki ısınma artarken, aerosollerdeki artış soğutmaya neden olur. Bu doğal dengenin bozulması dünya genelinde sıcaklıkların artması demektir. İklim değişikliği ile ilgili araştırmalar ve iklim modelleri, tüm bu değişikliklerin sıcaklık, yağış, toprak nemi ve deniz seviyesi gibi iklimsel parametreler üzerinde küresel ve bölgesel düzeyde etkili olduğunu göstermiştir.

Sıcaklık artışları buharlaşmaya neden olur. Yağışlar ve hava hareketleri düzensizleşir ve değişkenlikleri artar. Bölgesel olarak değişiklik gösteren yaz ve kış aylarındaki düzensiz yağışlar veya kuraklıklar hava değişikliği olarak adlandırılır. İklim değişikliği ise uzun süre boyunca ortalaması alınarak yapılan araştırmaların sonuçlarına göre sıcaklık değişimlerinin sebepleri ve etkileri araştırılarak hesaplanır. Son 30 yılda buzulların erimesinin hızla artması ve büyük buzul parçalarının koparak ayrılması küresel ısınmanın bir sebebidir. Küresel ısınma, Dünya atmosferinde biriken sera gazlarının (özellikle karbondioksit, metan, diazot

monoksit) artması sonucu, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının uzun vadede yükselmesidir (Çınar, 2013). Bahsedilen sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarının artması, bu doğal ısı tutulum sürecinin daha da güçlenmesine ve sonuç olarak dünya genelindeki ortalama sıcaklıkların artmasına neden olmuştur (Kadioğlu, 2001).

Ülkemizde yanlış arazi kullanımı sonucunda ortaya çıkan çölleşme, ciddi bir risk taşımaktadır. Bu durum iklim hassasiyetine neden olan sebeplerden biridir. Etkili azaltım stratejileri ile uygulamaya geçilmelidir. Ülkemizde yağışların azalmasıyla, özellikle doğu bölgesinde nehirlerin taşıdığı su miktarı azalmaya başlayacak ve su seviyeleri düşecek. Dört mevsimin yaşandığı ülkemizde, zaman içinde iklim değişerek tropikal iklime benzer bir iklimin yaşanmaya başlaması mümkündür. Bu durum, küresel ısınmanın etkisiyle kullanılabilir su rezervlerinin azalmasıyla ilgili sorunlara yol açabilir. Bununla birlikte, ani ve şiddetli yağışlara yol açarak sel ve erozyon gibi doğal afetlerin yaşanmasına neden olabilir. Bu doğal afetler ise can ve mal kayıplarına neden olur.

Coğrafi konumu gereği büyük ölçüde yarı kurak iklim özellikleri taşıyan bir ülkedir. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan bir araştırmada insan faaliyetlerinin sonuçları olarak küresel ısınmaya etkisi şu şekildedir:

1. Enerji tüketimi %49 oranında etkilidir.
2. Sanayi kaynaklı emisyonlar %24 oranında etkilidir.
3. Orman yangınları ve ormanların azalması %14 oranındadır.
4. Tarım faaliyetleri %13 oranındadır.

Bu sonuçlar, küresel ısınmanın başlıca sebeplerinden biridir (Kadioğlu, 2002; Türe, 2003). Güneş'ten gelen ışınlar yeryüzüne ulaştıktan sonra geri yansır. Bu yansıma, atmosferden geçerek küresel ölçekte yeryüzünün ısınmasına neden olur. Atmosferde kalmasının asıl sebebi ise, sera etkisinden sorumlu gazlardır. Isının tutulmasında rol oynayan bu gazların %90'lık kısmı, fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır. Tüm gazlar arasında sera gazlarının etkisi yaklaşık %1'dir. Karbondioksit, karbon monoksit, metan ve azot oksitleri gibi gazlar, enerji üretimi ve endüstriyel süreçler sonucunda atmosfere birikerek, yansıyan ısı radyasyonunun atmosferde kalmasına yol açar (Seymenler, 2025; Bayraç ve Emrah, 2016). Bireysel ve kurumsal düzeyde çevresel etkinin en önemli göstergelerinden biri, bireylerin, kurumların ve hatta ürünlerin neden olduğu sera gazı emisyonlarıdır.

Bu emisyonlar, karbon dioksit eşdeğeri olarak ölçülerek ‘karbon ayak izi’ olarak adlandırılır. Karbon dioksit eşdeğeri (kg CO₂e veya ton CO₂e) olarak ifade edilir ve enerji tüketimi, endüstriyel süreçler, ulaşım ve atık yönetimi gibi çeşitli faaliyetlerin iklim değişikliği üzerindeki etkisini nicel olarak ortaya koyar. Kyoto Protokolü’nde, bu kavram, sera gazı salımlarının küresel ısınma potansiyeli dikkate alınarak, karbon dioksit cinsinden standart bir birimle ifade edilmesi prensibine dayanır (Dindar, 2021; Seymenler, 2025).

Karbon ayak izi hesaplamaları emisyon azaltım stratejilerinin temelini oluşturur. Bu hesaplamalar sayesinde, emisyon kaynakları belirlenerek sera gazlarının yol açtığı çevresel etkilerin azaltılması için gerekli adımlar atılır. Bireyler enerji verimliliğine odaklanarak daha az enerji tüketimiyle daha etkili sonuçlar elde edebilir. Kurumlar, üretimde sürdürülebilirliğe önem vererek ve toplumsal düzeyde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek, karbon ayak izinin azaltılmasında ve iklim değişikliğini etkileyen faktörlerin hafifletilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Demir, 2025; Seymenler, 2025).

2872 sayılı Çevre Kanunu’na göre, “canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam” olarak tanımlanmıştır (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2015).

1800 yılında, dünya nüfusunun %2’si kentlerde yaşarken, bu oran, 200 yıl içinde küresel kent nüfusunun %50’ye yükselmesine yol açmıştır. Kentlerin, insanlara sunduğu iş, eğitim, sağlık, ulaşım ve eğlence gibi hizmetlerin daha kolay erişilebilir hale gelmesi, daha yüksek tüketimi beraberinde getirmiştir (Tomy,2004; Terzi, 2017).

Sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla karbon ayak izi hesaplamaları kullanılmaktadır. Günümüzde, hizmet sektörünün ekonomik açıdan faaliyet alanlarının genişlemesiyle, bu işletmelerde çevresel etkilerin araştırılması, hesaplanması ve değerlendirilmesi önem kazanmıştır. Restoranlar, kafeler ve benzeri işletmeler, üretim yapmasalar da enerji tüketimi, ulaşım, tedarik zinciri ve atık oluşumu gibi nedenlerle sera gazı emisyonlarına yol açmaktadır.

Modern kent yaşamında, sosyalleşme amacıyla gidilen kafelerde, üçüncü nesil kahvecilerin kültürünün yaygınlaşmasıyla sayıları ciddi oranda artmıştır. Bununla birlikte, kafeler yalnızca sosyalleşme mekânı olmanın ötesine geçerek çalışma alanları hâline gelmiştir.

Kişiler bu mekânları bireysel olarak ya da toplantı yapılan bir çalışma alanı olarak kullanmaya başlamıştır. Kullanım sebepleri ve alanları arttıkça ekonomik önemi de yükselmiş; böylece çevresel etkileri daha fazla dikkate alınmaya başlanmıştır.

Bir kafe işletmesinin faaliyetleri incelendiğinde, karbon emisyonu etkisinin birçok unsur içerdiği belirlenmiştir. Elektrik tüketimi, karmaşık kahve makineleri, buzdolabı ve dondurucular, fırınlar, aydınlatma sistemleri, klimalar gibi cihazların çalışması, gerekli enerjiyi sağlar. Özellikle kış aylarında, ısıtma sistemleri için kullanılan doğal gaz, enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturur. Bu tüketimler, doğrudan karbon emisyonlarının artmasına yol açar. Kafe işletmelerinin karbon ayak izi üzerinde etkili olan bir diğer unsur ise tedarik zinciri ve ürünlerin işletmeye ulaştırılmasıdır. Kullanılan tüm ürünlerin üretim, işleme, depolama ve taşıma süreçleri boyunca çeşitli miktarlarda sera gazı emisyonu oluşmaktadır. Atık yönetimi de çevresel etkiyi artıran bir diğer faktördür. Günlük olarak ortaya çıkan organik atıklar, plastik ve cam ambalajlar, kâğıt ürünleri, karton bardaklar gibi tüketim malzemeleri uygun şekilde yönetilmediğinde çevre üzerindeki etkileri artabilir. Bu nedenle, geri dönüşüm uygulamalarına ve atık azaltım süreçlerine uygun hareket edilmelidir.

Bu çalışmanın amacı, Balıkesir merkezinde faaliyet gösteren bir kafe işletmesinin karbon ayak izini belirlemek ve karbon emisyonlarının kaynaklarını analiz ederek hesaplamaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, Balıkesir merkezinde faaliyet gösteren bir kafenin karbon ayak izini belirlemek ve karbon emisyonlarının kaynaklarını analiz ederek hesaplamaktır. Çalışmada, işletmenin enerji tüketimi, su kullanımı, tedarik zinciri, ulaşım ve atık yönetimi stratejileri incelenerek, karbon emisyonları hesaplanacaktır. Karbon salımını azaltmaya yönelik uygulanabilir stratejiler ve işletmenin sürdürülebilirlik performansını artıracak öneriler geliştirilecektir. Balıkesir'deki bu kafe işletmesi, hizmet sektöründeki diğer işletmelere de çevresel farkındalık kazandırmayı hedeflemektedir. Karbon ayak izi hesaplamalarının yerel ölçekte uygulanabilirliğini ortaya koyarak, sürdürülebilir işletmecilik uygulamalarının yaygınlaşmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu sayede, benzer akademik çalışmalar için bir rehberlik sağlaması öngörülmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde, çalışmanın teorik altyapısını oluşturan temel kavramlar sistematik bir biçimde ele alınmaktadır. Bu kapsamda iklim değişikliği ve küresel ısınma süreçleri, karbon ayak izi ve sera gazı emisyonları kavramları açıklanmaktadır. Ayrıca karbon ayak izi hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar ve metodolojiler incelenmektedir. Bununla birlikte, emisyonlar Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 kapsamındaki faaliyetler kapsamında değerlendirilmektedir. Kafe işletmelerinin çevresel etkileri ve karbon ayak izi ile ilişkisi teorik açıdan analiz edilerek araştırmanın kavramsal çerçevesi oluşturulmaktadır.

2.1 Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Atmosferin dinamik yapısının devamını sağlayan temel enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'ten gelen kısa dalga boylu ışınlar yeryüzüne ulaştıktan sonra yüzey tarafından kısmen soğurulur (absorpsiyon), kısmen ise yansıtılır (refleksiyon). Atmosfer görünür ışığın büyük bir bölümünün geçişine izin veren bir yapıya sahiptir. Gelen ve yansıyan enerji arasındaki dengenin bozulması durumunda yeryüzünde ısınma meydana gelir.

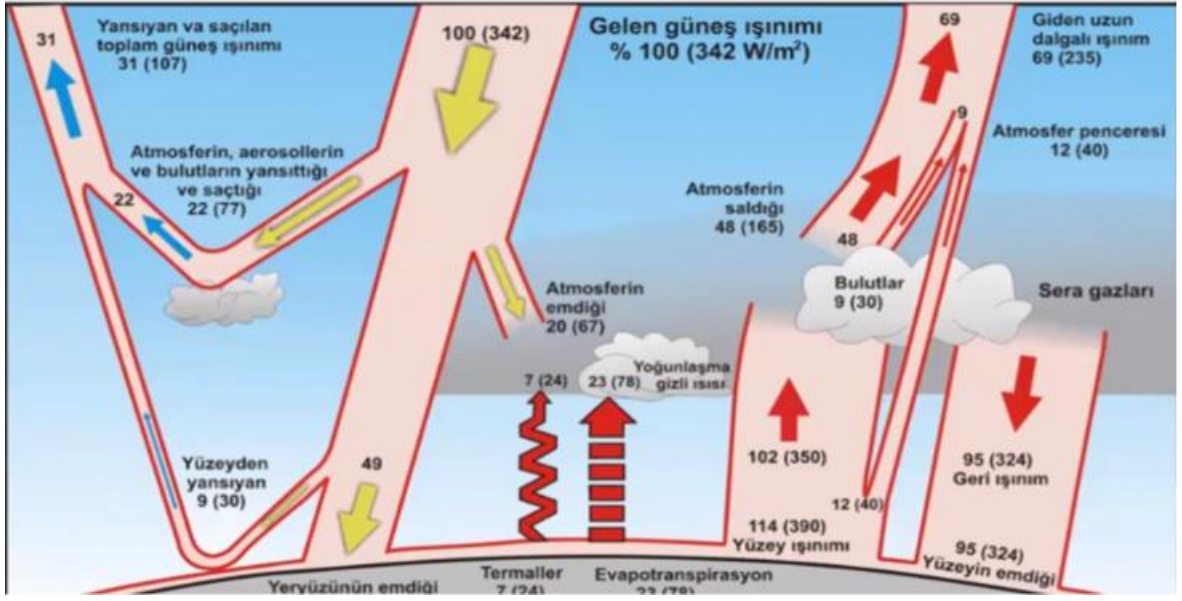
Yeryüzü tarafından soğurulan enerji, daha sonra uzun dalga boylu radyasyon şeklinde atmosfere geri yansıtılır. Bu süreçte atmosferde bulunan sera gazları söz konusu ısının bir kısmını tutarak atmosferde kalmasına neden olur. Bu olaya sera etkisi denir. Sera etkisinin artması sonucunda Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı yükselmekte ve bu durum küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır (Çınar, 2013).



Şekil 2.1: İklim Değişikliğinin etkileri (Euronews, 2022)

Atmosferde sera etkisine neden olan gazların miktarı her geçen gün değişmektedir. En önemli sera gazı, su buharıdır. Ancak insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazları, karbon dioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O), kloroflorokarbonlar (CFC) ve ozon (O_3) gibi gazlardır. Bu gazların enerjiyi tutma kapasitesi oldukça kritiktir. Sanayi faaliyetleri, ormanların yok edilmesiyle ortaya çıkan çölleşme ve düzensiz kentleşme gibi insan faaliyetleri, atmosferde çeşitli oranlarda sera gazı birikimine yol açmaktadır. Sera gazlarının oranı, 1700’lerde başlayan Sanayi Devrimi sonrasında artış göstermiştir. Hükümetler, İklim Değişikliği Paneli (IPCC) verilerine göre, karbon dioksit konsantrasyonunun %40’tan fazla artarak 2014’te 400 ppm’in üzerine çıktığını rapor etmiştir (Çınar,2013; Terzi,2017).

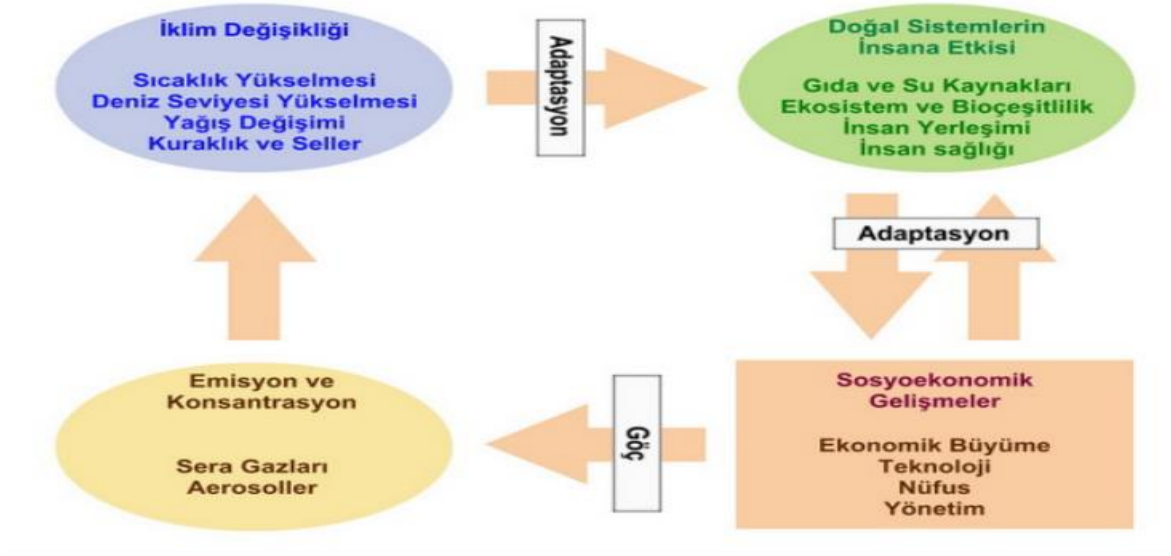
Aşağıdaki şekilde yerküre ve atmosferin doğal enerji dengesi ifade edilmektedir. Kararlı bir iklim için gerekli olan, gelen enerji ile giden enerjinin dengeli olmasıdır. Burada bu doğal denge görülmektedir.



Şekil 2.2: Yerküre-Atmosfer enerji dengesi (IPCC, 2001)

Şekilde de gösterildiği gibi, sol tarafta gelen enerji açıklanırken, sağ tarafta giden enerjinin atmosfer içindeki durumu gösterilmektedir. Bu dengede, günümüzde ölçülen ve 15 °C olan küresel ortalama sıcaklık ile 33 derecelik bir fark ortaya çıkmaktadır. Sera gazı emisyonlarının artışıyla güçlenen sera etkisi, dünyanın daha fazla ısıyı atmosferde tutmasına ve dolayısıyla küresel ısınmaya yol açmaktadır (Çınar,2013).

Küresel ısınma sonucunda, iklimsel değişiklikler ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliği, uzun yıllar boyunca gözlemlenen sıcaklık, yağış, rüzgâr ve diğer iklimsel özelliklerin dünya genelinde kalıcı sonuçlar yaratmasına denir (Tuncel, 2016; Terzi, 2017). Sıcaklık artışının başlıca nedenleri, fosil yakıt kullanımı (kömür, petrol, doğal gaz), yanlış arazi kullanımı ve ormansızlaşma sonucu oluşan emisyonlardır. Kara ve deniz sıcaklıkları, kar örtüsü ve buzullar azalmakta, deniz seviyesi ve yağışlar düzensizleşmektedir. Bu durum, dünya genelinde doğanın dengesinin bozulmasına yol açmaktadır (Erinç ve Voyvoda, 2017; Terzi, 2017).



Şekil 2.3: İklim değişikliği oluşumu ve etkileri (ÇŞİDB, 2025)

İklim değişikliği, günümüzün en önemli sorunlarından biri olarak hem sosyal hem de ekonomik kaynakları derinden etkilemektedir.

Doğal afetler, biyolojik çeşitliliğin azalması, doğal dengenin bozulması ve ekosistemdeki dengesizlikler iklim değişikliğinin yol açtığı başlıca sonuçlardır. Tüm bu etmenler, halk sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal dengenin bozulmasıyla artan sıcaklık, buzulların erimesine ve deniz seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Kıyı bölgeleri, özellikle delta alanları, bu değişimden ciddi şekilde etkilenmekte ve dünya genelinde çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yaz aylarında yağışların azalması, sıcaklık nedeniyle çölleşmenin artması, tarım alanlarında su tüketiminin yükselmesi ve mevsime uygun olmayan yağışların meydana gelmesi, hatta beklenmedik sel olaylarının yaşanması gibi sonuçlar doğurmaktadır. Doğal kaynaklara dayalı tarımsal yapının bozulması, sıcaklığın mevsim normallerinden sapmasıyla üretim dönemlerinin değişmesine ve tarımsal üretimde dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Bu değişimlerin sonucunda, ekosistemdeki bazı türler yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Sıcaklık artışına bağlı olarak orman yangınları, kar yağışı ve erime dönemleri değişmekte, bu da doğal afetlerin artmasına neden olmaktadır. Tüm bu durumlar, tarım ve hayvancılık sektöründe çalışan bireylerin geçim kaynaklarını kaybetmesine ve buna bağlı olarak kırsaldan kente göçün artmasına sebep olmakta; bu da nihayetinde ekonomik kalkınmayı olumsuz etkilemektedir (URL 5; Terzi,2017).

Söz konusu etkiler bir arada ele alındığında, küresel ısınmanın etkisiyle ortaya çıkan iklim değişikliğinin sonuçları olduğu görülmektedir. Bu alanda ulusal ölçekte pek çok akademik çalışma yapılmıştır. Söz konusu sürecin etkilerini azaltmak ve yavaşlatmak adına kapsamlı ve ciddi önlemlerin alınmasıyla doğal dengenin korunması elzemdir. Konuyla ilgili uzun süredir çeşitli adımlar atılmış olsa da bu önlemler artırılmalı ve daha ciddiye alınmalıdır (Seymenler, 2025).

İklim sisteminde sera etkisine bağlı, meydana gelen sıcaklık artışı sonucu olarak günümüz iklim sistemlerinin değişmesinde önemli rol alan küresel ısınmayı ortaya çıkarmaktadır (Mataracı, 2016)



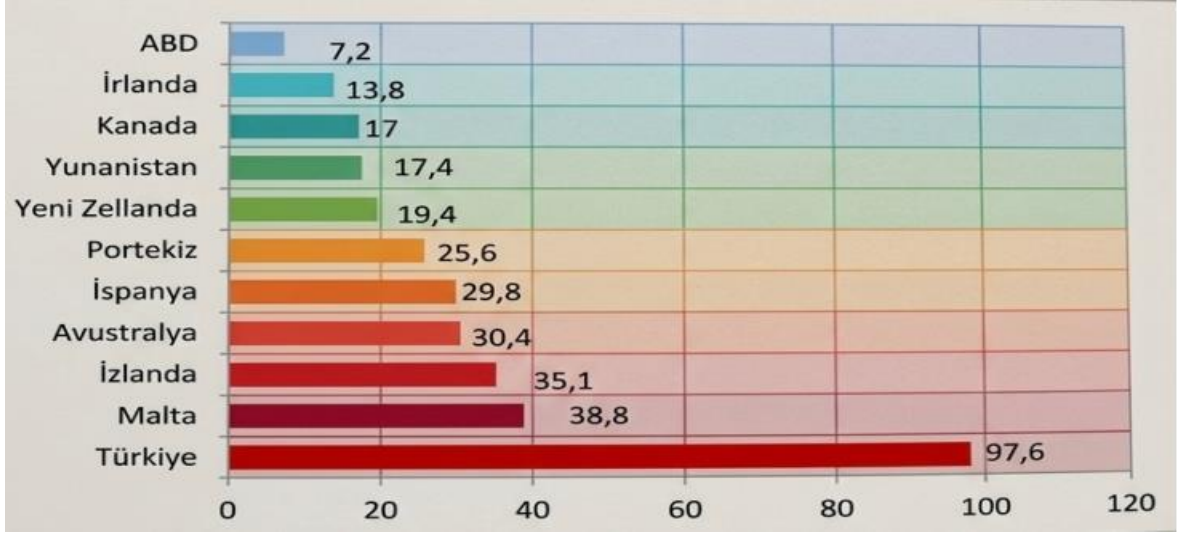
Şekil 2.4: İnsana etkisi (Anonim)

Bazı hastalıklar sıcaklık ve yağışa karşı oldukça duyarlıdır. Yüksek sıcaklıkların olduğu dönemlerde insan sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Özellikle nüfusun fakir olduğu bölgelerde hassasiyet çok daha fazla görülebilir. Çevresel faktörler ele alındığında, insan sağlığına olumsuz etkiler yaratan parametrelerin hangilerinin olduğu yukarıdaki şekilde gösterilmiştir.

