T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Fidan Büşra GÜRSOY

Danışman
Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ

Doç. Dr. Şükrü Taner AZGIN

Yüksek Lisans Tezi

Ocak 2023
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Fidan Büşra GÜRSOY

Danışman
Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ

Doç. Dr. Şükrü Taner AZGIN

Ocak 2023
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Fidan Büşra GÜRSOY

İmza

“Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Fidan Büşra GÜRSOY	Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ
İmza	İmza

İmza

Enerji Sistemler, Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Nesrin KAYATAŞ DEMİR İmza

TEŞEKKÜR

Öncelikle Yüksek Lisans eğitim ve öğretim hayatımda danıştığım her durumda değerli zamanlarını ayırıp kıymetli bilgilerini benimle paylaşan, her türlü desteği sağlayan ve yol gösteren danışman hocalarım Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ ve Doç. Dr. Şükrü Taner AZGIN'a bu süreç boyunca kazandırdıkları her şey için teşekkürlerimi sunuyorum.

Zor zamanlarımda beni hep cesaretlendirip motivasyonumu yükselten, her türlü yardım ve fedakarlığı sağlayarak hep yanımda olan sevgili arkadaşım Müh. Esra BAYIR'a her şey için sonsuz teşekkür ederim.

Bana olan güvenlerini ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen hep yanımda olan babam Mehmet İbrahim GÜRSOY'a, annem Fatma GÜRSOY'a, ablam Emine DİNÇER'e, abim Mehmet Ali GÜRSOY'a ve manevi abim Mehmet DİNÇER'e teşekkürlerimi iletirim.

Fidan Büşra GÜRSOY

Ocak 2023, KAYSERİ

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

Fidan Büşra GÜRSOY

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2023
Danışman: Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ, Doç. Dr. Şükrü Taner AZGIN

ÖZET

İnsan ihtiyaçlarını karşılamak için enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmakta ve bu enerjinin önemli bir kısmı fosil yakıtların yakılmasıyla üretilmektedir. Fosil yakıtların yanması, hava kalitesini bozan ve iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazları üretmektedir. Bu tehdide karşı kaynakların verimli bir şekilde kullanımı ve gelecek nesillere aktarımı için sürdürülebilirlik gerekmektedir. Üniversiteler, bu doğrultuda kaliteli yaşamın bir bileşeni olan karbon nötrlüğü için taahhüt ve eylem profilleri sunan kuruluşların başında gelmektedir. Bu çalışma, Sürdürülebilir üniversite kapsamına girmeyi hedefleyen Erciyes Üniversitesi kampüsünde 2017, 2018 ve 2019 yıllarında GHG Protokolü uygulanarak hesaplanan soyut eşdeğer karbondioksit emisyon miktarlarını EPA (United States Environmental Protection Agency) formülleriyle somut terimlere çevirip karbon azaltma stratejilerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Yine GHG Protokolü uygulanarak hesaplanan karbondioksit emisyon miktarlarını GreenMetric Derecelendirme Platformunun hesapladığı karbondioksit emisyon miktarları ile karşılaştırılması da kapsam dahilindedir. Yapılan çalışma sonucu, Erciyes Üniversitesi kampüsünde 2017 yılında 27304 ton, 2018 yılında 25243 ton ve 2019 yılında 25721 ton CO_2 eşdeğer atmosfere salınım gerçekleşmiştir. Kişi başı emisyon değerleri ise üç yılda da 0,4 ton CO_2 eşdeğer olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Ayak İzi, GHG Protokolü, Küresel Isınma, İklim Değişikliği

DETERMINATION OF THE CARBON FOOTPRINT ON THE ERCIYES UNİVERSITY CAMPUS

Fidan Büşra GÜRSOY

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, January 2023
Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ, Assoc. Prof. Dr. Şükrü Taner AZGIN

ABSTRACT

The need for energy is rising daily to keep up with human demands, and a significant portion of that energy is produced by burning fossil fuels. Burning fossil fuels produces greenhouse gases that degrade air quality and contribute to climate change and global warming. Sustainability is required for the efficient use of resources against this threat and their transfer to future generations Universities are among the top organizations that offer commitment and action profiles for carbon neutrality, which is a component of a quality life, in this direction. This study covers the determination of carbon reduction strategies by converting the abstract equivalent carbon dioxide emission amounts calculated by applying the GHG Protocol in 2017, 2018, and 2019 at the Erciyes University campus, which aims to be included in the scope of a sustainable university, into concrete terms with EPA (United States Environmental Protection Agency) formulas. It is also within the scope of comparing the carbon dioxide emission amounts calculated by applying the GHG Protocol with the carbon dioxide emission amounts calculated by the GreenMetric Rating Platform. As a result of the study, 27304 tons of CO2 equivalent emissions were released to the atmosphere on the Erciyes University campus in 2017, 25243 tons in 2018, and 25721 tons in 2019. Emissions per capita are calculated as 0.4 tons of CO2 equivalent in three years.

Keywords: Carbon Footprint, GHG Protocol, Global Warming, Climate Change

İÇİNDEKİLER

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii

YÖNERGEYE UYGUNLUK iii

KABUL VE ONAY iv

TEŞEKKÜR v

ÖZET vi

ABSTRACT vii

İÇİNDEKİLER viii

KISALTMALAR xiii

TABLOLAR LİSTESİ xv

ŞEKİLLER LİSTESİ xvi

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu 5

1.1.2. Sera Gazları 5

1.1.3. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği 6

1.1.3.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Türkiye'de Etkisi 8

1.2. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Yayılan Sözleşme ve Protokoller 9

1.2.1. Montreal Protokolü 9

1.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) 11

1.2.3. Kyoto Protokolü 12

1.2.4. Paris Sözleşmesi 13

1.3. Karbon Ayak İzi 14

1.3.1. Karbon Ayak İzi Muhasebesi ve Raporlanması 14

1.3.1.1. ISO 14064 Standardı 14

1.3.1.2. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) 15

1.3.1.3. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli 15

1.4. UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması 16

1.5. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı 17

1.6. Araştırmanın Amacı 17

1.7. Araştırmanın Önemi 18

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem 19

2.1.1. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) Metodolojisi 20

2.1.1.1. Kapsam 1 21

2.1.1.1.1. Doğal Gaz Tüketimine ait CO_2 eq Hesaplama 21

2.1.1.2. Kapsam 2 23

2.1.1.2.1. Elektrik Tüketiminin CO_2 eq Hesaplanması 23

2.1.1.3 Kapsam 3 24

2.1.1.3.1. Araç Yakıtlarına Ait CO_2 eq Hesaplama 24

2.1.1.3.2. Atıklara Ait CO_2 eq Hesaplanması 25

2.1.2. ISO 14064 Standardının Karbon Ayak İzi Hesaplama Kılavuzu 26

2.1.3. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Tier 1 ve Tier 2 Hesaplama Kılavuzu 26

2.1.4. EPA Eşdeğer CO_2 Miktarı Metodolojisi 26

2.1.4.1. Tüketilen Elektrik (kilowatt-saat) 26

2.1.4.2. Yılda Benzinle Çalışan Binek Araçlar 27

2.1.4.5. Benzinle Çalışan Tipik Binek Otomobilin Kapsadığı Mesafeler 27

2.1.4.3. Litrelerce Tüketilen Benzin ve Motorin 28

2.1.4.4. Tonlarca Çöp Atılmak Yerine Geri Dönüştürüldü 28

2.1.4.5. Işık Yayan Diyotlarla Kaç Tane Akkor Ampul Değiştirildi? 28

2.1.4.6. On Yıllık Dönemde Üretilen Kent Fidanı Miktarı 29

2.1.5. UI GreenMetric CO2 Miktarı Metodolojisi 30

2.1.5.1. UI GreenMetric Metodolojisi Elektrik Bazlı Karbon Ayak İzi Hesaplanması 30

2.1.5.2. UI GreenMetric Metodolojisi Ulaşım Bazlı Karbon Ayak İzi Hesaplamaları 30

2.1.6. Analitik Yöntem Metodolojisi..... 30

2.1.6.1. Doğal Gaz Analitik Yöntem Metodolojisi..... 30

2.1.6.1.1. 2017 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.1.2. 2018 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.1.3. 2019 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2. Araç Yakıtları Analitik Yöntem Metodolojisi 30

2.1.6.2.1. 2017 Yılı Analitik Yöntem Benzin CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2.2. 2018 Yılı Analitik Yöntem Benzin Gaz CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2.3. 2019 Yılı Analitik Yöntem Benzin CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2.4. 2017 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplaması 34

2.1.6.2.5. 2018 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2.6. 2019 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplaması 30

2.1.6.2.7. 2017 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplaması..... 30

2.1.6.2.8. 2018 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplaması..... 30

2.1.6.2.9. 2019 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplaması..... 30

2.2. Materyal 31

2.2.1. Çalışma Alanı Erciyes Üniversitesi Kampüsündeki Koşullar 35

2.2.2. Erciyes Üniversitesi Tüketim Verilerinin Toplanması..... 38

2.2.2.1. GHG Metodolojisi Kaynaklarının Verileri 39

2.2.2.1.1. Kapsam 1- Doğal Gaz Tüketim Verileri 39

2.2.2.1.2. Kapsam 2- Elektrik Tüketim Verileri 40

2.2.2.1.3. Kapsam 3- Araç Sayısı Verileri 41

2.2.2.1.4. Kapsam 3- Atık Tüketim Verileri 43

2.2.3. IPCC Emisyon Faktörü Seçimi 44

2.2.4. GreenMetric Derecelendirme Platformu Metodolojisi Verileri 45

2.2.5. Analitik Yöntem Metodolojisi Verileri 46

2.2.5.1. Analitik Yöntem Doğal Gaz Verileri 46

2.2.5.2. Analitik Yöntem Araç Yakıt Verileri 46

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Araştırma Modeli 48

3.2. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) Metodolojisi Sonuçları 48

