

**T.C.**  
**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ KARBON AYAK İZİ: BELİRLEME VE  
DEĞERLENDİRME**

**YÜKSEK LİSANS**

**İbrahim TÜRLE**

**OCAK-2025**  
**GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ KARBON AYAK İZİ: BELİRLEME VE  
DEĞERLENDİRME**

**CARBON FOOTPRINT OF GÜMÜŞHANE UNIVERSITY: IDENTIFICATION  
AND EVALUATION**

**YÜKSEK LİSANS**

**İbrahim TÜRLE**

**OCAK-2025  
GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ KARBON AYAK İZİ: BELİRLEME VE  
DEĞERLENDİRME**

**CARBON FOOTPRINT OF GÜMÜŞHANE UNIVERSITY: IDENTIFICATION  
AND EVALUATION**

**YÜKSEK LİSANS**

**İbrahim TÜRLE**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Pınar CELEN**

**OCAK-2025  
GÜMÜŞHANE**



## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

**Yüksek Lisans Tezi** olarak hazırlamış olduğum “**Gümüşhane Üniversitesi Karbon Ayak İzi: Belirleme Ve Değerlendirme**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kısıtlara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

**28/01/2025**

**İbrahim TÜRLE**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bilgi, tecrübe ve yönlendirmeleriyle bana rehberlik eden değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Pınar CELEN'e, veri hazırlama ve temin süreçlerindeki destekleri için Gümüşhane Üniversitesi Strateji Geliştirme Daire Başkanı Onur KAYA'ya, bu süreçte emeği geçen tüm Gümüşhane Üniversitesi personeline ve bilgi paylaşımıyla katkıda bulunan Dicle Üniversitesi'nden Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI hocama teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, görüşleriyle destek olan Nazmiye Ebra KARA'ya ve çalışma şartlarımda esneklik sağlayarak eğitim hayatımı destekleyen Ameliyathane Sorumlu Hemşirelerim Ayşe Betül ÖZTÜRK ve Yasemin ÇELİK'e de teşekkürlerimi iletirim. Tez sürecinde sabır ve destekleriyle yanımda olan aileme ve yakın çevreme içten teşekkürlerimi sunarım.

**İbrahim TÜRLE**  
**GÜMÜŞHANE – 2025**

## ÖZET

Karbon ayak izi, 1990'ların başından bu yana küresel ısınma ve iklim değişikliği konularında literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Bu alandaki çalışmaların birçoğu, kurumların ve organizasyonların çevresel etkilerini belirlemek ve azaltmak için kendi karbon ayak izlerini ölçmeleri gerektiğini vurgular. Buradan yola çıkılarak, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasındaki karbon ayak izi hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen Tier-1 ve İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) dönüşüm faktörleri kullanılmıştır. Yapılan analizlerde, üniversitenin karbon ayak izine en büyük payla doğal gaz tüketiminin etki ettiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, elektrik tüketimi de üniversitenin karbon ayak izinde önemli bir rol oynamakta olduğu belirlenmiştir. Pandemi sürecinin başladığı 2020 ve 2021 yıllarında karbon emisyonlarında belirgin bir düşüş yaşanmış olup bu düşüş uzaktan eğitime geçilmesi ve kampüs kullanımının azalmasıyla açıklanmaktadır. 2017 yılında DEFRA metoduna göre 4667.09 ton CO<sub>2e</sub>, IPCC metoduna göre ise 4786.16 ton CO<sub>2e</sub> emisyon gerçekleşmiştir. 2020 yılında DEFRA metoduna göre toplam emisyon ise 3902.08 ton CO<sub>2e</sub>; IPCC metoduna göre 4207.08 ton CO<sub>2e</sub> olarak tespit edilmiştir ve önceki yıllara göre ciddi bir azalma gözlenmiştir. Ancak, 2022 ve 2023 yıllarında üniversitenin kampüs faaliyetlerine tam anlamıyla dönmesiyle birlikte karbon emisyonları tekrar artış göstermiştir. 2023 yılında toplam karbon emisyon miktarı IPCC metoduna göre 5020 ton CO<sub>2e</sub> ve DEFRA metoduna göre ise 4042.4 ton CO<sub>2e</sub> olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, üniversitenin karbon ayak izini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi, enerji verimliliğini artırması ve tüketimi optimize etmesi gerektiği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** IPCC, Karbon ayak izi, Karbon emisyonu, DEFRA

## SUMMARY

Since the early 1990s, the concept of a carbon footprint has held a significant place in the literature on global warming and climate change. Many studies in this field emphasize that institutions and organizations should measure their own carbon footprints in order to identify and reduce their environmental impacts. Building on this premise, the carbon footprint of Gümüşhane University was calculated and evaluated for the years 2017–2023. In this study, the Tier-1 approaches recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the DEFRA method were employed. The analyses revealed that natural gas consumption had the largest share in the university's carbon footprint. In addition, electricity consumption was found to play a significant role in the university's overall carbon footprint. During the COVID-19 pandemic period, specifically in 2020 and 2021, there was a marked decrease in carbon emissions, which can be explained by the transition to remote education and reduced campus usage. In 2017, emissions amounted to 4667.09 tons of CO<sub>2e</sub> according to the DEFRA method and 4786.16 tons of CO<sub>2e</sub> according to the IPCC method. In 2020, total emissions were determined to be 3902.08 tons of CO<sub>2e</sub> according to the DEFRA method and 4207.08 tons of CO<sub>2e</sub> according to the IPCC method, reflecting a significant decline compared to previous years. However, in 2022 and 2023, as the university fully returned to on-campus activities, carbon emissions once again increased. In 2023, the total carbon emission was calculated as 5020 tons of CO<sub>2e</sub> according to the IPCC method and 4042.4 tons of CO<sub>2e</sub> according to the DEFRA method. In conclusion, it is emphasized that in order for the university to reduce its carbon footprint, it should shift toward renewable energy sources, improve energy efficiency, and optimize consumption.

**Keywords:** IPCC, Carbon Footprint, Carbon Emission, DEFRA

## İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....	IV
TEŞEKKÜR .....	IV
ÖZET .....	V
SUMMARY .....	VI
İÇİNDEKİLER .....	VII
TABLOLAR DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
EKLER DİZİNİ .....	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Küresel Isınma ve İklim Değişimleri .....	2
1.2. İklim Değişikliğine Neden Olan Etmenler.....	2
1.2.1 Doğal Etmenler .....	2
1.2.2 Sera Gazları.....	2
1.2.2.1 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) .....	6
1.2.2.2 Metan (CH <sub>4</sub> ) .....	8
1.2.2.3 Diazotmonoksit (N <sub>2</sub> O).....	11
1.4 Karbon Ayak İzi .....	13
1.4.2 Karbon Ayak İzinin Öğeleri.....	13
1.4.3 Karbon Ayak İzi: Dünyada Büyüklüğü ve Etkileri .....	14
1.4.4 Türkiye'nin Karbon Ayak İzi .....	17
1.5 Karbon Ayak İzi Hesabı.....	19
1.5.2 IPCC Yöntemi .....	19
1.5.3 Defra Yöntemi.....	23
1.6 Uluslararası Sözleşmeler .....	24
1.6.2 Paris İklim Anlaşması ve Türkiye .....	25
1.6.3 Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin Pozisyonu .....	25
1.6.4 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC).....	25
1.7Yapılan Çalışmalar .....	26
2 MATERYAL METOD .....	31

2.2 Çalışma Alanının Tanıtımı .....	31
2.3 IPCC Yaklaşımına Göre Hesaplama Prosedürü.....	36
2.4 DEFRA Yaklaşımına Göre Hesaplama Prosedürü.....	39
2.4 Tüketim Verileri ve Emisyon Faktörleri .....	39
2.5.2 DEFRA Dönüşüm Faktörleri .....	39
2.5.3 IPCC Emisyon Faktörleri .....	43
3. BULGULAR .....	45
3.1. IPCC Yaklaşımına Göre Hesaplamaları.....	45
3.2. Tier-1 Emisyon Değerlerinin Karşılaştırması .....	53
3.3. DEFRA Yaklaşımına Göre Hesaplamaları .....	59
3.4. IPCC ve DEFRA Emisyonlarının Karşılaştırması .....	72
3.4.1. Doğal Gaz Tüketimindeki Eğilimler ve Genel Değerlendirme .....	72
3.4.2. Elektrik Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi .....	76
3.4.3. Dizel Yakıt Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Eğilimleri .....	78
3.4.4. Kömür Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi.....	81
3.4.5. Odun Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi .....	85
3.4.6. Su Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi.....	87
3.4.7. DEFRA ve IPCC Emisyon Değerlerinin Karşılaştırması .....	88
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	92
KAYNAKLAR.....	96
EKLER .....	101
ÖZGEÇMİŞ .....	135

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Toplam emisyon hacmi ve kişi başına hesaplanan sera gazı miktarı, 1990-2021 (TUİK 2023). .....	3
Tablo 2. Sektör bazında toplam sera gazı salınımları (CO <sub>2</sub> eşdeğeri), 1990 – 2021 (TUİK 2023). .....	4
Tablo 3. Gazlara bağlı sera gazı emisyonları, 1990-2021(TUİK 2023). .....	5
Tablo 4. CO <sub>2</sub> emisyonları, 1990 – 2021 (TUİK 2023).....	7
Tablo 5. CH <sub>4</sub> emisyonları, 1990 – 2021 (Anonim 2023). .....	10
Tablo 6. N <sub>2</sub> O emisyonları, 1990 – 2021 (Anonim 2023).....	12
Tablo 7. Evsel Karbon Ayak İzi Kategorileri ve Kaynakları (Şahin ve Avcıoğlu 2016). .....	14
Tablo 8. Dünya Şehirlerinin Karbon Ayak İzleri İlk 40 Şehir (Ivanova vd. 2017; Moran vd. 2018).....	15
Tablo 9. GGMCF'ye göre En Yüksek KAI Türkiye illeri.....	18
Tablo 10. IPCC Sera Gazı Hesaplama Metodolojisi: Tier Yaklaşımları .....	22
Tablo 11. Yıllara göre yakıt ve su tüketim miktarları .....	39
Tablo 12. Elektrik tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (kWh) .....	40
Tablo 13. Kömür tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton) .	40
Tablo 14. Dizel tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton) ...	41
Tablo 15. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton) .....	41
Tablo 16. Su tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (m <sup>3</sup> ) .....	42
Tablo 17. Odun tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri.....	42
Tablo 18. Yakıtların emisyon faktörleri.....	43
Tablo 19. Elektrik Emisyon Faktörü.....	43
Tablo 20. Su emisyon faktörü .....	43
Tablo 21. Yakıtların dönüşüm faktörleri.....	44
Tablo 22. Gümüşhane Üniversitesi 2017 – 2018 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	46
Tablo 23. Gümüşhane Üniversitesi 2018 – 2019 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	47
Tablo 24. Gümüşhane Üniversitesi 2019 – 2020 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	48

Tablo 25. Gümüşhane Üniversitesi 2020 – 2021 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	49
Tablo 26. Gümüşhane Üniversitesi 2021 – 2022 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	50
Tablo 27. Gümüşhane Üniversitesi 2022 – 2023 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	51
Tablo 28. Gümüşhane Üniversitesi 2023 – 2024 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu.....	52
Tablo 29. Kapsam-1 yaklaşımı için 2017-2023 yıllarına ait emisyon değerleri (ton) ....	53
Tablo 30. Kapsam-2 yaklaşımı için 2017-2023 yıllarına ait emisyon değerleri (ton) ....	53
Tablo 31. Gümüşhane Üniversitesi 2017 – 2018 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	60
Tablo 32. Gümüşhane Üniversitesi 2018 – 2019 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	61
Tablo 33. Gümüşhane Üniversitesi 2019 – 2020 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	62
Tablo 34. Gümüşhane Üniversitesi 2020 – 2021 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	63
Tablo 35. Gümüşhane Üniversitesi 2021 – 2022 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	64
Tablo 36. Gümüşhane Üniversitesi 2022 – 2023 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	65
Tablo 37. Gümüşhane Üniversitesi 2023 – 2024 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu .....	66

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Sektörlere ve Gazlara Göre Sera Gazı Emisyonu oranları (Anonim 2023).....	5
Şekil 2. Küresel karbon ayak izi(Ivanova vd. 2017; Moran vd. 2018) .....	16
Şekil 3. Kore ve Çin'in karbon ayak izinin emisyon haritası (Hasegawa, Kagawa, ve Tsukui 2015; Moran vd. 2018) .....	17
Şekil 4. Türkiye'nin karbon ayak izinin emisyon haritası(Jones ve Kammen 2014; Moran vd. 2018).....	18
Şekil 5. Gümüşhane İli Cografı Konumu.....	31
Şekil 6. Gümüşhane Üniversitesi Merkez Kampüsü (Gümüşhane.edu.tr 2024).....	32
Şekil 7. Gümüşhane Üniversitesi 2023-2024 eğitim öğretim yılı öğrenim düzeyine göre öğrenci sayısı .....	33
Şekil 8. Gümüşhane Üniversitesi birimlere ve yıllara göre öğrenci sayıları (Gümüşhane.edu.tr 2024). .....	33
Şekil 9. 2017 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	53
Şekil 10. 2018 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	54
Şekil 11. 2019 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	54
Şekil 12. 2020 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	55
Şekil 13. 2021 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	55
Şekil 14. 2022 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	56
Şekil 15. 2023 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri .....	56

Şekil 16. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon dağılımları ..	57
Şekil 17. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarları ..	57
Şekil 18. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-1 ve Kapsam-2 toplam emisyon değerleri (ton CO <sub>2</sub> e) .....	58
Şekil 19. 2017 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	68
Şekil 20. 2018 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	68
Şekil 21. 2019 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	69
Şekil 22. 2020 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	69
Şekil 23. 2021 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	70
Şekil 24. 2022 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	70
Şekil 25. 2023 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri.....	71
Şekil 26. 2017-2023 yılları arasında DEFRA yöntemine göre toplam CO <sub>2</sub> e emisyon miktarları.....	72
Şekil 27. Doğal gaz Tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> Emisyonları Yıllara Göre Değişimi .....	73
Şekil 28. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan CH <sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi .....	74
Şekil 29. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan N <sub>2</sub> O emisyonlarının yıllara göre değişimi .....	75
Şekil 30. Doğal gaz Tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> e Emisyonları Yıllara Göre Değişimi .....	76
Şekil 31. Elektrik tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi....	77
Şekil 32. Dizel tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi.....	78
Şekil 33. Dizel tüketiminden kaynaklanan N <sub>2</sub> O emisyonlarının yıllara göre değişimi ..	79
Şekil 34. Dizel tüketiminden kaynaklanan CH <sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi...	80
Şekil 36. Kömür tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi .....	82
Şekil 37. Kömür tüketiminden kaynaklanan CH <sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi	83
Şekil 38. Kömür tüketiminden kaynaklanan N <sub>2</sub> O emisyonlarının yıllara göre değişimi	84
Şekil 39. Kömür tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> e emisyonları yıllara göre değişimi ...	85
Şekil 40. Odun tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> e emisyonları yıllara göre değişimi .....	86
Şekil 41. Su tüketiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi .....	87
Şekil 42. DEFRA ve IPCC yöntemleriyle emisyonların dağılım analizi (2017-2023)...	89
Şekil 43. DEFRA ve IPCC yöntemleriyle toplam emisyon miktarı (2017-2023) .....	90

## EKLER DİZİNİ

Ek 1. 2017 DEFRA dönüşüm tablosu .....	101
Ek 2. 2018 DEFRA dönüşüm tablosu .....	105
Ek 3. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu .....	109
Ek 4. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu .....	113
Ek 5. 2021 DEFRA dönüşüm tablosu .....	117
Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu .....	121
Ek 7. 2023 DEFRA dönüşüm tablosu .....	126
Ek 8. Ticari/Kurumsal Kategori İçin Sabit Yanma Varsayılan Emisyon Faktörleri.....	130
Ek 9. Gümüşhane Üniversitesi Yakıt Tüketim Verilerinin Talep Edilmesine İlişkin Resmi Yazı.....	132
Ek 10. Gümüşhane Üniversitesi Yakıt ve Enerji Tüketim Verileri Toplama Formu....	133

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği.
DEFRA	: İngiltere Çevre Gıda ve Köyişleri Dairesi.
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli.
EF	: Emisyon Faktörü.
EPA	: Çevre Koruma Ajansı.
FV	: Faaliyet Verisi.
IE	: International Efficiency.
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı.
EF	: Emisyon Faktörü.
YT	: Yakıt Tüketimi.
EtCO <sub>2</sub>	: Emisyon karbondioksit miktarı.
İ&DK%	: İletim ve Dağıtım Kayıpları.
ET	: Toplam enerji tüketimi.
DT	: Tüketilen doğal gaz miktarı.
AID	: Doğal gazın enerji içerik değeri.
KEF	: Birim enerji başına salınan karbon miktarı.
CI	: Toplam karbon içeriği.
CO <sub>2</sub>	: Toplam karbondioksit emisyonu.
DF	: Dönüşüm Faktörü, 1 Gg yakıtın karşılık geldiği enerji miktarı.
E(CO <sub>2</sub> )	: Hesaplanan toplam karbondioksit emisyonu.
E(CH <sub>4</sub> )	: Hesaplanan toplam metan emisyonu.
E(NO <sub>2</sub> )	: Hesaplanan toplam azot oksit emisyonu.
KIP(CH <sub>4</sub> )	: Metan için Küresel Isınma Potansiyeli.
KIP(NO <sub>2</sub> )	: Azot oksit için Küresel Isınma Potansiyeli.
E(CO <sub>2e</sub> )	: Tüm sera gazlarının karbondioksite eşdeğer toplam emisyon miktarı.

## 1.GİRİŞ

Atmosfere insan faaliyetleri sonucu yayılan sera gazlarının miktarındaki artış, yerkürenin doğal sera etkisini artırmış ve yeryüzünden yayılan kızılötesi radyasyonun atmosferde daha fazla tutulmasına neden olmuştur. Bu durum, Dünya'nın sıcaklık ortalamasını yaklaşık 15°C düzeyinde tutan doğal dengeyi bozmuş ve sera gazlarındaki artış nedeniyle sıcaklık artışına yol açmış ve küresel ısınma olarak bilinen süreci hızlandırmıştır (Aydın, 2023; Erbil, 2015).

İklim değişikliği nedeniyle şiddetli ve anormal hava olaylarının sıklığı artmıştır. Bununla birlikte, ekosistem dengesinin bozulması buzulların hızla erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, sulak alanların kurumasına ve birçok türün yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına yol açmaktadır. Özellikle göçmen kuş türlerinin yaşam alanlarını korumak ve deniz canlılarının sürdürülebilirliğini sağlamak için ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli önlemler alınmaya çalışılmaktadır. Ancak bu çabalar, mevcut sorunları çözmek için genellikle yetersiz kalmaktadır. Bunun yanı sıra, iklim değişikliğinin dolaylı etkileri de bulunmaktadır. Toprak, hava ve su kalitesindeki düşüş, gıda verimliliği ve güvenliğinde azalmaya yol açmıştır. Söz konusu etkileri önlemek için ülkeler arası anlaşmalar yapılmış ve karbon salınımı sınırlandırılmıştır. İklim değişikliğinin neden olduğu çevresel kirlilik, plansız göçlerin artışı ve endemik hastalıkların diğer ülkelere yayılması gibi tehlikeler de önemli sonuçlar doğurmuştur. 21. Yüzyılın ortalarında tarım veriminde ciddi düşüşler beklenmektedir. Bu durumun önüne geçmek için hızla önlemler alınması gerektiği görülmektedir (Aydın, 2023; Kiraz, 2019).

Ülkemiz Paris Anlaşması kapsamında, BMİDÇS'ye taraf olması nedeniyle iklim değişikliğiyle mücadelede somut adımlar atarak emisyonların azaltılmasını hedeflemektedir. Bu antlaşmadaki evrensel hedef sıcaklık artışını 1,5 °C'nin altında tutarak sıfır karbon emisyon seviyesine ulaşmaktır. Bu imzalanan anlaşmaya dayanılarak, tüm ülkelerin küresel çapta iklim değişikliği tehdidine karşı nasıl mücadele edeceklerini saptanmaları gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen bu anlaşma, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele etmelerinin yanında ekonomik gelişmeyi ve karbon ayak izlerini azaltacak önlemleri almalarını da sağlamaktadır (Cerit Mazlum, 2019; Talu ve Kocaman, 2019).

## **1.1.Küresel Isınma ve İklim Değişimleri**

İklim değişikliği, Intergovernmental Panel on Climate Change'in (IPCC) tanımlaması ile "bir zaman dilimi içerisinde istatistiksel verilerle gözlenebilecek iklim değişkenlerinin değişimini" ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin tanımlamasıyla "insan faaliyetleriyle atmosfere katılan bileşenlerin neden olduğu iklim değişikliğini" ifade etmektedir (Mitchell 1989:118). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, canlı yaşamı ciddi şekilde tehdit eden bir sorun olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, küresel iklim değişikliğine karşı ulusal ve uluslararası seviyelerde harekete geçilmesi, küresel bir iş birliğini zorunlu kılmaktadır (Sağlam, Düzgüneş ve Balık 2008).

Dünya'da sera etkisi, yeryüzünden geri yansımayan güneş enerjisi'nin yaklaşık %70'inin, sera gazları tarafından emiliyor olması ve böylece ısınmaya neden olan bir süreç oluşturmaktadır. Ancak insan faaliyetleri nedeniyle atmosfere salınan sera gazlarının bu süreci hızlandırması, küresel ısınma olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzünde atmosfer sıcaklığının, ortalama 0.6-0.8°C oranında artmış olmasının yanı sıra, son 25 yılda atmosferdeki ısınmanın devam etmesi, bu doğal dengeyi bozmaktadır. Bu durum, kısa vadede buzulların erimesine, okyanus seviyesinin yükselmesine ve kıyı bölgelerinde su baskınlarına yol açmaktadır. uzun vadede tarıma yönelik alanların ve üretimin çeşitli bölgelerinde etkilenebilmesi muhtemeldir. bunun yanı sıra iklim koşullarına uyum sağlamak için çeşitli stratejiler geliştirmek mümkündür (Arcak ve Sözüdoğru Ok, 2012).

## **1.2. İklim Değişikliğine Neden Olan Etmenler**

### **1.2.1. Doğal Etmenler**

İklim değişkenliği, El Nino, güneş radyasyonu, yeryüzü ve atmosferin bileşimindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar, iklimin güneş radyasyonu, sera gazları ve volkanik patlamalar tarafından nasıl etkilendiğine ilişkin bilgiler ortaya koymuştur. Bu bilgiler, Kuzey Yarımküre sıcaklığının güneş radyasyonu ve CO<sub>2</sub> miktarındaki artışla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Yükselen sıcaklığa rağmen, güneş radyasyonunda ortalama bir düşüş gözlemlenirken CO<sub>2</sub> miktarı hızla artmıştır. Bu bulgular, iklim sisteminin başlıca etkeninin sera gazı emisyonları olduğunu desteklemektedir (Aydın, 2023).

### **1.2.2. Sera Gazları**

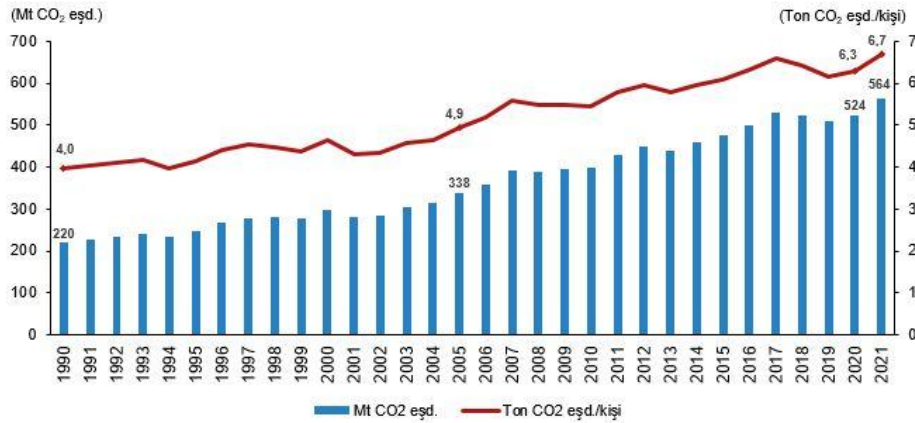
Sera gazları atmosferde bir tabaka oluşturarak güneş ışınlarının geçişine izin vermektedir, ancak yeryüzünden geri yansıyan ısıyı tutmaktadır. Bu gazların bir kısmı atmosfere salındıktan sonra ısıyı emerek küresel sıcaklık artışına katkıda bulunmaktadır.

Sera gazlarının etkisi, atmosferdeki yoğunluklarına, atmosferde kalma sürelerine ve ısı tutma kapasitelerine bağlıdır. Metanın diğer gazlara kıyasla kızılötesi ışınları daha fazla tutma kapasitesi sahip oluşu küresel ısınma potansiyelinin karbondioksit'e kıyasla yaklaşık 21 kat fazla olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, küresel ısınma ve iklim değişimine neden olan sera etkisinin ana nedeni karbondioksit oluşturması nedeniyle en fazla üretilen sera gazıdır (Engin 2012; Erdoğan 2020).

İnsan faaliyetleri tarım, ulaşım, enerji ve diğer sanayi faaliyetlerinin artmasıyla atmosfere salınan sera gazları artmış ve atmosferde sera etkisinin artması, kuraklık, sel baskınları ve anormal sıcaklıkların görülmesine yol açarak iklim değişikliğine neden olmuştur. Bu durum, insan yaşamında doğal akışın bozulmasına ve çevresel hasarların önemli ölçüde artmasına yol açmaktadır. Küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine karşı çözüm arayışlarından biri dünya çapında sera gazlarının emisyonunu azaltmak veya doğaya tekrar verilmesi üzerine kuruludur. Doğru yönetim, planlama ve bilgi teknolojileri uygulamalarıyla sera gazı emisyonlarının azaltılması önerilmektedir (Bayraç ve Doğan 2016; Dulkadiroğlu 2018; Erdoğan 2020).

2021 yılında toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %7.7'lik bir artışla 564.4 milyon ton (Mt) CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, kişi başı emisyonlar 2021 yılında 6.7 ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmış, bu değer 1990'da 4 ton ve 2020'de 6.3 ton CO<sub>2</sub>e olarak görülmüştür (TUİK 2023).

Tablo 1. Toplam emisyon hacmi ve kişi başına hesaplanan sera gazı miktarı, 1990-2021 (TUİK 2023).



Türkiye'nin karbon emisyonlarının yıllar içindeki değişimini gösteren Tablo 1'e göre, toplam karbon emisyonları 1990 yılında 220 Mt CO<sub>2</sub> eşd. iken, 2021 yılında 564 Mt CO<sub>2</sub>e. seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönemde kişi başına düşen emisyon miktarı ise 4.0 ton CO<sub>2</sub>e/kişi seviyesinden 6.7 ton CO<sub>2</sub>e/kişi seviyesine yükselmiştir. Grafik, Türkiye'de sanayileşme, enerji tüketimi ve nüfus artışına bağlı olarak karbon emisyonlarının sürekli bir artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

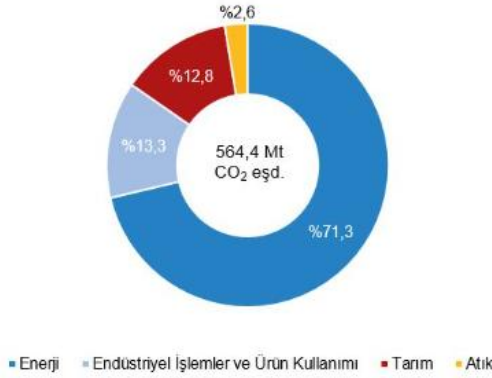
Tablo 2'e göre 2021 yılında toplam sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı enerji sektörü olmuştur. Bunu endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarım ve atık sektörleri takip etmektedir. Enerji sektörü emisyonlarında, 1990 yılına göre dikkat çekici bir artış görülürken, endüstriyel işlemler ve tarım sektöründe de benzer artışlar kaydedilmiştir Atık sektörü ise bir önceki yıla göre düşüş göstermiştir (TUİK 2023).  
Tablo 2. Sektör bazında toplam sera gazı salınımları (CO<sub>2</sub>e), 1990 – 2021 (TUİK 2023).

Yıl Year	1990 yılına göre değişim (%)		Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı			
	Toplam Total	Change compared to 1990 (%)	Enerji Energy	Industrial processes and product use	Tarım Agriculture	Atık Waste
1990	219,5	.	139,5	22,9	46,1	11,1
1991	226,8	3,3	144,0	24,6	46,9	11,3
1992	233,1	6,2	150,3	24,3	47,0	11,5
1993	240,8	9,7	156,8	24,8	47,4	11,8
1994	234,4	6,8	153,3	24,1	44,9	12,0
1995	248,2	13,1	166,3	25,5	44,1	12,3
1996	267,6	21,9	184,0	26,2	44,8	12,7
1997	278,8	27,0	196,1	27,0	42,5	13,2
1998	280,3	27,7	195,8	27,3	43,7	13,5
1999	277,8	26,5	193,8	25,8	44,3	13,9
2000	298,9	36,2	216,0	26,2	42,3	14,3
2001	279,7	27,4	199,2	25,8	39,9	14,8
2002	285,6	30,1	206,0	26,8	37,6	15,2
2003	304,8	38,8	220,5	28,2	40,6	15,6
2004	314,4	43,2	226,3	30,8	41,3	16,1
2005	337,6	53,8	244,5	34,3	42,4	16,4
2006	358,0	63,1	260,5	36,8	43,9	16,8
2007	391,7	78,4	291,5	39,7	43,4	17,1
2008	388,5	77,0	288,3	41,7	41,3	17,2
2009	395,2	80,0	292,9	43,1	42,0	17,2
2010	398,8	81,7	287,9	49,1	44,4	17,4
2011	428,6	95,2	310,0	54,0	46,9	17,8
2012	448,2	104,2	321,6	56,3	52,7	17,6
2013	440,2	100,5	308,3	59,3	55,9	16,7
2014	459,5	109,3	326,7	60,1	56,2	16,5
2015	475,0	116,4	342,0	59,7	56,1	17,1
2016	501,1	128,3	361,7	63,8	58,9	16,7
2017	528,6	140,8	382,4	66,6	63,3	16,3
2018	523,1	138,3	373,4	67,7	65,3	16,6
2019	508,7	131,7	365,6	59,0	68,0	16,1
2020	524,0	138,7	366,6	68,0	73,2	16,3
2021	564,4	157,1	402,5	75,1	72,1	14,7

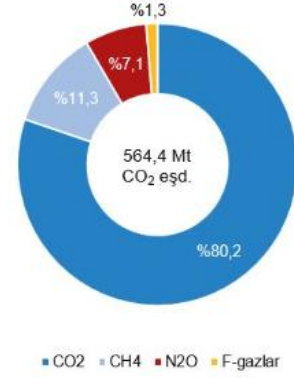
Tablo 2, 1990-2021 yılları arasında sektörlere göre sera gazı emisyonlarındaki değişimi göstermektedir. 2021 yılında enerji sektörü, toplam emisyonlarda en büyük paya sahipken, diğer sektörler de kayda değer katkılar sağlamıştır. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları ise 1990 yılına göre %228.7 ve bir önceki yıla göre %10.6 artarak 75.1 Mt CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. Tarım sektörü emisyonları 1990 yılına göre %56.5 artarken bir önceki yıla göre %1.5 azalarak 72.1 Mt CO<sub>2</sub> eşd. olarak hesaplanmıştır. Atık sektörü emisyonları ise 1990 yılına göre %32.6 artmış ve bir önceki yıla göre %9.9 azalarak 14,7 Mt CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. 2021 yılında enerji sektörü, emisyonların

artışında belirleyici rol oynarken; endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında %10.6 artış, tarım sektöründe %1.5 azalma ve atık sektöründe %9.9 azalma kaydedilmiştir (Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2021 (TUİK), 2023).

Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021



Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2021<sup>(1)</sup>



Şekil 1. Sektörlere ve Gazlara Göre Sera Gazı Emisyonu oranları (Anonim 2023).

Şekil 1'e göre, 2021 yılı toplam sera gazı emisyonları 564.4 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri (Mt CO<sub>2</sub>e) olarak gerçekleşmiştir. Sektörel dağılıma bakıldığında, emisyonların %71.3'ü enerji sektöründen, %13.3'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %12.8'i tarımdan ve %2.6'sı atık sektöründen kaynaklanmaktadır. Gaz türlerine göre dağılımda ise CO<sub>2</sub> emisyonları toplamın %80.2'sini oluştururken, CH<sub>4</sub> %12.8, N<sub>2</sub>O %7.1 ve F-gazlar %1.3 paya sahiptir (TUİK 2023).

Tablo 3. Gazlara bağlı sera gazı emisyonları, 1990-2021(TUİK 2023).

(Milyon ton CO <sub>2</sub> e.)	Toplam Emisyon	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F-gazlar
1990	219.5	151.6	42.5	25	0.5
2000	298.9	229.9	43.7	24.8	0.5
2010	398.8	316.2	51.6	27.4	3.5
2015	475	384.9	52.8	32.3	5
2016	501.1	406	55.6	34.3	5.2
2017	528.6	430.9	56.8	35.4	5.4
2018	523.1	422.1	60.4	35.5	5.2
2019	508.7	402.7	63.2	37	5.8
2020	524	412.9	63.9	40.5	6.7
2021	564.4	452.7	64.0	40.3	7.4
1990-2021 Değişim (%)	157.1	198.6	50.6	61.2	1380
2020-2021 Değişim (%)	7.7	9.6	0.2	-0.5	10.4

Tablo 3, Türkiye'de 1990-2021 yılları arasında sera gazı emisyonlarının artışını göstermektedir. Toplam emisyonlar 1990'da 219.5 milyon ton CO<sub>2</sub>-eşd. iken, 2021'de 564.4 milyon ton CO<sub>2</sub>e' ye yükselmiştir (%157.1 artış). CO<sub>2</sub> emisyonları en büyük paya sahip olup %198.6 artışla 452.7 milyon tona ulaşmıştır. CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları sırasıyla

%50.6 ve %61.2 artarken, F-gazlar %1380'lik çarpıcı bir artışla 7.4 milyon tona yükselmiştir. 2020-2021 arasında toplam emisyonlar %7.7 artmış, CO<sub>2</sub> %9.6, F-gazlar %10.4 artış gösterirken, N<sub>2</sub>O %0.5 azalmıştır. Bu veriler, özellikle CO<sub>2</sub> ve F-gazların emisyon artışında önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Kızılötesi ışınları absorbe ederek sera etkisine neden olan gazlar arasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazot monoksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve Sülfür heksaflorür (SF<sub>6</sub>) yer almaktadır (ÖZÇELİK, 2017).

### **1.2.2.1 Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)**

Atmosferde mevcut olan CO<sub>2</sub> miktarının, Sanayi Devrimi öncesindeki 600 milyar tonluk oranından 750 milyar tona yükselmiş olduğu rapor edilmektedir. Bu genel CO<sub>2</sub> miktarının yaklaşık %80-85'i fosil yakıtlardan, %15-20'si ise solunum ve organik maddelerin ayrıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının hızla artması, bitkisel planktonlar, ormanlar ve diğer doğal kaynaklar tarafından salınan CO<sub>2</sub> miktarının son 16000 yılın en yüksek seviyelerine ulaşması, atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun hala arttığını göstermektedir. Ölçümler, CO<sub>2</sub> yoğunluğunun iki kat artması durumunda küresel sıcaklığın yaklaşık 3°C artacağını ve sera gazları içindeki CO<sub>2</sub>'nin %50 oranında bir paya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, küresel ısınmayı engellemek için uluslararası düzeyde CO<sub>2</sub> salınımını azaltma çabalarının öncelikli hale gelmesine sebep olmuştur (Özçelik 2017; Özlem 2013).

Türkiye'de CO<sub>2</sub> emisyonlarının 1990'dan 2021'e kadar nasıl değiştiği, Tablo 4'deki verilerle net bir şekilde ortaya konulmaktadır. Verilere göre, 1990'da toplam emisyonlar 151615 tondan 2021'de 452702 tona yükseldi. Enerji sektörü bu toplam emisyonların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. 1990'da 129816 tona kıyasla 2021'de 385662 ton olan bu artış, fosil yakıt kullanımının ve endüstriyel aktivitelerin artmasından kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede önemli bir yere sahip olan ulaştırma sektöründeki CO<sub>2</sub> emisyonları da artmıştır; 1990 yılında 26250 ton iken 2021 yılında 89319 tona yükselmiştir. Bu veriler, Türkiye'nin karbon ayak izinin büyümesinin trendini ve bu durumun iklim değişikliği ile mücadele açısından neden çok önemli olduğunu vurgulamaktadır. Tablo 4, CO<sub>2</sub> emisyonlarının 1990-2021 yılları arasındaki sektörel dağılımını göstermektedir (TUİK 2023)

Tablo 4. CO<sub>2</sub> emisyonları, 1990 – 2021 (TUİK 2023).

	(Bin ton)											
Sera gazı kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toplam	151615.0	181355.0	229936.0	264870.0	316193.0	384929.0	405950.0	430900.0	422058.0	402692.0	412926.0	452702.0
Enerji	129816.0	156801.0	204493.0	232920.0	271648.0	330859.0	347363.0	369397.0	360086.0	350282.0	352004.0	385662.0
Yakıt yanması	129596.0	156592.0	204325.0	232778.6	271491.7	330704.5	347204.9	369240.6	359912.2	350099.2	351809.5	385452.3
Çevrim ve enerji sektörü	37064.7	50272.2	77485.6	90177.5	112919.0	134580.0	144744.0	155946.0	157538.0	148792.0	140992.0	158003.0
İmalat sanayi ve inşaat	37004.0	39842.8	57657.3	62731.1	52119.6	59358.6	59839.6	59958.3	59369.5	54277.0	59868.7	65873.6
Ulaştırma	26250.8	33180.0	35490.2	41043.8	44382.6	74271.6	80207.8	83064.1	82902.4	80745.1	79032.5	89319.3
Diğer sektörler	29276.9	33297.2	33692.7	38826.2	62069.8	62493.7	62413.0	70271.6	60101.9	66284.4	71915.4	72255.7
Kaçak emisyonlar	220.2	209.1	167.8	141.6	156.2	154.6	157.9	157.0	174.5	182.8	195.2	209.8
Karbondiyoksit taşıma ve depolama	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Endüstriyel işlemler	21311.7	24101.9	24804.3	31325.3	43888.8	53258.8	57290.1	60052.0	60713.1	51119.7	59261.4	65735.3
Mineral ürünleri	13423.5	17547.8	18417.6	23246.4	34086.8	40304.4	43820.6	46473.3	46212.1	38547.4	47077.5	50616.1
Kimya sanayi	565.2	472.1	214.3	591.3	249.6	1337.2	940.0	741.7	1522.9	1126.9	1084.7	2113.8
Metal üretimi	7139.6	5879.2	5895.4	7041.9	9120.8	11350.7	12383.2	12685.4	12771.7	11307.5	10965.1	12835.7
Enerji dışı yakıt ve solvent kullanımı	183.4	202.8	277.1	445.7	431.6	266.5	146.2	151.5	206.4	138.0	134.0	169.8
Tarım	459.9	425.9	617.5	613.2	645.0	810.6	1295.3	1449.6	1257.5	1287.9	1657.0	1301.6
Üre uygulaması	459.9	425.9	617.5	613.2	645.0	810.6	1295.3	1449.6	1257.5	1287.9	1657.0	1301.6
Atık	26.6	26.0	21.0	11.9	11.2	1.1	1.8	1.5	1.2	2.4	3.6	3.6
Atıkların açıkta yakılması	26.6	26.0	21.0	11.9	11.2	1.1	1.8	1.5	1.2	2.4	3.6	3.6

Türkiye'nin karbon emisyonlarındaki artışın çeşitli sektörlerdeki ekonomik ve sosyal değişimlerle ilişkili olduğu açıkça ortaya çıkmıştır. Analizler, enerji sektöründeki artışın enerji ihtiyaçlarının artması ve fosil yakıt kullanımının yükselmesiyle; ulaştırma sektöründeki artışın hızlı şehirleşme, motorlu taşıt sayısındaki artış ve hava taşımacılığının genişlemesiyle; endüstriyel işlemler ve ürün kullanımındaki artışın sanayileşme, nüfus artışı ve tüketim alışkanlıklarındaki değişikliklerle; tarım sektöründeki değişimin ise tarım tekniklerindeki dönüşümler ve gıda üretimindeki artışla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu gözlemler, iklim değişikliğiyle mücadele için enerji tasarrufunu artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemek, sürdürülebilir ulaşım projelerine yatırım yapmak ve endüstriyel süreçlerde karbon salınımını düşürecek teknolojilere öncelik vermek gibi sektörel bazda stratejiler geliştirilmesinin gerekli olduğunu ortaya koymaktadır (TUIK 2023).

#### **1.2.2.2 Metan (CH<sub>4</sub>)**

Metan salınımının yaklaşık yarısı insansal faaliyetlerden gelmektedir. Fosil yakıtların kullanımı, hayvancılık, pirinç tarımı ve atıkların gömülmesi bunlara örnek olarak verilebilir. Metan, atmosferde karbondioksit (CO<sub>2</sub>) kıyasla çok daha fazla ısı tutma kapasitesine sahip bir sera gazıdır. Sanayi çağı öncesine göre atmosferdeki metan miktarı önemli ölçüde artmış ve bu artışın yaklaşık %50'sinin insansal faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Metan, atmosfere salındıktan sonra hidroksil radikali ile reaksiyona girerek karbon dioksit dönüşmektedir. Bu nedenle, insan faaliyetlerinin atmosferdeki metan seviyesini arttırmalarına engel olmak için, fosil yakıtların kullanımının ve diğer iklim değişikliğini teşvik eden faaliyetlerin sıkı çevresel politikalarla sınırlandırılması gerekmektedir. Ayrıca, hayvan yetiştiriciliği ve atık yönetimi gibi faaliyetlerde sürdürülebilir alternatiflerin uygulanması gerekmektedir (Özçelik 2017:7; Pekin 2006:8).

Metanın hava kirliliği veya iklim değişikliği çalışmalarında özel bir önemi vardır. Çevreyi korumak için insan faaliyetlerinin atmosferdeki metan konsantrasyonunu artırmaması sağlanmalıdır. Metan salınımlarının insansal faaliyetler yoluyla azaltılması, atmosferdeki konsantrasyonunu düşürerek iklim değişikliği ile mücadelede olumlu sonuçlar sağlayacaktır.(Pekin 2006:8-9)

Türkiye'de metan (CH<sub>4</sub>) emisyonları, 1990'dan 2021'e kadar sürekli bir artış göstermiştir. Toplam emisyonlar, 1990'da 1699.5 bin ton olan seviyeden, 2021'de 2560.8 bin tona çıkmıştır. Enerji sektöründen kaynaklanan emisyonlar, 1990'dan 2021'e kadar

zaman içinde dalgalanmalar göstermiş ancak genel eğilim, artış yönündedir. Ulaştırma sektöründe de emisyonlar, 1990'da 4000 bin ton olan seviyeden, 2021'de 16400 bin tona yükselmiştir. Tarım sektörü, toplam CH<sub>4</sub> emisyonlarının en büyük kaynağı olup, emisyonlar 1990'dan 2021'e sürekli artmıştır. Atık sektöründen kaynaklanan emisyonlar da zaman içinde artmıştır. tarım ve atık yönetimi sektörlerinde sürdürülebilir yöntemler ve teknolojilerin geliştirilmesi, Türkiye'nin metan emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejilerini etkileyebilir. Tablo 5, CH<sub>4</sub> emisyonlarının yılları arasındaki sektörel dağılımını göstermektedir (TUİK 2023).



Tablo 5. CH<sub>4</sub> emisyonları, 1990 – 2021 (Anonim 2023).

	(Bin ton)											
Sera gazı kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Toplam	1699.5	1704.5	1746.7	1806.9	2065.8	2111.4	2223.3	2272.7	2416.4	2528.7	2555.8	2560.8
Enerji	310.8	286.2	360.8	337.6	491.2	296.1	419.8	355.7	382.9	469.6	434.7	493.8
Yakıt yanması	139.3	133.7	121.7	113.2	168.4	82.5	82.3	94.1	83.4	89.9	99.3	94.7
Çevrim ve enerji sektörü	0.4	0.6	1	1.2	1.7	1.9	2	2.1	2	1.8	1.8	2.3
İmalat sanayi ve inşaat	2.2	2.1	3.9	3.8	3	3.2	3.3	3.2	4.3	4.1	4.5	5.2
Ulaştırma	4	5.5	8.9	8.6	11.4	14.5	15.4	15.4	15.9	16	15.1	16.4
Diğer sektörler	132.7	125.6	107.9	99.5	152.3	62.8	61.6	73.4	61.3	68	77.8	70.8
Kaçak emisyonlar	171.5	152.5	239.1	224.4	322.8	213.6	337.5	261.6	299.5	379.7	335.4	399.1
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Kimya sanayi	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metal üretimi	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7
Tarım	1004.6	988.3	878.2	882.1	951.4	1214.0	1218.6	1352.7	1456.0	1503.1	1560.2	1573.3
Enterik fermentasyon	895.9	872.6	769.4	787.2	837.8	1 077.9	1079.4	1204.4	1285.4	1334.7	1384.6	1398.1
Gübre yönetimi	94.1	101	93.3	78.4	98.8	121.2	124.5	133.9	155.5	152.8	160	159.5
Pirinç ekimi - Rice cultivation	4	4.5	5.1	7.3	8.1	9.6	9.7	9.3	10.1	10.5	10.5	10.8
Tarımsal artıkların açıkta yakılması	10.6	10.1	10.4	9.2	6.7	5.3	5	5	5	5	5.2	4.8
Atık	383.8	429.7	507.3	586.9	622.8	600.6	584.2	563.6	576.9	555.3	560.2	493.1
Atık depolama sahaları	269.2	305.1	383.3	462.5	502.6	502.3	483.8	461	464.2	441.4	444.5	373.5
Kompostlama	0.4	0.3	0.4	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
Atıkların açıkta yakılması	2.7	2.6	2.2	1.2	0.9	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1
Atıksu arıtımı ve deşarjı	111.6	121.7	121.4	122.5	118.6	97.7	99.8	102.1	112.1	113.3	115.1	118.9

### 1.2.2.3Diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O)

Diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O); nitroz oksit ya da azot protoksit olarak da bilinen; çeşitli uygulamalarda kullanılan, bir azot atomuna bağlı bir oksijen atomundan meydana gelen, renksiz ve neredeyse kokusuz bir gazdır. Güçlü bir sera gazı olan N<sub>2</sub>O, atmosferdeki konsantrasyonuyla küresel ısınmaya önemli ölçüde etki etmektedir. Ozon tabakasının da incelmeye sebep olmaktadır. Bu gaz hem doğal hem de insan kaynaklı süreçlerden salınabilir. İnsan kaynaklı etmenler; tarım, fosil yakıtların yakılması ve bazı endüstriyel süreçler olarak sıralanabilir. Bunun sonucunda, N<sub>2</sub>O 'nun çevresel etkileri nedeniyle, emisyonlarının azaltılması için uluslararası düzenlemeler ve araştırmalar bulunmaktadır. N<sub>2</sub>O, atmosferde 120 yıl kadar kalabilmekte ve artan globalde ısınmanın bir parçası olarak önem arz etmektedir (Özlem 2013:7).