Yükselen sıcaklıklarla birlikte, buharlaşmanın artması sonucunda atmosferdeki su buharı miktarı değişmekte ve bu gaz, önemli bir ısı yutucusu olarak ortamın daha fazla ısınmasına katkı sağlamaktadır. Bu süreç, geri dönüşmez değişimlere yol açar. Değişim yavaş gerçekleşirse, yerküre bu değişime kendisini adapte edebilir ve uyum sağlayabilir; ancak değişim hızlı ve büyük olursa, sıcaklık artışı da aynı oranda hızlanır. Çeşitli görüşler olmakla

birlikte, araştırmalar son yüzyıl içinde yerküre atmosferinin sıcaklığının 1,1  C arttığını ortaya koymaktadır. Bu artışın devam edeceği öngörülmekte ve yapılan hesaplamalar, sıcaklık artış hızının bu seyirde devam etmesi halinde, 100 yıl sonra günümüzden daha yüksek bir seviyeye ulaşabileceğini göstermektedir. Genel olarak, bu sıcaklık değişimleri günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelendiğinde, oran küçük ve önemsiz görünebilir. Ancak bu durum yeryüzünün tamamını etkilediği için büyük bir artış yaşanması, yerküre atmosferinin son 10.000 yıl içindeki en yüksek sıcaklık artışına ulaşacağı anlamına gelmektedir. Geçmiş dönemlere ait iklim verileri, birkaç derecelik bir sıcaklık değişiminin çok büyük iklimsel değişikliklere yol açabileceğini göstermektedir (ınar, 2013; Turan, 2017).

Paris Anlaşması, 2015 yılında Fransa'nın Paris kentinde düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda, 2020 yılı sonrası iklim değişikliğinin yönetimine dair bir ereve sunan uluslararası bir anlaşma olarak kabul edilmiştir. Anlaşma, New York'ta bulunan Birleşmiş Milletler Genel Merkezi'nde imza altına alınmış ve ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta, ulusal beyanımız olarak, gelişmekte olan ülke niteliğimizle birlikte imzalanmıştır. Küresel sera gazı emisyonlarının %55'inden sorumlu en az 55 ülke tarafından imzalanması neticesinde, 4 Kasım 2016 tarihinde Paris Anlaşması yürürlüğe girmiştir. 197 taraflı ülkeden 187'si anlaşmayı kabul etmiştir (UNFCCC, 2023). Bu anlaşma, Birleşmiş Milletler İklım Değişikliği ereve Sözleşmesi kapsamında bir anlaşma olup hem iş birliği amacını hem de imzacı ülkelerin sorumluluklarını belirleme biçimi açısından Kyoto Protokolü'nden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Paris Anlaşması'nın Birleşmiş Milletler İklım Değişikliği ereve Sözleşmesi ile kıyaslandığında, en ayırt edici özelliği tüm ülkelerin katkılarının belirli bir sistem üzerine inşa edilmesidir. Bu anlaşma, iklim değişikliğiyle mücadelede ülkeleri gelişmiş veya gelişmekte olanlar olarak gruplandırmak yerine, tüm ülkelerin ortak sorumluluğunu ancak "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve kabiliyet" ilkesi çerçevesinde ele almaktadır (UNFCCC, 2023; IPCC,2023).



Şekil 2.5: 1990-2009 yılları arasında sera gazı emisyonunu en çok artıran ülkeler (Bahçeci, 2013)

Bu tablodaki verilere göre Türkiye incelenen dönem içerisinde emisyon artış oranı bakımından ilk sırada yer almaktadır (URL). Türkiye, Taraflar Konferansı öncesinde, 20 Eylül 2015 tarihinde, niyet beyanı olarak sunduğu ulusal katkı beyanında, sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %21 oranında azaltmayı hedeflediğini Birleşmiş Milletler Sekreteryası'na bildirmiştir (Genç, 2025).

Sanayi Devrimi'yle birlikte, günümüze kadar erişilebilir ve kullanılabilir nitelikteki doğal kaynakların kullanımı ve tüketimi hızla artmış, bu da birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunlardan biri de küresel ısınma ve iklim değişikliğidir. İnsan faaliyetleri sonucunda küresel ısınmanın etkisini daha kolay anlaşılır ve görünür hale getirmek amacıyla karbon ayak izi kavramı geliştirilmiştir (Kılıç, 2017).

İklim değişikliği ve küresel ısınma, çok boyutlu etkileri nedeniyle yalnızca çevresel bir sorun değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal boyutları da olan küresel bir kriz niteliği taşımaktadır. Bu nedenle, söz konusu etkilerin azaltılmasına yönelik uluslararası politikalar ve sürdürülebilirlik yaklaşımları giderek daha da önem kazanmaktadır.

Bu çerçevede, sera gazı emisyonlarının kaynaklarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve sınıflandırılması, etkili azaltım stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Bir sonraki bölümde sera gazı ve sera gazı emisyonları kavramları daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.2 Sera Gazı ve Sera Gazı Emisyonları

Sera gazları, sera etkisine yol açarak yerkürenin ısıtma kapasitesini artıran gazlardır.

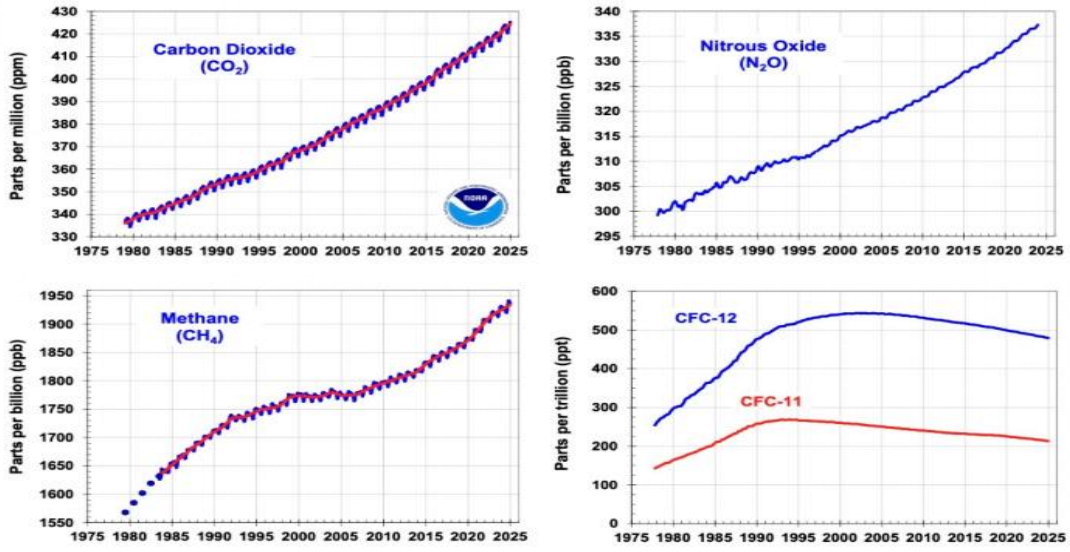
Bu gazlar şunlardır: karbon dioksit, metan, klorofluorokarbonlar (CFC'ler), diazot monoksit, ozon ve su buharı.

Karbon Dioksit

Atmosferde bulunan karbon dioksit (CO_2), küresel ısınmanın başlıca nedenlerinden biri olup sera etkisine yol açan gazlardan biridir. Sanayi Devrimi'nden sonra atmosferdeki karbon dioksit artışı hızlanmıştır. İnsan kaynaklı olarak, kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtların kullanımı sonucunda bu artış ivmesi ciddi boyutlara ulaşmıştır. Sanayi Devrimi'nin başlangıcından günümüze kadar karbon dioksit oranı %31 artış göstermiştir. 1990'lara kadar yıllık artış oranı %4 iken, sonraki yıllarda bu oran %2 ile %8 arasında değişmiştir. Karbon dioksit, sera gazları içinde %82'lik oranıyla en baskın gazdır (Akın, 2006; Genç, 2025).

İnsan faaliyetlerinin atmosferin dengesine etkisi, 1950'lerden itibaren ilk kez ifade edilmiştir. Karbon dioksit, sera gazı olarak, kızılötesi radyasyonu emerek küresel sıcaklığı artırmakta ve azaltıcı önlemler alınmazsa, küresel ısınma etkisi de artmaya devam edecektir (Çınar, 2013).

Aşağıda gösterilen (IPCC, 2025) Şekil 2.8'de 1975 ile 2025 yılları arasında atmosferde yaşanan sera gazı (CO_2 , N_2O , CH_4 , CFC'ler) salınımlarının yıllara göre artışını göstermektedir.



Şekil 2.6: Atmosferdeki sera gazlarının son yıllardaki durumu (IPCC, 2025)

Metan

Günlük yaşamda kullandığımız doğal gazın başlıca bileşenlerinden biri metandır.

Renksiz ve kokusuzdur; organik maddelerin çürümesi sonucu oluştuğu için bataklık gazı olarak da adlandırılır. Metanın sera gazı etkisi, karbon dioksitten bağımsız olarak %20 olarak raporlanmıştır (Atabey, 2013).

Karbon dioksitten daha düşük bir konsantrasyona sahip olmasına rağmen, sera etkisi göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir; çünkü atmosferdeki oranı CO₂'ye göre iki kat daha hızlı artmaktadır. Ancak, metan gazı, karbon dioksitten farklı olarak, atmosferdeki diğer gazlarla reaksiyona girerek bozulabilir; bu nedenle atmosferde kalma süresi daha kısa olmaktadır (Çınar, 2013). Atmosferdeki konsantrasyon bakımından, karbon dioksitten sonra ikinci sırada yer almaktadır (Akın, 2006).

Kloroflorokarbonlar (CFC'ler)

CFC'ler diğer sera gazlarına kıyasla yüksek bir küresel ısınma potansiyeline sahiptir. Bunun nedeni, CFC'lerin insan üretimi gazlar olmasıdır. Klorofluorokarbonlar, oda sıcaklığının altında sıvılaşabildikleri için soğutucularda ve spreylerde kullanılmıştır. Kimyasal olarak

diğer gazlarla reaksiyona girmedikleri için atmosferde kalma süreleri metan gazına göre daha uzundur (Galip, 2006).

Kloroflorokarbonların ısı tutma kapasitelerinin, karbondioksit gazına oranla 20000 (yirmi bin) kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Uzunçakmak, 2014).

1987 yılında, 24 ülke tarafından imzalanan Montreal Protokolü ile CFC üretimi kısıtlanmış ve aşamalı olarak azaltılmıştır. Bu durum, emisyonların azalmasına katkı sağlamıştır (Aksu, 2005). Daha sonra, yerini HFC, PFC ve SF₆ gibi gazlar almıştır; bu da emisyon oranlarını yeniden artırmıştır (Baird, 1999).

Diazot Monoksit (N₂O)

Atmosferde oldukça düşük konsantrasyonda bulunan, renksiz ve hoş kokulu bir gazdır (Atabey, 2013). Tıpta, anestezi amaçlı da kullanılmaktadır. Atmosferde kalma süresi metan gazına kıyaslandığında daha uzundur (Çınar, 2013).

Asıl kaynağı tam olarak bilinmemekle birlikte, diazot monoksit %40'ının insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. Kimya sanayinde, özellikle naylon üretiminde, tarımsal faaliyetlerde ve tarım alanlarında kullanılan gübrelerin yanlış kullanımı, ayrıca ulaşımda kullanılan motorlu araçlar ve petrol gibi faaliyetler, atmosferdeki diazot monoksit miktarının artmasına neden olmaktadır.

Ozon

Ozon (O₃), troposferde bulunduğunda sera etkisine katkıda bulunan bir gazdır ve moleküler oksijen (O₂) ile atomik oksijen (O) birleşerek üç atomlu bir gaz oluşturur.

Ozon tabakası, güneşten gelen ultraviyole (UV) ışınlarını soğurarak, canlıların zararlı radyasyondan korunmasını sağlar ve gezegenin daha yaşanabilir bir yer olmasında kritik bir rol oynar. Ozon, kloroflorokarbonlara (CFC'lere) kıyasla çok daha kolay reaksiyona girdiği için, atmosferdeki ömrü daha kısadır (Akın, 2006).

Troposfer tabakasındaki ozon miktarında yüzde 50 oranında bir artışın, yeryüzündeki sıcaklığı 0,3 °C artırdığı bilinmektedir (Yılmaz, 2019). Gezegen yüzeyinin normalden yüksek bir sıcaklıkta ısınma sürecine sera etkisi denir. Atmosferdeki ısıtma ve yalıtım dengesinin bozulması bu etkiyi ortaya çıkarır. Atmosfer, çeşitli gazların karışımından oluşur;

bu gazlar, ısının tutulmasına ve yeryüzünün ısı kaybının engellenmesine katkı sağlar. Bu gazların büyük bir kısmı, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda atmosfere salınır. Özellikle karbon dioksit, insan faaliyetleri, sanayi, ulaşım, fosil yakıt kullanımı, kentleşme, ormansızlaşma ve endüstriyel tarım uygulamaları gibi faaliyetlerin sonucunda ortaya çıkan emisyonlar arasında en büyük paya sahip gazdır (Engin, 2010).



Şekil 2.7: 2023 yılı sera gazı emisyonlarının sektörlere göre yüzdelik dağılımı (TÜİK, 2023)

Belirli bir zaman diliminde atmosfere salınan gazlar emisyon olarak tanımlanır. Atmosfer, ısıyı geçirir ve tutar; böylece su sıcaklığı bir denge içinde kalır. Ancak yeryüzünün ısı dengesi uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında, artan buharlaşma ve nem küresel ölçekte ısınmaya ve dolayısıyla iklim değişikliğine yol açar (Ertuğrul, Serkan 2024).



Şekil 2.8: Sera gazı etkisi (Kaya, 2020)

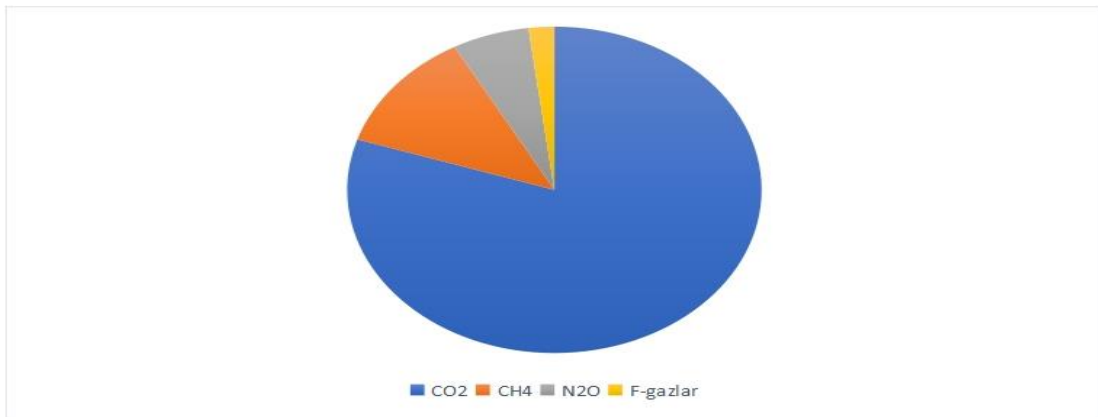
Montreal Protokolü'nün aldığı kararlarla, ozon tabakasını incelten maddelerin izlenmesi ve tespit edilmesi amacıyla çalışmalar başlatılmıştır. Bunun sonucunda, bir sera gazı olan troposfer ozonunun fosil yakıt kullanımının artmasıyla birlikte arttığı saptanmıştır.

Troposfer ozonu uçucu organik bileşenlerin, güneş ışığı ile azot oksitlerinin birleşimiyle oluşur. Sera gazları arasında, karbondioksit ve metan gazlarından sonra üçüncü sıradadır (Gill dan Water, 2022). Ozon, kloroflorokarbonlarla çok kolay reaksiyona girdiği için atmosferdeki ömrü kısadır (Çınar, 2013).

Su buharı

Atmosferdeki su buharı konsantrasyonu, bulunduğu mekâna ve zamana bağlı olarak değişkenlik gösterir. Nemli tropikal bölgelerde oran %2 ile %3 arasında iken, orta enlemlerde %1'e kadar düşer. Kutup bölgelerinde ise bu oran %0,25 civarındadır. Yere yakın katmanlarda su buharı miktarı daha fazladır. Su buharı, en güçlü sera etkisi yapan gazlardan biridir. Atmosferdeki su buharı, tüm canlıların yaşam faaliyetlerini sürdürebilmesi açısından önemlidir.

Bulut oluşumunda, üst katmanda yoğun miktarda bulunan su buharı, güneşten gelen ışınların emiliminde ve yansıtılmasında son derece etkili bir rol oynar (Özer, 2013).



Şekil 2.9: 2023 yılı sera gazı gazlara göre yüzdelik dağılımları (Tüik, 2025)

Kyoto Protokolü'ne taraf olan ülkeler, sera gazı emisyonunu en az %5,2 oranında azaltmayı hedeflemişlerdir. Hedefe ulaşabilmek için öncelikle sanayi ve enerji sektörlerinde yer alan kurumların yarattığı emisyonların azaltılmasına odaklanılmıştır.

Emisyon azaltım stratejileri için atılacak ilk adım, emisyon kaynaklarının tespiti ve sonrasında bu kaynaklardan salınan emisyon miktarlarının doğru şekilde hesaplanmasıdır. Bu işlemlerden sonra uygun stratejiler belirlenerek etkili azaltım senaryoları tasarlanabilir ve üretim sürecinde sürdürülebilirlik sağlanabilir (Bekiroğlu, 2011).

Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, bireysel çevre bilinci ve çevre dostu üretim yöntemleri geliştirilmeli, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakabilmemiz için sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması bir gereklilik haline gelmiştir.

İklim değişikliğinin doğa ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel koruma açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önlemlerin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Sanayi Devrimi'nden sonraki döneme ait verilerle karşılaştırıldığında, yüzey sıcaklığı 1,1 °C artmıştır. Yıllık sera gazı emisyonlarının 59 milyar ton CO₂ eşdeğerine ulaştığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, durumun ciddiyetini açıkça ortaya koymaktadır. Bu krize karşı atılması gereken önemli adımlar ivedilikle uygulanmalıdır.

Mücadele kapsamında, Paris Anlaşması'nda belirlenen küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlandırma hedefi benimsenmiştir. Bu bağlamda, Türkiye 2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylayarak uluslararası iklim değişikliği çerçevesine tam anlamıyla dahil olmuştur.

Türkiye, 2053 yılı için net sıfır karbon taahhüdünde bulunmuş; somut bir yansıma olarak, 2015'te sunulan İlk Ulusal Katkı Beyanı'nı (NDC) güncelleyerek, referans senaryosuna kıyasla azaltım hedefini %21'den %41'e yükseltmiştir.

Atılan bu somut adımlar, ülkemizin küresel ısınma ve iklim değişikliği konusundaki kararlı duruşunu sergilemekte ve düşük karbonlu bir dünya ilkesini benimsemektedir (ÇŞİDB, 2024).

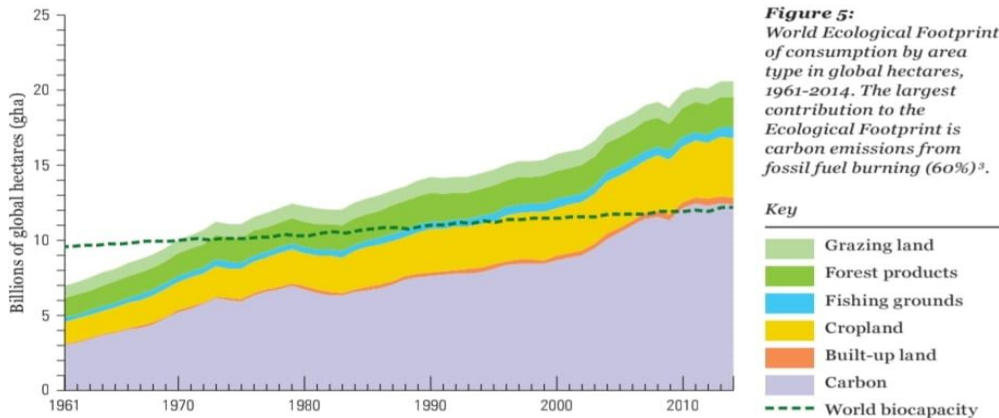
2.3 Karbon Ayak İzi ve Emisyon Kapsamları (Scope1, Scope2, Scope3)

Şehir merkezlerinde artan nüfus nedeniyle kentleşme, ekonomik faktörler ve hızla artan tüketim doğal kaynakların zarar görmesine yol açmaktadır. Hızla artan tüketim sonucunda, atmosfere salınan karbon dioksit (CO₂) miktarı artmıştır.

Karbon ayak izi, insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini ölçen bir kavramdır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, günümüzde karşı karşıya kaldığımız başlıca sorunlardan biridir. Kullandığımız fosil yakıtların yanması, ormanların azalması ve çeşitli sanayi faaliyetleri, insan faaliyetleri olarak ifade edilir. Bu faaliyetlerin sonucunda atmosfere büyük miktarda farklı sera gazları salınır. Sera gazları, dünyada küresel anlamda ısınmaya ve iklim sistemlerinin bozulmasına neden olmaktadır. İnsan faaliyetlerinin çevreye olan etkisini ölçmeye karbon ayak izi denir. Karbon ayak izi, genellikle karbondioksit eşdeğeri ton cinsinden ölçülen sera gazı emisyonlarının miktarını ifade eder. Bu terim, karbondioksit başta olmak üzere atmosfere salınan tüm gazların toplamını ifade eder (Üreden & Özden, 2018).