3.2.1. Kapsam 1- Doğal Gaz Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı 48

3.2.2. Kapsam 2- Elektrik Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı 50

3.2.3 Kapsam 3- Ulaşım Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı 51

3.2.4 Kapsam 3- Atık Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı 55

3.2.5. Erciyes Üniversitesi Toplam Karbon Ayak İzi 55

3.3. EPA Eşdeğeri CO2 Miktarı Metodolojisi Sonuçları 58

3.4. UI GreenMetric CO_2 Miktarı Metodoloji Sonuçları 59

3.5. Analitik Yöntem Miktarı Metodoloji Sonuçları 60

3.5.1. Analitik Yöntem Doğal Gaz CO2 Emisyon Miktarı Sonuçları 60

3.5.2. Analitik Yöntem Araç Yakıtı CO2 Emisyon Miktarı Sonuçları 61

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Tartışma ve Öneriler 63

4.2.Sonuç 64
KAYNAKÇA 68
ÖZGEÇMİŞ 75

KISALTMALAR

CO_2	: Karbon dioksit
S_2O	: Kükürt dioksit
NH_4	: Metan
ppm	: Parts per million (Milyonda bir birim)
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
GHG	: Sera Gazı Protokolü
°C	: Santigrat
HadCM3	: Met Office İklim Tahmin Modeli Sürüm 3
CVM	: Climate Vulnerability Monitor (İklim Kırılganlığı İzleyicisi)
CFC	: Kloroflorokarbonların
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
TWh	: tera wattsaat
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
WRI	: Dünya Kaynakları Enstitüsü
STK	: Sivil toplum kuruluşları
WBCSD	: Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi
GW	: Giga Watt

EPA : ABD Çevre Koruma Ajansı

DEFRA : Birleşik Krallık hükümeti – Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı

eGRİD : Avrupa Profil Tablosu

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

WARM : Atık Azaltma Modeli

EF : Emisyon Faktörü

KIP : Küresel Isınma Potansiyeli

TV : Tüketim Verisi

kWh : Kilo Watt Saat

km : Kilo Metre

NCV : Alt Isıl Değer

m^2 : Metre kare

OGS : Otomatik Geçiş Sistemi

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TJ : Tera Joule

kg : kilogram

g : Gram

t : ton

LPG : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Yayılan Sözleşme ve Protokoller 9
Tablo 2. Kampüs karbon ayak izi hesabı için kullanılan veri setlerinin özellikleri 21
Tablo 3. 2017/2018/2019 Erciyes Üniversitesi Özellikleri 38
Tablo 4. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Toplam Doğal Gaz Tüketim Miktarları 39
Tablo 5. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Toplam Elektrik Tüketim Miktarları 40
Tablo 6. Kayseri'de Trafiğe Kayıtlı Araç Tipi ve Sayısı 42
Tablo 7. Kayseri'de Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Türüne Göre Yıllara Göre Dağılımı 42
Tablo 8. Erciyes Üniversitesinde Kayseri'deki Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Türüne Göre Oranı 42
Tablo 9. Erciyes Üniversitesine Giriş Yapan Otobüs Sayısı 43
Tablo 10. Tipik Yakıt Tüketim Değerleri 43
Tablo 11. Yıllara Göre Atık Üretim Verileri 44
Tablo 12. IPCC Kılavuzunda CO_2'ye Göre CO_2 Eş Değer Faktörleri 44
Tablo 13. Emisyon Kaynağına Göre Emisyon Faktörleri 45
Tablo 14. GreenMetric Belirlediği Emisyon Kaynakları ve Tüketim Miktarları 46
Tablo 15. 2017-2018-2019 yılı CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları 49
Tablo 16. 2017-2018-2019 yılı CO_2 Emisyonunun CO_2 Eşdeğeri Miktarları 50
Tablo 17. Erciyes Üniversite'sine Giriş Yapan Otomobillerin Yakıt Türüne Göre CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları 52
Tablo 18. Erciyes Üniversite'sine Giriş Yapan Otobüslerin Yakıt Türüne Göre CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları 52
Tablo 19. 2017-2018-2019 Yılı Atık Kaynaklı CO_2 Emisyonunun CO_2 Eşdeğeri Miktarları 55
Tablo 20. GHG Protokolü ve UI GreenMetric Metodoloji Sonuçları 60
Tablo 21. IPCC Hesaplaması ve Analitik Yöntem Doğal Gaz Emisyon Sonuçları Karşılaştırılması 60
Tablo 22. IPCC Hesaplaması ve Analitik Yöntem Araç Yakıt Emisyon Sonuçları Karşılaştırılması 61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yıllara göre Dünyanın Karbondioksit Konsantrasyonu ve Yüzey Sıcakları 2
Şekil 2. 1960-2015 Yılları Arasındaki Okyanus Isı İçeriği.....2
Şekil 3. Dünyada ve Ülkemizde Kişi Başına Düşen Karbondioksit Emisyonları.....7
Şekil 4. Dünyada ve Ülkemizde Yıllara Göre Karbondioksit Emisyon Değişimi 7
Şekil 5. Montreal Protokolü Uygulandığında Stratosferdeki Ön Görülen Sert Sera Gazları 10
Şekil 6. IPCC Değerlendirme Raporları Çalışma Grupları Dört Nesil Senaryosu 16
Şekil 7. Tez Çalışması Akış Şeması.....20
Şekil 8. Erciyes Üniversitesi'nin Konumu.....36
Şekil 9. Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Yer Alan Binalar 37
Şekil 10. Erciyes Üniversitesi Kampüs İçi Bina Dağılım Grafiği 37
Şekil 11: Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Doğal Gaz Tüketim Grafiği 40
Şekil 12. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Elektrik Tüketim Grafiği.....41
Şekil 13. Erciyes Üniversitesi Kampüsü Doğalgaz Tüketiminin Yıllara Göre Emisyon Değerlendirilmesi.....49
Şekil 14. Erciyes Üniversitesi Kampüsü Elektrik Tüketiminin Yıllara Göre Emisyon Değerlendirilmesi.....51
Şekil 15. Yıllara ait Araç Tüketimlerinin CO2 Eşdeğer Emisyonları.....53
Şekil 16. Yakıt Türüne Göre Sera Gazlarının Yüzdelik Oranları 54
Şekil 17. Yıllara göre Araç Yakıt Tüketiminin Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yüzdelik Oranları.....54
Şekil 18. Erciyes Üniversitesi 2017 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı.....56
Şekil 19. Erciyes Üniversitesi 2018 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı.....57
Şekil 20. Erciyes Üniversitesi 2019 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı.....57
Şekil 21. EPA CO_2 Denklik Sonuçları.....59
Şekil 22. Erciyes Üniversitesi'nde Ortalama Yıllık Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Dağılımı.....65

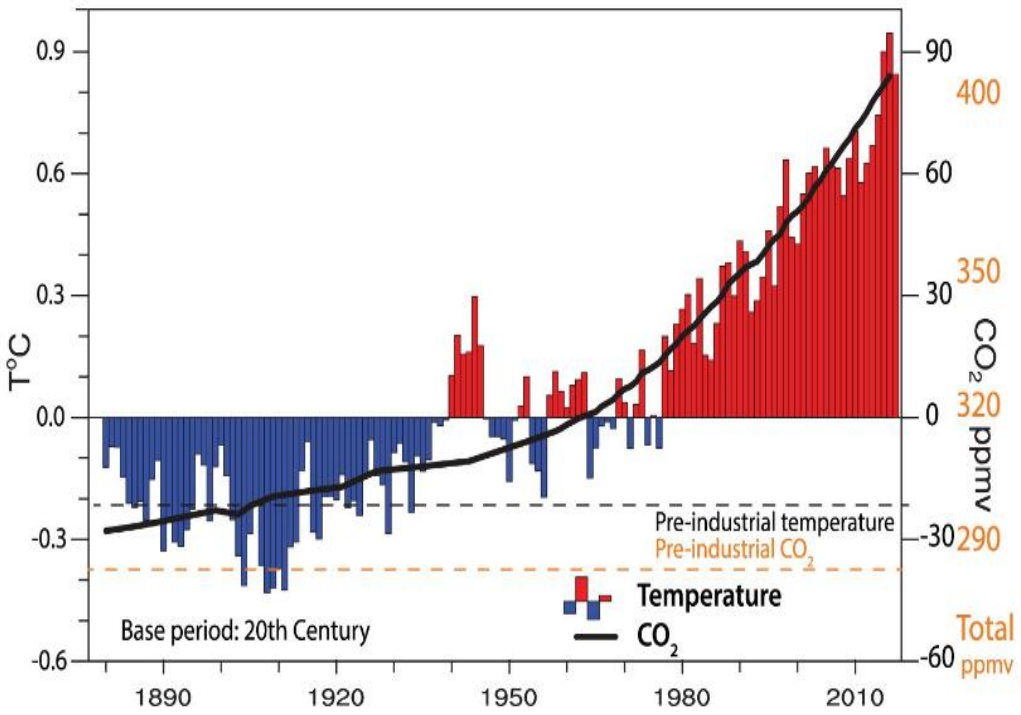
Şekil 23. Erciyes Üniversitesindeki Yıllık Ortalama Kaynak ve Kapsamlara Göre Karbon Ayak izi 66
Şekil 24. 2018 Yılı Metodolojilere Göre Ulaşım Kaynaklı Emisyon Miktarları 67