Türkiye'de 1990 ile 2021 yılları arasındaki N<sub>2</sub>O emisyonlarının sektörlere göre dağılımı Tablo 6'da gösterilmektedir. Toplam emisyon miktarının 1990'dan 2021'e kadar 83700 tondan 135300 tona çıktığı görülmektedir. Enerji sektörü tarafından üretilen N<sub>2</sub>O emisyonları 6500 tondan 15000 tona çıkmıştır. Tarım sektörü ise, tablonun gösterdiği en büyük N<sub>2</sub>O emisyon kaynağı olarak görülmekte olup, emisyonlarda artış trendi gözlenmektedir. Atık ve sanayi sektörlerinde de N<sub>2</sub>O emisyonları, sürekli bir artış göstermektedir. Sırasıyla atıklardan kaynaklanan emisyonlar 4900 tondan 7900 tona ve sanayi sektöründen kaynaklanan emisyonlar 3600 tondan 6800 tona çıkmıştır. Bu veri, sera gazı emisyonlarını azaltma çabalarının enerji üretim ve tarım sektörlerine odaklanması gerektiği konusunda önemli bilgiler sağlamakla birlikte, bu iki sektör arasında yer alan atık ve sanayi sektörlerinin de bu emisyonlarda önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durumda, sera gazı emisyonlarını azaltma çabalarında önerilere odaklanması gerektiği için tarım sektöründe gübre ve tarımsal toprakların yönetiminde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi gerekmektedir (TUİK 2023).

Tablo 6. N<sub>2</sub>O emisyonları, 1990 – 2021 (Anonim 2023).

	(Bin ton)											
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Sera gazı kaynakları												
Toplam	83.7	80.1	83.1	87.1	92.1	108.3	115.3	118.9	119	124.1	135.9	135.3
Enerji	6.5	7.9	8.5	10.5	13.3	12.5	13.1	13.8	12.6	11.9	12.4	15
Yakıt yanması	6.5	7.9	8.5	10.5	13.3	12.5	13	13.8	12.6	11.9	12.4	15
Çevrim ve enerji sektörü	0.4	0.5	0.7	2.6	4	3.9	4.1	4.6	3.3	2.7	2.9	4.8
İmalat sanayi ve inşaat	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
Ulaştırma	2.1	2.7	2.5	2.6	2.4	3.9	4.2	4.4	4.4	4.3	4.3	4.9
Diğer sektörler	3.7	4.3	4.6	4.7	6.4	4.2	4.2	4.3	4.1	4.3	4.6	4.4
Kaçak emisyonlar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	3.6	3.4	2.8	4.5	5.5	4.9	4.1	3.9	6.1	6.8	6.7	6.8
Kimya sanayi	3.6	3.4	2.8	4.5	5.5	4.9	4.1	3.9	6.1	6.8	6.7	6.8
Tarım	68.7	63.6	66.3	66.4	67	83.8	91.1	93.9	92.9	97.8	109	105.5
Gübre yönetimi	10.3	10.1	9.4	9.5	9.8	13.2	13.2	14.6	15.5	16	17	17.3
Tarımsal topraklar	58.1	53.3	56.6	56.6	57.1	70.5	77.7	79.2	77.3	81.7	91.9	88.1
Tarımsal artıkların açıkta yakılması	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Atık	4.9	5.3	5.5	5.8	6.3	7.1	7.1	7.3	7.4	7.5	7.7	7.9
Kompostlama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atıkların açıkta yakılması	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atıksu arıtımı ve deşarjı	4.8	5.2	5.4	5.7	6.2	7	7	7.3	7.4	7.5	7.7	7.9

## 1.4 Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, karbondioksit emisyon miktarının, insan etkinlikleri veya faaliyetleri kaynaklı olarak değerlendirilen bir ölçütüdür. Üretim aşaması öncesindeki emisyonlarda tüm aşamaları içeren bir yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirilmeli ve dâhil edilmelidir. Karbon ayak izi artışının küresel ısınmanın da etkisiyle yerelden çok uluslararası bir sorun olma yolunda ilerleyişi nedeniyle birçok kişi tarafından anılan bir ölçüt haline geldiği bilinmektedir. Karbon ayak izi, sürdürülebilirlik açısından hem bireysel hem de kurumsal anlamda çok önemlidir. İnsan faaliyetleri arasında, özellikle endüstri, enerji, ulaşım ve tarım gibi kaynaklardan dünya çapında salınan karbondioksit miktarı önemli ölçüde artmaktadır. Bu emisyonların neden olduğu sera etkisi, atmosferdeki sıcaklığı artırarak iklim değişikliği riskini arttırmaktadır. Karbon ayak izi hesaplamaları, geri dönüşümden tüketime kadar olan süreçlerin dikkate alınmasıyla yapılmakta ve iklim değişikliğiyle başa çıkmanın öncüsü olmaktadır. Şirket ve kurumlar arasında çevre dostu hareketlerin ön planda tutulması, verimli enerji kullanımı, azaltılmış tarım atıkları, yenilenebilir enerji kaynakları ve ulaşımında bol alternatiflerin kullanımı gibi yollarla karbon ayak izi azaltılırken, bireylerin de çabası ile günlük yaşam ve tüketim tarzında bir değişiklik kaydedilip karbon ayak izi düşürülebilir. İnsanlık iklim değişikliği ile mücadele edebilmek için karbon ayak izinin azaltılması yolunda bilinçli adımlar atmalıdır (Muthu 2015).

### 1.4.2 Karbon Ayak İzinin Öğeleri

Jones ve Kammen tarafından belirtilen karbon ayak izi parametreleri, insanların yaşam tarzının çeşitli faktörlerini içermektedir. Gıda tüketiminden, ulaşım, ısınmaya, aydınlatmaya ve daha geniş bir alanda etkinliklerin sürmesine kadar olan bu parametreler, bir ülkenin sosyoekonomik ve sosyokültürel durumunu yansıtır. Karbon ayak izini hesaplarken bu parametreler aracılığıyla karbon ayak izinin etkin biçimde ölçülmesine yardımcı olur. Toplumun bilinçlendirilmesi, bireylerin ve kurumların çevresel etkilerini daha iyi anlamaları ve toplumsal çaba içindeki sürdürülebilirlik çalışmalarına katkı sağlayacaktır (Ertekin 2012; Jones ve Kammen 2011; Kitzes ve Wackernagel 2009).

Tablo 7. Evsel Karbon Ayak İzi Kategorileri ve Kaynakları (Şahin ve Avcıoğlu 2016).

<b>Kategori</b>	<b>Birincil Kaynaklar</b>	<b>İkincil Kaynaklar</b>
<b>Ulaşım</b>	Yakıt kullanımı	Toplu taşıma, hava yolculuğu, otomobil
<b>Barınma</b>	Doğal gaz tüketimi	Elektrik, su ve atık yönetimi, ısınma
<b>Gıda</b>	-	Tahıl, sebze, meyve, et
<b>Ürün</b>	-	Giyim, ev eşyaları, kişisel bakım
<b>Hizmet</b>	-	Sağlık, eğlence, eğitim

Tablo 7, evsel karbon ayak izi kategorileri ve kaynaklarını göstermektedir. Evsel karbon ayak izi, birincil ve ikincil olmak üzere iki ana grupta ele alınmıştır. Birincil ayak izi, evsel enerji kullanımı ve ulaşım gibi doğrudan fosil yakıt tüketimiyle ortaya çıkan CO<sub>2</sub> salınımlarını ifade ederken, ikincil ayak izi ise ürünlerin yaşam döngüsü boyunca dolaylı olarak neden olduğu CO<sub>2</sub> emisyonlarını kapsar. Bu kategoriler sayesinde bireylerin kaynak tüketim alışkanlıkları takip edilebilmekte ve sürdürülebilirlik açısından farkındalık oluşturulmaktadır. Aynı zamanda bireyler, yerel çözümler üretirken diğer ülkelerle kıyaslama yapma imkânı bulmakta ve karbon salınımlarını azaltma sorumluluğunu üstlenmektedir. Kyoto Protokolü çerçevesinde ise karbon ayak izi standartlarının belirlenmesi ve bireysel değerlendirmelerin yapılması mümkün kılınmıştır (Ertekin 2012; Mattila vd. 2011).

#### **1.4.3 Karbon Ayak İzi: Dünyada Büyüklüğü ve Etkileri**

Karbon ayak izi, 2000'li yılların ortalarında ekolojik ayak izi kavramıyla ortaya çıkınca, çevre toplulukları, üniversiteler, bilim insanları ve şirketler üzerinde yüzlerce farklı çalışma yapılmıştır. Araştırmalar kapsamında, dünyada karbon salınımının en yüksek olduğu şehirler ve ülkeler belirlenmeye çalışılırken, Gridded Global Model of City Footprints (GGMCF) adlı rapor 2018'de ortaya atılarak, sorumlu ilk 500 şehrin karbon ayak izi, ülke, nüfus, kişi başına düşen emisyon ve ülke içindeki sıralamalarına göre listelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, karbon ayak izi en yüksek ilk 10 şehir Seul, Guangzhou, New York, Hong Kong, Los Angeles, Şanghay, Singapur, Şikago, Tokyo ve Riyad olmuştur. Aynı şekilde en yüksek salınımlı 10 ülke Çin, ABD, Hindistan, Rusya, Japonya, Almanya, G. Kore, İran, Birleşik Krallık ve Kanada iken; bu ülkelere ait en yüksek salınımına sahip 3 şehir de listelenmiştir. Sonuç olarak, yüksek gelirli şehirlerin büyük tüketimleri dolayısıyla dünyada karbon salınımının %18'ini sağladığı göz önüne alındığında, küçük ülkelerden daha fazla karbondioksit yaydıkları belirlenmiştir. Büyük

şehirlerin sorumluluğunu kabul ederek radikal de-karbonizasyon önlemleri alındığında, karbon ayak izi anlamlı derecede azaltılabilecektir. Özellikle yüksek gelirli ve tüketime sahip şehirlerde küçük yatırımlarla büyük etki sağlanabilecektir (Muthu 2015).

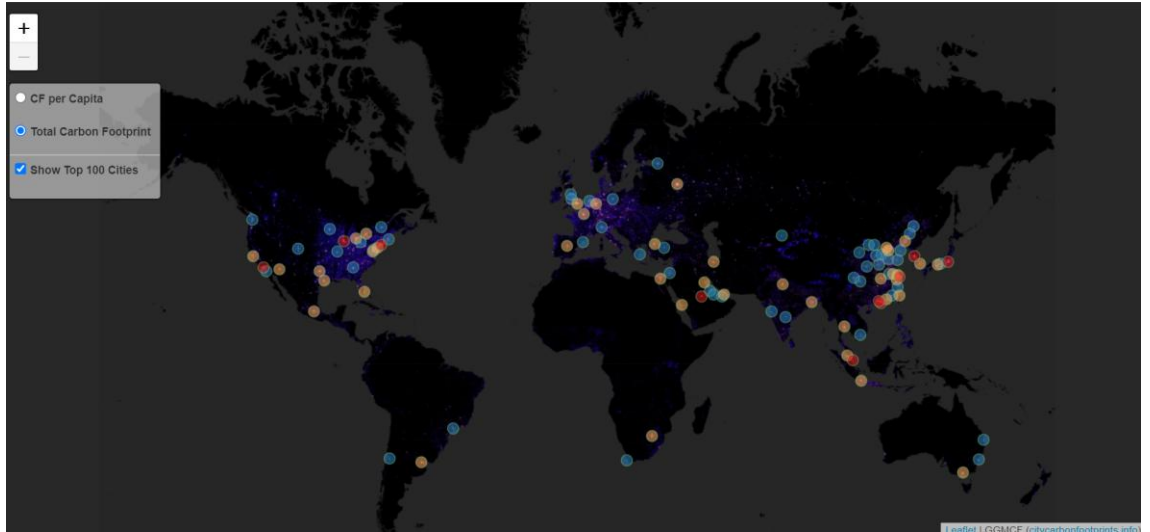
Tablo 8, dünyanın farklı büyük şehirlerinin karbon ayak izi performansı arasındaki farklılığa dikkat çekmektedir. Büyük nüfusa sahip şehirler genellikle yüksek karbon ayak izine sahiptir. Örneğin Güney Kore'nin başkenti Seoul, dünya genelindeki karbon ayak izi sıralamasında birinci sıradadır ve aynı zamanda yerel sıralamada da birinci sıradadır. Bunun yanı sıra, Çin, ABD ve diğer Asya ve Ortadoğu ülkelerindeki bazı şehirler de yüksek karbon ayak izlerine sahiptir. Avrupa'daki şehirler ise genellikle daha düşük karbon ayak izlerine sahiptir. Bu veriler, şehirlerin sürdürülebilirlik politikalarının ve enerji kullanımının karbon ayak izine önemli bir etki sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Karbon ayak izini azaltmak için yerel politikalar ve uygulamalara yönelik çabalar, karbon ayak izini azaltma potansiyeline katkı sağlayacaktır. Karbon ayak izini azaltmak için sürdürülebilir ulaşım seçenekleri ve enerji tasarrufu politikalarını desteklemek gerekecektir. Dolayısıyla, şehirlerin karbon ayak izini azaltmak için sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği konuları üzerinde çalışmalarını arttırmaları gerekecektir (GGMCF 2023; Moran vd. 2018).

Tablo 8. Dünya Şehirlerinin Karbon Ayak İzleri İlk 40 Şehir (Ivanova vd. 2017; Moran vd. 2018)

<b>Kentsel Küme</b>	<b>Ülke</b>	<b>Nüfus</b>	<b>Küresel sıralama</b>	<b>Yurtiçi sıralama</b>
<b>Seoul</b>	South Korea	21254000	1	1
<b>Guangzhou</b>	China	44309000	2	1
<b>New York</b>	USA	13648000	3	1
<b>Hong Kong SAR</b>	China	6029000	4	1
<b>Los Angeles</b>	USA	13482000	5	2
<b>Shanghai</b>	China	23804000	6	2
<b>Country of Singapore</b>	Singapore	5235000	7	1
<b>Chicago</b>	USA	7260000	8	3
<b>Tokyo/Yokohama</b>	Japan	32999000	9	1
<b>Riyadh</b>	Saudi Arabia	5747000	10	1
<b>Dubai</b>	UAE	4971000	11	1
<b>Wuxi</b>	China	12010000	12	3
<b>Johannesburg</b>	South Africa	11049000	13	1
<b>Tehran</b>	Iran	12671000	14	1
<b>Moscow</b>	Russia	14453000	15	1

Tablo 8 (Devamı).

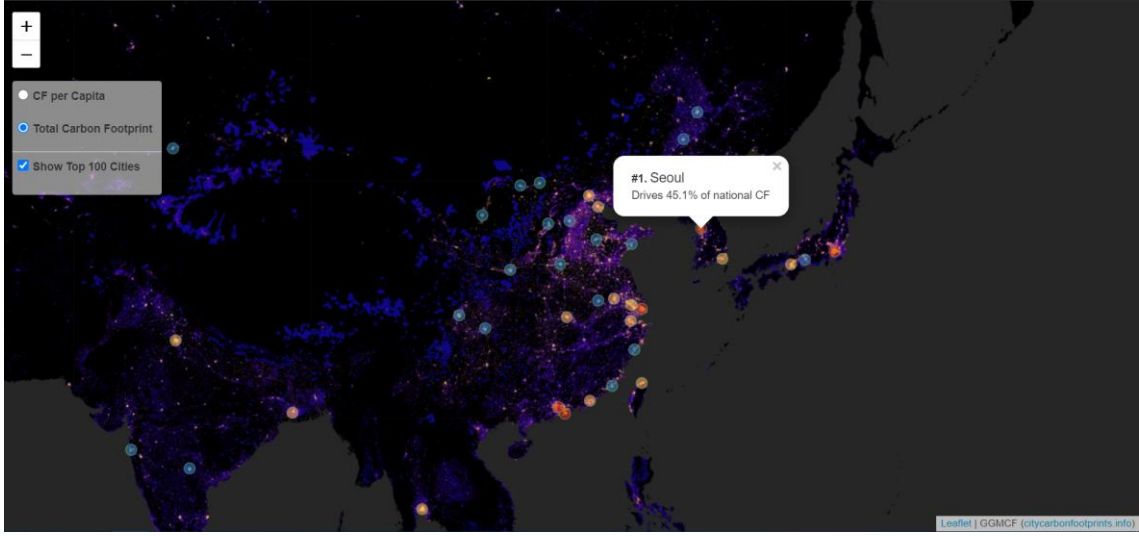
Kentsel Küme	Ülke	Nüfus	Küresel sıralama	Yurtiçi sıralama
London	UK	9486000	16	1
Benha	Egypt	34556000	17	1
Beijing	China	19919000	18	4
Jakarta	Indonesia	36351000	19	1
Al-Ahmadi	Kuwait	2697000	20	1
Miami	USA	5031000	21	4
Samut Prakan	Thailand	15083000	22	1
Paris	France	10120000	23	1
Dallas	USA	4674000	24	5
Tianjin	China	7971000	25	5
Istanbul	Turkey	13587000	26	1
Detroit	USA	2770000	27	6
Philadelphia	USA	3591000	28	7
San Jose	USA	4003000	29	8
New Delhi	India	27230000	30	1
Cologne	Germany	6942000	31	1
Houston	USA	4524000	32	9
Jeddah	Saudi Arabia	3287000	33	2
Washington D.C.	USA	3285000	34	10
Osaka	Japan	15566000	35	2



Şekil 2. Küresel karbon ayak izi(Ivanova vd. 2017; Moran vd. 2018)

Şekil 2. Küresel karbon ayak izinde görüntülenen harita, bölme hücresi başına emisyon miktarını göstermek amacıyla küresel karbon ayak izini bölmeli olarak göstermektedir. Aynı zamanda, en iyi 100 şehir küresel düzeyde (mavi olarak gösterilen

ilk 100, turuncu olarak gösterilen ilk 50 ve kırmızı olarak gösterilen ilk 10) Güney Asya ve Afrika kökenindedir.



Şekil 3. Kore ve Çin'in karbon ayak izinin emisyon haritası (Hasegawa, Kagawa, ve Tsukui 2015; Moran vd. 2018)

Şekil 3, Seoul bölgesinin ve Çin'in karbon ayak izini bölmesi hücreleri başına emisyon miktarını göstermek amacıyla tasarlanmıştır. Harita, insanların daha kolay bir şekilde belirli bölgelerdeki karbon ayak izini anlamalarını kolaylaştırmak için özel olarak oluşturulmuştur. Mavi renkli hücreleri, daha düşük emisyon seviyelerini temsil ederken, turuncu veya kırmızı tonlarındaki hücreler, daha yüksek emisyon miktarını ifade etmektedir (Moran vd. 2018).

#### 1.4.4 Türkiye'nin Karbon Ayak İzi

Türkiye, fosil yakıtlara bağımlı olduğu için küresel çapta karbon ayak izini azaltmak için potansiyel bir avantaja sahiptir. Bu amaçla, Küresel Carbon Project tarafından İstanbul, Ankara, Antalya, Bursa, Kayseri ve Gaziantep gibi şehirlerdeki kişi başına düşen karbon ayak izi ton CO<sub>2</sub> cinsinden sırasıyla  $5.2 \pm 1.2$ ,  $6.9 \pm 2.1$ ,  $8.7 \pm 4.0$ ,  $5.1 \pm 2.9$ ,  $6.5 \pm 2.9$  ve  $4.1 \pm 2.8$  olarak ölçülmüştür. İstanbul, dünya genelinde 26. sırada ve ülke genelinde 1. sırada yer almıştır. Tablo 9'da gösterilen şehirlerdeki toplam karbon emisyonları ise milyon ton CO<sub>2</sub> olarak yurt içi büyükten küçüğe sıralamasıyla  $70.9 \pm 16.0$ ,  $29.3 \pm 9.1$ ,  $7.8 \pm 3.5$ ,  $7.0 \pm 3.9$ ,  $5.7 \pm 2.5$  ve  $4.9 \pm 3.4$  olarak ölçülmüştür. Nüfus tahminleri ise sırasıyla 13587000, 4269000, 888000, 1365000, 875000 ve 1198000'dir. Türkiye'de karbon ayak izini azaltmanın en etkili yolu, jeotermal, rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmaktır. Bunu yapabilmek için, ülke genelinde bölgesel ve küresel işbirliklerinin dikkatlice planlanması gerekmektedir. Türkiye'deki karbon ayak

izini azaltmanın başarılması zorlu bir süreç olabilir, ancak alınacak önlemler ile bu mümkün olacaktır (GGMCF 2023; Moran vd. 2018).

Tablo 9. GGMCF'ye göre En Yüksek KAI Türkiye illeri

Kentsel Küme	Ülke	Ayak izi/kapasite	Nüfus	Ayak izi (mt CO <sub>2</sub> )	Küresel sıralama	Yurt içi sıralama
İstanbul	Türkiye	5.2 ±1.2	13587000	70.9 ±16.0	26	1
Ankara	Türkiye	6.9 ±2.1	4269000	29.3 ±9.1	80	2
Sakız Adası	Türkiye	6.0 ±2.8	2555000	15.4 ±7.0	154	3
Antalya	Türkiye	8.7 ±4.0	888000	7.8 ±3.5	285	4
Bursa	Türkiye	5.1 ±2.9	1365000	7.0 ±3.9	318	5
Kayseri	Türkiye	6.5 ±2.9	875000	5.7 ±2.5	385	6
Gaziantep	Türkiye	4.1 ±2.8	1198000	4.9 ±3.4	454	7

GGMCF'ye göre dünyada en yüksek karbon ayak izine sahip 500 il arasındaki Türkiye'de bulunan iller

Tablo 9'da gösterilmiştir. Bu verilere göre, farklı kentlerin kişi başına düşen karbon ayak izi değerleri değişkenlik göstermektedir. Gaziantep ve İstanbul'da kişi başına düşen karbon ayak izi daha düşükken, Antalya ve Ankara gibi büyük şehirlerin değerleri daha yüksektir. Bunun nedeni, büyük şehirlerin daha fazla karbon emisyonuna sahip olmasıdır. Nüfus ve karbon ayak izi arasında da bir ilişki mevcuttur. Büyük nüfusa sahip şehirlerin daha yüksek toplam karbon ayak izine sahip olmaları doğaldır. Küresel sıralama ve Türkiye içindeki sıralama, bu şehirlerin karbon ayak izi performansını göstermektedir (GGMCF 2023; Moran vd. 2018). Bu tablo, şehirlerin karbon ayak izi performansını karşılaştırmak için kullanılabilir. Örneğin, Antalya ve Bursa'nın kişi başına düşen karbon ayak izi değerleri benzerdir, ancak küresel sıralamada farklı yerlerdedirler. Bu veriler, karbon ayak izini etkileyen faktörlerin farklı olduğunu ve bu faktörlerin önemini vurgulamaktadır (GGMCF 2023; Moran vd. 2018).



Şekil 4. Türkiye'nin karbon ayak izinin emisyon haritası(Jones ve Kammen 2014; Moran vd. 2018)

Türkiye'nin farklı bölgelerinin karbon emisyonlarını göstermeyi amaçlayan

Şekil 4, insanların Türkiye'nin farklı bölgelerindeki karbon ayak izini daha iyi anlamalarına yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır. Harita, mavi renkli bölme hücreleri ile düşük karbon emisyonu seviyelerini, turuncu ve kırmızı tonlarındaki bölme hücreleri ile de yüksek emisyon miktarını göstermektedir. Bu harita, sürdürülebilirlik çabalarının hangi bölgelerde yoğunlaşması gerektiği ve bölgesel politikaların ve uygulamaların karbon ayak izini azaltma çabalarına nasıl katkı sağlayabileceğini göstermektedir (GGMCF 2023; Moran vd. 2018).

## **1.5 Karbon Ayak İzi Hesabı**

### **1.5.2 IPCC Yöntemi**

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Birleşmiş Milletler tarafından iklim değişikliğini incelemek ve bu konuda bilimsel temelli çözümler sunmak amacıyla oluşturulmuş uluslararası bir yapıdır. Bu panel, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ile işbirliği yaparak, ülkelerin iklim değişikliği ile ilgili bilimsel veri ve analizlere dayanan stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. IPCC, yayımladığı raporlarla, dünya genelindeki ısınma ve sera gazı emisyonlarının neden olduğu tehlikeler konusunda hem kamuoyunu hem de yönetimleri bilgilendirmektedir. Bu raporlar, tarafsız ve şeffaf bir şekilde hazırlanarak, ülkelerin kendi emisyon envanterlerini oluşturması ve uygun politika adımları atması için rehberlik etmektedir. IPCC'nin bu çalışmaları, küresel çapta iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynamaktadır (Bozoğlu 2018; Can 2019).

IPCC metodolojisi, sera gazı emisyonlarının ölçülmesi ve raporlanması için bilimsel temellere dayanan bir yaklaşım sunar. Bu kapsamda, ülkeler için standartlar belirlenmiş ve bu standartlara uygun hesaplama yöntemleri detaylandırılmıştır. Ülkelerin kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlarını belirlemek için kullanabileceği bu metodoloji, ayrıca enerji, ulaşım, tarım ve atık gibi farklı alanlardaki etkilerin hesaplanmasına da olanak tanır. IPCC'nin raporlarında yer alan sera gazı envanterleri, her ülkenin kendi şartlarına uyarlayabileceği çeşitli yaklaşımları kapsamaktadır. Bu yaklaşımlar, ülkelerin emisyon azaltım hedeflerini belirlemelerinde ve ulusal politikalara rehberlik etmelerinde kritik bir bileşen sunar (Bozoğlu 2018; Can 2019).

## Tier Yaklaşımları ve Sera Gazı Hesaplama Metodolojisi

IPCC tarafından geliştirilen sera gazı hesaplama metodolojisinde, emisyon faktörlerine dayalı üç farklı seviyeden oluşan bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu seviyeler, Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olarak adlandırılır ve ülkelerin mevcut veri düzeyi ve teknik kapasitesine göre uygulanabilir. Tablo 10, tier yaklaşımlarının veri gereksinimi, doğruluğu, karmaşıklık ve uygunluk açısından karşılaştırmasını vermiştir (Han 2011).

- **Tier 1 Yaklaşımı:** Basit ve uygulanabilir bir hesaplama yöntemi olan Tier 1, genelleştirilmiş emisyon faktörlerinin kullanılmasını temel alır. Bu yöntemde, bir ülkenin toplam yakıt tüketimi, uluslararası standartlara uygun olarak belirlenmiş emisyon faktörleri ile çarpılarak CO<sub>2</sub> emisyonları tahmin edilir. Ancak bu yaklaşım, yakıtın yakıldığı teknoloji ya da kontrol önlemleri gibi detayları dikkate almaz ve dolayısıyla belirli bir seviyede belirsizlik taşır. Bu yöntem, veriye ulaşım imkanları kısıtlı olan ülkeler için hızlı bir değerlendirme aracı sunar (Can 2019).
- **Tier 2 Yaklaşımı:** Tier 1'den daha detaylı olan bu yöntem, her ülkenin kendi şartlarına özgü olarak belirlediği emisyon faktörlerini kullanmasını gerektirir. Bu faktörler, yakıt türü, yakıtın yakıldığı teknolojinin yaşı, bakım düzeyi ve çalışma koşulları gibi parametrelere dayandığı için daha fazla kesinlik sunar. Tier 2, ülkelere özgü emisyon hesaplamalarında daha az belirsizlik ve daha fazla doğruluk sağlar. Bu yaklaşım, ayrıca sektör bazlı emisyon analizlerinde de önemli bir rol oynar (Can 2019).
- **Tier 3 Yaklaşımı:** En detaylı metodoloji olan Tier 3, emisyonların tahmini için kapsamlı modellemeler ve ülkeye özgü veriler kullanır. Bu yaklaşım, sadece yakıt tüketimini değil, aynı zamanda teknoloji kullanımı, ulaşım mesafeleri ve taşınan yük miktarı gibi detaylı parametreleri de hesaba katar. Bu nedenle, Tier 3 en yüksek doğruluğu sağlayan ancak en karmaşık hesaplama yöntemidir. Tier 3, ayrıca ülkelerin uzun vadeli emisyon azaltım stratejilerini destekleyen ileri düzeyde bir aracı temsil eder (Can 2019).

IPCC'nin bu metodolojisi, ülkelerin iklim politikaları geliştirirken bilimsel bir altyapıdan yararlanmasına olanak tanır. Tier yaklaşımları hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin mevcut kapasitelerine uygun olarak emisyonlarını izlemelerine ve yönetmelerine yardımcı olur. Bu esneklik, küresel çapta iklim değişikliğiyle mücadelede kapsayıcı bir yaklaşımın benimsenmesini sağlar. IPCC metodolojisi, aynı zamanda şeffaflık ve karşılaştırılabilirlik ilkelerini de destekler. Tier yaklaşımları sayesinde, ülkelerin sera gazı emisyonları hakkında tutarlı ve güvenilir veriler sunması mümkün olur. Bu veriler, uluslararası iklim anlaşmalarının uygulanması ve izlenmesi

açısından kritik öneme sahiptir. Sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında bilimsel temellere dayanan, esnek ve şeffaf bir çerçeve sunar. Bu çerçeve, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele çabalarını destekleyen ve küresel işbirliğini güçlendiren önemli bir araçtır (Bozoğlu 2018).

Uluslararası kabul görmüş “Greenhouse Gas (GHG) Protokolü” gibi standartlar, karbon ayak izinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için emisyonları üç ana kategoriye ayırır: Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3. Bu kapsamlar, işletmenin kontrolünde olan veya dolaylı olarak etkilediği faaliyetlerden kaynaklanan emisyonların tespit edilmesinde metodolojik bir çerçeve sunar. Aşağıda, her bir kapsam detaylı olarak ele alınmaktadır. Kapsam 1 emisyonları, bir işletmenin doğrudan sahip olduğu ya da kontrol ettiği kaynaklardan meydana gelen sera gazı salınımlarını ifade eder. Bu emisyonlar, tesis içinde gerçekleşen yanma süreçlerinden (örneğin, kazanlarda veya fırınlarda yakıt tüketimi), şirketin filosuna ait araçların kullanımı, üretim süreçleri sırasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar veya tesis içi enerji üretim birimlerinden kaynaklanabilir. İşletmenin operasyonel süreçlerinde kullandığı fosil yakıtların yanması, doğal gaz, dizel veya benzin gibi enerji kaynaklarının tüketilmesi sonucunda ortaya çıkan emisyonlar, doğrudan ölçülebilen ve genellikle net enerji tüketim verilerine dayalı hesaplanabilen emisyonlardır. Kapsam 1 emisyonlarının belirlenmesi, işletmenin enerji tüketimi ve proses verimliliği üzerine doğrudan kontrol sahibi olması dolayısıyla, çevresel yönetim stratejilerinin uygulanmasında kilit rol oynar. Ayrıca, bu emisyon kalemi, işletmenin faaliyet alanındaki teknik iyileştirmeler, yenileme çalışmaları veya yenilenebilir enerji kullanımına geçiş gibi somut adımların ölçümle desteklenmesi açısından da temel bir veri kaynağı olarak değerlendirilir (Bozoğlu 2018).

Kapsam 2, işletmenin tükettiği elektrik, ısı, buhar veya soğutma gibi enerji kaynaklarının üretimi sırasında ortaya çıkan dolaylı emisyonları kapsar. Burada önemli olan nokta, işletmenin kendi tesislerinde bu enerjileri üretmediği, ancak satın alarak kullanmakta olduğudur. Enerjinin üretildiği santrallerde kullanılan fosil yakıtlar veya diğer enerji kaynaklarının yanma süreçleri, salınan sera gazlarının miktarını belirler. Bu kapsamda hesaplama yapılırken, işletmenin tükettiği enerji miktarına ek olarak, enerji üretiminde kullanılan yakıt türleri, üretim verimliliği ve teknolojik altyapı gibi faktörler de dikkate alınır. Kapsam 2 emisyonlarının tespiti, genellikle enerji tedarikçilerinden elde edilen emisyon faktörleri ve tüketim verileri üzerinden gerçekleştirilir. Bu noktada, pazara dayalı veya yerel (location-based) hesaplama metodolojileri kullanılabilen, böylece işletmenin enerji tedarikinde tercih ettiği yeşil enerji sertifikaları ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi de göz önüne alınabilmektedir. Sonuç olarak,

Kapsam 2, işletmenin dış kaynaklardan aldığı enerjinin dolaylı etkilerini ortaya koyarak, sürdürülebilir enerji yönetimi ve tedarik zinciri stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir göstergedir (Bozoğlu 2018).

Kapsam 3, işletmenin faaliyetleriyle doğrudan ilişkili olmamakla birlikte, tedarik zinciri ve ürün yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan dolaylı emisyonları kapsamaktadır. Bu kapsam, hammadde temini, ürün üretimi, lojistik, dağıtım, iş seyahatleri, çalışanların işe gidip gelmesi, ürün kullanımı ve nihai bertaraf gibi çok çeşitli kategorileri içerir. Kapsam 3 emisyonları, genellikle işletmenin kontrolü dışında gerçekleşen fakat faaliyetlerinin ayrılmaz bir parçası olan süreçlerden kaynaklandığından, ölçümü ve raporlanması en karmaşık olan emisyon türüdür. Bu kapsam altındaki verilerin toplanması, tedarikçiler, lojistik ortakları, müşteriler ve diğer paydaşlarla yakın iş birliği gerektirmekte, ayrıca sektör bazında normlar ve standartlar çerçevesinde karşılaştırmalı analizler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Kapsam 3, birçok işletme için toplam karbon ayak izinin büyük bir kısmını oluşturabilmekte olup, bu nedenle sürdürülebilirlik stratejilerinin belirlenmesi, ürün tasarımından ambalajlamaya, dağıtım süreçlerinden geri dönüşüm ve atık yönetimine kadar geniş bir yelpazede müdahaleyi gerektirmektedir. Özellikle küresel tedarik zincirlerine sahip büyük ölçekli işletmelerde, Kapsam 3 emisyonlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi ve raporlanması, hem çevresel performansın artırılması hem de yasal düzenlemeler ve paydaş beklentileri açısından kritik öneme sahiptir (Bozoğlu 2018).

Tablo 10. IPCC Sera Gazı Hesaplama Metodolojisi: Tier Yaklaşımları

Tier Seviyesi	Açıklama	Veri Gereksinimi	Doğruluk	Karmaşıklık	Uygunluk
Tier 1	Genelleştirilmiş emisyon faktörleri kullanılır. Yakıt tüketimi ile emisyon faktörü çarpılarak CO <sub>2</sub> emisyonu hesaplanır.	Düşük (Yakıt tüketim verileri)	Düşük	Basit	Veriye erişimi kısıtlı ülkeler, hızlı değerlendirme
Tier 2	Ülkeye özgü emisyon faktörleri kullanılır. Yakıt türü, teknoloji, bakım gibi faktörler dikkate alınır.	Orta (Ülkeye özgü emisyon faktörleri)	Orta	Orta	Daha doğru emisyon hesaplaması isteyen ülkeler, sektör bazlı analizler
Tier 3	Detaylı modelleme ve ülkeye özgü veriler kullanılır. Teknoloji, ulaşım mesafesi, yük miktarı gibi faktörler de hesaba katılır.	Yüksek (Kapsamlı veriler ve modelleme kapasitesi)	Yüksek	Karmaşık	En doğru emisyon hesaplaması isteyen ülkeler, uzun vadeli stratejiler

### 1.5.3 Defra Yöntemi

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA), çevre koruma politikalarının etkinliğini artırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla emisyon katsayıları yayınlamaktadır. Bu katsayılar, sera gazı emisyonlarının ve küresel ısınma etkilerinin hesaplanmasını sağlayan kritik bir araç olarak kabul edilmektedir. DEFRA'nın yıllık olarak güncellediği bu veriler, yalnızca enerji tüketimi ve ulaşım araçlarından kaynaklanan emisyonları değil, aynı zamanda gıda tüketimi, yakıt kullanımı ve diğer sektörlerin çevresel etkilerini de kapsamaktadır. Bu şekilde, bireylerin ve kuruluşların karbon ayak izlerini daha sistematik bir biçimde değerlendirmelerine olanak tanınmaktadır. Yayımlanan dönüşüm faktörleri, farklı sektörlerdeki çevresel etkilerin ölçülmesinde kullanılabilir bilimsel temelli bir altyapı sunmaktadır. Bu veriler yalnızca çevresel etki analizlerinin daha ayrıntılı bir şekilde yapılmasını değil, aynı zamanda bu analizlerin karar alma süreçlerine entegre edilmesini de kolaylaştırmaktadır. Özellikle enerji ve ulaşım sektörlerinde yapılan bu tür analizler, çevresel zararı minimize eden politikaların geliştirilmesinde önemli bir rehber işlevi görmektedir. Örneğin, ulaşım sektöründe fosil yakıt kullanımını azaltma stratejileri, bu veriler aracılığıyla daha etkili bir şekilde modellenir. Benzer şekilde, gıda tüketimi ile ilgili veriler, bireylerin ve şirketlerin çevresel etkilerini daha bilinçli bir şekilde değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır. Bu analizler, sürdürülebilir tüketim ve üretim alışkanlıklarının teşvik edilmesine önemli bir katkı sunmaktadır (Anonim 2024).

Dönüşüm faktörleri, yalnızca bir emisyon hesaplama aracı değil, aynı zamanda çevresel farkındalığı artırma ve sürdürülebilirlik politikalarını yönlendirme açısından önemli bir role sahiptir. Bu faktörler, farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin ve bireylerin çevresel etkilerini anlamalarına ve bu etkilere yönelik çözümler geliştirmelerine katkı sağlar. Dönüşüm faktörleri, ısınma, elektrik, taşımacılık ve tarım gibi sektörlerdeki faaliyetlerin çevresel etkilerini hesaplama imkânı sunar. Bu verilere, İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı internet adresi üzerinden yıllar bazında düzenlenen kataloglarla erişilebilmektedir. Güncellenen bu kataloglar, emisyon faktörlerinin zamana bağlı değişimini ve gelişimini takip etmeye olanak tanır. Bu yöntem, geçmiş ve güncel verilere dayanarak analiz yapabilme avantajı sunar. DEFRA'nın sağladığı veriler, ulusal ve uluslararası çevresel raporlama standartlarının geliştirilmesine destek olur. Bu raporlama süreçleri, ülkelerin ve kurumların çevresel performansını değerlendirmede kritik bir rol oynar (Alagöz vd. 2022, Anonim 2024).

Enerji tüketimi gibi bireysel faaliyetlerin karbon ayak izi üzerindeki etkisi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Defra yöntemi, bireylerin ve kurumsal aktörlerin bu

etkileri ölçmesine ve daha bilinçli kararlar alarak sürdürülebilirliğe katkı sağlamasına olanak tanır. Örneğin, bir şirketin çalışanlarının ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları hesaplaması, bu emisyonları azaltmak için hangi stratejilerin uygulanabileceği konusunda fikir verir. Aynı şekilde, bireyler de tükettikleri gıdaların çevresel etkilerini daha iyi anlayarak daha sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları geliştirebilir. Özellikle gıda sektöründe, karbon ayak izi ölçümleri sayesinde tüketiciler daha çevre dostu ürünleri tercih etme imkanına sahip olurken, üreticiler de daha az karbon salınımı yapan üretim yöntemlerine yönelebilir. Ayrıca küresel çevresel sorunlara yönelik çözüm yollarının geliştirilmesinde temel bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu katsayılar, iklim değişikliğiyle mücadelede hükümetlerin, işletmelerin ve bireylerin daha etkin politikalar ve stratejiler oluşturmalarına katkı sağlar. Örneğin, ulaşım sektöründe kullanılan fosil yakıtların yerini elektrikli araçların almasıyla birlikte emisyon değerlerinde belirgin bir düşüş sağlanabilir. Bu tür değişimlerin etkisi ise DEFRA yöntemi kullanılarak ölçülebilir ve izlenebilir. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve enerji verimliliğinin teşvik edilmesi, bu katsayılar sayesinde daha somut bir şekilde değerlendirilebilir (Seyhan ve Çerçi 2022).

DEFRA'nın yayınladığı emisyon katsayıları, hem bireyler hem de kurumsal aktörler için önemli bir kaynak olarak hizmet etmektedir. Bu katsayılar, karbon ayak izi hesaplamalarının bilimsel temellere dayandırılmasını ve çevresel süreçlerin daha bilinçli bir şekilde yönetilmesini mümkün kılar. Şu bir gerçektir ki, küresel ısınma ve çevresel bozulma gibi sorunlarla mücadele etmek, doğru verilere dayanan kararların alınmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda Defra yöntemi, bu karar süreçlerini destekleyen kritik bir bileşen olarak karşımıza çıkmaktadır. DEFRA'nın dönüşüm faktörleri sadece bir hesaplama aracı değil, aynı zamanda daha yaşanabilir bir dünya için bir rehber niteliği taşımaktadır (Alagöz vd. 2022).

## **1.6 Uluslararası Sözleşmeler**

İklim değişikliği ve küresel ısınma, tüm dünyayı tehdit eden en önemli sorunların başında gelmektedir. Bu sorunların çözümü için uluslararası toplumun koordineli çalışması ve ortak hareket etmesi kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler çatısı altında oluşturulan Paris İklim Anlaşması, Kyoto Protokolü ve UNFCCC gibi sözleşmeler, iklim değişikliğine karşı mücadelede temel küresel araçlar olarak kabul edilmektedir (Hünerli vd., 2024).

### **1.6.2 Paris İklim Anlaşması ve Türkiye**

2015 yılında imzalanan ve 2016'da yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir dönüm noktasıdır. Anlaşmanın temel amacı, küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelere kıyasla 2°C'nin altında tutmak ve 1,5°C ile sınırlandırmaya çalışmaktır. Bu doğrultuda, sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğine uyum sağlanması ve bu faaliyetlerin finansmanı gibi konularda uluslararası iş birliği hedeflenmektedir (Kaplan, Gümüş, ve Özder 2024; Köse 2018).

Türkiye, Paris İklim Anlaşması'na 22 Nisan 2016 tarihinde imza atmış ve 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Kararı ile resmen onaylamıştır. Anlaşmaya taraf olma sürecinde, Türkiye'nin "gelişmekte olan ülke" statüsünde yer alması ve uluslararası finansman mekanizmalarından yararlanma talebi önemli bir rol oynamıştır. Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı (NDC), 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını olağan senaryoya göre %21'e kadar azaltmayı hedeflemektedir. Bu amaca ulaşmak adına enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve ormancılık faaliyetlerinin desteklenmesi gibi çeşitli politikalar hayata geçirilmektedir (Birpınar 2022; Karakaya 2016).

### **1.6.3 Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin Pozisyonu**

Kyoto Protokolü, 1997 yılında imzalanan ve 2005 yılında yürürlüğe giren, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedefleyen uluslararası bir anlaşmadır. Protokol, gelişmiş ülkelere belirli emisyon azaltım hedefleri koyarken, gelişmekte olan ülkeler için bağlayıcı hedefler öngörmemektedir. Türkiye, Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında taraf olmuştur. Ancak, "gelişmekte olan ülke" statüsünde yer alması nedeniyle, Türkiye'ye emisyon azaltım hedefi konulmamıştır (Karakaya 2016).

### **1.6.4 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)**

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), 1992 yılında imzalanan ve 1994 yılında yürürlüğe giren, iklim değişikliğiyle mücadele alanında temel bir uluslararası anlaşmadır. Sözleşme, iklim sistemini korumak ve insan kaynaklı iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini önlemek için küresel bir çerçeve oluşturmaktadır. Türkiye, UNFCCC'nin ilk imzacıları arasında yer almaktadır. Sözleşme kapsamında, Türkiye düzenli olarak Ulusal Bildirim Raporları hazırlamakta ve iklim değişikliği ile mücadele alanındaki politikalarını ve eylemlerini uluslararası topluma bildirmektedir. Ayrıca, Türkiye, UNFCCC'nin finansman mekanizmalarından yararlanarak iklim değişikliğine uyum ve azaltım projelerine destek sağlamaktadır (Birpınar 2022).