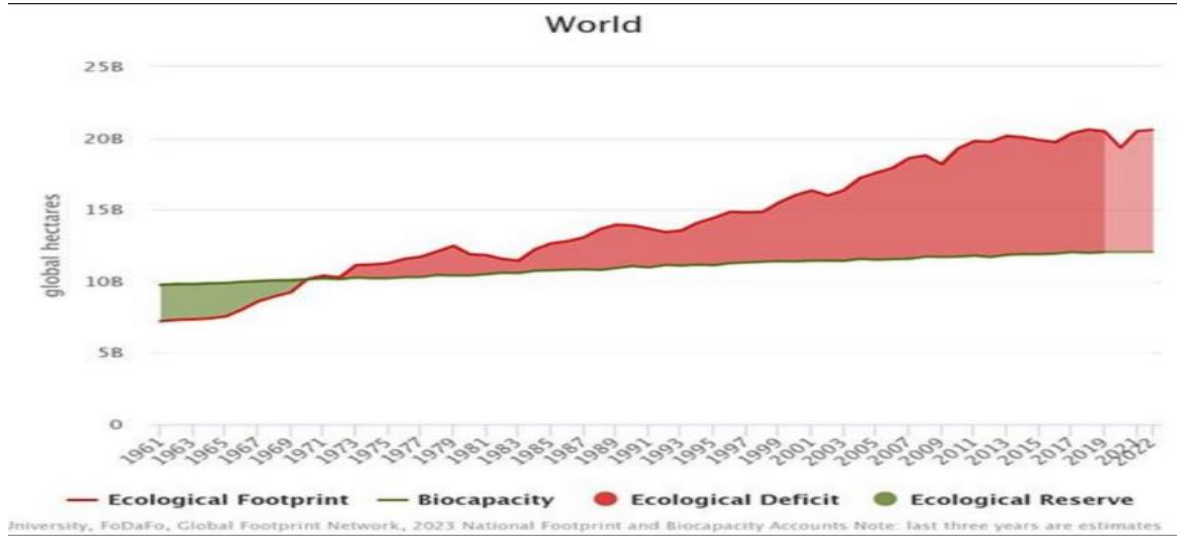
Bireylerin, kurumların ve ürünlerin karbon ayak izlerinin hesaplanması, ortaya çıkan iklim değişikliği, çevresel bozulma ve su kıtlığı gibi sorunlar nedeniyle kaçınılmaz hale gelmiştir. Karbon ayak izinin hesaplanması, salınan karbon miktarının nicel olarak ölçülmesini sağlar (ÇŞİDB,2025). Karbon ayak izi, faaliyetlerin karbon dioksit cinsinden ölçülmesi ve üretilen sera gazı miktarı açısından çevreye verilen zararın tespit edilmesidir.

Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından, dünya genelinde pek çok ülkenin biyolojik kapasitesiyle birlikte ulusal ayak izi hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Küresel ölçekte en büyük etkiye sahip olan karbon, en yüksek ayak izini oluşturan bileşendir. Küresel ayak izi, ekolojik ayak izinin %60'ını oluşturmaktadır (WWF, 2018).



Şekil 2.10: Dünya'nın ekolojik ayak izi ve biyo kapasitesinin karşılaştırılması (WWF, 2018)

Küresel Ayak İzi Ağı verilerine göre Türkiye'deki karbon ayak izi oranı ekolojik ayak izinin %60'ını oluşturmaktadır (URL 2).



Şekil 2.11: Türkiye'nin ekolojik ayak izinin yıllara göre dağılımı (Global Footprint Network, 2023)

Ekolojik ayak izi hesaplamaları, tüketimin dağılımını gösteren 6 bileşen temel alınarak yapılır. Bu bileşenler aşağıdaki sırayla açıklanmıştır. Karbon ayak izi: Okyanuslar tarafından karbondioksit emisyonunun yanı sıra, fosil yakıtların tüketilmesi, kimyasal işlemler ve arazi kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksit emisyonu tutulumundan dolayı gerekli orman alanının hesaplanmasıdır.

- Tarım arazisi ayak izi: İnsanların kendi tüketim ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için gerekli olan gıda, lif, hayvan yemi, yağ, bitki ve kauçuk gibi ürünlerin üretimi için kullanılan alanın yüzölçümünün hesaplanmasıdır.

- Orman ayak izi: Hem yakacak hem de tüketimde kullanılan tomruk, kereste ve odun gibi ürünleri elde etmek için gerekli orman alanının yüzölçümünün hesaplanmasıdır.

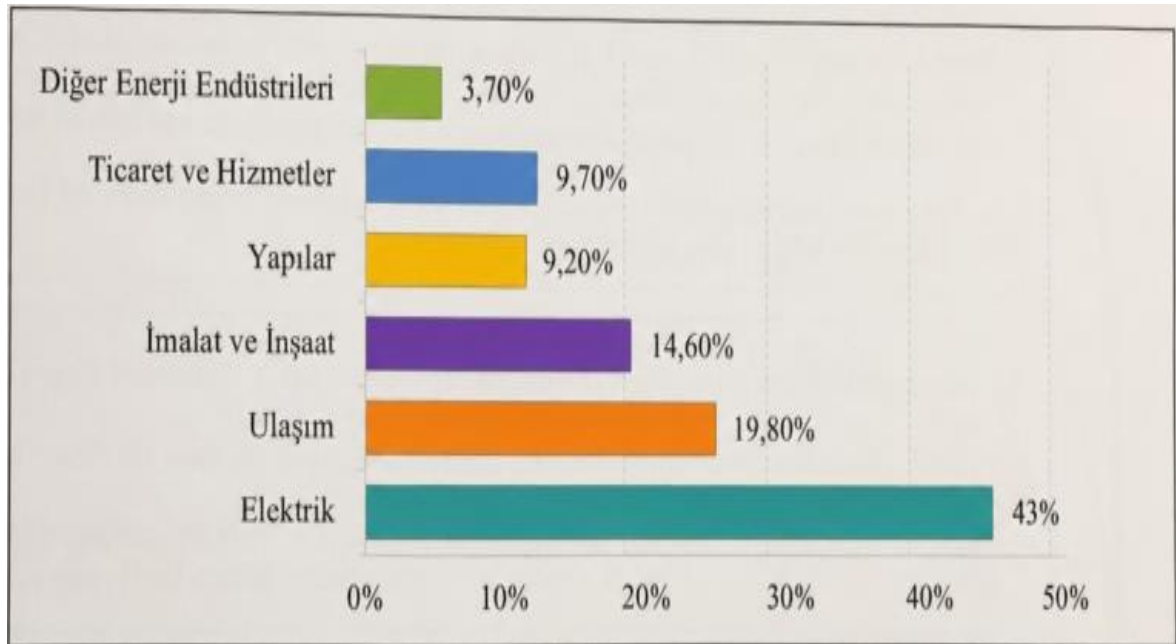
- Otlak ayak izi: Hayvancılık sektöründe deri, yün, süt ve et ürünlerinin üretimi için gerekli alanın yüzölçümünün hesaplanmasıdır.

- Balıkçılık sahası ayak izi: Deniz ve tatlı su alanlarından yakalanan balık ve deniz ürünleri elde etmek için gerekli su alanının yüzölçümünün hesaplanmasıdır.

- Yapılanmış ayak izi: İnsanların ulaşım, konut, enerji santralleri ve endüstriyel yapı gibi gerekli olan alt ve üst yapı alanlarının yüzölçümünün hesaplanmasıdır (WWF, 2012; Tosunoğlu, 2014).

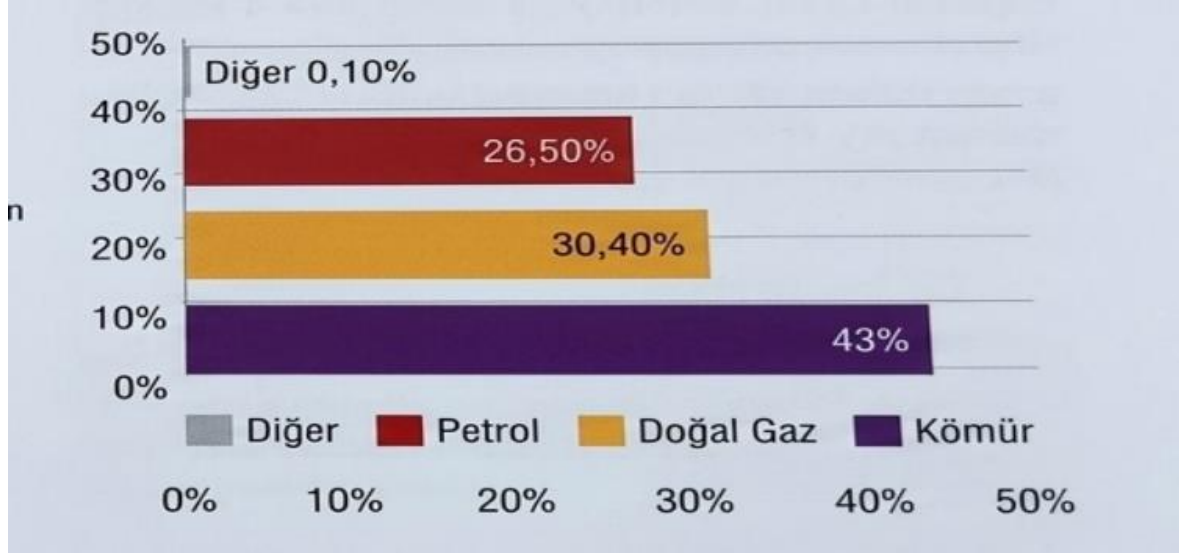


Şekil 2.12: Ekolojik ayak izinin Türkiye’de sektörel dağılımı (URL 2)



Şekil 2.13: CO₂ emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (IEA, 2016)

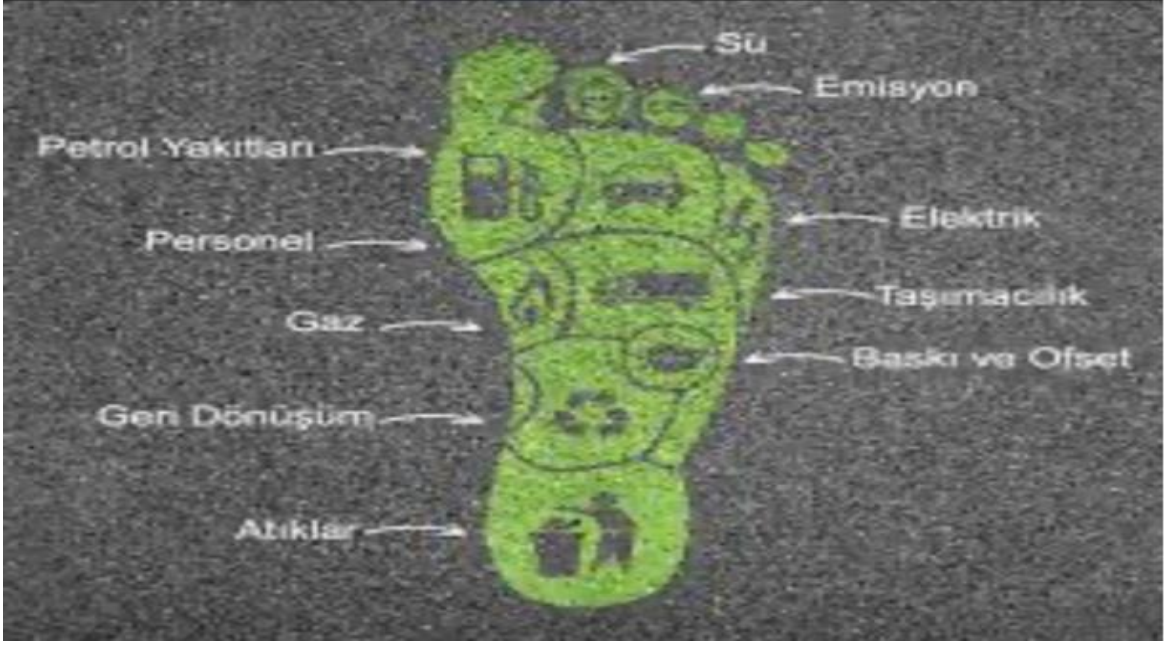
Fosil yakıtların ve diğer enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının, sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, elektrik %43, ulaşım %19,8 ve imalat ile inşaat %14,6 olarak gözlemlenmektedir (IEA,2016).



Şekil 2.14: CO₂ emisyonlarının yakıtlara göre dağılımı (IEA, 2016)

Karbon ayak izi, ürünün yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan CO₂ salımlarının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008).

Aşağıdaki görselde, bir ürünün veya bireyin karbon ayak izini doğrudan etkileyen; enerji tüketimi, ulaşım, atık yönetimi ve su kullanımı gibi temel faktörler bir ayak izi üzerinde gösterilmiştir. Karbon ayak izini oluşturan temel salınım kaynakları ve bu kavramın alt bileşenleri (URL3) Şekil 2.15'te özetlenmektedir.



Şekil 2.15: Karbon Ayak İzi İfade Şekilleri (URL3)

Karbon ayak izi genel olarak ele alındığında, iki temel kategoride incelenir.

1- Bireysel karbon ayak izi

Bireylerin günlük yaşamda gerçekleştirdiği ulaşım, alışveriş, beslenme, elektrik ve doğal gaz gibi faaliyetler sonucunda atmosfere saldıgı sera gazı emisyon miktarını ifade eder. Bireysel karbon ayak izi kendi içinde doğrudan (birincil) karbon ayak izi ve dolaylı (ikincil) karbon ayak izi olmak üzere iki gruba ayrılır.

1.1. Doğrudan (birincil) karbon ayak izi

Bireyin evinde kullandığı ampullerin, elektrikli cihazların çalışması için tüketilen enerjinin, ısınmada kullanılan doğal gazın vb. kaynakların yol açtığı karbondioksit emisyonlarının kapsamına denir. Ayrıca, bireylerin kullandığı araçlar, örneğin otomobil ve uçak gibi ulaşım araçlarının çalışmasında kullanılan fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan karbondioksit emisyonları da bu kapsama girer.

1.2. Dolaylı (ikincil) karbon ayak izi

Kullanılan ürünlerin tüm yaşam döngüsünde, yani üretim, nakliye ve kullanım ömrü boyunca, hatta geri dönüşüm sürecine kadar ortaya çıkan dolaylı emisyonları ifade eder. Örneğin, bir dizüstü bilgisayarın üretimi, nakliyesi ve kullanım ömrü bittikten sonra geri

dönüşüme uğramasına kadar geçen süreçte oluşan sera gazı emisyonları, dolaylı ikincil karbon ayak izi olarak değerlendirilir. Bu emisyonlar, bireylerin doğrudan faaliyetlerinden kaynaklanmaz; aksine, bireylerin tüketim tercihleriyle ilişkilidir.

2- Kurumsal Karbon Ayak İzi

Bir şirketin üretimiyle başlayan süreçten lojistiğe, sonrasında ise tüketiminden atık haline geldiği sürece kadar tüm aşamalarında atmosfere salınan sera gazı emisyonlarına denir. Kurumsal ayak izi uluslararası kabul görmüş bir standart çerçevesinde hesaplanır. Bu yaklaşım, şirketlerin doğrudan ve dolaylı emisyonlarını kapsayarak tedarik zincirini, üretim süreçlerini ve ürünün kullanım ömrünü dikkate alır. Bu sayede, şirketlerin çevresel etkilerini sistematik ve şeffaf bir biçimde ölçmeleri, raporlamaları ve azaltım stratejileri geliştirmeleri mümkün olur. Kabul gören Sera Gazı Protokolü (GHG Protokolü) kapsamında emisyonlar üç ana kategoriye ayrılır (IPCC, 2014; IPCC, 2023).

2.1. Doğrudan (birincil) karbon ayak izi, kapsam 1 (Scope 1)

Kuruma ait araçların kullandığı fosil yakıtlar ve kurumun ısınması için kullanılan doğal gaz gibi yakıtların tüketimi ile üretim tesislerinde gerçekleştirilen operasyonlar ve jeneratör kullanımı sonucunda doğrudan atmosfere salınan sera gazı emisyonları, kapsam 1 emisyonlarını oluşturur. Burada, şirketlerin kontrolü altındaki ve kendilerine ait kaynaklardan kaynaklanan emisyonlar değerlendirilir. Bu çalışmada, ısınma amacıyla kullandığımız doğal gaz ve ulaşım için araçlardan kaynaklanan emisyonlar bu kapsamda ele alınacaktır (IPCC, 2014).

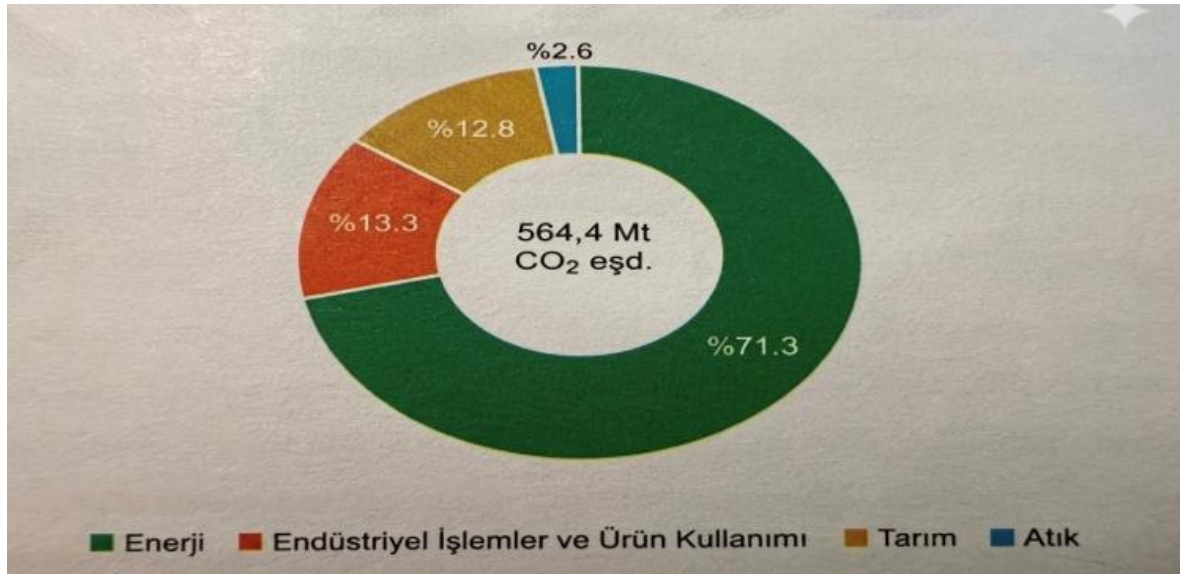
2.2. Dolaylı (ikincil) karbon ayak izi, kapsam 2 (Scope 2)

Kurumların işletme faaliyetlerini sürdürebilmek için satın aldığı enerji kaynaklarından kaynaklanan, yani elektrik, buhar, ısıtma ve soğutma sistemlerinin işletilmesi sırasında ortaya çıkan emisyonlardır. Şirket faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bu enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonlar, bu çalışmada, aydınlatma, elektrikli ısıtıcılar ve elektrikle çalışan tüm makineler için şebekeden satın aldığımız elektrik tüketimi kapsamında değerlendirilecektir (IPCC, 2014).

2.3. Diğer dolaylı karbon ayak izi, kapsam 3 (Scope 3): Tedarik edilen hammaddelerin temini, ürünlerin taşınması, iş seyahatleri, çalışanların işyerine ulaşimleri, atık yönetimi ve satılan ürünlerin kullanım ömrü ile kullanım biçimlerini kapsayan süreçlerin tüm

aşamalarında ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını ifade eder. Bu emisyonlar, şirketin doğrudan kontrolünde olmayan, ancak değer zinciri boyunca gerçekleşen tüm aşamalarda ortaya çıkan emisyonlardır (IPCC, 2014).

Karbon ayak izi hesaplamaları için özenle ele alınması gereken başlıca 3 sera gazı vardır. Bunlar karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O)'dur. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), altıncı Değerlendirme Raporu'nda, bu gazların küresel ısınma potansiyeli değerlerini sırasıyla 1, 25 ve 273 olarak belirlemiştir (IPCC, 2021-2023). Karbon ayak izi hesaplama yöntemlerinin bilimsel ve standart temelini, 1996 yılında yayımlanan IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri Kılavuzu'na dayandığını belirtmektedir. Bu temel, geliştirilerek, Sera Gazı Protokolü (GHG Protokolü) olarak, iş dünyasında kurumsal ölçekte emisyon hesaplamaları için küresel bir standart haline getirilmiştir (Mirici ve Berberoğlu, 2022; Genç, 2025).



Şekil 2.16: Sektörlere göre 2021 yılı sera gazı emisyon oranları (TÜİK, 2023)

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere, 2021 yılında sera gazı emisyonları sektörel alanlarına ayrılıp değerlendirilmiştir. Enerji alanında %71,3, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı alanında %13,3, tarım alanında %12,8 ve atık oluşumu alanında %2,6 olarak ifade edilmiştir (TÜİK, 2023). Bu veriler ele alındığında, en çok emisyon kaynağının enerji alanında olduğu görülmektedir.

Tablo 2.1: 1990-2021 yılları arasında sektörel emisyonların miktarları (TÜİK, 2023)

YIL	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	1990- 2021 değişimi (%)	2022- 2021 değişimi (%)
Toplam emisyon	219,5	298,9	398,8	475	501,1	528,6	523,1	508,7	524	564,4	157,1	7,7
Enerji	139,5	216	287,9	342	361,7	382,4	373,4	365,5	366,6	402,5	188,4	9,8
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22,9	26,2	49,1	59,7	63,8	66,6	67,7	59	68	75,1	228,7	10,6
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68	73,2	72,1	56,5	-1,5
Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,3	14,7	32,6	-9,9

Kişi başına toplam sera gazı emisyonu, 1990 yılına kıyasla 2022 yılında 4,1 ton CO₂ eşdeğeri, 2023 yılında 6,6 ton CO₂ eşdeğeri ve 2023 yılında 6,5 ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2025). Bu tabloda 1990-2021 yılları arasındaki emisyonların sektörler olarak milyon ton CO₂ eşdeğerleri verilmiştir.

Karbondioksit gazı, küresel ısınma üzerinde son derece güçlü bir etkiye sahiptir. Paris Anlaşması gibi küresel çapta yapılan anlaşmaların amacı, insan faaliyetlerinin azaltılması ve sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda, ülkelerin sürdürülebilir programlarla uyum içinde çalışarak sera gazı emisyon azaltım süreçlerini hayata geçirmelerini sağlamaktır. Burada hedef, enerji tüketimi, ekonomik ve teknolojik gelişmeler, nüfus ve ormansızlaşma gibi veriler kullanılarak, bazı ülkelerde sera gazı emisyon seviyelerinin hesaplanması ve bu

değerler doğrultusunda uygulanabilir bir azaltım stratejisinin, yani azaltım programının, hayata geçirilmesidir (Ertuğrul ve Serkan, 2024)

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olan ülkeler, her yıl bu sözleşmenin içeriğini, emisyon detaylarını bildirmektedir. Bu veriler, ölçüm zorluğu nedeniyle, raporun sunulduğu yıldan iki yıl öncesine ait verileri kapsamaktadır. Yani, 2014 yılında sunulan bir rapor, 2012 yılına ait verileri içermektedir. Türkiye, bu sözleşmeye taraf olan ülkelerden biridir.

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonu, 2021'de yaklaşık 564,4 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. 2022'de bu değer 558,3 milyon tona kadar düşmüştür. Yani yaklaşık %1,08'lik bir azalma yaşanmıştır. Kişi başına emisyon, bu toplam emisyonun nüfusa bölünmesiyle hesaplanacaktır (TÜİK, 2021-2022).

Türkiye nüfusu 31 Aralık 2021 itibarıyla 84 milyon 680 bin 273 olarak açıklanmıştır. 564,4 tonu 84 milyon 680 bin 273'e bölersek yaklaşık 6,67 ton CO₂ eşdeğerini buluruz.

