

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR GÜL YAĞI ÜRETİM TESİSİNDE KARBON AYAK İZİ  
DEĞERLENDİRMESİ

Selin YARDIMCI DOĞAN

Danışman  
Prof. Dr. Mehmet BEYHAN

II. Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Sezen COŞKUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA -2023



©2023 [Selin YARDIMCI DOĞAN]

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Motivasyon ve Amaç .....	1
1.2. Kapsam .....	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. İklim Değişikliği, Küresel Isınma ve Sera Etkisi .....	4
2.2. İklim Değişikliği Hakkında Uluslararası/Ulusal Düzenlemeler .....	11
2.3. Karbon Ayak İzi .....	13
2.3.1. Kişisel Karbon Ayak İzi .....	14
2.3.2. Kurumsal Karbon Ayak izi .....	14
2.3.3. IPCC Tier Yaklaşımları ve Kurumsal CF ile ilgili yapılmış çalışmalar .	17
2.4. Dünya’da ve Türkiye’de Gül ve Gül Yağı Üretimi .....	23
3. MATERYAL VE METOT .....	24
3.1. Gül Yağı Firması Tesis Verileri.....	24
3.2. Metot.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR .....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	46

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## BİR GÜL YAĞI ÜRETİM TESİSİNDE KARBON AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ

Selin YARDIMCI DOĞAN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet BEYHAN

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sezen COŞKUN

İlaç ve kozmetik sektörlerinin hammadde kaynağı olan gül yağı üretimi, dünyanın en önemli endüstrilerinden biri olmaya devam etmektedir. Gül yağı üretim sektöründe karbon ayak izinin ölçülmesi, izlenmesi, raporlanması ve gerekli önlemlerin alınması ile sektörün ülke ekonomisine katkısı ve sürdürülebilirliği artırılabilir. İklim değişikliğinin sonuçlarını hafifletmek için sera gazı emisyonlarını azaltmak önemlidir ve bu karbon ayak izi olgusunun tam olarak kavranmasıyla yapılabilir. "Karbon ayak izi " hesaplamaları, sera gazlarının etkisini değerlendirmek için en güncel araç olarak bilinmektedir. Bu tez çalışmasında, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan bir gül yağı tesisinin üretim ve ürün pazarlaması dahil tüm faaliyetlerinin karbon ayak izi miktarının belirlenmesini amaçlamaktadır. Gül yağı üretimi ve ürünün satış aşamalarına kadar emisyon değerleri hesaplanmış olup tesisinin karbon ayak izi Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin Tier-1 ve Tier-2 hesaplamalarına göre belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre tesisin karbon ayak izi miktarı 14,63 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır. Tesisteki ağaçların karbon emisyonuna azaltıcı etkisi ise 0,55 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak belirlenmiştir. Tesis alanındaki ağaçlar dikkate alındığında tesisin atmosfere etkisi 14,08 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak tespit edilmektedir. Ürün başına karbon ayak izi ise, 32,22 kgCO<sub>2e</sub>/kg ürün olarak hesaplanmıştır. Tesiste en büyük emisyon kaynağı 8,15 tCO<sub>2e</sub>/yıl (%55,71) doğalgaz olmakta alternatif bir yenilenebilir enerji sisteminden yararlanmak ilk alınacak önlem olmalıdır. Kapsam 1 de yer alan doğalgaz ve motorin kaynaklı CF miktarı 8,93 tCO<sub>2e</sub>/yıl'dır. Kapsam 2 elektrik kullanımı nedeniyle CF miktarı 0,15 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır. Kapsam 3'de yer alan faaliyetler nedeniyle CF miktarları ise atıksu için 5,46 tCO<sub>2e</sub>/yıl, CO<sub>2</sub> tüpü için 0,08 tCO<sub>2e</sub>/yıl, taşımacılık için 0,006 tCO<sub>2e</sub>/yıl, tehlikeli atıklar için 0,00013 tCO<sub>2e</sub>/yıl ve tehlikesiz atıklar için 0,001 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak belirlenmiştir. Gül yağı sanayisinde üretimden çıkan gül posası anaerobik reaktör ile elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilir. Böylece hem atıkların geri dönüşümü sağlanabilir hem de tesis karbon ayak izi miktarı azaltılabilir. Atık taşıma kaynaklı dolaylı emisyonların azaltılması bir diğer uygulanabilir öneriler arasındadır. Tesis alanında ağaç sayısı artırılarak karbon ayak izi miktarı azaltılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Gül yağı, karbon ayak izi, karbondioksit eşdeğeri.

2023, 47 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT IN A ROSE OIL PRODUCTION FACILITY**

**Selin YARDIMCI DOĞAN**

**Suleyman Demirel University  
Graduate School of Naturaland Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet BEYHAN**

**Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sezen COŞKUN**

The production of rose oil, which is the raw material source of the pharmaceutical, cosmetic and kitchen industries, continues to be one of the most important industries in the world. By measuring, monitoring, reporting the carbon footprint in the rose oil production sector and taking the necessary precautions, the contribution and sustainability of the sector to the country's economy can be increased. Reducing greenhouse gas emissions is important to mitigate the consequences of climate change, and this can be done with a full understanding of the carbon footprint phenomenon. "Carbon footprint" calculations are known as the most up-to-date tool to assess the impact of greenhouse gases. This thesis aims to quantify the carbon footprint of all activities including production and product marketing of a rose oil plant located in the Mediterranean Region. Emission values have been calculated until the production of rose oil and sales of the product, and the carbon footprint of the plant has been evaluated according to the Tier-1 and Tier-2 methodology of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). According to the findings, the carbon footprint of the facility was calculated as 14.63 tCO<sub>2</sub>e/year. The reducing effect of the trees in the facility on carbon emissions was determined as 0.55 tCO<sub>2</sub>e/year. Considering the trees in the facility area, the effect of the facility on the atmosphere is determined as 14.08 tCO<sub>2</sub>e/year. The carbon footprint per product is calculated as 32.22 kgCO<sub>2</sub>e/kg product. The biggest emission source at the facility is 8.15 tCO<sub>2</sub>e/year (55.71%) natural gas, and benefiting from an alternative renewable energy system should be the first precaution. The amount of CF from natural gas and diesel fuel in Scope 1 is 8.93 tCO<sub>2</sub>e/year. The amount of CF due to electricity use in Scope 2 is calculated as 0.15 tCO<sub>2</sub>e/year. CF amounts due to activities in Scope 3 are 5.46 tCO<sub>2</sub>e/year for wastewater, 0.08 tCO<sub>2</sub>e/year for CO<sub>2</sub> cylinder, 0.006 tCO<sub>2</sub>e/year for transportation, 0.00013 tCO<sub>2</sub>e/year for hazardous waste and 0.001 tCO<sub>2</sub>e/year for non-hazardous waste. Rose pulp from the rose oil industry can be used for electrical energy production with an anaerobic reactor. Thus, waste can be recycled and the carbon footprint of the facility can be reduced. Reducing indirect emissions from waste transportation is another feasible suggestion. Carbon footprint can be reduced by increasing the number of trees in the facility area.

**Keywords:** Rose oil, carbon footprint, carbon dioxide equivalent.

**2023, 47 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli I. Danışman Hocam Prof. Dr. Mehmet BEYHAN'a ve II. Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Sezen COŞKUN'a teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Selin YARDIMCI DOĞAN  
ISPARTA, 2023



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. 1990-2020 yılları arası toplam ve sera gazı emisyonu değişimi .....	8
Şekil 2.2. 2020 yılı sektörlere ve gazlara göre emisyon oranları .....	9
Şekil 3.1. Gül yağı firması iş akım şeması .....	25
Şekil 4.1. Tesisin karbon emisyonlarının kapsam oranları .....	31
Şekil 4.2. Kapsam 1 için emisyon kaynaklarının oranı.....	31
Şekil 4.3. Tesisin karbon emisyon kaynakları oranları.....	32



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. 2021 yılı firma verileri ve emisyon kaynakları .....	27
Çizelge 3.2. Emisyon faktörleri ve net kalorifik değerler .....	29
Çizelge 4.1. Kaynaklara göre yıllık karbon ayak izi .....	30



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AD	Faaliyet verisi
BM	Birleşmiş Milletler
CF	Karbon ayak izi
CFCs	Kloroflorokarbonlar
CH <sub>4</sub>	Metan
CO	Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
CO <sub>2</sub> e	Karbondioksit eşdeğeri
EF	Emisyon faktörü
°F	Fahrenheit derece
Gg	Gigagram
GHG	Sera gazları
GWP	Küresel ısınma potansiyeli
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
HFCs	Hidroflorokarbonlar
IPCC	Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
kg	Kilogram
kWh	Kilowattsaat
L	Litre
mm	Milimetre
NKD	Net kalorifik değer
NO	Nitrik oksit
NO <sub>x</sub>	Azot oksitler
N <sub>2</sub> O	Diazotmonoksit
OH	Hidroksil radikali
O <sub>3</sub>	Ozon
UNCED	Çevre ve Kalkınma Ajansı
PFCs	Perflorokarbonlar
SO <sub>x</sub>	Kükürt oksitler
SF <sub>6</sub>	Kükürt hekzaflorür
Sm <sup>3</sup>	Standard metreküp
°C	Santigrat derece
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
tCO <sub>2</sub> e	Ton karbondioksit eşdeğeri
3R	Azalt, yeniden kullan, geri dönüştür
Tj	Terajoule
Yt	Yakıt tüketimi
yy	Yüzyıl

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Motivasyon ve Amaç

Sürekli çoğalan dünya nüfusu ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmeler nedeniyle artan enerji tüketimi çevre kirliliği açısından önemli sorunlara neden olmaktadır. Enerji üretimi için fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan sera gazı emisyonları, hava kirliliğinin ve sera etkisinin ana sebepleri olarak görülmektedir (Jeffry vd., 2021). Mevcut durumun analizi sonucunda enerji verimliliği ve emisyonların azaltılması öncelikli tüm faaliyet ve hizmetlerin emisyon salınım miktarlarının tespiti için 'karbon ayak izi (CF)' çalışmaları başlatılmıştır (Balta, 2020).

CF, küresel iklim değişikliği tehdidine karşı sorumluluk ve azaltma eylemlerine ilişkin kamuoyu tartışmalarında yaygın olarak kullanılan bir kavramdır. CF, yakıt, elektrik tüketimi, atık üretimi ve taşınması, madencilik faaliyetleri, yiyecek ve içecek üretimi, inşaat ve diğer günlük faaliyetler olarak açığa çıkan sera gazı emisyonu miktarının birim CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak ifade edilen ölçüsüdür (Haseeb vd., 2022; Yao vd., 2022). Karbon ayak izi doğrudan ve dolaylı olmak üzere üç kapsamda sınıflandırılmaktadır. Kapsam 1 emisyonları, kuruluşun kontrolü altındaki veya sahip olduğu faaliyetler, ürünler ve süreçlerden kaynaklanan doğrudan emisyonları içermektedir. Kapsam 2 emisyonları, dolaylı enerji (satın alınan ısıtma ve elektrik) emisyonlarını içermektedir. Kapsam 3 emisyonları, diğer dolaylı emisyonları içerir ve genellikle bir kuruluşun karbon ayak izi ne en büyük katkıyı yapan unsurlardır (Geneidy vd., 2021; Pottier, 2022). Karbon ayak izi ne yönelik 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve sonrasında 4 Kasım 2016 tarihli Paris Anlaşması en başta karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere sera etkisi yaratan gazların azaltılmasını hedeflemektedir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015; Mutlu vd., 2018).

Günümüzde işletmeler, bir yandan "çevre bilincine sahip işletmeler" olma imajını yansıtarak rekabet avantajı elde etmeye çalışırken, diğer yandan da ulusların çevre kurallarının sınırları dahilinde yasal taahhütlerini yerine

getirmeye çalışmaktadır. Bu nedenle çevre temelli kullanımlarını faaliyet raporlarında ve sürdürülebilirlik raporlarında sıklıkla tartışmaktadırlar. Sürdürülebilir çevre fikrinin mihenk taşlarından biri ve önemli çevresel sorunların kaynağı olan karbon gazı emisyonlarının paylaşılması gerekliliği de bu eğilim kapsamında ortaya çıkmıştır. Çevresel emisyonların önemi, özellikle işletmelerin atmosfere saldıkları emisyonların takibinin yanı sıra işletmenin CF'nin ölçülmesi, izlenmesi, raporlanması ve hesaplanması ile ortaya çıkmaktadır. İlk adım olarak Türkiye, Kyoto Protokolü'nü imzalayan ülkeler arasında yer almakta olup üretim tesislerinin CF hesaplaması önümüzdeki süreçte kaçınılmaz hale gelecektir. Bu nedenle tez çalışması, çevresel emisyonlar kapsamında CF'nin hesaplanması ve sürdürülebilir çevre açısından değerlendirmesi nedeniyle gerekli görülmüş, literatürde bir gül yağı fabrikası için benzer bir çalışma tespit edilmediği için yapılmıştır. Çalışma ile ülkemizde kısıtlı akademik CF araştırmalarına bir örnek oluşturmak amaçlanmıştır.

## **1.2. Kapsam**

Tez çalışmasında öncelikle çevre ve sürdürülebilirlik kavramları detaylıca ele alınıp karbon salınımları hakkında bilgiler sunulmuştur. Gül yağı üretim sanayisinin hammadde, kullanım ve ihracat faaliyetleri dikkate alınarak seçilmiş olan tesisin emisyon kaynakları belirlenmiş ve CF hesaplanmıştır. Tesisin CF'ni azaltması için alınabilecek önlemler belirlenmiştir.

Sürdürülebilir bir çevre açısından bir çevresel unsur olan karbon salınımları incelendiğinde tez çalışması üç ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın kapsamı aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Çalışmanın birinci bölümünde çevresel sürdürülebilirlik fikri birlikte ele alınmış, diğer taraftan iklim değişikliği, sera gazları, küresel ısınma potansiyeli kavramsal olarak incelenerek Dünya, Türkiye ve canlılar açısından boyutları ortaya konulmuştur. İklim değişikliği ve CF kavramlarının neden sonuç ilişkisi incelenmiştir.
- Çalışmanın ikinci bölümünde, çevresel maliyetler değerlendirilerek üretim sürecinde işletmelerin ortaya çıkardıkları karbon emisyon

kaynakları ve CF için ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalar incelenmiştir.