## 1.7 Yapılan Çalışmalar

Fouladvand vd, yaptıkları çalışmada Hollandalı haber yayın şirketi Nieuwsuur'un karbon ayak izini hesaplamışlardır. Bu çalışma, Nieuwsuur'un yıllık 235,28 ton CO<sub>2</sub>e emisyonu yaydığını ortaya koymuştur. Bu emisyonlarda %64.6 ile Ulaşımın büyük payı olduğu görülmüş ve evden çalışma ve sürdürülebilir şirketlerden hizmet alımı gibi karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik etkili stratejiler önerilmiştir. Bunun yanı sıra, elektrikli araç kullanımını teşvik etme ve vejetaryen beslenmeye odaklanma gibi önerilerle, karbon ayak izinin azaltması amaçlanmıştır (Fouladvand vd. 2023)

Altınöz'ün (2019) çalışmasında, Kırklareli'nde altı farklı bina enerji verimliliği ve karbon ayak izi açısından incelenmiştir. Analizler, Graphisoft Archicad yazılımının Eco Designer Star modülüyle gerçekleştirilmiştir. Binaların yalıtımsız durumları, restorasyon sonrası iyileştirilmiş senaryolar ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edildiği durumlar değerlendirilmiştir. Restorasyon sonrası ahşap yapılar için 10 cm, betonarme yapılar için 6 cm yalıtım kalınlığı önerilmiş ve yalıtımla birlikte karbon salınımı %45-70, elektrik tüketimi %5-21, toplam enerji tüketimi ise %35-65 oranında azalmıştır. Yalıtımsız binalarda 12.99-37.21 kg/m<sup>2</sup> arasında değişen CO<sub>2</sub> emisyonlarının, yalıtım ve yenilenebilir enerjiyle 6.73-17.33 kg/m<sup>2</sup>'ye düştüğü görülmüştür. Ayrıca, enerji maliyetleri yalıtımsız durumda 8.69-21.64 TL/m<sup>2</sup> iken yalıtım sonrası 5.68-11.16 TL/m<sup>2</sup>'ye gerilemiştir. Güneş kolektörleri ve fotovoltaik panellerin entegrasyonu ile enerji tüketimi ve karbon salınımında belirgin azalmalar sağlandığı görülmüştür. Özellikle, çok katlı betonarme binalarda bu sistemlerin etkisi daha belirgin olmuştur. Bu çalışma, enerji verimliliğini artırma ve karbon ayak izini azaltmada yalıtım ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kritik rolünü ortaya koymuştur (Altınöz 2019).

Cooper vd., bu çalışmada, Imperial College London'un karbon emisyonlarını hesaplamışlardır. 2018 ve 2019 yıllarına ait karbon ayak izi, 7.620 ve 8.330 ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamaların önemli bir sonucu ise bölümün toplam emisyonunun %54'ünü kapsam 3 emisyonlarının oluşturmasıdır. Geri kalan %46'sı kapsam 1 ve 2 emisyonları olup elektrik tüketiminin önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bölüm ve fakülteler arasında yapılan emisyon azaltma çalışmalarının önemi üzerinde durmakta ve pandeminin etkisiyle kapsam 3 emisyonlarının artmasına dikkat çekmektedir (Cooper vd. 2023)

Filimonau vd., (2021) yaptıkları çalışmada, Birleşik Krallık'taki bir üniversitenin COVID-19 kısıtlamaları sırasında karbon ayak izini incelemiştir. Nisan-Haziran 2020

döneminde tamamen çevrim içi eğitime geçilmesi, üniversitenin karbon ayak izini %30 oranında azaltmıştır. Ancak çevrim içi eğitimin karbon yoğunluğunun pandemi öncesindeki ulaşım kaynaklı emisyonlarla neredeyse eşit olduğu belirlenmiştir. Çalışma, çevrim içi ve kampüs temelli öğretim modellerinin karbon etkilerine ilişkin önemli bulgular sunmuş, çevrim içi eğitimin beklenenden daha düşük karbon tasarrufu sağladığını göstermiştir. Öğrenci ve personel ulaşımının azaltılmasının karbon salınımını düşürmek için kritik olduğu belirtilirken, personelin otobüs gibi karbon dostu ulaşım araçlarını kullanmasını teşvik etmek amacıyla ücretsiz otobüs kartları gibi uygulamalar önerilmiştir. Çalışma ayrıca, evde kullanılan enerji yoğun cihazların karbon verimliliğini düşürdüğünü, ancak enerji maliyetlerinin farkında olunmasının enerji tasarrufu potansiyelini artırabileceğini ortaya koymuştur (Filimonau vd. 2021).

Larsen vd., yaptıkları çalışmada, Norveç Teknoloji ve Bilim Üniversitesi'nin (NTNU) karbon ayak izini incelemiş ve Çevresel Etkileşimli Girdi-Çıktı (EEIO) modeli kullanarak detaylı bir analiz sunmuştur. Araştırma, üniversitenin karbon ayak izinin çok yüksek olduğunu ve öğrenci başına ortalama 4.6 ton CO<sub>2e</sub>; çalışan başına ise 16.7 ton CO<sub>2e</sub> emisyon meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu yüksek emisyon değerleri, özellikle bilimsel kullanım için tedarik edilen ekipman ve tüketim mallarından kaynaklanmaktadır. Araştırmada, NTNU'nun fakülteleri arasındaki karbon ayak izi farklılıkları incelenmiş ve Sosyal Bilimler ve Beşeri Bilimler Fakültelerinin karbon ayak izinin, Mühendislik ve Doğa Bilimleri ile Tıp Fakültesi'ne göre çok daha düşük olduğu görülmüştür. Sosyal Bilimler'de ekipman kullanımının ve Beşeri Bilimler'de ulaşımın düşük oranda karbon ayak izine sebep olduğu görülmüştür. Ancak, üniversitenin en büyük miktardaki karbon ayak izi enerji tüketimi ve bina ile ilgili faaliyetlerde görülmektedir. Üniversitelerin karbon ayak izine sebep olan farklı alanları belirlemek ve azaltım stratejileri oluşturmak için EEIO modellemesinin etkililiğini göstermiştir (Larsen vd. 2013).

Üreden'in (2019) yılında yaptığı çalışmada, Çankırı Karatekin Üniversitesi Kampüsü'nün karbon ayak izini hesaplamıştır. Bu çalışma, kampüs alanında karbon ayak izine neden olan tüm girdilerin toplanması ve bu emisyon miktarının azaltılması için uygulanabilecek stratejilerin belirlenmesini hedeflemiştir. Araştırmada, IPCC metodolojisi kapsamında Tier Yöntemi kullanılmış ve detaylı hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, kampüsün toplam karbon salınımı yıllık 5633.13 ton CO<sub>2e</sub> olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik enerji tasarrufu sağlayan yapısal iyileştirmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanılması, atık yönetiminin etkinleştirilmesi ve ulaşımda çevre dostu çözümlerin uygulanması önerileri sunulmuştur (Üreden 2019).

Syafrudin vd., Diponegoro Üniversitesinde üç kapsam altında yapılan çalışmayla, karbon ayak izinin toplamda 16345.83 ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplandığını belirtmektedir. Elektrik faaliyetlerinin 13953.22 ton CO<sub>2</sub>e ve ulaşım faaliyetlerinin 1449.99 ton CO<sub>2</sub>e karbon emisyonu açığa çıkardığı görülmektedir. Enerji tasarrufu, verimliliğinin artırılması kampüs otobüsleri kullanımı ve yeşil alan sayısının artırılması gibi çeşitli öneriler sunularak emisyonların azaltılması hedeflemektedir (Syafrudin vd. 2020)

Ologun vd., Federal Tarım Üniversitesi Abeokuta'nın (FUNAAB) 2011 ve 2012 yıllarındaki karbon ayak izini belirlemiştir. Araştırma sonucunda elde edilen önemli bulgular, FUNAAB'in toplam karbon ayak izinin 5.935 ton CO<sub>2</sub> olduğunu göstermiştir. Bu emisyonun %63'ü ulaşım, %35'i kampüs enerji tüketimi ve %2'si tarım makineleri kaynaklıdır. Üniversitenin faaliyetleriyle ilişkilendirilen emisyonların %55'ini ise personel ve öğrenci taşımacılığında kaynaklanmaktadır. Bireysel düzeyde hesaplandığında ise kişi başına düşen karbon emisyon miktarı 0.6 ton CO<sub>2</sub>'dir. Araştırma sonucunda, FUNAAB'in yeşil enerji kullanımı teşvik edilmiştir (Ologun vd. 2014).

Kumaş vd., 2017 verileri temel alınarak Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak yerleşkesinin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda, doğal gaz, elektrik ve ulaşımdan kaynaklı yıllık 217.503 ton CO<sub>2</sub>e karbon ayak izi olduğu belirlenmiştir. Bu birimlerin yıllık karbon emisyonlarını sırasıyla 230.8 ton CO<sub>2</sub>e, 311.305 ton CO<sub>2</sub>e ve 417.48 ton CO<sub>2</sub>e olarak belirlemiş ve sürdürülebilirlik çabalarının planlanması ve uygulanması aşamasında karar alıcılara önemli bir referans sağlamıştır. Bu sayısal veriler, kurum içindeki emisyon kaynaklarının belirlenmesi ve çevresel bilinçlenmeye katkıda bulunma konusunda önemli bir adımdır (Kumaş, Akyüz, ve Güngör 2019).

Binboğa vd., Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu'nun karbon ayak izini belirlemek için yaptıkları çalışmada annex 2014 hesaplama kriterlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, okulun yıllık karbon ayak izi miktarının 98307 kg CO<sub>2</sub>e olduğu hesaplanmıştır. Bulgular, elektrik tüketimi, personel ulaşımı ve kullanılan yakıt türlerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi sonucu, karbon salınımının özellikle elektrik tüketiminden kaynaklandığını göstermektedir. Enerji verimliliğini yükseltmek ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla yapılan çalışma, ısınma ve soğutma sistemlerinin iyileştirilmesi, enerji tasarruflu aydınlatma çözümlerinin tercih edilmesi ve sürdürülebilir ulaşım politikalarının hayata geçirilmesi gibi öneriler sunmaktadır (Kocer, Yaka, ve Gungor 2015).

Yiğit ve Şeneren Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü'nde Covid-19 pandemisi döneminde, karbon ayak izini hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalarla uzaktan eğitimin etkisiyle karbon ayak izi %52.2 oranında düşüş gösterdiği belirlenmiştir. 2019 yılındaki 13273.38 ton CO<sub>2e</sub> değeri 2020'de 6338.72 ton CO<sub>2e</sub> olarak ölçülmüştür. Çalışmada, İklim Değişikliği Hükümetlerarası Paneli (IPCC) tarafından belirlenen Tier-1 yöntemi ve sera gazı emisyon faktörleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, elektrik enerjisinin kullanımından kaynaklanan emisyonların en büyük payı oluşturduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda pandemi sürecinde gerçekleştirilen uzaktan eğitimin hem karbon ayak izinin azaltılmasına hem de insanların sağlığını korumaya yardımcı olduğu görülmüştür (Yiğit ve Şeneren 2023).

Yavuz vd., yaptıkları bu çalışmada, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi'nin Karacaoğlan Yerleşkesinin karbon ayak izinin belirlenmiş ve sera gazı emisyonlarının analiz etmişlerdir. Üniversitenin 2019, 2020 ve 2021 yıllarındaki hesaplamaları, elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının kapsam-1 ve kapsam-2 de görülen birçok emisyonların büyük bir bölümünü oluşturduğunu ortaya koymuştur. ISO 14064-1 standardı ve IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri Yönergeleri kullanılarak yapılan hesaplamalar, 2019 yılında üniversitenin kapsam-1 emisyonlarının 499.67 ton CO<sub>2e</sub>, kapsam-2 emisyonlarının ise 2456.03 ton CO<sub>2e</sub> olduğunu göstermektedir. Bu çalışma özellikle enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi öneriler sunarak, üniversitelerin çevresel etkilerini anlamalarına ve sürdürülebilirlik stratejileri geliştirmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Yavuz, Kara ve Yaniktepe 2023)

Tirink ve Özen tarafından yapılan çalışmada, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven yerleşkesinde gerçekleştirilen faaliyetlerden kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplanmış ve azaltılması için öneriler sunulmuştur. 2022 yılı hesaplamalarına göre, yerleşkenin toplam karbon ayak izi, yıllık bazda 3679.66 ton CO<sub>2e</sub> olarak ve alan başına ise 1.27x10<sup>-3</sup> ton CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> olarak hesaplamıştır. Emisyon kaynakları arasında, doğal gaz kullanımı (%37), yerleşke içi ulaşım (%31) ve elektrik tüketimi (%18) ön plana çıktığı görülmüştür. DEFRA kılavuzu kullanılarak hesaplanan karbon ayak izinde çeşitli emisyon kapsamaları dikkate alınmıştır (Tirink ve Özen 2023)

Seyhan ve Çerçi yaptıkları çalışmada, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin (EBYÜ) 2019 ve 2020 yıllarına ait karbon ayak izinin hesaplanması için IPCC Tier 1 ve DEFRA metodlarını kullanmışlardır. IPCC Tier 1 metoduyla 2019 yılı için birincil karbon ayak izi 2753.2 ton CO<sub>2e</sub>, 2020 yılı için ise 2383.74 ton CO<sub>2e</sub> olarak hesaplanmıştır. DEFRA çevrim faktörleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda ise 2019 yılı için 2314.53

ton CO<sub>2</sub>e ve 2020 yılı için 1826.54 ton CO<sub>2</sub>e karbon ayak izi belirlenmiştir. Bu hesaplamalardan, IPCC Tier 1 metoduyla hesaplanan karbon ayak izinde %13.42 ve DEFRA metoduyla hesaplanan karbon ayak izinde ise %21.08 azalma görülmüştür. Bulgular, EBYÜ'nün karbon ayak izindeki azalmanın hem iklim değişikliğine bağlı faktörler hem de Covid-19 pandemisinin neden olduğu uzaktan eğitim geçişinin etkisiyle gerçekleştiğini göstermektedir. Çalışma sonucunda karbon ayak izinin belirlenmesinde yakıt tüketimi ve elektrik kullanımının önemli bir rol oynadığı ortaya koyulmuştur (Seyhan ve Çerçi 2022).

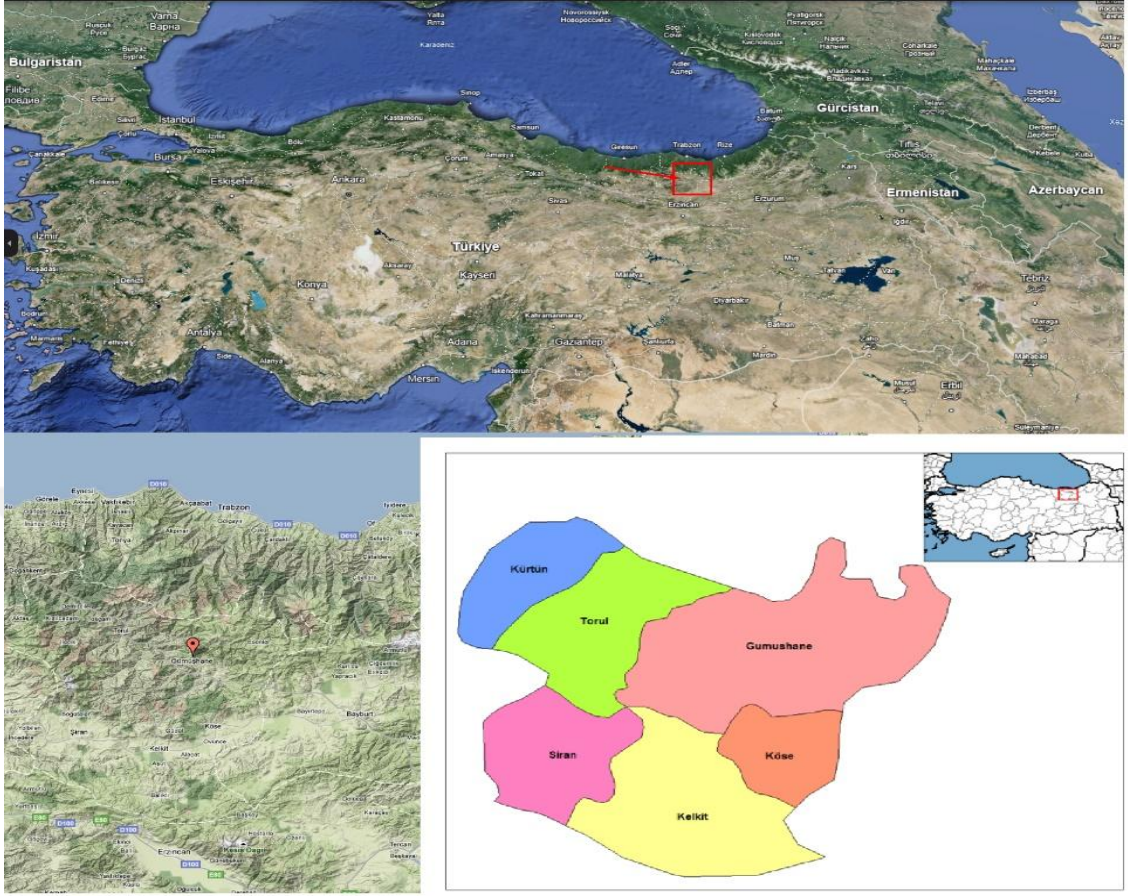
Mendoza-Flores vd., Otonom Metropolit Üniversitesi (UAM) Cuajimalpa Kampüsünün karbon ayak izini belirlemiştir. Sera gazı salınımı üç kategoride incelenmiş, Kapsam 1, Kapsam 2: ve Kapsam 3: metodları kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. 2016 yılında, kampüs yaklaşık 3000 ton CO<sub>2</sub> eşdeğer sera gazı üretmiş ve bu emisyonun %4, %24 ve %72'si sırasıyla Kapsam 1, 2 ve 3'ten kaynaklanmıştır. Çalışma sonucunda, Kapsam 3'ün en yüksek paya sahip olması nedeniyle bu kapsamda yer alan faaliyetlerin dikkatlice incelenmesi ve azaltması önerilmiştir. Ayrıca, elektrik tüketiminin azaltılması da önemli bir alan olarak görülmüştür çünkü Kapsam 2 emisyonları toplamın %24'ünü oluşturmaktadır (Mendoza-Flores, Quintero-Ramírez, ve Ortiz 2019).

Avcı ve Karakay yaptıkları çalışmada Batman Üniversitesi'nde enerji tüketimine bağlı karbon ayak izini hesaplamışlardır. Elektrik, doğal gaz ve çeşitli yakıtların üniversitenin enerji tüketimini oluşturduğu ve özellikle elektrik kullanımının karbon ayak izine etkisinin oldukça büyük olduğu görülmüştür. Batman Üniversitesi'nin 2017 yılı için IPCC Metodolojisi ve Tier 1 yaklaşımıyla hesaplanan karbon ayak izi değeri 3162855.445 ton CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir (Avcı ve Karakay 2019).

Sreng ve Yiğit Bu çalışmada, IPCC'nin Tier 1 metodolojisi ve WRI ile WBCSD'nin yöntemi kullanılarak, Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü'ndeki sera gazı emisyonlarının 2015 yılına ait hesaplamalarını yapmışlardır. Kampüsün karbon ayak izi, elektrik tüketimi, doğal gaz kullanımı ve öğrenci ile personel taşımacılığı gibi faktörler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Sonuçlar, kampüsün 2015 yılında toplam 12330.73 ton CO<sub>2</sub>e sera gazı emisyonuna sebep olduğu, bunun %65.4'ünün ise elektrik tüketiminden kaynaklandığını göstermektedir. Sonuçlar, elektrik tüketiminin karbon ayak izine olan etkisini göstermekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin önemini vurgulamaktadır (Sreng ve Yiğit 2017).

## 2 MATERYAL METOD

### 2.2 Çalışma Alanının Tanıtımı



Şekil 5. Gümüşhane İli Coğrafi Konumu

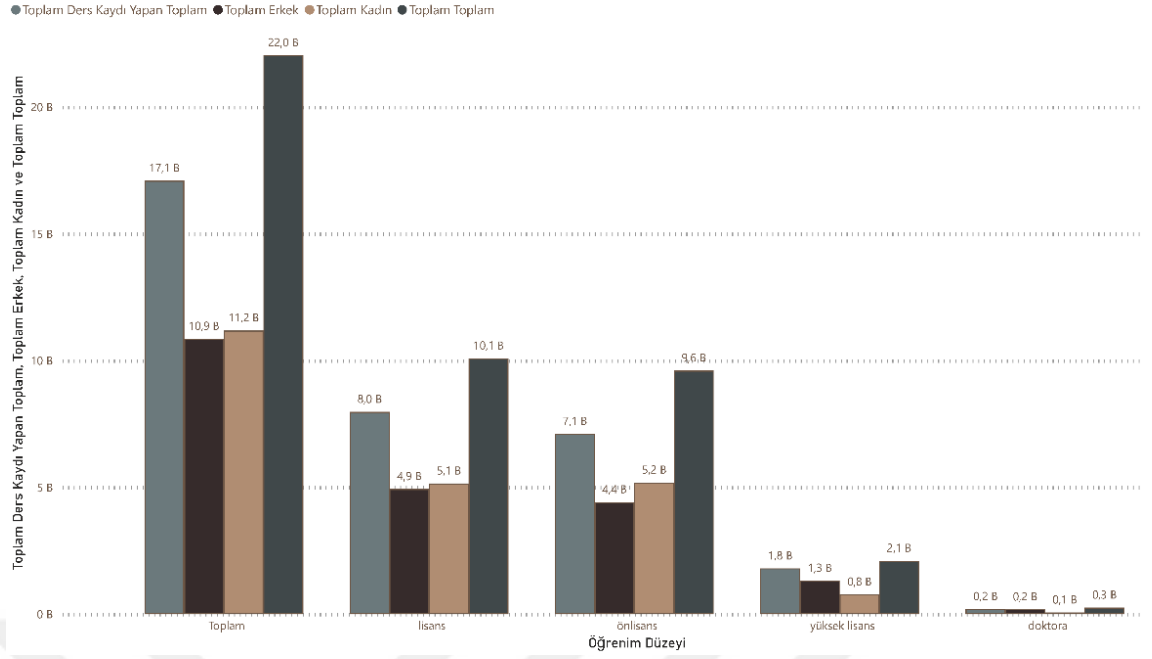
Gümüşhane Üniversitesi, 31 Mayıs 2008 tarihinde 5765 sayılı Kanun kapsamında, 26892 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak kurulmuştur. Şekil 5, Gümüşhane üniversitesinin kurulduğu coğrafi konumu göstermektedir. Üniversite, başlangıçta Rektörlüğe bağlı olarak faaliyet gösteren İletişim Fakültesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi (önceki adıyla Gümüşhane Sağlık Yüksekokulu), Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Şiran Meslek Yüksekokulu, daha sonra fakülteye dönüştürülen Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Kelkit Aydın Doğan Meslek Yüksekokulu ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü gibi birimlerle faaliyetlerine başlamıştır. Zaman içinde büyüme stratejisine paralel olarak yeni fakülteler, yüksekokullar ve meslek yüksekokulları açarak genişlemeye devam etmiştir.



Şekil 6. Gümüşhane Üniversitesi Merkez Kampüsü (Gümüşhane.edu.tr 2024)

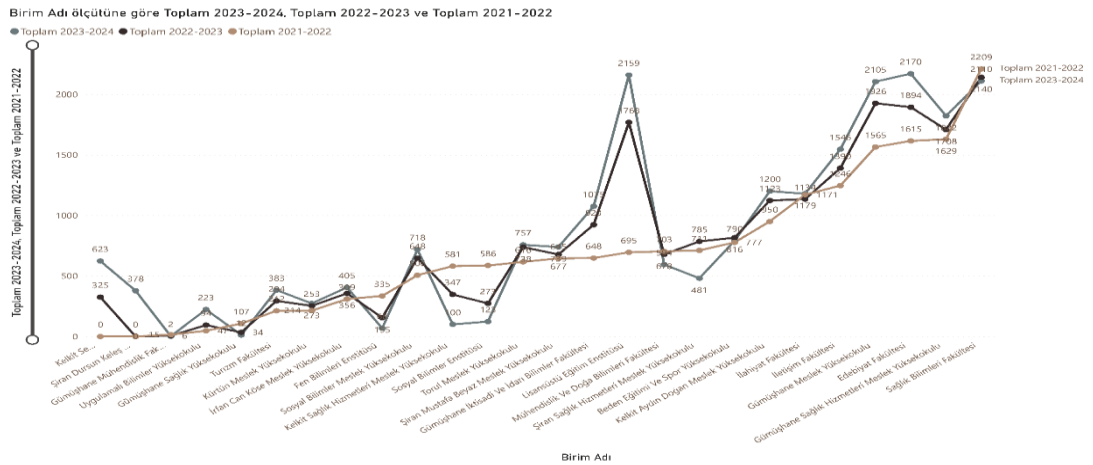
Gümüşhane Üniversitesi, kuruluşundan itibaren fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulları ve araştırma merkezleri ekleyerek büyümesini sürdürmüştür. Şekil 6'da Gümüşhane üniversitesi merkez kampüs yerleşkesinin yerleşke planlaması gösterilmiştir. Üniversite bünyesinde 1 enstitü, 7 fakülte, 2 yüksekokul, 10 meslek yüksekokulu ve 13 uygulama ve araştırma merkezi barındırmaktadır Şekil 7, Gümüşhane Üniversitesi 2023-2024 eğitim öğretim yılı öğrenim düzeyine göre öğrenci sayısı gösterilmiştir. Şekil 8, Gümüşhane üniversitesinin 2021-2024 yılları aralığında ki öğrenci sayılarını birim ve yıllara göre dağılımı göstermektedir (Gümüşhane.edu.tr 2024).

Öğrenim Düzeyi ölçütüne göre Toplam Ders Kaydı Yapan Toplam, Toplam Erkek, Toplam Kadın ve Toplam Toplam



Şekil 7. Gümüşhane Üniversitesi 2023-2024 eğitim öğretim yılı öğrenim düzeyine göre öğrenci sayısı

Şekil 7, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2023-2024 eğitim-öğretim yılına ait öğrenci sayılarını öğrenim düzeyine göre (lisans, önlisans, yüksek lisans ve doktora) göstermektedir. Grafik, toplam ders kaydı yapan öğrenci sayısını cinsiyete (kadın ve erkek) göre de ayrı ayrı sunarak genel durumu ortaya koymaktadır. Bu şekilde, öğrenim düzeyindeki farklılıklar ve cinsiyet dağılımı, toplam öğrenci sayılarıyla birlikte göstermektedir.



Şekil 8. Gümüşhane Üniversitesi birimlere ve yıllara göre öğrenci sayıları (Gümüşhane.edu.tr 2024).

Şekil 8, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2021-2022, 2022-2023 ve 2023-2024 eğitim-öğretim yıllarına ait toplam öğrenci sayılarını birim bazında karşılaştırmaktadır. Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasındaki enerji tüketimi (doğal gaz, elektrik, dizel, kömür, odun) ve su kullanımına bağlı sera gazı emisyonlarını belirleyerek küresel iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmek ve üniversitenin karbon ayak izini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Veriler, üniversitenin İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı başta olmak üzere ilgili birimlerden (Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Satın Alma Birimi) temin edilmiştir. Bu sayede, kampüs genelinde yıllara göre farklı kaynaklardan elde edilen enerji ve su tüketim miktarlarının güvenilir kurumsal veriler üzerinden analiz edilmesi sağlanmıştır.

### **Veri Toplama Süreci ve Enerji-Su Tüketim Kapsamı:**

1. Doğal gaz ve Kömür Tüketimi: Üniversite binalarının ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarına ilişkin doğal gaz ve kömür tüketimleri, ilgili yıllara ait fatura kayıtları, yakıt teslim tutanakları ve depolama birimi raporları üzerinden m<sup>3</sup> (doğal gaz) veya ton (kömür, odun) cinsinden belirlenmiştir.
2. Elektrik Tüketimi: Elektrik tüketimi, elektrik dağıtım şirketinin sağladığı faturalarda belirtilen aylık kWh değerlerinin yıllık toplamları alınarak tespit edilmiştir. Bu değerler, kampüsün fiziki büyümesi, öğrenci-personel sayısı, akademik faaliyet yoğunluğu, pandemi dönemindeki uzaktan eğitim uygulamaları ve enerji verimliliği tedbirleri gibi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilmiştir.
3. Benzin ve Dizel Tüketimi: Üniversite araç filosunun benzin ve dizel tüketimleri, yakıt alım fişleri, fatura kayıtları ve araç kullanım logları üzerinden litre cinsinden hesaplanmıştır. Farklı taşıt türlerinin (otomobil, kamyonet, minibüs, otobüs, ambulans vb.) yıllara göre değişen kullanım profili, ulaştırma politikaları ve kampüs içi/dışı lojistik faaliyetler yakıt tüketim trendlerine etki etmiştir.
4. Odun Tüketimi: Isınma veya belirli dönemlerde ihtiyaç duyulan diğer faaliyetlere yönelik odun tüketimi, satın alma kayıtları, depo miktarları ve kullanım raporları incelenerek ton cinsinden belirlenmiştir.
5. Su Tüketimi: Kampüs genelinde kullanılan su miktarları, su sağlayıcı kurumun fatura bilgileri ve iç ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler yardımıyla m<sup>3</sup> cinsinden kaydedilmiştir. Su tüketiminde pandemi dönemi ve sonrasındaki dalgalanmalar, kampüs kullanım yoğunluğu ve su yönetimi politikaları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Emisyon Hesaplama Metodolojisi: Bu çalışmada, sera gazı emisyonlarının belirlenmesinde iki uluslararası kabul görmüş metodoloji kullanılmıştır:

IPCC 2006 Kılavuzu: IPCC 2006 Rehberi, uluslararası düzeyde sera gazı emisyonlarını hesaplamak için yaygın olarak benimsenen standarttır. Bu kılavuzda, enerji, endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı, tarım, orman ve diğer arazi kullanımı ile atık sektörlerini kapsayan beş ciltte, basitten karmaşığa doğru Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımları önerilmektedir. Tier 1, genel emisyon faktörleriyle basit ve hızlı hesaplama imkânı sunarken; Tier 2, ülke veya bölgeye özgü daha spesifik faktörler kullanarak daha doğru sonuçlar elde etmeyi sağlar.

Bu çalışmada, doğal gaz, elektrik, dizel ve su tüketimi için genel emisyon faktörlerini esas alan Tier 1 metodolojisi uygulanmıştır. Bu sayede, söz konusu yakıt türlerine ilişkin karbon salımları genel-geçer uluslararası standartlar doğrultusunda hesaplanmıştır.

DEFRA Yöntemi: IPCC metodolojisine ek olarak, bu çalışmada DEFRA yaklaşımı da kullanılmıştır. DEFRA, Birleşik Krallık odaklı bir metodoloji sunmakta olup, yakıt türüne özgü ayrıntılı faktörler ve ülkeye/bölgeye özgü parametrelerle sonuçların daha esnek yorumlanmasına imkân tanımaktadır. Özellikle kömür, odun ve dizel gibi yakıtlarda DEFRA yönteminin sunduğu faktörler, IPCC'nin sağladığı genel katsayılara göre daha yüksek veya düşük değerlere yol açabilmekte, bu da metodoloji tercihlerinin nihai sonuçlar üzerindeki etkisini netleştirmektedir.

#### **Hesaplama Aşamaları:**

1. Her bir yakıt türü ve su tüketimi için yıllık toplam tüketim miktarları (m<sup>3</sup>, kWh, litre, ton) belirlendi.
2. IPCC 2006 Kılavuzu ve DEFRA rehberlerinde belirtilen, seçilen Tier seviyesine (Doğal gaz, dizel ve su için Tier 1;) ve yakıt/su türüne özgü emisyon faktörleri kullanıldı.
3. Toplam emisyon miktarları, tüketim miktarının emisyon faktörüyle çarpılması yoluyla elde edildi. IPCC ve DEFRA yöntemleri paralel olarak uygulandığından, aynı veri seti için iki ayrı metodolojiye göre de sonuçlar üretildi.
4. Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon hesaplamalarında, ulusal elektrik şebekesinin ortalama emisyon faktörleri dikkate alındı. Bu değerler, elektrik üretim kaynaklarının (kömür, doğal gaz, yenilenebilir vb.) paylarına göre IPCC ve DEFRA rehberlerinde belirlenmiştir.

## **Verilerin Karşılaştırması**

Elde edilen emisyon değerleri, yıllar bazında karşılaştırılarak üniversite faaliyetlerinin karbon ayak izi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tüketim ve emisyon eğilimleri değerlendirilerek kampüs kullanım yoğunluğunun, faaliyet türlerinin, iklim koşullarının ve enerji verimliliği önlemlerinin sonuçlara nasıl yansıdığı irdelenmiştir. IPCC ve DEFRA yöntemleriyle elde edilen emisyon değerleri arasındaki farklar analiz edilmiş, bu farklılıkların nedenleri tartışılmıştır.

### **Sınırlar ve Varsayımlar:**

1. Emisyon faktörleri için, IPCC ve DEFRA metodolojilerinin önerdiği değerler kullanılmıştır. Üniversiteye özgü yakma teknolojisi, motor verimliliği, lokal iklim koşulları veya suyun kaynağı ve arıtım teknolojileri gibi ayrıntılar göz önünde bulundurulmuştur.
2. Pandemi dönemi gibi olağan dışı koşulların tüketim ve emisyonlar üzerindeki etkileri analiz edilmiş, ancak bu dönemin kalıcı bir eğilim olarak yorumlanmasından kaçınılmıştır.
3. Su tüketimine bağlı emisyonlarda Tier 1 yaklaşımı benimsenerek yerel koşullara daha uygun bir tahmin hedeflenmiş, ancak veri kısıtları nedeniyle belirli varsayımlar ve ortalama değerler kullanılmıştır.

Bu metodolojik çerçeve ile Gümüşhane Üniversitesi'nin enerji ve su tüketimine bağlı sera gazı emisyonları hem IPCC hem de DEFRA yöntemleriyle ortaya konmuş, Tier 1 yaklaşımlarının sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve böylece üniversite ölçeğindeki karbon ayak izi analizi hem uluslararası standartlara uygun hem de yerel koşullara duyarlı bir bakış açısıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, üniversite yönetiminin sürdürülebilir enerji politikaları, ulaşım yönetimi, binalarda enerji verimliliği uygulamaları ve su kullanım stratejilerini geliştirirken veri odaklı kararlar almasına imkân sağlayacaktır.

### **2.3 IPCC Yaklaşımına Göre Hesaplama Prosedürü**

Doğalgaz, kömür, odun ve dizel tüketimine bağlı karbon emisyonları, kullanılan toplam yakıt miktarı, belirlenen emisyon faktörü, oksidasyon faktörü, dönüşüm faktörü ve küresel ısınma potansiyeli temel alınarak hesaplanmaktadır. Yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları, tüketilen Doğalgaz, kömür, odun ve dizel miktarı, yakıtın enerji içerik değeri, emisyon faktörleri ve sera gazlarının küresel ısınma

potansiyelleri (KIP) dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplama, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) gazlarının ayrı ayrı emisyon değerlerinin belirlenmesi ve CO<sub>2</sub> eşdeğerine dönüştürülmesi yoluyla gerçekleştirilir. Bu emisyon değeri eşitlik 1-5 ile elde edilir (Eggleston vd. 2006).

1) Enerji Tüketimi Hesabı:

$$ET = ((BK \times YOY) \times 10^{-3}) \times DF \times 10^{-3} \quad \text{Eşitlik 1}$$

2) CO<sub>2</sub> Emisyonu Hesabı:

$$Et_{CO_2} = ET \times (EF_{CO_2} \times 10^{-3} \times OF_{CO_2} \times KIP_{CO_2}) \quad \text{Eşitlik 2}$$

3) CH<sub>4</sub>'nun CO<sub>2</sub>e Hesabı Hesabı:

$$Et_{CH_4} = ET \times (EF_{CH_4} 10^{-3} \times OF_{CH_4} \times KIP_{CH_4}) \quad \text{Eşitlik 3}$$

4) N<sub>2</sub>O'nun CO<sub>2</sub>e Hesabı:

$$Et_{N_2O} = ET \times (EF_{N_2O} 10^{-3} \times OF_{N_2O} \times KIP_{N_2O}) \quad \text{Eşitlik 4}$$

5) Toplam CO<sub>2</sub>e Emisyonu Hesabı:

$$E_{CO_2e} = Et_{CO_2} + Et_{CO_2(CH_4)} + Et_{CO_2(N_2O)} \quad \text{Eşitlik 5}$$

Bu eşitlikte:

ET	: Hesaplanan toplam enerji tüketimi
E	: Hesaplanan sera gaz emisyonları (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O için ayrı ayrı değerler)
BK	: Yıllık yakıt kullanım miktarı (doğalgaz, kömür, odun, dizel)
YOY	: Yakıt ortalama yoğunluğu
DF	: Dönüşüm faktörü
EF	: Emisyon faktörü (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O için ayrı ayrı değerler)
OF	: Oksidasyon faktörü (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O için ayrı ayrı değerler)
KIP	: Küresel ısınma potansiyeli (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O için ayrı ayrı değerler)
10 <sup>-3</sup>	: Birim dönüştürme katsayısı

Su tüketimine bağı karbon emisyonları, kullanılan toplam su miktarı ve belirlenen emisyon faktörü temel alınarak hesaplanmaktadır. Bu emisyon değeri, Eşitlik 6 ile elde edilir (Eggleston vd. 2006):

$$EtCO_2 = ST \times EF \times 10^{-3} \quad \text{Eşitlik 6}$$

Bu eşitlikte:

- EtCO<sub>2</sub> : Hesaplanan toplam karbondioksit emisyonu  
ST : Yıllık kullanım miktarı  
EF : Emisyon Faktörü

Elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları, tüketilen toplam elektrik miktarı, emisyon faktörü ve iletim-dağıtım kayıpları dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu emisyon miktarı, aşağıdaki Eşitlik 7 ile elde edilir (Eggleston vd. 2006):

$$EtCO_2 = ((FV \times EF \times \text{İ\&DK}\%) + (FV \times EF)) \times 10^{-3} \quad \text{Eşitlik 7}$$

- EtCO<sub>2</sub> : Hesaplanan toplam karbondioksit emisyonu  
FV : Yıllık tüketilen toplam elektrik miktarı  
EF : Emisyon Faktörü  
İ&DK% : İletim ve dağıtım kayıpları

Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasındaki enerji ve su tüketimine dayalı sera gazı emisyon hesaplamaları, IPCC metodolojisine göre detaylandırılmıştır. Tablolarda, tüketilen enerji kaynaklarının (doğalgaz, kömür, dizel, odun ve elektrik) miktarları, enerji içerik değerleri, emisyon faktörleri ve küresel ısınma potansiyeli katsayıları dikkate alınarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hesaplama tablolarında, her bir yıl için emisyon miktarları ton (t) ve gigagram (Gg) cinsinden ifade edilmiş; CO<sub>2</sub> eşdeğerleri, IPCC'nin küresel standartlarına uygun olarak dönüştürülerek sunulmuştur. Ayrıca, iletim ve dağıtım kayıpları gibi faktörler de dikkate alınarak emisyon değerleri daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu tablolar, üniversitenin enerji tüketim kaynaklı karbon ayak izinin belirlenmesine ve gelecekteki enerji yönetimi stratejilerine rehberlik etmesine olanak sağlamaktadır.

## 2.4 DEFRA Yaklaşımına Göre Hesaplama Prosedürü

$$EtCO_2 = BK \times YOY \times DEF \times 10^{-3}$$

Eşitlik 8

Bu eşitlikte:

EtCO<sub>2</sub> : Hesaplanan toplam karbondioksit emisyonu

DEF : Defra Dönüşüm Faktörü

BK : Yıllık kullanım miktarı

YOY : Yakıt ortalama yoğunluğu

Doğalgaz, kömür, dizel, odun, su ve elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları, DEFRA dönüşüm faktörleri, yıllık kullanım miktarları kullanılarak emisyon miktarı Eşitlik 8 ile hesaplanacaktır (Eggleston vd. 2006).

### 2.4.Tüketim Verileri ve Emisyon Faktörleri

Tablo 11. Yıllara göre yakıt ve su tüketim miktarları

Yıl	Su (m <sup>3</sup> )	Doğalgaz (m <sup>3</sup> )	Kömür (ton)	Dizel (lt)	Elektrik (kWh)	Odun (ton)
2017	57941	1267244	215	18581	3502836	7
2018	55451	1334571	265	15144	3539044	6
2019	61331	1522034	175	16303	3474193	2
2020	24543	1241270	240	10556	2383985	8
2021	27258	1371093	145	11506	2511693	10
2022	53156	1627143	145	22241	3360325	7
2023	37128	1493249	178	22577	3071041	6

Tablo 11, 2017-2023 yılları arasında su, doğalgaz, kömür, dizel, elektrik ve odun tüketim miktarları vermiştir. Her yıl için ilgili kaynakların miktarları ayrı ayrı belirtilerek toplam tüketim verisi sunulmaktadır.

### 2.5.2 DEFRA Dönüşüm Faktörleri

Elektrik, kömür, dizel, doğalgaz, su ve odun için DEFRA dönüşüm faktörleri Tablo 12-17'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Elektrik tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (kWh)

Yıl	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
2017	0.35156	0.34885	0.00062	0.00209
2018	0.28307	0.28088	0.00066	0.00153
2019	0.25560	0.25358	0.00065	0.00137
2020	0.23314	0.23104	0.00072	0.00138
2021	0.21233	0.21016	0.00080	0.00137
2022	0.19338	0.19121	0.00080	0.00137
2023	0.20707	0.20496	0.00089	0.00121

Tablo 12’de DEFRA metodolojisine göre yıllık elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan dönüşüm faktörleri verilmiştir. Her yıl için CO<sub>2</sub> eşdeğeri (kg CO<sub>2e</sub>), karbondioksit (kg CO<sub>2</sub>) ve metan (kg CH<sub>4</sub>) emisyon faktörleri ayrı ayrı belirtilmiştir. Bu faktörler, elektrik tüketimine bağlı karbon ve diğer sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında temel alınmaktadır ve yıllar içinde enerji karışımındaki değişikliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Tablo 13. Kömür tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton)

Yıl	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
2017	2861.96	2632.92	191.93	37.11
2018	2881.65	2630.61	214.41	36.63
2019	2744.72	2505.61	204.22	34.89
2020	2883.26	2632.00	214.60	36.66
2021	2883.26	2632.00	214.60	36.66
2022	2883.26	2632.00	214.60	36.66
2023	2904.95	2632.00	240.35	32.60

Tablo 13’de DEFRA metodolojisine göre kömür tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan dönüşüm faktörleri verilmiştir. Tablo, 2017-2023 yılları arasında kömür kullanımına bağlı olarak karbondioksit eşdeğeri (kg CO<sub>2e</sub>), karbondioksit (kg CO<sub>2</sub>), metan (kg CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (kg N<sub>2</sub>O ) emisyon faktörlerini detaylı bir şekilde göstermektedir. Bu faktörler, kömürün yanması sonucu oluşan emisyonların yıllık hesaplamalarında temel alınmakta ve yıllar içerisinde yakıt kullanım miktarı ve enerji karışımındaki değişikliklere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 14. Dizel tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton)

Yıl	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
2017	3099.41	3073.46	0.62	25.34
2018	3132.15	3087.27	0.50	44.38
2019	3088.23	3047.00	0.36	40.86
2020	3028.61	2986.60	0.30	41.71
2021	2969.07	2925.03	0.31	43.73
2022	3032.89	2988.85	0.31	43.73
2023	3015.655	2976.42	0.34	38.88

Tablo 14’de DEFRA metodolojisi esas alınarak dizel tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan dönüşüm faktörleri sunulmuştur. Tablo, 2017-2023 yılları arasındaki dizel tüketimine bağlı olarak karbondioksit eşdeğeri (kg CO<sub>2e</sub>), karbondioksit (kg CO<sub>2</sub>), metan (kg CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (kg N<sub>2</sub>O ) emisyon faktörlerini detaylı bir şekilde göstermektedir. Dizel yakıt kullanımında biyoyakıt karışım oranlarının etkisiyle yıllara göre değişiklik gösteren bu değerler, üniversitenin ulaşım ve lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin değerlendirilmesinde temel bir referans oluşturmaktadır.

Tablo 15. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (ton)

Yıl	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
2017	2814.01	2808.57	3.96	1.47
2018	2746.63	2741.56	3.63	1.44
2019	2550.04	2545.37	3.34	1.34
2020	2542.41	2537.68	3.44	1.33
2021	2538.48	2533.69	3.44	1.34
2022	2539.25	2534.47	3.44	1.34
2023	2562.57	2557.53	3.85	1.19

Tablo 15, 2017-2023 yılları arasında doğal gaz tüketimine bağlı olarak hesaplanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri sunulmaktadır. Tablo, doğal gaz kullanımından kaynaklanan karbondioksit eşdeğeri (kg CO<sub>2e</sub>), karbondioksit (kg CO<sub>2</sub>), metan (kg CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (kg N<sub>2</sub>O) emisyonlarını detaylı bir şekilde göstermektedir. Yıllara göre emisyon faktörlerindeki değişimler, doğalgazın enerji üretiminde kullanım yoğunluğu ve yanma verimliliğindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bu faktörler, doğal gaz tüketiminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve karbon ayak izinin hesaplanması için önemli bir referans niteliğindedir.

Tablo 16. Su tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri (m<sup>3</sup>)

Yıl	kg CO <sub>2</sub> e	
	m <sup>3</sup>	Milyon L
2017	0.344	344
2018	0.344	344
2019	0.344	344
2020	0.344	344
2021	0.149	149
2022	0.149	149
2023	0.177	177

Tablo 16, 2017-2023 yılları arasında su tüketimine bağlı olarak hesaplanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri sunulmaktadır. Tablo, her yıl için su tüketimi biriminde (metreküp ve milyon litre) hesaplanan karbondioksit eşdeğeri (kg CO<sub>2</sub>e) emisyonlarını içermektedir. Yıllara göre değişen emisyon değerleri, su temin süreçlerindeki enerji kullanımı ve ilgili altyapı verimliliği gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu değerler, su tüketiminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik çalışmaları için önemli bir referans oluşturmaktadır.

Tablo 17. Odun tüketiminden kaynaklanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri

Yıl	kg CO <sub>2</sub> e	
	ton	kWh
2017	51.90553	0.0127
2018	61.52297	0.01506
2019	63.84683	0.01563
2020	63.11534	0.01545
2021	61.81736	0.01513
2022	43.03576	0.01053
2023	43.89327	0.01074

Tablo 17, 2017-2023 yılları arasında odun tüketimine bağlı olarak hesaplanan yıllık emisyon dönüşüm faktörleri sunulmaktadır. Tablo, odun kullanımına bağlı olarak karbondioksit eşdeğeri (kg CO<sub>2</sub>e) emisyonlarını ve enerji dönüşümünü (kWh) göstermektedir. Yıllara göre değişen değerler, odun tüketimi miktarları ve odunun enerji verimliliğindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bu faktörler, odun tüketiminin çevresel etkilerini değerlendirmek ve karbon ayak izini hesaplamak için temel bir referans oluşturmaktadır.