GİRİŞ

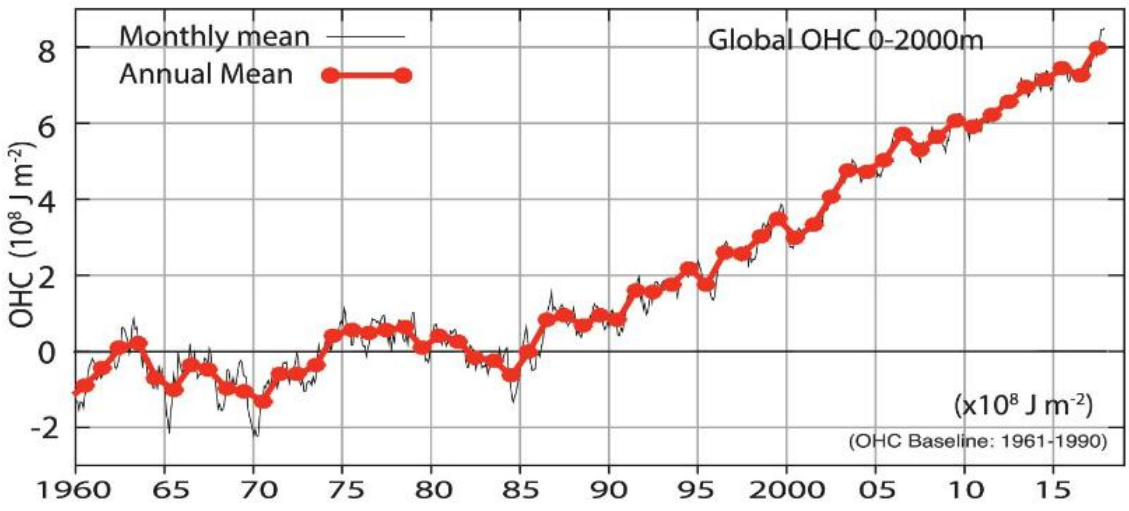
Enerji, bir toplumun problem olmadan çalışmasını sağlayan çok önemli bir etmendir. Atmosfer hava kalitesi için, enerji üretiminden tüketimine kadar olan bütün aşamalar önemli ölçüde dikkate alınmaktadır. Antropojenik faaliyetler sonucu ortaya çıkan karbondioksit (CO_2), hidrokarbonlar, kükürt dioksit (SO_2) vb. gibi yoğun kirletici olan sera gazları atmosferde ısı birikimine sebep olmaktadır. Biriken sera gazları yoğun yağış, don, kuraklık yani dünya iklim değişikliği ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Bu durum doğal dengenin bozulması anlamına gelmektedir.

19. yüzyıl sanayi devriminden sonra enerji taleplerini karşılamak için fosil yakıtların birincil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yaygın enerji kaynaklarından biri olan fosil yakıtlar dünya enerji kullanımının yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır [1]. Fosil yakıtlarının sınırlı varlıkta olması yanı sıra kullanımı ile oluşan sera gazlarının küresel çevre kirliliğine önemli derecede sebep olmaktadır. Fosil yakıtların kullanılmasının küresel ısınmaya etkisi yaklaşık %49 oranında olduğu yapılan araştırmalar doğrultusunda kanıtlanmıştır [2].

Sanayi devriminden günümüze atmosferdeki karbondioksit derişimi 279 ppm'den 397 ppm oranlarına yükselerek %40'tan fazla arttığı görülmektedir [3]. Şekil 1'de görüldüğü gibi 1800'lü yıllardan 2010 yıllara kadar atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu ve yüzey sıcaklıkları belirgin bir duruma gelmiştir. İklim sisteminin bir diğer parçası olan okyanusların ısınması da aynı yöndedir. 2017 yılında L. Cheng ve ark. [4] okyanusun en üst 2000 m'sindeki joule cinsinden ortalama ısısını hesaplamışlardır ve 1970'lerden sonra 1°F'dan daha fazla ısındığını belirtmişlerdir. Şekil 2'de bu grafik gösterilmiştir.



Şekil 1. Yıllara Göre Dünyanın Karbondioksit Konsantrasyonu ve Yüzey Sıcakları [3]



Şekil 2. 1960-2015 Yılları Arasındaki Okyanus Isı İçeriği [4]

İnsan faaliyetleri sonucu atmosferde artan karbondioksit salınımı doğrultusunda oluşan küresel ısınma dünya üzerinde göz ardı edilmeyecek bir sorun haline gelmiştir. Sera gazlarının nerede yayılımı olduğu önemli değildir. İklim değişikliğine etkisi her yerde aynıdır. Bu doğrultuda tüm dünya için önemli derecede dikkat ve önlem gerektirmektedir.

İlk olarak Farman ve ark. [5] Antartika üzerinde yaptıkları çalışmada ozon tabakasında delinme olduğunu kanıtlayıp bunu yayınlamışlardır. Daha sonra yapılan uyarılar ile iklim değişikliği ve küresel ısınmayı önlemek adına uluslararası toplantılar yapılıp tüm dünyada birlik olma çağrıları yapılmıştır. Bu çağrı ilk olarak 1987 yılında Montreal Protokolü yayınlanmıştır. Ardından aynı amaçlarla sıra ile Kyoto Protokolü ve 2016 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansında Paris Anlaşması onaylanmıştır [6]. Paris Anlaşması ile küresel sıcaklık artışı 1.5°C ile sınırlanacağı taahhüt edilmektedir.

Karbon ayak izi başta bir bireyin faaliyeti tarafından atmosfere yayılan karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarı olarak tanımlanmaktadır. Karbon ayak izi birey, aile, kurum, üniversite, şehir ve ulus eylemlerinde uygulanarak genişletilebilen bir ölçüdür [7]. İklim değişikliğini hafifletmek için de karbon ayak izi hesaplamaları önemli bir roldedir Karbon ayak izi hesaplamaları ile sera gazı yoğunlukları ölçülebilir ve kurallara göre yönetilebilir bir araç olarak görülmektedir. Karbon ayak izi hesaplamaları sayesinde sera gazı emisyonları inceleştirildikten sonra kaynaklar belirlenip emisyon azalımı ve verimlilik artırımı yapıla bilinmektedir. Bu sayede iklim değişikliğinde iyileşme ve ekonomik düzeyde artışa olanak sağlamaktadır.

Dünya genelinde enerji kullanımını sonucu açığa çıkan karbon emisyonlarının büyük kısmının kentsel alanlardan kaynaklandığı IPCC 5. Değerlendirme Raporunda yayınlanmıştır. Raporda küresel enerji kullanımının %70'inden fazlasını ve küresel nüfusun %54'ünü kentsel alanlar kapsadığı belirtilmiştir [8]. Yüksek öğretim kurumları da nüfus sayısı ve faaliyetleri sebebi ile küçük kentsel alan olarak da tanımlanabilmektedir. Yüksek öğretim kurumları toplum sera gazı emisyonlarının azalmasında bir model olarak görünerek küresel ısınma ve iklim değişikliği mücadelesinde aktif bir rol sergileyebilmektedir [9].

Yapılan bu tez çalışmasında GHG ve IPCC metodolojisi kullanılarak Kayseri ilinde yer alan Erciyes Üniversitesi'nin 2017-2019 yılları arasındaki atmosfere yayılan sera gazı

emisyon miktarları hesaplanmıştır. Karbon ayak izi; 2017-2019 yıllarında Erciyes Üniversitesinde tüketilen doğal gaz ve elektrik miktarları gerekli birimlerden alınan değerler, üniversite kampüsünde yol giden araç km yaklaşımı ve yıllık oluşan atık miktarları ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda atmosfere yayılan sera gazı emisyon miktarları göz önünde bulundurularak kapsamlı bir şekilde değerlendirilip öneriler sunulmuştur.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu

Sosyal ve ekonomik gelişmeyi karşılamak ve insan refahını, sağlığını iyileştirmek için enerjiye olan talep artmaktadır. Dünya, temel insan gereksinimlerini (örneğin; elektrik sistemi, alan konforu, ulaşım vb.) karşılamak ve gelişime gerçekleşmesi için enerji kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Artan taleplerden dolayı fosil kaynaklar hızla kullanılmakta ve atmosfere yüksek miktarda sera gazı salınmaktadır. Bunun sonucunda küresel iklim ve ekosistem olumsuz yönde değişmektedir.

1.1.2. Sera Gazları

İsveçli kimyager S. Arrhenius [10] çalışmasında radyan enerji geçişi ve atmosfer yüzey sistemiyle matematiksel basit bir model oluşturmuştur. Bu doğrultuda karbondioksitin sera etkisi üzerindeki durumunu ilk bilimsel çalışmayı yapmıştır. Yapmış olduğu model ve analitik çözümler ile CO2 miktarının fazlalığının yüzey ısınmasına sebep olduğunu kanıtlamıştır. Dünya üzerinde artan insan nüfusuyla beraber enerjiye olan eğilim ve talep artmaktadır. Enerji taleplerin karşılanması ve kullanılması sebebi ile atmosferdeki sera gazı emisyonlarının yaklaşık %65 oluşturduğu belirtilmektedir [11]. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu fosil yakıtların kullanılması ile giderilmektedir. Bununla birlikte atmosfere önemli ölçüde sera gazları yayılmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı yayılan sera gazlarını metan (CH_4), karbondioksit (CO_2), nitröz oksit (N_2O) vb. gazlar oluşturmaktadır. Bu yayılan sera gazları atmosferde ısıyı tutarak sıcaklık artışına sebep olmaktadır ve bu durum küresel ısınmada büyük etki oluşturmaktadır [12], [13].