- Çalışmanın son bölümünde, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan gül yağı üretimi yapan bir firmadan oluşabilecek karbon emisyonları araştırılmıştır. Firma yetkilileri ile görüşmeler yapılmış, fabrika ziyareti ile faaliyet yerinde incelenmiş, gül yağı fabrikasının CF miktarı hesaplanarak, emisyon kaynaklarının miktarının azaltılması ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. İklim Değişikliği, Küresel Isınma ve Sera Etkisi

İklim değişikliği, zamanımızı karakterize eden önemli bir sorundur ve bu bağlamda, sorunun ortaya çıkmasında kentsel insan faaliyetlerinin önemli bir etkisi bulunmaktadır. İklim değişikliğinin bariz olan sonuçlarına uyum sağlamak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak, mücadele yolları çerçevesinde en önemli yöntemlerden biri olmaktadır (Tuğaç, 2022). Hem doğal hem de dış itici unsurlardaki değişiklikler, iklim değişikliğine ve ayrıca iklim sistemi içindeki dahili doğal süreçlere neden olmaktadır (Gezer ve İlhan, 2021). Sera etkisi ve iklim değişikliğine neden olan insan faaliyetleri incelendiğinde, sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme, tüketim kalıplarındaki değişiklikler, ormansızlaşma, tarım, gübre kullanımı, madencilik, fosil yakıt kullanımı karşımıza çıkmaktadır (Ağırılan ve Sadioğlu, 2021). İnsan faaliyetlerinin atmosferdeki sera gazları, aerosoller ve bulutluluk seviyelerini etkilediği ve bunun da iklim değişikliğini arttırdığı bilinmektedir. IPCC raporuna göre insan unsuru, küresel ısınmanın ve buna bağlı iklim değişikliğinin yadsınamaz bir gerçeği olmaktadır (IPCC, 2019).

İklim değişikliği, sıcaklıktaki artış, buzulların erimesi ve artan deniz seviyeleri dahil olmak üzere birçok değişikliği beraberinde getirmektedir. Yapılan araştırmalara göre dünya denizleri rekor bir hızla ısınmaktadır (Ilık Bilben, 2019). Bunun için gerekli önlemlerin ivedilikle alınması gerekmektedir.

Küresel ısınma, insan kaynaklı orman kaybı, kentleşme ve sanayileşme ve diğer alanlarda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki artışın bir kombinasyonunun neden olduğu dünya atmosferinin ortalama sıcaklığındaki artışı tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Houghton, 2005). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri arasında yıllık ve mevsimsel çevresel dalgalanmalarla ve günlük aktivitelerle giderek kötüleşen bu senaryo sonucunda atmosferik tabakanın bozulması da aynı oranda gerçekleşmektedir (Gershoni, 2023). Dünyanın ortalama ısınıcı koruma görevini yerine getirememesi sonucu da dünya ısısında değişimlere yol açmaktadır.

Karbondioksitin de içinde bulunduğu sera tüm gazlarının belirli bir ısı tutma kapasitesi mevcutken, karbonun diğer sera gazlarına göre ısı tutma kapasitesinin fazla olması küresel ısınmada daha etkin rol almasına neden olmaktadır (Zhou vd., 2022).

1880'de okyanusun yüzey sıcaklığının bir yüzyıldan fazla bir süredir 0,85 °C artarak 1,06 °C' ye yükseldiği keşfedilmiştir. 1995 yılı itibariyle dünyanın yüzey sıcaklığı 0,2 °C artmıştır (Betts vd., 2011). Bu büyümenin bir asır içinde olacağı tahmin edilirken, yirmi yıldan kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Başta Antarktika olmak üzere Dünya yüzeyindeki tüm buzullar, küresel sıcaklığın artması sonucunda eriyerek büyük katmanlara ayrılmış ve buzulların erimesi sonucu deniz seviyeleri yükselmiştir. 24 yıl boyunca artan CO<sub>2</sub> emisyonlarının neden olduğu küresel sıcaklıktaki değişiklikler nedeniyle küresel deniz seviyelerinin 1 milimetreden (mm) fazla yükseldiği tespit edilmiştir (Chen vd., 2022).

Küresel ısınmaya katkı sağlayan azot oksit ve asit yağmurlarına katkı sağlayan kükürt dioksit emisyonlarını azaltmak ulusal ve uluslararası düzeyde önem kazanmıştır. Yerel kanunlar doğrultusunda hava kalitesi parametreleri için sınır değerler tanımlanmış, sürekli hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuş ve Türkiye'de çok sayıda istasyondan anlık hava kalitesi izlemesi yapılmaya başlanmıştır. Hava Emisyonları Hakkında "Çevre İzni" almaya tabi tesislerin, proses veya ısınmadan kaynaklanan emisyonları ölçmek ve sınır değerlere uyumunu kontrol etmek için iki yılda bir emisyon kaynaklarına ilişkin ölçümler yaptırılmaları zorunludur (Anonim, 2014a).

Doğal afetler ve iklim değişikliği küresel ısınmanın birer sonucudur. Küresel sıcaklığın artması, okyanus buzullarının erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi ve bu habitatlarda yaşıyan canlı türlerinin olumsuz etkilenmesi ile tür kaybı yaşanmaktadır. Çölleşmenin küresel sıcaklık artışından ve küçük su kütlelerinin kurumasından kaynaklanması beklenmektedir (Küçüker, 2017). Atmosfer tabakasındaki sıcaklık yükselirken, hava şartlarının etkisiyle geniş arazilerde ve ormanlık alanlarda daha fazla yangın felaketiyle karşılaşmaktadır (Ekinci, 2022). 2020 yılının başında Avustralya' da tanık olunan yangın, yüksek sıcaklık

ve çimlerin tutuşması sonucu çıkmış, on binlerce insan yüz binlerce hayvan ölümü ile sonuçlanmış, 19,8 milyon dönümlük orman arazisinin yok olmasına neden olmuştur. Avustralya yangını sırasında gözlemlenen ve yangının büyümesine katkıda bulunduğu inanan yıldırımlar da küresel ısınma ve atmosferik aktivitenin bir sonucudur (Akın, 2006).

CO<sub>2</sub> emisyonları da dahil olmak üzere sera gazları hızla artmakta ve Dünya'daki kara kıtaları ile deniz kütlelerinin sıcaklığı ve iklim sürekli olarak değişmektedir. Tarihsel olarak sera gazı azaltılması için emisyon kaynaklarına odaklanmış ve emisyon faktörlerine nispeten az ilgi gösterilmiştir. Azaltma politikasının emisyon kaynağından değil de emisyon sürücüsünden başlayacak şekilde yeniden yönlendirilmesi, hafifletme ve politika tasarımı daha bütüncül bir yaklaşım sağlayabilir (Peters, 2010). Küresel sıcaklıktaki hızlı artışın nedeni atmosfere insan kaynaklı sera gazları (GHG) olarak görülmektedir. Tüm GHG'ler ısınmaya neden olmak için eşit kapasiteye sahip değildir, ancak güçleri, neden oldukları ışımsal zorlamaya ve bu gaz molekülünün atmosferde kaldığı ortalama süreye bağlıdır. Bu ikisi birlikte ele alındığında, 'küresel ısınma potansiyeli' (GWP) CO<sub>2</sub>'ye göre matematiksel olarak hesaplanarak birim olarak karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2</sub>e) şeklinde ifade edilmektedir (Şahin, 2019). GWP, farklı sera gazı emisyonlarının iklimsel etkisini belirlemek için bir ölçü olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Kyoto Protokolü'nde kullanılmaktadır.

Sera etkisine neden olan gazlar; metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) başta olmak üzere kloroflorokarbonlar (CFCs), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorokarbonlar (HFCs), sülfür hexaflorür (SF<sub>6</sub>), perflorokarbonlar (PFCs), halonlar, ve ozon olarak (O<sub>3</sub>) bilinmektedir (İğci ve Çobanoğlu, 2019). Bu gazların yapısal değişimleri ve miktarlarındaki artış, atmosferdeki sera gazı etkisini direkt olarak arttırmaktadır (Demirci ve Manavgat, 2019). Yaygın olarak bilinen bu sera gazları ile ilgili kısa bilgiler aşağıda verilmiştir:

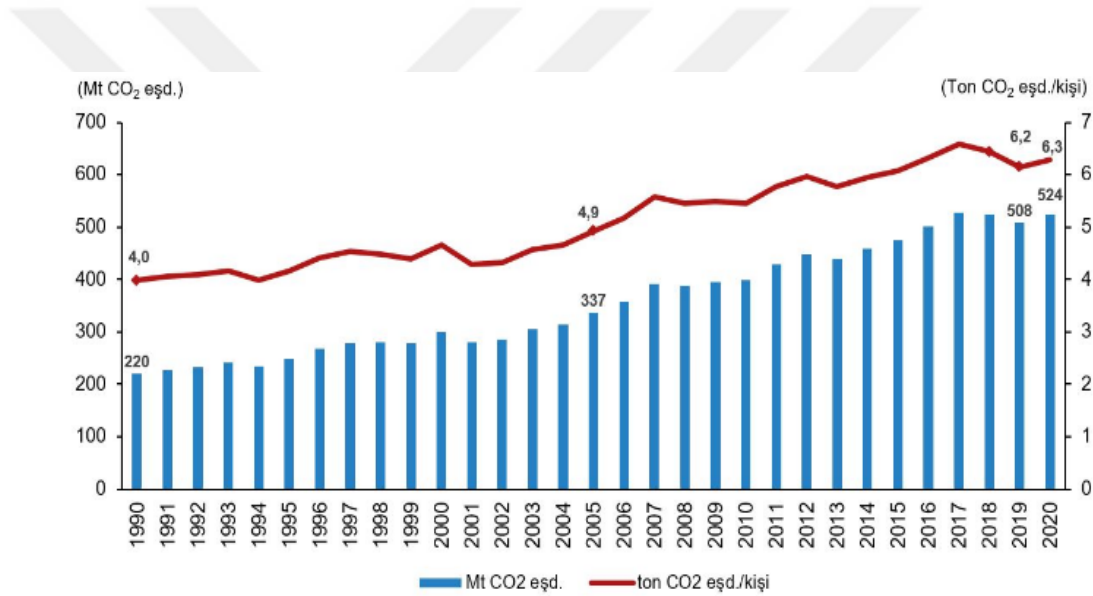
- CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub>, en önemli sera etkisi tetikleyicisi ve atmosferde uzun süre varlığını sürdürebilen gaz olarak belirtilmektedir (Tolunay, 2011). Atmosferik birikimi, fosil yakıt ve arazi kullanım değişikliği emisyonları

arasındaki denge, okyanus ve kara yutaklarından kaynaklanan alımdır. Temel konu, antropojenik CO<sub>2</sub> emisyonlarını nicel olarak atmosferik konsantrasyonlarla ilişkilendirmek için küresel karbon bütçesini kontrol eden süreçleri anlamaktır (Robertson vd., 2000).

- CH<sub>4</sub>: CH<sub>4</sub> önemli bir sera gazıdır. Troposferde CH<sub>4</sub> içeren kimyasal reaksiyonlar ozon üretimine yol açabilir ve stratosferdeki hidroksil radikali (•OH) ile reaksiyon su buharı üretimi ile sonuçlanır. CH<sub>4</sub>'ün nihai oksidasyon ürünü aynı zamanda bir sera gazı olan CO<sub>2</sub>'dir. •OH için ana uzaklaştırma mekanizmalarından biri CH<sub>4</sub> ile reaksiyondur, bu nedenle CH<sub>4</sub> seviyeleri arttıkça •OH seviyeleri düşebilir. Bu, CH<sub>4</sub> ve hidrokloroflorokarbon (HCFCs) gibi diğer önemli sera gazlarının kullanım ömrünün artmasına neden olabilir (Hansen ve Sato, 2004).
- N<sub>2</sub>O: N<sub>2</sub>O önemli bir uzun ömürlü sera gazıdır. Ek olarak, stratosferdeki ozonun bolluğunu ve dağılımını kontrol etmede kritik bir rol oynayan nitrojen oksitlerin stratosferdeki ana kaynağıdır (Verge vd., 2007).
- HFCs, Halonlar: Klor ve brom içeren HFCs stratosferdeki O<sub>3</sub> tükettiği gösterilmiştir. Ayrıca önemli sera gazları oldukları da kabul edilmiştir. Kaynakları, yutakları, atmosferik dağılımları ve stratosferik O<sub>3</sub> ile Dünya'nın ısınım sal dengesini bozmadaki rolleri incelenmektedir (Watson vd., 1991).
- CFCs: Koku gidericilerde, ilaç dağıtım pompalarında vb. soğutucu ve itici gaz olarak kullanılan kloroflorokarbonlar veya CFC' ler, sera gazlarının en güçlülerinden bazılarıdır (Ramanathan ve Feng, 2009).
- PFCs: Yüksek oksijen taşıyıcı olarak bilinir. Günümüzde kullanım alanları boksit madeninin çıkarılması, birincil alüminyum üretimi ve yangın söndürme sistemleridir. İnsan sağlığına zararlı gaz grubunda yer almamaktadır (Tolunay, 2011)
- SF<sub>6</sub>: Renksiz ve kokusuzdur. Kükürt zayıf bağlarla altı flor atomuna bağlanır. Genellikle yüksek gerilim hatlarında elektrik atlamalarını engellemek için kesicilerin içerisinde yer almaktadır. PFCs gibi insan sağlığına zararı tespit edilmemiştir (Saraçoğlu, 2022).
- O<sub>3</sub>: O<sub>3</sub>, özellikle üst troposferde ve alt stratosferde etkili bir sera gazıdır ve ayrıca güneş ultraviyole radyasyonunun soğurulmasında kilit bir rol

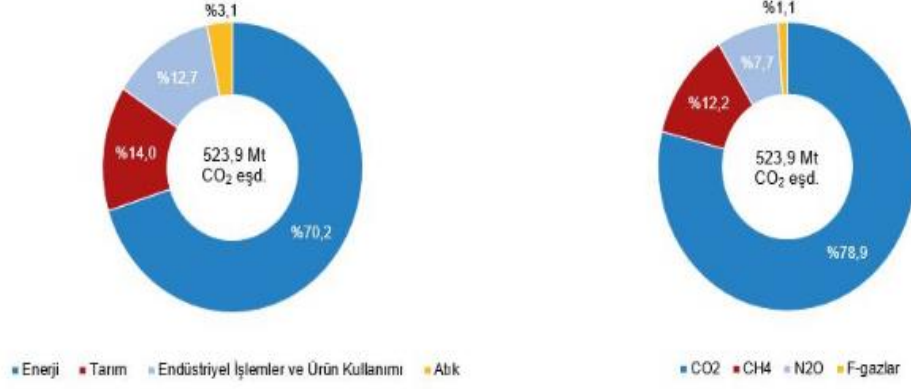
oyun. Toplam ozon kolonunun yaklaşık %90' ı stratosferde ve geri kalan %10' u troposferde bulunur. Mevcut bilimsel ve politik endişeler, stratosferik ozonun klor ve brom içeren kimyasallarla azaltılması ve troposferik ozonun karbon monoksit, hidrokarbonlar ve nitrojen oksitlerle üretilmesidir (Watson vd., 1991).

TÜİK verilerine göre Şekil 2.1' de 1990-2020 yılları arası kişi başı sera gazı emisyonları ve değişimleri verilmektedir. Sera gazı envanteri 2020 yılı toplam emisyon miktarı, bir önceki yıla göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton CO<sub>2</sub>e ulaşmıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyon miktarı ise 2020 yılında 6,3 ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2022).