Tablolarda, tüketilen enerji kaynaklarının (doğalgaz, kömür, dizel, odun ve elektrik) miktarları, enerji içerik değerleri, DEFRA tarafından belirlenen emisyon

faktörleri ve küresel ısınma potansiyeli katsayıları dikkate alınarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama tablolarında, her bir yıl için emisyon miktarları ton ve kiloton cinsinden ifade edilmiş; CO<sub>2</sub> eşdeğerleri, DEFRA'nın küresel standartlarına uygun olarak dönüştürülerek sunulmuştur. Ayrıca, iletim ve dağıtım kayıpları, enerji verimliliği kayıpları gibi faktörler de dikkate alınarak emisyon değerleri daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

### 2.5.3 IPCC Emisyon Faktörleri

IPCC yönteminde kullanılacak doğal gaz, odun, dizel, kömür dönüşüm faktörleri için Tablo 18'deki emisyon faktörleri kullanılmıştır. Elektrik emisyon faktörü için Tablo 19, su emisyon faktörü için Tablo 20 kullanılmıştır.

Tablo 21'de verilen yakıtların dönüşüm faktörleri, farklı yakıt türlerinin enerji içeriklerini karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Bu verilere göre, en yüksek dönüşüm faktörü doğalgaza (48 TJ/Gg) ait olup, birim kütle başına en fazla enerji sağlayan yakıttır. Bunu dizel (43 TJ/Gg) takip ederken, en düşük dönüşüm faktörüne kömür (11.9 TJ/Gg) sahiptir. Odun ise 15.6 TJ/Gg ile kömürden daha yüksek, ancak dizel ve doğalgazdan daha düşük bir enerji içeriğine sahiptir. Bu durum, fosil yakıtların biyokütle yakıtlara göre daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 18. Yakıtların emisyon faktörleri

Yakıt türü	CO <sub>2</sub> (kg/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Doğal gaz	56100	5	0.1
Odun	80700	3	3
Dizel	74100	3.9	3.9
Kömür	101000	10	1.5

Tablo 19. Elektrik Emisyon Faktörü

Değer	Birim	Sabit Değer
<b>Emisyon Faktörü</b>	kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.437
<b>İletim ve Dağıtım Kayıpları</b>	% (yüzde)	10.1

Tablo 20. Su emisyon faktörü

Faaliyet	Birim	kg CO <sub>2e</sub>
Emisyon Faktörü	m <sup>3</sup>	1.4E-06

Tablo 21. Yakıtların dönüşüm faktörleri

Yakıt	(TJ/Gg)
Doğalgaz	48
Odun	15.6
Dizel	43
Kömür	11.9



### **3.BULGULAR**

#### **3.1.IPCC Yaklaşımına Göre Hesaplamaları**

Tablo 22-28, IPCC yaklaşımı doğrultusunda doğal gaz, kömür, dizel, odun, su ve elektrik tüketim miktarlarını ve bu tüketimlerden kaynaklanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının hesaplamalarını yıllar bazında göstermektedir. IPCC'nin emisyon değerleri, 2017 yılında 4786.16 ton CO<sub>2</sub>e olarak başlamış ve 2018 yılında 5008.11 ton CO<sub>2</sub>e'ye ulaşarak artış göstermiştir. 2019 yılında ise bu değer daha da yükselmiş ve 5241.41 ton CO<sub>2</sub>e seviyesine çıkmıştır. Ancak 2020 yılında IPCC emisyonlarında bir azalma gözlenmiş ve 4207.08 ton CO<sub>2</sub>e olarak kaydedilmiştir. Bu düşüşe rağmen, 2021 yılında emisyonlar tekrar artış göstermiş ve 4415.84 ton CO<sub>2</sub>e'ye ulaşmıştır. 2022 yılında ise IPCC emisyonları 5397.70 ton CO<sub>2</sub>e ile en yüksek seviyesine çıkmıştır. 2023 yılında bu değer bir miktar düşmüş, ancak yine de 5018.32 ton CO<sub>2</sub>e ile oldukça yüksek bir seviyede kalmıştır. IPCC'nin emisyon değerleri genel olarak artış eğiliminde olup, 2022 yılı en yüksek emisyon seviyesinin kaydedildiği yıl olmuştur.

Tablo 22. Gümüşhane Üniversitesi 2017 – 2018 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2017	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)	
			kg/m <sup>3</sup>	ton	Tj/Gg							
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1267244	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	48.00	40.75	56100.00	2286331.73	1.00	1.00	2.286.33
	Kömür	215	ton	1.00	215.00	11.90	2.56	101000.00	258408.50	1.00	1.00	258.41
	Dizel	18581.0	lt	0.83	15.42	43.00	0.66	74100.00	49139.85	1.00	1.00	49.14
	Odun	7	Ton	-	7.00	28.00	0.20	80700.00	15817.20	1.00	1.00	15.82
							<b>Emisyon Faktörü kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup></b>					
	Su	57941	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08	1.00	8.11E-05	
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1267244	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	48.00	40.75	5.00	203.77	1.00	21.00	427.92
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	215	ton	-	215.00	11.90	2.56	10.00	25.59	1.00	21.00	53.73
	Dizel	18581	lt	0.83	15.42	43.00	0.66	3.90	2.59	1.00	21.00	5.43
	Odun	7	Ton	-	7.00	15.60	0.11	3.00	0.33	1.00	21.00	0.69
							<b>Emisyon Faktörü kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup></b>					
	Su	57941	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08	1.00	0.01	
<b>N<sub>2</sub>O Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1267244	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	48.00	40.75	0.10	4.08	1.00	310.00	1.26
	Kömür	215	ton	-	215.00	11.90	2.56	1.50	3.84	1.00	310.00	1.19
	Dizel	18581	lt	0.83	15.42	43.00	0.66	3.90	2.59	1.00	310.00	0.80
	Odun	7	Ton	-	7.00	15.60	0.11	3.00	0.33	1.00	310.00	0.10
							<b>Emisyon Faktörü kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup></b>					
	Su	57.941	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08	-	1.00	8.11E-05
<b>Kapsam-2</b>		<b>Yakıt Tüketimi</b>			<b>Emisyon Faktörü</b>	<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>	<b>İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)</b>	<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları)</b>	<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>	-	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	<b>3100.83</b>
					<b>kg/kWh</b>	<b>kg</b>	<b>İ&amp;DK%</b>	<b>kg</b>	<b>kg</b>	-		
	Elektrik	3.502.836	kWh		0.44	<b>1530739.33</b>	0.10	154604.67	<b>1685344.00</b>	Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu		<b>1685.34</b>
											Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	<b>4786.17</b>

Tablo 23. Gümüşhane Üniversitesi 2018 – 2019 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu												
4.786,18												
2018	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)	
			kg/m <sup>3</sup>	ton	Tj/Gg							
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1334571	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	48.00	42.92	56100.00	2407801.60	1.00	1.00	2407.80
	Kömür	265	ton	1.00	265.00	11.90	3.15	101000.00	318503.50	1.00	1.00	318.50
	Dizel	15144.0	lt	0.83	12.57	43.00	0.54	74100.00	40050.26	1.00	1.00	40.05
	Odun	6	Ton	-	6.00	28.00	0.17	80700.00	13557.60	1.00	1.00	13.56
	Su	55451	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08		1.00	7.76E-05
<b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1334571	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	48.00	42.92	5.00	214.60	1.00	21.00	450.66
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	265	ton	-	265.00	11.90	3.15	10.00	31.54	1.00	21.00	66.22
	Dizel	15144	lt	0.83	12.57	43.00	0.54	3.90	2.11	1.00	21.00	4.43
	Odun	6	Ton	-	6.00	15.60	0.09	3.00	0.28	1.00	21.00	0.59
	Su	55451	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08		1.00	0.01
<b>N<sub>2</sub>O Emisyonu</b>												
	Doğal gaz	1334571	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	48.00	42.92	0.10	4.29	1.00	310.00	1.33
	Kömür	265	ton	-	265.00	11.90	3.15	1.50	4.73	1.00	310.00	1.47
	Dizel	15144	lt	0.83	12.57	43.00	0.54	3.90	2.11	1.00	310.00	0.65
	Odun	6	Ton	-	6.00	15.60	0.09	3.00	0.28	1.00	310.00	0.09
	Su	55451	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.08	-	1.00	7.76E-05
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları)	CO <sub>2</sub> Emisyonu	-	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	3.305.36
								kg/kWh	kg	İ&DK%	kg	
	Elektrik	3539044	kWh		0.44	1546562.23	0.10	156202.79	1702765.01		Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	1702.77
											Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	5008.12

Tablo 24. Gümüşhane Üniversitesi 2019 – 2020 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2019	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)		
					kg/m <sup>3</sup>			ton					
	CO <sub>2</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1522034	m <sup>3</sup>	0.67	1019.76	48.00	48.95	56100.00	2746016.47	1.00	1.00	2746.02	
	Kömür	175	ton	1.00	175.00	11.90	2.08	101000.00	210332.50	1.00	1.00	210.33	
	Dizel	16303.0	lt	0.83	13.53	43.00	0.58	74100.00	43115.39	1.00	1.00	43.12	
	Odun	2	Ton	-	2.00	28.00	0.06	80700.00	4519.20	1.00	1.00	4.52	
	Su	61331	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.09		1.00	8.59E-05	
	CH <sub>4</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1522034	m <sup>3</sup>	0.67	1.019.76	48.00	48.95	5.00	244.74	1.00	21.00	513.96	
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	175	ton	-	175.00	11.90	2.08	10.00	20.83	1.00	21.00	43.73	
	Dizel	16303	lt	0.83	13.53	43.00	0.58	3.90	2.27	1.00	21.00	4.77	
	Odun	2	Ton	-	2.00	15.60	0.03	3.00	0.09	1.00	21.00	0.20	
	Su	61331	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.09		1.00	0.01	
	N <sub>2</sub> O Emisyonu												
	Doğal gaz	1522034	m <sup>3</sup>	0.67	1.019.76	48.00	48.95	0.10	4.89	1.00	310.00	1.52	
	Kömür	175	ton	-	175.00	11.90	2.08	1.50	3.12	1.00	310.00	0.97	
	Dizel	16303	lt	0.83	13.53	43.00	0.58	3.90	2.27	1.00	310.00	0.70	
	Odun	2	Ton	-	2.00	15.60	0.03	3.00	0.09	1.00	310.00	0.03	
	Su	61331	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.09	-	1.00	8.59E-05	
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları) kg/kWh	CO <sub>2</sub> Emisyonu kg	-	İ&DK%	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu kg	3569.87
	Elektrik	3474193	kWh		0.44	1518222.34	0.10	153340.46	1671562.80			Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	1671.56
												Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	5241.43

Tablo 25. Gümüşhane Üniversitesi 2020 – 2021 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2020	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)		
					kg/m <sup>3</sup>			ton					
	CO <sub>2</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1241270	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	48.00	39.92	56100.00	2239470.04	1.00	1.00	2239.47	
	Kömür	240	ton	1.00	240.00	11.90	2.86	101000.00	288456.00	1.00	1.00	288.46	
	Dizel	10556.0	lt	0.83	8.76	43.00	0.38	74100.00	27916.70	1.00	1.00	27.92	
	Odun	8	Ton	-	8.00	28.00	0.22	80700.00	18076.80	1.00	1.00	18.08	
	Su	24.543	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.03		1.00	3.44E-05	
	CH <sub>4</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1241270	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	48.00	39.92	5.00	199.60	1.00	21.00	419.15	
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	240	ton	-	240.00	11.90	2.86	10.00	28.56	1.00	21.00	59.98	
	Dizel	10556	lt	0.83	8.76	43.00	0.38	3.90	1.47	1.00	21.00	3.09	
	Odun	8	Ton	-	8.00	15.60	0.12	3.00	0.37	1.00	21.00	0.79	
	Su	24543	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.03		1.00	0.00	
	N <sub>2</sub> O Emisyonu												
	Doğal gaz	1241270	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	48.00	39.92	0.10	3.99	1.00	310.00	1.24	
	Kömür	240	ton	-	240.00	11.90	2.86	1.50	4.28	1.00	310.00	1.33	
	Dizel	10556	lt	0.83	8.76	43.00	0.38	3.90	1.47	1.00	310.00	0.46	
	Odun	8	Ton	-	8.00	15.60	0.12	3.00	0.37	1.00	310.00	0.12	
	Su	24543	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.03	-	1.00	3.44E-05	
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları) kg/kWh	CO <sub>2</sub> Emisyonu kg	-	İ&DK%	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu kg	3060.06
	Elektrik	2383985	kWh		0.44	1041801.45	0.10	105221.95	1147023.39		Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	1147.02	
											Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	4207.08	

Tablo 26. Gümüşhane Üniversitesi 2021 – 2022 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2021	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)	
					kg/m <sup>3</sup>			ton				
	CO <sub>2</sub> Emisyonu											
	Doğal gaz	1371093	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	48.00	44.09	56100.00	2473693.79	1.00	1.00	2473.69
	Kömür	145	ton	1.00	145.00	11.90	1.73	101000.00	174275.50	1.00	1.00	174.28
	Dizel	11506.0	lt	0.83	9.55	43.00	0.41	74100.00	30429.10	1.00	1.00	30.43
	Odun	10	Ton	-	10.00	28.00	0.28	80700.00	22596.00	1.00	1.00	22.60
	Su	27258	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.04		1.00	3.82E-05
	CH <sub>4</sub> Emisyonu											
	Doğal gaz	1371093	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	48.00	44.09	5.00	220.47	1.00	21.00	462.99
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	145	ton	-	145.00	11.90	1.73	10.00	17.26	1.00	21.00	36.24
	Dizel	11506	lt	0.83	9.55	43.00	0.41	3.90	1.60	1.00	21.00	3.36
	Odun	10	Ton	-	10.00	15.60	0.16	3.00	0.47	1.00	21.00	0.98
	Su	27258	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.04		1.00	0.00
	N <sub>2</sub> O Emisyonu											
	Doğal gaz	1371093	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	48.00	44.09	0.10	4.41	1.00	310.00	1.37
	Kömür	145	ton	-	145.00	11.90	1.73	1.50	2.59	1.00	310.00	0.80
	Dizel	11506	lt	0.83	9.55	43.00	0.41	3.90	1.60	1.00	310.00	0.50
	Odun	10	Ton	-	10.00	15.60	0.16	3.00	0.47	1.00	310.00	0.15
	Su	27258	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0.00	0.04	-	1.00	3.82E-05
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları)	CO <sub>2</sub> Emisyonu	-	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	3.207.38
								kg/kWh	kg	İ&DK%	kg	kg
	Elektrik	2511693	kWh		0.44	1097609.84	0.10	110858.59	1208468.43	Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu		1208.47
											Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	4415.85

Tablo 27. Gümüşhane Üniversitesi 2022 – 2023 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2022	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)	
					kg/m3			ton				
	CO <sub>2</sub> Emisyonu											
	Doğal gaz	1627143	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	48.00	52.33	56100.00	2935653.20	1.00	1.00	2935.65
	Kömür	145	ton	1.00	145.00	11.90	1.73	101000.00	174275.50	1.00	1.00	174.28
	Dizel	22241.0	lt	0.83	18.46	43.00	0.79	74100.00	58819.19	1.00	1.00	58.82
	Odun	7	Ton	-	7.00	28.00	0.20	80700.00	15817.20	1.00	1.00	15.82
	Su	53156	m3	-	-	-	-	0.00	0.07		1.00	7.44E-05
	CH <sub>4</sub> Emisyonu											
	Doğal gaz	1627143	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	48.00	52.33	5.00	261.64	1.00	21.00	549.45
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	145	ton	-	145.00	11.90	1.73	10.00	17.26	1.00	21.00	36.24
	Dizel	22241	lt	0.83	18.46	43.00	0.79	3.90	3.10	1.00	21.00	6.50
	Odun	7	Ton	-	7.00	15.60	0.11	3.00	0.33	1.00	21.00	0.69
	Su	53.156	m3	-	-	-	-	0.00	0.07		1.00	0.01
	N <sub>2</sub> O Emisyonu											
	Doğal gaz	1627143	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	48.00	52.33	0.10	5.23	1.00	310.00	1.62
	Kömür	145	ton	-	145.00	11.90	2.86	1.50	4.29	1.00	310.00	1.33
	Dizel	22241	lt	0.83	18.46	43.00	1.26	3.90	4.91	1.00	310.00	1.52
	Odun	7	Ton	-	7.00	15.60	0.11	3.00	0.33	1.00	310.00	0.10
	Su	53156	m3	-	-	-	-	0.00	0.07	-	1.00	7.44E-05
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları)	CO <sub>2</sub> Emisyonu	-	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	3782.47
								kg/kWh	kg	İ&DK%	kg	kg
	Elektrik	3360325	kWh		0.44	1468462.03	0.10	148314.66	1616776.69		Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	1616.78
											Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	5399.25

Tablo 28. Gümüşhane Üniversitesi 2023 – 2024 tüketim verileri ve IPCC metodolojisine göre sera gazı emisyonları hesaplama tablosu

2023	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (ton)	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi (TJ)	Emisyon Faktörü (kg/TJ)	Emisyon İçeriği (kg)	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (%)	Küresel Isınma Potansiyeli	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)		
					kg/m3			ton					
	CO <sub>2</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1493249	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	48.00	48.02	56100.00	2694084.30	1.00	1.00	2694.08	
	Kömür	178	ton	1.00	178.00	11.90	2.12	101000.00	213938.20	1.00	1.00	213.94	
	Dizel	22577.0	lt	0.83	18.74	43.00	0.81	74100.00	59707.79	1.00	1.00	59.71	
	Odun	6	Ton	-	6.00	28.00	0.17	80700.00	13557.60	1.00	1.00	13.56	
	Su	37128	m3	-	-	-	-	0.00	0.05		1.00	5.20E-05	
	CH <sub>4</sub> Emisyonu												
	Doğal gaz	1493249	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	48.00	48.02	5.00	240.11	1.00	21.00	504.24	
<b>Kapsam-1</b>	Kömür	178	ton	-	178.00	11.90	2.12	10.00	21.18	1.00	21.00	44.48	
	Dizel	22577	lt	0.83	18.74	43.00	0.81	3.90	3.14	1.00	21.00	6.60	
	Odun	6	Ton	-	6.00	15.60	0.09	3.00	0.28	1.00	21.00	0.59	
	Su	37.128	m3	-	-	-	-	0.00	0.05		1.00	0.01	
	N <sub>2</sub> O Emisyonu												
	Doğal gaz	1493249	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	48.00	48.02	0.10	4.80	1.00	310.00	1.49	
	Kömür	178	ton	-	178.00	11.90	2.86	1.50	4.29	1.00	310.00	1.33	
	Dizel	22577	lt	0.83	18.74	43.00	1.26	3.90	4.91	1.00	310.00	1.52	
	Odun	6	Ton	-	6.00	15.60	0.09	3.00	0.28	1.00	310.00	0.09	
	Su	37.128	m3	-	-	-	-	0.00	0.05	-	1.00	5.20E-05	
<b>Kapsam-2</b>		Yakıt Tüketimi			Emisyon Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu	İletim ve dağıtım kayıpları (yüzde cinsinden)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (İletim ve dağıtım kayıpları) kg/kWh	CO <sub>2</sub> Emisyonu kg	-	İ&DK%	Kapsam-1 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu kg	3542.08
	Elektrik	3071041	kWh		0.44	1342044.92	0.10	135546.54	1477591.45			Kapsam-2 Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	1477.59
												Üniversitenin Toplam CO <sub>2</sub> e Emisyonu	5019.67

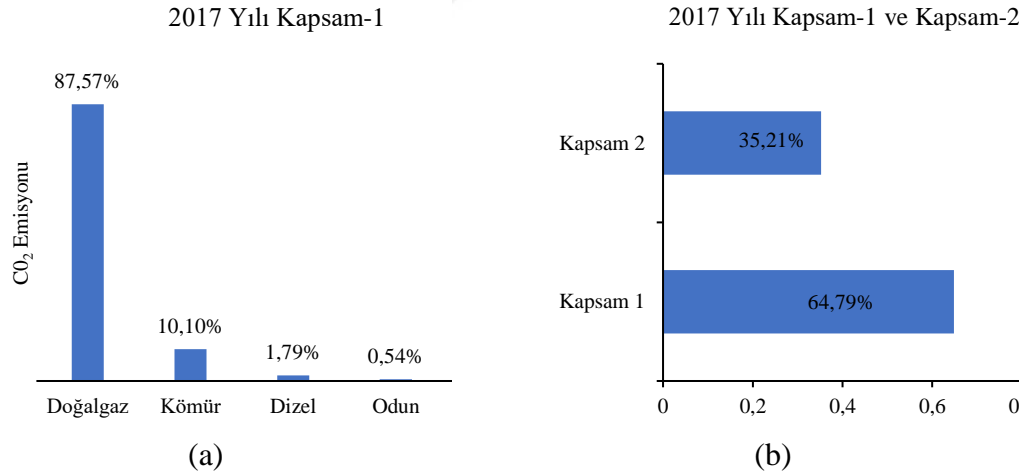
### 3.2.Tier-1 Emisyon Değerlerinin Karşılaştırması

Tablo 29. Kapsam-1 yaklaşımı için 2017-2023 yıllarına ait emisyon değerleri (ton)

Yakıt	Emisyon	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Doğalgaz	CO <sub>2</sub>	2286.33	2407.80	2746.02	2239.47	2473.69	2935.65	2694.08
	CH <sub>4</sub>	427.92	450.66	513.96	419.15	462.99	549.45	504.24
	N <sub>2</sub> O	1.26	1.33	1.52	1.24	1.37	1.62	1.49
	CO <sub>2e</sub>	2715.52	2859.79	3261.49	2659.86	2938.05	3486.73	3199.81
Dizel	CO <sub>2</sub>	49.14	40.05	43.12	27.92	30.43	58.82	59.71
	CH <sub>4</sub>	5.43	4.43	4.77	3.09	3.36	6.50	6.60
	N <sub>2</sub> O	0.80	0.65	0.70	0.46	0.50	0.96	0.97
	CO <sub>2e</sub>	55.37	45.13	48.58	31.46	34.29	66.28	67.28
Kömür	CO <sub>2</sub>	258.41	318.50	210.33	288.46	174.28	174.28	213.94
	CH <sub>4</sub>	53.73	66.22	43.73	59.98	36.24	36.24	44.48
	N <sub>2</sub> O	1.19	1.47	0.97	1.33	0.80	0.80	0.98
	CO <sub>2e</sub>	313.33	386.19	255.03	349.76	211.31	211.31	259.41
Su Odun	CO <sub>2</sub>	15.82	13.56	4.52	18.08	22.60	15.82	13.56
	CH <sub>4</sub>	0.69	0.59	0.20	0.79	0.98	0.69	0.59
	N <sub>2</sub> O	0.10	0.09	0.03	0.12	0.15	0.10	0.09
	CO <sub>2e</sub>	16.61	14.23	4.74	18.98	23.72	16.61	14.23
Su	CO <sub>2e</sub>	8.11E-05	7.76E-05	8.59E-05	3.44E-05	3.82E-05	7.44E-05	5.20E-05

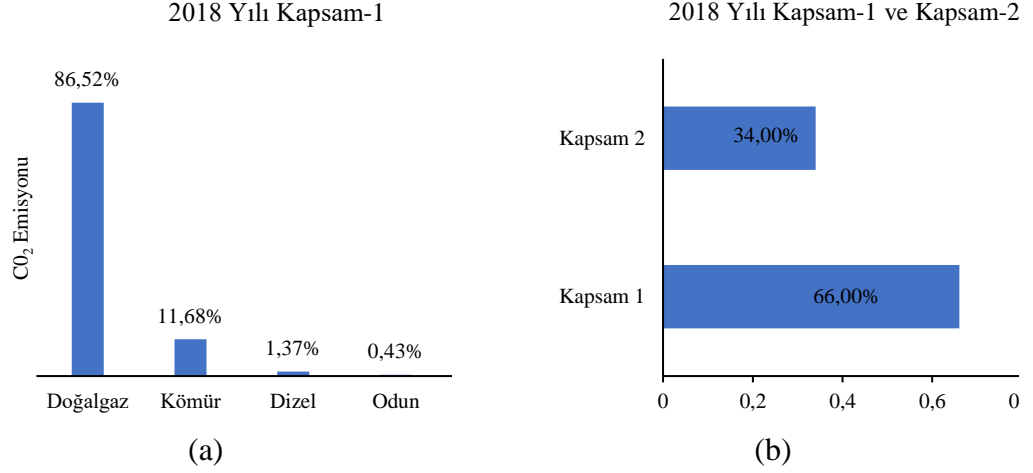
Tablo 30. Kapsam-2 yaklaşımı için 2017-2023 yıllarına ait emisyon değerleri (ton)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elektrik	1685.34	1702.77	1671.56	1147.02	1208.47	1616.78	1477.59



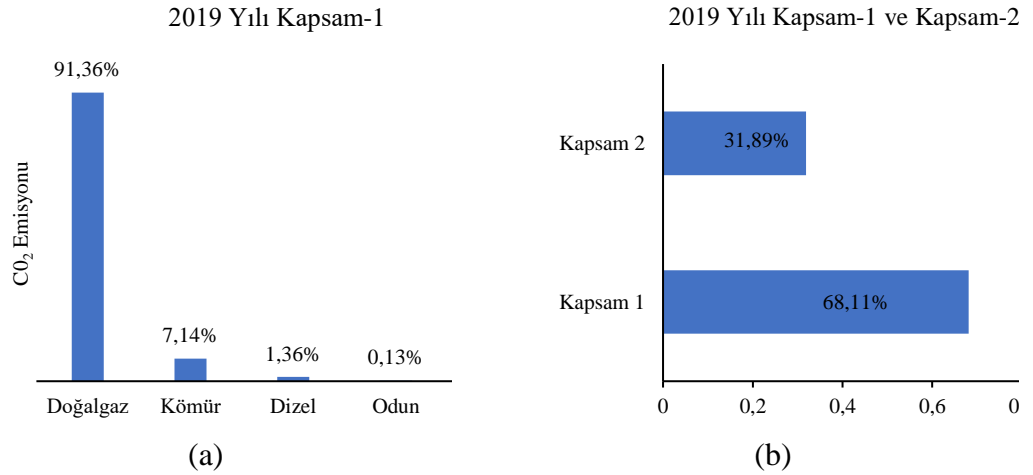
Şekil 9. 2017 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

Şekil 9'dan Şekil 15'e kadar olan grafiklerde, 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-1 ve Kapsam-2 yöntemleriyle hesaplanmış karbon emisyon miktarlarının yüzdelerik dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca farklı yakıt türlerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve CO<sub>2e</sub> emisyon değerleri detaylı bir şekilde sunulmuştur. Veriler, Gümüşhane Üniversitesi'nde yıllar içerisinde kullanılan enerji kaynaklarının emisyon katkılarını değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

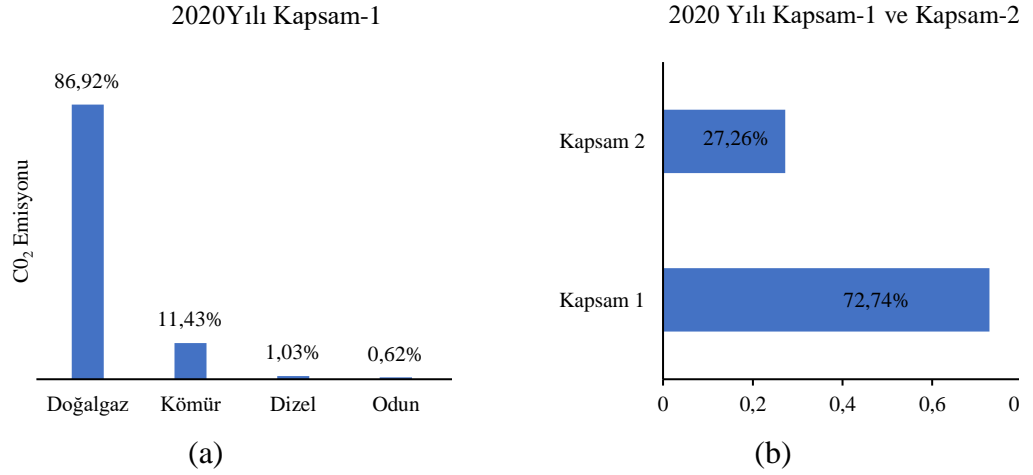


Şekil 10. 2018 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

Şekil 9 (a)'dan Şekil 15(a)'ya kadar olan grafiklerde Kapsam-1'e göre doğalgazın her yıl en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, 2017 yılında %87.55 ile doğalgaz birinci sırada yer alırken, bu oran 2022 yılında %92.22'a kadar yükselmiştir. Kömür, dizel ve odun gibi diğer enerji kaynakları doğalgazın ardından gelmektedir. 2023 yılında doğalgaz %90.37, kömür %7.33, dizel %1.90 ve odun %0.40 oranında bir katkı sağlamıştır. Su, her yıl ihmal edilebilir düzeyde düşük emisyon değerine sahiptir.

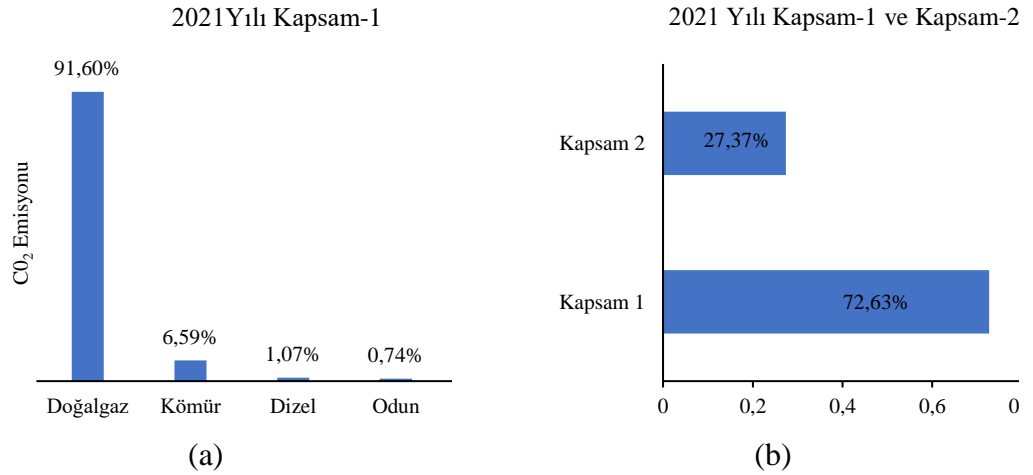


Şekil 11. 2019 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri



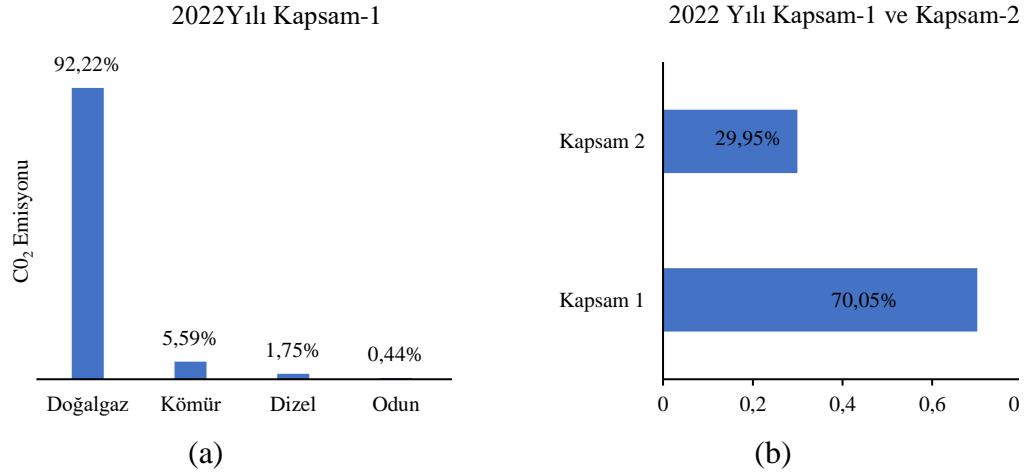
Şekil 12. 2020 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

Şekil 9(b)'den Şekil 15(b)'ye kadar olan grafiklerde Kapsam-1 ve Kapsam-2'nin yıllık yüzdeler dağılımları karşılaştırılmıştır. Kapsam-1, her yıl toplam emisyonların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Örneğin, 2017 yılında Kapsam-1 %64.79, Kapsam-2 ise %35.21'lik bir paya sahipken, 2022 yılında Kapsam-1'in payı %70.05'e yükselmiş, Kapsam-2'nin payı %29.95'e düşmüştür. Kapsam-2 kategorisindeki elektrik kaynaklı emisyonlar, pandemi dönemi olan 2020 ve 2021 yıllarında dikkate değer bir düşüş göstermiştir.

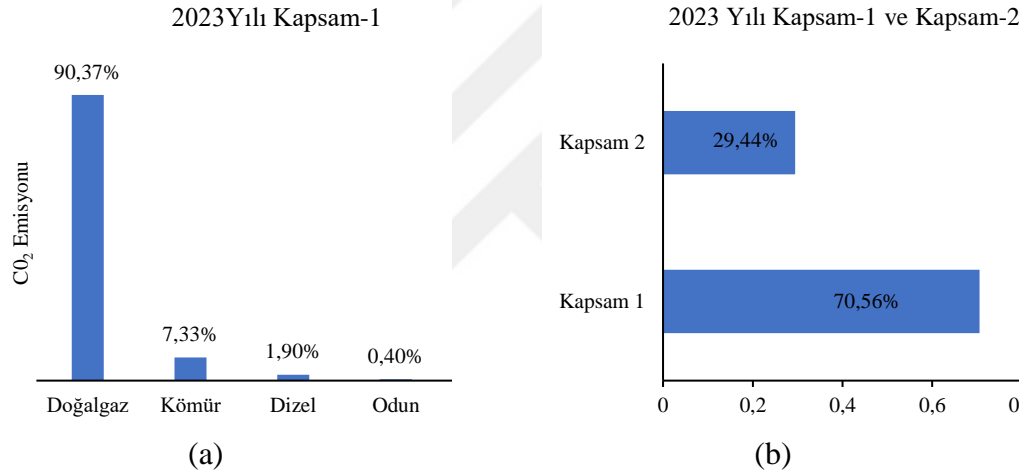


Şekil 13. 2021 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

Kapsam-1 içerisinde en düşük katkıyı sağlayan kategoriler su ve odun olmuştur. Su, her yıl neredeyse sıfır seviyesinde bir emisyon değeri ile dikkat çekerken, odun düşük ancak tutarlı bir paya sahiptir. Örneğin, 2017 yılında odunun emisyon katkısı %0.54 iken, bu oran 2023 yılında %0.40'a düşmüştür.



Şekil 14. 2022 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

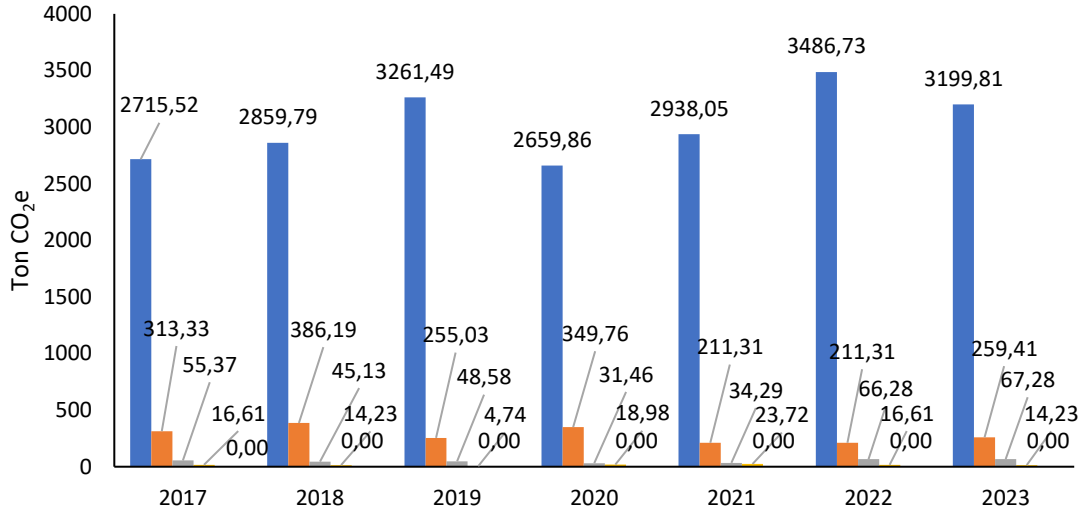


Şekil 15. 2023 yılına ait (a) Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri (b) Kapsam-1 ve Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

2020 ve 2021 yıllarında pandemi nedeniyle uzaktan eğitime geçilmesi sonucunda karbon emisyonlarında ani bir düşüş olduğunu göstermektedir. Özellikle doğalgaz ve elektrik tüketimi kaynaklı emisyonların 2020 yılında azaldığı ve 2021 yılında kısmen toparlandığı görülmektedir. Bu durum, kampüs bazında enerji tüketiminin pandemiden ne derece etkilendiğini ortaya koymaktadır. 2017-2023 yılları arasında Gümüşhane Üniversitesi'nde kullanılan yakıtlardan kaynaklanan karbon emisyonlarının büyük bir kısmını doğalgaz oluşturmuştur. Kömür, dizel ve odun gibi diğer yakıtlar ise daha düşük oranlarda katkı sağlamıştır. Kapsam-1 ve Kapsam-2 karşılaştırmalarında, doğalgazın baskın etkisi her yıl belirgin şekilde devam etmiştir. Pandemi dönemi gibi özel koşulların emisyon miktarları üzerindeki etkisi de net bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu veriler,

üniversite bazında enerji tüketim alışkanlıklarının ve karbon emisyon azaltım stratejilerinin değerlendirilmesi için önemli bir temel oluşturmaktadır.

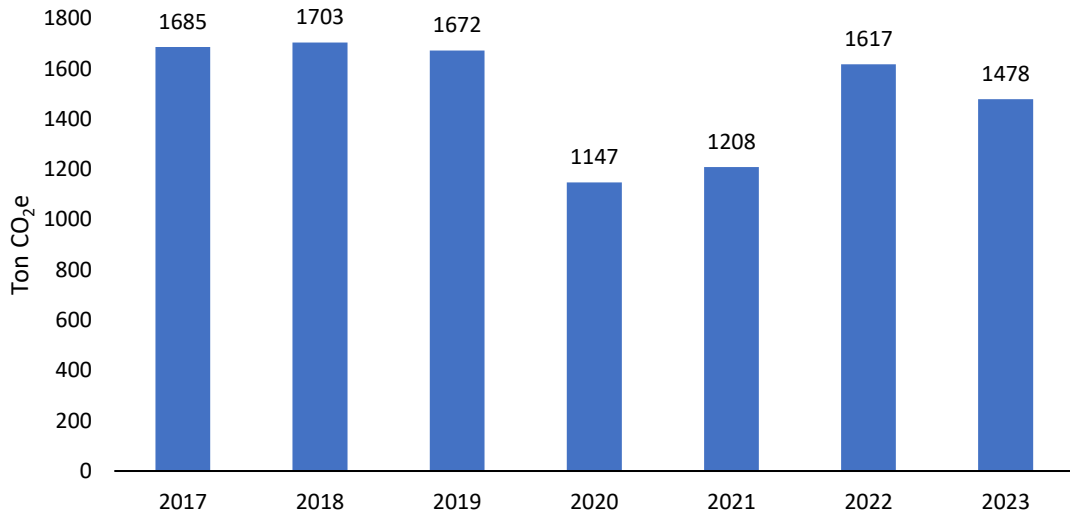
#### Kapsam -1 Emisyon Değerleri



Şekil 16. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-1'e göre hesaplanmış emisyon dağılımları

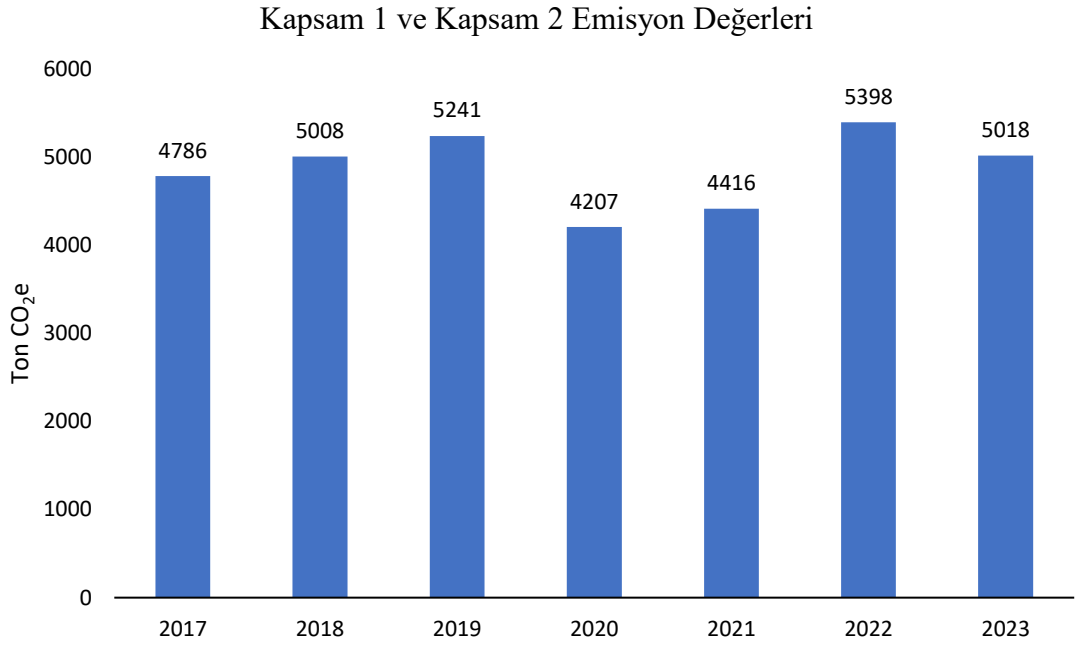
Şekil 16'da 2017-2023 yılları arasında Kapsam-1 yöntemiyle hesaplanan emisyon miktarlarının dağılımı gösterilmektedir. Doğalgaz, tüm yıllarda en yüksek emisyon kaynağı olup, toplam emisyon miktarının büyük bir bölümünü oluşturmuştur. Kömür ve dizel kaynaklı emisyonlar ise nispeten daha düşük seviyede kalmıştır. Odun kullanımından kaynaklanan emisyonlar minimal düzeyde olup, su kaynaklı emisyonlar tüm yıllar boyunca sıfır olarak ölçülmüştür. 2023 yılında toplam 3.200 ton CO<sub>2</sub>e emisyon kaydedilmiştir ve bu miktar önceki yıllarla uyumlu bir eğilim göstermektedir.

#### Kapsam -2 Emisyon Değerleri



Şekil 17. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-2'ye göre hesaplanmış emisyon miktarları

Şekil 17, 2017-2023 yılları arasında Kapsam-2 yöntemine göre hesaplanan ton CO<sub>2e</sub> cinsinden emisyon miktarlarını göstermektedir. 2017-2019 yıllarında emisyon miktarları sırasıyla 1685, 1703 ve 1672 ton CO<sub>2e</sub> ile birbirine yakın değerlerde seyrederken, 2020 ve 2021 yıllarında 1147 ve 1208 ton CO<sub>2e</sub> ile belirgin bir düşüş yaşanmıştır. 2022 yılında 1617 ton CO<sub>2e</sub>'ye yükselen emisyon miktarı, 2023 yılında ise bir miktar azalarak 1478 ton CO<sub>2e</sub> olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, Kapsam-2 yöntemiyle hesaplanan emisyonlarda yıllar içinde dalgalanmalar olduğunu göstermektedir.



Şekil 18. 2017-2023 yıllarına ait Kapsam-1 ve Kapsam-2 toplam emisyon değerleri (ton CO<sub>2e</sub>)

Şekil 18, 2017-2023 yılları arasındaki Kapsam-1 ve Kapsam-2 yöntemlerine göre hesaplanmış toplam ton CO<sub>2e</sub> emisyon miktarlarını göstermektedir. 2017 yılında toplam emisyon miktarı 4786 ton CO<sub>2e</sub> olarak hesaplanırken, 2018 ve 2019 yıllarında bu miktar sırasıyla 5008 ve 5241 ton CO<sub>2e</sub>'ye yükselmiştir. 2020 ve 2021 yıllarında emisyonlar sırasıyla 4207 ve 4416 ton CO<sub>2e</sub> ile bir düşüş eğilimi göstermiştir. 2022 yılında ise toplam emisyon miktarı 5398 ton CO<sub>2e</sub> ile en yüksek seviyeye ulaşmış, 2023 yılında ise 5018 ton CO<sub>2e</sub>'ye gerilemiştir. Bu dalgalanma, farklı yıllarda emisyon kaynaklarındaki değişimi yansıtmaktadır.

### 3.3.DEFRA Yaklaşımına Göre Hesaplamaları

Tablo 31-37, DEFRA yaklaşımı doğrultusunda doğal gaz, kömür, dizel, odun, su ve elektrik tüketim miktarlarını ve bu tüketimlerden kaynaklanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının hesaplamalarını yıllar bazında göstermektedir. 2017 yılında DEFRA'nın emisyon değeri 4667.09 kg CO<sub>2</sub>e olarak belirlenmiştir. 2018 yılında bu değer hafif bir artışla 4648.95 kg CO<sub>2</sub>e'ye çıkmıştır. Ancak 2019 yılında, önemli bir düşüş gözlemlenmiş ve emisyon değeri 4151.19kg CO<sub>2</sub>e olarak kaydedilmiştir. Düşüş trendi 2020 yılında da devam etmiş ve emisyonlar 3894.26kg CO<sub>2</sub>e'ye kadar gerilemiştir. 2021 yılında ise emisyonlar tekrar yükselmeye başlamış ve 3960.35 kg CO<sub>2</sub>e olarak ölçülmüştür. Bu yükseliş, 2022 yılında devam etmiş ve DEFRA'nın emisyon değeri 4201.30 kg CO<sub>2</sub>e'ye ulaşmıştır. Ancak, 2023 yılında emisyonlar tekrar azalarak 4042.40 kg CO<sub>2</sub>e seviyesine düşmüştür. Genel olarak DEFRA'nın emisyon değerleri yıllar içinde dalgalanma göstermiş, ancak 2020 yılında kaydedilen en düşük değer dikkat çekmiştir.