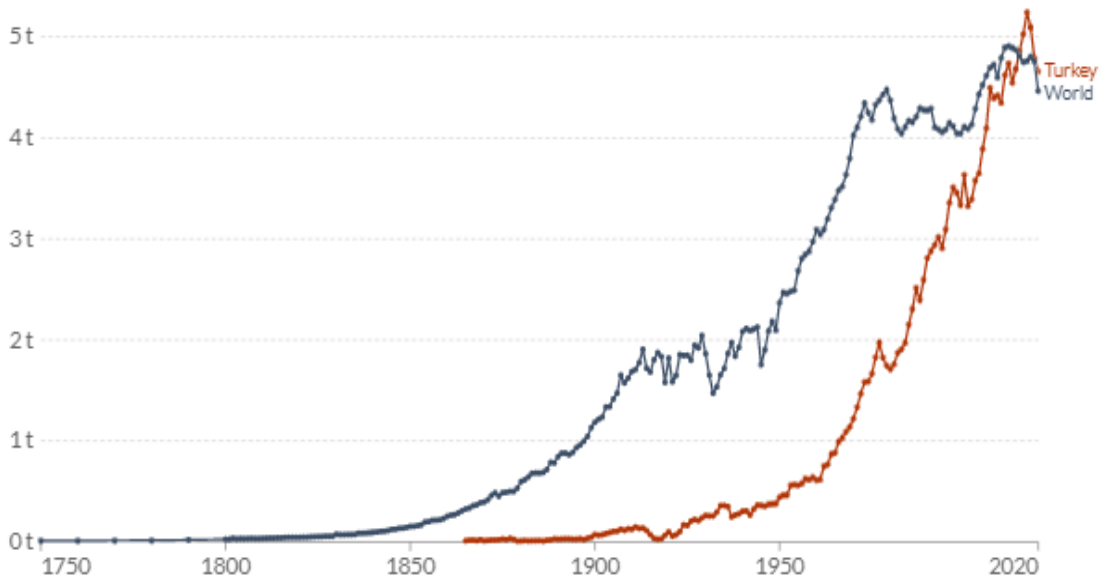
GJ Boer ve ark. [14] sera gazı emisyonlarının iklim değişikliği üzerindeki etkisini gösteren simülasyon deneyleri yapmışlardır. Çalışmalarında ikinci nesil atmosferik genel

sirkülasyon modeli ile açık okyanus, deniz buzu altında okyanus ısısı, toprak tipi, bitki örtüsü, bulut optik özellikleri gibi parametreleri dahil ederek deneyleri tamamlamışlardır. Simülasyon sonuçları ile birlikte yıllık ortalama 3,5°C'lik karada küresel ısınma tespit edilmiştir. Bununla beraber bulut örtüsü yaklaşık %2 oranında azalırken buharlaşma ve yağış yaklaşık olarak %4 artış göstermiştir. Yapılan bu çalışma ile sera gazı emisyonlarının küresel ısınma ve iklim değişikliğini etkilediğini kanıtlamışlardır.

1.1.3. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

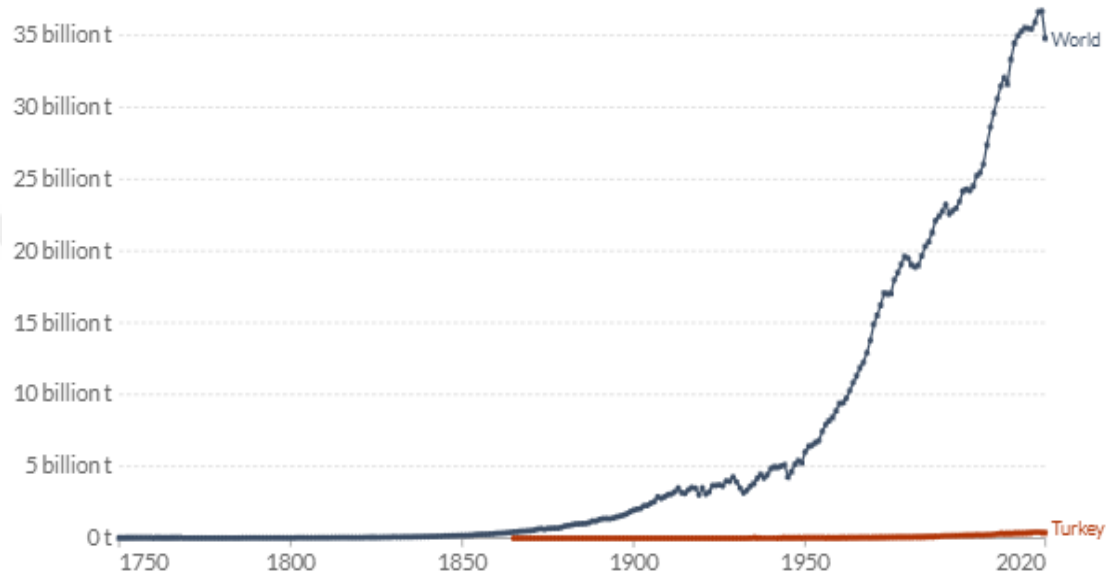
İklim değişikliği özünde insan kaynaklıdır. Antropojenik sebepler ile ekosistemde ciddi ve ani değişimler olmaktadır. İnsan faaliyetli emisyonlar, fosil yakıtların yanması ve sera gazları, dünya iklimini göz ardı edilmeyecek kadar ısıtıp değiştirmektedir. Ozon tabakasına zarar veren her türlü gaz bu ısınmada büyük ölçüde pay sahibidir. 19. Yüzyıldan günümüze kadar olan süreçte insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazı ve atmosferdeki karbondioksit miktarlarının artışı ortalama sıcaklığın artmasına sebep olmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde ortalama bir insanın yıllara göre ne kadar karbondioksit salınımı yaptığını gösteren grafik Şekil 3'de verilmiştir. Bu istatistikleri üretim bazlı emisyonları ele almaktadır.



Şekil 3. Dünyada ve Ülkemizde Kişi Başına Düşen Karbondioksit Emisyonları [15]

Fosil yakıtların yanması sonucu atmosferde meydana gelen karbondioksit emisyonlarının yıllık dağılım grafiği Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 4. Dünyada ve Ülkemizde Yıllara Göre Karbondioksit Emisyon Değişimi [15]

Ortalama artan sıcaklık ile ekosistemin bozulması, okyanusların asitlenmesi, çölleşme, bulaşıcı hastalık vb. birçok olumsuzluk insan ve canlı yaşamını etkilemektedir. Antonella Rossati [16] araştırmasında küresel ısınma ve iklim değişikliğinin insan ve diğer canlılar üzerindeki etkisini detaylı çalışmıştır. Yaptığı araştırmada artan sıcaklık ile ısı dalgalarının etkisi, hava olayları, tarım, su kaynakları gibi vektörleri ele alarak açığa çıkan yayılımını incelemiştir. Çalışmasının sonucunda küresel değişikliklerin popülasyonların yer değiştirmesi, insan ve hayvan hastalıklarının kene ve sivrisinekleri ile yoğunluğu ve dağılımın arttığını göstermiştir.

M. Bindi ve ark. [17] 2°C'lik küresel ısınma ile Akdeniz'deki iklim değişikliği ve etkilerini HadCM3 (Met Office İklim Tahmin Modeli Sürüm 3) küresel dolaşım modeli ile kapsamlı incelemişlerdir. Çıkan sonuçları ise ekosistem ve insan faaliyetlerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Mekânsal model ile kıyı alanda kara alana göre daha

düşük bir ısınma tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak ısınmanın farklılık gösterdiğini de belirtmişlerdir. Yaz aylarında 4°C'ye kadar artan ortalama ısınma kış aylarında 2°C'nin altında olduğu yapılan araştırma sonucu görülüp raporlanmıştır. Simüle ettikleri yağışlar yıllık ortalama %10-20'lik bir düşüş ile 2030 ve 2060 yılları arasında daha kurak bir Akdeniz olacağını göstermektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği doğa ve canlıların sağlını etkilemenin yanı sıra ekonomik eşitsizliğide önemli derecede etkilemektedir.

G.Althor ve ark. [18] çalışmalarında İklim Kırılganlığı Monitörü için Metodolojik Dokümantasyon (DARA)'nun İklim Kırılganlığı İzleyicisi'nden (CVM) iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini veriler halinde çıkarmışlardır. Veriler 2010-2030 yılları ve 184 ülkeyi kapsamaktadır. İzleyicide 22 iklim hassasiyet göstergesi dört etki alanında (Çevresel afetler, Sağlık, Sanayi ve Habitat) çeşitli kaynaklar ile toplanıp modellenmiştir. Hava kirliliği ve iklim değişikliğinin olumsuz yönde en çok etkileyen ülkeler en savunmasız ülkeler olarak belirlenmiştir.

1.1.3.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Türkiye'de Etkisi

Ülkemizin coğrafi konumu sebebi ile farklı iklim özellikleri görülmektedir. Üç kıtanın kesiştiği konumda bulunan ülkemizde karasal ve Akdeniz iklimi yaşanmaktadır. Fakat küresel ısınma ile birlikte ülkemiz de sıcak ve kuru bir iklim yaşanması ön görülmektedir [19].