Şekil 2.1. 1990-2020 yılları arası toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu değişimi (TÜİK, 2022)

Şekil 2.2' de 2020 yılı sektörlere ve gazlara göre emisyon oranları verilmektedir. 2020 yılında emisyonların %85,4' ü enerji sektöründen, %31,6'sı elektrik ve ısı üretiminden, %14,2'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2022).



Şekil 2.2. 2020 yılı sektörlere ve gazlara göre emisyon oranları (TÜİK, 2022)

20. yy teknolojik gelişmeler ile su, toprak, yer altı zenginlikleri ve hava gibi doğal kaynakların bilinçsiz tüketimleri; iklim değişikliği, nüfus artışı ve çevresel bozulma dahil olmak üzere insanlığın karşı karşıya olduğu zorluklar nedeniyle küresel bir sorun haline gelmiştir (Jiang vd., 2022). Bununla bağlantılı olarak “sürdürülebilirlik” olgusu daha önemli bir kavram haline gelmiştir (Yılmaz, 2019). Sürdürülebilir kalkınma, dünyadaki her ulusun ortak hedefi olmalıdır. Çevresel sürdürülebilirliğin üç bileşeni çevre, toplum ve ekonomiden bağımsız olarak düşünülmemelidir (Salo vd., 2022). Sosyal, ekonomik ve çevresel kaygılar bağımsız olarak ele alındığında, sonuçların bileşenlerden biri üzerinde uzun vadeli olumsuz etkileri olabileceği iyi bilinmektedir (Özmehmet, 2008). Bu durumda, parçaları birbirine bağlamak gerekli hale gelmektedir. Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak, çevreyi tüketmesi muhtemel olan tüm antropojenik aktivite ekosistemleri ve ekonominin bütünsel bir değerlendirmesini gerektirir (Opoku vd., 2022). Refahın ekonomik olduğu kadar çevresel, sosyopolitik ve kültürel boyutları da vardır ve sürdürülebilir refahın hedefi, tüm bu boyutların, iyileştirmelerin süresiz olarak sürdürülmesine uygun şekillerde ve uç noktalarda iyileştirilmesini içermektedir. Bu zorluk, yalnızca gelişmekte olan ülkelerdeki yaşam standardının sürdürülebilir bir şekilde iyileştirilmesini değil, aynı zamanda sanayileşmiş ülkelerdeki yaşam standardını destekleyen şu anda sürdürülemez olan uygulamaları sürdürülebilir bir temele dönüştürmeyi de içermektedir (Holdren, 2007). Sürdürülebilirlik adına yapılan sınır çalışması, fikirlerde yenilik, siyasi seferberlik ve politika değişikliği için özellikle 1992' de

Rio' da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) ile bağlantılı olarak önemli bir ivme yaratmıştır (Scoones, 2010).

Yoğun tarım ve işleme uygulamalarının bir sonucu olarak enerji ve doğal kaynakların büyük ölçüde tükenmesi, endişe verici çevresel sonuçlara yol açabilir ve dikkate alınması gerekir. Farklı gıda maddelerinin maliyet, enerji ve çevresel etkilerini analiz etmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır; elma, badem ve antep fıstığı (Bartzas vd., 2017), zeytin, pirinç (Nunes vd., 2016) gibi tarım ürünlerinden gazlı alkolsüz içecekler (Amienyo vd., 2012), doğranmış domates (Ghnimi vd., 2021), çay (Khanali vd., 2017) gibi gıda üretimine kadar çeşitli anlardaki çalışmalara rağmen, az sayıda çalışma esansiyel yağ ve doğal koku ürünlerinin üretiminde enerji kullanımını çevresel etkiler açısından değerlendirmiştir. Önemli ekolojik külfetlere yol açabilecek gül yağı üretimleri ile ilgili yaklaşan çevresel etkilerin ışığında, çeşitli üretim uygulamalarını çeşitli perspektifinden değerlendirmek zorunludur (Fereidani ve Üçtuğ, 2023).

Sürdürülebilir gül yağı üretiminin kozmetik sektörü açısından geniş tedarik zinciri nedeniyle üretimle ilişkili hava kirleticilerin çıktısı da dikkate değerdir. Gül çiçeği çevreyi kirletmese de aromatik konsantrelerin geleneksel üretiminin ticari üretim yöntemine göre daha yüksek çevresel etkilere sahip olduğu düşünülmektedir (Fereidani ve Üçtuğ, 2023). Gül ve ürünlerine yönelik artan ticari çözümler, yeni ürün geliştirme, küresel ve ulusal ölçekte pazarlama ve ürün tanıtımı, gül yağı sektörünün sürdürülebilirliği için gereklidir. Gül yağı üretiminin sürdürülebilir olması, doğal kaynakları korumak için önemlidir. Gül yağı üretiminde sürdürülebilirlik olarak doğal kaynakları korumak adına su kaynaklarına ve canlı hayatına, çevreye zarar vermemek için mümkünse yakıt tüketimini azaltmak önde gelen konulardandır (Aköz ve Beyhan, 2019). Sürdürülebilir gül tarımı uygulamalarının yaygınlaştırılması gereklidir. Böylece, gül yağı üretimi daha sürdürülebilir hale gelebilir hem yerel hem de ülke ekonomisi desteklenebilir.

## 2.2. İklim Değişikliği Hakkında Uluslararası/Ulusal Düzenlemeler

İklim değişikliği ve küresel ısınma uluslararası ve ulusal haber gündeminde önemli bir yer tutmakta ve konu ile ilgili yapılan çalışma sayısı giderek artış göstermektedir. 1992 yılında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile başlayan çalışmalar, 1997 yılında Kyoto Protokolü ve 2016 yılında Paris Anlaşması ile ülkeler karbon salınımı miktarının azaltılması amaçlanmaktadır (Köse, 2018). Uluslararası ve Ulusal düzenlemelerin değerlendirmeleri maddeler halinde sunulmuştur:

- **BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi:** Kısmen atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını dengeleyerek, "iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan müdahalesi" ile mücadele etmek için bir çevre anlaşması oluşturmuştur. İklim değişikliğine ilişkin, 1992' de BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi onaylanmıştır (Anonim, 2014b). Sözleşme, iklim değişikliği söyleminin şekillenmesinde ve ulusal düzeyde yanıtların üretilmesinde rol oynamaktadır (Tompkins ve Amundsen, 2008)
- **Kyoto Protokolü:** 1992 BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni genişleten uluslararası bir anlaşmadır. 11 Aralık 1997' de Japonya'nın Kyoto kentinde, ilk kez sanayileşmiş ülkeler için karbon emisyonları konusunda yasal olarak bağlayıcı sınırlar belirleyen Kyoto Protokolü kabul edilmiştir (Anonim, 2012). 2020' de Kyoto Protokolü, 1992 BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını "iklim sistemi üzerindeki tehlikeli antropojenik müdahaleyi önleyecek bir düzeye" indirerek küresel ısınmanın başlangıcını azaltma hedefini uygulamıştır. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı karmaşık siyasi, ekonomik, yasal sorunlar ve atmosferdeki sera gazı seviyelerinden sorumludur (Breidenich vd., 2017).

- **Paris Anlaşması:** 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe giren, iklim değişikliği konusunda uluslararası bir anlaşmadır. Fransa, Paris yakınlarında yapılan bu sözleşme ile iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve finansman bulunmasını kapsamaktadır (Anonim, 2022a). Paris Anlaşması'nın uzun vadeli sıcaklık hedefi, ortalama küresel sıcaklıktaki artışı sanayi öncesi seviyelerin 2 °C (3,6 °F) üzerinde tutmak ve tercihen artışı 1,5 °C (2,7 °F) ile sınırlandırmaktadır (Anonim, 2015).
- **ISO 14064-1 Standardı Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırılmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler Standardı:** Standart içeriği sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve rapor edilmesine dair bir kılavuzdur. Kuruluşun veya şirketin sera gazı envanterinin oluşturulması, geliştirilmesi, yönetimi ve raporlanması ile ilgili fikirler ve koşullar derinlemesine ele alınmaktadır. Kuruluşun sera gazı emisyonlarının belirlenmesi, emisyon giderme prosedürlerinin oluşturulması ve devreye alınması ile ilgili spesifikasyonları kapsamaktadır (Ünaldı, 2016). Ayrıca, kalite yönetimi, raporlama, iç denetim ve organizasyonla yükümlülükler için standartları belirleyen bir kılavuz görevi görmektedir.
- **ISO 14064-2 Sera Gazı Emisyon Azaltmalarının veya Uzaklaştırma İyileştirmelerinin Proje Seviyesinde Hesaplanmasına, İzlenmesine ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler Standardı:** Standart, sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin proje seviyesinde hesaplanmasına, izlenmesine ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özelliklerini içermektedir. Açıkça kuruluşun sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan projeler, faaliyetin ana odak noktası olmaktadır. Bu temel yön doğrultusunda projenin alt yapısını oluşturmak, proje performansını izlemek, değerlendirmek ve raporlamak için kurallar ve önkoşullar bulunmaktadır (Kaplan, 2011).

- **ISO 14064-3 Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanmasına ve Onaylanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler Standardı:** Sera gazı beyanlarının doğrulanmasına ve onaylanmasına dair kılavuz ve özelliklerini içermektedir. Sera gazı envanteri girişimlerinin değerlendirilmesi ve doğrulanması için yönergeler ve özel ayrıntılar sunmaktadır. Sera gazı değerlendirme prosedürleri, kuruluşlar veya projeler tarafından yapılan sera gazı beyanlarının değerlendirilmesi de dahil olmak üzere faktörler tarafından belirlenir. Kuruluşlar ve bağımsız kullanıcılar, sera gazı iddialarının doğrulanması ve onaylanmasından yanadır (Mirici ve Berberoğlu, 2022).
- **PAS 2050:** Mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü sera gazı emisyonlarını değerlendirmek için tutarlı bir yöntemeye yönelik geniş topluluk ve endüstri arzusuna yanıt olarak geliştirilmiştir. PAS 2050, kuruluşların tedarik zincirlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının daha iyi anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. PAS 2050, mal ve hizmetlerin mevcut yaşam döngüsünün iç değerlendirmesine izin vermek, mal ve hizmetlerle ilişkili yaşam döngüsü sera gazı emisyonları temelinde alternatif ürün konfigürasyonlarının, kaynak bulma ve üretim yöntemlerinin, hammadde seçimlerinin ve tedarikçi seçiminin değerlendirilmesini kolaylaştırmak, sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan devam eden programlar için bir kıyaslama sağlamak, yaşam döngüsü emisyon değerlendirmesine yönelik ortak, kabul görmüş ve standartlaştırılmış bir yaklaşım kullanarak mal veya hizmetlerin karşılaştırılmasına olanak tanımak, yaşam döngüsü sera gazı emisyon değerlendirmelerinin sonuçlarının raporlanabileceği ve iletilebileceği ortak bir temel sağlamak için bir fırsat sağlamaktır (PAS 2050, 2008).

### 2.3. Karbon Ayak İzi

Küresel ısınmanın etkileri, değişen iklim modelleri ve artan karbon emisyonları yalnızca yerel bir sorun değildir ve artık tüm dünyayı da etkilemektedir. Bir faaliyet tarafından doğrudan veya dolaylı olarak üretilen karbondioksit

emisyonlarının miktarı, karbon ayak izi olarak hesaplanmaktadır. Sadece doğrudan emisyonlar değil, üretim aşamasından önce yayılabilecek dolaylı emisyonlar da karbon ayak izi değerlendirme aşamalarına dahil edilmelidir (Muthu, 2015).

### **2.3.1. Kişisel Karbon Ayak İzi**

Günlük yaşamda kendini gösteren ve her yıl sürekli olarak atmosfere salınan kişisel sorumluluğu kapsayan bir kavram haline gelmiştir. Temel karbon ayak izi hesaplanırken soğutma ve ısıtma için kullanılan enerji, kişisel elektrik enerjisi tüketimi ve tüketilen yakıt türleri dikkate alınmaktadır. Bu öğelerin tüm yaşam döngüsü, ikincil CF tahmini için daha ayrıntılı olarak kullanılmaktadır (Kitzes vd., 2008). Kişisel CF, insan faaliyetinin bir sonucu olarak yayılan emisyonların miktarını yansıtmakta, birincil ve ikincil olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Kitzes vd., 2007). Konutlarda kullanılan enerji ve yakıt ile ulaşımda kullanılan fosil yakıtların yarattığı CO<sub>2</sub> konsantrasyonları bunların başında gelmektedir. İkinci bileşen, insanların üretim anından tüketim anına kadar hayatları boyunca tükettikleri her şeyin bir sonucu olarak ortaya çıkan CO<sub>2</sub>'dir (Dindar, 2021). Kişisel CF değerlendirmeleri, insanların ne kadar enerji kullandıklarını ve bunu nasıl azaltacaklarını anlamalarına yardımcı olmaktadır.

### **2.3.2. Kurumsal Karbon Ayak izi**

Kurumsal CF özel sektörün gönüllü piyasada en sık kullandığı araçtır. Kurumlar iklim kriziyle mücadele etmek için kendi emisyonlarını azaltma konusunda çalışmalar yürütmelidir. İklim değişikliği, küresel ısınma ve sera gazlarının etkisinin azaltılabilmesi için birçok sektörün tedarik zincirinden kaynaklı ortak görevleri vardır (Şen, 2022). Hedefleri, karbon emisyonlarını hesaba katmak, ekonomik değerlendirmeleri için temel oluşturmak ve ardından vergiler veya piyasalar aracılığıyla ödeme akışları için ön koşulları oluşmaktır (Walenta, 2021).

Bir şirketin CF'ni yasal ve resmi olarak ölçmek mümkündür. Üretim, hizmet ve işleme dahil olmak üzere kurumsal faaliyetler sonucunda çevreye salınan sera gazlarının CO<sub>2</sub>e'dir (Çolak ve Türkmen, 2023). Emisyonların etkisini hesaplamak için, sera gazı emisyon parametrelerini güç tüketimi, yakıt tüketimi ve iş seyahatleri verileri gibi yıllık kullanım verileriyle ilişkilendirmektedir. Kurumsal CF hesaplamaları yapılarak ve bu konuda standartlar oluşturularak, farklı şirketler tarafından yapılan hesaplamalar birbiriyle karşılaştırılabilir (Walenta, 2021).