Tablo 31. Gümüşhane Üniversitesi 2017 – 2018 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)	Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)
Doğal gaz	1267244.29	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	2814.01	2389.24
Kömür	215.00	ton	1.00	215.00	2861.96	615.32
Dizel	18581.00	lt	0.83	15.42	3099.41	47.80
Odun	7.00	Ton	1.00	7.00	51.91	0.36
Elektrik	3502836.00	kWh	-	-	0.35	1231.46
Su	57941.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.34	19.93
<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
Doğal gaz	1267244.29	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	2808.57	2384.63
Kömür	215.00	ton	1.00	215.00	2632.92	566.08
Dizel	18581.00	lt	0.83	15.42	3073.46	47.40
Elektrik	3502836.00	kWh	-	-	0.35	1221.96
<b>kg CH<sub>4</sub></b>						
Doğal gaz	1267244.29	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	3.96	3.37
Kömür	215.00	ton	1.00	215.00	191.93	41.27
Dizel	18581.00	lt	0.83	15.42	0.62	0.01
Elektrik	3502836.00	kWh	-	-	0.00	2.17
<b>kg N<sub>2</sub>O</b>						
Doğal gaz	1267244.29	m <sup>3</sup>	0.67	849.05	1.48	1.25
Kömür	215.00	ton	1.00	215.00	37.11	7.98
Dizel	18581.00	lt	0.83	15.42	25.34	0.39

2017 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları

Tablo 32. Gümüşhane Üniversitesi 2018 – 2019 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)	Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)
<b>kg CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>						
Doğal gaz	1334571.35	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	2746.63	2455.93
Kömür	265.00	ton	1.00	265.00	2881.65	763.64
Dizel	15144.00	lt	0.83	12.57	3132.15	39.37
Odun	6.00	Ton	1.00	6.00	61.52	0.37
Elektrik	3539044.00	kWh	-	-	0.28	1001.80
Su	55451.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.34	19.08
<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
Doğal gaz	1334571.35	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	2741.56	2451.40
Kömür	265.00	ton	1.00	265.00	2630.61	697.11
Dizel	15144.00	lt	0.83	12.57	3087.27	38.81
Elektrik	3539044.00	kWh	-	-	0.28	994.05
<b>kg CH<sub>4</sub></b>						
Doğal gaz	1334571.35	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	3.63	3.25
Kömür	265.00	ton	1.00	265.00	214.41	56.82
Dizel	15144.00	lt	0.83	12.57	0.50	0.01
Elektrik	3539044.00	kWh	-	-	0.00	2.34
<b>kg N<sub>2</sub>O</b>						
Doğal gaz	1334571.35	m <sup>3</sup>	0.67	894.16	1.44	1.29
Kömür	265.00	ton	1.00	265.00	36.63	9.71
Dizel	15144.00	lt	0.83	12.57	44.38	0.56

2018 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları

Tablo 33. Gümüşhane Üniversitesi 2019 – 2020 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)	Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)
Doğal gaz	1522033.59	m <sup>3</sup>	0.67	1019.76	2542.04	2592.27
Kömür	175.00	ton	1.00	175.00	2744.72	480.33
Dizel	16303.00	lt	0.83	13.53	3088.23	41.79
Odun	2.00	Ton	1.00	2.00	63.85	0.13
Elektrik	3474193.00	kWh	-	-	0.26	888.00
Su	61331.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.34	21.10
<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
Doğal gaz	1522033.59	m <sup>3</sup>	0.67	1019.76	2537.36	2587.50
Kömür	175.00	ton	1.00	175.00	2505.61	438.48
Dizel	16303.00	lt	0.83	13.53	3047.00	41.23
Elektrik	3474193.00	kWh	-	-	0.25	880.99
<b>kg CH<sub>4</sub></b>						
Doğal gaz	1522033.59	m <sup>3</sup>	0.67	1019.76	3.34	3.41
Kömür	175.00	ton	1.00	175.00	204.22	35.74
Dizel	16303.00	lt	0.83	13.53	0.36	0.01
Elektrik	3474193.00	kWh	-	-	0.00	2.26
<b>kg N<sub>2</sub>O</b>						
Doğal gaz	1522033.59	m <sup>3</sup>	0.67	1019.76	1.34	1.37
Kömür	175.00	ton	1.00	175.00	34.89	6.11
Dizel	16303.00	lt	0.83	13.53	40.86	0.55

2019 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları

Tablo 34. Gümüşhane Üniversitesi 2020 – 2021 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)	Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)
Doğal gaz	1241270.27	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	2533.00	2106.57
Kömür	240.00	ton	1.00	240.00	2883.26	691.98
Dizel	10556.00	lt	0.83	8.76	3028.61	26.54
Odun	8.00	Ton	1.00	8.00	63.12	0.51
Elektrik	2383985.00	kWh	-	-	0.23	555.80
Su	24543.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.34	8.44
<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
Doğal gaz	1241270.27	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	2528.26	2102.63
Kömür	240.00	ton	1.00	240.00	2632.00	631.68
Dizel	10556.00	lt	0.83	8.76	2986.60	26.17
Elektrik	2383985.00	kWh	-	-	0.23	550.80
<b>kg CH<sub>4</sub></b>						
Doğal gaz	1241270.27	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	3.40	2.83
Kömür	240.00	ton	1.00	240.00	214.60	51.50
Dizel	10556.00	lt	0.83	8.76	0.30	0.00
Elektrik	2383985.00	kWh	-	-	0.00	1.72
<b>kg N<sub>2</sub>O</b>						
Doğal gaz	1241270.27	m <sup>3</sup>	0.67	831.65	1.33	1.11
Kömür	240.00	ton	1.00	240.00	36.66	8.80
Dizel	10556.00	lt	0.83	8.76	41.71	0.37

2020 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları

Tablo 35. Gümüşhane Üniversitesi 2021 – 2022 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)		Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)
				kg CO <sub>2</sub> Emisyonu	kg CO <sub>2</sub> Emisyonu		
Doğal gaz	1371093.39	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	2538.48	2331.93	
Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	2883.26	418.07	
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	2969.07	54.81	
Odun	10.00	Ton	1.00	10.00	61.82	0.62	
Elektrik	2511693.00	kWh	-	-	0.21	533.31	
Su	27258.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.15	4.06	
<b>kg CO<sub>2</sub></b>							
Doğal gaz	1371093.39	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	2533.69	2327.53	381.64
Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	2632.00	54.00	
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	2925.03	527.86	
Elektrik	2511693.00	kWh	-	-	0.21		
<b>kg CH<sub>4</sub></b>							
Doğal gaz	1371093.39	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	3.44	3.16	
Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	214.60	31.12	
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	0.31	0.01	
Elektrik	2511693.00	kWh	-	-	0.00	2.01	
<b>kg N<sub>2</sub>O</b>							
Doğal gaz	1371093.39	m <sup>3</sup>	0.67	918.63	1.34	1.23	
Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	36.66	5.32	
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	41.71	0.77	

2021 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları

Tablo 36. Gümüşhane Üniversitesi 2022 – 2023 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Birim	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi (kg)	Defra Dönüşüm Faktörü	CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton)	
		<b>kg CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>						
2022 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları	Doğal gaz	1627143.47	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	2539.25	2768.26	
	Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	2883.26	418.07	
	Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	3032.89	55.99	
	Odun	7.00	Ton	1.00	7.00	43.04	0.30	
	Elektrik	3360325.00	kWh	-	-	0.19	649.82	
	Su	53156.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.15	7.92	
		<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
	Doğal gaz	1627143.47	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	2534.47	2763.04	
	Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	2632.00	381.64	
	Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	2988.85	55.17	
	Elektrik	3360325.00	kWh	-	-	0.19	642.53	
		<b>kg CH<sub>4</sub></b>						
	Doğal gaz	1627143.47	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	3.44	3.75	
	Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	214.60	31.12	
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	0.31	0.01		
Elektrik	3360325.00	kWh	-	-	0.00	2.69		
	<b>kg N<sub>2</sub>O</b>							
Doğal gaz	1627143.47	m <sup>3</sup>	0.67	1090.19	1.34	1.46		
Kömür	145.00	ton	1.00	145.00	36.66	5.32		
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	43.73	0.81		

Tablo 37. Gümüşhane Üniversitesi 2023 – 2024 Tüketim Verileri ve DEFRA Metodolojisine Göre Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Tablosu

	<b>Enerji Tipi</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>	<b>Birim</b>	<b>Yoğunluk</b>	<b>Yakıt Tüketimi (kg)</b>	<b>Defra Dönüşüm Faktörü</b>	<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (ton)</b>	
		<b>kg CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>						
<b>2023 Yılı Enerji Tüketimi ve Sera Gazı Emisyonları</b>	Doğal gaz	1493249.16	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	2562.57	2563.80	
	Kömür	178.00	ton	1.00	178.00	2904.95	517.08	
	Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	3015.65	55.67	
	Odun	6.00	Ton	1.00	6.00	43.89	0.26	
	Elektrik	3071041.00	kWh	-	-	0.21	635.93	
	Su	37128.00	m <sup>3</sup>	-	-	0.18	6.56	
		<b>kg CO<sub>2</sub></b>						
	Doğal gaz	1493249.16	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	2557.53	2558.75	
	Kömür	178.00	ton	1.00	178.00	2632.00	468.50	
	Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	2976.42	54.95	
Elektrik	3071041.00	kWh	-	-	0.20	629.44		
	<b>kg CH<sub>4</sub></b>							
Doğal gaz	1493249.16	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	3.85	3.86		
Kömür	178.00	ton	1.00	178.00	240.35	42.78		
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	0.35	0.01		
Elektrik	3071041.00	kWh	-	-	0.00	2.75		
	<b>kg N<sub>2</sub>O</b>							
Doğal gaz	1493249.16	m <sup>3</sup>	0.67	1000.48	1.19	1.19		
Kömür	178.00	ton	1.00	178.00	32.60	5.80		
Dizel	22241.00	lt	0.83	18.46	38.89	0.72		

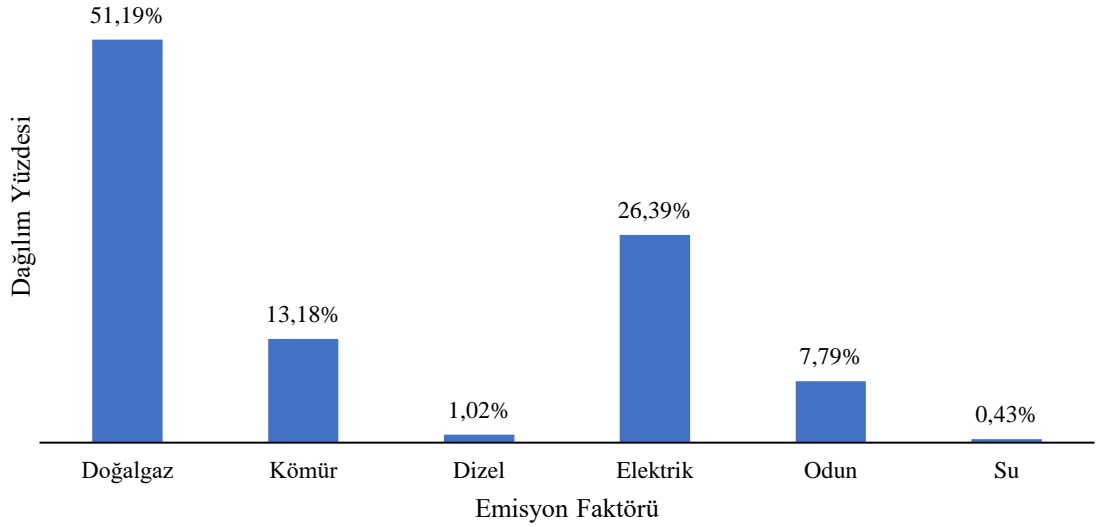
Karbon ayak izi envanteri, doğal gaz, kömür, dizel, elektrik, odun ve su kaynaklarının kullanımı temel alınarak, DEFRA (Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı) ve IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) metodolojileri çerçevesinde detaylı bir şekilde hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Elde edilen veri seti, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasında doğal gaz, kömür, dizel, elektrik, odun ve su tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Bu farklı kaynaklardan kaynaklanan emisyonlar, üniversitenin kampüs işleyişinin çok boyutlu doğasını yansıtmaktadır: Isıtma, soğutma, aydınlatma, ulaşım ve lojistik faaliyetleri, her biri kendine özgü bir enerji profili ve dolayısıyla farklı büyüklükte emisyonlar üretmektedir. Tüm bu kaynakların bir arada ele alınması, yükseköğretim kurumlarının karbon ayak izini azaltmak için alması gereken önlemlerin çeşitliliğine de işaret etmektedir.

Burada, DEFRA ve IPCC metodolojileriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenecek, her iki yaklaşımın sağladığı bakış açıları ve uluslararası standartlarla uyum durumu tartışılacaktır. Bu metodolojik karşılaştırma, Gümüşhane Üniversitesi'nin karbon raporlama pratiklerini küresel kriterlere uygun hale getirmesi, diğer kurumlarla karşılaştırılabilir sonuçlar sunması ve stratejik kararların alınmasında daha objektif bir zemin oluşturması bakımından önemlidir.

Aşağıdaki bulgular, 2017-2023 dönemine ait Doğal gaz tüketimi verilerini, IPCC ve DEFRA yöntemleriyle hesaplanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının yıllar içindeki değişimlerini kapsamaktadır. Verilerin tümü ilgili tez kapsamında toplanmış olup, değerler yıllık tüketim miktarlarına karşılık gelen emisyon envanteri sonuçları olarak sunulmaktadır. Bulguların yorumlanmasında, Türkiye'nin son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi, ulusal sera gazı emisyon raporlama çerçeveleri, enerji verimliliği politikaları ve yükseköğretim kurumlarında artan çevresel farkındalık gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur.

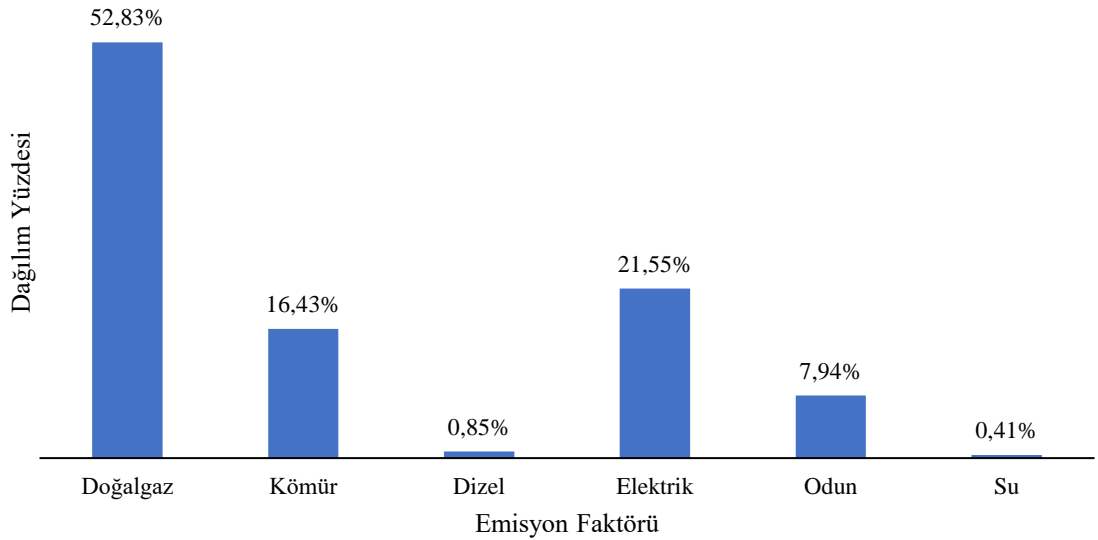
### 2017 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri



Şekil 19. 2017 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 19, 2017 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerle dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %51.19 ile toplam emisyonların en büyük kaynağı olmuştur. Elektrik tüketimi %26.39 ile ikinci sırada yer alırken, kömür kullanımı %13.18'lik bir paya sahiptir. Odun %7.79, dizel %1.02 ve su kaynaklı emisyonlar ise %0.43 oranında katkı sağlamıştır.

### 2018 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri

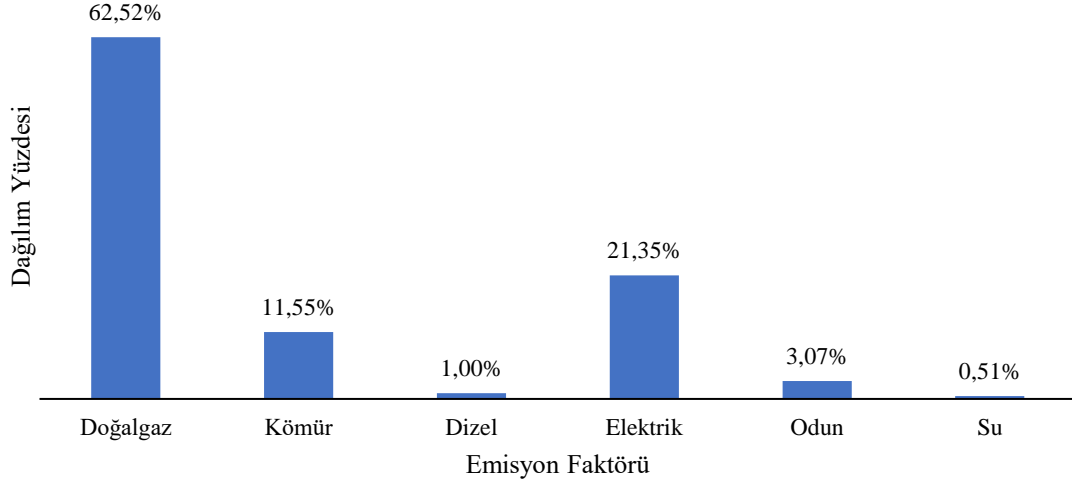


Şekil 20. 2018 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 20, 2018 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerle dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %52.83 ile toplam emisyonların en büyük

payına sahiptir. Elektrik tüketimi %21.55 ile ikinci sırada yer alırken, kömür kullanımı %16.43'lük bir orana sahiptir. Odun %7.94, dizel %0.85 ve su kaynaklı emisyonlar ise %0.41 oranında yer almaktadır.

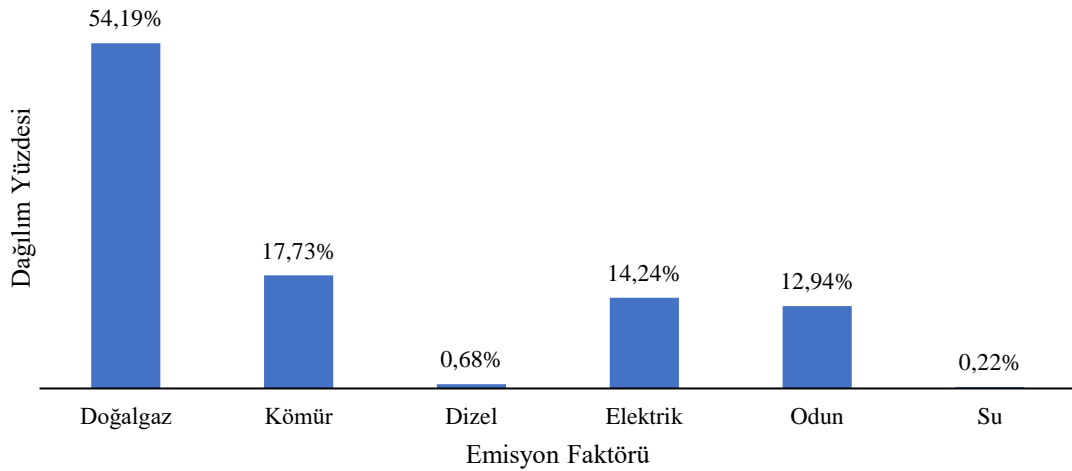
2019 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri



Şekil 21. 2019 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 21, 2019 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdeler dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %62.52 ile toplam emisyonların en büyük payını oluşturmuştur. Elektrik tüketimi %21.35 ile ikinci sırada yer alırken, kömür %11.55'lik bir oranla üçüncü sıradadır. Odun kullanımı %3.07, dizel %1.00 ve su %0.51 oranında emisyon katkısı sağlamıştır.

2020 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri

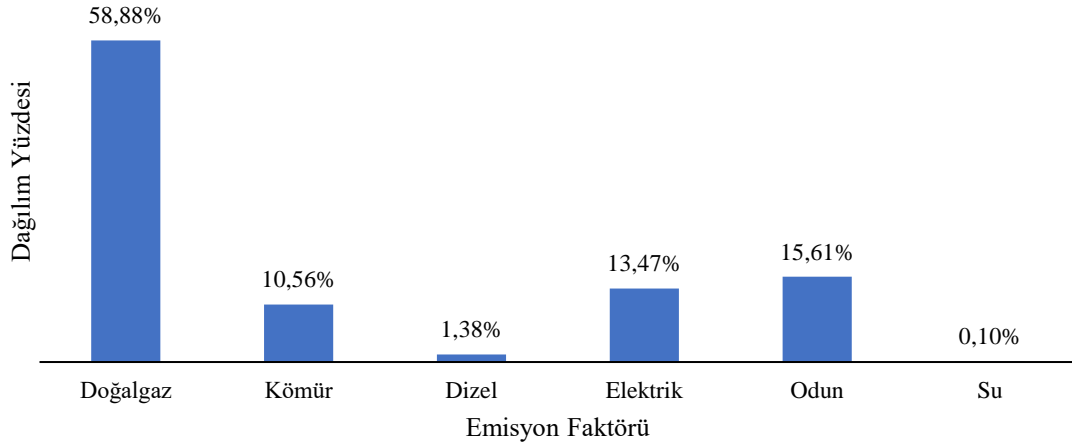


Şekil 22. 2020 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 22, 2020 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdeler dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %54.19 ile toplam emisyonların en büyük payına sahiptir. Kömür kullanımı %17.73 oranında katkı sağlarken, elektrik %14.24,

odun %12.94 ve dizel %0.68 oranlarında yer almıştır. Su kaynaklı emisyonlar ise %0.22 ile en düşük paya sahiptir.

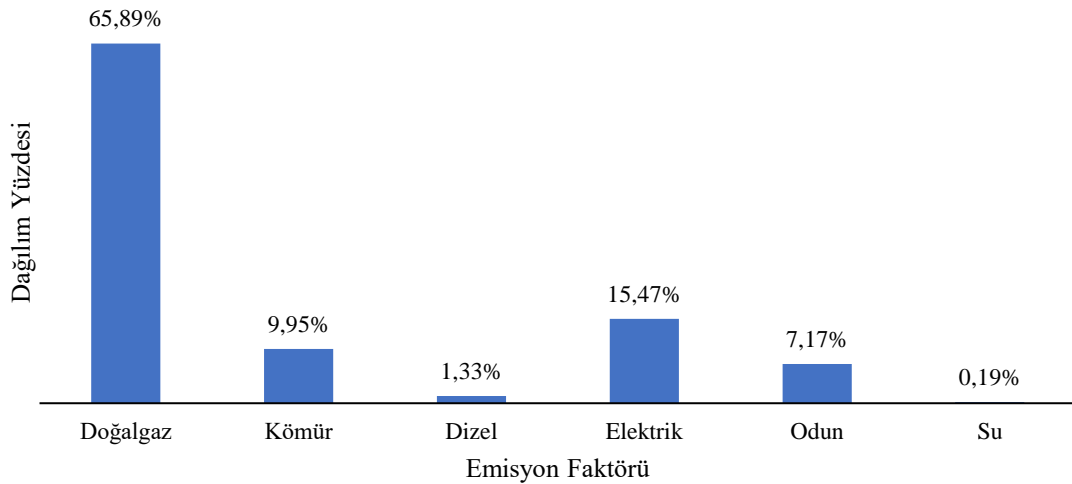
#### 2021 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri



Şekil 23. 2021 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 23, 2021 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerik dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %58.88 ile toplam emisyonların en büyük kaynağı olarak öne çıkmıştır. Odun kullanımı %15.61 ile ikinci sırada yer alırken, elektrik %13.47 oranında emisyonla katkıda bulunmuştur. Kömür %10.56, dizel %1.38 ve su %0.10 oranında emisyon payına sahiptir.

#### 2022 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri

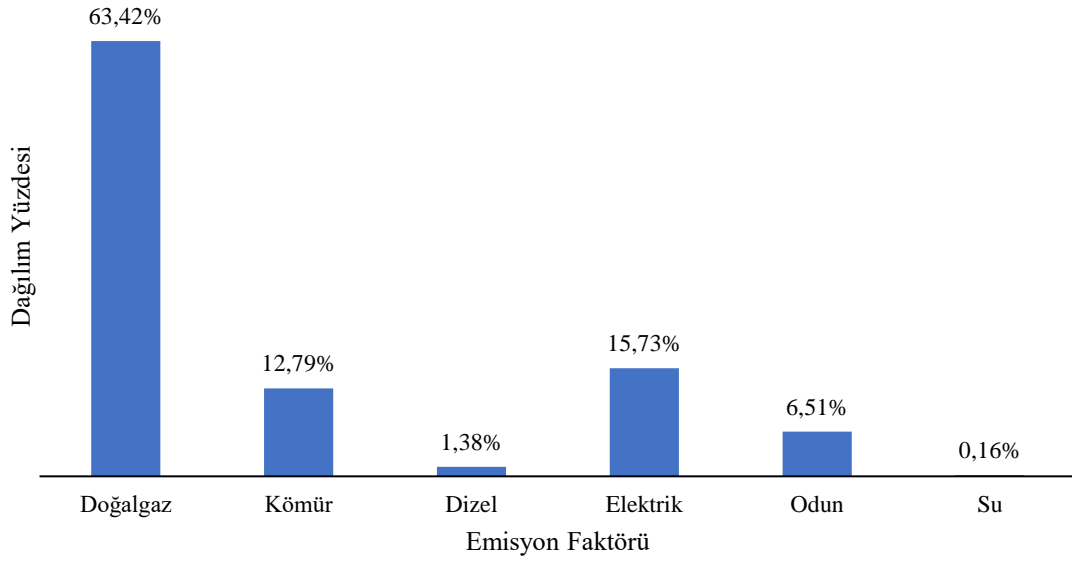


Şekil 24. 2022 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri

Şekil 24, 2022 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerik dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %65.89 ile toplam emisyonların açık ara en büyük kaynağıdır. Elektrik %15.47 oranıyla ikinci sırada yer alırken, kömür %9.95,

odun %7.17, dizel %1.33 ve su %0.19 oranında katkı sağlamıştır. Bu dağılım, doğalgazın enerji tüketimindeki önemini ve emisyon üzerindeki baskın etkisini vurgulamaktadır.

2023 Yılı DEFRA Emisyon Yüzdeleri

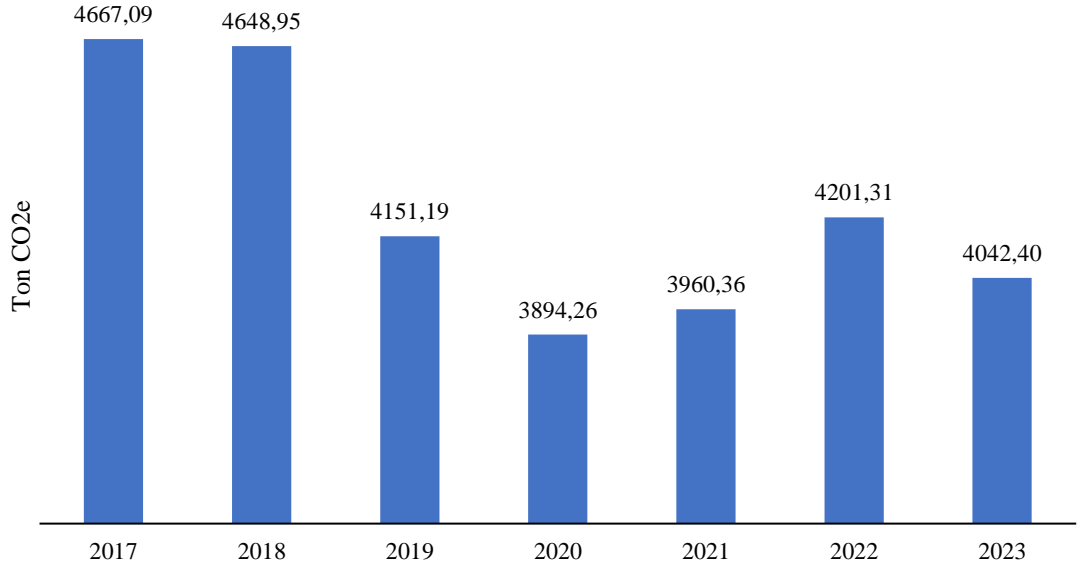


Şekil 25. 2023 yılına ait DEFRA yöntemine göre emisyon dağılım yüzdeleri doğalgazın enerji tüketimindeki önemini ve emisyon üzerindeki baskın etkisini vurgulamaktadır.

Şekil 24, 2022 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerik dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %65.89 ile toplam emisyonların açık ara en büyük kaynağıdır. Elektrik %15.47 oranıyla ikinci sırada yer alırken, kömür %9.95, odun %7.17, dizel %1.33 ve su %0.19 oranında katkı sağlamıştır. Bu dağılım, doğalgazın enerji tüketimindeki önemini ve emisyon üzerindeki baskın etkisini vurgulamaktadır.

2023 yılına ait DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon kaynaklarının yüzdelerik dağılımını göstermektedir. Doğalgaz, %63.42 oranıyla toplam emisyonların en büyük kaynağıdır. Elektrik %15.73 ile ikinci sırada yer alırken, kömür %12.79 oranında katkı sağlamıştır. Odun kullanımı %6.51, dizel %1.38 ve su kaynaklı emisyonlar ise %0.16 oranında kalmıştır. Bu dağılım, doğalgazın emisyon üzerindeki baskın etkisinin 2023 yılında da devam ettiğini göstermektedir.

## DEFRA Emisyon Değerleri



Şekil 26. 2017-2023 yılları arasında DEFRA yöntemine göre toplam CO<sub>2</sub>e emisyon miktarları

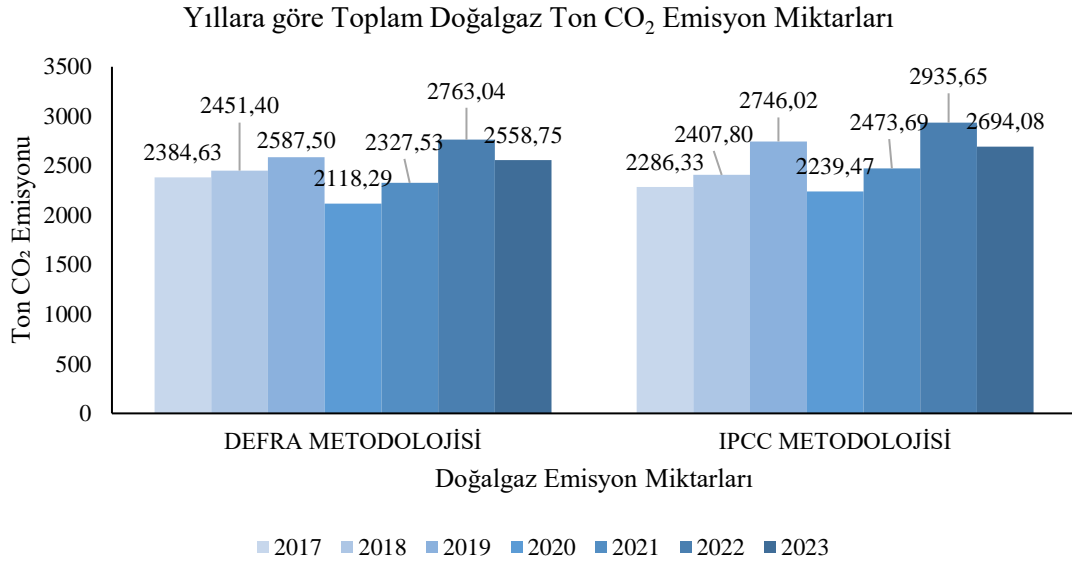
Şekil 26'e göre 2017 yılında toplam 4667.09 ton CO<sub>2</sub>e olan DEFRA yöntemine göre hesaplanan emisyon değerleri, 2018 yılında 4648.95 ton CO<sub>2</sub>e olarak benzer bir seviyede devam etmiştir. Ancak, 2019 yılında bu değer 4151.19 ton CO<sub>2</sub>e'ye, 2020 yılında ise 3894.26 ton CO<sub>2</sub>e'ye düşerek önemli bir azalma göstermiştir. 2020 yılındaki bu düşüş, muhtemelen pandemi sürecinde enerji tüketimindeki azalmadan kaynaklanmıştır. 2021 yılında toplam emisyonlar 3960.36 ton CO<sub>2</sub>e ile bir miktar artış göstermiştir. 2022 yılında emisyonlar 4201.31 ton CO<sub>2</sub>e'ye yükselerek belirgin bir artış göstermiş, 2023 yılında ise 4042.40 ton CO<sub>2</sub>e olarak yeniden bir düşüş trendine girmiştir. Bu veriler, yıllar içinde enerji tüketimindeki değişimleri ve kullanılan kaynakların etkilerini açık bir şekilde yansıtmaktadır.

### 3.4.IPCC ve DEFRA Emisyonlarının Karşılaştırması

#### 3.4.1. Doğal Gaz Tüketimindeki Eğilimler ve Genel Değerlendirme

Çalışma kapsamında incelenen dönemde (2017-2023), Gümüşhane Üniversitesi'nin Doğal gaz tüketim miktarlarında belirli dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Tablo 11'de 2017 yılında 1267244 m<sup>3</sup> olan Doğal gaz tüketimi, 2019'da 1522034 m<sup>3</sup> seviyesine ulaşmış, 2020'de ise 1241270 m<sup>3</sup>'e düştüğü görülmektedir. Bu dalgalanmaların bir bölümü, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle üniversite yerleşkesindeki fiziksel faaliyetlerin azalmasına bağlanmaktadır. Sonraki yıllarda ise

yeniden artış trendine geçilerek 2022 yılında 1627143 m<sup>3</sup> gibi nispeten yüksek bir tüketime ulaşılmış, 2023 yılında ise 1493249 m<sup>3</sup> düzeyinde bir değer kaydedilmiştir.

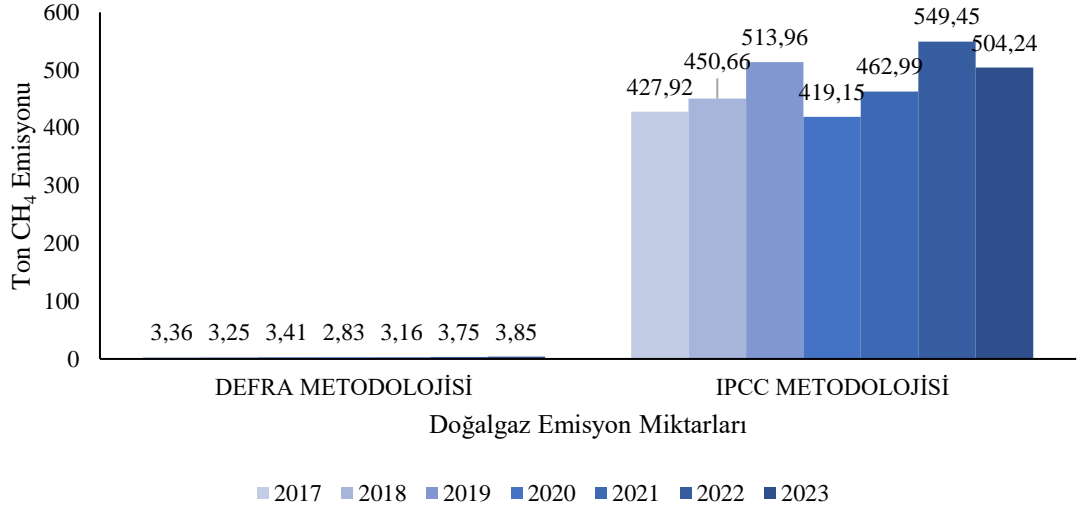


Şekil 27. Doğal gaz Tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> Emisyonları Yıllara Göre Değişimi

2017 yılında DEFRA yöntemiyle hesaplanan CO<sub>2</sub> emisyonları 2385 ton olarak kaydedilmiş, 2019 yılında 2588 ton seviyesine yükselmiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 2118 ton seviyesine gerilemiş, ancak 2022 yılında 2763 ton ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında emisyonlar 2559 ton olarak ölçülmüştür. Şekil 27, CO<sub>2</sub> emisyonlarının yıllar içinde dalgalı bir seyir izlediğini ortaya koymaktadır.

IPCC yöntemiyle hesaplanan CO<sub>2</sub> emisyonları 2017 yılında 2286 ton olarak belirlenmiş, 2019 yılında 2746 ton seviyesine yükselmiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 2239 ton seviyesine düşmüş, 2022 yılında ise 2936 ton ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında emisyon miktarı 2694 ton olarak kaydedilmiştir. Şekil 27, IPCC yönteminin de DEFRA yöntemine benzer bir dalgalanma eğilimi gösterdiğini, ancak emisyon değerlerinde yöntemler arasında farklılıklar bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Yıllara göre Toplam Doğalgaz Ton CH<sub>4</sub> Emisyon Miktarları



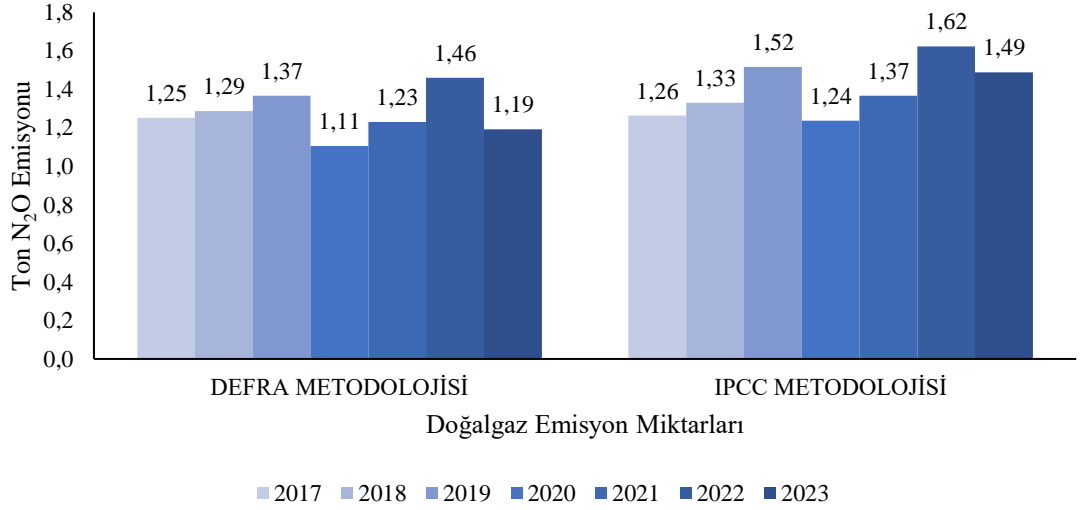
Şekil 28. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi

Doğal gaz kullanımından kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonları, hem IPCC hem de DEFRA yöntemleriyle hesaplandığında düşük seviyelerde kaydedilmiş olmakla birlikte zaman içinde belirli bir oynaklık sergilemektedir. Metan, CO<sub>2</sub>'ye kıyasla daha düşük miktarlarda salınsa da küresel ısınma potansiyeli (KIP) açısından daha etkili bir sera gazıdır. Bu nedenle, CH<sub>4</sub> emisyonlarının izlenmesi gerekmektedir.

2017 yılında 3.36 ton CH<sub>4</sub> olarak hesaplanan metan emisyonu, 2019 yılında 3.41 ton CH<sub>4</sub> seviyesine yükselerek sınırlı bir artış göstermiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 2.83 ton CH<sub>4</sub>'ye gerilemiş, 2022 yılında 3.75 ton CH<sub>4</sub> ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında ise 3.85 ton CH<sub>4</sub> olarak ölçülmüştür. Şekil 28'de, metan emisyonlarının yıllar içinde genel olarak artış eğilimi gösterdiği ortaya konulmaktadır.

IPCC yaklaşımına göre hesaplanan metan (CH<sub>4</sub>) emisyonları incelendiğinde, 2017 yılında 427.92 ton olarak belirlenen değer, 2019 yılında 513.96 ton seviyesine yükselmiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 419.15 ton'a gerilemiş, 2022 yılında 549.45 ton ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında ise emisyon miktarı 504.24 ton olarak kaydedilmiştir. IPCC yöntemiyle hesaplanan metan emisyonlarının DEFRA yöntemine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 28'de görülen farklılık, iki yöntem arasındaki emisyon faktörlerinin kullanımı ve hesaplama katsayılarındaki değişikliklerle ilişkilidir.

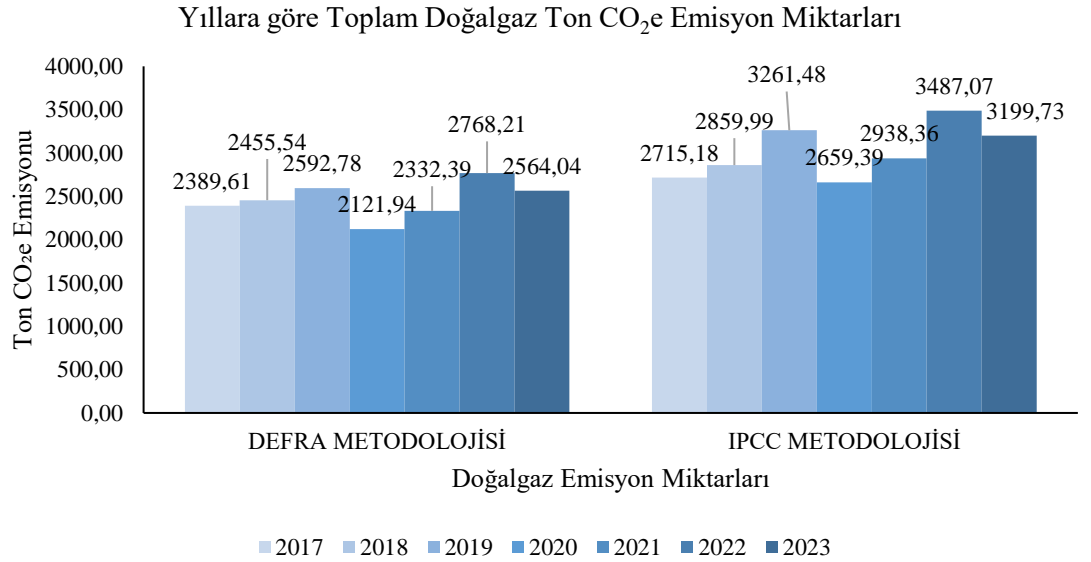
Yıllara göre Toplam Doğalgaz Ton N<sub>2</sub>O Emisyon Miktarları



Şekil 29. Doğal gaz tüketiminden kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonlarının yıllara göre değişimi

N<sub>2</sub>O emisyonları, diğer sera gazlarına göre miktarsal olarak düşük seviyelerde seyretmesine rağmen, küresel ısınma potansiyeli oldukça yüksek bir gaz olması nedeniyle önemlidir. Şekil 29’da görüldüğü üzere 2017 yılında 1.25 ton N<sub>2</sub>O olarak hesaplanan değer, 2019’da 1.37 ton N<sub>2</sub>O düzeyine yükselmiştir. 2020’de 1.11 ton N<sub>2</sub>O’ya gerileyen değerler, 2022’de 1.46 ton N<sub>2</sub>O seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında ise 1.19 ton N<sub>2</sub>O olarak belirlenen emisyon miktarı, N<sub>2</sub>O salımlarında da belirgin dalgalanmalar yaşandığını göstermektedir.

IPCC yöntemine göre hesaplanan N<sub>2</sub>O emisyon değerleri Şekil 29’da incelendiğinde, 2017 yılında 1.26 ton olarak hesaplanan emisyon miktarı, 2019 yılında 1.52 ton’a yükselmiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 1.24 ton’a gerilemiş, ancak 2022 yılında 1.62 ton ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2023 yılında ise 1.49 ton olarak kaydedilmiştir. Bu veriler, emisyon miktarlarının dalgalı bir seyir izlediğini göstermektedir. IPCC yöntemi ile DEFRA yöntemi karşılaştırıldığında, IPCC yönteminin N<sub>2</sub>O emisyonlarını sistematik olarak daha yüksek hesapladığı tespit edilmiştir. Bu durum, her iki yöntemin kullandığı emisyon hesaplama katsayıları arasındaki farklılıklarla ilişkilidir.