Ülkemizde iklim bilimi çalışmalarında 1950 yıllarından günümüze kadar belirgin ve önemli değişkenler yaşandığı gözlemlenmiştir. Son yıllarda don, yüksek sıcaklık vb. gibi sıra dışı hava sıcaklıkları görülmektedir. Yaşanan bu kuraklık ülkemizde yapılan incelemelerle 1990 ve sonrasında Akdeniz havzasında görülmektedir [20]. M. Türkeş [20] çalışmasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 1950-2010 yılları arasında 138 istasyondan aldığı veriler ile ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklıklarını hesaplayıp ısınma eğiliminin en fazla Akdeniz Bölgesinde olduğunu gözlemlemiştir.

Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Bölgelerinde %1'lik bir ısınma eğilimi gerçekleşmektedir. Bu bölgelerdeki sıcaklık artışı ortalama 0.07-0.34°C arasında hesaplanmaktadır [21]. Ülkemizde bağıl nem düşüşü ile birlikte su oranı düşmektedir. Bu doğrultuda 2080 yılına

kadar da yaklaşık olarak 0-0.5 mm/gün yağışlarda düşüş ön görülmektedir. Bu durumda tatlı su kaynakları ve akarsu havzalarında azalma olacağı beklenmektedir [22].

Küresel ısınma sebebi sonucu oluşan iklim değişikliğinden ülkemizdeki tüm sektöreler etkilenmektedir ancak ülkemizin temel ekonomik taşı olan tarımsal üretimdeki çok daha fazla etkilediği görülmektedir. Artan sıcaklık sebebi ile yaşanan kuraklıklarda bitkilere selama artışı yapılmasına rağmen alınan verimin düştüğü gözlemlenmektedir [23]. S. Engindeniz ve G. Öztürk [24] yaptıkları çalışmada 2007 yılında ülkemizde yaşanan iklim değişikliği sebebi ile tahıl ve sebze üretiminde azalma meydana geldiğini raporlamışlardır. Bu durum ithalatın artıp ihracatın azalmasına sebep olup ülke ekonomisine büyük kayıplar vermektedir.

1.2. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Yayılan Sözleşme ve Protokoller

Dünya üzerinde artan sıcaklığın yol açtığı küresel ısınma sebebi ile ülkeler harekete geçmiştir. Bu durumu azaltmak adına çeşitli sözleşme ve protokoller hazırlayıp yayınlamışlardır. Tablo 1'de günümüze kadar yapılan sözleşme ve protokoller kronolojik sıraya göre gösterilmiştir.

Tablo 1: Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Yayılan Sözleşme ve Protokoller

Sözleşme - Protokoller	Tarih	Türkiye'nin Katılımı
Montreal Protokolü	1987 Eylül	19 Aralık 1991
Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	1992 Mayıs	24 Mayıs 2004
Kyoto Protokolü	1997 Aralık	26 Ağustos 2009
Paris Anlaşması	2016 Kasım	7 Ekim 2021

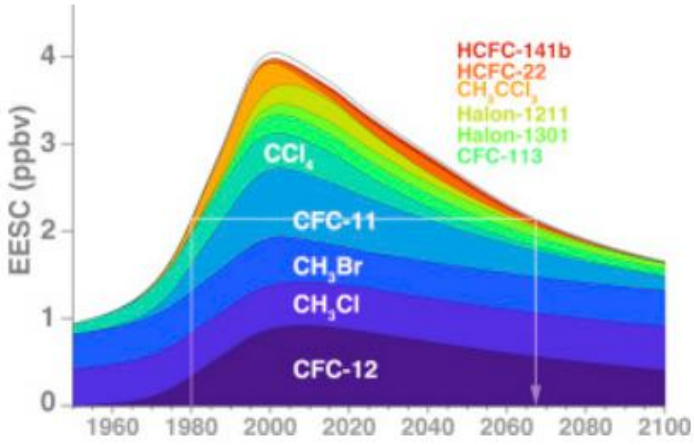
1.2.1. Montreal Protokolü

1974 yılında Mario Molina ve F. Sherwood Rowland'ın bilim adamları ozon tabakasını kloroflorokarbonların tahrip edeceğini yaptıkları araştırmalarda bildirmişlerdir. Farman ve ark. [5] 1985 yılında Antarktika'daki çalışmalarında ozon tabakasında oluşan deliğin

varlığını kanıtlamışlardır. Ancak araştırmalar doğrultusunda ozon tabakasında oluşan deliğin büyümeyip iyileştirilebileceği belirtilmiştir. Bu doğrultuda 1987 yılında kloroflorokarbonların (CFC) ve ozon tabakasını incelten maddelerin üretim ve tüketimini kontrol etmek amacıyla uluslararası anlaşma olan Montreal Protokolü hazırlanmıştır. Bilimsel temellere dayanarak hazırlanan Montreal Protokolü'nün eylemleri 1 Ocak 1989 da yürürlüğe girmiştir [25].

Kloroflorokarbonların (CFC) ve ozon tabakasını incelten maddeler güçlü sera gazları olarak da adlandırılmaktadır. Bu güçlü sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliği için en büyük tehdittir. Montreal Protokolü aşamalı olarak bu gazların kullanımının azaltılmasını hedeflemektedir [26]. Montreal Protokolü sayesinde 1986 yılından günümüze ozon tabakasını incelten maddeler ve kloroflorokarbonların (CFC) kullanımları büyük oranda azaldığı görülmektedir. Stratosferde biriken klor ve bromu önemli derecede azaltıp iklim değişikliğine ciddi katkı sağlamıştır.

P.A. Newman [25] Montreal Protokolündeki eylemler uygulandığı takdirde 1950-2100 yılları arasında 5 yıllık ortalama ile stratosferde asılı kalan klor seviyelerini Şekil 5' de gösterilmiştir. Montreal Protokolü'nde ön görülen senaryo ile 2060 yılından sonra havada asılı kalan klor ve brom 1980 yılında olan seviyelere düşmesi hedeflenmektedir.



Şekil 5. Montreal Protokolü Uygulandığında Stratosferdeki Ön Görülen Sert Sera Gazları [26]

O. Morgenstem ve ark. [27] ise tam tersini düşünüp Montreal Protokolü'nün hiç olmadığı bir senaryoda stratosferik halojenlerin birikip ozon tabakasının önemli derecede inceleceği görülmüştür. Bu durumun stratosferdeki sıcaklığın büyük oranda artıp yağışın 30 km de ise 0,2-0,4 yıl azalma ile sonuçlanacağı bildirilmiştir. Ozon tabakasının incelmesi ile dünya üzerinde Arktik Okyanusu ve Kuzey Amerika'nın fazla ısınıp Batı Avrupa ve Sibirya'nın aşırı soğuyacağı yönünde tahminlerde bulunulmuştur.

1.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)

Birleşmiş Milletler Genel kurulu ve ihtisas Ajanslarının müzakeresi sonucu 1988 yılında iklim değişikliğinin insanlığın ortak sorunu olarak kabul edilip raporlanmıştır. Toplanan kurul bu doğrultuda tüm ulusları ve uluslararası sivil toplum kuruluşlarını toplayıp küresel ısınma ve iklim değişikliğini durdurma ve en aza indirme adına sözleşme hazırlamaya davet etmiştir. Aynı yıl Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) sözleşmeye bilimsel kılavuzluk etmek adına Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'ni (IPCC) kurdu [28].

1991 ve 1992 yılları arasında gerçekleştirilen beş oturum sonrası 9 Mayıs 1992'de Rio de Janeiro'da dünyadaki klimatolojik olayların küresel etkisini gözlemleyip kontrol etmek amacı ile hazırlanan sözleşme Dünya Zirvesi'nde kabul edilmiştir. 2000 yılının mayıs ayında ise dünya iklimini tehlikeli boyuta gelecek durumdan korumak için 184 ülke tarafından UNFCCC sözleşmesi imzalanmıştır. Bu sözleşme de ana şart sera gazı emisyonlarını düşürmektir [29].

Sözleşme toplamda 26 maddeden oluşmaktadır. Sözleşme metni dokuz tane anahtar kelime bazında hazırlanmıştır. Dört maddelik genel taahhüt bulunmaktadır. Sözleşmeyi kabul eden ülkelerin insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazlarını azaltmak amacı ile farklı mesuliyetler iletilmektedir. Bu mesuliyetler ülkelerin ekonomik durumları, teknoloji kullanımı gibi durumlar göz önünde bulundurularak verilmiştir. Taraflar her yıl yapılan konferans ile toplanmakta ve sözleşmenin uygulanıp takip edilmesi durumları müzakere edilmektedir [30].

2004 yılın mayıs ayında ülkemizin de yer aldığı 193 ülkenin katıldığı konferans düzenlenmiştir. Konferansa katılan 4 ülke dışında 189 ülke Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni (UNFCCC) kabul etmişlerdir [31]. Kabul eden ülkeler

arasında Türkiye'de bulunmaktadır. Sözleşmedeki kurallar ve çıktıların etkinliğini değerlendirmen zor olacağı üç sebeple belirtilmektedir. Bu sebepler bağımsız değişkelerin tespit edilmesi, uygulamaların yetersizliği ve uygulanmadığı takdirde ceza sisteminin olmaması olarak sunulmaktadır [32].

1.2.3. Kyoto Protokolü

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) bir parçası olan ve aynı amaca hizmet eden bir protokol olarak tanımlanmaktadır. Japonya'daki Kyoto şehrinde yapılan müzakere sonucu 11 Aralık 1997 yılında 192 ülke tarafından onaylanmıştır. Onaylanan protokol 16 Şubat 2005 yılında resmileşmiştir. 2012 yılında ise Kanada'nın protokolden çekilmesi ile 191 taraf olduğu bildirilmiştir. İklim değişikliğinde rolü olan insan faaliyetlerine uygulanan müdahaleyle küresel ısınmayı önleme ve azaltma temel hedef olarak belirlenmiştir. Protokol, her ülke için farklı ekonomik ve gelişmişlik durumuna göre ayrı ayrı yükümlülükler vermektedir [32].