Çevresel endişeler ile ekonomik büyüme arasında bir denge kurmaya yönelik çığır açan bir girişim, Avrupa Yeşil Mutabakatı'dır. 2019 yılında açıklanan mutabakatda belirtilen önlem ve yasaların uygulanmasıyla Avrupa Birliği, 2050 yılına kadar sıfır sera gazı emisyonuna sahip olmak istemektedir (Diriöz, 2021). Bu anlaşma, sürdürülebilir bir gelecek için Avrupa'nın çevre dostu bir ekonomiye geçmesi ve işletmelerin, endüstrilerin ve toplumun olumsuz çevresel etkilerini azaltması gerektiği fikrini desteklemektedir. Manta (2020), yeşil ekonomi ve yeşil teknoloji kavramlarını araştırarak 2021-2030 döneminde en az 1 trilyon avronun AB bütçesi dahilinde iklim eylemlerine ayrılan kaynakları artırarak ve ek kamu-özel finansman kullanarak sürdürülebilir yatırımları seferber etmesi gereğinden bahsetmektedir. Miktarın yaklaşık yarısının doğrudan AB bütçesinden geleceği ve AB programlarına dahil edileceği tahmin edilirken, diğer kamu ve özel kaynakların geri kalanını büyük ölçüde kaldıraç yoluyla sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Döngüsel ekonomi çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin bir araya getirildiği bir yaklaşımdır. Atık yönetimine ve çevresel etkinin en aza indirilmesine daha sürdürülebilir bir yaklaşım, döngüsel ekonomi tarafından sağlanmaktadır (Ecer vd., 2021). Bu metodoloji daha etkin kaynak kullanımını teşvik etmekte ve atık yönetimi maliyetini düşürmektedir. Sürdürülebilirlik hedefleri; kaynak verimliliği, atık yönetimi, geri kazanım ve yeşil enerji olarak ayrılabilir. Balbay vd. (2021), çalışmasında Türkiye'de döngüsel ekonomi SWOT analizi ve PEST analizi gerçekleştirilmiştir. SWOT analizinde güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler olarak analiz edilmiştir. PEST analizinde ise politik,

ekonomi, sosyal ve teknolojik kategorilerde incelenmiştir. Döngüsel ekonominin büyümesini desteklemek için endüstriyel süreçleri senkronize etmek, tedarik zincirini yeniden düzenlemek ve atık yönetimi sürecini geri kazanım esasına oturtmak gerekmektedir. Ürün/süreç tasarımı, mikro ve nano ölçekli malzeme mühendisliği ve hesaplamalı modellemedeki yenilikler, bu süreçte eğitim alacak uzmanların yardımıyla gerçekleştirilebilecektir. Sonuç olarak, insanlar atık yönetimini ve çevre kirliliğini önleme uygulamalarını bir yaşam biçimi olarak benimseyecek, tükettikleri malları ve kaynakları daha uzun süre koruyacak ve doğal sistemlerin gençleşmesini sağlayacaktır.

Gelecek için sorumlu bir şekilde hareket etmek için CF ve kaynak verimliliği gibi konulara odaklanmak gereklidir. Tüm bu hedeflere ulaşmanın anahtarları, fosil yakıt kullanımını azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak, sıfır atığı hedeflemek, sürdürülebilir tarım ve gıda sistemleri geliştirmek ve çevre dostu ulaşım seçeneklerini kullanmaktır (Mızık ve Avdan, 2020). Özsoy (2015), çalışmasında düşük karbon tüketimini sağlamaya yönelik mevzuat önerileri sunmanın yanı sıra, Türkiye'nin ekonomik yeşil enerjiye dönüşüm sürecinde Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ortaya koymaktadır. Çalışmada elektrik üretimi için su potansiyeli çevresel ve fizibilite gerekliliklerini karşılıyorsa, hızla yatırıma dönüşmesi, güç üretmek için jeotermal, biyokütle, güneş ve rüzgar kaynaklarının kullanılmasının tam potansiyelinin belirlenmesi, su kaynakları dışındaki yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini artırmak için yatırım gerçekleştirmelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi, birincil enerji üretimi için jeotermal, güneş ve biyokütle kaynaklarının mevcut potansiyelinin kullanılması, biyoetanol ve biyodizelin benzin-motorin ile karıştırılmasının gıda güvenliği, çevre ve tesis kapasite gelişimine etkilerinin gözetilmesi gibi yenilenebilir kaynak odaklı çalışmalar önerilmiştir.

Türkiye'nin sürdürülebilirliğini artırmak için gerçekleştirilen eylemlerden biri de Türkiye (TR) Yeşil Dönüşüm' dür. Bu dönüşüm, ulusumuzun geleceği ve küresel çevresel değişimler hakkındaki düşüncelerimizi değiştirmeye yöneliktir. TR Yeşil Dönüşüm planlamasında enerji dönüşümünün fosil yakıtları azaltması,

atık yönetiminin doğal kaynakları koruması ve ağaçlandırma ve çeşitli projeler ile biyolojik çeşitliliğin korunmasını içermektedir. Esenlikci (2023), araştırmasında 2016 yılında dört pilot bölge seçilmiş olup Yeşil Organize Sanayi Bölgesi (OSB) projesi başlatılmıştır. Proje kapsamında planlanan sanayi bölgelerinde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji araştırmaları yapılmıştır. Bu bağlamda OSB, gereklilikleri karşıladığının OSB idaresi tarafından belgelenmesi halinde üç yıl geçerliliği olan Yeşil Bayrak almaya hak kazanacaktır. Yeşil Bayraklı bir OSB T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından ekonomik, sosyal, çevresel ve OSB yönetimi olmak üzere dört alana ayrılan toplam 20 taslak performans göstergesi kullanılarak derecelendirilecektir. Son adımda aldıkları puanlar karşılığında OSB'ler doğrulanarak Platinum, Gold, Silver, Bronze olarak derecelendirilir. Bunun sonucunda kurumsal itibarın artması, maliyetlerin düşmesi ve yeni yatırımlar yapılması söz konusu olacağı belirtilmiştir. Türkiye, bu dönüşüm sayesinde birçok çevresel hedefine ulaşmayı hedeflemektedir.

### **2.3.3. IPCC Tier Yaklaşımları ve Kurumsal CF ile ilgili yapılmış çalışmalar**

2019 IPCC Yönergelerine göre fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonları Tier-1, Tier-2 ve Tier-3'e göre hesaplamak mümkündür. Bu yöntemlerde kapsam düzeyi büyüdükçe, kullanılan veri miktarı ve bilgi düzeyi artmaktadır (IPCC, 2019). Tier-1 genellikle daha az veri kullanır, daha basittir esas olarak "yakıt tüketimine" dayanmaktadır. Yetersiz veri durumunda tercih edilmektedir. Tier-2 hesaplama tekniğinde, yakıt kullanımı yerine aracın kat ettiği mesafe dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır. Tier-3 yaklaşımı ise daha ayrıntılı, fazla bilgi gerektiren ve daha karmaşık bir hesaplama (IPCC, 2019). Genel olarak Tier-2 yaklaşımı, uygun emisyon faktörlerini kullanarak yakıt tüketim gruplarını ayırmayı hedeflerken, Tier-3 yaklaşımında, yakıt tüketim değerlerinin aksine, ton-km cinsinden yük değeri, araçların kat ettiği mesafe ve seçilen uygun emisyon faktörleri gibi ayrıntıları bilerek hesaplama yapılmaktadır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

CF hesaplamak için, doğrudan tesisin neden olduğu GHG emisyon miktarları ve IPCC 100 yıllık periyottaki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) faktörleri

kullanılarak CO<sub>2</sub>e dönüştürülür (Boguski, 2010). Dolaylı olarak sera etkisine neden olan emisyonlar ise, tesisin faaliyetleri sonucu kaynaklanan ancak başka bir şirket tarafından kontrol altında tutulan kaynaklardan oluşan emisyonlardır. Tesis tarafından tüketilen, satın alınan elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını dolaylı etkiye neden olanlara örnek verilebilir. Satın alınan elektrik, satın alınan veya başka bir şekilde şirketin kısa, orta ve uzun vadeli planlama sınırına getirilen elektrik olarak tanımlanmaktadır (Erdoğan, 2015). Satın alınan malzemelerin kullanımı ve atık üretilmesi, hizmet alımları, atık bertarafı ve çalışanların iş seyahati de dolaylı etki yaratan sera gazı emisyonları olarak tanımlanabilir (Schmitz vd., 2004, Aroonsrimorakot vd., 2013).

Doğrudan veya dolaylı CF'ni incelemek için, üç adet kapsam içerisinde doğrudan veya dolaylı emisyonlar incelenebilir ve kendi içerisinde sınıflandırılabilir.

- Kapsam 1; hesaplama yapılan kuruluşun üretim veya üretimde kullandığı araçlardan kaynaklı, tesis nedeniyle direkt sera etkisine neden olan gaz emisyonlarından oluşmaktadır. Bu nedenle de doğrudan CF olarak değerlendirilmektedir.
- Kapsam 2; tesisin kullandığı elektrik, buhar, ısıtma ve soğutmadan kaynaklı dolaylı sera etkisine neden olan gaz emisyonlarını içermektedir. Üretim atıkları, satın alınan hizmet alımları vb. bu kapsam içerisindedir.
- Kapsam 3; Kapsam 2 içerisine girmeyen diğer dolaylı sera gazı emisyonlarını içermektedir. Çalışanların işe geliş gidişleri ve iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlar, kuruluş tarafından üretilen ancak başka bir kuruluş tarafından yönetilen atık yönetimi amacıyla oluşan emisyonları kapsamaktadır.

Orias vd. (2011) tarafından İngiltere'de üretilen ve tüketilen ekmeğin CF'ni birincil verilere dayalı PAS 2050 uyumlu çalışma ve ikincil verilere dayalı ISO 14044 standardına göre hesaplanmıştır. Bu amaçlar için dilimlenmiş beyaz ve kepekli ekmeğe ele alınmış ve fonksiyonel birim "evde tüketilen bir dilim dilimlenmiş ekmeğe (800 g)" olarak tanımlanmıştır. Buğdayın menşei ülkesi (Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Almanya, İspanya ve ABD), un türü (beyaz, kahverengi ve kepekli) ve ambalaj türü (plastik ve kâğıt torbalar) değişiklik

göstermektedir. Veri türünün (birincil ve ikincil) sonuçlar üzerindeki etkisi de dikkate alınmıştır. Sonuçlara göre somun ekmek başına CF, 977 ile 1.244 gCO<sub>2e</sub>/ekmek aralığındadır. Nakliye ve paketlemenin genel sonuçlara katkısı küçük olup ekmeğin kızartılmasından ve buzdolabında saklanmasından kaçınılarak CF ortalama %25 oranında azaltılabilir. Tüketiciler tarafından atılan atık ekmek miktarı azaltılarak daha fazla azalma (%5-10) sağlanabilmesi önerilmiştir.

Atabey (2013), tez çalışmasında Diyarbakır ili için emisyon hesaplamalarını IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımıyla hesaplamıştır. Yapılan karbon emisyon hesaplarından ulaştırma sektöründe karayolları en büyük emisyon kaynağıdır. Toplam karayolu karbon emisyonları %30 oranında paya sahiptir. Karbon emisyonunu azaltmak için kaç tane ağaç dikilmesi gerektiği hesaplanmış ve 2,5 milyar ağacın olması durumunda karbon salınımının tamamının bertaraf edileceği tespit edilmiştir.

Cheng vd. (2014) tarafından Çin'in ekin alanları ve ürünler ile ilgili, ekim alanı, verim, gübre uygulama oranları, böcek ilacı, dizel, plastik film, su vb. verilerini ulusal istatistik arşivinden toplanarak IPCC'e göre CF hesaplanmıştır. Çeltik, buğday, mısır ve soya fasulyesi için 2472, 794, 781 ve 222 kg CO<sub>2e</sub>/ürün şeklinde bulunmuştur. N gübrelemesinde %30'luk bir azalma düşünüldüğünde, bu mahsullerin üretiminden sera gazı emisyonlarında 60 megaton (Mt) karbondioksit eşdeğeri potansiyel bir azalma öngörülmüştür. Mahsul üretim yapısındaki değişikliklerin, gelecekte Çin için mahsul üretiminin neden olduğu sera gazı emisyonlarını etkileyecek seviyede olabileceği belirtilmiştir.

Wu vd. (2015), yaptığı araştırmada iki tür kot pantolon üretiminde su ayak izinin ve CF analizini değerlendirmiştir. Sonuçlardan, karışık pamuklu elyaftan yapılmış bir kot pantolon üretiminde yaratılan toplam su ayak izinin, %100 saf pamuk elyafından yapılmış kottan %26,18 daha az olduğu kaydedilmektedir. Su ayak izi, esas olarak elyaf üretimi ve boyama aşamalarında azalmaktadır. CF analizinden, su ayak izine kıyasla azalma o kadar belirgin olmamaktadır. Karışık pamuk elyafının elyaf üretim aşaması, işlenmemiş pamuk elyafından bile daha büyük CF yaratmaktadır. Boyamayı ihmal etmek, karışık pamuk elyafından

yapılan kotların üretiminde CF'nin azalmasına büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Binboğa ve Ünal (2018), yaptığı çalışmada Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin birincil CF, IPCC Modeli Tier 1 yaklaşımı doğrultusunda hesaplanmış ve 8.953,906 ton CO<sub>2e</sub> olarak bulunmuştur. Karbon emisyonunun %87,85 elektrik tüketiminden %0,09 ise benzin tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Emisyonların azaltılması için kampüslere 4700 adet fidan dikimi yapılması ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerji santrali projesi çalışmalarının başlatılması önerilmiştir.

Lenzen vd. (2018), çalışmasında 160 ülke arasındaki turizmle ilgili küresel karbon akışlarını ve bunların kaynak ve varış yeri muhasebesi perspektifleri altında CF araştırmıştır. 2009 ile 2013 arasında turizmin küresel CF'nin 3,9' dan 4,5 Gt CO<sub>2e</sub>' ye çıktığını bulunmuştur. Ulaşım, alışveriş ve yemek önemli katkılar sağlamakta olup yeni teknolojiler ile havacılıkta ve yeni inşaatların sera gazı emisyonlarının azaltılması önerilmiştir.

Mutlu vd. (2018), yaptıkları çalışmada kauçuk endüstrisinin IPCC Tier-1'e göre toplam CF hesabı yapılmıştır. CF, 55.000.000 kg CO<sub>2e</sub> olarak bulunmuş olup birkaç sektöre göre karşılaştırıldığında daha az olduğu görülmüştür. İkincil hammadde ve yenilebilir enerji kaynakları ile karbon salınımının minimum düzeye indirilmesi önerilmiştir.

Yılmaz (2019), araştırmasına göre elektronik atıkların geri dönüşüm sektöründe 2017 yılındaki verilerle IPCC' nin Tier-3 yaklaşımı ile CF hesaplamıştır. 4,13 tCO<sub>2e</sub> olarak hesaplanan CF'i azaltmak için rüzgar ve güneş enerjisi kullanımı, ağaç dikimi ve LPG' li araç kullanımı önerilmiştir.

Şahin (2019), yaptığı tez çalışmasında bir çimento fabrikasının üretim sırasında oluşan karbon emisyonları hesaplanmıştır. 2017 yılında CF, 3.528.673 tonCO<sub>2e</sub>/yıl, 2018 yılında ise 3.594.136 tonCO<sub>2e</sub>/yıl olarak tespit edilmiştir. Artan alternatif yakıt ikame oranları, klinker için gerekli yakıt enerjisinde talebi yükseltebilir, yüksek konsantrasyonlarda klor ve kükürt içeren yakıtların kullanılması sorun yaratabilir ve fırın durdurma sayısı spesifik enerji talebini

arttırabilir. Bu tür durumlarda bypass sistemi ile sorunlar giderilip emisyonların azaltılabileceği belirtilmiştir.