Şekil 30. Doğal gaz Tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>e Emisyonları Yıllara Göre Değişimi

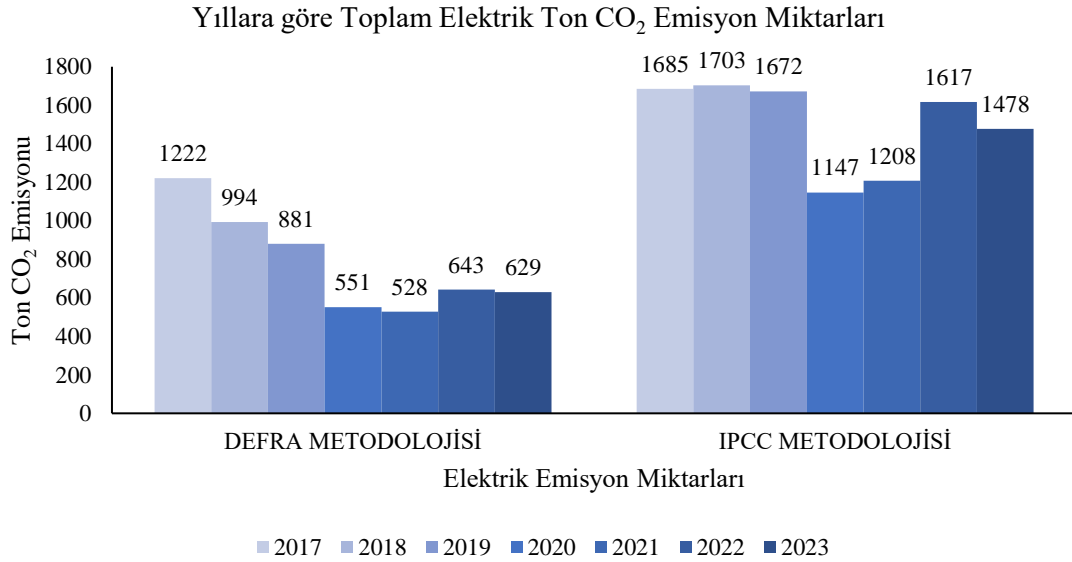
Şekil 30, yıllara göre doğal gaz tüketiminden kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub>e emisyon miktarlarını DEFRA ve IPCC metodolojilerine göre göstermektedir. DEFRA metodolojisine göre emisyon miktarları yıllar içinde dalgalanmalar göstermektedir. 2017’de 2389.61 ton CO<sub>2</sub>e olan emisyon, 2019’a kadar artış göstermiş, 2020’de 2121.94 tona düşmüş, ardından 2022’de en yüksek seviye olan 2768.21 tona ulaşmıştır. 2023 yılında ise 2564.04 tona gerilemiştir. IPCC metodolojisinde de benzer bir eğilim görülmektedir. 2017’de 2715.18 ton olan emisyon, 2020’de 2659.39 tona gerilemiş, ancak 2022’de 3261.48 ton ile zirveye çıkmıştır. 2023 yılında ise 3199.73 ton olarak gerçekleşmiştir. Her iki metodoloji de yıllara göre değişen doğal gaz tüketimine bağlı olarak emisyon değerlerinde dalgalanmalar göstermektedir.

### 3.4.2. Elektrik Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi

Tablo 11, Gümüşhane Üniversitesi’nin elektrik tüketimi 2017-2023 yılları arasında dalgalanmalar göstermiştir. 2017 yılında 3502836 kWh olarak kaydedilen elektrik tüketimi, 2018 yılında 3539044 kWh’ye çıkarak hafif bir artış göstermiştir. Bu artış, üniversitenin fiziki alanlarının genişlemesi ve öğrenci sayısındaki artışla ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda, kurumsal faaliyetlerdeki çeşitlilik ve üniversite kampüsünde elektrikli cihaz kullanım yoğunluğu gibi faktörlerin de bu dönemde etkili olduğu düşünülmektedir.

2019 yılında elektrik tüketimi 3474.193 olarak ölçülmüş ve bir önceki yıla göre düşüş göstermiştir. 2020 yılında ise elektrik tüketimi 2383985 kWh’ye gerilemiş, bu düşüş pandemi dönemine denk gelmiştir. COVID-19 pandemisi nedeniyle uygulanan uzaktan eğitim, yüz yüze etkinliklerin iptal edilmesi, laboratuvar ve atölye çalışmalarının

kısıtlanması veya tamamen durdurulması gibi önlemler, elektrik tüketimini doğrudan azaltmıştır. Bu süreçte kampüs kullanım yoğunluğundaki azalma, elektrik tüketimindeki keskin düşüşün temel nedeni olarak değerlendirilmiştir. 2021 yılında elektrik tüketimi 2511693 kWh olarak kaydedilmiştir. Bu dönemde, pandeminin etkilerinin azalmaya başlamasıyla birlikte üniversitede kısmen normalleşme sürecine geçilmiş ve hibrit eğitim modelleri uygulanmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda kampüs içindeki faaliyetler artış göstermiş, ancak elektrik tüketimi pandemi öncesi seviyelere ulaşamamıştır. Elektrik tüketiminde bu dönemdeki artış, kısmi bir normalleşmeyi yansıtmaktadır. 2022 yılında elektrik tüketimi 3360325 kWh seviyesine çıkarak, pandemi öncesi yıllara yakın bir değere ulaşmıştır. 2023 yılında ise elektrik tüketimi 3071041 kWh olarak kaydedilmiştir. Bu değer, bir önceki yıla göre düşüş göstermiştir.



Şekil 31. Elektrik tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi

Gümüşhane Üniversitesi'nin IPCC yöntemiyle elektrik tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyon değeri, Şekil 30'da gösterildiği gibi, 2017 yılında 1685 ton olarak hesaplanmıştır. Bu değer, DEFRA yöntemine göre daha yüksek bulunmuştur. 2018 yılında 1703 ton, 2019 yılında ise 1672 ton olarak hesaplanan emisyonlar, IPCC yönteminin kullanılan emisyon faktörleri ve iletim-dağıtım kayıplarına ilişkin varsayımları nedeniyle daha yüksek sonuçlar verdiğini göstermektedir.

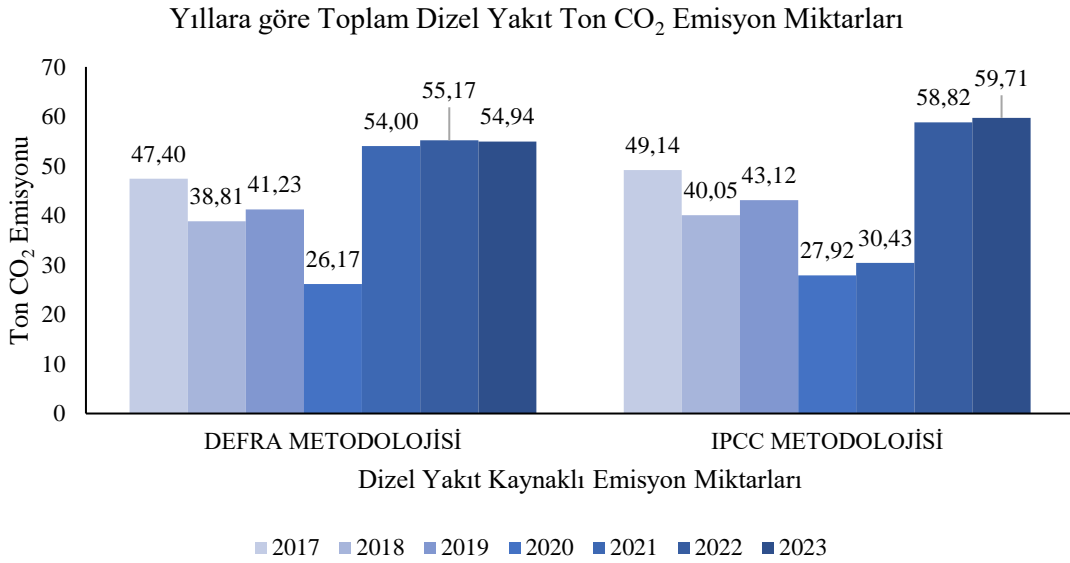
2020 yılında, elektrik tüketiminin COVID-19 pandemisi nedeniyle azalması sonucunda, emisyonlar 1147 ton seviyesine gerilemiştir. 2021 yılında elektrik tüketiminin artmasıyla emisyonlar 1208 ton olarak hesaplanmıştır. 2022 yılında emisyonlar 1.617 ton ile pandemi öncesi seviyelere yaklaşmış, 2023 yılında ise 1478 ton olarak kaydedilmiştir.

DEFRA yöntemine göre, 2017 yılında 1222 ton CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanmış, 2018 yılında bu değer 994 ton CO<sub>2</sub>'ye gerilemiştir. Bu azalma, elektrik tüketimindeki görece

istikrar ve ulusal elektrik üretim karışımında yenilenebilir enerji kaynaklarının artan payı ile ilişkilendirilebilir. 2019 yılında CO<sub>2</sub> emisyonları 881 ton seviyesine düşmüş, 2020 yılında ise COVID-19 pandemisinin etkisiyle 551 ton CO<sub>2</sub> olarak kaydedilmiştir. Bu dönemde uzaktan eğitime geçiş nedeniyle elektrik tüketiminin azalması, emisyonlara doğrudan yansımıştır. 2021 yılında 528 ton CO<sub>2</sub> ile en düşük seviyelerden biri gözlemlenmiştir. Bu durum, kampüs kullanım yoğunluğunun henüz tam kapasiteye ulaşmaması ve bazı faaliyetlerin uzaktan yürütülmeye devam etmesiyle açıklanabilir. 2022 yılında emisyonlar 643 ton'a, 2023 yılında ise 629 ton'a yükselmiştir. Bu artış, normalleşme sürecinde elektrik tüketiminin artmasına paralel olarak gerçekleşmiştir.

### 3.4.3. Dizel Yakıt Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Eğilimleri

Tablo 11'e göre, Gümüşhane Üniversitesi'nin dizel yakıt tüketimi 2017-2023 yılları arasında dalgalanmalar göstermiştir. 2017 yılında 18581 litre olan toplam dizel tüketimi, 2018 yılında 15144 litreye gerileyerek önemli bir düşüş kaydetmiştir. 2019 yılında ise dizel tüketimi 16303 litreye yükselmiştir. 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle dizel tüketimi 10556 litre seviyesine düşerek dönem içindeki en düşük değere ulaşmıştır. Pandemi nedeniyle uzaktan eğitim ve idari süreçlerde uzaktan çalışmaya geçilmesi, araç kullanımını azaltmıştır. 2021 yılında tüketim 11506 litreye yükselmiş ancak pandemi öncesi seviyelerin altında kalmıştır. 2022 ve 2023 yıllarında ise dizel tüketimi sırasıyla 22241 litre ve 22577 litre olarak kaydedilmiştir.



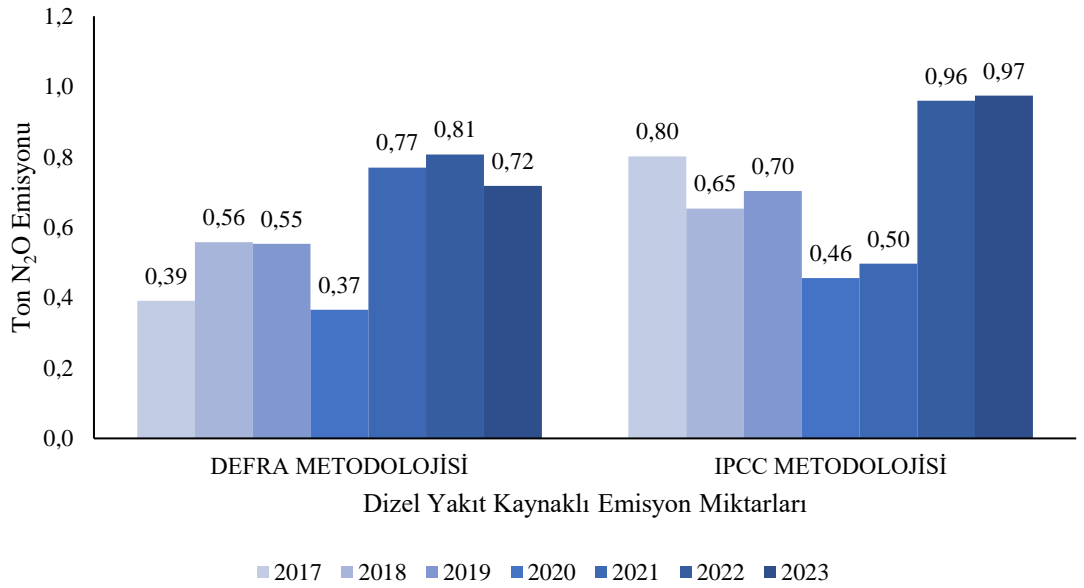
Şekil 32. Dizel tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi

Şekil 32'ye göre dizel tüketimi DEFRA yöntemiyle hesaplandığında Gümüşhane Üniversitesi'nin CO<sub>2</sub> emisyonları yıllar içerisinde dalgalanmalar göstermiştir. 2017

yılında 47.40 ton CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanmış, 2018’de bu değer 38.81 ton CO<sub>2</sub>’ye gerilemiştir. Bu düşüş, dizel yakıt tüketimindeki azalmayı doğrulamaktadır. 2019 yılında CO<sub>2</sub> emisyonları 41.23 ton seviyesine yükselmiş, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle 26.17 ton CO<sub>2</sub>’ye düşerek en düşük seviyeye ulaşmıştır. 2021 yılında dizel tüketimindeki artışla CO<sub>2</sub> emisyonları 54.00 ton olarak hesaplanmıştır. 2022 ve 2023 yıllarında ise değerler sırasıyla 55.17 ton ve 54.94 ton CO<sub>2</sub> olarak kaydedilmiş, bu durum pandemi sonrası normalleşme süreciyle ulaşım faaliyetlerindeki artışı göstermektedir.

IPCC metodolojisine göre ise CO<sub>2</sub> emisyonları DEFRA’ya kıyasla biraz daha yüksek bulunmuştur. 2017 yılında 49.14 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanan emisyonlar, 2018 yılında 40.05 ton CO<sub>2</sub>’ye gerilemiş, 2020 yılında ise 27.92 ton CO<sub>2</sub> olarak kaydedilmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında IPCC’ye göre sırasıyla 58.82 ton ve 59.71 ton CO<sub>2</sub> hesaplanmıştır. Bu farklılık, IPCC metodolojisinin farklı emisyon faktörleri ve dönüşüm katsayıları kullanmasından kaynaklanmaktadır.

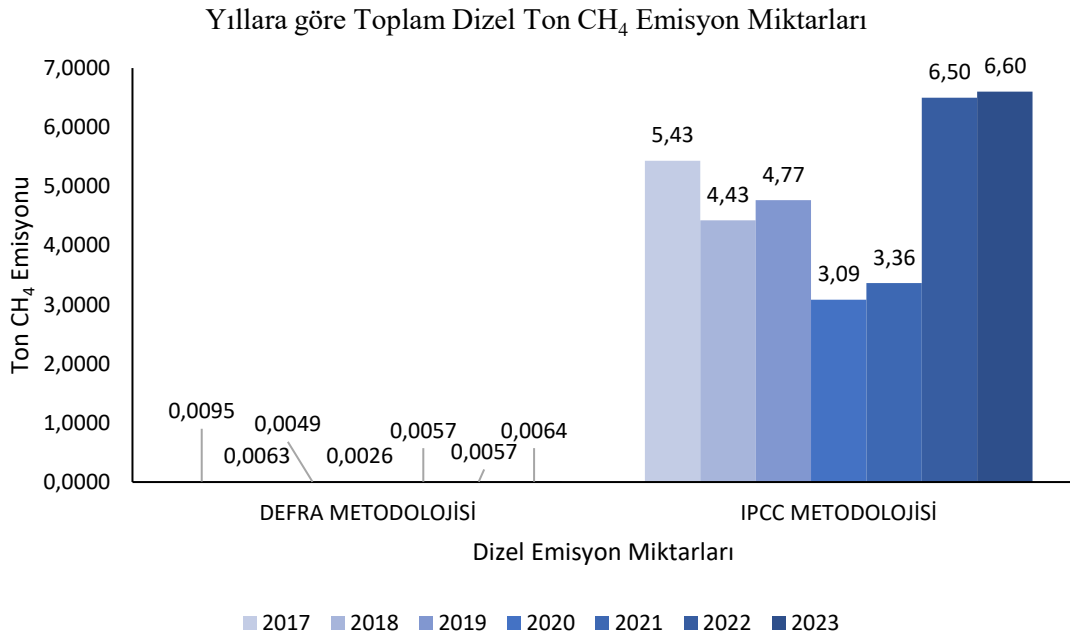
Yıllara göre Toplam Dizel Yakıt Ton N<sub>2</sub>O Emisyon Miktarları



Şekil 33. Dizel tüketiminden kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonlarının yıllara göre değişimi

DEFRA yöntemi ile hesaplanan N<sub>2</sub>O emisyonları Şekil 33’de gösterilmiştir. Bu miktar 2017 yılında 0.39 ton N<sub>2</sub>O olarak kaydedilirken, 2023 yılında bu değer 0.72 ton N<sub>2</sub>O olarak belirlenmiştir. Özellikle 2021 sonrası artış eğilimi dikkat çekmektedir. Bu durum, dizel kaynaklı yakıt tüketimindeki yanma verimliliği ve motor teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır. IPCC metodolojisiyle hesaplanan N<sub>2</sub>O emisyonlarının DEFRA yöntemine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, 2023 yılında IPCC yöntemine göre 0.97 ton N<sub>2</sub>O emisyonu hesaplanmıştır. Bu fark, IPCC’nin N<sub>2</sub>O emisyon katsayılarının daha temkinli ve genelci bir yaklaşım sunmasından kaynaklanmaktadır.

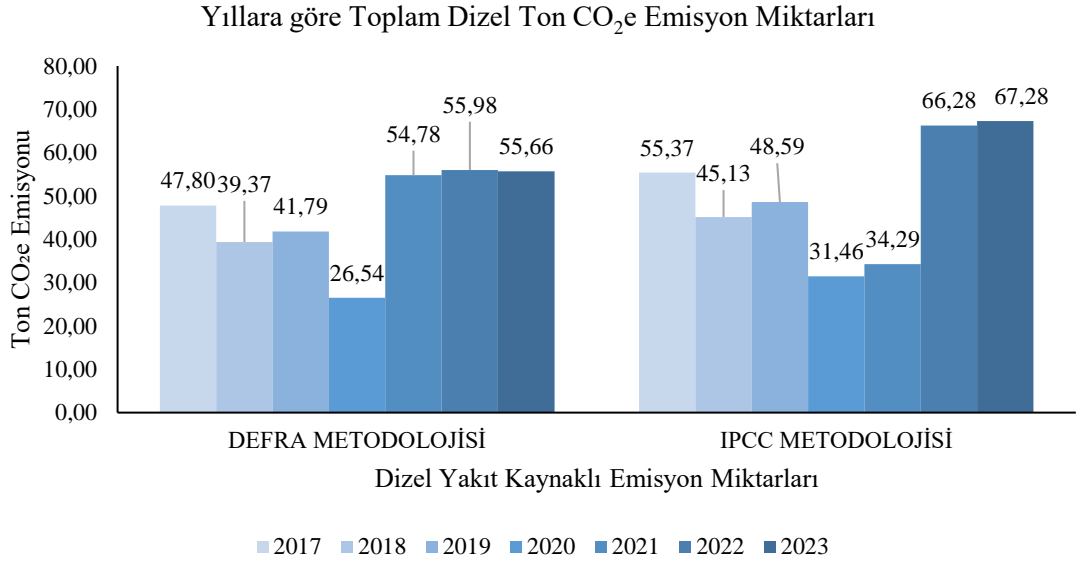
CH<sub>4</sub> (metan) emisyonları, yıllara göre nispeten sabit bir seyir izlemektedir. DEFRA yöntemine göre 2017 yılında 0.39 ton CH<sub>4</sub> hesaplanmış, bu değer 2023 yılında 0.72 ton CH<sub>4</sub> olarak kaydedilmiştir. Yıllar içerisinde büyük dalgalanmalar olmamakla birlikte, tüketim değişimlerine bağlı olarak küçük düşüşler gözlemlenmiştir. IPCC metodolojisi ile hesaplandığında ise CH<sub>4</sub> emisyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. 2023 yılında IPCC yöntemine göre 0.97 ton CH<sub>4</sub> emisyonu hesaplanmıştır. Bu farklılık, IPCC'nin kullandığı emisyon katsayılarının DEFRA metodolojisine kıyasla daha geniş bir çerçevede ele alınmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 34. Dizel tüketiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi

Şekil 34'de görüldüğü gibi, DEFRA metodolojisiyle hesaplanan dizel kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonları, yıllar içerisinde oldukça düşük seviyelerde seyretmektedir. 2017 yılında 0.0095 ton olarak kaydedilen CH<sub>4</sub> emisyonu, 2019 yılında 0.0049 ton seviyesine gerilemiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 0.0026 ton ile en düşük seviyesine ulaşmış, 2023 yılında ise 0.0064 ton olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, DEFRA metodolojisinin dizel kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarının oldukça sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. IPCC metodolojisiyle hesaplanan CH<sub>4</sub> emisyonları ise DEFRA'ya göre daha yüksek sonuçlar vermektedir. 2017 yılında 5.43 ton CH<sub>4</sub> olarak hesaplanan değer, 2019 yılında 4.77 ton CH<sub>4</sub> seviyesine gerilemiştir. 2020 yılında ise emisyonlar 3.09 ton CH<sub>4</sub> olarak kaydedilmiş, 2022 yılında 6.50 ton ve 2023 yılında 6.60 ton CH<sub>4</sub> ile en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. IPCC metodolojisinin DEFRA'ya kıyasla daha geniş bir emisyon faktörü çerçevesi kullandığı ve bu nedenle daha yüksek değerler hesaplandığı

görülmektedir. Bu farklılıklar, metodolojiler arasındaki hesaplama katsayıları ve emisyon faktörlerinin kullanımıyla ilişkilidir. CH<sub>4</sub> emisyonlarının, dizel yakıt tüketimi kaynaklı çevresel etkilerin önemli bir göstergesi olmaya devam ettiği açıktır.



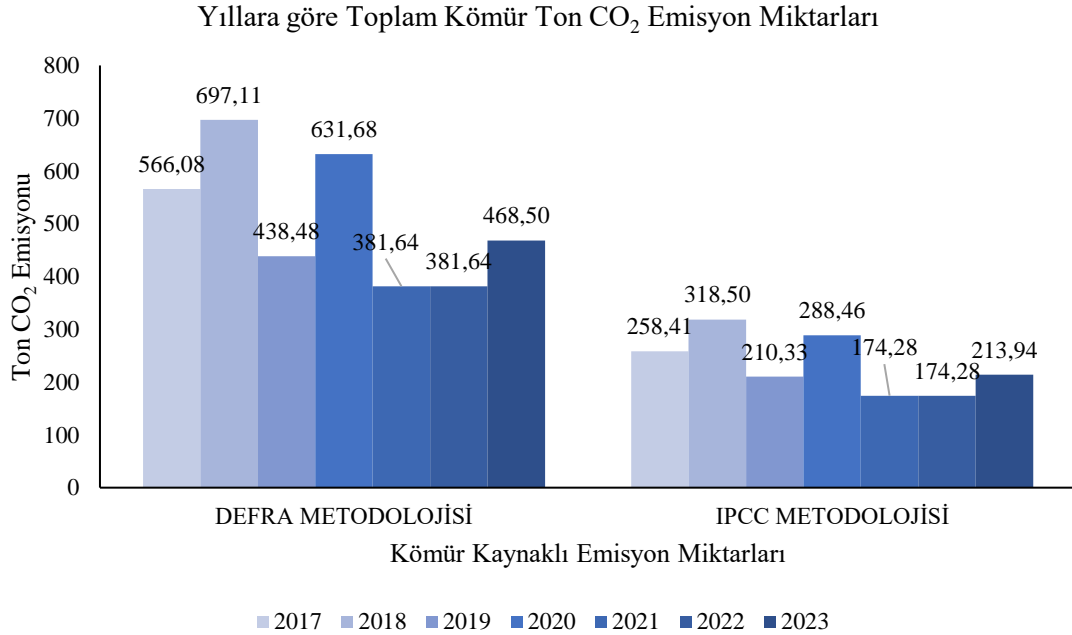
Şekil 35. Dizel tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>e emisyonları yıllara göre değişimi

Şekil , yıllara göre dizel tüketiminden kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub>e emisyon miktarlarını DEFRA ve IPCC metodolojilerine göre göstermektedir. DEFRA metodolojisine göre 2017’de 47.80 ton olan emisyon, 2020’de en düşük seviyeye (26.54 ton) düşmüş, ancak 2021’den itibaren tekrar artarak 2022’de 55.98 tonla zirveye ulaşmış ve 2023’te 55.66 ton olarak gerçekleşmiştir. IPCC metodolojisinde benzer bir eğilim görülmektedir. 2017’de 55.37 ton olan emisyon, 2020’de 31.46 tona kadar düşmüş, ancak 2022’de 66.28 tona yükselmiş ve 2023’te 67.28 tonla en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Her iki metodolojide de 2020 yılında emisyonların düştüğü, ancak sonraki yıllarda artış gösterdiği dikkat çekmektedir.

#### 3.4.4. Kömür Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değişimi

Tablo 11, Gümüşhane Üniversitesi’nin kömür tüketimi 2017-2023 yılları arasında dalgalanmalar göstermiştir. 2017 yılında 215 ton olarak kaydedilen kömür tüketimi, 2018 yılında 265 tona yükselmiş, 2019 yılında ise 175 tona gerileyerek belirgin bir düşüş göstermiştir. 2020 yılında kömür tüketimi 240 tona çıkarak yeniden artış kaydetmiş, 2021 ve 2022 yıllarında 145 ton ile en düşük seviyelere ulaşmıştır. 2023 yılında ise tüketim 178 tona yükselmiştir. Bu veriler, kömür tüketiminde dönemsel değişimlerin yaşandığını ortaya koymaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisinin etkili olduğu 2020 ve 2021 yıllarında kampüs kullanımının azalması, ısınma ve enerji taleplerinde düşüşe yol açmıştır. 2022 ve sonrasında ise normalleşme süreciyle birlikte kömür tüketiminde

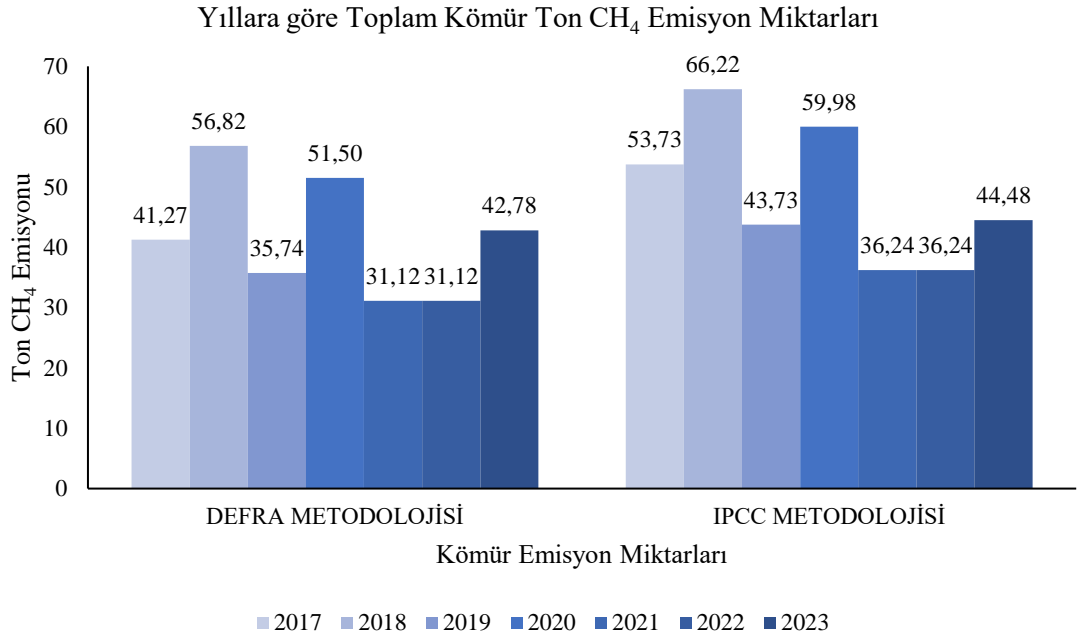
yeniden artış gözlenmiştir. Kömür tüketimindeki farklılıklar, kampüsün fiziksel büyümesi, öğrenci ve personel sayısındaki değişimler, kış koşullarının şiddeti ve kurumsal enerji politikalarındaki dönüşümlerle ilişkilendirilebilir. Bu veriler, uzun vadede üniversitenin enerji tercihlerinde çeşitlilik, enerji verimliliği ve yenilenebilir kaynaklara yönelim ihtiyacını ortaya koymaktadır.



Şekil 35. Kömür tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi

Şekil 36, kömür tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının yıllara göre dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır. DEFRA metodolojisi ile yapılan hesaplamalara göre, 2017 yılında 566.08 ton kömür tüketimi sonucu CO<sub>2</sub> emisyonu gerçekleşmiştir. 2018 yılında tüketim artışıyla birlikte emisyon miktarı 697.11 ton olarak hesaplanmıştır. 2019 yılında kömür tüketiminin düşmesiyle CO<sub>2</sub> emisyonları 438.48 ton seviyesine gerilemiştir. Pandemi yılı olan 2020’de kömür tüketimindeki artışla emisyonlar 631.68 ton seviyesine ulaşmıştır. 2021 ve 2022 yıllarında tüketim 381.64 ton seviyesinde sabitlenmiştir. 2023 yılında ise kömür tüketimi artış göstermiş ve CO<sub>2</sub> emisyonu 468.50 ton olarak kaydedilmiştir.

IPCC metodolojisi ile yapılan hesaplamalarda ise CO<sub>2</sub> emisyon değerleri daha düşük bulunmuştur. 2017 yılında 258.41 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanan emisyonlar, 2018 yılında 318.50 ton seviyesine yükselmiştir. 2019’da bu değer 210.33 ton’a gerilemiş, 2020 yılında ise 288.46 ton olarak belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında emisyonlar 174.28 ton seviyesinde sabit kalırken, 2023 yılında 213.94 ton olarak hesaplanmıştır.

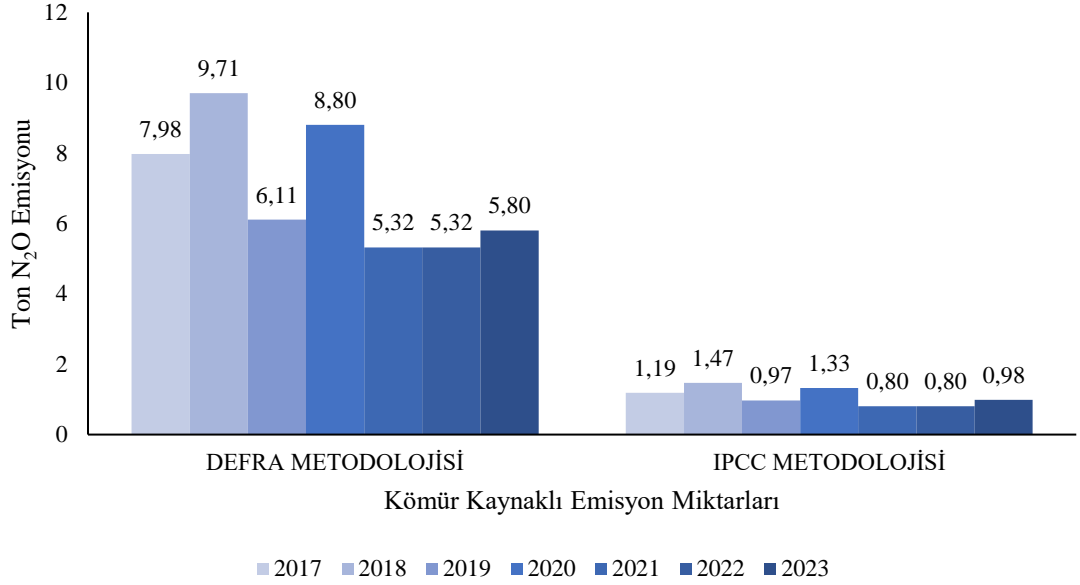


Şekil 36. Kömür tüketiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonlarının yıllara göre değişimi

Şekil 37, metan (CH<sub>4</sub>) emisyonlarının kömür tüketimindeki değişimlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. DEFRA metodolojisi ile yapılan hesaplamalara göre, 2017 yılında 41.27 ton CH<sub>4</sub> emisyonu gerçekleşmiş, 2018 yılında kömür tüketimindeki artışla bu değer 56.82 ton CH<sub>4</sub>'a yükselmiştir. 2019 yılında tüketimin azalmasıyla CH<sub>4</sub> emisyonları 35.74 ton CH<sub>4</sub>'a düşmüş, 2020 yılında kömür tüketimindeki artışla 51.50 ton CH<sub>4</sub> olarak hesaplanmıştır. 2021 ve 2022 yıllarında emisyonlar 31.12 ton CH<sub>4</sub> seviyesine düşmüş, 2023 yılında ise 42.78 ton CH<sub>4</sub> olarak kaydedilmiştir.

IPCC metodolojisi ile yapılan hesaplamalar ise genellikle daha yüksek CH<sub>4</sub> emisyonlarına işaret etmektedir. 2017 yılında 53.73 ton CH<sub>4</sub> olarak hesaplanan metan emisyonu, 2018 yılında 66.22 ton CH<sub>4</sub>'a yükselmiş, 2019'da ise 43.73 ton CH<sub>4</sub>'a gerilemiştir. 2020 yılında emisyon miktarı 59.98 ton CH<sub>4</sub>, 2021 ve 2022 yıllarında 36.24 ton CH<sub>4</sub>, 2023 yılında ise 44.48 ton CH<sub>4</sub> olarak belirlenmiştir.

Yıllara göre Toplam Kömür Ton N<sub>2</sub>O Emisyon Miktarları

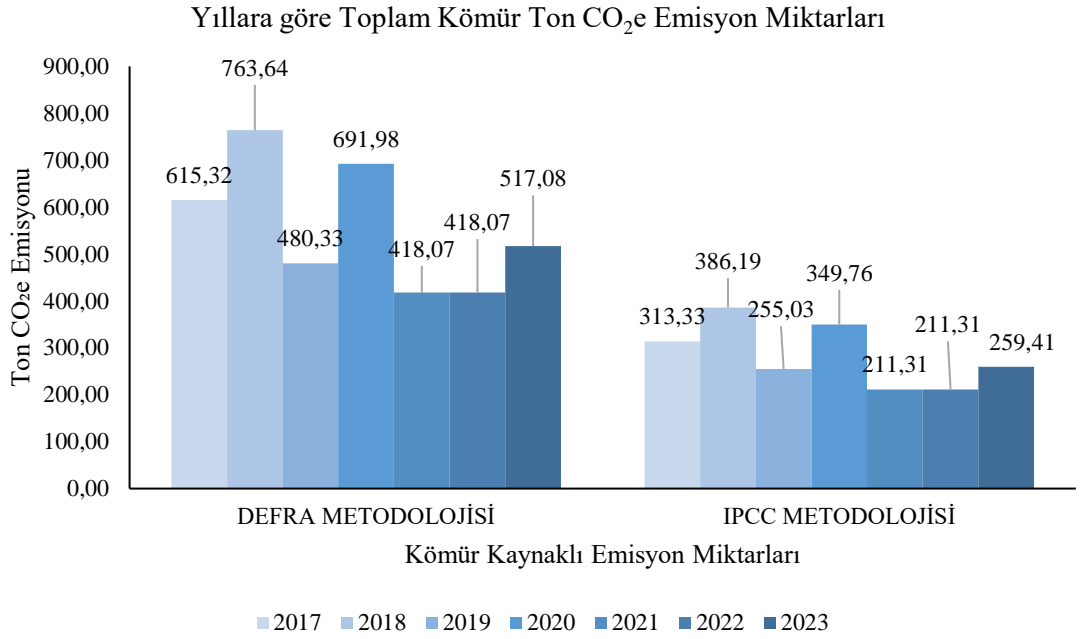


Şekil 37. Kömür tüketiminden kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonlarının yıllara göre değişimi

Şekil 38, diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) emisyonlarının yıllara göre belirgin değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. DEFRA metodolojisi kullanılarak yapılan hesaplamalarda, 2017 yılında 7.98 ton N<sub>2</sub>O emisyonu hesaplanmış, 2018 yılında bu değer 9.71 ton N<sub>2</sub>O'ya yükselmiştir. 2019 yılında kömür tüketimindeki azalma ile N<sub>2</sub>O emisyonları 6.11 ton N<sub>2</sub>O'ya düşmüş, 2020'de artan tüketimle 8.80 ton N<sub>2</sub>O olarak hesaplanmıştır. 2021 ve 2022 yıllarında emisyonlar 5.32 ton N<sub>2</sub>O seviyesine gerilemiş, 2023 yılında ise 5.80 ton N<sub>2</sub>O olarak kaydedilmiştir.

IPCC metodolojisi ile yapılan hesaplamalarda ise N<sub>2</sub>O emisyonları daha düşük bulunmuştur. 2017 yılında 1.19 ton N<sub>2</sub>O olarak hesaplanan emisyon miktarı, 2018'de 1.47 ton N<sub>2</sub>O'ya yükselmiş, 2019'da 0.97 ton N<sub>2</sub>O'ya düşmüştür. 2020 yılında 1.33 ton N<sub>2</sub>O olarak belirlenen emisyonlar, 2021 ve 2022 yıllarında 0.80 ton N<sub>2</sub>O seviyesinde sabit kalmış, 2023 yılında ise 0.98 ton N<sub>2</sub>O olarak kaydedilmiştir.

Kömür tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının hesaplamasında DEFRA yöntemi daha yüksek, IPCC yöntemi ise daha düşük değerler sunmaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonları kömür tüketimindeki değişimlere doğrudan bağlıdır. CH<sub>4</sub> emisyonları tüketimdeki artış ve azalışlara paralel hareket ederken, N<sub>2</sub>O emisyonları özellikle 2021 sonrası yeniden artış eğilimi göstermektedir.



Şekil 38. Kömür tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>e emisyonları yıllara göre değişimi

Şekil 38, yıllara göre kömür tüketiminden kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub>e emisyon miktarlarını DEFRA ve IPCC metodolojilerine göre göstermektedir. DEFRA metodolojisine göre 2017’de 615.32 ton olan emisyon, 2018’de 763.64 ton ile zirveye çıkmış, 2019 ve 2020’de düşüş göstererek 418.07 tona kadar gerilemiştir. 2022’de 517.08 tona yükselse de 2023’te 418.07 ton seviyesinde kalmıştır. IPCC metodolojisinde 2017’de 313.33 ton olan emisyon, 2018’de 386.19 tona yükselmiş, ancak 2020’de 211.31 tonla en düşük seviyeye inmiştir. 2023 yılında ise tekrar artarak 259.41 tona ulaşmıştır. Her iki metodolojiye göre de emisyonlar yıllar içinde dalgalanmalar göstermiş, 2020 yılında en düşük seviyeye inmiş, ancak sonraki yıllarda tekrar artış eğilimi göstermiştir.

### 3.4.5. Odun Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi

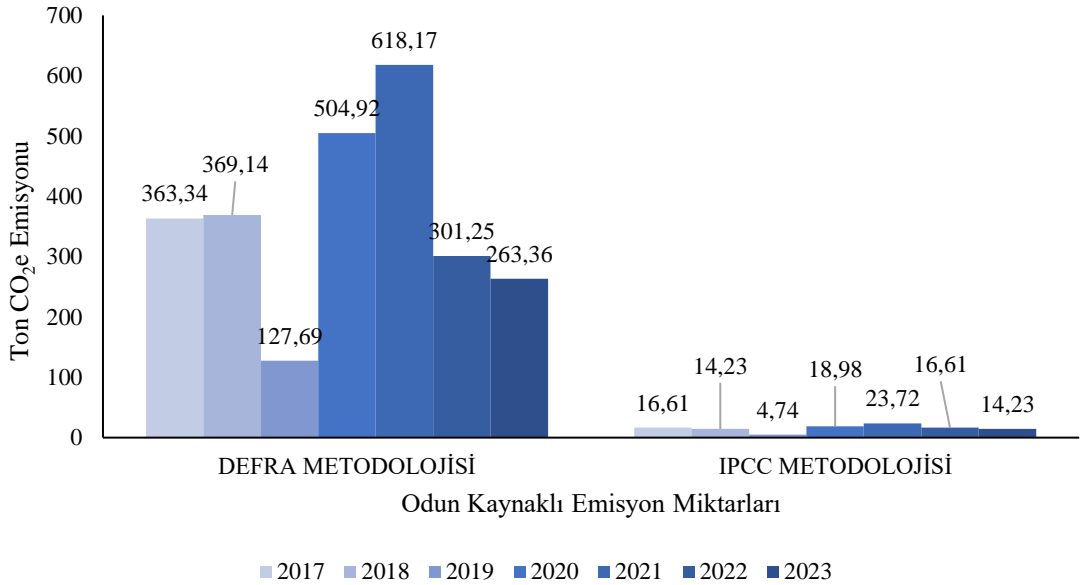
Tablo 11, Gümüşhane Üniversitesi’nin odun tüketim miktarları 2017-2023 yılları arasında dalgalı bir seyir izlemiştir. 2017 yılında 7 ton olan odun tüketimi, 2018’de 6 tona gerilemiş ve 2019’da 2 ton ile en düşük seviyesine inmiştir. Ancak 2020 yılında tüketim 8 tona yükselmiş, bu artış pandemi dönemine rağmen kampüsün belirli alanlarının ısıtılması veya faaliyetlerin sürdürülmesi ihtiyacıyla ilişkilendirilebilir.

2021 yılında odun tüketimi 10 ton ile en yüksek seviyeye ulaşırken, 2022’de 7 ton ve 2023’te 6 ton olarak kaydedilmiştir. Bu dalgalanmalar, enerji tüketim kalıplarının yılın iklim koşulları, bina kullanım yoğunluğu, etkinlikler ve tedarik zinciri değişkenleri gibi çeşitli faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Özellikle kış aylarının sert geçtiği dönemlerde ısınma amaçlı odun kullanımında artış gözlemlenebilir. Türkiye’nin enerji

verimliliğini artırma ve yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etme çabaları, fosil yakıt bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir. Odun, biyokütle kaynağı olarak yenilenebilir bir enerji türü olarak değerlendirilebilse, sürdürülebilir şekilde temin edilmediğinde ormansızlaşma ve ekosistem tahribatı gibi çevresel riskler oluşturabilir. Bu nedenle, odun kullanımına bağlı karbon ayak izi hesaplamalarında yakma emisyonlarının yanı sıra kaynağın sürdürülebilirliği de dikkate alınmalıdır.

Şekil 38’de Gümüşhane Üniversitesi’nin odun tüketimine bağlı sera gazı emisyonları, DEFRA ve IPCC metodolojileri kullanılarak hesaplanmıştır. DEFRA yöntemi, yakıt türüne özgü detayları dikkate alarak daha yüksek emisyon değerleri sunarken, IPCC yöntemi daha düşük ve küresel standartlara uygun sonuçlar üretmiştir. 2017 yılında DEFRA yöntemiyle 363.34 ton CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanırken, IPCC yöntemiyle bu değer 16.61 ton CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir. 2021 yılında DEFRA yöntemiyle emisyonlar 618.17 ton CO<sub>2</sub>, IPCC yöntemiyle ise 23.72 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır; bu durum iki yöntem arasındaki farkı net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Yıllara göre Toplam Odun Ton CO<sub>2</sub>e Emisyon Miktarları



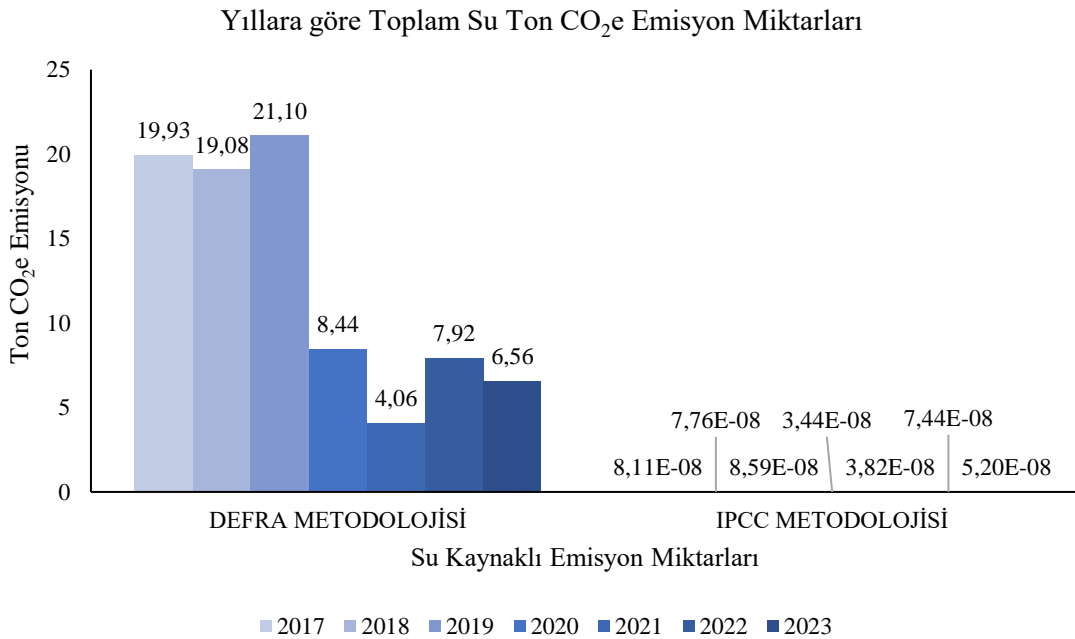
Şekil 39. Odun tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>e emisyonları yıllara göre değişimi

Emisyon değerleri genel olarak tüketim miktarına paralel değişim göstermiştir. Örneğin, 2020 yılında DEFRA yöntemiyle 504.92 ton CO<sub>2</sub>, IPCC yöntemiyle 18.98 ton CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanmıştır. 2023 yılında ise DEFRA yöntemiyle 263.36 ton CO<sub>2</sub>, IPCC yöntemiyle ise 14.23 ton CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir.

### 3.4.6. Su Tüketim Miktarlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi

Tablo 11, Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasındaki su tüketiminde dalgalanmalar yaşandığını göstermektedir. 2017 yılında 57941 m<sup>3</sup> olan su tüketimi, 2018'de 55451 m<sup>3</sup>'e düşmüş, 2019'da ise 61331 m<sup>3</sup>'e yükselmiştir. 2020 yılında su tüketimi keskin bir düşüşle 24543 m<sup>3</sup>'e inmiştir. Bu düşüş, COVID-19 pandemisi nedeniyle kampüs kullanımının azalması, uzaktan eğitime geçiş ve faaliyetlerin sınırlandırılmasının doğrudan bir sonucu olarak değerlendirilebilir. 2021 yılında su tüketimi 27258 m<sup>3</sup>, 2022'de 53156 m<sup>3</sup>, 2023 yılında ise 37128 m<sup>3</sup> olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, pandemi sonrası kademeli normalleşme süreciyle kampüs faaliyetlerinin yeniden şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 39'de Gümüşhane Üniversitesi'nin su tüketimi ve buna bağlı karbon emisyonları, IPCC ve DEFRA metodolojileri kullanılarak değerlendirilmiş ve iki yaklaşım arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. IPCC yöntemi, uluslararası raporlamalara uyumlu olarak düşük emisyon değerleri sunarken; DEFRA yöntemi, yerel koşulları detaylı ele alarak daha yüksek emisyon değerleri hesaplamaktadır. 2017 yılında su tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları IPCC'ye göre 8.11E-08 ton CO<sub>2</sub>, DEFRA'ya göre 19.93 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. 2023 yılında ise emisyonlar IPCC'ye göre 5.20E-08 ton CO<sub>2</sub>, DEFRA'ya göre 6.56 ton CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, iki metodoloji arasındaki yaklaşımsal farkları ve su tüketiminin karbon ayak izi üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.