Protokol 1990 yılında belirlenen sera gazı emisyonlarını %5,2 oranında düşürmeyi taahhüt etmektedir. Protokolün ilk taahhüdü 2008 yılında başlayıp 2012 yılın da bitmiştir. 36 ülke ilk taahhüt dönemini başarı ile geçirmiştir. Protokolde yer alan gelişmiş ülkeler kendi emisyonlarını 1990 yılı emisyon değerine göre %24,2 altında olduğunu bildirmiştir. Bu oran vaade dilenin çok üstünde düşürmüş olsa da küresel emisyon yaklaşık olarak %30 artmıştır. 2012 yılında ise yapılan müzakere ile 2020 yılına kadar yeni bir taahhüt dönemi oluşturuldu [32]. İkinci taahhüt dönemde ise tarafların 1990 yılındaki sera gazı emisyon oranını %18 altına düşürmeyi taahhüt olarak belirlenmiştir [33].

Protokol aynı zamanda hedeflerin gerçekleşmesi için uluslararası karbon ticaretine de izin vermektedir. Ticareti şeffaf bir şekilde izlenmek için ülkelerin kayıt, raporlama, uyma, adaptasyon ve uyum fonu altında beş sistemde kayıta alınmasını zorunlu kılmaktadır [33].

Ülkemiz 2009 yılına kadar uygulama maliyet korkusu sebebi ile protokolü imzalamayı reddetmiştir. Ancak 2009 yılının şubat ayında Kyoto Protokolünü onaylayıp imzaladığı bildirilmiştir. Aynı yıl mayıs ayında ise Resmî Gazete de yayınlanmıştır [34]. Ülkemizde protokol deki hedeflere ulaşmak için ilk olarak enerji talebini karşılamak için fosil yakılarını azaltıp yenilenebilir enerji kullanımının arttırılması yer almaktadır. Bir diğer strateji olarak enerji kayıplarına müdahalede bulunacağını belirtmiştir. Bu doğrultuda

yapılan iyileştirmelerle 2023 yılına kadar hedef olarak yaklaşık 48 terawatt saat (TWh) kullanılabilir enerji olacağı bildirilmiştir [34].

1.2.4. Paris Sözleşmesi

Kyoto Protokolü'nün ilk taahhüt döneminde hedeflere ulaşılamama durumunun gerçekleşmesi ardından Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'nın taraf olmak istemediğini bildirmişlerdir. Bu durum Kyoto Protokolü'ne gelişmiş ülkeler tarafından güvensizlik oluşmasını sağlamıştır. Bu doğrultuda UNFCCC taahhütleri gözden geçirmek için toplanmıştır [28]. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) 21. Taraflar Konferansı ve 12 Aralık 2015 yılında Paris'te düzenlenmiştir. Yapılan müzakerede Paris Anlaşması düzenlenmiştir ve anlaşma 2016 kasım ayında resmi olarak bildirilmiştir. Anlaşma 31 sayfa ve 29 maddeden oluşup 196 ülke tarafından imzalanmıştır [35],[36].

Paris Anlaşması dünya üzerindeki iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadele kapsamında yeni bir duruma girme aşamasıdır. Anlaşma denge sağlamak asına uzun vadeli hedefler koymaktadır. Temel hedefleri arasında sanayi devrimi öncesi atmosfer sıcaklığını 2°C'nin altında tutmak yer almaktadır. Hatta sıcaklık artışını 1.5°C'de tutulacağı taahhüt edilmiştir. Paris anlaşması ilkelerinde her beş yılda eylemlerin güncelleneceği bildirilmesi ve 2050 yılına kadar 2010 yılındaki sıcaklığın %40-%95 altında düşürülmesi gibi taahhütlerde bulunmaktadır. Bu taahhütler sonucu 2080 yılına kadar emisyon seviyesinin sıfır olacağı hedeflenmektedir [37]. Hedeflerden sonra yükümlülükler ülkelerin davranışlarına göre verilmektedir. Anlaşmanın gözetimi ise titizlik ile 5 yılda bir yapılan konferanslar da ülkelerden alınan raporlar ile yapılmaktadır [38].

Kasım 2016 yılında resmi olarak yürürlüğe giren Paris Anlaşmasını ülkemiz aynı yıl Nisan ayında gelişmekte olan ülke kategorisinde taraf olarak imzalamıştır. Paris Anlaşması'nın 2030 yılına kadar olan taahhüt dönemi için verilen hedeflerde sera gazı emisyonlarını %21 oranında azaltmak yer almaktadır. Bir diğer hedef ise yenilenebilir enerji kullanımını arttırarak 10 gigawatt (GW) güneş santrali, 16 GW rüzgâr santrali ve 36 GW hidroelektrik santral kullanımı yer almaktadır. Paris Anlaşmasında taraf olan ülkemiz enerji politikasında yaptığı değişikler ile ülke refahını yükseltip düşük karbonlu enerji sistemini oluşturmayı hedeflemektedir [39].

1.3. Karbon Ayak İzi

M. Wackernagel ve W.Rees [40] karbon ayak izini ekolojik ayak izinin alt grubu şeklinde ifade etmişlerdir. Bu duruma göre insanların tüm yaşamında ürettiği karbondioksiti benimsemesi için gerekli arazi alanı karbon ayak izi olarak tanımlanmaktadır. Dünya ruznamesinde küresel ısınmanın popüler konu olmasıyla beraber karbon ayak izi kavramı kullanımı yaygınlaşmaktadır. Kısaca karbon ayak izi için bir varlığın faaliyetleri sonucu küresel ısınmaya katkısı da denilebilmektedir. Literatürde karbon ayak izi, sanal karbon, gömülü karbon, sera gazı ayak izi ve iklim ayak izi gibi eş anlamları da kullanılmaktadır [41]

Karbon ayak izi, ürünlerin üretim durumundan kullanımına kadar olan bütün evleri kapsamaktadır. Karbon ayak izi sera gazı emisyonların değerlendirilmesi ve yönetilmesinde önemli katkısı bulunmaktadır. Karbon ayak izinde emisyon hesapları sayısallaştırıldıktan sonra kaynaklar belirlenip emisyon azaltma yolları ve verimlilik stratejileri yapılabilmektedir. Karbon ayak izi hesaplamalarına aşağıdaki protokoller ve standartlar rehberlik etmektedir [42].

Karbon ayak izi kişisel ve kurumsal olarak 2 ayrı grupta hesaplanmaktadır. Kurumsal karbon ayak izi literatürde bir şirketteki üretim, nakliye, dağıtım, kullanım ve yeniden kullanım kısacası bütün faaliyetlerini sonucu açığa çıkan toplam emisyon şeklinde geçmektedir. Kurumsal düzeyde uygulanan karbon ayak izi şirketlerde başta maliyet tasarrufu olmak üzere birçok alanda fayda sağlamaktadır [43]. Kişisel karbon ayak izi ise bir kişinin yapmış olduğu faaliyetler sonucu üretilen CO_2 miktarıdır. Bu doğrultuda insanların çevreyi düşünerek davranmasının küresel ısınmada belirleyici bir etken olduğu görülmektedir [44].

1.3.1. Karbon Ayak İzi Muhasebesi ve Raporlanması

1.3.1.1. ISO 14064 Standardı

Dünya genelinde kurumlar tarafından sera gazı emisyonlarını sınırlandırmaya ve gelişimini gözlemlemeye yönelik açıklar oluşmaktadır. Bu açığı kapatmak için Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), sistematik bir bilimsel yaklaşım için bir çerçeve geliştirmek üzere bir çalışma grubu oluşturarak 2012 yılında ISO 14064 standardını oluşturmuştur. Bu standart 2006 yılı sera gazlarını ele alarak oluşturulmuştur.

Standart gönüllü emisyon azaltmada, ticarette veya projelerde kullanılabilmektedir [45]. Standart içeriği üç bölümden oluşmaktadır. ISO 14064-1'de kurumların sera gazı envanterlerinin kurum seviyesine göre hazırlanıp geliştirilmesini raporlanır. ISO 14064-2'de sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili faaliyet projelerini raporlamaktadır. ISO 14064-3'de ise sera gazı projelerini geçerli duruma getirmek ya da geçerli duruma getirme gereksinimleri raporlamaktadır [46].