Wang ve Zhang (2019), araştırmasına göre 1995' ten beri bir dizi ekolojik ve destekleyici tarım politikasının sosyoekonomik gelişimi ve uygulanmasının CF'yi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Qinghai eyaletinde 1995-2016 yılları arasında toplam CF'yi etkileyen en önemli iki faktörün, kimyasal azotlu gübre kullanımı ve enerji girdileri olduğu tespit edilmiştir.

Ateş (2021), yaptığı çalışmada Bingöl Atıksu Arıtma Tesisi 2018 ve 2019 yıllarına ait veriler kullanılarak GPS-X simülasyon programı ile biyolojik faaliyetlerden kaynaklanan karbon emisyonu ve CCALC2 programı ile elektrik tüketiminden kaynaklanan CF'yi hesaplanmıştır. Elde edilen toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarı bu iki programdan 45.238,33 tonCO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Sonucu düşürmek için atıksu arıtma tesisi tasarımlarının geliştirilmesi, optimum işletme önlemlerinin alınması, atıktan enerji üretim ünitelerinin eklenmesi, makine ve enerji kullanım teknolojilerinin mevcut tesislere entegre edilmesi ve atıksu arıtma tesislerinin verimliliğinin artırılması gibi yöntemler kullanılması önerilmektedir.

Çerci (2021), çalışmasında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin 2019 ve 2020 yılına ait CF'ni hesaplanmıştır. Doğalgaz, kömür, benzin, motorin ve elektrik tüketim verileri kullanılarak IPCC Tier-1 ve DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) dönüşüm faktörleri ile iki ayrı hesaplama yapmıştır. Birincil CF, Tier-1 ile 2019 yılı için 2753,2 tCO<sub>2</sub>e/yıl ve 2020 yılı için 2383,74 tCO<sub>2</sub>e/yıl hesaplanmış olup 2020 yılında emisyon miktarında %13,42 azalma tespit edilmiştir. DEFRA dönüşüm faktörleriyle ise 2019 yılı için 2314,53 tCO<sub>2</sub>e/yıl ve 2020 yılı için 1826,54 tCO<sub>2</sub>e/yıl hesaplanmış, 2020 yılı için emisyon miktarında %21,08 azalma görülmektedir. Bunun sebebi, Covid-19 sürecinde derslere ara verilerek uzaktan eğitime geçilmesi olarak belirtilmiştir. IPCC Tier-1 yaklaşımı ile DEFRA arasında oluşan farkın sebebi ise IPCC Tier-1 yaklaşımı hesaplarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel ve yüksek olması, DEFRA için İngiltere' den alınan ulusal verilerin kullanması olarak gösterilmiştir.

Özgen vd. (2021), çalışmasına göre İzmir'de pizza restoran zincirlerinin CF, IPCC'e göre hesaplanmış ve sonuç 1.919,818 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunu dengelemek için ağaçlandırma önerilmiş olup 3.062 ağaç dikilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Özlu vd. (2022), çalışmasında tarımsal yönetim ve doğurganlık uygulamaları nedeniyle CF değişiminin anlaşılmasını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Gübreleme, biyokömür, mahsul artışı, fotosentez, toprak solunum, CH<sub>4</sub> emisyonu, N<sub>2</sub>O emisyonu, pestisitler, herbisitler, toprak işleme, hasat gibi başlıkları inceleyip küresel ısınma potansiyelleri ile sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda makine operasyonlarının en aza indirilmesi ile CF miktarının azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yuan vd. (2022), CF ile ilgili araştırmasında, Sarı Nehir Havzası'ndaki dokuz ilin 30 sektörü için ve iller ile sanayi sektörleri arasındaki somutlaşmış karbon transfer miktarını tahmin etmek için girdi-çıkıtı modelini ve çok bölgeli girdi-çıkıtı modeli kullanılmıştır. Üç ana sektörden iller arası somutlaşan karbon emisyon transferlerinde kritik sektörleri belirlemek için sosyal ağ analizi uygulanmıştır. Sarı Nehir Havzası'nın kişi başına düşen CF'nin 2017 yılında 2012 yılına göre %23,4 azaldığını tespit edilmiştir. Bu çalışmada 2030' a kadar karbon zirvesine ve 2060' a kadar karbon nötrlüğüne ulaşma hedefi kapsamında araştırma sonuçlarının kullanılması hedeflenmiştir. Sarı Nehir Havzası'nın yüksek kaliteli kalkınma elde etmek için bölgenin dokuz ilinde uygulanabilir karbon emisyonu azaltma çalışmalarının yapılması tavsiye edilmektedir.

Fereidani ve Üçtuğ (2023), araştırmasına göre İran' da gül suyu, ikinci gül suyu ve gül yağı üretimlerinin yetiştirme ve işleme aşamaları dikkate alınarak yaşam döngüsü değerlendirilmiştir. Genel olarak, birinci yöntemde iki kez hidro-distilasyon işlemi gerektiğinden, ikinci gül suyu üretimi, her iki sistemde de birinci gül suyu üretimine kıyasla daha yüksek enerji kullanımı ve daha fazla sera gazı emisyonu ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda gül bazlı konsantre üretim sistemlerinde atık su arıtma tekniklerinin geliştirilmesi ve güneş termal enerji sistemlerinin kullanılması gibi yöntemler önerilmiştir.

## 2.4. Dünya’da ve Türkiye’de Gül ve Gül Yağı Üretimi

Gül; gıda, ilaç, kozmetik ve parfüm sektörlerinde yaygın olarak kullanılan rengarenk ve güzel kokulu bir süs bitkisidir. Bitkilerden elde edilen aromatik yağlar, kozmetik ürünleri, ağrı yönetimi, alternatif tedaviler gibi çeşitli alanlarda popülerlik kazanmıştır. Bu aromatik yağlardan biri gül yağı, *Rosa Damascene* türünden elde edilmektedir (Uysal vd., 2016). Hibrit türlerin ve bahçe güllerinin çoğu katmanlı yapılara sahip iken doğal güllerin çiçekleri tipik olarak tek katlıdır (Özçelik, 2018).

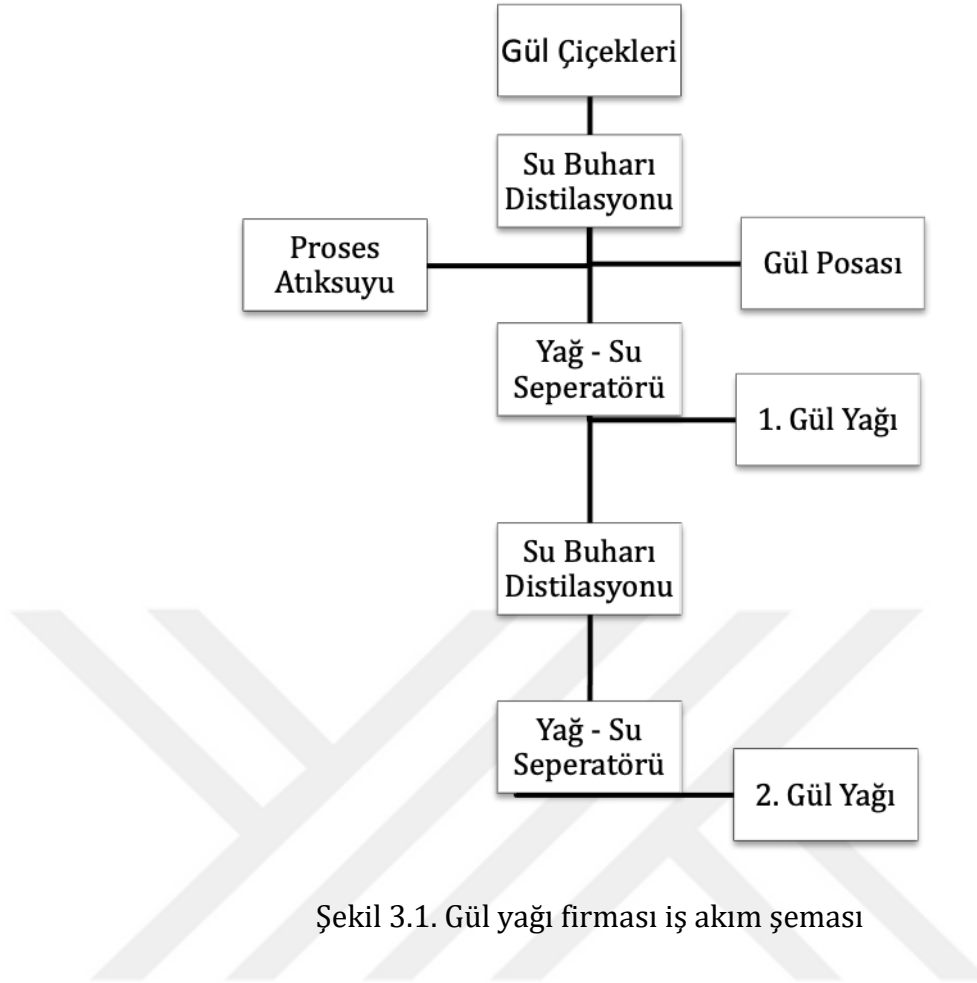
Gül yağı üretim sanayi, başta kozmetik olmak üzere parfümeri, ilaç ve gıda endüstrisinde hammadde sağlaması nedeniyle dünya çapında hala lokomotif sektörler arasındadır (Gökdoğan, 2013; Anonim, 2020). Ayrıca gül yağı, sakinleştirici bir etkiye sahip olduğu düşünüldüğünden kaygı, üzüntü ve stresle ilgili hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Uysal vd., 2016). Gül yetiştiriciliği, Bulgaristan, İran, Pakistan, Hindistan, Arabistan, Lübnan, Suriye, Fas ve Fransa gibi ülkeler ve son zamanlarda Afganistan ve Etiyopya olarak bilinmektedir. Bu ülkeler, 120 ila 18000 dekar arasında değişen ekili alanlarla, dünyadaki gül çiçeklerinin sadece küçük bir bölümünü üretmektedir. Bununla birlikte, Çin'deki tipik yıllık gül çiçek üretimi 6000 ila 7000 ton arasında değişmektedir (Bıtrak ve Hatırlı, 2022).

Dünya'nın en büyük gül yağı üreticisi Türkiye'dir. Türkiye'nin yağ gülünün %80'ini üreten Isparta ili, ülke kozmetik ve koku sektörlerinin büyümesi için bir kozmetik vadisi oluşturma potansiyeline sahiptir (Gül ve Çelik, 2016). Geri kalan üretim Burdur, Afyon ve Denizli illerinde birkaç bölgede yoğunlaşmıştır. (Kart vd., 2012). Genel olarak 4000 kg gül yaprağından 1 kg gül yağı elde edilebilmektedir. Gül yağı ve gül suyu üretimi ülke ekonomisine önemli katkı sağlamakta olup üretilen gül yağının büyük bölümünün ihracatı önemli bir döviz kaynağıdır (Ağaoğlu, 2014). Fransa başta olmak üzere İsviçre, Japonya, ABD gibi ülkelere ihraç edilmektedir (Gül vd., 2015; Demircan, 2005).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Gül Yağı Firması Tesis Verileri

**Genel Bilgiler:** Çalışma için Akdeniz Bölgesi'nde yer alan gül yağı üretimi yapan bir fabrika seçilmiştir. Tesis sezonluk (Haziran, Temmuz ayları) çalışmakta olup 15 kişi ile faaliyet gösteren, üretim kapasitesi 437 kg gülyacağı/yıl ile ülkemiz sınırları içerisinde yer alan küçük ölçekli bir tesis olarak kabul edilebilir. Gül yağı üretimi için, hammadde olarak sabah toplanan taze gül çiçekleri tesise gelmektedir. Aynı gün içerisinde buharlı distilasyon kazanlarında su distilasyonuna tabi tutulmaktadır. Damıtma kazanına üç ton su 500 kg taze gül çiçekleri eklenip buhar oluşturmak adına yaklaşık 1,5 saat ısıtılmaktadır. Yağ gülü çiçeklerinden elde edilen uçucu yağlar, kaynama sırasında kondenser yönüne doğru çekilir ve burada yoğunlaşır. Florentine tankının cam kavanozunda toplanan yağ "birincil yağ" olarak adlandırılır. Florentine tankında bırakılan yağ altı suyunun veronika tankında yeniden damıtılmasıyla "ikinci yağ" meydana gelmektedir. Birinci yağ ve ikinci yağın birleşmesiyle son ürün elde edilmektedir (Baydar vd., 2019). Son işlem olarak kazanlarda kalan atıksu ve posa boşaltılarak posa havuzuna aktarılmaktadır. Şekil 3.1' de firmanın iş akım şeması yer almaktadır. Hesaplamalarda 2021 yılındaki veriler kullanılmıştır. Kapsam 1 ve 2' de tesis verileri kullanılarak CF hesaplanırken, Kapsam 3' de başka bir kuruluş tarafından yönetilen atık kapsamında CF hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Gül yağı firması iş akım şeması

**Varsayımlar ve Kabuller:** Tesisteki doğalgaz tüketimi tesisin ve kazanlarının ısınmasında, mutfakta ocak kullanımından kaynaklıdır. Motorin kullanımı ise firmaya ait çalışan servisi ve araçlardan km hesabına göre yakıt tüketimlerini kapsamaktadır. Tesisteki jeneratör 2021 yılı için kullanılmadığından jeneratör için kullanılan motorin ihmal edilmiştir. Tesiste 4 adet 12 kg'lık, 6 adet 6 kg'lık CO<sub>2</sub> tüpleri yer almakta olup, CF hesabına dahil edilmiştir. Yangın gibi acil durumlarda müdahale etmek için belirli yerlerde bulunan tüplerin bekleme sürelerince gaz salınımı yaptığı kabul edilmiştir. Pazarlama noktasına ulaşım olarak tesis, gül yağını bir kere Fransa'ya ihraç ettiği bilinmekte olup İstanbul aktarmalı olduğu göz önünde bulundurularak kuş uçuşu havalimanına olan mesafe baz alınarak jet yakıtların kullanımı yaygın olduğundan hesaplamalar jet yakıtlı uçaklara göre yapılmıştır. Kargo uçakları genellikle BOEING-737 modeli olduğundan uçakların 100 km' de 421 L yakıt tükettiği kabul edilmiştir (Anonim 2022b; Coşkun, 2022). Kargo uçağının kabin hacmi 35 m<sup>3</sup> olarak kabul edilip gönderilen gül yağının kapladığı alan bulunmuştur. Kargo uçağının toplam

CF'inden yüzdesel yer kaplaması dikkate alınarak firmanın gönderdiği gül yağının CF miktarına ulaşılmıştır. Ayrıca Fransa'ya 2021 yılında Covid-19 sebebiyle iş seyahati gerçekleştirilmemiş olup ulaşıma dahil edilmemiştir. Tehlikesiz atıklar; gül posası ve belediye atıkları, tehlikeli atıklar ise temizlik malzemeleriyle kontamine olmuş ambalajlar, tehlikeli maddelerle kontamine olmuş kişisel koruyucu donanımlar, temizlik bezleri ve pillerdir. Gül posası, havuzda biriktirilerek tarlalarda gübre olarak kullanılmak üzere kişilere verilmektedir. Belediye atıklarını organize sanayi bölgesi toplamakta olup tehlikeli atıkları ise geri kazanım firmaları teslim almaktadır. Tesis atıksuyu içerisinde mutfak, lavabo ve prosten çıkan sular yer almaktadır. Organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinde arıtılmak üzere kanalizasyon hattına deşarj edilmektedir. Tesis sahasında çeşitli özellik ve türlerde 50 adet ağaç bulunmaktadır. Ağaçlar fotosentez yoluyla CO<sub>2</sub> kullanmaktadır. Bir ağaç, CO<sub>2</sub> emisyonunu yılda ortalama 11 kg azaltmaktadır (Bekiroğlu, 2011).