Şekil 40. Su tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları yıllara göre değişimi

2020 yılında COVID-19 pandemisi nedeniyle su tüketiminin 24.543 m<sup>3</sup>'e düşmesi, emisyonlarda da önemli bir azalma yaratmıştır. DEFRA metodolojisine göre, bu dönemde karbon emisyonları 8.44 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Ancak, pandemi sonrası dönemde kampüs faaliyetlerinin artışıyla su tüketimi 2021 yılında 27258 m<sup>3</sup>, 2022 yılında 53156 m<sup>3</sup> ve 2023 yılında 37128 m<sup>3</sup> seviyelerine çıkmıştır. Buna paralel olarak emisyonlar da DEFRA yöntemine göre sırasıyla 4.06 ton, 7.92 ton, ve 6.56 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

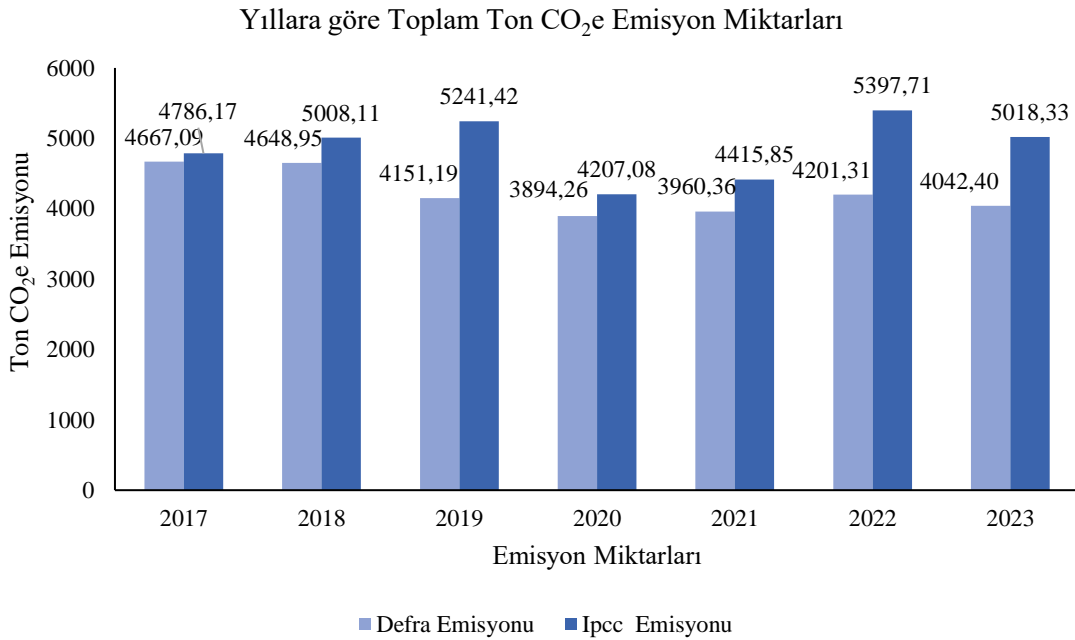
IPCC metodolojisine göre ise su tüketiminden kaynaklanan emisyonlar, 2020 yılında 3.44E-08 ton CO<sub>2</sub>, 2022 yılında 7.44E-08 ton CO<sub>2</sub>, ve 2023 yılında 5.20E-08 ton CO<sub>2</sub> seviyelerinde kalmıştır. Bu, IPCC'nin emisyon hesaplamasında küresel raporlama standartlarını daha düşük emisyon katsayılarıyla ele aldığını göstermektedir. 2023 yılı itibarıyla, su tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları pandemi öncesi seviyelerin altında seyretmekte olup, kampüs faaliyetlerinin su tüketimi üzerindeki doğrudan etkisini göstermektedir.

#### **3.4.7. DEFRA ve IPCC Emisyon Değerlerinin Karşılaştırması**

Şekil 40'da DEFRA ve IPCC yöntemleriyle hesaplanan toplam sera gazı emisyonlarının (ton CO<sub>2e</sub>) 2017-2023 yılları arasında hem yıllar içinde dalgalandığı hem de iki yöntem arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. Örneğin, 2017 yılında DEFRA yöntemiyle 4667.09 ton CO<sub>2e</sub> hesaplanırken, IPCC yöntemiyle bu değer 4786.17 ton CO<sub>2e</sub> olmuştur. 2022 yılına gelindiğinde ise DEFRA yöntemiyle emisyonlar 4201.31 ton CO<sub>2e</sub> olarak bulunmuş, IPCC yönteminde bu değer 5397.71 ton CO<sub>2e</sub>'ye ulaşmıştır. Özellikle 2019 ve 2022 yıllarında, IPCC sonuçlarının DEFRA'ya kıyasla oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

Şekil 40 incelendiğinde, 2019 yılında DEFRA sonucu 4159.34 ton CO<sub>2e</sub> düzeyinde kalırken, IPCC sonucu 5241.42 ton CO<sub>2e</sub>'ye ulaşmış ve iki yöntem arasında 1 milyon ton CO<sub>2e</sub>'den fazla bir fark ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, 2022 yılında DEFRA yöntemiyle hesaplanan 4201.31 ton CO<sub>2e</sub>, IPCC yöntemiyle 5397.71 ton CO<sub>2e</sub> olarak bulunmuş ve aradaki fark yaklaşık 1.2 milyon ton CO<sub>2e</sub> olmuştur. Buna karşın 2020 yılında (DEFRA: 3902.08 ton CO<sub>2e</sub>, IPCC: 4207.08 ton CO<sub>2e</sub>) fark nispeten daha az olmakla birlikte, IPCC değerinin yine daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. 2023 yılında da bu eğilim sürmüştür (DEFRA: 4042.40 ton CO<sub>2e</sub>, IPCC: 5018.33 ton CO<sub>2e</sub>) ve iki yöntem arasındaki ayrışma yaklaşık 1 milyon ton CO<sub>2e</sub> seviyesinde gerçekleşmiştir.

Bu farklılıkların temel nedenleri, her iki yaklaşımın yakıt türü ve proses bazında kullandığı emisyon faktörleri, yanma verimliliği varsayımları ve raporlama kapsamalarının farklılık göstermesidir. IPCC, uluslararası geçerliliği bulunan genel faktörleri esas alırken, DEFRA yöntemi daha yerelleştirilmiş emisyon faktörleriyle hesaplama yapmaktadır. 2017-2023 yılları arasında IPCC yöntemiyle hesaplanan toplam sera gazı emisyonlarının DEFRA yöntemine kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. İki yöntem arasındaki fark oranları yıllar bazında değişiklik göstermektedir. Örneğin, 2017 yılında IPCC yöntemiyle hesaplanan emisyonlar DEFRA değerine göre %2.55 daha yüksekken, bu fark 2022 yılında %28.48 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Genel olarak, 2017-2023 dönemi boyunca IPCC yöntemiyle hesaplanan emisyonların DEFRA yöntemine kıyasla ortalama %20 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

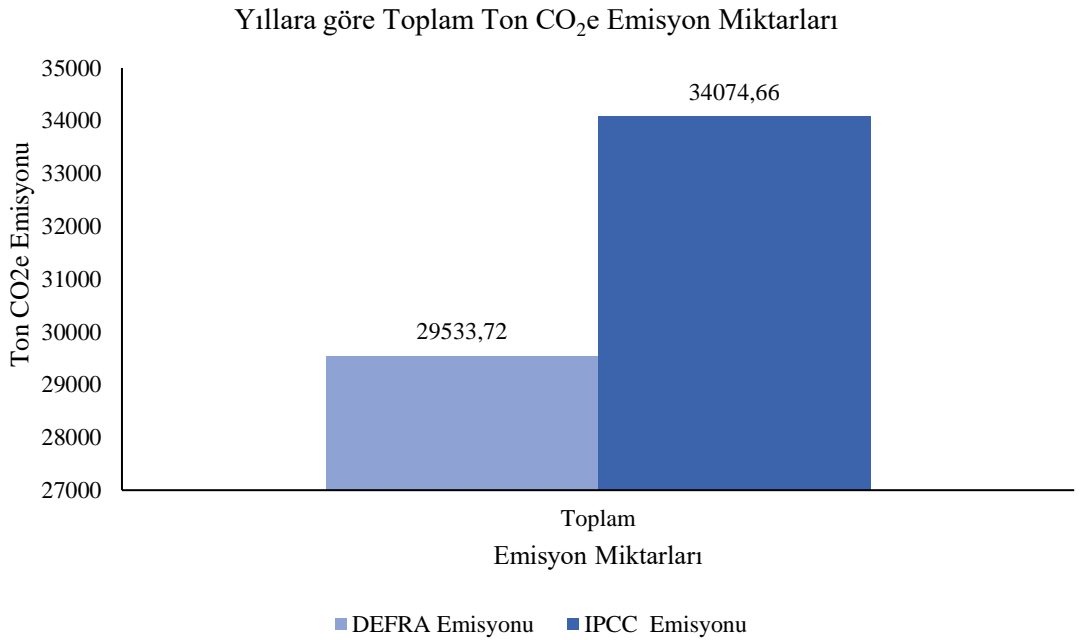


Şekil 41. DEFRA ve IPCC yöntemleriyle emisyonların dağılım analizi (2017-2023)

Bu farkların yıllık bazdaki miktarları incelendiğinde, 2017-2023 yılları arasında iki yöntem arasındaki farkın 119.08 ton CO<sub>2</sub>e (2017) ile 1082.08 ton CO<sub>2</sub>e (2019) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Özellikle 2019 ve 2022 yıllarında farkın oldukça yüksek olduğu ve yıllık farkların genellikle 300 ton CO<sub>2</sub>e ile 1.200 ton CO<sub>2</sub>e arasında değiştiği görülmektedir. Bu veriler, kullanılan metodolojinin hesaplanan toplam emisyon miktarları üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu ve raporlama sürecinde farklı metodolojilerin tercih edilmesinin sonuçlar açısından kritik farklılıklar yaratabileceğini göstermektedir.

2022 yılına gelindiğinde, DEFRA yöntemiyle 4201.31 ton CO<sub>2</sub>e emisyon hesaplanırken, IPCC yöntemi bu değeri 5397.71 ton CO<sub>2</sub>e olarak belirlemiştir. Aradaki fark, 1196.40 ton CO<sub>2</sub>e olarak ölçülmüş ve DEFRA değerine kıyasla %28.48'lik bir artış göstermiştir. Benzer şekilde, 2019 yılında IPCC yöntemiyle hesaplanan emisyonlar DEFRA'ya göre %26.02 daha yüksek çıkmış ve 1082.08 ton CO<sub>2</sub>e'lik bir fark oluşturmuştur.

Buna karşın, 2017 ve 2020 yıllarında iki yöntem arasındaki farklar nispeten daha düşük kalmıştır. Örneğin, 2017 yılında fark %2.55 oranında olurken, 2020 yılında bu fark %7.82 seviyesindedir. Bu yıllarda metodolojiler arasında daha düşük bir fark oluşmuştur. DEFRA ve IPCC yöntemleri arasındaki bu farklar, kullanılan hesaplama metodolojilerinin emisyon envanterlerinde ne kadar etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 42. DEFRA ve IPCC yöntemleriyle toplam emisyon miktarı (2017-2023)

Şekil 41 incelendiğinde, 2017-2023 yılları arasında DEFRA ve IPCC yöntemleriyle hesaplanan toplam emisyon miktarlarında belirgin farklılıklar görülmektedir. DEFRA yöntemiyle toplam emisyon miktarı 29533,72ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanırken, IPCC yöntemiyle bu değer 34074.66 ton CO<sub>2</sub>e olarak belirlenmiştir.

Bu fark, IPCC'nin uluslararası standartlara uygun bir metodoloji kullanması ve genellikle daha yüksek emisyon faktörleri tercih etmesinden kaynaklanmaktadır. Buna karşın, DEFRA yöntemi yerleştirilmiş parametreleri ve belirli enerji kaynaklarına özgü verileri kullanarak daha düşük emisyon değerleri sunmaktadır.

Her iki yöntem arasındaki bu farklar, kullanılan metodolojilerin hesaplama sürecinde ne derece etkili olduğunu ve raporlama amaçlarına göre sonuçların nasıl değişebileceğini ortaya koymaktadır. IPCC yöntemi, özellikle uluslararası karşılaştırmalar için uygun bir çerçeve sunarken, DEFRA yöntemi ise daha bölgesel veya sektörel raporlama ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu durum, her iki metodolojinin farklı raporlama ve değerlendirme gereksinimlerine hizmet edebileceğini göstermektedir.



#### 4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Gümüşhane Üniversitesi'nin 2017-2023 yılları arasındaki Doğal gaz, elektrik, dizel yakıt, kömür ve odun tüketimleri ile su kullanımına bağlı sera gazı emisyon eğilimleri incelenmiş ve IPCC ile DEFRA yöntemleri kullanılarak hesaplanan emisyon değerleri karşılaştırılmıştır. Bulgular, dönemsel dalgalanmaların kurumsal faaliyet yoğunluğu, kampüs kullanım dinamikleri, iklim koşulları, pandemi etkileri ve enerji verimliliği uygulamaları gibi çok boyutlu etkenlere bağlı olduğunu göstermektedir.

Doğal gaz ve elektrik tüketimindeki dalgalanmaların, özellikle 2020-2021 yıllarında pandemi nedeniyle uzaktan eğitime geçiş ve kampüs kullanımının azalmasıyla doğrudan ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte emisyonlarda görülen keskin düşüşler, üniversite faaliyetlerinin azaltılmasının enerji tüketimi ve dolayısıyla karbon salımları üzerinde ne denli belirgin bir etki yarattığını göstermektedir. Normalleşme sürecinde ise tüketim ve buna bağlı emisyonların yeniden yükseldiği, ancak pandemi öncesi düzeylere tam anlamıyla geri dönmediği dikkati çekmektedir. Bu durum, hibrit eğitim modelleri, sınırlı yüz yüze etkinlikler ve alınan enerji verimliliği tedbirlerinin etkisini yansıtmaktadır.

Dizel, kömür ve odun gibi fosil veya kısmen geleneksel kabul edilebilecek yakıt türlerinde de benzer dalgalanmalar gözlenmiştir. Özellikle kömür ve odun tüketiminde belirgin farklılıklar, ısınma ihtiyaçları, kampüsün fiziksel yapısı, mevsimsel etkiler ve pandemi gibi olağan dışı koşulların enerji tercihlerine yansıdığını göstermektedir. Türkiye'de genel olarak kömür ve odun tüketimi azalma eğilimindeyken, üniversite ölçeğinde dönemsel artışların yaşanması, kurumsal enerji politikasında daha planlı ve sürdürülebilir çözümlere geçiş ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Çalışmada IPCC ve DEFRA yöntemleriyle hesaplanan emisyonlar arasındaki farklar da dikkat çekicidir. IPCC uluslararası raporlamalarda yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım iken, DEFRA yöntemi daha yerele özgü faktörleri dikkate alarak bazı durumlarda daha yüksek veya düşük değerler üretebilmektedir. Bu farklılıklar, üniversite gibi kurumsal yapılar için karbon envanteri çıkarırken metodolojik tercihin sonuçlar üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Türkiye'nin son yıllarda Paris Anlaşması'nı onaylaması ve iklim politikalarını uluslararası standartlarla uyumlu hale getirme çabası, üniversitelerin de raporlama ve strateji belirleme süreçlerinde tutarlı bir metodoloji seçiminin önemini vurgulamaktadır.

Sera gazı emisyonlarındaki dalgalanmaların bir bölümü, enerji yönetimi, bina yalıtımı, cihaz verimliliği ve sürdürülebilir ulaşım stratejileri ile kontrol edilebilir niteliktedir. Türkiye’de artan enerji maliyetleri, ulusal enerji verimliliği stratejileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki, üniversiteleri enerji dönüşümü konusunda adım atmaya teşvik etmektedir. Gümüşhane Üniversitesi özelinde elde edilen veriler, sürdürülebilir enerji politikaları, ulaşım yönetimi ve tedarik zinciri optimizasyonu açısından önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

Gümüşhane Üniversitesi’nin enerji tüketim ve sera gazı emisyonlarında dönemsel ve kaynak bazlı dalgalanmaların belirgin olduğunu ve hesaplama yöntemine bağlı olarak farklılıklar görülebileceğini göstermiştir. Özellikle pandemi dönemi, tüketim ve emisyonlarda keskin değişimlere yol açarak üniversite faaliyetlerinin enerji kullanımına doğrudan etki ettiğini kanıtlamıştır. Bu kapsamda aşağıdaki sonuç ve öneriler sunulabilir:

- IPCC yaklaşımı, uluslararası raporlamalarda geçerliliği yüksek bir standart sunarken, DEFRA daha yerel ve özgül koşulları dikkate alabilmektedir. Üniversite, gelecekteki raporlamalarında IPCC yöntemini temel alarak uluslararası karşılaştırılabilirliği sağlayabilir, gerektiğinde DEFRA yaklaşımıyla tamamlayıcı analizler yapabilir.
- Bina yalıtım projeleri, ısıtma/soğutma sistemlerinde enerji verimli teknolojilerin kullanımı, aydınlatmada LED sistemlerine geçiş gibi uygulamalar, Doğal gaz ve elektrik tüketimini azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürebilir.
- Enerji tüketim alışkanlıklarının dönüştürülmesi, elektrikli cihazların akıllı yönetimi ve kullanıcıların bilinçlendirilmesi, talep tarafı yönetimiyle desteklenebilir.
- Kampüs binalarında güneş enerjisi panellerinin kullanılması, merkezi ısıtma sistemlerinde biyokütle veya atık ısı kaynaklarına yönelme, küçük ölçekli rüzgâr türbinleri veya jeotermal uygulamaları gibi yenilenebilir enerji projeleriyle fosil yakıt bağımlılığı azaltılabilir.
- Kömür kullanımının kademeli olarak azaltılması ve daha temiz yakıt türlerine (örneğin, Doğal gazdan daha verimli kazan sistemleri) veya biyokütle (sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen) gibi alternatiflere geçilmesi değerlendirilmelidir.
- Üniversite araç filosunu daha verimli araçlarla yenilemek, elektrikli veya hibrit araçlara kademeli geçiş yapmak, kampüs içi bisiklet ve yaya

yollarını genişletmek, toplu taşıma çözümlerini iyileştirmek gibi önlemler dizel tüketimini ve dolayısıyla emisyonları azaltacaktır.

- Kampüs içi ve dışı ulaşım için toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi, bisiklet ve yaya yollarının iyileştirilmesi, personel servis güzergahlarının optimizasyonu ve elektrikli/hibrit araç kullanımının teşvik edilmesi önerilir. Üniversite filosundaki eski ve yüksek yakıt tüketimli araçların kademeli olarak daha verimli ve düşük emisyonlu araçlarla değiştirilmesi ve hatta mümkünse elektrikli araçlara geçilmesi hedeflenmelidir.
- Su tüketiminde yaşanan dalgalanmalar, kampüs içi su verimliliği, yağmur suyu hasadı, gri su geri dönüşümü ve su tüketimine yönelik kullanıcı farkındalığı artırıcı önlemlerle azaltılabilir. Su tüketiminin enerji yoğun pompaj ve arıtma süreçlerine etkisi göz önüne alındığında, su yönetimindeki iyileştirmeler de karbon ayak izine olumlu yansıtacaktır.
- Su tasarruflu armatürlerin kullanımı, yağmur suyu hasadı sistemleri ve peyzaj sulamasında su tasarrufu sağlayan yöntemlerin uygulanması gibi su verimliliği önlemleri alınmalıdır.
- Üniversite bünyesinde bir karbon yönetimi ve sürdürülebilirlik ekibi oluşturularak düzenli izleme, raporlama ve iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Öğrenci, akademik ve idari personelin bu konuda bilgilendirilmesi, üniversitenin toplumsal etki alanını da genişletecektir.
- Üniversite personeli ve öğrencilerine enerji ve su tasarrufu, sürdürülebilirlik ve karbon ayak izi konularında düzenli eğitimler verilmesi, farkındalığın artırılması ve davranış değişikliklerinin teşvik edilmesi önemlidir.

Gümüşhane Üniversitesi'nin enerji ve su yönetimi stratejilerinde yapacağı iyileştirmeler, çevresel ve ekonomik faydalar sağlayarak hem ulusal hem de uluslararası sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunacaktır. Türkiye'nin Paris Anlaşması taahhütleri ve AB Yeşil Mutabakatı hedefleri doğrultusunda, üniversitenin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi ve enerji verimliliği projelerine ağırlık vermesi, karbon salımlarını azaltmada etkili olacaktır. Üniversitenin enerji tüketimi ve karbon salımlarında gözlemlenen dalgalanmalar, kurumsal faaliyetlerin ve çevresel faktörlerin doğrudan bir yansımasıdır. Bu veriler, sürdürülebilirlik stratejilerinin iyileştirilmesi adına önemli bir rehber niteliğindedir. Türkiye'nin yenilenebilir kaynakların teşviki ve karbon azaltımına yönelik enerji politikaları ile uyumlu bir şekilde, üniversitenin enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik alanlarındaki orta ve uzun vadeli planlarını hayata geçirmesi hem

ulusal hedeflere katkı sunacak hem de kurumsal maliyetlerini ve çevresel etkilerini azaltacaktır. Bu yaklaşımlar, Gümüşhane Üniversitesi'ni sürdürülebilirlik alanında örnek bir kurum haline getirebilir.



## KAYNAKLAR

- Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R. ve Cidacı, A. (2022). EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 yılı karbon ayak izinin hesaplanması. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 161–166.
- Altinöz, M. (2019). Binaların çevresel etkilerinin enerji verimliliği ve karbon ayak izi açısından incelenmesi: Kırklareli örneği [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].
- Anonim. (2023). TÜİK. Erişim Tarihi: 16 Aralık 2024, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672>
- Anonim. (2024). GOV.UK. Erişim Tarihi: 14 Aralık 2024, <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>
- Arcak, S. ve Sözüdoğru Ok, S. (2012). 8. Bölüm: Küresel çevre sorunları. In: S. Arcak (Ed.), *Ekoloji ve Çevre Bilgisi* (Cilt 1, ss. 172–190). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını (No: 2352).
- Avcı, A. S. ve Karakay, H. (2019). Calculating energy-induced carbon footprint: Batman University case. *European Journal of Technique (EJT)*, 9(1), 114–120. <https://doi.org/10.36222/ejt.585423>
- Aydın, Ü. (2023). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi karbon ayak izi envanterinin hesaplanması [Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi].
- Bayraç, N. H. ve Doğan, E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1), 23–48.
- Birpınar, M. E. (2022). Küresel sorun: İklim değişikliğinin gelişimi, *uluslararası müzakereler ve Türkiye*. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 20–36.
- Bozoğlu, B. (2018). Paris İklim Anlaşması kapsamında Türkiye’nin erken uyarı sistemine dair yapılması gerekenler [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi].
- Can, C. (2019). Küresel iklim değişikliği ve uluslararası çabalar [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. (139 s.)
- Cerit Mazlum, S. (2019). Küresel iklim politikaları. In: *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi* (2). Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

- Cooper, J., Bird, M., Acha, S., Amrit, P., Chachuat, B., Shah, N. ve Matar, O. (2023). The carbon footprint of a UK chemical engineering department – The case of Imperial College London. *Procedia CIRP*, 116, 444–449. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.075>
- Dulkadiroğlu, H. (2018). Türkiye’de elektrik üretiminin sera gazı emisyonları açısından incelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 67–74.
- Engin, B. (2012). İklim değişikliği ile mücadelede uluslararası işbirliğinin önemi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (2), 71–82.
- Erbil, S. (2015). Bir otomobil fabrikasında karbon envanterinin oluşturulması [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları. Çankırı Karatekin Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 277–303.
- Ertekin, P. (2012). Sürdürülebilir kaynak kullanımına yönelik çevre eğitimi uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin karbon ayak izi konusunda bilinçlenmeleri üzerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi].
- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N. ve Wintrip, R. (2021). The carbon footprint of a UK university during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 756, 143964. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143964>
- Fouladvand, J., Oudendijk, R., Hooimeijer, M., Derks, R. ve Berndsen, S. (2023). Carbon footprint of a news broadcasting organisation. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.004>
- GGMCF (Global Gridded Model of Carbon Footprints). (2023). Global Gridded Model of Carbon Footprints (GGMCF). Erişim Tarihi: 01 Aralık 2023, <https://www.citycarbonfootprints.info/>
- Gümüşhane.edu.tr. (2024). Gümüşhane.edu.tr. Erişim Tarihi: 16 Aralık 2024, [https://obs.gumushane.edu.tr/oibs/public\\_stats/index.aspx](https://obs.gumushane.edu.tr/oibs/public_stats/index.aspx)
- Han, A. K. (t.y.). Uluslararası karbon piyasaları ve Türkiye karşılaştırması [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi].
- Hasegawa, R., Kagawa, S. ve Tsukui, M. (2015). Carbon footprint analysis through constructing a multi-region input–output table: A case study of Japan. *Journal of Economic Structures*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40008-015-0015-6>
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R. ve Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12(5), 054013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9>

- Jones, C. ve Kammen, D. M. (2014). Spatial distribution of U.S. household carbon footprints reveals suburbanization undermines greenhouse gas benefits of urban population density. *Environmental Science & Technology*, 48(2), 895–902. <https://doi.org/10.1021/es4034364>
- Jones, C. M. ve Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities. *Environmental Science & Technology*, 45(9), 4088–4095. <https://doi.org/10.1021/es102221h>
- Kaplan, M. S., Gümüş, M. ve Özder, E. H. (2024). Paris İklim Anlaşması ve sürdürülebilir lojistik kapsamında lojistik köy yeri seçimi: Türkiye örneği. *Demiryolu Mühendisliği*, (20), 202–229.
- Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1–12.
- Kiraz, E. (2019). İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri. Ankara: İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi.
- Kitzes, J. ve Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in ecological footprint accounting. *Ecological Indicators*, 9(4), 812–817.
- Kocer, A., Yaka, İ. F. ve Güngör, A. (2015). Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu karbon ayak izinin tespiti. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12(3), 37–45.
- Köse, İ. (2018). İklim değişikliği müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı imza süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55–81.
- Kumaş, K., Akyüz, A. ve Güngör, A. (2019). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi bucak yerleşkesindeki yükseköğretim birimlerinin karbon ayak izi tespiti. Niđe Ömer Halisdemir Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1277–1291. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.598212>
- Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C. ve Hertwich, E. G. (2013). Investigating the carbon footprint of a university: The case of NTNU. *Journal of Cleaner Production*, 48, 39–47.
- Mattila, T., Kujanpää, M., Dahlbo, H., Soukka, R. ve Myllymaa, T. (2011). Uncertainty and sensitivity in the carbon footprint of shopping bags. *Journal of Industrial Ecology*, 15(2), 217–227. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00326.x>
- Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R. ve Ortiz, I. (2019). The carbon footprint of a public university campus in Mexico City. *Carbon Management*, 10(5), 501–511. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1642042>
- Mitchell, J. F. B. (1989). The 'greenhouse' effect and climate change. *Reviews of Geophysics*, 27(1), 115–139. <https://doi.org/10.1029/RG027i001p00115>

- Moran, D., Kanemoto, K., Jiborn, M., Wood, R., Többen, J. ve Seto, K. C. (2018). Carbon footprints of 13,000 cities. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064041.
- Muthu, S. S. (2015). The carbon footprint handbook. CRC Press.
- Ologun, O. O., Ologun, O. O., Wara, S. ve Wara, S. T. (2014). Carbon footprint evaluation and reduction as a climate change mitigation tool – Case study of Federal University of Agriculture Abeokuta, Ogun State, Nigeria. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4(1), 176–181.
- Özçelik, G. (2017). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü'nün enerji ve karbon ayak izi açısından değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi].
- Özlem, B. (2013). Seçilen bir kağıt fabrikasında karbon ayak izi belirlenmesi [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Pekin, M. A. (2006). Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Sağlam, N. E., Düzgüneş, E. ve Balık, İ. (2008). Küresel ısınma ve iklim değişikliği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(1), 89–94.
- Seyhan, A. K. ve Çerçi, M. (2022). IPCC Tier 1 ve DEFRA metotları ile karbon ayak izinin belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin yakıt ve elektrik tüketimi örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 386–397. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1061021>
- Sreng, R. ve Yiğit, M. G. (2017). Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü 2015 yılı karbon ayak izi çalışması. *Sakarya University Journal of Science*, 21(5), 1095–1099. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.340009>
- Syafrudin, S., Zaman, B., Budihardjo, M. A., Yumaroh, S., Gita, D. I. ve Lantip, D. S. (2020). Carbon footprint of academic activities: A case study in Diponegoro University. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 448(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/448/1/012008>
- Şahin, G. ve Onurbaş Avcıoğlu, A. (2016). Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3), 157–162.
- Talu, N. ve Kocaman, H. (2019). Yerel iklim eylem planlaması ve Türkiye pratikleri. İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, 10, 6–7.
- Tirink, S. ve Aykaç Özen, H. (2023). Yükseköğretim kurumlarında karbon ayak izinin belirlenmesi: Iğdır Üniversitesi örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2532–2545. <https://doi.org/10.21597/jist.1387681>
- TUİK. (2023). Sera gazı emisyon istatistikleri, 1990–2021 (TUİK).

- Üreden, A. (2019). Sürdürülebilir yaşam için karbon ayak izi: (Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği) [Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi].
- Yavuz, A. B., Kara, O. ve Yaniktepe, B. (2023). Karbon ayak izi tespiti: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi örneği. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1523–1530. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1327500>
- Yiğit, M. ve Şeneren, M. (2023). The effects of the Covid-19 period on carbon footprint in Sakarya University Esentepe Campus. *Sakarya University Journal of Science*, 27(1), 14–21. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.1113024>



## EKLER

### Ek 1. 2017 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Expiry:</b>	31.07.2018	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2017

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2814,00779	2808,56953	3,96296	1,47531
		litres	0,49245	0,49150	0,00069	0,00026
		kWh (Net CV)	0,20463	0,20423	0,00029	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18416	0,18381	0,00026	0,00010
	LNG	tonnes	2814,00779	2808,56953	3,96296	1,47531
		litres	1,27331	1,27085	0,00179	0,00067
		kWh (Net CV)	0,20463	0,20423	0,00029	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18416	0,18381	0,00026	0,00010
	LPG	tonnes	2940,43753	2936,07535	2,12188	2,24030
		litres	1,50807	1,50583	0,00109	0,00115
		kWh (Net CV)	0,23033	0,22999	0,00017	0,00018
		kWh (Gross CV)	0,21451	0,21419	0,00015	0,00016
	Natural gas	tonnes	2814,00779	2808,56953	3,96296	1,47531
		cubic metres	2,09672	2,09267	0,00295	0,00110
		kWh (Net CV)	0,20463	0,20423	0,00029	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18416	0,18381	0,00026	0,00010
	Other petroleum gas	tonnes	2623,54377	2621,04549	1,13973	1,35855
		litres	0,96101	0,96009	0,00042	0,00050
		kWh (Net CV)	0,20267	0,20248	0,00009	0,00010
		kWh (Gross CV)	0,18646	0,18628	0,00008	0,00010

Ek 1. 2017 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.175,00	3.127,67	17,54	29,80
		litres	2,25497	2,22135	0,01245	0,02116
		kWh (Net CV)	0,25381	0,25002	0,00140	0,00238
		kWh (Gross CV)	0,24112	0,23752	0,00133	0,00226
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,22	3.149,67	1,75	29,80
		litres	2,53888	2,51370	0,00140	0,02378
		kWh (Net CV)	0,26069	0,25811	0,00014	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24766	0,24520	0,00014	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,41	3.149,67	7,90	7,85
		litres	2,53233	2,51973	0,00632	0,00628
		kWh (Net CV)	0,25957	0,25828	0,00065	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24659	0,24536	0,00062	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.099,41	3.073,46	0,62	25,34
		litres	2,60016	2,57843	0,00052	0,02122
		kWh (Net CV)	0,26088	0,25870	0,00005	0,00212
		kWh (Gross CV)	0,24523	0,24318	0,00005	0,00200
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.190,29	3.164,33	0,62	25,34
		litres	2,67193	2,65020	0,00052	0,02122
		kWh (Net CV)	0,26751	0,26533	0,00005	0,00212
		kWh (Gross CV)	0,25146	0,24941	0,00005	0,00200
	Fuel oil	tonnes	3.226,82	3.215,51	4,02	7,29
		litres	3,16976	3,15866	0,00394	0,00716
		kWh (Net CV)	0,28499	0,28399	0,00035	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,26789	0,26695	0,00033	0,00061
	Gas oil	tonnes	3.470,37	3.190,00	3,56	276,81
		litres	2,95351	2,71489	0,00303	0,23559
		kWh (Net CV)	0,29349	0,26978	0,00030	0,02341
		kWh (Gross CV)	0,27588	0,25359	0,00028	0,02201
	Lubricants	tonnes	3.181,92	3.171,09	3,20	7,64
		litres				
		kWh (Net CV)	0,28103	0,28007	0,00028	0,00067
		kWh (Gross CV)	0,26416	0,26326	0,00027	0,00063
Naphtha	tonnes	3.142,82	3.131,33	3,39	8,09	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,24906	0,24815	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,23661	0,23574	0,00026	0,00061	
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.997,89	2.983,17	9,64	5,09	
	litres	2,19835	2,18760	0,00704	0,00372	
	kWh (Net CV)	0,24570	0,24451	0,00077	0,00041	
	kWh (Gross CV)	0,23341	0,23229	0,00074	0,00039	
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.149,73	3.135,00	9,64	5,09	
	litres	2,30075	2,28999	0,00704	0,00372	
	kWh (Net CV)	0,25314	0,25196	0,00077	0,00041	
	kWh (Gross CV)	0,24049	0,23936	0,00074	0,00039	

Ek 1. 2017 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
	Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.226,82	3.215,51	4,02	7,29
		litres	3,16976	3,15866	0,00394	0,00716
		kWh (Net CV)	0,28499	0,28399	0,00035	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,26789	0,26695	0,00033	0,00061
	Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.470,37	3.190,00	3,56	276,81
		litres	2,95351	2,71489	0,00303	0,23559
		kWh (Net CV)	0,29349	0,26978	0,00030	0,02341
		kWh (Gross CV)	0,27588	0,25359	0,00028	0,02201
	Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09
		litres				
		kWh (Net CV)	0,25943	0,25842	0,00030	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,24646	0,24550	0,00028	0,00068
	Waste oils	tonnes	3.222,90	3.171,09	3,20	48,61
		litres				
		kWh (Net CV)	0,28464	0,28007	0,00028	0,00429
		kWh (Gross CV)	0,26757	0,26326	0,00027	0,00404
	Marine gas oil	tonnes	3.215,09	3.190,00	1,25	23,84
		litres	2,73625	2,71489	0,00106	0,02029
		kWh (Net CV)	0,27190	0,26978	0,00011	0,00202
		kWh (Gross CV)	0,25558	0,25359	0,00010	0,00190
Marine fuel oil	tonnes	3.248,09	3.223,00	1,25	23,84	
	litres	3,19066	3,16601	0,00123	0,02342	
	kWh (Net CV)	0,28687	0,28465	0,00011	0,00211	
	kWh (Gross CV)	0,26966	0,26757	0,00010	0,00198	
Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.437,49	2.414,19	6,66	16,64
		kWh (Net CV)	0,34149	0,33823	0,00093	0,00233
		kWh (Gross CV)	0,32442	0,32132	0,00089	0,00221
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.244,63	2.231,40	0,64	12,59
		kWh (Net CV)	0,32490	0,32298	0,00009	0,00182
		kWh (Gross CV)	0,30865	0,30683	0,00009	0,00173
	Coal (domestic)	tonnes	2.861,96	2.632,92	191,93	37,11
		kWh (Net CV)	0,36008	0,33127	0,02415	0,00467
		kWh (Gross CV)	0,34208	0,31470	0,02294	0,00444
	Coking coal	tonnes	3.126,81	3.069,93	40,12	16,77
		kWh (Net CV)	0,37224	0,36547	0,00478	0,00200
		kWh (Gross CV)	0,35363	0,34719	0,00454	0,00190
	Petroleum coke	tonnes	3.385,40	3.375,14	2,94	7,32
		kWh (Net CV)	0,35875	0,35766	0,00031	0,00078
		kWh (Gross CV)	0,34081	0,33978	0,00030	0,00074
	Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.244,63	2.231,40	0,64	12,59
kWh (Net CV)		0,33861	0,33661	0,00010	0,00190	
kWh (Gross CV)		0,32168	0,31978	0,00009	0,00180	

Ek 1. 2017 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Expiry:</b>	31.07.2018	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2017

Activity	Country	Unit	Year	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2017	0,35156	0,34885	0,00062	0,00209

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Expiry:</b>	31.07.2018	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2017

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2e</sub>
Water supply	Water supply	cubic metres	0,344
		million litres	344,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Expiry:</b>	31.07.2018	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2017

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>
Biomass	Wood logs	tonnes	51,90553
		kWh	0,01270
	Wood chips	tonnes	47,98880
		kWh	0,01270
	Wood pellets	tonnes	59,45671
		kWh	0,01270
	Grass/straw	tonnes	77,76450
		kWh	0,02089

Ek 2. 2018 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Expiry:</b>	31.07.2019	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2018

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2746,63	2741,56	3,63	1,44
		litres	0,48066	0,47977	0,00063	0,00025
		kWh (Net CV)	0,20437	0,20399	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18396	0,18362	0,00024	0,00010
	LNG	tonnes	2746,63	2741,56	3,63	1,44
		litres	1,24282	1,24053	0,00164	0,00065
		kWh (Net CV)	0,20437	0,20399	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18396	0,18362	0,00024	0,00010
	LPG	tonnes	2937,32	2933,41	2,00	1,91
		litres	1,51906	1,51703	0,00104	0,00099
		kWh (Net CV)	0,23030	0,22999	0,00016	0,00015
		kWh (Gross CV)	0,21448	0,21419	0,00015	0,00014
	Natural gas	tonnes	2746,63	2741,56	3,63	1,44
		cubic metres	2,04652	2,04275	0,00270	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20437	0,20399	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18396	0,18362	0,00024	0,00010
Other petroleum gas	tonnes	2589,60	2587,04	1,17	1,39	
	litres	0,94857	0,94764	0,00043	0,00051	
	kWh (Net CV)	0,20005	0,19985	0,00009	0,00011	
	kWh (Gross CV)	0,18404	0,18386	0,00008	0,00010	

Ek 2. 2018 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.213,91	3.127,67	56,45	29,80
		litres	2,28586	2,22451	0,04015	0,02119
		kWh (Net CV)	0,25698	0,25008	0,00451	0,00238
		kWh (Gross CV)	0,24413	0,23758	0,00429	0,00226
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,15	3.149,67	1,69	29,80
		litres	2,53883	2,51370	0,00135	0,02378
		kWh (Net CV)	0,26072	0,25814	0,00014	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24768	0,24523	0,00013	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,26	3.149,67	7,75	7,85
		litres	2,53627	2,52377	0,00621	0,00629
		kWh (Net CV)	0,25963	0,25835	0,00064	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24665	0,24544	0,00060	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.132,15	3.087,27	0,50	44,38
		litres	2,62694	2,58935	0,00042	0,03717
		kWh (Net CV)	0,26349	0,25972	0,00004	0,00372
		kWh (Gross CV)	0,24768	0,24414	0,00004	0,00350
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.209,22	3.164,33	0,50	44,38
		litres	2,68779	2,65020	0,00042	0,03717
		kWh (Net CV)	0,26910	0,26534	0,00004	0,00372
		kWh (Gross CV)	0,25296	0,24942	0,00004	0,00350
	Fuel oil	tonnes	3.228,84	3.216,99	4,10	7,75
		litres	3,17799	3,16633	0,00404	0,00763
		kWh (Net CV)	0,28544	0,28439	0,00036	0,00068
		kWh (Gross CV)	0,26831	0,26733	0,00034	0,00064
	Gas oil	tonnes	3.478,44	3.190,00	3,48	284,96
		litres	2,97049	2,72417	0,00298	0,24335
		kWh (Net CV)	0,29417	0,26978	0,00029	0,02410
		kWh (Gross CV)	0,27652	0,25359	0,00028	0,02265
	Lubricants	tonnes	3.182,00	3.171,09	3,23	7,69
		litres				
kWh (Net CV)		0,28130	0,28033	0,00029	0,00068	
kWh (Gross CV)		0,26442	0,26351	0,00027	0,00064	
Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,24881	0,24790	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,23637	0,23550	0,00026	0,00061	
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	3.002,28	2.983,62	9,45	9,22	
	litres	2,20307	2,18943	0,00690	0,00674	
	kWh (Net CV)	0,24607	0,24457	0,00076	0,00074	
	kWh (Gross CV)	0,23377	0,23234	0,00072	0,00070	
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.153,66	3.135,00	9,45	9,22	
	litres	2,30531	2,29167	0,00690	0,00674	
	kWh (Net CV)	0,25349	0,25199	0,00076	0,00074	
	kWh (Gross CV)	0,24082	0,23939	0,00072	0,00070	

Ek 2. 2018 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
	Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3,228,84	3,216,99	4,10	7,75
		litres	3,17799	3,16633	0,00404	0,00763
		kWh (Net CV)	0,28544	0,28439	0,00036	0,00068
		kWh (Gross CV)	0,26831	0,26733	0,00034	0,00064
	Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3,478,44	3,190,00	3,48	284,96
		litres	2,97049	2,72417	0,00298	0,24335
		kWh (Net CV)	0,29417	0,26978	0,00029	0,02410
		kWh (Gross CV)	0,27652	0,25359	0,00028	0,02265
	Refinery miscellaneous	tonnes	2,944,82	2,933,33	3,39	8,09
		litres				
		kWh (Net CV)	0,25911	0,25810	0,00030	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,24615	0,24519	0,00028	0,00068
	Waste oils	tonnes	3,225,59	3,171,09	3,23	51,28
		litres				
		kWh (Net CV)	0,28515	0,28033	0,00029	0,00453
		kWh (Gross CV)	0,26804	0,26351	0,00027	0,00426
	Marine gas oil	tonnes	3,249,28	3,205,99	0,81	42,48
		litres	2,77479	2,73782	0,00070	0,03627
		kWh (Net CV)	0,27479	0,27113	0,00007	0,00359
		kWh (Gross CV)	0,25830	0,25486	0,00006	0,00338
Marine fuel oil	tonnes	3,159,49	3,113,99	1,28	44,22	
	litres	3,10973	3,06495	0,00126	0,04352	
	kWh (Net CV)	0,27931	0,27529	0,00011	0,00391	
	kWh (Gross CV)	0,26255	0,25877	0,00011	0,00367	
Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2,452,29	2,427,50	6,73	18,06
		kWh (Net CV)	0,34191	0,33846	0,00094	0,00252
		kWh (Gross CV)	0,32482	0,32153	0,00089	0,00239
	Coal (electricity generation)	tonnes	2,261,32	2,247,66	0,62	13,04
		kWh (Net CV)	0,32750	0,32552	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,31112	0,30924	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2,881,65	2,630,61	214,41	36,63
		kWh (Net CV)	0,36288	0,33127	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34473	0,31470	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3,064,56	3,043,79	7,45	13,32
		kWh (Net CV)	0,36483	0,36236	0,00089	0,00159
		kWh (Gross CV)	0,34659	0,34424	0,00084	0,00151
	Petroleum coke	tonnes	3,396,50	3,386,49	2,92	7,08
		kWh (Net CV)	0,35993	0,35887	0,00031	0,00075
		kWh (Gross CV)	0,34193	0,34092	0,00029	0,00071
	Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2,261,32	2,247,66	0,62	13,04
kWh (Net CV)		0,34028	0,33822	0,00009	0,00196	
kWh (Gross CV)		0,32326	0,32131	0,00009	0,00186	

Ek 2. 2018 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Expiry:</b>	31.07.2019	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2018

Activity	Country	Unit	Year	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2018	0,28307	0,28088	0,00066	0,00153

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Expiry:</b>	31.07.2019	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2018

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Water supply	Water supply	cubic metres	0,344
		million litres	344,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Expiry:</b>	31.07.2019	<b>Factor set:</b>	Standard Set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2018

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Biomass	Wood logs	tonnes	61,52297
		kWh	0,01506
	Wood chips	tonnes	56,88051
		kWh	0,01506
	Wood pellets	tonnes	70,47328
		kWh	0,01506
Grass/straw	tonnes	48,92418	
	kWh	0,01314	

Ek 3. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Expiry:</b>	31.07.2020	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,3	<b>Year:</b>	2019

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2542,04	2537,36	3,34	1,34
		litres	0,44486	0,44404	0,00058	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20428	0,20390	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18385	0,18351	0,00024	0,00010
	LNG	tonnes	2550,04	2545,37	3,34	1,34
		litres	1,15387	1,15175	0,00151	0,00060
		kWh (Net CV)	0,20492	0,20455	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18443	0,18409	0,00024	0,00010
	LPG	tonnes	2936,86	2933,01	1,94	1,91
		litres	1,52260	1,52060	0,00101	0,00099
		kWh (Net CV)	0,23029	0,22999	0,00015	0,00015
		kWh (Gross CV)	0,21447	0,21419	0,00014	0,00014
	Natural gas	tonnes	2542,04	2537,36	3,34	1,34
		cubic metres	2,03053	2,02680	0,00267	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20428	0,20390	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18385	0,18351	0,00024	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2550,04	2545,37	3,34	1,34
		cubic metres	2,03693	2,03320	0,00267	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20492	0,20455	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18443	0,18409	0,00024	0,00010
Other petroleum gas	tonnes	2610,26	2607,71	1,17	1,39	
	litres	0,95614	0,95521	0,00043	0,00051	
	kWh (Net CV)	0,20164	0,20145	0,00009	0,00011	
	kWh (Gross CV)	0,18551	0,18533	0,00008	0,00010	