Aynı işlemi 2022 yılı için yapacak olursak, Türkiye nüfusu 31 Aralık 2022 itibarıyla 85 milyon 279 bin 553 kişidir. Bu verilere dayanarak 558,3 tonu nüfusa böldüğümüzde 6,55 ton CO₂ eşdeğeri elde ederiz (TÜİK, 2021-2022).

Tüm veriler değerlendirildiğinde, 2021-2022 yılları arasında sera gazı CO₂ eşdeğeri %1,08 azalmış durumda; ancak kişi başına düşen emisyon miktarında %1,8'lik bir azalma yaşanmıştır.

Bu azalma genelde enerji sektörü kaynaklı değişikliklerin etkisiyle gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış veya sanayi faaliyetlerindeki CO₂ emisyonlarının azaltımına yönelik stratejilerin benimsenmesi ve sera gazlarının azaltımına yönelik uygulamaların ülke genelinde yavaş yavaş hayata geçmeye başlamasının sonucudur.

2.4 Gıda ve İçecek Sektöründe Sürdürülebilirlik

Çevrenin ve doğal kaynakların akılcı ve planlı yöntemlerle hem bugünün hem de gelecek kuşakların hak ve çıkarları gözetilerek kullanılması, sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkelerindendir. Çevre terimleri sözlüğünde, sürdürülebilirlik, mevcut kuşakların

ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların gereksinimlerini tehlikeye atmadan karşılamayı mümkün kılan ekonomik büyüme politikası olarak tanımlanmıştır (Kılıçoğlu, 2005).

Dünyanın artan nüfusu ile azalan kaynakların, olumsuz ekonomik sonuçlara yol açacağı öngörülmektedir. Gelecek nesiller için uzun vadede oluşabilecek olumsuz etkilerin giderilmesi ve en aza indirilmesi amacıyla, küresel anlamda sürdürülebilirlik büyük önem taşımaktadır.

evre Kanunu'na göre, bugünkü ve gelecek kuşakların sağlıklı bir çevrede yaşaması, çevresel, ekonomik ve sosyal hedefler arasında bir denge kurulmasına dayalı kalkınma ve gelişimi ifade etmektedir. Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere, evre, ekonomi ve toplum arasında güçlü bir ilişki vardır (Terzi, 2017).

Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu, mal ve hizmetlerin, doğal kaynakların aşırı tüketimini engelleyerek, üretimi ve altyapı gelişimini destekleyen sürdürülebilir bir sistemi temel alır. Çevresel boyutu ise, doğal kaynakların sınırlarını tanıyan, çevreye zarar veren süreçleri engellemeyi savunan bir yaklaşımı ifade eder (Koray, 2011; Terzi, 2017).

Eylül 2000'de toplanan BM Genel Kurulu, "küresel düzeyde insan onuru, eşitlik ve esenlik ilkelerinin güçlendirilmesi için topluca taşıdıkları sorumluluğu" kabul ederek, Binyıl Bildirgesi'ni ilan etmiş ve 2015 yılına kadar her üyenin kendi sorumluluğunu yerine getirmesini beklemiştir. Rio+20 Konferansı'nda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin oluşturulması kararlaştırılmıştır. Bu hedefler, 2015 yılında süresi dolan Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin devamı niteliğinde olup, 2030 yılına kadar 15 yıl boyunca izlenecek hedeflerdir (Terzi, 2017).

Gıda ve içecek sektörü, doğal kaynakların yoğun kullanımı, yüksek enerji tüketimi, su kullanımı ve atık üretimi nedeniyle sürdürülebilirlik açısından kritik sektörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Tarım alanında yapılan üretimle başlayarak ürünlerin işleme aşamaları, lojistiği, depolanması, hazırlanması ve tüketicie sunulmasına kadar olan süreçte çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle gıda ve içecek sektöründe sürdürülebilirlik uygulamalarının geliştirilmesi ve çevresel etkinin azaltılması gerekmektedir.

Özellikle kafeler ve restoranlar açısından değerlendirildiğinde, elektrik tüketimi, ısıtma-soğutma sistemleri, mutfak ekipmanlarının kullanımı, tek kullanımlık ambalajlar ve gıda

atıkları karbon ayak izinin önemli kaynaklarını oluşturmaktadır. Ayrıca tedarik zincirinin uzun olması ve ithal ürünlerin tercih edilmesi gibi durumlar karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Karbon ayak izi, bir ürünün, hizmetin veya işletmenin faaliyetleri sonucunda doğrudan ve dolaylı olarak atmosfere salınan sera gazlarının karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) cinsinden ifade edilmesidir. Gıda ve içecek sektöründe karbon ayak izi; hammadde üretimi, taşımacılık, depolama, üretim süreçleri, enerji tüketimi ve atık yönetimi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (IPCC, 2014).

Tarımsal gıda tedarik zincirlerinde güvenilir ve yaygın ürün karbon ayak izi bilgilerinin elde edilmesi, belirli temel yapı taşlarının bir araya getirilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda hazırlanan bir raporda, sistemin etkin şekilde çalışabilmesi için sekiz temel yapı taşının gerekli olduğu belirtilmektedir. Bunlar sırasıyla; karbon ayak izi hesaplamalarında kapsamın netleştirilmesini sağlayan raporlama standartları ve kılavuzlar, emisyonların hesaplanmasında kullanılan bilim temelli yöntemler, çiftlik düzeyinde birincil veriye dayalı hesaplama araçları, birincil verinin bulunmadığı durumlarda kullanılan ikincil veri tabanları, tedarik zinciri boyunca veri aktarımını sağlayan iletişim mekanizmaları, veri kalitesini güvence altına alan doğrulama ve bütünlük sistemleri, düşük maliyetle geniş ölçekli uygulamayı mümkün kılan ölçeklendirme yöntemleri ve yeni bilimsel gelişmelere uyum sağlayan güncelleme mekanizmalarıdır (OECD, 2023).

Bu yapı taşları mevcut olduğunda, tedarik zincirindeki aktörler tedarikçilerinden ürün karbon ayak izi bilgisi alabilmekte, kendi emisyonlarını ekleyebilmekte ve elde edilen sonucu zincirin bir sonraki aşamasına iletebilmektedir. Bu süreç, ürünün son tüketiciye ulaşmasına kadar devam eden bütüncül bir karbon ayak izi yönetim sistemi oluşturmaktadır. “Kaynak–tüketim (cradle-to-gate)” yaklaşımına dayalı karbon ayak izi modeli, birincil verilere dayalı olarak adım adım geliştirildiğinde, gıda sistemlerinde emisyon azaltımına katkı sağlayabilecek 3 önemli mekanizma ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki, daha düşük karbon ayak izine sahip ürünlere yönelimdir (örneğin, hayvansal ürünlerden bitkisel ürünlere geçiş). İkincisi, aynı ürün kategorisi içerisinde daha düşük emisyonu sahip tedarikçilerin tercih edilmesidir. Üçüncüsü ise üreticilerin daha düşük emisyonlu üretim teknikleri ve teknolojileri benimsemeye teşvik edilmesidir (OECD, 2023).

Bununla birlikte, bu sistemin kurulması önemli bir zorluk taşımaktadır. Gıda sistemlerinde güvenilir ve yaygın karbon ayak izi ölçümünün sağlanması oldukça iddialı bir hedef olup,

mevcut yapı taşlarının geliştirilmesi ve birbirleriyle uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Bu durum, araştırmacılar, üreticiler, tedarik zinciri aktörleri, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları arasında ulusal ve uluslararası düzeyde iş birliğini zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca, karbon ayak izi ölçümü ve iletişimi alanında geliştirilen sistemlerin, diğer çevresel etki değerlendirme yöntemlerine de uyarlanabileceği belirtilmektedir. Özellikle dijital veri paylaşım sistemleri, yalnızca karbon emisyonları için değil, su kullanımı ve diğer çevresel etkiler için de kullanılabilir. Bu nedenle “yapı taşları” yaklaşımı sürdürülebilirlik çalışmalarında farklı çevresel etkilerin değerlendirilmesi için de önemli bir temel oluşturmaktadır (OECD, 2023).

Özellikle kafeler ve restoranlar açısından değerlendirildiğinde, elektrik tüketimi, ısıtma-soğutma sistemleri, mutfak ekipmanlarının kullanımı, tek kullanımlık ambalajlar ve gıda atıkları karbon ayak izinin önemli kaynaklarını oluşturmaktadır. Ayrıca tedarik zincirinin uzun olması ve ithal ürünlerin tercih edilmesi, karbon emisyonlarının artmasına da neden olmaktadır.

Kafeler karbon ayak izlerini azaltmak amacıyla çeşitli sürdürülebilirlik stratejileri uygulayabilmektedir. Bunlar arasında enerji tasarruflu ekipmanların kullanımı, LED aydınlatma sistemlerine geçiş, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma ve su tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımı yer almaktadır.

Bunun yanı sıra, yerel üreticilerden temin edilen ürünlerin tercih edilmesi, taşıma kaynaklı emisyonların azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Gıda atıklarının azaltılması, organik atıkların geri kazanımına yönelik uygulamalar ve geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir ambalajların tercih edilmesi de sürdürülebilirlik açısından önemli uygulamalardır. Son yıllarda birçok kafe, plastik kullanımını azaltmak amacıyla tekrar kullanılabilir bardaklara ve çevre dostu paketlenme çözümlerine yönelmektedir.

2.5 Kafe İşletmelerinde Emisyon Kaynakları

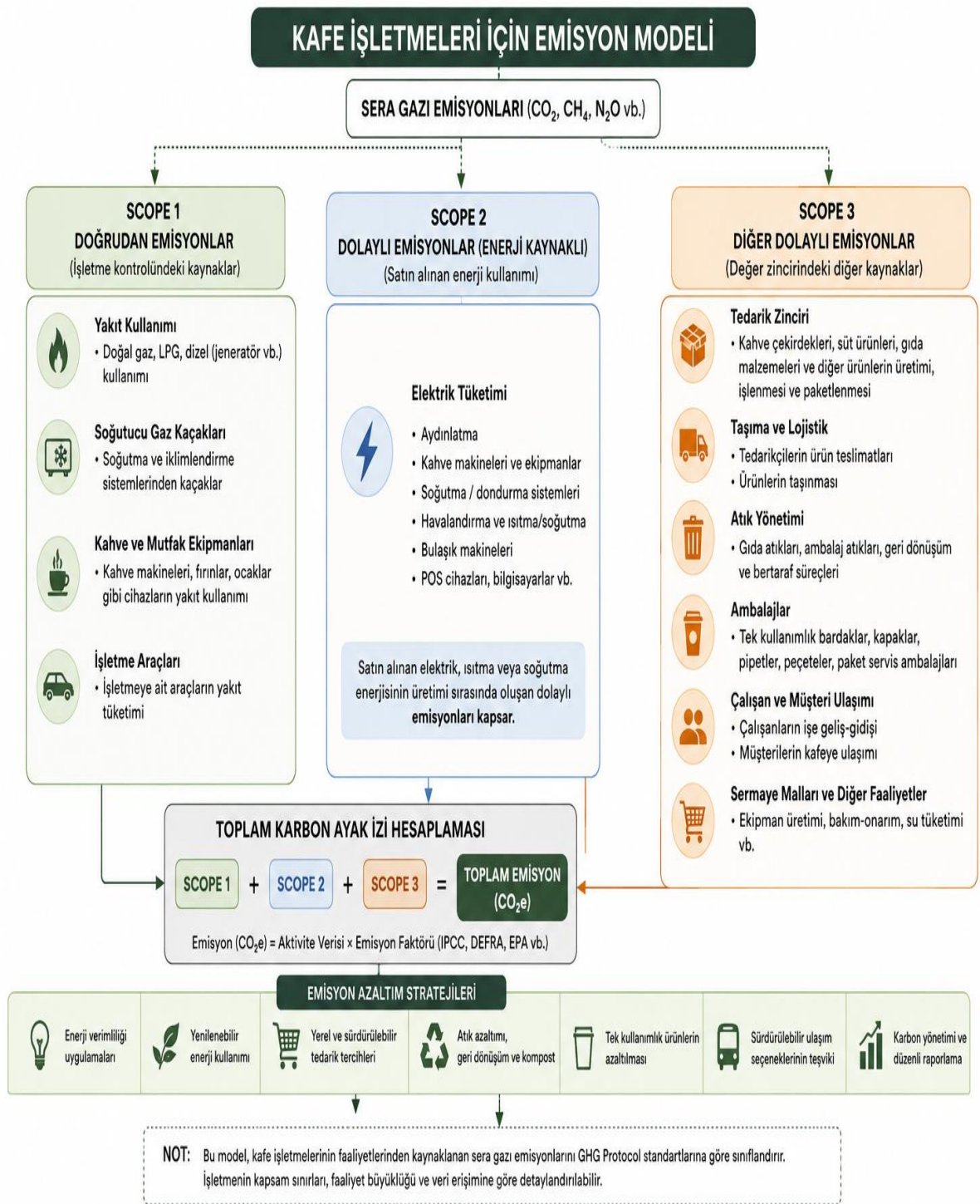
Kafe işletmeleri, faaliyetlerini sürdürürken doğrudan ve dolaylı olarak çeşitli sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Bu emisyonlar, işletmenin enerji tüketiminden tedarik zinciri faaliyetlerine, atık yönetiminden müşteri ulaşımına kadar birçok farklı kaynaktan kaynaklanabilmektedir. Kafe işletmelerinin karbon ayak izinin belirlenebilmesi ve

azaltılabilmesi için emisyon kaynaklarının doğru şekilde tanımlanması büyük önem taşımaktadır.

Kafe işletmelerinde emisyonların önemli bir kısmı enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. Kahve makineleri, fırınlar, buzdolapları, derin dondurucular, bulaşık makineleri, aydınlatma sistemleri ve iklimlendirme ekipmanları işletmelerde yoğun olarak kullanılan cihazlar arasında yer almaktadır.

Ekipmanların çalışması sırasında tüketilen elektrik enerjisi, enerji üretiminde fosil yakıtların kullanıldığı durumlarda dolaylı karbon emisyonlarına neden olur. Özellikle gün boyunca kesintisiz çalışan soğutma sistemleri ve kahve ekipmanları enerji tüketiminin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (IPCC, 2014)

Tedarik zinciri faaliyetleri de kafe işletmelerinin karbon ayak izini etkileyen temel emisyon kaynaklarından biridir. İşletmede kullanılan kahve çekirdekleri, süt ürünleri, gıda malzemeleri ve diğer tüketim ürünlerinin üretimi, işlenmesi, paketlenmesi ve taşınması süreçlerinde önemli miktarda sera gazı emisyonu ortaya çıkabilmektedir. Özellikle uzak bölgelerden veya farklı ülkelerden tedarik edilen ürünler, taşıma faaliyetleri nedeniyle daha yüksek karbon emisyonlarına yol açabilmektedir.



Şekil 2.17: Kafe işletmeleri için emisyon şeması

Kafe işletmelerinde oluşan gıda ve ambalaj atıkları da emisyon kaynakları arasında yer almaktadır. Tüketilmeyen gıdaların ve organik atıkların uygun şekilde yönetilmemesi durumunda düzenli veya düzensiz depolama sahalarında anaerobik ayrışma sonucunda

metan oluşabilmektedir. Bunun yanı sıra tek kullanımlık bardaklar, pipetler, peçeteler ve paket servis ambalajları gibi ürünlerin üretim ve bertaraf süreçleri de karbon ayak izine katkı sağlamaktadır.

Ulaşım faaliyetleri de kafe işletmelerinin emisyon kaynakları arasında değerlendirilmektedir. Çalışanların işe ulaşımı, tedarikçilerin ürün teslimatları ve müşterilerin işletmeye ulaşım amacıyla kullandıkları araçlar dolaylı sera gazı emisyonlarının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle yoğun şehir merkezlerinde faaliyet gösteren işletmelerde ulaşım kaynaklı emisyonlar toplam karbon ayak izi içerisinde önemli bir paya sahip olabilmektedir. Karbon ayak izi hesaplamalarında emisyon kaynakları genellikle doğrudan emisyonlar (Scope 1), satın alınan enerjiden kaynaklanan dolaylı emisyonlar (Scope 2) ve tedarik zinciri, ulaşım, atık yönetimi gibi diğer dolaylı emisyonlar (Scope 3) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kafe işletmelerinde emisyonların büyük bölümü çoğunlukla Scope 2 ve Scope 3 kategorilerinde yer almakta olup, özellikle elektrik tüketimi, gıda tedariki ve atık yönetimi süreçleri toplam karbon ayak izinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Hertwich & Wood, 2018; GHG Protocol, 2004).

Bu derleme çalışmasında kafe ve yiyecek-içecek işletmelerinde emisyon kaynakları şu şekilde incelenmektedir:

- Scope 1: LPG, doğal gaz kullanımı, soğutucu gaz kaçakları
- Scope 2: Elektrik tüketimi
- Scope 3: Gıda tedariki, lojistik, atık yönetimi ve tedarik zinciri faaliyetleri olarak açıklanmaktadır.

Sonuç olarak, kafe işletmelerinde emisyonlar yalnızca işletme içerisinde kullanılan enerji kaynaklarından değil, aynı zamanda ürünlerin tedarik edilmesi, taşınması, tüketilmesi ve atık haline gelmesine kadar uzanan tüm süreçlerden de kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle karbon ayak izinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için emisyon kaynaklarının bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.6. Literatür Özeti

Sanayi Devrimi ile birlikte hız kazanan sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve fosil yakıt kullanımındaki artış, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının yükselmesine neden olmuştur; bunun sonucunda küresel ısınma ve iklim değişikliği günümüzün en önemli çevresel sorunları arasında yer almaya başlamıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O) ve florlu gazlar, doğal sera etkisini güçlendirerek yeryüzünün enerji dengesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bu durum; deniz seviyelerinin yükselmesi, kuraklık, sel, aşırı hava olayları, biyolojik çeşitlilik kayıpları ve tarımsal üretimde meydana gelen değişimler gibi birçok çevresel ve sosyoekonomik sorunu beraberinde getirmektedir (Çınar, 2013; Terzi, 2017).

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması amacıyla uluslararası düzeyde çeşitli anlaşmalar gerçekleştirilmiştir. Bunların başında Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gelmektedir. Paris Anlaşması ile küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre 2 °C'nin altında tutulması ve mümkünse 1,5 °C ile sınırlandırılması hedeflenmiştir.

Türkiye, 2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylayarak 2053 yılı net sıfır emisyon hedefini benimsemiş ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında çeşitli politika ve stratejiler geliştirmeye başlamıştır (ÇŞİDB, 2024).

Atmosferdeki sera gazları arasında en büyük paya sahip olan karbondioksit, enerji üretimi, sanayi faaliyetleri, ulaşım, tarım, arazi kullanımındaki değişiklikler ve fosil yakıt tüketimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında metan, diazot monoksit, ozon ve florlu gazlar da küresel ısınmaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Metan gazının atmosferdeki miktarı karbondioksit'e göre daha düşük olmasına rağmen, küresel ısınma potansiyelinin yüksek olması nedeniyle iklim değişikliği üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Benzer şekilde, kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve diğer florlu gazlar da yüksek küresel ısınma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle çevresel açıdan önemli sera gazları arasında değerlendirilmektedir (Akın, 2006; Atabey, 2013; Çınar, 2013).

Küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı emisyonlarının ölçülmesi ve kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen karbon ayak izi kavramı, bireylerin, kurumların, ürünlerin veya hizmetlerin faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının karbondioksit eşdeğeri cinsinden toplam miktarını ifade etmektedir.

Karbon ayak izi, çevresel etkilerin nicel olarak belirlenmesini sağlayan önemli bir gösterge olup sürdürülebilirlik çalışmalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Wiedmann ve Minx (2008), karbon ayak izini ürünlerin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının toplamı olarak tanımlarken, Üreden ve Özden (2018), karbon ayak izinin insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin ölçülmesinde önemli bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Karbon ayak izi, ekolojik ayak izinin en önemli bileşenlerinden birini oluşturur. WWF verilerine göre karbon ayak izi, toplam ekolojik ayak izinin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (WWF, 2018). Küresel Ayak İzi Ağı tarafından yapılan çalışmalar da karbon ayak izinin doğal kaynaklar üzerindeki baskının belirlenmesinde temel göstergelerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Tarım alanları, orman alanları, otlaklar, balıkçılık sahaları ve yapılaşmış alanlarla birlikte değerlendirildiğinde, karbon ayak izi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir (Global Footprint Network, 2023).

Karbon ayak izi ve sera gazı emisyonlarına ilişkin literatür son yıllarda özellikle üretim, tüketim ve tedarik zinciri temelli yaklaşımlar çerçevesinde önemli ölçüde genişlemiştir. Yapılan çalışmalar, işletmelerin çevresel etkilerinin yalnızca doğrudan emisyonlarla sınırlı olmadığını, dolaylı emisyonların da toplam karbon ayak izi içerisinde önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda GHG Protocol standardı, emisyonların Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 olarak sınıflandırılması bakımından literatürde temel referans noktası haline gelmiştir (WRI & WBCSD, 2004).

Hertwich ve Wood, endüstriyel sektörlerde Scope 3 emisyonlarının giderek daha önemli hale geldiğini ve toplam emisyonların büyük bir bölümünü oluşturduğunu ortaya koymuştur (Hertwich ve Wood, 2018). Lenzen ve arkadaşları ise hanehalkı tüketiminden kaynaklanan dolaylı emisyonların küresel karbon ayak izinde kritik bir rol oynadığını vurgulamıştır (Lenzen ve ark., 2018). Bu bulgular, emisyonların yalnızca üretim süreçlerinden değil, aynı zamanda tüketim ve tedarik zinciri faaliyetlerinden de kaynaklandığını göstermektedir.

Gıda sistemlerine yönelik çalışmalar, bu sektörün çevresel etkiler açısından kritik olduğunu göstermektedir. Poore ve Nemecek, gıda üretim zincirlerinin önemli çevresel etkiler yarattığını ve özellikle hayvansal ürünlerin yüksek karbon ayak izine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Poore ve Nemecek, 2018). Crippa ve arkadaşları, küresel gıda sistemlerinin

antropojenik sera gazı emisyonlarının yaklaşık üçte birinden sorumlu olduğunu ifade etmişlerdir (Crippa ve ark., 2021). IPCC, küresel emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak için yalnızca doğrudan emisyonların değil, dolaylı emisyonların da azaltılması gerektiğini vurgulamaktadır (IPCC, 2022). UNEP ise gıda atıklarının önemli bir emisyon kaynağı olduğunu ve sürdürülebilir atık yönetiminin karbon ayak izini azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir (UNEP, 2019).

Son yıllarda hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin çevresel etkileri de giderek daha fazla araştırılmaktadır. Restoranlar, kafeler ve oteller enerji tüketimi, su kullanımı, atık üretimi, ulaşım ve tedarik zinciri faaliyetleri nedeniyle önemli miktarda sera gazı emisyonuna neden olmaktadır. Özellikle tek kullanımlık ambalajlar, gıda atıkları ve enerji tüketimi, bu işletmelerin karbon ayak izinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır.