1.3.1.2. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG)

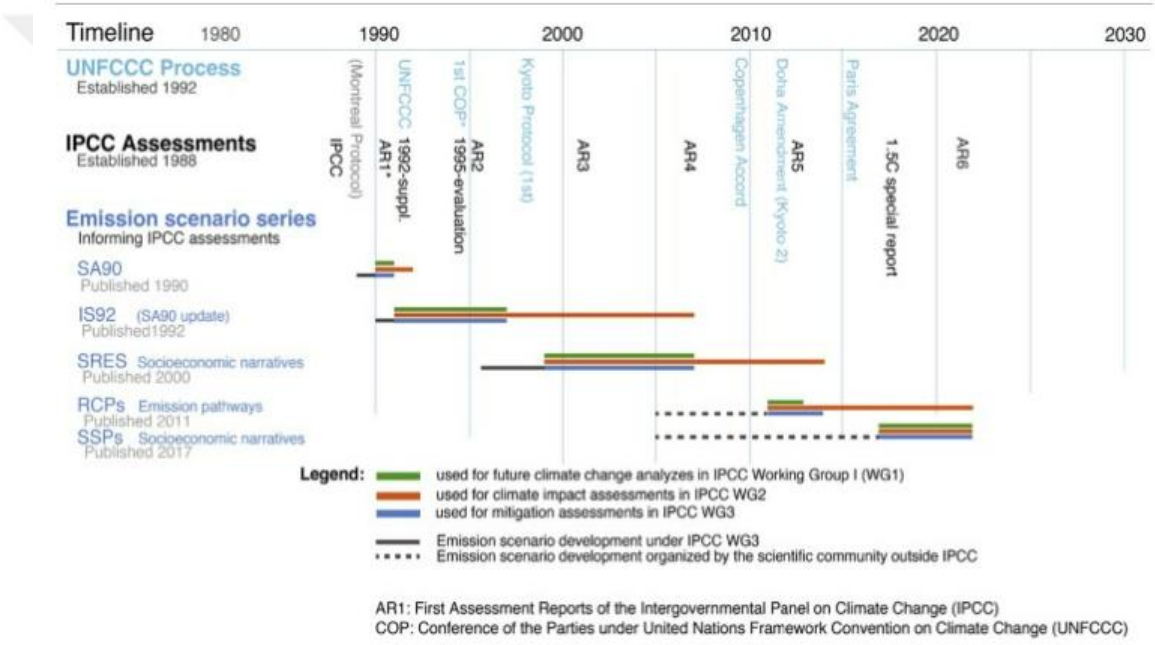
Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Sürdürülebilirlik için Dünya İş Konseyi tarafından toplanan yönetim kuruluşları, işletmeler, sivil toplum kuruluşları (STK'lar), ve diğerlerinin aynı payda da buluştuğu protokoldür. 1998 yılında Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) Sera Gazı Protokolünü geliştirme adına birlikte çalışmışlar ve 170 uluslar arası şirket tarafından kabul görmüştür. Protokol Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı ve Proje Niceleme Standardı olmak üzere birbiri ile bağlantılı 2 standarttan oluşmaktadır [47],[48].

2001 yılının eylül ayında Sera Gazı Protokolü Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardının ilk hali dünyaya duyurulmuştur. Ardından 9 ülkede toplam 30 şirket tarafından denenip uygulanmıştır. Sera Gazı Protokolü Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardının esas amacı tüm kuruluşların Kyoto Protokolünde yer alan sera gazlarının muhasebeleştirmesi için rehberlik sağlamaktır. Sera Gazı Protokolü muhasebesinin etkili ve şeffaf olarak yönetilmesi için kapsam 1, 2 ve 3 olmak üzere üç kapsam belirtilmiştir. Kapsam 1'de doğrudan emisyonları yani kuruluşun sahip olduğu ve kontrol edebildiği kaynaklar hesaplanmaktadır. Fakat bu bölümde Kyoto protoklünde yer almayan sera gazları dahil edilmeyecektir. Kapsam 2'de dolaylı emisyonları yani kurumlar tarafından satın alınan tüketilen elektrikten kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanmaktadır. Kapsam 3'de ise diğer dolaylı emisyonlar yani kuruluş faaliyetleri sonucu açığa çıkan yalnız kuruluşa ait olmayan ve kontrol edemediği kaynaklardan oluşan sera gazı emisyonları hesaplanmaktadır [47],[48].

1.3.1.3. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988 yılında iklim değişikliğindeki bilime dayanan, teknik, sosyoekonomik

açıdan şeffaf ve adil değerlendirilmesi amacı ile Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC bilimsel gelişmeleri ve bulguları değerlendirme raporları adı altında yayınlamaktadır. Değerlendirme Raporları iklim değişikliğinde fizik bilimi temeli, etkileri ve azaltma olarak üç ana çalışma grubu şeklinde sunulmaktadır [49]. Şekil 6'da IPCC Değerlendirme Raporlarının literatürdeki dört nesil emisyon senaryosu çalışma gruplarıyla verilmektedir [50]. Rapor değerlendirme süreci politikacılar ve bilim insanlarının hibrit çalışması ile geçerlilik sağlamıştır.



Şekil 6. IPCC Değerlendirme Raporları Çalışma Grupları Dört Nesil Senaryosu [50]

1.4. UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması

2010 yılında Endonezya Üniversitesi tarafından düzenlenen uluslararası bir konferans sonrası üniversiteler için bir tür derecelendirme platformudur. Yüksek öğretim kurumlarında karbon ayak izi azaltma çalışmaları ve sürdürülebilir yönetimin yetersizliği sonucu açığa çıkan bir girişimdir. Bu derecelendirme yüksek öğretim kurumlarında alt yapı, enerji tüketimi, atık kullanımı, ulaşım ve sürdürülebilir eğitim şeklinde kategorilendirilerek yapılmaktadır. Bu doğrultuda küresel ısınma ve iklim değişikliğini azaltmayı amaçlanmaktadır [51], [52].

2010 yılında 95 ülkeden 35 yüksek öğretim kurumu UI GreenMetric Sıralamasına katılmıştır. Bu sayı 2018 yılında 81 ülkeden toplam 719 yüksek öğretim kurumu olarak büyük bir artış göstermiştir. Katılan üniversiteler sürdürülebilirlik sorunlarının büyük ölçüde değiştiği örülmüştür. UI GreenMetric platformu dünyadaki bütün üniversitelerinin kampüs sürdürülebilirliği değerlendirme aracı olmayı hedeflemektedir [53].

1.5. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı

Uluslararası Standardizasyon Örgütü'nün (ISO) Enerji Yönetim Sisteminin ihtiyaçlarını açıklamak adına 2011 Haziran ayında ISO 50001 oluşturduğunu bildirmiştir. Kurum ya da kuruluşun enerji performansının düzenlenmesi yani enerji tüketimi, verimliliği ve güvenliğinin iyileştirilmesi ve düzenlenmesini kolaylaştıran bir standart olarak belirtilmektedir [54]. Enerji Yönetim Sistemi Döngüsünü planla, yap, kontrol et ve önlem al şeklindedir. 50001 Standardı ekonomik zararı önlemenin yanı sıra doğal kaynakları koruma ve verimli kullanıma yardımcı olarak iklim değişikliği ile mücadele de yardımcı bir etmendir [55].

1.6. Araştırmanın Amacı

Yenilebilir temiz enerjiye yönelimini arttırarak iklim değişikliğini olumsuz etkilerden kurtarmak için üniversite kampüsü ölçeğinde mevcut CO_2e emisyon yayıcıların durumlarının tespiti ve azaltıcı önlemlerin uygulanabilmesi için bir yönetim sisteminin geliştirilmesidir.

Yapılacak olan tez çalışması ile cevaplanması planlanan araştırma soruları şu şekildedir;

i. Üniversite kampüsünde karbon ayak izine katkı sağlayan olan temel faktörler nelerdir?
ii. Karbon ayak izinin azaltılması adına nasıl önleyici önemleler alınabilir?
iii. Karbon ayak izinin azaltılması ile kampüsün Greenmetric değerlendirmesi değişiklik gösterebilir mi?

Ayrıca yukarıdaki açıklamalara ek olarak, artan enerji taleplerinden dolayı fosil kaynaklar hızla kullanılmakta ve atmosfere yüksek miktarda sera gazı salınmaktadır. Bunun sonucunda küresel iklim ve ekosistem olumsuz yönde değişmektedir. İklim değişikliği kapsamında geleceğimiz için yaşam kalitesini arttırmak adına temiz ve verimli enerji

kullanımı zorunlu olmaktadır. Bu nedenle tez kapsamında Erciyes Üniversitesinde karbon ayak izi çalışması yapılarak CO_2 salınımı düşürülmesi amaçlanmıştır.

1.7. Araştırmanın Önemi

Üniversiteler toplum için büyük değere sahip kuruluşlardır. Teknolojinin, bilimsel gelişmelerin geliştiği yer olan üniversiteler canlıların kaliteli yaşamı gibi konularda öncü olması gerekmektedir. Bu doğrultuda atmosfere yayılan sera gazlarının olumsuz etkilerini azaltmak adına ve topluma örnek olması için Erciyes üniversitesi ana kampüsü yapılan bu karbon ayak izi hesaplama çalışması büyük bir öneme sahiptir.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

Tez çalışmasının metot kısmı aşağıda belirtilen dört ana başlık altında değerlendirilmiştir.