**Firmanın tüketim verileri:** Gül yağı üretiminde Kapsam 1 olarak doğalgaz ve motorin tüketimi, Kapsam 2 olarak elektrik tüketimi ve Kapsam 3 olarak CO<sub>2</sub> tüpleri, taşımacılık, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar ve atıksu verileri dikkate alınmış ve Çizelge 3.1' de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. 2021 yılı firma verileri ve emisyon kaynakları

Kapsam	Emisyon kaynakları	Tüketim miktarları	Birim	Açıklamalar
Firma Verileri	Çalışan Sayısı	15	kişi	
	Üretilen Gül Yağı	437	kg/yıl	
	Kapalı Alan	5.043	m <sup>2</sup>	
	Ağaç Sayısı	50	adet	
Kapsam 1	Doğalgaz	4190	m <sup>3</sup> /yıl	Üretim kazanlarının ısıtılması, mutfak
	Motorin	290	L/yıl	Tesise ait araçlar ve çalışan servisi
Kapsam 2	Elektrik	272,74	kWh/yıl	Tesis aydınlatması, makinelerin çalışması
Kapsam 3	CO <sub>2</sub> tüpü	84	kg	4 adet 12 kg'lık, 6 adet 6 kg'lık
	Tehlikeli Atıklar	35	kg	Kontamine olmuş ambalajlar, kişisel koruyucu donanımlar, temizlik bezleri, piller
	Tehlikesiz Atıklar	25.000	kg	Gül posası, Belediye atıkları
	Atıksu	3900	m <sup>3</sup>	Proses, mutfak, lavabo
	Taşımacılık	11.156,5	L/yıl	Fransa'ya gül yağının ihracatı

### 3.2. Metot

Tez çalışması kapsamında gül yağı üretimi yapan firmada oluşabilecek muhtemel CF miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalar “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı” kapsamında denklem 3.1 ve 3.2’ de gösterilen IPCC’ nin Tier-1 için önerilen formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir (IPCC, 2019).

$$\overline{CF} = AD \times EF \quad (3.1)$$

$$\overline{CF} = AD \times EF \times NKD \quad (3.2)$$

CF; elektrik tüketimi ve ısınma vb. faaliyetler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticilerinin karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2e</sub>) miktarı (karbon ayak izi), AD; faaliyet verisi yani bir proses tarafından tüketilen veya üretilen yakıt veya maddelere ilişkin verileri, EF; emisyon faktörüdür yani bir kirleticinin hacim, kütle, zaman veya adet birim değeri için ortalama emisyon miktarını, NKD; net kalorifik değeri temsil etmektedir.

Kargo uçağının kabin hacmi 35 m<sup>3</sup> kabul edildiğinden 2021 yılı ihraç için gönderilen gül yağının uçakta kapladığı alan %0,58 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Buradan da uçağın toplam CF miktarının %2,12’si tesisin gönderdiği gül yağının payına düşmektedir. Tier-2 yöntemi ise jet yakıt kullanan uçakların emisyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır (IPCC, 2019). IPCC tarafından belirlenen emisyon faktörü ve yakıt tüketimi Tier-2 yöntemi kullanılarak emisyon değeri hesaplanmıştır.

$$\overline{Emisyon}_{\text{taşımacılık}} = \{(YT \times d \times 10^{-3}) \times DF \times 10^{-3}\} \times EF \times 10^{-3} \times OKY \times KIP \quad (3.3)$$

Burada YT, yakıt tüketimi (L), d, yoğunluk (kg/L), DF, dönüşüm faktörü (Tj/Gg), EF, emisyon faktörü (kg/Tj), OKY, oksitlenen karbon yüzdesi (CO<sub>2</sub> için %1) (IPCC, 2019), KIP, küresel ısınma potansiyeli (CO<sub>2</sub> için 1) (IPCC, 2019) temsil etmektedir.

Emisyon faktörleri ve NKD'ler IPCC' den temin edilmiştir (IPCC, 2019). Çizelge 3.2' de ilgili emisyon faktörleri ve NKD'ler verilmiştir. Bu veriler ışığında hesaplamalar yapılarak tCO<sub>2e</sub> miktarlarına kısaca firmanın CF miktarına ulaşılmıştır.

Çizelge 3.2. Emisyon faktörleri ve net kalorifik değerler

Emisyon kaynakları	Emisyon faktörleri (CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> /N <sub>2</sub> O)	Emisyon faktörü birimi	Net kalorifik değer (NKD) (Tj/Gg)
Ağaç sayısı	11	kgCO <sub>2</sub> /yıl	
Doğalgaz	56100/5/0,1	kgCO <sub>2e</sub> /Tj	48
Motorin	74100/3,9/3,9	kgCO <sub>2e</sub> /Tj	43
Elektrik	0,555	kg/kWh	
CO <sub>2</sub> tüpü			
Taşımacılık	71500	kg/Tj	44,1
Tehlikeli atıklar	3,59	kgCO <sub>2e</sub> /ton atık	
Tehlikesiz atıklar	0,021	kgCO <sub>2e</sub> /ton atık	
Atıksu	0,0014	kgCO <sub>2e</sub> /L	

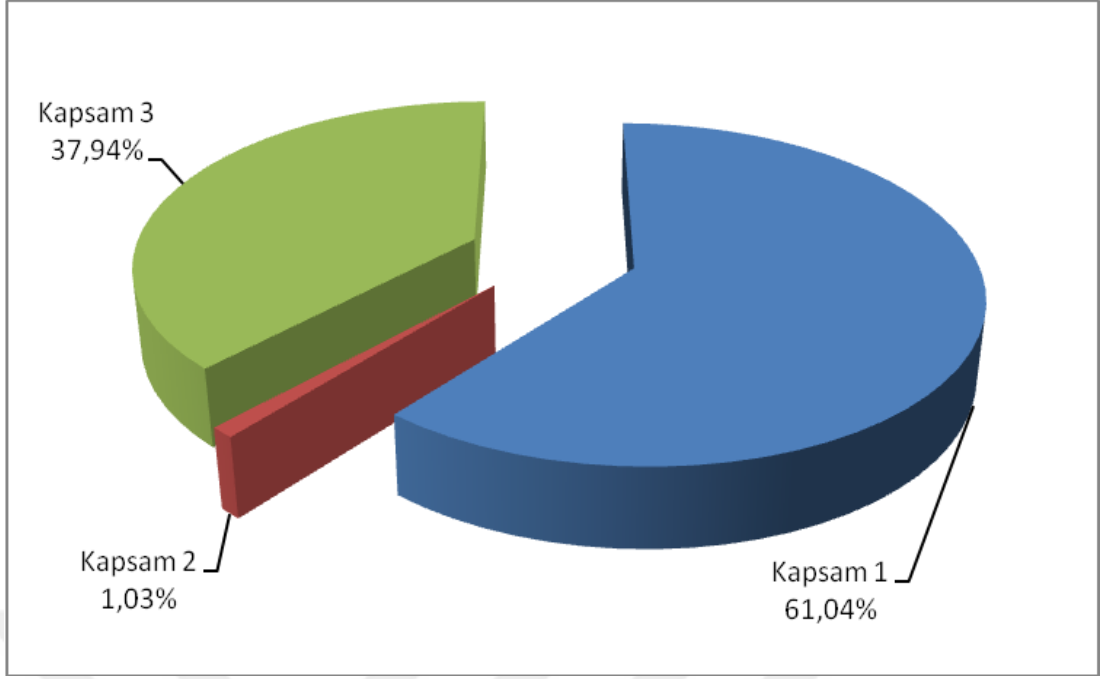
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Gül yağı üretim kazanında ve mutfakta kullanılan doğalgaz, motorin tüketimi, servis aracında ve özel araçlarda kilometredeki yakıt miktarları, elektrik tüketimi, CO<sub>2</sub> tüpleri, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar, atıksu miktarı için Tier-1 ile CF hesaplanmıştır. Taşımacılık, tesiste üretilen gül yağının Fransa'ya ihracatından kaynaklı oluşmakta olup emisyon değeri Tier-2 ile hesaplanmıştır. Ayrıca tesiste bulunan ağaçlardan dolayı azaltılan emisyon değeri Tier-1 yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Gül yağı üreten firmanın kaynaklarına göre karbon ayak izi sonuçları Çizelge 4.1' de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Kaynaklara göre yıllık karbon ayak izi

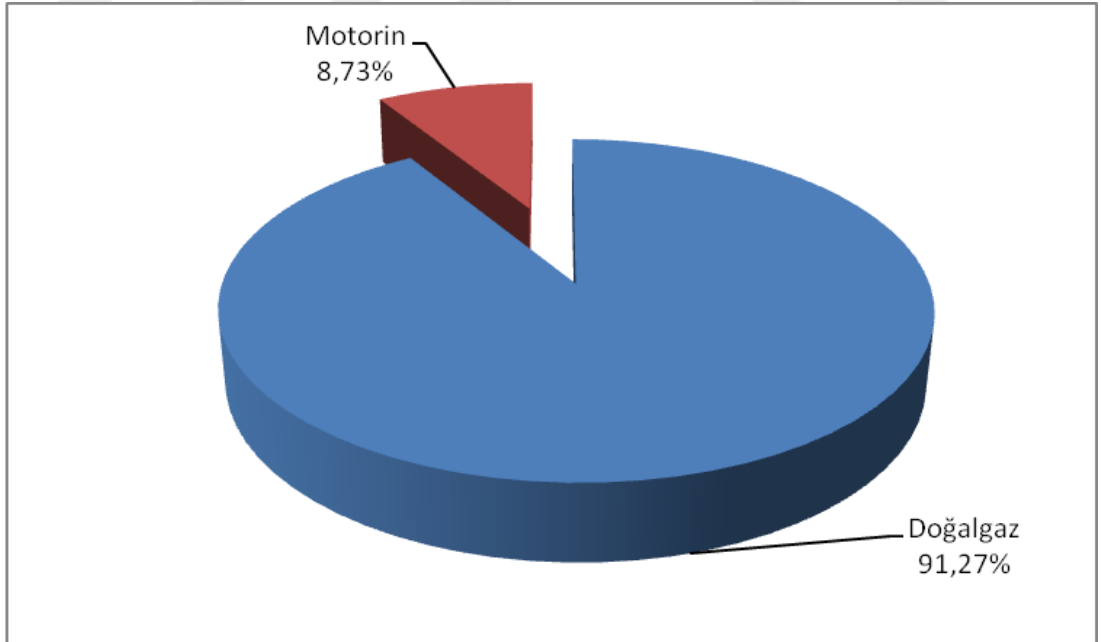
	Kaynaklar	Karbon Ayak İzi (tCO <sub>2e</sub> /yıl)
Kapsam 1	Doğalgaz	8,15
	Motorin	0,78
Kapsam 2	Elektrik	0,15
Kapsam 3	CO <sub>2</sub> tüpü	0,08
	Taşımacılık	0,006
	Tehlikeli atıklar	0,00013
	Tehlikesiz atıklar	0,001
	Atıksu	5,46
Tesis kaynaklı açığa çıkan CF		14,63
	Tesisteki ağaç sayısının emisyon azaltımı	-0,55
Toplam CF		14,08

Karbon emisyonları kapsamlarının oranlarına bakıldığında Şekil 4.1'e göre Kapsam 1 üretim kaynaklı emisyon kaynakları %61,04 oranıyla en yüksek karbon emisyon oranına sahiptir. Kapsam 2, %1,03'lük bir paya sahipken, Kapsam 3 emisyon kaynakları toplam CF'nin %37,94'sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.1. Tesisin karbon emisyonlarının kapsam oranları

Kapsam 1'de doğalgaz ve motorin verileri yer almakta olup Şekil 4.2'de Kapsam 1 emisyon kaynaklarının oranları verilmiştir.

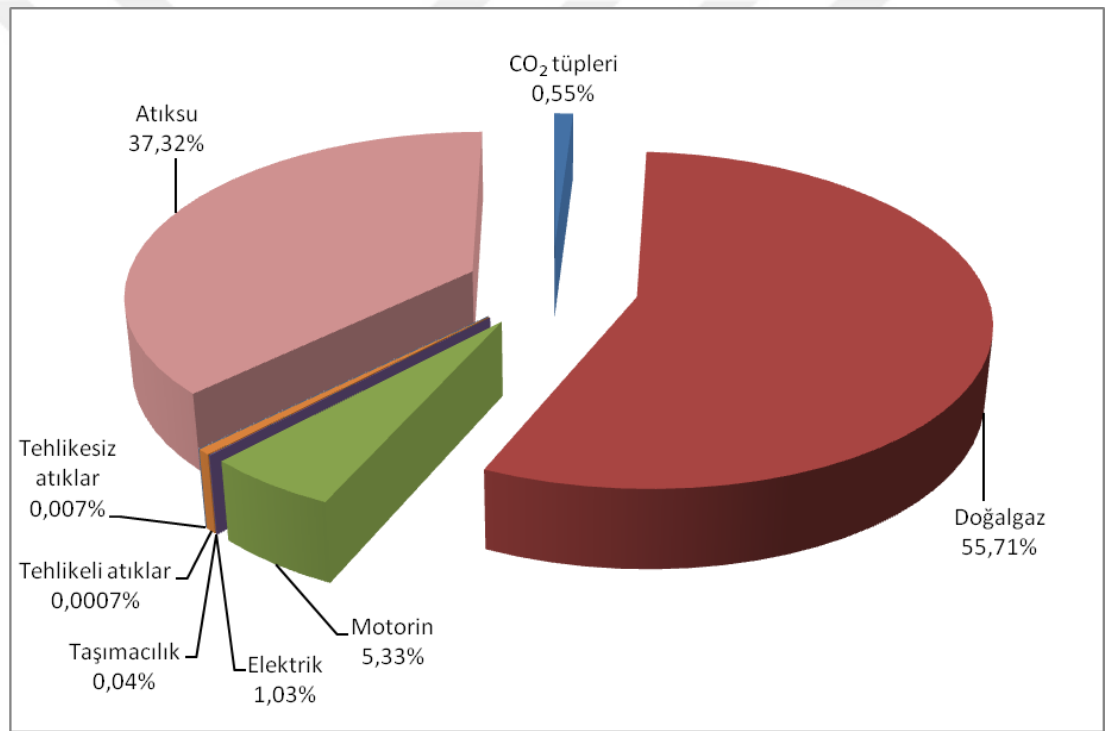


Şekil 4.2. Kapsam 1 için emisyon kaynaklarının oranı

Kapsam 1'de %91,27 oranla en çok karbon emisyonu doğalgazdan oluşmaktadır. Motorinin ise Kapsam 1 içerisindeki karbon emisyon oranı %8,73'tür.