Literatür incelendiğinde çalışmaların büyük ölçüde endüstriyel üretim, enerji sektörü ve geniş ölçekli gıda sistemleri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Restoran ve otel işletmelerine yönelik çalışmalar bulunmakla birlikte, kafe işletmelerine yönelik araştırmaların oldukça sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Mevcut çalışmalar genellikle genel hizmet sektörünü ele almakta, ancak kafe işletmelerinin kendine özgü emisyon yapısını ayrıntılı biçimde incelememektedir.

Kafe işletmeleri, sürekli çalışan kahve makineleri, soğutma sistemleri, tek kullanımlık ambalaj kullanımı ve tedarik zinciri bağımlılığı nedeniyle kendine özgü bir emisyon profiline sahiptir. Ancak literatürde bu özgün yapının yeterince ele alınmadığı, özellikle Scope 3 emisyonlarının ayrıntılı biçimde incelenmediği görülmektedir. Türkiye’de yapılan çalışmalar da çoğunlukla turizm ve sanayi sektörüne odaklanmakta olup, kafe işletmelerine yönelik ampirik araştırmalar sınırlı kalmaktadır.

Sonuç olarak, literatür kafe işletmelerinin karbon ayak izinin kapsamlı biçimde ele alınmadığını göstermektedir. Özellikle Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 emisyonlarının birlikte değerlendirildiği çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Bu nedenle, kafe işletmelerinin emisyon kaynaklarının detaylı olarak analiz edilmesine ihtiyaç duyulmakta olup, bu çalışma söz konusu araştırma boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır (Çınar, 2013; Terzi, 2017; IPCC, 2022; UNEP, 2019; WRI & WBCSD, 2004).

Literatürde karbon ayak izi hesaplamalarının çoğunlukla büyük ölçekli veri setleri ve sektörel ortalamalar üzerinden gerçekleştirildiği, mikro ölçekte işletme bazlı analizlerin ise sınırlı kaldığı görülmektedir. Özellikle küçük ölçekli hizmet işletmelerinde veri toplama zorlukları, standart ölçüm yöntemlerinin uygulanmasındaki güçlükler ve faaliyet çeşitliliğinin fazla olması, bu alandaki çalışmaların gelişimini kısıtlayan önemli etkenler arasında yer almaktadır. Bu durum, kafe gibi günlük tüketim odaklı ve yüksek dolaylı emisyon potansiyeline sahip işletmelerin karbon ayak izinin yeterince görünür olmamasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, yerel ölçekte faaliyet gösteren işletmelerin emisyon yapısının detaylı biçimde analiz edilmesi hem akademik literatüre katkı sağlamakta hem de sürdürülebilirlik politikalarının daha gerçekçi temeller üzerine inşa edilmesine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda, gerçekleştirilen bu çalışma, kafe işletmelerine özgü emisyon kaynaklarını kapsamlı biçimde ele alarak literatürdeki mevcut boşluğun giderilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

3. METERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı ve İşletme

Bu araştırmaya konu olan kafe, Balıkesir ilinin Altıeylül Mahallesi'ne bağlı çarşı bölgesinde faaliyet gösteren bir yiyecek ve içecek işletmesidir.

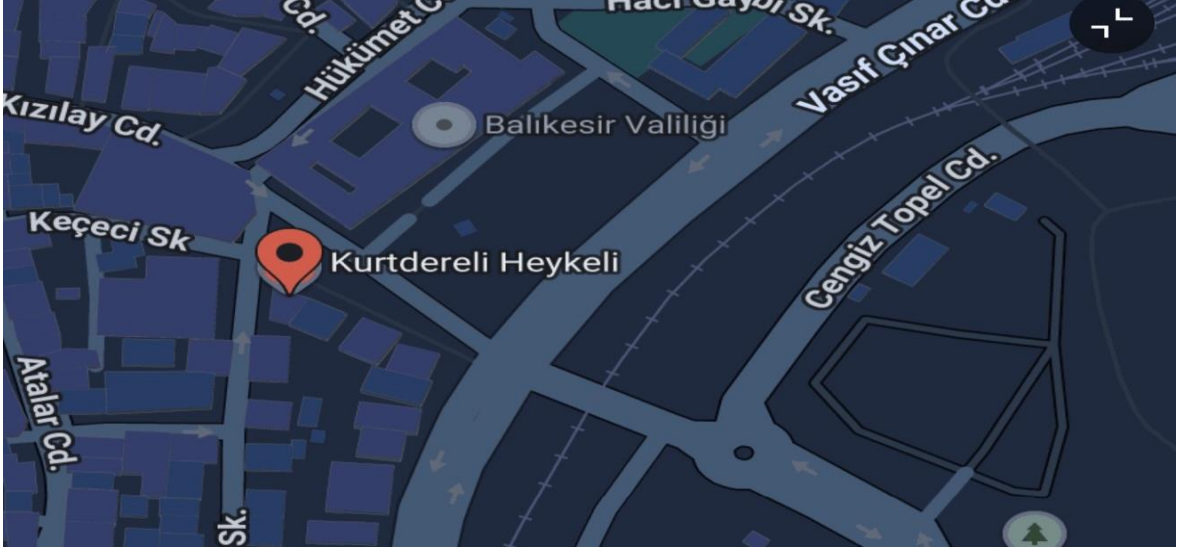
Aşağıda verilen (UR4) Şekil 3.1'deki harita Balıkesir ilinin ilçelerini göstermektedir.



Şekil 3.1: Balıkesir ilinin idari haritası ve Altıeylül ilçesinin konumu (URL4).

Yukarıda verilen harita, araştırma alanının bulunduğu Balıkesir ili ve Altıeylül ilçesinin konumunu göstermektedir.

Altıeylül Mahallesi'ndeki işletmenin konumu Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: İşletme konumunun haritadaki yeri

İşletme, müşterilerine başta kahve çeşitleri olmak üzere sıcak ve soğuk içecekler, çeşitli atıştırmalıklar, tatlılar ve dondurma ürünleri sunmaktadır. Ayrıca işletmede al-götür (take-away) hizmeti de verilmekte olup, müşteriler paket servis şeklinde kahve ve diğer yiyecek ve içecekleri satın alabilmektedir.



Şekil 3.3: İşletmenin iç kısmına ait bar bölümü

İşletme bünyesinde, her biri 4 kişilik olmak üzere toplam 15 masa bulunmaktadır. Kafe, özellikle öğrenciler, genç yetişkinler ve orta yaş grubundaki bireyler tarafından tercih

edilmektedir. İşletme, çoğunlukla öğrenciler tarafından çalışma alanı ve toplantı mekânı olarak kullanılmaktadır. İşletme haftanın yedi günü günde 14 saat hizmet vermektedir.



Şekil 3.4: İşletmenin iç kısmına ait oturma alanları



Şekil 3.5: İşletmenin ön kısmına ait oturma alanları

Çarşı merkezinde bulunan işletme 170 m² alana sahip olup bu alanda hizmet vermektedir. İşletmenin ön kısmında bulunan açık alanı 75 m², iç kısmındaki kapalı alanı ise 95 m² olarak ölçülmüştür.

İşletmenin günlük ortalama müşteri sayısı yaklaşık 112 kişi olup, hafta sonlarında bu sayı 250–300 kişiye kadar çıkabilmektedir. Bu durum işletmenin enerji tüketimi, kaynak kullanımı ve atık oluşumu üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

Çalışma yaptığımız işletmede kullanılan ekipmanlar arasında filtre kahve makinesi, tost makinesi, espresso makinesi, 2 adet çekirdek kahve öğütücü, çay ocağı, ocak, fritöz, 3 adet derin dondurucu, 1 adet içecek dolabı, dondurma dolabı, 1 bilgisayar, modem, kombi, fırın, mikrodalga, klima, vantilatör ve çeşitli aydınlatma ürünleri yer almaktadır.

Karbon ayak izi değerlendirmesi kapsamında işletmenin faaliyetleri incelenmiş; enerji tüketimi, kullanılan ekipmanlar, müşteri yoğunluğu ve işletme süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar değerlendirilmiştir.

Çalışmamız için bu işletmenin seçilmesinin sebebi, işletmeye ait tüm verilerin doğrudan işletme sahibinden temin edilmiş olmasıdır. Veriler günlük operasyonlar, ürün tüketim miktarları, enerji kullanımı ve tedarik edilen malzemelere ilişkin kayıtları içermektedir. Bununla birlikte, tüm tüketim verileri gerçek zamanlı faturalardan elde edilmiştir. Bu çalışmada işletmenin 2025 yılındaki gerçek verileri kullanılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen veriler kullanılarak işletmenin karbon ayak izi hesaplanmıştır.

3.2 Veri Toplama Yöntemleri

Bu çalışmada, kafe işletmesinin karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan veriler birincil veri toplama yöntemleriyle elde edilmiştir. Veri toplama sürecinde işletme sahibi ile doğrudan iletişim kurulmuş ve işletmenin günlük operasyonlarına ilişkin gerçek tüketim ve satın alma kayıtları esas alınmıştır. Bu kapsamda çalışma, saha verisine dayalı nicel bir araştırma niteliği taşımaktadır.

Veri toplama sürecinde öncelikle işletmenin elektrik, doğal gaz ve su tüketimine ilişkin fatura verileri temin edilmiştir. Bu faturalar üzerinden aylık tüketim miktarları belirlenmiş ve enerji kullanımına ilişkin veriler kaydedilmiştir. Bu veriler, Scope 1, Scope 2 ve Scope 3

kapsamında değerlendirilerek doğrudan ve dolaylı emisyonların hesaplanmasında kullanılmıştır.

Bunun yanında, işletmede satışı yapılan ürünlere ilişkin hammadde ve ürün tüketim verileri işletme sahibinin satın alma faturaları ve stok kayıtlarından elde edilmiştir. Bu kapsamda kahve çekirdeği tüketimi, süt ve süt ürünleri kullanımı, dondurma, tatlı ürünleri ile makarna, tost ve patates kızartması gibi yiyeceklerin üretiminde kullanılan malzemelere ilişkin miktarlar belirlenmiştir.

Ayrıca işletmede kullanılan tek kullanımlık ambalaj ve sarf malzemelerine (karton bardak, plastik kapak, pipet, tabak, çatal vb.) ilişkin veriler de satın alma kayıtları üzerinden temin edilmiştir. Bu veriler, tedarik zinciri kaynaklı emisyonların (Scope 3) hesaplanmasında değerlendirilmiştir.

İşletmenin günlük faaliyetleri kapsamında oluşan atık miktarlarına (gıda atığı ve ambalaj atığı) ilişkin bilgiler, işletme sahibi ile yapılan görüşme yoluyla elde edilmiştir. Bu bilgiler, özellikle dolaylı emisyonların değerlendirilmesine katkı sağlamıştır.

Elde edilen tüm veriler, GHG Protocol çerçevesinde Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 kategorilerine ayrılarak sınıflandırılmış ve karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılmıştır. Bu yöntem, işletmenin çevresel etkilerinin kapsamlı ve sistematik bir şekilde analiz edilmesini sağlar (WRI & WBCSD, 2001).

Müşteri yoğunluğu, işletmenin faaliyet ölçeğini temsil eden bir gösterge olarak değerlendirilmekte ve elde ettiğimiz müşteri sayısı kişi başına düşen emisyon hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, toplam emisyon değerlerinin daha anlamlı ve karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

3.2.1 Enerji tüketim verileri

Bu çalışmada kafe işletmesinin enerji tüketimine ilişkin veriler, işletmeye ait elektrik ve doğal gaz faturaları üzerinden elde edilmiştir. Elektrik ve doğal gaz tüketim verileri aylık bazda incelenmiş olup, belirli bir dönemdeki toplam enerji kullanımı sayısal olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, işletmenin günlük faaliyetleri sırasında gerçekleşen enerji kullanım düzeyini yansıtmaktadır.

Kafe işletmesindeki elektrik tüketimi: espresso makineleri, kahve öğütücüler, buzdolapları, derin dondurucular, aydınlatma sistemleri, klima ve diğer mutfak ekipmanlarından kaynaklanmaktadır.

Buna ek olarak, doğal gaz tüketimi ısınma sistemlerinde ve mutfakta yemek pişirme süreçlerinde (ocak kullanımı) gerçekleşmektedir. Özellikle kış aylarında ısınma amaçlı doğal gaz kullanımının arttığı, mutfak operasyonlarında ise düzenli ocak kullanımı nedeniyle doğal gaz tüketiminin gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu kapsamda elde edilen elektrik ve doğal gaz tüketim verileri, GHG Protocol çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Elektrik tüketimi Scope 2 kapsamında, doğal gaz tüketimi ise Scope 1 kapsamında ele alınarak ilgili emisyon faktörleri ile çarpılmış ve karbon ayak izi hesaplamalarına dahil edilmiştir (WRI & WBCSD, 2004). Bu yöntem, kafe işletmesinin enerji kullanımına bağlı doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarının bütüncül bir şekilde değerlendirilmesine ve karbon ayak izi analizinin bilimsel temele dayandırılmasına olanak tanır.

Sera gazı emisyon kaynaklarının belirlenmesi sırasında işletmede LPG tüketimi ve jeneratör yakıt tüketimi olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle emisyon kaynaklarına dahil edilmemiştir.

3.2.2 Su tüketim verileri

Bu çalışmada kafe işletmesine ait su tüketimi verileri, işletmeye ait su faturalarından elde edilmiştir.

Aylık toplam su tüketimi, su faturalarında yer alan hacim bilgileri (m³) üzerinden belirlenmiş ve günlük operasyonlara orantılanarak analiz edilmiştir.

Su tüketimi; kahve ve diğer içeceklerin hazırlanması, ürün üretim süreçleri ile bulaşık yıkama ve genel temizlik faaliyetlerini kapsamaktadır. Elde edilen su tüketimi verileri, karbon ayak izi hesaplaması kapsamında dolaylı emisyonlar (Scope 3) kapsamına dahil edilmiştir. Çünkü su, işletme tarafından doğrudan üretilmekte değil, dış tedarikçi (belediye şebekesi) aracılığıyla sağlanmaktadır.

Bu süreçle ilişkin yukarı akış (arıtma, dağıtım ve iletim) kaynaklı dolaylı çevresel etkiler bulunmaktadır. Bu nedenle su tüketimi, işletmenin doğrudan emisyon kaynakları (Scope 1)

veya satın alınan enerji kaynaklı emisyonlar (Scope 2) dışında kalan yardımcı girdiler kapsamında değerlendirmeye dahil edilmiştir (GHG Protocol, 2004).

Çalışmanın sistem sınırları kafe içi operasyonlarla sınırlandırılmış olup, hammadde üretimi ve tedarik zinciri aşamalarındaki su tüketimi kapsam dışında bırakılmıştır.

Bu yöntemle işletmenin doğrudan faaliyetlerinden kaynaklanan su tüketimi daha gerçekçi ve ölçülebilir bir şekilde ortaya konmuştur.

3.2.3 Atık verileri

Bu çalışmada, kafe işletmesine ait atık verileri, işletme kayıtları ve saha gözlemleri doğrultusunda belirlenmiştir.

Atıklar, kahve posası ve gıda atıkları gibi organik atıklar, kâğıt-karton bardaklar, plastik ve cam ambalaj atıkları gibi geri dönüştürülebilir atıklar ile karışık evsel atıklar şeklinde sınıflandırılmıştır. İşletmede oluşan atık miktarları günlük ve aylık bazda değerlendirilerek karbon ayak izi hesaplamalarına dahil edilmiştir.

Karbon ayak izi değerlendirmesi kapsamında atık kaynaklı emisyonlar, GHG Protocol'e göre "Operasyonlardan Kaynaklanan Atıklar (Waste Generated in Operations)" kategorisinde ele alınmış ve dolaylı emisyonlar kapsamında Scope 3 kapsamında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, işletme faaliyetleri sonucunda oluşan atıkların toplanması, taşınması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar dikkate alınmıştır.

Atık verileri, kafe faaliyetlerinden kaynaklanan atık oluşumu ve buna bağlı çevresel etkiler nicel olarak belirlenmiş; elde edilen sonuçlar karbon ayak izi hesaplamalarına entegre edilmiştir.

Kafe açısından şu atıklar bu kategoriye girer:

- Kahve posası
- Gıda atıkları
- Kâğıt ve karton atıkları

- Plastik ambalajlar
- Cam şişeler
- Karışık evsel atıklar

Bunun nedeni, atıkların işletmede oluşmasına rağmen emisyonların doğrudan işletme tarafından değil, atık toplama, taşıma, geri dönüşüm, kompostlama veya bertaraf süreçlerinde üçüncü taraflar tarafından ortaya çıkmasıdır. Bu nedenle Scope 1 veya Scope 2 kapsamında değil, dolaylı emisyonlar (Scope 3) kapsamında yer alırlar (GHG Protocol, 2004).

Atıkların toplanması, taşınması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar karbon ayak izi hesaplamalarında dikkate alınmıştır.

3.2.4 Tedarik ve ürün verileri sınırlandırılmış scope 3 kapsamı

Bu çalışmada, karbon ayak izi hesaplaması GHG Protocol kurumsal karbon muhasebesi çerçevesi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Scope 3 emisyonları tüm alt kategorileriyle kapsamlı biçimde dahil edilmemiştir ve çalışma kapsamında sınırlandırılmış Scope 3 yaklaşımı uygulanmıştır (GHG Protocol, 2004).

Sistem sınırları belirlenirken, tedarik zincirinin yukarı yönlü (upstream) süreçlerini oluşturan hammadde temini, satın alınan ürün ve hizmetlerin üretim süreçleri ile lojistik faaliyetler analiz kapsamı dışında tutulmuştur. Bu dışlama, özellikle bireysel/yerleşim ölçekli karbon ayak izi çalışmalarında söz konusu veri türlerine ilişkin güvenilir, tutarlı ve standartlaştırılmış emisyon faktörlerine erişimin sınırlı olması nedeniyle söz konusu olmaktadır.

Buna karşılık, Scope 3 kapsamında değerlendirilebilecek belirli dolaylı emisyon kategorileri çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Bu doğrultuda su tüketimi ve atık yönetimi süreçleri hesaplamalarımıza dahil edilmiştir.

Su tüketimine bağlı dolaylı emisyonlar, kullanılan suyun temini ve dağıtım süreçlerinde ortaya çıkan enerji kullanımına dayalı emisyon faktörleri üzerinden; atık kaynaklı emisyonlar ise atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi süreçlerine ilişkin emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu yöntem, özellikle mikro ölçekli karbon ayak izi analizlerinde veri kısıtları ve modelleme pratikliği nedeniyle literatürde yaygın olarak kullanılan bir yöntemsel tercihi temsil etmektedir.

3.3 Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemi (GHG Yaklaşımı)

Bu çalışmada kafe işletmesinin karbon ayak izi hesaplamaları GHG Protocol metodolojisi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Sera gazı emisyonları Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 kategorileri altında değerlendirilmiş, her kategori için faaliyet verileri toplanarak ilgili emisyon faktörleri kullanılmıştır. Tüm sonuçlar karbondioksit eşdeğeri (kg CO₂e) cinsinden ifade edilmiştir (GHG Protocol, 2004).

3.3.1 Scope 1 emisyonları (Doğrudan emisyonlar)

Scope 1 emisyonları işletmenin doğrudan kontrolü altındaki kaynaklardan ortaya çıkan emisyonları kapsamaktadır. İncelenen kafe işletmesinde doğal gazın ısınma ve ocak için kullanımı, Scope 1 kapsamında değerlendirilecek doğrudan emisyon kaynağıdır.

$$\text{Doğalgaz (kg\ CO}_2\text{e)} = \text{Doğalgaz Tüketimi (m}^3\text{)} * \text{Elektrik Emisyon Faktörü} / \text{m}^3$$

Bu kapsamda kullanılan faaliyet verisi doğal gaz faturalarından elde edilen toplam m³ değerlerinden oluşmaktadır.

3.3.2 Scope 2 emisyonları (Dolaylı emisyonlar)

Scope 2 emisyonları, işletmede kullanılan elektrik enerjisinin üretimiyle ilişkili dolaylı emisyonları kapsamaktadır. Elektrik tüketim verileri işletmeye ait elektrik faturalarından elde edilmiştir. İşletmeye ait ve işletmede aktif olarak kullanılan elektrikli cihazları çalıştırmak için satın alınan elektrik enerjisi emisyon kaynaklarının oluşmasına neden olmuştur. Espresso makinesi, kahve öğütücüleri, buzdolapları, derin dondurucular, aydınlatma sistemleri, klima ve diğer elektrikli ekipmanların tükettiği enerji toplam elektrik tüketimi içerisinde değerlendirilmiştir.

Hesaplamalarda aylık elektrik tüketimi (kWh) ilgili elektrik emisyon faktörü ile çarpılarak karbon ayak izi belirlenmiştir.

$$\text{Elektrik (kg\ CO}_2\text{e)} = \text{Elektrik Tüketimi (kWh)} * \text{Elektrik Emisyon Faktörü} / \text{kWh}$$

Bu kapsamda kullanılan faaliyet verisi elektrik faturalarından elde edilen toplam kWh değerlerinden oluşmaktadır.

3.3.3 Scope 3 emisyonları (Diğer dolaylı emisyonlar)

Scope 3 emisyonları, işletmenin faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ancak doğrudan kontrolü altında olmayan emisyon kaynaklarını kapsamaktadır.

a- Tedarik ve Ürün Kaynaklı Emisyonlar

Tedarik ve ürün verileri, satın alma faturaları, tedarikçi verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Kahve çekirdeği, süt, şuruplar, gıda ürünleri, tek kullanımlık bardaklar, kapaklar, peçeteler ve diğer sarf malzemeleri değerlendirme kapsamına alınmıştır.

Her ürün grubu için tüketim miktarı ilgili emisyon faktörü ile çarpılarak karbon ayak izi hesaplanmıştır.

Ürün Kaynaklı Emisyon (kg\ CO₂e)= Ürün Miktarı (kg) * Ürün Emisyon Faktörü / kg

b- Su Tüketiminden Kaynaklanan Emisyonlar

Su tüketim verileri işletmeye ait su faturalarından elde edilmiştir. Kullanılan su, kahve hazırlama, ürün üretimi, bulaşık yıkama ve genel temizlik faaliyetlerini kapsamaktadır. Su tüketimi, belediye şebekesinden temin edildiği için GHG Protocol kapsamında Scope 3 emisyonları kapsamında değerlendirilmiştir.

Su Kaynaklı Emisyon (kg\ CO₂e) = Su Tüketimi (m³) * Su Emisyon Faktörü / m³

Su tüketimine ilişkin faaliyet verileri aylık su faturalarındaki m³ değerlerinden elde edilmiştir.

c- Atık Kaynaklı Emisyonlar

Atık verileri işletme kayıtları ve saha gözlemleri doğrultusunda belirlenmiştir. Kahve posaları, gıda atıkları, geri dönüştürülebilir ambalaj atıkları ve karışık evsel atıklar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Atık kaynaklı emisyonlar GHG Protocol kapsamında "Waste Generated in Operations" kategorisinde değerlendirilmiştir.