Ek 3. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.218,92	3.127,67	61,46	29,80
		litres	2,29105	2,22610	0,04374	0,02121
		kWh (Net CV)	0,25742	0,25013	0,00491	0,00238
		kWh (Gross CV)	0,24455	0,23762	0,00467	0,00226
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,37	3.149,67	1,91	29,80
		litres	2,54306	2,51772	0,00152	0,02382
		kWh (Net CV)	0,26080	0,25820	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24776	0,24529	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,36	3.149,67	7,85	7,84
		litres	2,54042	2,52782	0,00630	0,00630
		kWh (Net CV)	0,25974	0,25845	0,00064	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24675	0,24553	0,00061	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.088,23	3.047,00	0,36	40,86
		litres	2,59411	2,55956	0,00030	0,03425
		kWh (Net CV)	0,26023	0,25677	0,00003	0,00343
		kWh (Gross CV)	0,24462	0,24137	0,00003	0,00322
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.205,55	3.164,33	0,36	40,86
		litres	2,68697	2,65242	0,00030	0,03425
		kWh (Net CV)	0,26880	0,26534	0,00003	0,00343
		kWh (Gross CV)	0,25267	0,24942	0,00003	0,00322
	Fuel oil	tonnes	3.217,82	3.205,85	4,16	7,81
		litres	3,17966	3,16784	0,00411	0,00771
		kWh (Net CV)	0,28492	0,28386	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26782	0,26683	0,00035	0,00065
	Gas oil	tonnes	3.229,86	3.190,00	3,43	36,43
		litres	2,75821	2,72417	0,00293	0,03111
		kWh (Net CV)	0,27315	0,26978	0,00029	0,00308
		kWh (Gross CV)	0,25676	0,25359	0,00027	0,00290
	Lubricants	tonnes	3.181,89	3.171,09	3,19	7,61
		litres				
kWh (Net CV)		0,26909	0,26818	0,00027	0,00064	
kWh (Gross CV)		0,25294	0,25208	0,00025	0,00061	
Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,24894	0,24803	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,23650	0,23563	0,00026	0,00061	
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.997,50	2.979,53	9,37	8,60	
	litres	2,20904	2,19585	0,00688	0,00631	
	kWh (Net CV)	0,24603	0,24458	0,00075	0,00069	
	kWh (Gross CV)	0,23373	0,23235	0,00072	0,00066	
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.152,96	3.135,00	9,37	8,60	
	litres	2,31495	2,30176	0,00688	0,00631	
	kWh (Net CV)	0,25367	0,25223	0,00075	0,00069	
	kWh (Gross CV)	0,24099	0,23961	0,00072	0,00066	

Ek 3. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O	
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.217,82	3.205,85	4,16	7,81	
	litres	3,17966	3,16784	0,00411	0,00771	
	kWh (Net CV)	0,28492	0,28386	0,00037	0,00069	
	kWh (Gross CV)	0,26782	0,26683	0,00035	0,00065	
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.229,86	3.190,00	3,43	36,43	
	litres	2,75821	2,72417	0,00293	0,03111	
	kWh (Net CV)	0,27315	0,26978	0,00029	0,00308	
	kWh (Gross CV)	0,25676	0,25359	0,00027	0,00290	
Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,25966	0,25864	0,00030	0,00071	
	kWh (Gross CV)	0,24667	0,24571	0,00028	0,00068	
Waste oils	tonnes	3.225,02	3.171,09	3,19	50,74	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,28556	0,28078	0,00028	0,00449	
	kWh (Gross CV)	0,26842	0,26393	0,00027	0,00422	
Marine gas oil	tonnes	3.250,08	3.205,99	0,82	43,27	
	litres	2,77547	2,73782	0,00070	0,03695	
	kWh (Net CV)	0,27486	0,27113	0,00007	0,00366	
	kWh (Gross CV)	0,25836	0,25486	0,00007	0,00344	
Marine fuel oil	tonnes	3.159,55	3.113,99	1,28	44,29	
	litres	3,12209	3,07707	0,00126	0,04376	
	kWh (Net CV)	0,27976	0,27573	0,00011	0,00392	
	kWh (Gross CV)	0,26298	0,25918	0,00011	0,00369	
Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.464,95	2.439,07	6,89	18,99
		kWh (Net CV)	0,34930	0,34563	0,00098	0,00269
		kWh (Gross CV)	0,33183	0,32835	0,00093	0,00256
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.264,93	2.251,00	0,63	13,29
		kWh (Net CV)	0,32170	0,31972	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,30561	0,30373	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2.744,72	2.505,61	204,22	34,89
		kWh (Net CV)	0,36288	0,33127	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34473	0,31470	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3.094,60	3.073,83	7,45	13,32
		kWh (Net CV)	0,36841	0,36593	0,00089	0,00159
		kWh (Gross CV)	0,34998	0,34764	0,00084	0,00151
	Petroleum coke	tonnes	3.393,76	3.384,12	3,02	6,62
		kWh (Net CV)	0,35964	0,35861	0,00032	0,00070
		kWh (Gross CV)	0,34165	0,34068	0,00030	0,00067
Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.264,93	2.251,00	0,63	13,29	
	kWh (Net CV)	0,33853	0,33645	0,00009	0,00199	
	kWh (Gross CV)	0,32161	0,31963	0,00009	0,00189	

Ek 3. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Expiry:</b>	31.07.2020	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	1,3	<b>Year:</b>	2019

Activity	Country	Unit	Year	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2019	0,2556	0,25358	0,00065	0,00137

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Expiry:</b>	31.07.2020	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	1,3	<b>Year:</b>	2019

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Water supply	Water supply	cubic metres	0,344
		million litres	344,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Expiry:</b>	31.07.2020	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,3	<b>Year:</b>	2019

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Biomass	Wood logs	tonnes	63,84683
		kWh	0,01563
	Wood chips	tonnes	59,02902
		kWh	0,01563
	Wood pellets	tonnes	73,13523
		kWh	0,01563
	Grass/straw	tonnes	33,06449
		kWh	0,00909

Ek 4. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Next publication date:</b>	1.06.2021	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2020

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2533,00	2528,26	3,40	1,33
		litres	0,44327	0,44245	0,00059	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20374	0,20336	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18387	0,18352	0,00025	0,00010
	LNG	tonnes	2542,41	2537,68	3,40	1,33
		litres	1,15041	1,14827	0,00154	0,00060
		kWh (Net CV)	0,20449	0,20411	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18455	0,18421	0,00025	0,00010
	LPG	tonnes	2938,81	2934,82	2,14	1,86
		litres	1,55537	1,55325	0,00113	0,00099
		kWh (Net CV)	0,23030	0,22999	0,00017	0,00015
		kWh (Gross CV)	0,21448	0,21419	0,00016	0,00014
	Natural gas	tonnes	2533,00	2528,26	3,40	1,33
		cubic metres	2,02266	2,01888	0,00271	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20374	0,20336	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18387	0,18352	0,00025	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2542,41	2537,68	3,40	1,33
		cubic metres	2,03017	2,02640	0,00271	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20449	0,20411	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18455	0,18421	0,00025	0,00010
Other petroleum gas	tonnes	2601,11	2598,56	1,17	1,39	
	litres	0,95279	0,95185	0,00043	0,00051	
	kWh (Net CV)	0,20094	0,20074	0,00009	0,00011	
	kWh (Gross CV)	0,18486	0,18468	0,00008	0,00010	

Ek 4. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.218,60	3.127,67	61,13	29,80
		litres	2,29082	2,22610	0,04351	0,02121
		kWh (Net CV)	0,25805	0,25076	0,00490	0,00239
		kWh (Gross CV)	0,24514	0,23822	0,00466	0,00227
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,41	3.149,67	1,95	29,80
		litres	2,54310	2,51772	0,00156	0,02382
		kWh (Net CV)	0,26086	0,25826	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24782	0,24535	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,32	3.149,67	7,81	7,85
		litres	2,54039	2,52782	0,00627	0,00630
		kWh (Net CV)	0,25964	0,25835	0,00064	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24666	0,24544	0,00061	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.028,61	2.986,60	0,30	41,71
		litres	2,54603	2,51072	0,00025	0,03506
		kWh (Net CV)	0,25568	0,25214	0,00003	0,00352
		kWh (Gross CV)	0,24057	0,23724	0,00002	0,00331
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.206,62	3.164,33	0,30	41,99
		litres	2,68787	2,65242	0,00025	0,03520
		kWh (Net CV)	0,26891	0,26536	0,00003	0,00352
		kWh (Gross CV)	0,25278	0,24944	0,00002	0,00331
	Fuel oil	tonnes	3.221,37	3.209,38	4,18	7,81
		litres	3,18317	3,17133	0,00413	0,00771
		kWh (Net CV)	0,28484	0,28378	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26775	0,26675	0,00035	0,00065
	Gas oil	tonnes	3.229,34	3.190,00	3,31	36,03
		litres	2,75776	2,72417	0,00282	0,03077
		kWh (Net CV)	0,27310	0,26978	0,00028	0,00305
		kWh (Gross CV)	0,25672	0,25359	0,00026	0,00286
Lubricants	tonnes	3.181,42	3.171,09	3,05	7,28	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,28131	0,28039	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,26443	0,26357	0,00025	0,00061	
Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13	
	litres					
	kWh (Net CV)	0,24898	0,24807	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,23653	0,23566	0,00026	0,00061	
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.942,05	2.924,82	9,08	8,16	
	litres	2,16802	2,15532	0,00669	0,00601	
	kWh (Net CV)	0,24164	0,24022	0,00075	0,00067	
	kWh (Gross CV)	0,22920	0,22786	0,00071	0,00064	
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.152,58	3.135,00	9,26	8,32	
	litres	2,31467	2,30176	0,00680	0,00611	
	kWh (Net CV)	0,25390	0,25248	0,00075	0,00067	
	kWh (Gross CV)	0,24120	0,23986	0,00071	0,00064	

Ek 4. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.221,37	3.209,38	4,18	7,81
	litres	3,18317	3,17133	0,00413	0,00771
	kWh (Net CV)	0,28484	0,28378	0,00037	0,00069
	kWh (Gross CV)	0,26775	0,26675	0,00035	0,00065
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.229,34	3.190,00	3,31	36,03
	litres	2,75776	2,72417	0,00282	0,03077
	kWh (Net CV)	0,27310	0,26978	0,00028	0,00305
	kWh (Gross CV)	0,25672	0,25359	0,00026	0,00286
Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09
	litres				
	kWh (Net CV)	0,25966	0,25864	0,00030	0,00071
	kWh (Gross CV)	0,24667	0,24571	0,00028	0,00068
Waste oils	tonnes	3.224,58	3.171,09	3,17	50,33
	litres				
	kWh (Net CV)	0,27494	0,27038	0,00027	0,00429
	kWh (Gross CV)	0,25674	0,25248	0,00025	0,00401
Marine gas oil	tonnes	3.249,99	3.205,99	0,81	43,20
	litres	2,77540	2,73782	0,00069	0,03689
	kWh (Net CV)	0,27485	0,27113	0,00007	0,00365
	kWh (Gross CV)	0,25836	0,25486	0,00006	0,00343
Marine fuel oil	tonnes	3.159,50	3.113,99	1,27	44,24
	litres	3,12204	3,07707	0,00126	0,04372
	kWh (Net CV)	0,27937	0,27535	0,00011	0,00391
	kWh (Gross CV)	0,26261	0,25883	0,00011	0,00368

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.380,01	2.354,55	9,66	15,80
		kWh (Net CV)	0,33726	0,33365	0,00137	0,00224
		kWh (Gross CV)	0,32040	0,31697	0,00130	0,00213
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.222,94	2.209,75	0,60	12,59
		kWh (Net CV)	0,33333	0,33135	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,31666	0,31478	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2.883,26	2.632,00	214,60	36,66
		kWh (Net CV)	0,36276	0,33115	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34462	0,31459	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3.222,04	3.200,96	7,56	13,52
		kWh (Net CV)	0,38358	0,38107	0,00090	0,00161
		kWh (Gross CV)	0,36440	0,36201	0,00085	0,00153
	Petroleum coke	tonnes	3.397,79	3.388,18	3,10	6,50
		kWh (Net CV)	0,36006	0,35904	0,00033	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,34206	0,34109	0,00031	0,00065
Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.219,47	2.206,30	0,60	12,57	
	kWh (Net CV)	0,33333	0,33135	0,00009	0,00189	
	kWh (Gross CV)	0,31666	0,31478	0,00009	0,00179	

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Next publication date:</b>	1.06.2021	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2020

Activity	Country	Unit	Year	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2020	0,23314	0,23104	0,00072	0,00138

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Next publication date:</b>	1.06.2021	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2020

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Water supply	Water supply	cubic metres	0,344
		million litres	344,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Next publication date:</b>	1.06.2021	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,0	<b>Year:</b>	2020

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Biomass	Wood logs	tonnes	63,11534
		kWh	0,01545
	Wood chips	tonnes	58,35272
		kWh	0,01545
	Wood pellets	tonnes	72,29731
		kWh	0,01545
Grass/straw	tonnes	60,95408	
	kWh	0,01629	

Ek 5. 2021 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Next publication date:</b>	31.07.2022	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2021

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Gaseous fuels	Butane	tonnes	3033,32	3029,26	2,25	1,80
		litres	1,75	1,74	0,00	0,00
		kWh (Net CV)	0,24	0,24	0,00	0,00
		kWh (Gross CV)	0,22	0,22	0,00	0,00
	CNG	tonnes	2538,48	2533,69	3,44	1,34
		litres	0,44423	0,44340	0,00060	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20297	0,20258	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18316	0,18282	0,00025	0,00010
	LNG	tonnes	2555,28	2550,49	3,44	1,34
		litres	1,15623	1,15407	0,00156	0,00061
		kWh (Net CV)	0,20431	0,20393	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18438	0,18403	0,00025	0,00010
	LPG	tonnes	2939,29	2935,18	2,28	1,83
		litres	1,55709	1,55491	0,00121	0,00097
		kWh (Net CV)	0,23031	0,22999	0,00018	0,00014
		kWh (Gross CV)	0,21449	0,21419	0,00017	0,00013
	Natural gas	tonnes	2538,48	2533,69	3,44	1,34
		cubic metres	2,02135	2,01754	0,00274	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20297	0,20258	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18316	0,18282	0,00025	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2555,28	2550,49	3,44	1,34
		cubic metres	2,03473	2,03092	0,00274	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20431	0,20393	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18438	0,18403	0,00025	0,00010
	Other petroleum gas	tonnes	2578,25	2575,70	1,17	1,39
		litres	0,94441	0,94348	0,00043	0,00051
		kWh (Net CV)	0,19917	0,19897	0,00009	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18324	0,18305	0,00008	0,00010
Propane	tonnes	2997,55000	2993,40000	2,31000	1,85000	
	litres	1,54354	1,54140	0,00119	0,00095	
	kWh (Net CV)	0,23257	0,23225	0,00018	0,00014	
	kWh (Gross CV)	0,21411	0,21381	0,00016	0,00013	

Ek 5. 2021 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.192,76	3.127,67	35,29	29,80
		litres	2,33048	2,28297	0,02576	0,02175
		kWh (Net CV)	0,25658	0,25135	0,00284	0,00239
		kWh (Gross CV)	0,24375	0,23878	0,00269	0,00228
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,43	3.149,67	1,96	29,80
		litres	2,54514	2,51973	0,00157	0,02384
		kWh (Net CV)	0,26086	0,25826	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24782	0,24535	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,01	3.149,67	7,50	7,84
		litres	2,54014	2,52782	0,00602	0,00629
		kWh (Net CV)	0,25975	0,25849	0,00062	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24677	0,24557	0,00059	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	2.969,07	2.925,03	0,31	43,73
		litres	2,51233	2,47507	0,00026	0,03700
		kWh (Net CV)	0,25165	0,24792	0,00003	0,00371
		kWh (Gross CV)	0,23686	0,23335	0,00002	0,00349
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.208,76	3.164,33	0,31	44,12
		litres	2,70553	2,66807	0,00026	0,03720
		kWh (Net CV)	0,26955	0,26582	0,00003	0,00371
		kWh (Gross CV)	0,25338	0,24987	0,00002	0,00348
	Fuel oil	tonnes	3.229,20	3.216,38	4,81	8,01
		litres	3,17522	3,16262	0,00473	0,00788
		kWh (Net CV)	0,28527	0,28413	0,00042	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,26815	0,26709	0,00040	0,00067
	Gas oil	tonnes	3.230,28	3.190,00	3,29	36,99
		litres	2,75857	2,72417	0,00281	0,03159
		kWh (Net CV)	0,27318	0,26978	0,00028	0,00313
		kWh (Gross CV)	0,25679	0,25359	0,00026	0,00294
	Lubricants	tonnes	3.181,43	3.171,09	3,06	7,29
		litres	2,75	2,74	0,00	0,01
		kWh (Net CV)	0,28105	0,28013	0,00027	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,26418	0,26332	0,00025	0,00061
Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13	
	litres	2,12	2,11	0,00	0,01	
	kWh (Net CV)	0,24895	0,24804	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,23651	0,23564	0,00026	0,00061	
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.947,62	2.929,08	9,68	8,87	
	litres	2,19352	2,17972	0,00720	0,00660	
	kWh (Net CV)	0,24227	0,24075	0,00080	0,00073	
	kWh (Gross CV)	0,22980	0,22836	0,00075	0,00069	
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.153,90	3.135,00	9,86	9,04	
	litres	2,33969	2,32567	0,00732	0,00671	
	kWh (Net CV)	0,25430	0,25277	0,00080	0,00073	
	kWh (Gross CV)	0,24158	0,24013	0,00076	0,00069	

Ek 5. 2021 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.229,20	3.216,38	4,81	8,01
	litres	3,17522	3,16262	0,00473	0,00788
	kWh (Net CV)	0,28527	0,28413	0,00042	0,00071
	kWh (Gross CV)	0,26815	0,26709	0,00040	0,00067
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.230,28	3.190,00	3,29	36,99
	litres	2,75857	2,72417	0,00281	0,03159
	kWh (Net CV)	0,27318	0,26978	0,00028	0,00313
	kWh (Gross CV)	0,25679	0,25359	0,00026	0,00294
Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09
	litres				
	kWh (Net CV)	0,25966	0,25864	0,00030	0,00071
	kWh (Gross CV)	0,24667	0,24571	0,00028	0,00068
Waste oils	tonnes	3.224,56	3.171,09	3,17	50,31
	litres	2,75	2,71	0,00	0,04
	kWh (Net CV)	0,27503	0,27047	0,00027	0,00429
	kWh (Gross CV)	0,25682	0,25256	0,00025	0,00401
Marine gas oil	tonnes	3.249,99	3.205,99	0,81	43,19
	litres	2,77539	2,73782	0,00069	0,03688
	kWh (Net CV)	0,27485	0,27113	0,00007	0,00365
	kWh (Gross CV)	0,25836	0,25486	0,00006	0,00343
Marine fuel oil	tonnes	3.159,51	3.113,99	1,27	44,24
	litres	3,10669	3,06194	0,00125	0,04350
	kWh (Net CV)	0,27911	0,27509	0,00011	0,00391
	kWh (Gross CV)	0,26236	0,25858	0,00011	0,00367

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2e</sub>	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.403,84	2.377,98	6,82	19,04
		kWh (Net CV)	0,34064	0,33697	0,00097	0,00270
		kWh (Gross CV)	0,32361	0,32013	0,00092	0,00256
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.252,34	2.239,12	0,60	12,62
		kWh (Net CV)	0,33706	0,33508	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,32020	0,31832	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2.883,26	2.632,00	214,60	36,66
		kWh (Net CV)	0,36276	0,33115	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34462	0,31459	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3.165,24	3.144,16	7,56	13,52
		kWh (Net CV)	0,37681	0,37431	0,00090	0,00161
		kWh (Gross CV)	0,35797	0,35559	0,00085	0,00153
	Petroleum coke	tonnes	3.386,86	3.377,05	3,42	6,40
		kWh (Net CV)	0,35890	0,35786	0,00036	0,00068
		kWh (Gross CV)	0,34096	0,33997	0,00034	0,00064
Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.248,82	2.235,62	0,60	12,60	
	kWh (Net CV)	0,33706	0,33508	0,00009	0,00189	
	kWh (Gross CV)	0,32020	0,31832	0,00009	0,00179	

Ek 5. 2021 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Next publication date:</b>	31.07.2022	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2021

Activity	Country	Unit	Year	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2021	0,21233	0,21016	0,0008	0,00137

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Next publication date:</b>	31.07.2022	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2021

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Water supply	Water supply	cubic metres	0,149
		million litres	149,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Next publication date:</b>	31.07.2022	<b>Factor set:</b>	Standard set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2021

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Biomass	Wood logs	tonnes	61,81736
		kWh	0,01513
	Wood chips	tonnes	57,15269
		kWh	0,01513
	Wood pellets	tonnes	72,61754
		kWh	0,01513
	Grass/straw	tonnes	49,23656
		kWh	0,01316

Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Next publication date:</b>	8.06.2023	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2022

Activity	Fuel	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Gaseous fuels	Butane	tonnes	3033,32	3029,26	2,25	1,80
		litres	1,75	1,74	0,00	0,00
		kWh (Net CV)	0,24	0,24	0,00	0,00
		kWh (Gross CV)	0,22	0,22	0,00	0,00
	CNG	tonnes	2539,25	2534,47	3,44	1,34
		litres	0,44	0,44353	0,00060	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20	0,20188	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18	0,18219	0,00025	0,00010
	LNG	tonnes	2559,17	2554,39	3,44	1,34
		litres	1,16	1,15583	0,00156	0,00061
		kWh (Net CV)	0,20	0,20347	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18	0,18362	0,00025	0,00010
	LPG	tonnes	2939,29	2935,18	2,28	1,83
		litres	1,56	1,55491	0,00121	0,00097
		kWh (Net CV)	0,23	0,22999	0,00018	0,00014
		kWh (Gross CV)	0,21	0,21419	0,00017	0,00013
	Natural gas	tonnes	2539,25	2534,47	3,44	1,34
		cubic metres	2,02	2,01193	0,00274	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20	0,20188	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18	0,18219	0,00025	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2559,17	2554,39	3,44	1,34
		cubic metres	2,03	2,02774	0,00274	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20	0,20347	0,00028	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18	0,18362	0,00025	0,00010
Other petroleum gas	tonnes	2578,25	2575,70	1,17	1,39	
	litres	0,94	0,94348	0,00043	0,00051	
	kWh (Net CV)	0,20	0,19897	0,00009	0,00011	
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18305	0,00008	0,00010	
Propane	tonnes	2997,55	2993,40000	2,31000	1,85000	
	litres	1,54	1,54140	0,00119	0,00095	
	kWh (Net CV)	0,23	0,23225	0,00018	0,00014	
	kWh (Gross CV)	0,21	0,21381	0,00016	0,00013	

Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3192,76	3.127,67	35,29	29,80
		litres	2,33	2,28297	0,02576	0,02175
		kWh (Net CV)	0,26	0,25135	0,00284	0,00239
		kWh (Gross CV)	0,24	0,23878	0,00269	0,00228
	Aviation turbine fuel	tonnes	3181,43	3.149,67	1,96	29,80
		litres	2,55	2,51973	0,00157	0,02384
		kWh (Net CV)	0,26	0,25826	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,25	0,24535	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3165,01	3.149,67	7,50	7,84
		litres	2,54	2,52782	0,00602	0,00629
		kWh (Net CV)	0,26	0,25849	0,00062	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,25	0,24557	0,00059	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3032,89	2.988,85	0,31	43,73
		litres	2,56	2,52058	0,00026	0,03700
		kWh (Net CV)	0,26	0,25257	0,00003	0,00371
		kWh (Gross CV)	0,24	0,23764	0,00002	0,00349
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3208,76	3.164,33	0,31	44,12
		litres	2,70	2,66134	0,00026	0,03720
		kWh (Net CV)	0,27	0,26565	0,00003	0,00371
		kWh (Gross CV)	0,25	0,24971	0,00002	0,00348
	Fuel oil	tonnes	3229,20	3.216,38	4,81	8,01
		litres	3,18	3,16262	0,00473	0,00788
		kWh (Net CV)	0,29	0,28413	0,00042	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,27	0,26709	0,00040	0,00067
	Gas oil	tonnes	3230,28	3.190,00	3,29	36,99
		litres	2,76	2,72417	0,00281	0,03159
		kWh (Net CV)	0,27	0,26978	0,00028	0,00313
		kWh (Gross CV)	0,26	0,25359	0,00026	0,00294
Lubricants	tonnes	3181,44	3.171,09	3,06	7,29	
	litres	2,75	2,74	0,00	0,01	
	kWh (Net CV)	0,28	0,28013	0,00027	0,00064	
	kWh (Gross CV)	0,26	0,26332	0,00025	0,00061	

Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Naphtha	tonnes	3142,87	3.131,33	3,41	8,13
	litres	2,12	2,11	0,00	0,01
	kWh (Net CV)	0,25	0,24804	0,00027	0,00064
	kWh (Gross CV)	0,24	0,23564	0,00026	0,00061
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2903,08	2.884,53	9,68	8,87
	litres	2,16	2,14805	0,00720	0,00660
	kWh (Net CV)	0,24	0,23808	0,00080	0,00073
	kWh (Gross CV)	0,23	0,22575	0,00075	0,00069
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3153,90	3.135,00	9,86	9,04
	litres	2,34	2,32567	0,00732	0,00671
	kWh (Net CV)	0,25	0,25275	0,00080	0,00073
	kWh (Gross CV)	0,24	0,24011	0,00076	0,00069
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3229,20	3.216,38	4,81	8,01
	litres	3,18	3,16262	0,00473	0,00788
	kWh (Net CV)	0,29	0,28413	0,00042	0,00071
	kWh (Gross CV)	0,27	0,26709	0,00040	0,00067
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3230,28	3.190,00	3,29	36,99
	litres	2,76	2,72417	0,00281	0,03159
	kWh (Net CV)	0,27	0,26978	0,00028	0,00313
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25359	0,00026	0,00294
Refinery miscellaneous	tonnes	2944,81	2.933,33	3,39	8,09
	litres				
	kWh (Net CV)	0,26	0,25864	0,00030	0,00071
	kWh (Gross CV)	0,25	0,24571	0,00028	0,00068
Waste oils	tonnes	3224,57	3.171,09	3,17	50,31
	litres	2,75	2,71	0,00	0,04
	kWh (Net CV)	0,28	0,27047	0,00027	0,00429
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25256	0,00025	0,00401
Marine gas oil	tonnes	3249,99	3.205,99	0,81	43,19
	litres	2,78	2,73782	0,00069	0,03688
	kWh (Net CV)	0,27	0,27113	0,00007	0,00365
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25486	0,00006	0,00343
Marine fuel oil	tonnes	3159,50	3.113,99	1,27	44,24
	litres	3,11	3,06194	0,00125	0,04350
	kWh (Net CV)	0,28	0,27509	0,00011	0,00391
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25858	0,00011	0,00367

Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Activity	Fuel	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2411,43	2.385,57	6,82	19,04
		kWh (Net CV)	0,34	0,33805	0,00097	0,00270
		kWh (Gross CV)	0,32	0,32115	0,00092	0,00256
	Coal (electricity generation)	tonnes	2270,45	2.257,23	0,60	12,62
		kWh (Net CV)	0,34	0,33626	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,32	0,31945	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2883,26	2.632,00	214,60	36,66
		kWh (Net CV)	0,36	0,33115	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34	0,31459	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3165,24	3.144,16	7,56	13,52
		kWh (Net CV)	0,38	0,37431	0,00090	0,00161
		kWh (Gross CV)	0,36	0,35559	0,00085	0,00153
	Petroleum coke	tonnes	3386,87	3.377,05	3,42	6,40
		kWh (Net CV)	0,36	0,35786	0,00036	0,00068
		kWh (Gross CV)	0,34	0,33997	0,00034	0,00064
	Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2266,90	2.253,70	0,60	12,60
		kWh (Net CV)	0,34	0,33626	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,32	0,31945	0,00009	0,00179

<b>Emissions source:</b>	UK electricity	<b>Next publication date:</b>	8.06.2023	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 2	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2022

Activity	Country	Unit	Year	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Electricity generated	Electricity : UK	kWh	2022	0,19338	0,19121	0,0008	0,00137

Ek 6. 2022 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

<b>Emissions source:</b>	Water supply	<b>Next publication date:</b>	8.06.2023	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 3	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2022

Activity	Type	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit
Water supply	Water supply	cubic metres	0,149
		million litres	149,0

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Next publication date:</b>	8.06.2023	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	2,0	<b>Year:</b>	2022

Activity	Fuel	Unit	Total kg CO <sub>2</sub> e per unit
Biomass	Wood logs	tonnes	43,03576
		kWh	0,01053
	Wood chips	tonnes	39,78833
		kWh	0,01053
	Wood pellets	tonnes	50,55459
		kWh	0,01053
	Grass/straw	tonnes	48,04825
		kWh	0,01292

Ek 7. 2023 DEFRA dönüşüm tablosu

<b>Emissions source:</b>	Fuels	<b>Next publication date:</b>	10.06.2024	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,1	<b>Year:</b>	2023

Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Butane	tonnes	3033,38	3029,26	2,52	1,60
	litres	1,75	1,74	0,00	0,00
	kWh (Net CV)	0,24	0,24	0,00	0,00
	kWh (Gross CV)	0,22	0,22	0,00	0,00
CNG	tonnes	2562,57	2557,53	3,85	1,19
	litres	0,45	0,44757	0,00067	0,00020
	kWh (Net CV)	0,20	0,20226	0,00031	0,00010
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18256	0,00028	0,00009
LNG	tonnes	2581,98	2576,94	3,85	1,19
	litres	1,17	1,16604	0,00175	0,00054
	kWh (Net CV)	0,20	0,20379	0,00031	0,00010
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18395	0,00028	0,00009
LPG	tonnes	2939,36	2935,18	2,55	1,63
	litres	1,56	1,55491	0,00136	0,00086
	kWh (Net CV)	0,23	0,22999	0,00020	0,00012
	kWh (Gross CV)	0,21	0,21419	0,00019	0,00012
Natural gas	tonnes	2562,57	2557,53	3,85	1,19
	cubic metres	2,04	2,03437	0,00307	0,00095
	kWh (Net CV)	0,20	0,20226	0,00031	0,00010
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18256	0,00028	0,00009
Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2581,98	2576,94	3,85	1,19
	cubic metres	2,05	2,04981	0,00307	0,00095
	kWh (Net CV)	0,20	0,20379	0,00031	0,00010
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18395	0,00028	0,00009
Other petroleum gas	tonnes	2578,25	2575,70	1,31	1,24
	litres	0,94	0,94348	0,00048	0,00045
	kWh (Net CV)	0,20	0,19897	0,00010	0,00010
	kWh (Gross CV)	0,18	0,18305	0,00009	0,00009
Propane	tonnes	2997,63	2993,40000	2,58720	1,64513
	litres	1,54	1,54140	0,00133	0,00084
	kWh (Net CV)	0,23	0,23225	0,00020	0,00012
	kWh (Gross CV)	0,21	0,21381	0,00018	0,00012

Ek 7. 2023 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Aviation spirit	tonnes	3193,69	3.127,67	39,52	26,50
	litres	2,33	2,28297	0,02885	0,01934
	kWh (Net CV)	0,26	0,25135	0,00318	0,00213
	kWh (Gross CV)	0,24	0,23878	0,00301	0,00203
Aviation turbine fuel	tonnes	3178,37	3.149,67	2,20	26,50
	litres	2,54	2,51973	0,00176	0,02120
	kWh (Net CV)	0,26	0,25826	0,00018	0,00217
	kWh (Gross CV)	0,25	0,24535	0,00017	0,00206
Burning oil	tonnes	3165,04	3.149,67	8,40	6,97
	litres	2,54	2,52782	0,00674	0,00559
	kWh (Net CV)	0,26	0,25849	0,00069	0,00057
	kWh (Gross CV)	0,25	0,24557	0,00066	0,00054
Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3015,65	2.976,42	0,35	38,89
	litres	2,51	2,47887	0,00029	0,03290
	kWh (Net CV)	0,25	0,25076	0,00003	0,00330
	kWh (Gross CV)	0,24	0,23595	0,00002	0,00310
Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3203,91	3.164,33	0,35	39,23
	litres	2,66	2,62600	0,00029	0,03308
	kWh (Net CV)	0,27	0,26469	0,00003	0,00330
	kWh (Gross CV)	0,25	0,24881	0,00002	0,00309
Fuel oil	tonnes	3228,89	3.216,38	5,39	7,12
	litres	3,17	3,16262	0,00530	0,00701
	kWh (Net CV)	0,29	0,28413	0,00047	0,00063
	kWh (Gross CV)	0,27	0,26709	0,00045	0,00060
Gas oil	tonnes	3226,58	3.190,00	3,68	32,89
	litres	2,76	2,72417	0,00315	0,02809
	kWh (Net CV)	0,27	0,26978	0,00031	0,00278
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25359	0,00029	0,00261
Lubricants	tonnes	3181,00	3.171,09	3,43	6,48
	litres	2,75	2,74	0,00	0,01
	kWh (Net CV)	0,28	0,28013	0,00030	0,00057
	kWh (Gross CV)	0,26	0,26332	0,00028	0,00054
Naphtha	tonnes	3142,38	3.131,33	3,82	7,23
	litres	2,12	2,11	0,00	0,00
	kWh (Net CV)	0,25	0,24804	0,00030	0,00057
	kWh (Gross CV)	0,24	0,23564	0,00029	0,00054
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2806,66	2.787,93	10,84	7,89
	litres	2,10	2,08354	0,00806	0,00587
	kWh (Net CV)	0,23	0,23242	0,00090	0,00065
	kWh (Gross CV)	0,22	0,22021	0,00084	0,00061
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3154,08	3.135,00	11,04	8,04
	litres	2,35	2,33086	0,00820	0,00597
	kWh (Net CV)	0,25	0,25289	0,00090	0,00065
	kWh (Gross CV)	0,24	0,24025	0,00085	0,00061

Ek 7. 2023 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub>	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3228,89	3.216,38	5,39	7,12
	litres	3,17	3,16262	0,00530	0,00701
	kWh (Net CV)	0,29	0,28413	0,00047	0,00063
	kWh (Gross CV)	0,27	0,26709	0,00045	0,00060
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3226,58	3.190,00	3,68	32,89
	litres	2,76	2,72417	0,00315	0,02809
	kWh (Net CV)	0,27	0,26978	0,00031	0,00278
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25359	0,00029	0,00261
Refinery miscellaneous	tonnes	2944,32	2.933,33	3,80	7,19
	litres				
	kWh (Net CV)	0,26	0,25864	0,00034	0,00063
	kWh (Gross CV)	0,25	0,24571	0,00031	0,00060
Waste oils	tonnes	3219,38	3.171,09	3,55	44,74
	litres	2,75	2,71	0,00	0,04
	kWh (Net CV)	0,27	0,27047	0,00030	0,00381
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25256	0,00028	0,00357
Marine gas oil	tonnes	3245,30	3.205,99	0,91	38,41
	litres	2,77	2,73782	0,00077	0,03280
	kWh (Net CV)	0,27	0,27113	0,00008	0,00325
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25486	0,00007	0,00305
Marine fuel oil	tonnes	3154,75	3.113,99	1,42	39,34
	litres	3,10	3,06194	0,00140	0,03868
	kWh (Net CV)	0,28	0,27509	0,00012	0,00348
	kWh (Gross CV)	0,26	0,25858	0,00012	0,00326

Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Coal (industrial)	tonnes	2396,48	2.371,91	7,64	16,93
	kWh (Net CV)	0,34	0,33611	0,00109	0,00240
	kWh (Gross CV)	0,32	0,31931	0,00103	0,00228
Coal (electricity generation)	tonnes	2199,33	2.187,44	0,67	11,22
	kWh (Net CV)	0,33	0,33229	0,00010	0,00168
	kWh (Gross CV)	0,32	0,31568	0,00010	0,00159
Coal (domestic)	tonnes	2904,95	2.632,00	240,35	32,60
	kWh (Net CV)	0,37	0,33115	0,03024	0,00410
	kWh (Gross CV)	0,35	0,31459	0,02873	0,00389
Coking coal	tonnes	3164,65	3.144,16	8,47	12,02
	kWh (Net CV)	0,38	0,37431	0,00101	0,00143
	kWh (Gross CV)	0,36	0,35559	0,00095	0,00136
Petroleum coke	tonnes	3386,57	3.377,05	3,83	5,69
	kWh (Net CV)	0,36	0,35786	0,00040	0,00060
	kWh (Gross CV)	0,34	0,33997	0,00038	0,00057
Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2195,90	2.184,02	0,67	11,20
	kWh (Net CV)	0,33	0,33229	0,00010	0,00168
	kWh (Gross CV)	0,32	0,31568	0,00010	0,00159

Ek 7. 2023 DEFRA dönüşüm tablosu (Devam)

UK electricity	<b>Next publication date:</b>	10.06.2024	<b>Factor set:</b>	Condensed set
Scope 2	<b>Version:</b>	1,1	<b>Year:</b>	2023

Country	Unit	Year	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e of CO <sub>2</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of CH <sub>4</sub> per unit	kg CO <sub>2</sub> e of N <sub>2</sub> O per unit
Electricity: UK	kWh	2023	0,207074	0,20496	0,000896	0,001218

Water supply	<b>Next publication date:</b>	10.06.2024	<b>Factor set:</b>	Condensed set
Scope 3	<b>Version:</b>	1,1	<b>Year:</b>	2023

Activity	Type	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Water supply	Water supply	cubic metres	0,177
		million litres	176,7

<b>Emissions source:</b>	Bioenergy	<b>Next publication date:</b>	10.06.2024	<b>Factor set:</b>	Condensed set
<b>Scope:</b>	Scope 1	<b>Version:</b>	1,1	<b>Year:</b>	2023

Activity	Fuel	Unit	kg CO <sub>2</sub> e
Biomass	Wood logs	tonnes	43,89327
		kWh	0,01074
	Wood chips	tonnes	40,58114
		kWh	0,01074
	Wood pellets	tonnes	51,56192
		kWh	0,01074
Grass/straw	tonnes	57,63342	
	kWh	0,01550	

## Ek 8. Ticari/Kurumsal Kategori İçin Sabit Yanma Varsayılan Emisyon Faktörleri

TABLE 2.4 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE <u>COMMERCIAL/INSTITUTIONAL</u> CATEGORY (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)										
Fuel	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	
Crude Oil	73 300	71 100	75 500	10	3	30	0.6	0.2	2	
Orimulsion	<b>r</b> 77 000	69 300	85 400	10	3	30	0.6	0.2	2	
Natural Gas Liquids	<b>r</b> 64 200	58 300	70 400	10	3	30	0.6	0.2	2	
Gasoline	Motor Gasoline	<b>r</b> 69 300	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	<b>r</b> 70 000	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	<b>r</b> 70 000	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
Jet Kerosene	<b>r</b> 71 500	69 700	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2	
Other Kerosene	71 900	70 800	73 700	10	3	30	0.6	0.2	2	
Shale Oil	73 300	67 800	79 200	10	3	30	0.6	0.2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	10	3	30	0.6	0.2	2	
Residual Fuel Oil	77 400	75 500	78 800	10	3	30	0.6	0.2	2	
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3	
Ethane	61 600	56 500	68 600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3	
Naphtha	73 300	69 300	76 300	10	3	30	0.6	0.2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	10	3	30	0.6	0.2	2	
Lubricants	73 300	71 900	75 200	10	3	30	0.6	0.2	2	
Petroleum Coke	<b>r</b> 97 500	82 900	115 000	10	3	30	0.6	0.2	2	
Refinery Feedstocks	73 300	68 900	76 600	10	3	30	0.6	0.2	2	
Other Oil	Refinery Gas	<b>n</b> 57 600	48 200	69 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
Anthracite	<b>r</b> 98 300	94 600	101 000	10	3	30	1.5	0.5	5	
Coking Coal	94 600	87 300	101 000	10	3	30	1.5	0.5	5	
Other Bituminous Coal	94 600	89 500	99 700	10	3	30	1.5	0.5	5	
Sub-Bituminous Coal	96 100	92 800	100 000	10	3	30	1.5	0.5	5	
Lignite	101 000	90 900	115 000	10	3	30	1.5	0.5	5	
Oil Shale and Tar Sands	107 000	90 200	125 000	10	3	30	1.5	0.5	5	
Brown Coal Briquettes	<b>n</b> 97 500	87 300	109 000	<b>n</b> 10	3	30	<b>r</b> 1.5	0.5	5	
Patent Fuel	97 500	87 300	109 000	10	3	30	<b>n</b> 1.5	0.5	5	
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	<b>n</b> 107 000	95 700	119 000	10	3	30	1.5	0.5	4
	Gas Coke	<b>n</b> 107 000	95 700	119 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3

Ek 8. Ticari/Kurumsal Kategori İçin Sabit Yanma Varsayılan Emisyon Faktörleri  
(Devam)

Fuel	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	
Coal Tar	n 80 700	68 200	95 300	n 10	30	30	n 1.5	0.5	5	
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	37 300	54 100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n 44 400	37 300	54 100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n 260 000	219 000	308 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	145 000	202 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Natural Gas	56 100	54 300	58 300	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3	
Municipal Wastes (non-biomass fraction)	n 91 700	73 300	121 000	300	100	900	4	1.5	15	
Industrial Wastes	n 143 000	110 000	183 000	300	100	900	4	1.5	15	
Waste Oils	n 73 300	72 200	74 400	300	100	900	4	1.5	15	
Peat	106 000	100 000	108 000	n 10	3	30	n 1.4	0.5	5	
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	r 112 000	95 000	132 000	300	100	900	4	1.5	15
	Sulphite lyes (Black Liquor) <sup>a</sup>	n 95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	n 100 000	84 700	117 000	300	100	900	4	1.5	15
	Charcoal	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	1	0.3	3
Liquid Biofuels	Biogasoline	n 70 800	59 800	84 300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Biodiesels	n 70 800	59 800	84 300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	n 79 600	67 100	95 300	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Other Biogas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Other non-biomass	Municipal Wastes (biomass fraction)	n 100 000	84 700	117 000	300	100	900	4	1.5	15

(a) Includes the biomass-derived CO<sub>2</sub> emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO<sub>2</sub> emitted from the kraft mill lime kiln.  
**n** indicates a new emission factor which was not present in the 1996 Guidelines  
**r** indicates an emission factor that has been revised since the 1996 Guidelines

## Ek 9. Gümüşhane Üniversitesi Yakıt Tüketim Verilerinin Talep Edilmesine İlişkin Resmi Yazı



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı



**Sayı** : E-87654540-869-241501

**Konu** : Yakıt Tüketimleri hk.

### DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemizin karbon ayak izi; belirleme ve değerlendirilmesi için elektrik, doğalgaz, su, katı yakıt, dizel ve benzin yakıt türlerinin tüketimlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Birimlerimizin ekte gönderilen tabloları doldurularak 15.03.2024 tarihine kadar (Excel.xlsx formatında) Strateji Geliştirme Daire Başkanlığına gönderilmesini arz/ rica ederim.

**Prof. Dr. Fatih YALÇIN**  
Genel Sekreter V.

**Ek:** Veri Talebi

#### **Dağıtım:**

Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Edebiyat Fakültesi Dekanlığına  
Gümüşhane Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Gümüşhane Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dekanlığına  
İlahiyat Fakültesi Dekanlığına  
İletişim Fakültesi Dekanlığına  
İrfan Can Köse Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Kelkit Aydın Doğan Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Kelkit Sema Doğan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Kürtün Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezine  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekanlığına  
Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığına  
Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Şiran Dursun Keleş Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Şiran Mustafa Beyaz Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Torul Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne  
Turizm Fakültesi Dekanlığına  
İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığına  
Sağlık Kültür ve Spor Daire Başkanlığına

Ek 10. Gümüşhane Üniversitesi Yakıt ve Enerji Tüketim Verileri Toplama Formu

Birim Adı	YAKIT TÜKETİMİ MİKTARLARI									
	ELEKTRİK		SU TÜKETİM MİKTARI M3		DOĞALGAZ MİKTARI (t)		Kömür (ton)		Odun (ton)	
	YIL	Miktar kWh	YIL	Miktar m3	YIL	Miktar (m3)	YIL	Miktar (ton)	YIL	Miktar (ton)
	2017 =		2017 =		2017 =		2017 =		2017 =	
	2018 =		2018 =		2018 =		2018 =		2018 =	
	2019 =		2019 =		2019 =		2019 =		2019 =	
	2020 =		2020 =		2020 =		2020 =		2020 =	
	2021 =		2021 =		2021 =		2021 =		2021 =	
	2022 =		2022 =		2022 =		2022 =		2022 =	
	2023 =		2023 =		2023 =		2023 =		2023 =	
toplam		0		0		0		0		0

Ek 11. Gümüşhane Üniversitesi Yakıt ve Enerji Tüketim Verileri Toplama Formu (Devam)

NO	Araç Türü	Model	Model Yılı	Yakıt Türü	2017 Yakıt (litre)	2018 Yakıt (litre)	2019 Yakıt (litre)	2020 Yakıt (litre)	2021 Yakıt (litre)	2022 Yakıt (litre)	2023 Yakıt (litre)
		Örnek Mercedes-Benz / Fiyat /Toyota/Renaunt	Örnek 2019 veya 2021	Örnek Dizel	Örnek 2,94	Örnek 2,95	Örnek 2,96	Örnek 2,97	Örnek 2,98	Örnek 2,99	Örnek 2,100
1	Kamyon (Dizel)										
2	Otomobil (Benzinli)										
3	Otomobil (dizel)										
4	Traktör ve iş makinesi (Dizel)										
5	Kamyonet (Dizel)										
6	otobüs (dizel)										
7	Diğerleri (Dizel)										
8	Diğerleri (benzin)										
9	....										
10											
11											
12											
13											
14											

## ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Türle Eğitim hayatına 2017 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde başlamış ve bu bölümü 19 Ağustos 2021 tarihinde başarıyla tamamlamıştır. Aynı dönemde, Dicle Üniversitesi Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Anestezi Programı'ndan 30 Haziran 2021 tarihinde mezun olmuştur. Ardından Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü'nü de 2 Ekim 2023 tarihinde tamamlamıştır. Şu anda Gümüşhane Üniversitesi Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda eğitimine devam etmektedir.