Kapsam 3'te büyüklük sırasıyla emisyonun neden olan faktörler atıksu, CO<sub>2</sub> tüpleri, taşımacılık, tehlikesiz atıklar, tehlikeli atıklardır. %98,38 ile en yüksek pay Kapsam 3 içerisinde atıksu arıtma faaliyeti için oluşmaktadır.

Tesisin 2021 yılı boyunca üretimden kaynaklı karbon ayak izi 14,63 tCO<sub>2</sub>e'dir. Tesisin karbon emisyon kaynakları oranlarına göre Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. Tesisin karbon emisyon kaynakları oranları

Şekil 4.3'e incelendiğinde en çok karbon emisyonuna sebep olan kaynağın %55,71 oranı ile üretimde kullanılan doğalgazdan meydana geldiği görülmektedir. İkinci sırada ise %37,32 ile atıksu arıtma faaliyeti olduğu tespit edilmiştir. Tesisten kaynaklanan ve atmosferi etkileyen karbon emisyonunun nihai olarak hesaplanabilmesi için ağaçların neden olduğu negatif emisyon dikkate alınmalıdır. Ağaçların etkisi dikkate alınırsa tesis kaynaklı CF, 14,08

tCO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanır. 437 kg/yıl gül yağı kapasitesine sahip tesis için ürün başına CF miktarı ise 32,22 kgCO<sub>2</sub>e/kg ürün olarak tespit edilmiştir.

Tez çalışma konusuna benzer bir ürün için CF çalışması Moncada vd., (2016) tarafından yapılmıştır. Kolombiya'daki 200 kg/saat olarak üretim yapan bir tesis için sadece elektrik kullanımı nedeniyle oluşan CF miktarı, kekik yağı için 0,73 kgCO<sub>2</sub>e/kg yağ, biberiye yağı için 0,68 kg CO<sub>2</sub>e/kg yağ olarak bulunmuştur. Tez çalışmasında gül yağı için elektrik kullanımı nedeniyle kg yağ başına düşen CF 0,34 kgCO<sub>2</sub>e/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Sonuç literatür kaynakları ile benzerlik göstermekle birlikte, gül yağı hammadde ağırlığına göre daha az yağ üretimi gerçekleşmesi nedeniyle ve tesis kapasitesinin Moncada vd. (2016) araştırmasındaki tesise göre düşük olmasından dolayı CF miktarı daha düşük elde edilmiştir. Moncada vd. (2016), çevresel etkiyi azaltmak için daha temiz ve karlı ekstraksiyon teknolojileri ile üretim yapılmasını önermektedir.

Coşkun ve Doğan (2021) tarafından bir tekstil fabrikası için CF hesabı yapılmış, bölümlere göre ürün başına elektrik tüketimi nedeniyle 1,06 - 0,47 kgCO<sub>2</sub>e/kg ürün arasında CF tespit etmişlerdir. Tez çalışması sonucunda gül yağı fabrikası için elektrik tüketimi nedeniyle CF miktarı toplam 0,15 tCO<sub>2</sub>e/yıl, ürün başına bu miktar ise 0,34 kgCO<sub>2</sub>e/kg ürün olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar literatür rakamları ile benzerlik göstermektedir.

Keskin vd. (2017), tekstil fabrikası için yaptıkları çalışmada elektrik ve doğalgaz nedeniyle ürün başına CF'yi 21,4 kgCO<sub>2</sub>e/kg kumaş olarak hesaplanmıştır. Tez çalışmasında gül yağı üretimi sırasında kazanların ısınması ve mutfakta kullanılan doğalgaz ile birlikte elektrik nedeniyle toplam CF 8,30 tCO<sub>2</sub>e/yıl olarak bulunmuştur. Ürün başına bu miktar literatüre benzer şekilde 18,99 kgCO<sub>2</sub>e/kg gül yağı olarak hesaplanmaktadır.

Tez çalışmasında Kapsam 3 kapsamında CO<sub>2</sub> tüpleri, taşımacılık, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar ve atıksu dikkate alınmıştır. Taşımacılıktan kaynaklı emisyonlarda gül yağı 2021 yılında bir kere Fransa'ya ihraç olduğundan karbon ayak izi hesaplanmış ve 0,006 tCO<sub>2</sub>e/yıl olarak bulunmuştur. 16 06 04 kodlu

alkali piller, 20 01 21 kodlu atık flüoresan lambalar ve civalı ampuller, 15 01 10 kodlu tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar ve 15 02 02 kodlu tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri, temizleme bezleri, koruyucu giysiler tehlikeli atıkların içerisinde değerlendirilmiştir. Tehlikeli atıklar için ise CF 0,00013 tCO<sub>2e</sub>/yıl'dır. 02 01 03 atık kodlu bitki posası atıkları ve 20 03 01 atık kodu karışık belediye atıkları tehlikesiz atıklar olarak değerlendirilmiştir. Tehlikesiz atıkların CF miktarı 0,001 tCO<sub>2e</sub>/yıl'dır. Atıksu miktarı; üretim, mutfak ve lavaboda tüketilen miktarlardan belirlenmiş olup karbon ayak izi 5,46 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır.

Tesisteki ağaçların CO<sub>2</sub> tutma durumundan kaynaklı 0,55 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmış olup Dindar (2021), tez çalışmasında tesisteki 173 ağacın 1,903 tCO<sub>2e</sub>/yıl sera gazı emisyonlarını azalttığını bulmuştur. Diğer bir çalışma Atabey (2013), tez çalışmasında karayolu ulaşımının karbon salınımını azaltmak için ağaç sayısı belirleyip emisyonu bertaraf etmek için öneride bulunmuştur. Bu sebeple tesisin CF miktarını düşürmek amacıyla ağaç dikimine önem verilmesi gerekmektedir. Dindar (2021), tez çalışmasında fosil yakıtların azaltılması ve toplu araç kullanımına yönlendirme gibi çalışmalarla enerji verimliliğini sağlamayı önermektedir. Özgen vd. (2021) ise çalışmasında, enerji tasarrufu ve 3R (azalt, yeniden kullan, geri dönüştür) ilkelerine odaklanmak için personele eğitim düzenlenmesini önermiştir. Bu durum farkındalığın artmasına ve atıkların kaynağında kontrolünü sağlamaya yardımcı olacaktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma ve hava kirliliğindeki son dönemdeki artışlar insan yaşamını daha fazla etkilemektedir. Olumsuz etkilerin uzun vadede önlenmesi için uluslararası anlaşmalar ve hazırlanan protokoller ile karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılabilmesi için mevcut durumun belirlenebilmesi gerekir ve bu CF hesaplamaları ile mümkün olabilir. Bu nedenle, CF hesaplamaları her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, bir gül yağı üretim tesisinden kaynaklanan CF, IPCC tarafından önerilen Tier-1 ve Tier-2 formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ve öneriler maddeler halinde belirtilmiştir.

- Tesisin gül yağı üretimden oluşan toplam karbon ayak izi miktarı 14,63 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak belirlenmiştir. Tesiste en büyük emisyon üretimde kullanılan doğalgazdan kaynaklanmaktadır. 8,15 tCO<sub>2e</sub>/yıl (%55,71) olarak hesaplanan doğalgaz emisyonu Kapsam 1' te yer almaktadır. Kapsam 2 elektrik kullanımı nedeniyle CF miktarı 0,15 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır. Kapsam 3'de yer alan faaliyetler nedeniyle CF miktarları ise atıksu için 5,46 tCO<sub>2e</sub>/yıl, CO<sub>2</sub> tüpü için 0,08 tCO<sub>2e</sub>/yıl, taşımacılık için 0,006 tCO<sub>2e</sub>/yıl, tehlikeli atıklar için 0,00013 tCO<sub>2e</sub>/yıl ve tehlikesiz atıklar için 0,001 tCO<sub>2e</sub>/yıl olarak belirlenmiştir. Kapsam 3 toplamı 5,55 tCO<sub>2e</sub>/yıl'dır.. Tesisin hali hazır uygulamalarında su sarfiyatını azaltmak amacıyla aldığı önlemler bulunmaktadır. Buhar kazanında üretilen buhar kullanıldıktan sonra yeniden yoğunlaşmakta ve elde edilen bu su ise tesis temizliği için kazan yıkama suyu olarak kullanılmaktadır. CF miktarının büyük oranda azaltılabilmesi üretimde kullanılan doğalgaz miktarının azaltılması veya alternatif bir kaynak geliştirilmesine bağlıdır.
- Doğalgaz tüketiminin azaltılması adına, yaz aylarında sıcak su için tesise güneş enerji sistemleri kurulmasının desteklenmesi doğalgaz tüketimini azaltacaktır. Bu da daha az fosil yakıt kullanımı ve CF'nin azaltılmasına olanak sağlayacaktır.
- Atık taşıma kaynaklı dolaylı emisyonların azaltılması bir diğer uygulanabilir öneriler arasındadır.

- Fabrikada sera gazı emisyonlarını azaltmak için enerji verimliliğinin arttırılması da bir çözüm olacaktır. Ticari binalarda ve endüstriyel tesislerde enerji verimliliği çalışmalarıyla elde edilebilecek tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Gül yağı sanayisinde üretimden çıkan gül posası elektrik enerjisi için işlenip (örneğin, biyogaz tesisi) dönüştürülebilir.
- Karbon ayak izini azaltmak için, tesisin ulaşım araçlarında yakıt tercihi değiştirilebilir. Fosil yakıtları kullanmak yerine hibrit ve elektrikli araçları tercih etmek emisyonu azaltacaktır.
- Ağaç dikimi sera gazlarının azaltılması için yapılabilecek uygulamalar arasındadır. Mevcut tesis alanı ağaç sayısı ile tesis 0,55 tCO<sub>2</sub>e/yıl CF azaltma sağlamaktadır. Tesis alanında yeni bir peyzaj uygulaması ile daha fazla CO<sub>2</sub> absorbe eden geniş yapraklı ağaçlar kullanılarak (Akçaağaç, Gürgen, Ihlamur, Kavak, Kestane vb.) oksijen üretimine destek olunabilir.

## KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, Y. S., 2014. Rose Oil Industry and the Production of Oil Rose (Rosa Damascena Mill.) in Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 14(2), 8-15.
- Ağıralan, E., Sadioğlu, U., 2021. İklim Değişikliği Farkındalığı ve Toplum Bilinci: İstanbul Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 627-624.
- Akın, G., 2006. Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- Aköz, A, B., Beyhan, Ş. G., 2019. Güneykent Gül Hasatı Turizminin Mekânsal Analizleri. *Zeitschrift Für Die Welt Der Türken*, 11(2), 89-111.
- Amienyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H., Azapagic, A., 2012. Life Cycle Environmental Impacts of Carbonated Soft Drinks. *International Journal Life Cycle Assessment*, 18(1), 77-92.
- Anonim, 2012. Kyoto Protocol. Erişim Tarihi: 28.12.2022. [https://enwik.org/dict/Kyoto\\_Protocol](https://enwik.org/dict/Kyoto_Protocol)
- Anonim, 2014a. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, 29211. Erişim Tarihi: 17.02.2023. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-2.htm>
- Anonim, 2014b. United Nations Framework Convention on Climate Change. Erişim Tarihi: 28.12.2022. [https://enwik.org/dict/United\\_Nations\\_Framework\\_Convention\\_on\\_Climate\\_Change](https://enwik.org/dict/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change)
- Anonim, 2015. Paris Agreement. Erişim Tarihi: 28.12.2022. [https://enwik.org/dict/Paris\\_Agreement](https://enwik.org/dict/Paris_Agreement)
- Anonim, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı. Tarım Ürünleri Piyasaları Gül. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 2s. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2020-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/G%C3%BCl,%20Temmuz-2020,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf>
- Anonim, 2022a. Dışişleri Bakanlığı. Paris Anlaşması. Erişim Tarihi: 28.12.2022. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>

- Anonim, 2022b. Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI). Hava İşletme Hizmetleri Yönergesi. Erişim Tarihi: 30.12.2022. <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/KanunveYonetmelikler/Attachments/206/DHMI-Havalimanlari-Isletme-Hizmetleri-Yonergesi.pdf>
- Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R., Buadit, T., 2013. Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand. APCBEE Procedia, 5, 175-180.
- Atabey, T., 2013. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Elazığ.
- Ateş, F., 2021. Bingöl Atıksu Arıtma Tesisi Karbon Ayak İzinin CCALC2 ve GPS-X Yöntemine Göre Değerlendirilmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Elazığ.
- Balbay, Ş., Sarıhan, A., Avşar, E., 2021. Dünya’da ve Türkiye’de “Döngüsel Ekonomi/Endüstriyel Sürdürülebilirlik” Yaklaşımı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27, 557-569.
- Balta, M., 2020. Endüstri Kaynaklı Karbon Ayak İzi Azaltımı ve Enerji Verimliliği. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s, Sakarya.
- Bartzas, G., Vamvuka, D., Komnitsas, K., 2017. Comparative Life Cycle Assessment of Pistachio, Almond and Apple Production. Inform Process Agricult, 4(3), 188-198.
- Baydar, H., Erbaş, S., Şanlı, A., Kara, N., 2019. Yağ Gülü (Rosa damascena Mill.)’nün Damıtma Atığı Olan Posanın Element İçeriği ve Değerlendirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 1(1), 1-4.
- Bekiroğlu, O., 2011. Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. II. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi, 24 - 27 Kasım 2011, İzmir.
- Betts, R. A., Collins, M., Hemming, D. L., Jones, C. D., Lowe, J. A., Sanderson, M. G., 2011. When Could Global Warming Reach 4 oC? Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369(1934), 67-84.
- Binboğa, G., Ünal, A., 2018. Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi’nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 21, 187-202.
- Bıtrak, O. O., Hatırlı, S. A., 2022. Dünyada Yağ Gülü Piyasası ve Türkiye’nin Rolü. Selçuk Üniversitesi Akşehir Meslek Yüksekokulu Sosyal Bilimler Dergisi, 13, 85-94.