Atık Kaynaklı Emisyon (kg\ CO₂e) = Atık Miktarı (kg) * Atık Emisyon Faktörü / kg
Atıkların toplanması, taşınması, geri dönüştürülmesi veya bertaraf edilmesi süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar hesaplamalara dahil edilmiştir (WWBCSD, 2011; GHG Protocol, 2004).

3.3.4 Toplam karbon ayak izi hesabı

İşletmenin toplam karbon ayak izi, Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 kapsamında hesaplanan emisyonların toplamı alınarak belirlenmiştir. Toplam Karbon Ayak İzi = Scope 1 + Scope 2 + Scope 3

$$E_i = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

Çalışmada karbon ayak izi hesaplamaları, genel kabul görmüş sera gazı envanteri yaklaşımına göre yapılacaktır. Temel formül: $E_i = A_i \times EF_i$

E_i : i'inci faaliyet için yıllık sera gazı emisyonu (kg CO₂-eş./yıl)

A_i : i'inci faaliyete ait aktivite verisi (örneğin, kWh, m³, kg vb.)

EF_i : i'inci faaliyet için emisyon faktörü (kg CO₂eş / birim aktivite)

Elde edilen sonuçlar kg CO₂e cinsinden raporlanmış ve emisyon kaynaklarının toplam karbon ayak izi içerisindeki payları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir (WWBCSD, 2011; GHG Protocol, 2004).

3.4 Sınırlılıklar ve Varsayımlar

Çalışma kapsamında kafe işletmesinin karbon ayak izi hesaplamaları belirli varsayımlar ve sınırlılıklar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın kapsamı, veri erişilebilirliği ve kullanılan metodolojik yaklaşım doğrultusunda aşağıda belirtilen kısıtlar dikkate alınmıştır. Çalışmanın en önemli sınırlılığı, bazı faaliyetlere ilişkin verilerin doğrudan ölçüm yerine işletme kayıtları, faturalar ve gözleme dayalı tahminler üzerinden elde edilmesidir. Özellikle ürün bazında detaylı üretim ve tüketim verilerinin bulunmaması nedeniyle bazı girdiler ortalama tüketim değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında sistem sınırları “kafe içi operasyonlar” ile sınırlandırılmış olup, hammadde üretimi, tarımsal süreçler ve geniş tedarik zinciri etkileri detaylı hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bu durum, özellikle Scope 3 kapsamında yer alan bazı emisyonların genel varsayımlar üzerinden hesaplanmasına neden olmuştur. Varsayımlar açısından, elektrik ve doğalgaz tüketiminin yalnızca kafe operasyonlarına ait olduğu kabul edilmiş, su tüketimi yalnızca işletme faaliyetleri (kahve hazırlama, temizlik ve bulaşık yıkama) ile sınırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında özellikle ambalaj atıkları (kâğıt/karton, plastik ve cam) karbon ayak izi hesabına dahil edilmiştir. Metal ve diğer atık türleri, çalışmanın sınırları ve veri yetersizliği nedeniyle hesaplama dışlanmıştır. Ambalaj atıklarının çevresel etkilerinin belirlenmesinde yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaklaşımı esas alınmış; IPCC (2006) metodolojisi ile DEFRA (2025) dönüşüm faktörleri referans alınmıştır.

Atık kaynaklı sera gazı emisyonları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

E: toplam sera gazı emisyonu (kg CO₂e)

A_i: atık türüne ait miktar (kg)

EF_i: ilgili atık türüne ait emisyon faktörü (kg CO₂e/kg) (GHG Protocol, 2011; IPCC, 2006; ISO 14064-1:2018).

Atık oluşumunun düzenli ve homojen bir dağılım gösterdiği varsayılmıştır ve aylık veriler günlük tüketime orantılı şekilde dağıtılmıştır. Ayrıca kullanılan emisyon faktörlerinin çalışma dönemi için geçerli olduğu kabul edilmiştir.

Bu sınırlılıklar çerçevesinde elde edilen sonuçlar, işletmenin karbon ayak izine ilişkin genel bir değerlendirme sunmaktadır. Farklı veriler veya daha ayrıntılı yaşam döngüsü analizleri (LCA) ile sonuçların değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmaya konu olan kafe, Balıkesir ilinin merkezinde yer alan bir işletme olarak seçilmiştir. Bu bölümde, araştırma kapsamında incelenen kafenin karbon ayak izine ilişkin elde edilen bulgular sunulmakta ve değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında kafenin faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonları belirlenmiş, emisyon kaynakları enerji tüketimi, atık oluşumu, su kullanımı, tedarik süreçleri ve ulaşım faaliyetleri açısından incelenmiştir.

Karbon ayak izi hesaplamalarında elde edilen veriler analiz edilerek emisyon kaynaklarının toplam karbon ayak izi içindeki payları ortaya konmuştur. Ayrıca elde edilen bulgular çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiş ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik uygulanabilecek iyileştirme alanları belirlenmiştir. Bu bölümde öncelikle kafenin genel özelliklerine yer verilmiş, ardından enerji tüketimi, atık yönetimi gibi faaliyetlerden kaynaklanan karbon ayak izi değerleri ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

GHG Protokolü çerçevesinde hazırlanan enerji değerlendirme raporları kullanılarak elde edilen veriler sistematik olarak karşılaştırılmıştır.

4.1 İşletmeye İlişkin Genel Bilgiler

Bu araştırmanın amacı, kafe işletmelerinin karbon ayak izini GHG Protocol kapsamında Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 emisyonları çerçevesinde değerlendirmek ve bu emisyon kaynaklarını ayrıntılı biçimde ortaya koymaktır. Çalışma, hizmet sektöründe yer alan kafe işletmelerinin çevresel etkilerinin yalnızca doğrudan enerji tüketimiyle sınırlı olmadığını; tedarik zinciri ve operasyonel süreçlerden kaynaklanan dolaylı emisyonların da toplam karbon ayak izi içerisinde önemli bir paya sahip olduğunu incelemeyi amaçlamaktadır (GHG Protocol 2004).

Bu kapsamda araştırmada, kafe işletmesinin enerji kullanımı, yakıt tüketimi, su tüketimi, satın alınan ürünler (kahve, süt, gıda ürünleri), ambalaj malzemeleri ve atık yönetimi gibi faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, işletme sahibinden doğrudan temin edilmiş olup, çalışmanın veri değerleri gerçek işletme verilerine dayanmaktadır.

Araştırma, nicel araştırma yöntemine dayalı betimsel bir çalışma niteliği taşımaktadır. Çalışmada elde edilen veriler üzerinden karbon ayak izi hesaplamaları yapılmış ve işletmenin mevcut emisyon profili sayısal olarak analiz edilmiştir.

Bu tez kapsamında başlıca faaliyet kategorileri şunlardır: elektrik tüketimi, doğal gaz, katı atık (organik atık, ambalaj atıkları vb.) ve su tüketimi (WBCSD, 2011).

Bu çalışma, Türkiye’de Balıkesir ilinin merkezinde faaliyet gösteren ve kahve satışı ağırlıklı hizmet veren bir kafe işletmesi üzerinde yürütülmüştür. Araştırma kapsamındaki işletme, özellikle espresso bazlı kahve çeşitlerinin yoğun olarak tüketildiği; bunun yanında sınırlı sayıda yiyecek ve tatlı ürününün de sunulduğu bir hizmet yapısına sahiptir. İşletmede temel ürün grubu kahve çeşitlerinden oluşmakta olup, özellikle espresso bazlı içecekler (espresso, americano, latte, cappuccino vb.) satış hacmi açısından önemli bir paya sahiptir. Bunun yanı sıra işletmede tamamlayıcı gıda ürünleri olarak makarna, tost ve patates kızartması gibi sıcak yemekler, çeşitli tatlı ürünleri ve dondurma da müşterilere sunulmaktadır. Ancak işletmenin ana faaliyet alanı, kahve ve kahve bazlı içeceklerin satışı olmaktadır.

İncelenen kafe, günlük müşteri trafiği bakımından orta ölçekli bir işletmedir ve hem paket servis hem de yerinde tüketim hizmeti sunmaktadır. İşletmenin enerji tüketimi kahve makineleri, öğütücüler, soğutma sistemleri, aydınlatma ve mutfak ekipmanları üzerinden gerçekleşmektedir. Bu durum, işletmenin hem doğrudan enerji kullanımına bağlı (Scope 2 ağırlıklı) hem de tedarik zinciri kaynaklı (Scope 3) emisyonlarının analiz edilmesini gerekli kılmaktadır (WRI & WBCSD, 2004; ISO 14064 Standardı).

İşletmede LPG ve jeneratör kullanılmadığından bu kaynaklardan kaynaklanan sera gazı emisyonu oluşmamıştır.

İşletmeye ait veriler GHG Protokolü kapsamında analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

4.1.1 Günlük müşteri sayısı

Bu çalışmada, işletmenin günlük müşteri hareketliliği, karbon ayak izi hesaplamalarında bir temel veri olarak kullanılmıştır. İşletmeye ait genel bilgiler kapsamında, 2025 yılı boyunca günlük ortalama müşteri sayısı belirlenecektir. Yıllık toplam müşteri sayısı 365’e bölünerek günlük ortalama müşteri sayısı hesaplanmıştır. Bu ortalama, sonraki hesaplamalarda kişi

başına düşen enerji tüketimi ve karbon emisyonu hesaplamalarında bir referans noktası olarak kullanılmış, böylece işletmenin faaliyet yoğunluğu ile çevresel etkisi arasında bir ilişki kurulmuştur.

Tablo 4.1: İşletmenin 2025 yılı hizmet verdiği kişi sayısı

Aylar	Kişi (Müşteri) Sayısı
Ocak	5981
Şubat	5593
Mart	4247
Nisan	3926
Mayıs	1912
Haziran	1565
Temmuz	1268
Ağustos	1054
Eylül	1318
Ekim	3916
Kasım	4437
Aralık	5663



Şekil 4.1: İşletmenin 2025 yılı hizmet verdiği kişi sayısı

2025 yılında işletmenin hizmet verdiği toplam kişi sayısı 40.880 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak, toplam kişi sayısı 40.880, 365 güne bölünerek günlük ortalama 112 kişiye hizmet verildiği bulunmuştur. Bu ortalama, karbon ayak izi hesaplamalarında bir aktivite verisi olarak kullanılmış ve işletmenin faaliyet yoğunluğunu anlamamıza katkı sağlamıştır.

İşletmenin müşteri sayısı, grafikte de görüldüğü gibi, yaz aylarında düşmektedir. Bunun başlıca sebebi okulların kapanması ve yaz aylarında sıcaklıkların artması olarak belirlenmiştir.

4.2 Enerji Tüketim Bilgileri

Kafelerde karbon ayak izinin oluşmasında en önemli kaynaklardan biri enerji tüketimidir. İşletmelerde kullanılan elektrik enerjisi, aydınlatma sistemleri, kahve makineleri, buzdolapları, derin dondurucular ve diğer elektrikli ekipmanların çalıştırılması amacıyla tüketilmektedir. İşletmede kullanılan doğal gaz enerjisi, kış aylarında mekân ısıtması için ve bazı yiyeceklerin yapımında kullanılan ocakta kullanılmaktadır. Bu nedenle işletmenin enerji kullanım düzeyinin belirlenmesi karbon ayak izinin hesaplanmasında önemli bir aşamayı oluşturmaktadır.

Araştırma kapsamında incelenen kafenin enerji tüketimine ilişkin veriler işletme kayıtlarından elde edilmiş ve GHG Protokolü doğrultusunda değerlendirilmiştir.

İşletmede enerji tüketimi ağırlıklı olarak elektrik ve doğal gaz kullanımından kaynaklanmaktadır.

Günlük müşteri yoğunluğunun özellikle hafta sonlarında artması, kahve hazırlama ekipmanları, soğutucular ve mekân ısıtma sistemlerinin kullanım sürelerini artırarak enerji tüketimi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

İşletmenin enerji tüketimine ilişkin veriler incelendiğinde, enerji kullanımının müşteri sayısı ve işletme faaliyetlerinin yoğunluğu ile paralel olarak değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen enerji tüketimi değerleri karbon emisyon katsayıları kullanılarak CO₂ eşdeğeri emisyon miktarlarına dönüştürülmüş ve sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

4.2.1 Elektrik tüketim bilgileri

Kafeye ait elektrik tüketim verileri aylık/yıllık değerler kWh cinsinden alınarak kullanılmıştır. Aynı zamanda çalışmada analiz edilen dönem (2025 yılı değerleri) boyunca toplam elektrik tüketimi kWh olarak hesaplanmıştır. Elektrik tüketim verilerinin hesaplanması, GHG Protokolü doğrultusunda dolaylı emisyon kaynakları kapsamında Kapsam 2'de yapılacaktır.

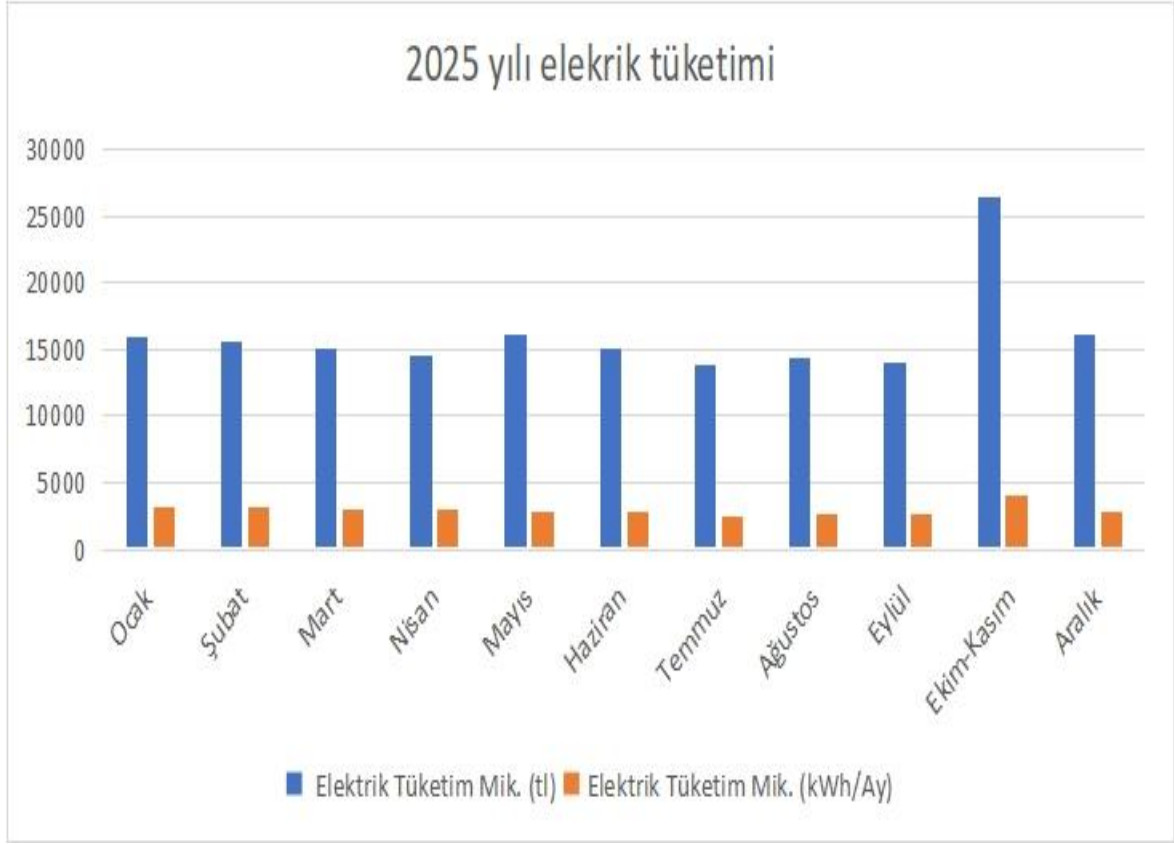
$$E_{\text{toplamlam}} = \sum_{i=1}^n E_i \quad (4.1)$$

Formül CO₂e: $E_i \times EF$

CO₂e: Karbon emisyonu (kg CO₂e veya ton CO₂e). Burada E, elektrik tüketimini (kWh), EF ise elektrik için emisyon faktörünü (kg CO₂/kWh) ifade etmektedir. (GHG Protocol, 2004). Emisyon faktörü literatürde yaklaşık 0,50 (0,48-5,2) kg CO₂e/kWh aralığında olup, bu çalışmada referans literatüre uygun ortalama bir değer kullanılmaktadır (ETKB, 2023).

Tablo 4.2: İşletmeye ait 2025 yılı elektrik tüketim detayları

Aylar	Elektrik Tüketim Mik. (TL)	Elektrik Tüketim Mik. (kWh/Ay)	Tüketim Gün Sayısı	Elektrik Tüketim Mik. (kwh/Gün)
Ocak	16025	3241	32	101,28
Şubat	15601	3163	30	105,43
Mart	15032	3053,14	30	101,77
Nisan	14462,39	2939	31	94,80
Mayıs	16159,58	2874,2	31	92,72
Haziran	14990,44	2727,1	32	85,22
Temmuz	13924,62	2540,0	27	94,07
Ağustos	14366,23	2616,79	32	81,77
Eylül	14086,67	2561,2	31	82,62
Ekim-Kasım	26513,48	4079,32	50	94,19
Aralık	16068,59	2854,1	30	95,14



Şekil 4.2: İşletmenin 2025 yılı elektrik tüketim grafiği

Gerçek faturalardan alınan bilgiler doğrultusunda toplam fatura gün sayısı 359 olarak belirlenmiştir. Bu fatura bedelleri doğrultusunda 2025 yılında ödenen toplam tutar 177230,00 TL'dir.

Tablo 4.2'de verilen bilgiler kullanılarak 2025 yılında toplam elektrik tüketim miktarı 32648,85 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Aylık tüketim miktarı 2720,74 kWh/ay olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.2'de verilen bilgiler kullanılarak 2025 yılının günlük ortalama elektrik tüketim miktarı 90,94 kWh/gün olarak hesaplanmıştır.

Yıllık karbon ayak izi, GHG Protokolü Scope 2 kapsamında, Tablo 4.2 verileri kullanılarak CO₂e: $E \times EF$ formülü ile hesaplanır.

Formül CO₂e: $E \times EF$

$$E=32648,85 \text{ kWh/yıl}$$

Türkiye’de akademik çalışmalarda elektrik şebeke emisyon faktörü 0,50 kg CO₂e/kWh olarak kabul edilir.

$$EF: 0,50 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh}$$

$$32648,85 \text{ kWh/yıl} \times 0,50 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 16324,43 \text{ kg CO}_2\text{e/yıl}.$$

Bu da 16,32 ton CO₂e/yıl (2025) olarak hesaplanır.

2025 yılı toplam elektrik tüketimi 32648,85 kWh/yıl olarak belirlenmiştir.

Tesiste günlük ortalama 112 kişinin bulunduğu kabul edilerek kişi başına düşen yıllık elektrik tüketimi hesaplanmıştır.

Kişi başına yıllık elektrik tüketimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Kişi başına düşen elektrik tüketimi} = \frac{\text{2025 yılı toplam elektrik miktarı (kWh)}}{\text{2025 yılı toplam kişi sayısı}}: \frac{32648,85 \text{ kWh/yıl}}{40880 \text{ kişi}} = 0,80 \text{ kWh/kişi.yıl}$$

Bu çalışmada, kafenin yıllık elektrik tüketimi kişi başına 0,80 kWh/kişi.yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kafenin genel enerji tüketimini yansıtmakta ve işletmenin büyüklüğü, hizmet saatleri ve ekipman kullanımına bağlı olarak belirlenmiştir.

Bu kapsamda, farklı dönemler ve günlere göre değişiklikler gözlemlenebilir. Kişi başına düşen 0,80 kWh/kişi.yıl bir işletme için düşük bir miktardır ve daha fazla düşürülebilmesi için gerekli önlemler alınacaktır.

Bu tüketim enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından izlenmeye devam edilmelidir.

4.2.2 Doğal gaz tüketim bilgileri

Çalışma kapsamında incelenen işletmede doğal gaz tüketimi, ısınma ve/veya pişirme (ocak kullanımı) amacıyla kullanılan temel enerji kaynaklarından biri olarak tespit edilerek değerlendirmeye alınmıştır.

Doğal gaz, fosil yakıt olması nedeniyle yanma süreci sonucunda doğrudan sera gazı emisyonlarına yol açmaktadır.

GHG Protokolü doğrultusunda doğrudan Scope 1 emisyonları kapsamında ele alınmaktadır.

Aylık verilerin toplanmasıyla yıllık veri elde edilecek ve hesaplamalar yapılacaktır. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları, tüketim miktarının uygun emisyon faktörü ile çarpılması yöntemiyle hesaplanmaktadır. Bu çalışmada doğal gaz tüketimi metreküp (m³) cinsinden değerlendirilmiştir.

$$V_{\text{toplam}} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (4.2)$$

V_i , i'inci aya ait doğal gaz tüketimini (m³) ve n ise toplam ay sayısını göstermektedir.

$$CO_{2e} = NG_{m3} \times EF_{m3}$$

Burada NG, doğal gaz tüketimini (m³) ve EF ise doğal gaz için emisyon faktörünü (kg CO_{2e}/m³) ifade etmektedir.

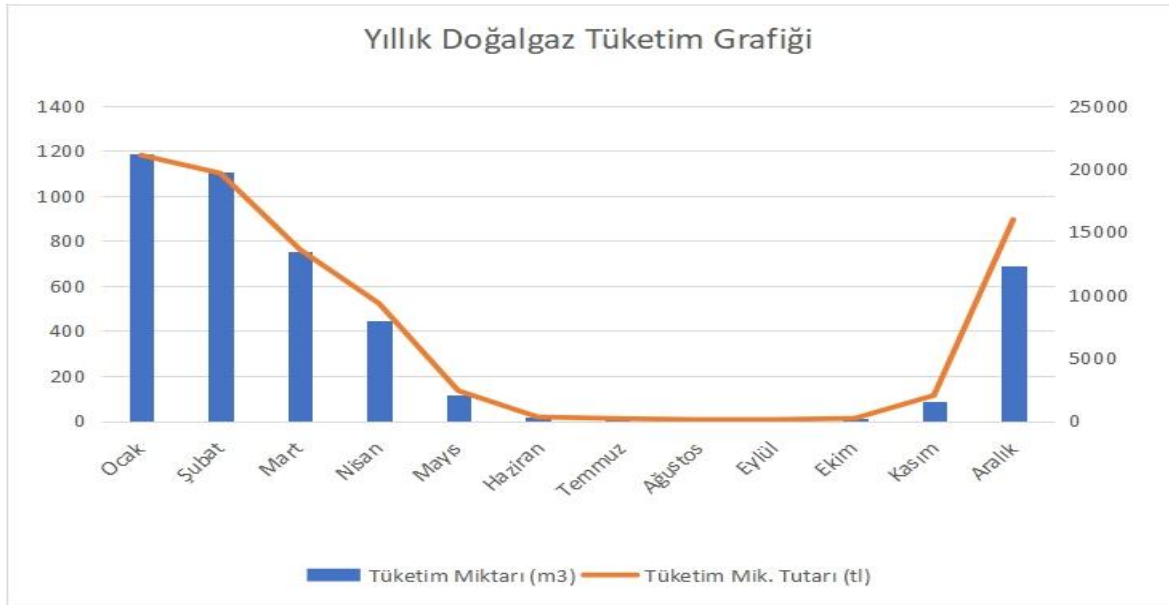
Emisyon faktörü literatürde yaklaşık 2,00 (1,9-2,1) kg CO_{2e}/m³ aralığında olup, bu çalışmada referans literatüre uygun ortalama bir değer kullanılmaktadır (IPCC, 2006).

Emisyon faktörü 2,00 kg CO_{2e}/m³ olarak hesaplamaya dahil edilecektir.

Doğal gaz tüketimi, işletmenin enerji kaynaklı karbon ayak izinin önemli bir bileşeni olup, toplam sera gazı emisyonları üzerinde doğrudan etkiye sahiptir.

Tablo 4.3: İşletmeye ait 2025 yılı doğal gaz tüketim detayları

Aylar	Tüketim Miktarı (m3)	Tüketim Mik. Tutarı (TL)
Ocak	1187,5	21055,13
Şubat	1107	19625,64
Mart	752,5	13593,28
Nisan	442,77	9310,50
Mayıs	113,98	2395,34
Haziran	14,92	317,79
Temmuz	8,93	190,21
Ağustos	4,96	105,61
Eylül	4,98	110,15
Ekim	9,12	206,20
Kasım	89,40	2022,23
Aralık	687,77	15956,23



Şekil 4.3: İşletmenin 2025 yılı doğalgaz tüketim grafiği

Tablo 4.3'te verilen bilgiler kullanılarak 2025 yılının aylık ortalama doğal gaz tüketim miktarı 4.443,83 m³ olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama tüketim miktarı 368,65 m³ olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama 12,12 m³ olduğu görülmektedir.

Gerçek faturalardan alınan bilgiler doğrultusunda bu veriler hazırlanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda, doğal gaz kullanımı ısınmanın doğal gaz ile sağlanması nedeniyle kış aylarında daha fazladır. Fatura bedelleri doğrultusunda 2025 yılında ödenen toplam tutar 84.888,31 TL'dir. İşletmemizde ağırlıklı olarak ısınmada kullanılması nedeniyle doğal gaz tüketimi yaz aylarında oldukça düşmüştür.

Yıllık karbon ayak izi, GHG Protokolü Scope 1 kapsamında, Tablo 4.3 verileri kullanılarak $CO_2e = NG_{m^3} \times EF_{CO_2e/m^3}$ formülü ile hesaplanır.

$$\text{Formül } CO_2e = NG_{m^3} \times EF_{m^3}$$

$$NG_{m^3} = 4.423,83 \text{ m}^3$$

Türkiye'de akademik çalışmalarda doğal gaz şebeke emisyon faktörü 2,00 kg CO₂e/m³ olarak kabul edilir.

$$EF: 2,00 \text{ kg CO}_2e/m^3$$

$$4.423,83 \text{ m}^3 \times 2,00 \text{ kg CO}_2e/m^3 = 8.847,66 \text{ kg CO}_2e/yıl.$$

Bu da 8,85 ton CO₂e/yıl (2025) olarak hesaplanır.

2025 yılı toplam doğal gaz tüketimi 4.423,83 m³ olarak belirlenmiş ve 8847,66 kg CO₂e/yıl olarak hesaplanmıştır.

İşletmede günlük ortalama 112 kişinin bulunduğu kabul edilerek kişi başına düşen yıllık doğal gaz tüketimi hesaplanmıştır. Kişi başına yıllık doğal gaz tüketimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

Kişi başına düşen doğal gaz tüketimi = 2025 yılı toplam doğal gaz miktarı (m³) ÷ 2025 yılı toplam kişi sayısı

4.423,83 m³ ÷ 40.880 kişi = 0,11 m³/kişi. Yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, işletmenin doğal gaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izinin Türkiye genelindeki kişi başına ortalama emisyon değerine kıyasla oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, işletmenin enerji verimliliğine yönelik uygulamalarının etkili olduğunu ya da doğal gaz kullanımının en aza indirildiğini göstermektedir. Ancak bu düşük emisyon değerinin nedenlerini daha iyi anlamak için, işletmenin faaliyet koşulları, kullanılan cihazlar ve enerji tedarik kaynakları detaylı olarak incelenmelidir. Bu sayede, daha genel bir karbon yönetimi stratejisi geliştirilebilir ve sürdürülebilirlik hedefleri daha sağlam temellere oturtulabilir.

4.3 Su Tüketim Verileri

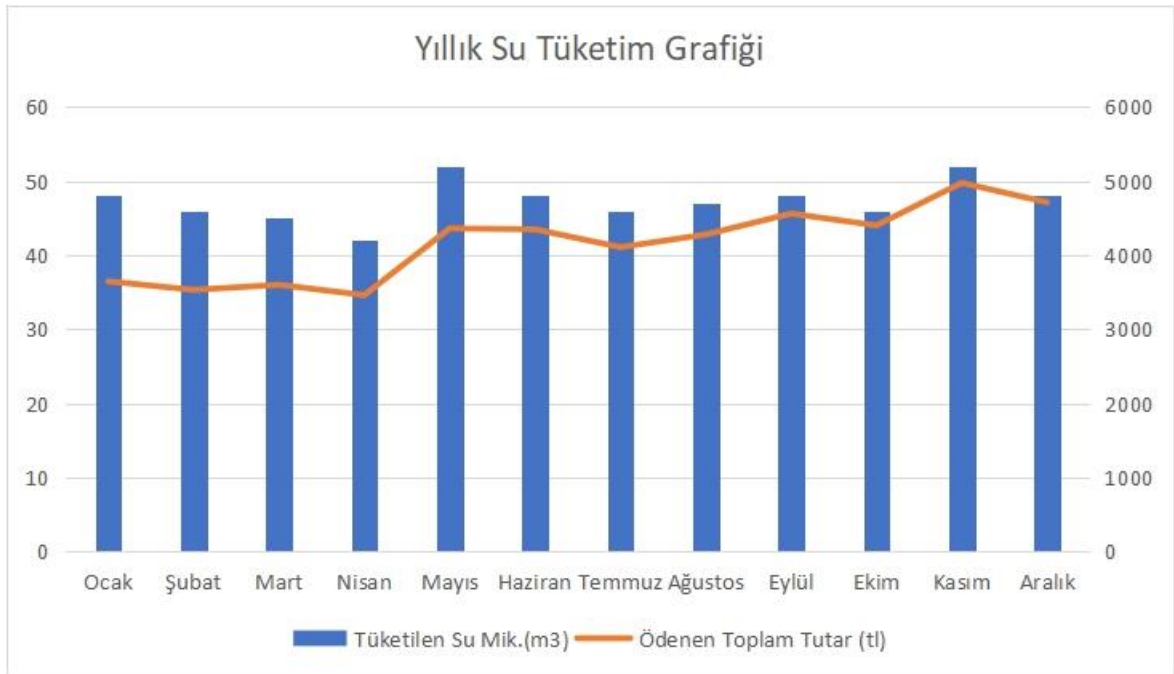
Çalışma kapsamında işletmenin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde su tüketimi de dikkate alınmıştır. Su kullanımı, doğrudan enerji kaynaklı bir emisyon üretmemekle birlikte, suyun temini, dağıtımı ve atık suyun arıtılması süreçlerinde dolaylı enerji tüketimine bağlı olarak çevresel etki yaratmaktadır. Su tüketim bilgileri gerçek zamanlı faturalardan elde edilmiştir. GHG Protokolü doğrultusunda diğer dolaylı emisyonlar Scope 3 kapsamına girmektedir.

Bu nedenle su tüketimi, yaşam döngüsü yaklaşımı çerçevesinde dolaylı bir emisyon kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Özellikle ticari işletmelerde su kullanımı; temizlik, hijyen, mutfak faaliyetleri ve genel işletme operasyonları kapsamında önemli bir tüketim kalemi oluşturmaktadır. Elde edilen bulgular, su tüketiminin işletmenin toplam çevresel etkisi içerisinde dolaylı ancak ihmal edilmemesi gereken bir bileşen olduğunu göstermektedir.

Su kullanımına bağlı çevresel etkinin büyüklüğü, enerji yoğun arıtma süreçleri ve suyun taşınması sırasında harcanan enerji ile ilişkilidir. Bu bağlamda su tüketiminin azaltılmasına yönelik uygulamalar (verimli ekipman kullanımı, su tasarruflu armatürler ve operasyonel iyileştirmeler) işletmenin genel sürdürülebilirlik performansına olumlu katkı sağlayacaktır. Dolayısıyla su tüketimi yalnızca bir kaynak kullanımı değil, aynı zamanda çevresel etkinin azaltılmasında stratejik bir unsur olarak da değerlendirilmelidir.

Tablo 4.4: İşletme ait 2025 yılı su tüketimi

Aylar	Tüketilen Su Mik.(m ³)	Ödenen Toplam Tutar (TL)
Ocak	48	3646,56
Şubat	46	3531,88
Mart	45	3600,00
Nisan	42	3460,38
Mayıs	52	4360,72
Haziran	48	4348,32
Temmuz	46	4107,34
Ağustos	47	4278,08
Eylül	48	4560,96
Ekim	46	4400,82
Kasım	52	4974,84
Aralık	48	4712,64



Şekil 4.4: İşletmeye ait 2025 yılı su tüketim grafiği

Tablo 4.4'te sunulan veriler doğrultusunda, 2025 yılı toplam su tüketim miktarı 568 m³ olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama su tüketimi ise 47,33 m³ düzeyindedir. Günlük ortalama 1,56 m³ olarak hesaplanmıştır.

Söz konusu veriler, işletmeye ait gerçek fatura kayıtlarından elde edilmiştir. Fatura bedelleri dikkate alındığında, 2025 yılı boyunca toplam su tüketim maliyeti 49.982,54 TL olarak belirlenmiştir.

İşletmede günlük ortalama 112 kişinin bulunduğu varsayımıyla kişi başına düşen su tüketimi hesaplanmıştır. Bu kapsamda, kişi başına yıllık su tüketimi aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$\text{Kişi başına su tüketimi (m}^3\text{/kişi)} = \text{Toplam su tüketimi (m}^3\text{)} / \text{Toplam kişi sayısı}$$
$$568 \text{ m}^3 / 40.880 \text{ kişi} = 0,0139 \text{ m}^3\text{/kişi.yıl}$$

Bu hesaplama sonucunda, ilgili dönemde kişi başına düşen değer 0,0139 m³/kişi olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kuruluşun dolaylı emisyon kaynaklarının değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik performansının izlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Yıllık karbon ayak izi hesaplaması, GHG Protokolü kapsamında Scope 3 emisyonları dikkate alınarak yapılmıştır.

Hesaplamalarda Tablo 4.4'te sunulan veriler esas alınmış ve kişi başına düşen yıllık emisyon miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{kg CO}_2\text{e} = \text{Toplam su tüketimi (m}^3\text{)} \times \text{Su emisyon faktörü (kg CO}_2\text{e/m}^3\text{)}$$

Literatürde su tüketimine ilişkin emisyon faktörü genellikle 0,15 kg CO₂e/m³ olarak kabul edilmektedir (DEFRA, 2025).

Bu doğrultuda hesaplama şu şekilde yapılmıştır: 568 m³ × 0,15 kg CO₂e/m³ = 85,2 kg CO₂e/yıl

Elde edilen değer ton cinsine dönüştürüldüğünde: 85,2 kg CO₂e/yıl = 0,0852 ton CO₂e/yıl

Bu sonuçlar, işletmenin su tüketimine bağlı çevresel etkisinin düşük düzeyde olduğunu göstermektedir.

Kafenin yıllık su tüketimi 568 metreküp olarak ölçülmüştür. Bu miktar, benzer ölçekli kafelere kıyasla nispeten düşük bir değerdir. Özellikle mutfak ve tuvalet kullanımı nedeniyle su tüketiminin genellikle daha yüksek olması beklenir. Düşük verilere rağmen işletmenin su tasarruf önlemlerini ve kullanım alışkanlıklarını yeniden değerlendirmesi gerekebilir.

4.4 Atık Oluşum Verileri

Bu çalışmada atık kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında, Türkiye’de belediye katı atık yapısını temsil eden veriler kullanılmıştır.

Atık oluşum verileri, TÜİK istatistikleri ve literatür ortalamaları temel alınarak modellenmiş olup, belediye katı atıklarının büyük bölümünü organik atıklar ve ambalaj atıkları oluşturmaktadır.

İşletmemize ait atık bileşimi: organik atıklar, kâğıt/karton, plastik, cam, metal ve diğer atıklar olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda özellikle evsel atıklar ve ambalaj atıkları (kâğıt/karton, plastik ve cam) değerlendirmeye alınmış, metal ve diğer atık türleri ise düşük emisyon etkileri ve veri belirsizliği nedeniyle hesaplama dışında bırakılmıştır.

Atık kaynaklı sera gazı emisyonları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

E: toplam sera gazı emisyonu (kg CO₂e)

A_i: atık türüne ait miktar (kg)

EF_i: ilgili atık türüne ait emisyon faktörü (kg CO₂e/kg)

Ambalaj atıklarına ait emisyon faktörleri, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) literatürü ve LCA veritabanlarında yer alan süreçler dikkate alınarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda cam atık için 1,0 kg CO₂e/kg, plastik atık için 2,7 kg CO₂e/kg, karışık evsel atık için 0,55 kg CO₂e/kg ve karton bardak için 1,0 kg CO₂e/kg emisyon faktörleri kullanılmıştır. Seçilen

emisy n faktörleri, Ecoinvent LCA veri tabanında yer alan ilgili süreçler, European Commission Joint Research Centre (JRC) tarafından yayımlanan yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmaları ve atık yönetimine ilişkin uluslararası sera gazı hesaplama yaklaşımları ile genel olarak uyumludur

İşletmeye ait atık verilerinin hesaplanması ve tablolar halinde sınıflandırılması bu bölümde yapılacaktır. Verilerle aylık tüketim miktarları ve yıllık karbon emisyonu hesaplanacaktır.

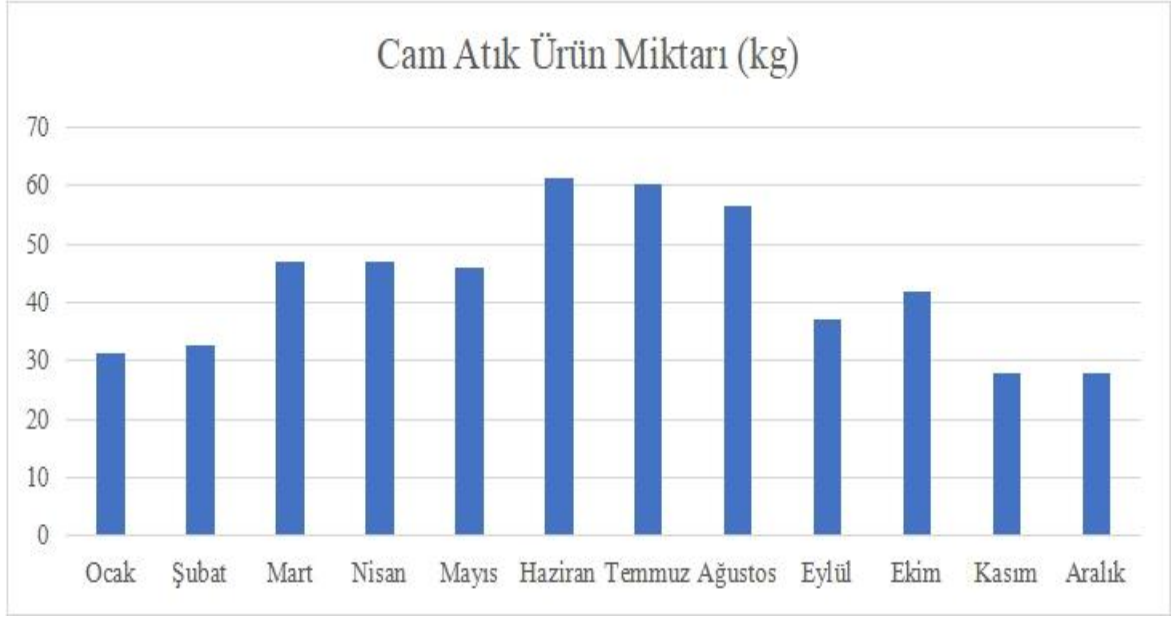
İşletmeye ait atıklar 4 ana içerikten oluşmaktadır. Emisyon kapsamına dahil edilen atık  eşitleri sırasıyla: cam atıklar, plastik atıklar, karton atıklar ve karışık evsel atıklardır.

- Cam atık kaynaklı emisyonlar

Bu kısımda, işletmeye ait veriler kullanılarak cam atıklarının yıllık karbon emisyonu hesaplanacaktır.

Tablo 4.5: İşletme ait 2025 yılı cam ambalaj atık miktarı (kg)

Aylar	Cam ambalaj atık miktarı (kg)
Ocak	31,3
şubat	32,7
Mart	47
Nisan	47
Mayıs	46
Haziran	61,4
Temmuz	60,2
Ağustos	56,5
Eylül	37
Ekim	42
Kasım	28
Aralık	28



Şekil 4.5: İşletmeye ait 2025 yılı cam atık miktarı veri grafiği

Bu verilere bakıldığında, işletmeye ait cam atıklarının 2025 yılında 517,1 kg olduğu görülmektedir.

Hesaplama Scope 3 kapsamında değerlendirilecektir.

Cam atık emisyon faktörü 1,0 kg CO₂e/kg'dır.

Atık emisyon hesaplama formülümüz aşağıdaki gibidir.

$$E = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

$A_i = 517,1 \text{ kg}$

$EF_i = 1,0 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$

$1,0 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} \times 517,1 \text{ kg} = 517,1 \text{ CO}_2\text{e/yıl}$ olarak bulunur.

517,1 kg CO₂e/yıl işletmenin 2025 yılına ait cam atıklarının toplam karbon emisyonu miktarıdır.

Şekil 4.5'teki cam atık grafiğinde görüldüğü üzere yaz aylarında cam atık miktarında artış yaşanmaktadır. Bunun sebebi ise sıcaklık artışı nedeniyle yaz aylarında soğuk meşrubat tüketiminin artmasıdır.

Soğuk meşrubatların ambalajları cam ambalaj olması bu tüketim artışı sonucunda cam atık oluşumunun artmasına neden olmaktadır.

- Plastik atık kaynaklı emisyonlar

Bu kısımda, işletmeye ait veriler kullanılarak plastik atıklarının yıllık karbon emisyonu hesaplanacaktır.

Tablo 4.6: İşletme ait 2025 yılı plastik ambalaj atık miktarı (kg)

Aylar	Plastik ambalaj atık miktarı (kg)
Ocak	0,5
Şubat	0,3
Mart	0,6
Nisan	0,8
Mayıs	1
Haziran	1,3
Temmuz	1
Ağustos	0,8
Eylül	1,2
Ekim	1
Kasım	0,5
Aralık	0,4



Şekil 4.6: İşletmeye ait 2025 yılı plastik ambalaj atık miktarı veri grafiği

Bu verilere bakıldığında, işlemeye ait plastik atıklarının 2025 yılında 9,40 kg olduğu görülmektedir. Hesaplama Scope 3 kapsamında değerlendirilecektir.

Atık emisyon faktörü 2,7 kg CO₂e/kg'dır.

$$E = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

$$A_i = 9,40 \text{ kg}$$

$$EF_i = 2,7 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$$

$$9,4 \text{ kg} \times 2,7 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 25,38 \text{ kg CO}_2\text{e olarak bulunur.}$$

25,38 kg CO₂e işletmenin 2025 yılına ait plastik atıklarının toplam karbon emisyonu miktarıdır.

Şekil 4.6'daki verilere bakıldığında, yaz aylarında artan plastik atık miktarının sebebi soğuk kahve tüketiminin artmasıdır. Soğuk kahve siparişleri plastik bardaklarla müşteriye sunulduğundan, tüketim artışı plastik atık miktarında artışa neden olmaktadır.

- Karton atıklardan kaynaklanan emisyonlar

Bu kısımda, işletmeye ait veriler kullanılarak karton atıklarının yıllık karbon emisyonu hesaplanacaktır.

Tablo 4.7: İşletme ait 2025 yılı karton atık miktarı (kg)

Aylar	Karton ambalaj atık miktarı (kg)
Ocak	2
Şubat	2,4
Mart	2,8
Nisan	1,8
Mayıs	1,7
Haziran	1,2
Temmuz	1,2
Ağustos	1,3
Eylül	1,5
Ekim	2
Kasım	2,4
Aralık	2,8



Şekil 4.7: İşletmeye ait 2025 yılı karton atık miktarı veri grafiği

Bu verilere bakıldığında, işlemeye ait karton atıklarının 2025 yılında 23,1 kg olduğu görülmektedir. Hesaplama Scope 3 kapsamında değerlendirilecektir.

Atık emisyon faktörü 1 kg CO₂e/kg'dır.

$$E=\sum(A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

$$A_i = 23,1 \text{ kg}$$

$$EF_i = 1 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$$

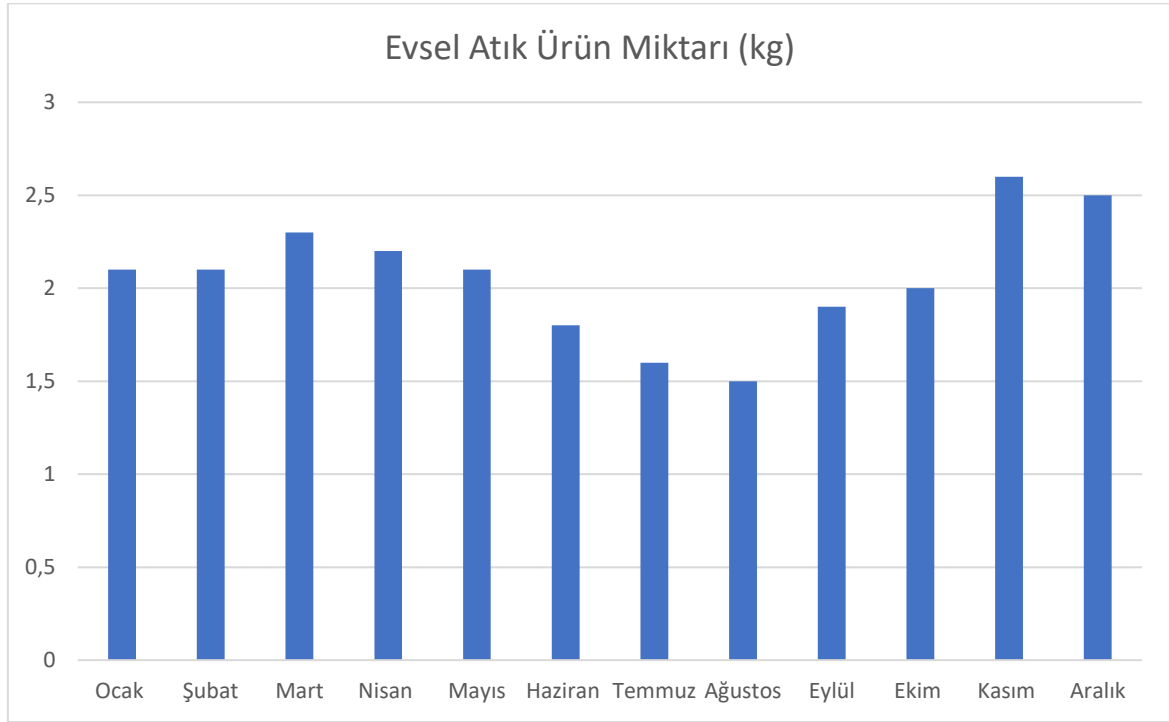
23,1 kg $\times$ 1 kg CO₂e/kg = 23,1 kg CO₂e olarak bulunur. 23,1 kg CO₂e işletmenin 2025 yılına ait karton atıklarının toplam karbon emisyonu miktarıdır. Karton atık miktarının kış aylarında yaz aylarına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Kış aylarında sıcak kahve ve diğer sıcak içeceklerin tüketimindeki artışa bağlı olarak tek kullanımlık bardak kullanımında artış olmaktadır. Buna karşılık, yaz aylarında soğuk içeceklerin tüketiminin artması nedeniyle farklı ambalaj türlerinin kullanılması karton atık miktarının azalmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, karton atık miktarındaki aylık değişimlerin işletmenin mevsimsel ürün tüketim alışkanlıklarıyla doğrudan ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

-Karışık evsel atık emisyonları

Bu kısımda, işletmeye ait veriler kullanılarak evsel atıkların yıllık karbon emisyonu hesaplanacaktır.