- Boguski, T. K., 2010. Life Cycle Carbon Footprint of the National Geographic Magazine. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 635-643.
- Breidenich, C., Magraw, D., Rowley, A., Rubin, J. W., 2017. The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. *American Journal of International Law*, 92(2), 315-331.
- Chen, J., Montanez, I. P., Zhang, S., Wang, W. D., 2022. Marine Anoxia Linked to Abrupt Global Warming During Earth's Penultimate Icehouse. *Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*, 119(19), 22s, file:///C:/Users/Haier/Downloads/pnas.2115231119.sapp.pdf
- Cheng, K., Yan, M., Nayak, D., Pan, G. X., Smith, P., Zheng, J. F., Zheng, J. W., 2014. Carbon Footprint of Crop Production in China: An Analysis of National Statistics Data. *The Journal of Agricultural Science*, 153(3), 422-431.
- Coşkun, S., Doğan, N. A., 2021. Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 28-35.
- Coşkun, E., 2022. EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 Yılı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 161-166.
- Çerci, M., 2021. IPCC Tier 1 ve DEFRA Metodları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Örneği. *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 66s, Erzincan.
- Çolak, G., Türkmen, B. A., 2023. Kurumsal Karbon Ayak İzi Analizi: Bir Kimya Fabrikası için Örnek Hesaplama. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(1), 191-201.
- Demircan, V., 2005. Isparta İlinde Gülün Üretim Girdileri, Maliyeti ve Karlılığının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1-7.
- Demirci, A., Manavgat, G., 2019. Lojistik Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik Kapsamında Karbon Ayak İzleri ve Kişisel Karbon Ayak İzi Analizi. 8. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 25-27 Nisan, Niğde, 102-113.
- Dindar, G., 2021. Otomotiv Yan Sanayinde Karbon Ayak İzinin Hesaplanması- Bursa İli Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 90s, Bursa.
- Diriöz, A. O., 2021. AB Yeşil Mutabakat Kapsamında Yeşil Ekonomiye Dönüşüm Süreci, Türkiye-AB İlişkilerine Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası Suçlar ve Tarih Dergisi*, 22, 107-130.

- Ecer, K., Güner, O., Çetin, M., 2021. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları. İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 9(2), 125-144.
- Ekinci, F., 2022. Bursa İli Karayolundan Kaynaklanan Karbon Ayak İzi Miktarının Belirlenmesi ve Alınabilecek Önlemlerin Ortaya Konulması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Isparta.
- Erdoğan, M., 2015. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, İstanbul.
- Esenlikci, A. C., 2023. Türkiye’de Organize Sanayi Bölgelerinin Yeşil Dönüşümü: Yeşil Organize Sanayi Bölgesi Projesi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13(1), 337-357.
- Fereidani, B. M., Üçtuğ, F. G., 2023. Life Cycle Assessment of Rose Oil and Rose Water Production: A Case Study in Iran. International Journal of Environmental Science and Technology, 20, 3831-3848.
- Geneidy, S. E., Baumeister, S., Govigli, V. M., Orfanidou, T., Wallius, V., 2021. The Carbon Footprint of a Knowledge Organization and Emission Scenarios for a Post-COVID-19 World. Environmental Impact Assessment Review, 91, 106645.
- Gershoni, M., 2023. Transgenerational Transmission of Environmental Effects in Livestock in The Age of Global Warming. Cell Stress and Chaperones, file:///C:/Users/Haier/Downloads/s12192-023-01325-0.pdf
- Gezer, M., İlhan, M., 2021. İklim Değişikliği Endişesi Ölçeği: Türkçeye Uyarlama Çalışması. Ege Coğrafya Dergisi, 30(1), 195-204.
- Ghnimi, S., Nikkhah, A., Dewulf, J., Van Haute, S., 2021. Life Cycle Assessment and Energy Comparison of Aseptic Ohmic Heating and Appertization of Chopped Tomatoes with Juice. Scient Reports.
- Gökdoğan, O., 2013. Isparta Yöresinde Yağ Gülü Yetiştiriciliğinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Özel sayı, 51-58.
- Gunathilaka, L. F. D. Z., Gunawardana K. D., 2015. Carbon Footprint Calculation From Cradle to Grave: A Case Study of Rubber Manufacturing Process in Sri Lanka. International Journal of Business and Social Science, 6(10), 82-94.
- Gül, M., Kazaz, S., Baydar, H., Sirikci, B. S., 2014. A Study About Technical, Economical Situation, Problems and Improvement of Oil Rose (Rosa damascena Mill.) in Turkey. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 18(3), 613-626.

- Gül, A., Çelik, A. D., 2016. Tıbbi ve Aromatik Bitki Yetiştiriciliği ve Dış Ticareti: Hatay İli Örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 227-235.
- Hansen, J., Sato, M., 2004. Greenhouse Gas Growth Rates. *Environmental Sciences*, 101(46), 16109-16114.
- Haseb, M., Tahir, Z., Batool, S. A., Majeed, A., Ahmad, S. R., Kanwal, S., 2022. The Carbon Footprint of a Public Sector University Before and During the COVID-19 Lockdown. *Global NEST Journal*, 24(1), 29-36.
- Houghton, J., 2005. Global Warming. *Reports on Progress in Physics*, 68(6), 1343.
- Holdren, J. P., 2007. Energy and Sustainability. *Science*, 315(5813), 737.
- Ilık Bilben, M. S., 2019. Dünyadan Örnekler Işığında İklim Değişikliği Kaynaklı Göçleri Anlamak. *Mediterranean Journal of Humanities*, 9(2), 335-355.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Bölüm 1, 1-4.
- IPCC, 2019. Climate Change and Land an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes In Terrestrial Ecosystems. General Guidance and Reporting. Erişim Tarihi: 28.12.2022. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
- İğci, T., Çobanoğlu, N., 2019. İklim Değişikliğinin ve İklim Değişikliğiyle İlgili Küresel Anlaşmaların Çevre Etiği Bakımından Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 7(2), 130-146.
- Jeffrey, L., Ong, M. Y., Nomanbhay, S., Mofijur, M., Mubashir, M., Show, P. L., 2021. Greenhouse Gases Utilization: A Review. *Fuel*, 301, 121017.
- Jiang, Q., Bhattarai, N., Pahlow, M., Xu, Z., 2022. Environmental Sustainability and Footprints of Global Aquaculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106183.
- Kaplan, İ., 2011. Karbon Yönetim Sistemi ve ISO 14064. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi, 23-24 Aralık 2011, İzmir.
- Kart, M. Ç. Ö., İkiz, M., Demircan, V., 2012. Türkiye'de Yağ Gülü (*Rosa damascena*) Üretimi ve Ticaretinin Gelişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 7(1), 124-135.

- Keskin, S. S., Erdil, M., Sennaroğlu, B., 2017. Bir Tekstil Firmasının Kumaş Üretiminde Enerji ve Karbon Ayak İzlerinin Belirlenmesi. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım, Antalya.
- Khanali, M., Mobli, H., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., 2017. Modeling of Yield and Environmental Impact Categories In Tea Processing Units Based on Artificial Neural Networks. *Environmental Science Pollution Research*, 24(34), 26324–26340.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., Wackernagel, M., 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment & Sustainable Society*, 4(1), 1-9.
- Kitzes, J., Galli, A., Rizk, S.M., Reed, A., Wackernagel, M., 2008. Guidebook to The National Footprint Accounts. Oakland, Global Footprint Network, 100s, USA.
- Köse, İ., 2018. İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nın İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55-81.
- Küçüker, H., 2017. Sürdürülebilir Çevre Açısından Bir Çevresel Maliyet Unsuru Olan Karbon Maliyetlerin İncelenmesi: Çanakcılar Seramik Fabrikası Örneği. Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 135s, Bartın.
- Lenzen, M., Sun, Y. Y., Faturay, F., Ting, Y. P., Geschke, A., Malik, A., 2018. The Carbon Footprint of Global Tourism. *Nature Climate Change*, 8, 522-528.
- Manta, O., 2020. Innovative Financial Instruments in the Context of the European Green Agreement (2020-2050). *Journal of Financial and Monetary Economics*, 220-229.
- Mızık, E. T., Avdan, Z, Y., 2020. Sürdürülebilirliğin Temel Taşı: Ekolojik Ayak İzi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 451-467.
- Mirici, M. E., Berberoğlu, S., 2022. Türkiye Perspektifinde Yeşil Mutabakat ve Karbon Ayak İzi: Tehdit Mi? Fırsat Mı? *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 156-164.
- Moncada, J., Tamayo, J. A., Cardona, C. A., 2016. Techno-Economic and Environmental Assessment of Essential Oil Extraction from Oregano (*Origanum Vulgare*) and Rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 112(1), 172-181.
- Muthu, S. S., 2015. *The Carbon Footprint Handbook*. CRC Press.
- Mutlu, V., Özgür, C., Bekaroğlu, Ş. Ş. K., 2018. Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 139-146.

- Nunes, F. A., Seferin, M., Maciel, V. G., Flôres, S. H., Ayub, M. A. Z., 2016. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Rice Production Systems in Brazil: a Comparison Between Minimal Tillage and Organic Farming. *Journal Cleaning Production*, 139, 799–809.
- Opoku, E. E. O., Dogah, K. E., Aluko, O. A., 2022. The Contribution Of Human Development Towards Environmental Sustainability. *Energy Economics*, 106, 105782.
- Orias, N .E., Stichnothe, H., Azapagic, A., 2011. The Carbon Footprint of Bread. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 351-365.
- Özçelik, H., 2018. Türkiye Güllerinin Adları ve Teknik Terimleri. *Avrasya Terim Dergisi*, 6(2), 1-23.
- Özgen, I., Binboğa, G., Güneş, S. T., 2021. An Assessment of the Carbon Footprint of Restaurants Based on Energy Consumption: A Case Study of a Local Pizza Chain in Turkey. *Journal of Foodservice Business Research*, 24(6), 709-729.
- Özmehmet, E., 2008. Dünyada ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. *Yaşar Üniversitesi*, 3(12), 1853-1876.
- Özlü, E., Arriaga, F. J., Bilen, S., Gözükara, G., Babur, E., 2022. Carbon Footprint Management by Agricultural Practices. *Biology*, 11(10), 1453.
- Özsoy, C. E., 2015. Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 199-215.
- PAS 2050, 2008. Publicly Available Specification PAS 2050 – Specification For The Assessment Of The Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Of Goods And Services. British Standards, 54s, file:///C:/Users/Haier/Downloads/PAS+2050+Second+Draft+V+3.1+\_18\_02\_08\_+FINAL+-+RP+circulation.pdf
- Peters, P. G., 2010. Carbon Footprints and Embodied Carbon at Multiple Scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 245-250.
- Pottier, A., 2022. Expenditure Elasticity And Income Elasticity Of GHG Emissions: A Survey Of Literature On Household Carbon Footprint. *Ecological Economics*, 192, 107251.
- Ramanathan, V., Feng, Y., 2009. Air Pollution, Greenhouse Gases And Climate Change: Global and Regional Perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1), 37-50.
- Robertson, G. P., Paul, E. A., Harwood, R. R., 2000. Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere. *Science*, 289, 1922-1925.

- Salo, H. H., Berg, A., Kurki, K. K., Lahteenoja, S., 2022. Small Wins Enhancing Sustainability Transformations: Sustainable Development Policy In Finland. *Environmental Science & Policy*, 128, 242-255.
- Saraçoğlu, T. N., 2022. Biyoçözünür Magnezyum Alaşımalarının Farklı Isıtma Hızları ve İnert Gaz Ortamlarındaki Oksidasyonunun İncelenmesi. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Karabük.
- Schmitz, H., 2004. Local Upgrading in Global Chains: Recent Findings. *Industrial Dynamics, Innovation and Development*. 14-16 Haziran, Danimarka.
- Scoones, L., 2010. Sustainability. *Development in Practice*, 17(4-5), 589-596.
- Şahin, M. T., 2019. Karbon Ayak İzi Uygulamaları: Çimento Fabrikası Örneği. Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Gebze.
- Şen, Z., 2022. İklim Değişikliği ve Türkiye. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 1-19.
- Tolunay, D., 2011. İklim Değişikliği ve Peyzaj Mimarlığı. *Peyzaj Life*, 44-50.
- Tompkins, E. L., Amundsen, H., 2008. Perceptions of the Effectiveness of the United Nations Framework Convention on Climate Change in Advancing National Action on Climate Change. *Environmental Science & Policy*, 11(1), 1-13.
- Tuğaç, Ç., 2022. İklim Değişikliği Krizi ve Şehirler. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 38-60.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 1990-2020. Erişim Tarihi: 18.02.2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2020-45862>
- Uysal, M., Doğru, H. Y., Sapmaz, E., Tas, U., Çakmak, B., Ozsoy, A. Z., Sahin, F., Ayan, S., Esen, M., 2016. Investigating the Effect of Rose Essential Oil in Patients with Primary Dysmenorrhea. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 24, 45-49.
- Ünaldı, G., 2016. Yeşil Pazarlamada Karbon Ayak İzi Kavramının Değerlendirilmesi: Çorum İli'nin Dünya Üzerindeki Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi Üzerine Bir Alan Araştırması. Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 175s, Çorum.
- Verge, X. P. C., Kimpe, C. D., Desjardins, R. L., 2007. Agricultural Production, Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Potential. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142(2-4), 255-269.

- Yao, D., Xu, Z., Qi, H., Zhu, Z., Gao, J., Wang, Y., Cui, P., 2022. Carbon Footprint And Water Footprint Analysis Of Generating Synthetic Natural Gas From Biomass. *Renewable Energy*, 186, 780-789.
- Yılmaz, D., 2019. Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisinde Yaşam Döngüsü Yönetimi: Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, İstanbul.
- Yuan, X., Sheng, X., Chen, L., Tang, Y., Li, Y., Jia, Y., Qu, D., Wang, Q., Ma, Q., Zuo, J., 2022. Carbon Footprint and Embodied Carbon Transfer at The Provincial Level of The Yellow River Basin. *Science of The Total Environment*, 803, 149993.
- Zhou, D., Xiao, J., Frolking, S., Zhang, L., Zhou, G., 2022. Urbanization Contributes Little to Global Warming but Substantially Intensifies Local and Regional Land Surface Warming. *Earth's Future*, 10(5), 1-19.
- Walenta, J., 2021. The Making of The Corporate Carbon Footprint: The Politics Behind Emission Scoping. *Journal of Cultural Economy*, 14(5), 533-548.
- Wang, X., Zhang, Y., 2019. Carbon Footprint of the Agricultural Sector in Qinghai Province, China. *Applied Sciences*, 9,2047.
- Watson, R. T., Filho, L. G. M., Sanhueza, E., Janetos, A., 1991. Science Assessment of Ozone Depletion. *Greenhouse Gases: Sources and Sinks*, 30-46.
- Wu, G. H., Wang, L.L., Ding, X. M., Wu, X. Y., Liu, S. Q., 2015. Cuc, S., Water Footprint and Carbon Footprint Reduction in Textile's Waste Recycling. *Industria Textila*, 66(2), 85-89.