Tablo 4.8: İşletme ait 2025 yılı karışık evsel atık miktarı (kg)

Aylar	Karışık evsel atık miktarı (kg)
Ocak	2,1
Şubat	2,1
Mart	2,3
Nisan	2,2
Mayıs	2,1
Haziran	1,8
Temmuz	1,6
Ağustos	1,5
Eylül	1,9
Ekim	2
Kasım	2,6
Aralık	2,5



Şekil 4.8: İşletmeye ait 2025 yılı evsel atık miktarı veri grafiği

Bu verilere bakıldığında, işletmeye ait evsel atıkların 2025 yılında 24,70 kg olduğu görülmektedir.

Hesaplama Scope 3 kapsamında değerlendirilecektir. Evsel atık emisyon faktörü 1 kg CO₂e/kg'dır.

$$E = \sum (A_i \times EF_i) \quad (3.1)$$

$$A_i = 24,7 \text{ kg}$$

$$EF_i = 0,55 \text{ CO}_2\text{e/kg}$$

$$24,7 \text{ kg} \times 0,55 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 13,585 \text{ kg CO}_2\text{e} \text{ olarak bulunur.}$$

13,585 kg CO₂e işletmenin 2025 yılına ait evsel atıkların toplam karbon emisyonu miktarıdır.

4.5 Tedarik ve Ulaşım Kaynaklı Emisyonlar

Bu çalışmada, tedarik ve ulaşımdan kaynaklanan emisyonlar kapsam dışı bırakılmıştır.

Bunun sebebi, ürünlerin tedarik edildiği deponun araştırma kapsamındaki işletmeye yürüme mesafesinde yer almasıdır.

Bu nedenle, lojistikten kaynaklanan emisyonların bu çalışmaya etkisi ihmal edilebilir düzeydedir.

4.6 Karbon Ayak İzi Hesaplama Sonuçları ve Kapsamlarının Değerlendirmesi

Bu bölümde çalışmamız kapsamında işletmeye ait toplam karbon emisyonu hesaplanmıştır.

Tablo 4.9: İşletmenin 2025 yılına ait emisyonları

Kaynak	Değer	Birim	Açıklama
Elektrik	16324,43	kg CO ₂ e/yıl	Elektrik tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Doğal gaz	8847,66	kg CO ₂ e/yıl	Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Su	85,20	kg CO ₂ e/yıl	Su tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Cam Şişe	517,10	kg CO ₂ e/yıl	Cam Şişe tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Plastik	25,38	kg CO ₂ e/yıl	Plastik tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Karton	23,10	kg CO ₂ e/yıl	Karton tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Evsel Atık	13,59	kg CO ₂ e/yıl	Evsel Atık tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon
Toplam	25836,46	kg CO ₂ e/yıl	Toplam tüketimden kaynaklanan yıllık emisyon



Şekil 4.9: İşletmenin 2025 yılına ait emisyon kaynaklarının grafiği

Göz önünde bulundurulan bu verilere dayanarak, işletmenin 2025 yılına ait emisyon kaynakları yüzde bazında şu şekilde değerlendirilmektedir: Elektrik kaynaklı emisyonlar, yüzde 63,18 ile en yüksek emisyon kaynağıdır. Doğal gaz kaynaklı emisyonlar yüzde 34,24; su kaynaklı emisyonlar yüzde 0,33; cam atıklarından kaynaklanan emisyonlar yüzde 2,00; plastik atıklardan kaynaklanan emisyonlar yüzde 0,10; karton atıklardan kaynaklanan emisyonlar yüzde 0,09; karışık evsel atıklardan kaynaklanan emisyonlar ise yüzde 0,05 olarak hesaplanmıştır.

Kişi başına düşen yıllık emisyon miktarı, toplam yıllık emisyon miktarının aynı yıl içinde hizmet verilen toplam kişi sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bu kapsamda kullanılan hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir:

Kişi başına düşen yıllık emisyon miktarı (kg CO₂e/kişi·yıl) = 2025 yılı toplam emisyon miktarı (kg CO₂e/yıl) ÷ 2025 yılı toplam hizmet verilen kişi sayısı

Yapılan hesaplamalar sonucunda, işletmenin toplam tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon miktarı 25.836,46 kg CO₂e/yıl olarak belirlenmiştir. Aynı dönemde işletmenin hizmet verdiği toplam kişi sayısı 40.880 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, 2025 yılı için kişi başına düşen yıllık emisyon miktarı, toplam emisyon miktarının toplam hizmet verilen kişi sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

$25.836,46 \text{ kg CO}_2\text{e/yıl} \div 40.880 \text{ kişi} = 0,63 \text{ kg CO}_2\text{e/kişi}\cdot\text{yıl}$ olarak elde edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, emisyonların yüzde dağılımına bakıldığında, en büyük emisyon kaynağının elektrik ve doğal gaz kullanımından kaynaklandığı görülmüştür. Kapsamlar itibarıyla değerlendirildiğinde, emisyonu yol açan kaynakların büyük ölçüde Scope 1 ve Scope 2 kapsamındaki kaynaklar olduğu; en az ise Scope 3 kapsamındaki kaynaklar olduğu tespit edilmiştir.

4.7 Bulguların Tartışılması

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, işletmenin karbon ayak izinin büyük ölçüde enerji tüketiminden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, elektrik tüketiminin toplam sera gazı emisyonları içerisinde en yüksek paya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, işletmenin enerji ihtiyacını büyük ölçüde şebeke elektriğinden karşıladığını ve dolayısıyla dolaylı emisyonların (Scope 2) toplam karbon ayak izi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanında, doğal gaz tüketiminin ikinci en önemli emisyon kaynağı olması, doğrudan yakıt kullanımından kaynaklanan Scope 1 emisyonlarının da işletmenin toplam emisyon profili içerisinde önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir.

Araştırma bulguları, işletmenin karbon ayak izinin temel olarak enerji tüketimine bağlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın, atık kaynaklı emisyonların toplam emisyonlar içerisindeki payının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak bu durum, atıkların çevresel etkisinin önemsiz olduğu anlamına gelmemekte; yalnızca karbon ayak izi açısından enerji tüketimine kıyasla daha sınırlı bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla işletmenin karbon ayak izini azaltmaya yönelik uygulanacak stratejilerin öncelikle elektrik ve doğal gaz tüketiminin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelmesi üzerine odaklanması gerektiği değerlendirilmektedir.

Elde edilen bu bulgular, hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için enerji yönetiminin karbon ayak izi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koyan uluslararası çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Bu kapsamda, Starbucks tarafından yayımlanan sürdürülebilirlik raporlarında, şirketin 2030 yılına kadar Scope 1, Scope 2 ve Scope 3 sera gazı emisyonlarını %50 oranında azaltmayı hedeflediği belirtilmektedir. Bu hedef doğrultusunda Starbucks, enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kullanımının

yaygınlaştırılması, sürdürülebilir tarım uygulamalarının desteklenmesi ve çevresel etkileri azaltmaya yönelik çeşitli uygulamaları hayata geçirmektedir.

Bu araştırmada incelenen işletmenin mevcut emisyon profili ile Starbucks'ın sürdürülebilirlik yaklaşımı birlikte değerlendirildiğinde, her iki işletmede de enerji tüketiminin karbon ayak izini belirleyen temel unsur olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Starbucks uzun vadeli ve ölçülebilir emisyon azaltım hedefleri belirleyerek enerji kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik sistematik uygulamalar geliştirmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular da benzer şekilde, işletmede uygulanacak enerji verimliliği projeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji tüketiminin düzenli olarak izlenmesi ve çalışanlarda enerji tasarrufu bilincinin artırılması gibi uygulamaların karbon ayak izinin azaltılmasına önemli katkılar sağlayacağını göstermektedir.

Sonuç olarak, bu araştırmanın bulguları işletmenin karbon ayak izinin azaltılmasında en öncelikli iyileştirme alanının enerji tüketimi olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde yer alan uluslararası uygulamalar da bu sonucu desteklemekte olup, enerji odaklı sürdürülebilirlik politikalarının benimsenmesinin hem çevresel performansın iyileştirilmesine hem de işletmelerin uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir (URL 6)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında işletmenin 2025 yılına ait sera gazı emisyon kaynakları kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, işletmenin toplam emisyonlarının büyük ölçüde enerji tüketimine dayandığı ortaya konmuştur. Özellikle elektrik ve doğal gaz kullanımının emisyon profilinde belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Elektrik kaynaklı emisyonların %63,18 ile en yüksek paya sahip olması, işletmenin dolaylı emisyonlarının (Scope 2) oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Doğal gaz kaynaklı emisyonların %34,24 oranında gerçekleşmesi, doğrudan emisyonların (Scope 1) da önemli bir seviyede olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, cam, plastik, karton ve diğer atık kaynaklı emisyonların toplam içerisindeki payının oldukça düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, atık yönetimi kaynaklı emisyonların işletmenin toplam karbon ayak izi üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu bulgu, atık yönetiminin çevresel açıdan önemsiz olduğu anlamına gelmez; yalnızca karbon emisyonu katkısının, enerji kaynaklı emisyonlara kıyasla daha düşük olduğunu ifade eder.

Kapsam bazında yapılan değerlendirmede, emisyonların ağırlıklı olarak Scope 1 ve Scope 2 kapsamında yoğunlaştığı, Scope 3 kaynaklı emisyonların ise oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bu durum, işletmenin karbon ayak izinin büyük ölçüde kendi operasyonel enerji tüketimiyle şekillendiğini göstermektedir.

Scope 3 kapsamındaki emisyonlar düşük bir orana sahip olsa da, atıkların ayrıştırılması ve tekrar kullanımı gibi geri dönüşüm sürecine dahil edilmesi emisyonları daha da düşürmeyi sağlayacaktır. Böylece sürdürülebilir bir çevre için bu kapsamda iyileştirme yapılmış olacaktır.

Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, işletmenin emisyon profilinin enerji yoğun bir yapıya sahip olduğu ve emisyon azaltımına yönelik stratejilerin öncelikli olarak enerji tüketimine odaklı geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle elektrik tüketiminin yüksek payı dikkate alındığında, enerji verimliliği uygulamalarının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının emisyon azaltımı açısından kritik öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda işletmeye yönelik çeşitli iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

Öncelikle, elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması amacıyla enerji verimliliğini artırmaya yönelik teknik ve operasyonel iyileştirmelerin uygulanması önerilmektedir. Bu kapsamda LED aydınlatma sistemlerine geçiş, yüksek verimli ekipman kullanımı ve gereksiz enerji tüketiminin önlenmesine yönelik otomasyon sistemlerinin devreye alınması önemli katkılar sağlayacaktır. Kullanılan ekipmanların enerji verimliliği yüksek cihazlarla değiştirilmesi ve mevcut durumda fazladan çalışan sistemlerin iptal edilmesi, mevcut emisyonun azalmasını sağlayacaktır. Böylece emisyon oranının azaltılması sağlanacaktır.

Bununla birlikte, işletmenin doğal gaz kullanımına bağlı emisyonların azaltılması amacıyla ısıtma sistemlerinin modernizasyonu, yalıtım iyileştirmeleri ve proses bazlı enerji optimizasyonlarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Özellikle işletmenin ön cephesinin camlarla çevrili olması nedeniyle, aralarındaki küçük boşlukların kapatılması ve işletmenin giriş kısmındaki köşelerin ısı yalıtımı için malzemelerle kaplanması gerekmektedir. Böylece kış aylarında ısı geçişleri daha aza indirilerek doğal gaz kaynaklı emisyon miktarı azaltılabilir.

Ayrıca, işletme içerisinde düzenli bir karbon yönetim sisteminin kurulması, emisyonların sürekli olarak izlenmesi, raporlanması ve azaltım hedeflerinin belirlenmesi açısından önemli bir kurumsal kapasite geliştirme aracı olacaktır.

Bu sistemin karar alma süreçlerine entegre edilmesi sürdürülebilirlik performansını artıracaktır.

Son olarak, çalışanların çevresel farkındalığını artırmaya yönelik eğitim programlarının düzenlenmesi, enerji tasarrufu kültürünün kurumsal düzeyde yaygınlaştırılması ve davranışsal değişimlerin teşvik edilmesi, düşük maliyetli ancak etkili bir emisyon azaltım stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak, bu çalışma işletmenin mevcut emisyon yapısını ortaya koymakta ve özellikle enerji tüketimine dayalı emisyonların azaltılmasına yönelik stratejik bir yol haritası sunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Atabey, T. (2013).** Karbon ayak izinin hesaplanması ve Diyarbakır örneği (YL Tezi). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Bahçeci, D. (2013).** Kişisel Karbon Ayak İzi Rehberi.
- Bayraç, H. N. & Emrah, D. (2016).** Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 11(1), 23–48.
- Bekiroğlu, O. (2011).** Sürdürülebilir kalkınmanın yeni kuralı: Karbon ayak izi. 2. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi, 24–27 Kasım 2011, İzmir.
- Biyolojik Çeşitlilik İzleme ve Değerlendirme Raporu. (2012).** Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Boyle, A. (2018).** *Climate: The Paris Agreement and Human Rights. International and Comparative Law Quarterly*, 67(2).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012).** Çevre Denetim Raporu. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Çınar, Ö. (2013).** Çevre Kirliliği ve Kontrolü Kitabı.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021).** Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2, 198–209.
- Demir, A. S. (2025).** Tekstil sektöründe karbon ayak izi hesabı ve analizi (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2025).** UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting 2025. London: DEFRA.
- Dindar, G. (2021).** Otomotiv yan sanayiinde karbon ayak izinin hesaplanması: Bursa ili örneği (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ecoinvent Association. (2023).** Ecoinvent database v3.9: Coated paperboard production datasets. <https://ecoinvent.org>.
- Engin, B. (2010).** İklim değişikliği ile mücadelede uluslararası iş birliğinin önemi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (2), 71–82.
- Environmental Paper Network. (2020).** Paper cup environmental impact and life cycle assessment (LCA) summary report. <https://environmentalpaper.org>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Erinç, Y., Yeldan, E. & Ebru VOYVODA. (2015).** *Türkiye için düşük karbonlu kalkınma yolları ve öncelikleri*. İstanbul: Bion Matbaacılık.
- Euronews. (2022, 6 Kasım).** <https://tr.euronews.com/2022/11/06/>.
- European Commission, Joint Research Centre. (2018).** Best available techniques (BAT) reference document for waste treatment and packaging life cycle assessment studies. Publications Office of the European Union. <https://joint-researchcentre.ec.europa.eu>.
- Galip, A. (2006).** Küresel ısınma nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29–43.
- Genç, U. G. (2025).** Artvin ilinde açılan bir kamu kurumunun karbon ayak izi değerlendirmesi (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- GHG Protocol. (2004).** A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Washington, DC.
- GHG Protocol. (2011a).** GHG Protocol Initiative. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.
- GHG Protocol. (2011b).** Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions.
- Global Footprint Network. (2023).** Ulusal Ayak İzi ve Biyolojik Kapasite Hesaplamaları Açık Veri Platformu. Erişim Tarihi: 13 Haziran 2026, <https://data.footprintnetwork.org>.
- Gültepe Mataracı, G. D., İskender, G. & Germirli Babuna, F. (2016).** TOWARDS A GREENER PORT: Reducing the carbon footprint. 3rd International Conference on Recycling and Reuse, September 28–30, pp. 125–129, Türkiye.
- Hertwich, E. G. & Wood, R. (2018).** Consumption-based accounting of CO₂ emissions. (Çeşitli çevresel girdi-çıktı ve tüketim temelli emisyon çalışmaları kapsamında).
- IEA (International Energy Agency). (2025).** Emissions Factors. Paris: International Energy Agency.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001).** Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T. et al. (Eds.). Cambridge University Press.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006).** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021).** Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022).** Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change (AR6 Working Group III Report). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023).** *Climate Change 2023: Synthesis Report*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2025).** Atmospheric greenhouse gas concentrations.
- International Energy Agency (IEA). (2016).** Energy Policies of IEA Countries: Turkey. Paris: IEA.
- International Organization for Standardization (ISO). (2006).** ISO 14044: Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and uidelines. Geneva: ISO.
- International Organization for Standardization. (2018).** ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level. ISO. <https://www.iso.org/standard/66453.html>.
- Kadioğlu, M. (2001).** Bildiğimiz havaların sonu: Küresel iklim değişimi ve Türkiye. İstanbul: Güncel Yayıncılık.
- Kaya, H. (2020).** Kyoto'dan Paris'e: Küresel iklim politikaları. *Merit Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(10), 165–190.
- Keleş, R. (2015).** Yüz soruda çevre. İzmir: Yakın Kitabevi.
- Keleş, R. & Hamamcı, C. (2022).** Çevre Bilimi. Ankara: İmge Kitabevi.
- Keleş, R., Hamamcı, C. & Çoban, A. (2015).** Çevre politikası. Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.
- Kılıçoğlu, P. (2015).** Türkiye'nin çevre politikalarında sürdürülebilir gelişme. Ankara.
- Lenzen, M., et al. (2018).** The carbon footprint of global household consumption. *NatureClimate Change*, 8, 272–279.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025).** Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayınları. Ankara.
- Mirici, M. E. & Berberoğlu, S. (2022).** Atvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkez. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*.
- OECD. (2023).** Measuring carbon footprints of agri-food products: Building blocks for reliable systems. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Özdemir, B. & Tekin, K. (2009).** Küresel Kirlilik, Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme ve Çevre Vergileri. *Maliye Dergisi*, (128), 1, 1–36.
- Özer, N. B. (2013).** Uluslararası kuruluşların sürdürülebilir kalkınma politikaları (Yüksek Lisans Tezi). Ankara.
- Poore, J. & Nemecek, T. (2018).** Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.
- Seymenler, E. (2025).** Bursa ilinde bir boya fabrikasının karbon ayak izinin hesaplanması (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020).** Boya Üretimi Havalandırma Rehberi.
https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/05_boya-uret-m--20200103075113.pdf.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024).** İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030).
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025a).** BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. <https://iklim.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-33>.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025b).** Montreal Protokolü. <https://iklim.gov.tr/montreal-protokolu-i-38>.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023).** Türkiye Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Raporu. Ankara.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025).** Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Güneş. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2025).** Uluslararası Kuruluşlar: IPCC Raporları.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Terzi, S. (2017).** Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye’de uygulanan çevre politikası araçlarının değerlendirilmesi (Uzmanlık Tezi). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Toptancı, C. (Yayın yılı belirtilmemiş).** Çevre ve Şehircilik Bilim ve Mevzuat Terimleri Sözlüğü. İstanbul.
- Türe, E. (2023).** Küresel ısınma ve temiz enerjiler. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart, Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- TÜİK. (2023).** Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2021 (Haber Bülteni Sayı: 49619).
- TÜİK. (1990-2021).** <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49619>.
- TÜİK. (2025).** İstatistikler 2025. Türkiye İstatistik Kurumu.
- TÜİK. (2026, 5 Mayıs).** Yapı İzin İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/yapi-izin/giris.zul> (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2026).
- Türker, M. (2001).** Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Ankara, Seminerler Dizisi 1, 187–205.
- Türker, M. (2008).** Küresel iklim değişikliği nedir: Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *Küresel İklim Değişikliği ve Çevre Sempozyumu*, 26–37.
- United Nations Environment Programme. United Nations. (1987).** Report of the World Commission on Environment and Development. General Assembly Resolution.
- UK Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA). (2025).** UK government greenhouse gas conversion factors for company reporting. <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2023).** *The Paris Agreement*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.
- UNEP. (2019).** Food Waste Index Report 2019.
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA). (2016).** World Energy Outlook 2016. Paris: OECD/IEA Yayınları. Erişim adresi: <https://www.iea.org/reports/world-energy-Outlook-2016> (Erişim tarihi: 10.06.2026).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

URL 1: http://uncfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php

URL2: <http://data.footprintnetwork.org/#/analyzeTrends?type=EFCtot&cn=223>. (Erişim Tarihi: 17.12.2025).

URL 3: <https://www.google.com.tr/search?q=karbon+ayak+izi>(Erişim Tarihi: 17.12.2025).

URL 4: <https://static.milliyet.com.tr/others/image/harita/balikesir-ili-haritasi.png>.

URL 5: <http://cevreonline.com>.

URL6:<https://www.esgdive.com/news/starbucks-loses-ground-on-emissions-reduction-sets-new-2030-sustainability/709214/> (Erişim 03.06.2026).

Uzunçakmak, M. (2014). Ulaşım modlarının kaynaklı sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması (Uzmanlık Tezi). Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.

Üreden, A. & Özden, S. (2018). Kurumsal karbon ayak izi nasıl hesaplanır: Teorik bir çalışma. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2).

Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). A definition of carbon footprint. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers. (Not: Metindeki "Widman" yazımı orijinal literatüre göre "Wiedmann" olarak düzeltilmiştir). World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development.

(WBCSD). (2001). The Greenhouse Gas Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standard (Draft/early development versions prior to 2004 revision). Washington, DC: WRI. World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development.

(WBCSD). (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.

WRI & WBCSD. (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Washington, DC: WRI/WBCSD. Erişim adresi: <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard> (Erişim tarihi: 13.06.2026).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- WRI & WBCSD. (2015).** GHG Protocol Scope 2 Guidance: An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.
- WWF. (2018).** WWF Living Planet Report 2018 (PDF). Gland, İsviçre. ISBN: 978-2-9405-29-90-2. (Erişim Tarihi: 11.02.2026).