1. Çalışma alanın tanıtımı,
2. Erciyes Üniversitesi tüketim verilerinin incelenmesi
3. Akademik faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi sonucu oluşan doğrudan ve dolaylı emisyonların belirlenmesi,
4. Doğrudan ve dolaylı emisyonların hesaplanması

2.1. Yöntem

Erciyes Üniversitesi karbon ayak izi hesaplama çalışmasında ilk olarak GHG metodolojisi ve ISO 14064 ile kapsamlar ve sınırlar belirlenmiştir. Daha sonra IPCC Tier-1 yaklaşımı ile hesaplama metodolojisi ve EPA ve DEFRA'nın ile emisyon faktörü seçimleri yapılarak Microsoft Excel programı ile karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Aynı zamanda çıkan sonuçlar ile EPA metodolojisinin sera gazı dönüşüm faktörleri ile simülasyon örneği yapılmıştır. Şekil 7'de Erciyes Üniversitesi karbon ayak izi hesaplama akış şeması verilmiştir. Alan Tanımı ve envanter analizi yapıldıktan sonra Erciyes Üniversitesi gerekli birimlerinden hesaplama için tüketim verileri alınmıştır alınan veriler Denklem 1'de görüldüğü gibi EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) ve DEFRA (Birleşik Krallık hükümeti – Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı) faktörleri ile çarpılarak sera gazı emisyon miktarı belirlenmektedir.

$$\text{SERA GAZI EMİSYONU} = \text{TÜKETİM/ÜRETİM/FAALİYET VERİSİ} * \text{EMİSYON FAKTÖRÜ} \quad (1)$$



Şekil 7. Tez Çalışması Akış Şeması

2.1.1. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) Metodolojisi

Erciyes Üniversitesinin Karbon ayak izi ölçüm çalışmasında hesaplamaların geliştirilmesi için Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) metodolojisi kullanılmıştır. GHG protokolü uluslararası kabul görmüş ve 1998'de başlatılmış sera gazı emisyonu raporlama ve muhasebe standartları geliştiren bir protokoldür. Bu protokol emisyon kaynaklarını kapsam 1,2 ve 3 olmak üzere üç temel kapsamda ayırmaktadır [56],[57]. Kapsamlar kurumların tüketim kaynaklarını doğrudan, dolaylı ve diğer dolaylı şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Hesaplamalar ise kütle dengesi veya tüketim verileri esas alınarak yapılmaktadır [58].

Kapsamlar belirlendikten sonra Erciyes Üniversitesi kampüsündeki binalara yoğunlaşıp karbon ayak izinin hesaplama çalışması başlatılmıştır. Erciyes Üniversitesi kampüsüne ait karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılacak olan çalışma da tanımlanan operasyonel sınırları veri setleri, alındıkları kaynaklar ve hangi yıllara ait olduklarını gösteren özet bilgiler Tablo 2' de özet bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 2. Kampüs karbon ayak izi hesabı için kullanılan veri setlerinin özellikleri

Emisyon Kaynağı	Emisyon Türü ve Açıklaması	Alındığı Kaynak	Tarih aralığı
Isınma Yakıt Tüketimi	**Kapsam 1**- Kampüs içerisindeki bütün birimlerin ısınma amaçlı kullandığı yakıtın doğrudan emisyonu	Isı Merkezi Birimi	2017-2019
Yemekhane Yakıt Tüketimi	**Kapsam 1-** Yemekhane ocaklarındaki kullanılan yakıtın doğrudan emisyonu	Isı Merkezi Birimi	2017-2019
Elektrik Tüketimi	**Kapsam 2-** Üniversite bünyesindeki bütün birimlerin aydınlanma ve cihazlar için satın alınan elektrik tüketimindeki dolaylı emisyonu	Yapı İşleri Birimi	2017-2019
Kampüs alanına Günlük Ulaşım	**Kapsam 3-** Üniversiteye giriş yapan araçlardan kaynaklanan dolaylı emisyonu	TÜİK Varsayım	2017-2019
Atık Tüketimi	**Kapsam 3-** Üniversite bünyesinde oluşan tüm katı atıklardan kaynaklı dolaylı emisyonu	TÜİK Varsayım	2017-2019

2.1.1.1. Kapsam 1

Kapsam 1 doğrudan emisyonların incelendiği ve kontrol edebildiği kategoridir. Kurum ya da kuruluştaki kaynaklar neticesiyle oluşan emisyonlar incelenmektedir. Çalışmamızda bu kapsam sınırları içerisine ısınma ve yemekhane ocaklarında kullanılan doğal gaz tüketimi girmektedir. Doğal gaz yakıt tüketiminden kaynaklanan CO_2 ve diğer sera gazlarının atmosfere salınım hesabı aşağıda verilen formül adımlar ile yapılmıştır. Diğer sera gazlarının emisyon faktörleri saptandıktan sonra bütün gazların toplamı ile CO_2e (karbondioksit eş değeri) bulunmaktadır.

2.1.1.1.1. Doğal Gaz Tüketimine ait CO_2 eq Hesaplama

TV=Tüketim Verisi (m^3)

d=Özkütle (Doğal Gaz için 0,735 kg/m^3, LPG için 2,47783 kg/m^3)

NCV=Alt Isıl Değer (Doğal gaz için 8.250 kcal/kg, LPG için 27.000 kcal/kg)

1 kcal = 4.186 kJ

EF CO_2=Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg CO2}}{TJ}$)

EF CH_4=Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg CH4}}{TJ}$)

EF N_2O =Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$)

KIP CO_2=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCO2}$ (sabit değer 1)

KIP CH_4=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCH4}$ (sabit değer 25)

KIP N_2O=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tN2O}$ (sabit değer 298)

Sera Gazı (t CO_2 eq) = Emisyon (g CO_2) * 0,001 $\frac{kg}{g}$ * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Yakıt Tüketimi (kg)= TV (m^3) * d ($\frac{kg}{m^3}$)

Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı ($kcal$)= NCV ($\frac{kcal}{kg}$) *Yakıt Tüketimi (kg)

Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (kJ)= Yakıt Tüketimi ($kcal$) * 4,1868 ($\frac{kJ}{kcal}$)

FV: Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (TJ)=Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (kJ) * 10^{-9}($\frac{TJ}{kJ}$)

Emisyon (t CO_2) = FV (Tj) * EF CO_2 ($\frac{kg\ CO2}{Tj}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (t CH_4) = FV (Tj) * EF CH_4 ($\frac{\text{kg CH4}}{TJ}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (t N_2O) = FV (Tj) * EF N_2O ($\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Emisyon (t CO_2) * KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCO2}$

Sera Gazı (t $CH_{4\ eq}$) = Emisyon (t CH_4) * KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCH4}$

Sera Gazı (t $N_2O_{\ eq}$) = Emisyon (t N_2O) * KIP CO_2 $\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$

Toplam Sera Gazı = Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) + Sera Gazı (t $CH_{4\ eq}$) + Sera Gazı (t $N_2O_{\ eq}$)

2.1.1.2. Kapsam 2

Kapsam 2 de dolaylı emisyonlar ele alınmaktadır. Bu kategoride kurum ve kuruluşların dolaylı olarak satın alınıp kullanılan elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonları içermektedir. Erciyes Üniversitesinin Yapı işleri biriminden alınan elektrik tüketim verilerini aşağıda verilen hesaplama adımları ile atmosfere yayılan CO_2 emisyon miktarı bulunmuştur.

2.1.1.2.1. Elektrik Tüketiminin CO_2 eq Hesaplanması

TV=Tüketim Verisi (kWh)

EF=Emisyon faktörü (g CO_2/kWh)

KIP CO_2=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCO2}$ (sabit değer 1)

Sera Gazı (t CO_2 eq) = Emisyon (g CO_2) * 0,001 $\frac{kg}{g}$ * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (g CO_2) = $TV\ (kWh)$ * EF $\frac{g\ CO2}{kWh}$

Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Emisyon (g CO_2) * 0,001 $\frac{kg}{g}$ * 0,001 $\frac{ton}{kg}$ *KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCO2}$

Toplam Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$)

2.1.1.3 Kapsam 3

Kapsam 3 de ise yine dolaylı emisyonlar incelenmektedir. Fakat kapsam 2'den farkı kurum ya da kuruluşun içerisindeki faaliyetler sonucu açığa çıkan ama kontrol edemediği emisyonlar ele alınmaktadır [59]. Bu doğrultuda bu kategori Erciyes üniversitesi için atık miktarı ve üniversiteye giriş yapan otomobillerin yakıt cinsi, aldığı yol (km) kapsamaktadır. Alınan veriler aşağıda gösterilen formüller ile araçlardan ve atık kullanımı ile atmosfere yayılan CO_2 ve diğer sera gazları miktarına ulaşılmıştır.

2.1.1.3.1. Araç Yakıtlarına Ait CO_2 eq Hesaplama

TV=Tüketim Verisi (lt)

d=Özkütle (Benzin için 0,735 kg/lt, dizel için 0,83 kg/lt)

NCV=Alt Isıl Değer (Benzin için 10.400 kcal/kg, dizel için 10.200 kcal/kg)

1 kcal = 4.186 kJ

EF CO_2=Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg CO2}}{TJ}$)

EF CH_4=Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg CH4}}{TJ}$)

EF N_2O =Emisyon faktörü ($\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$)

KIP CO_2=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCO2}$ (sabit değer 1)

KIP CH_4=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCH4}$ (sabit değer 25)

KIP N_2O=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tN2O}$ (sabit değer 298)

Yakıt Tüketimi (kg)= TV (lt) * d ($\frac{kg}{lt}$)

Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı ($kcal$)= NCV ($\frac{kcal}{kg}$) *Yakıt Tüketimi (kg)

Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (kJ)= Yakıt Tüketimi ($kcal$) * 4,1868 ($\frac{kJ}{kcal}$)

FV: Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (TJ)=Yakıt Tüketiminden Çıkan Isı (kJ) * 10^{-9}($\frac{TJ}{kJ}$)

Emisyon (t CO_2) = $FV\ (Tj)$ * EF CO_2 ($\frac{kg\ CO2}{Tj}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (t CH_4) = $FV\ (Tj)$ * EF CH_4 ($\frac{\text{kg CH4}}{TJ}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (t N_2O) = $FV\ (Tj)$ * EF N_2O ($\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$) * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Emisyon (t CO_2) * KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCO2}$

Sera Gazı (t $CH_{4\ eq}$) = Emisyon (t CH_4) * KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCH4}$

Sera Gazı (t $N_2O_{\ eq}$) = Emisyon (t N_2O) * KIP CO_2 $\frac{\text{kg N2O}}{TJ}$

Toplam Sera Gazı = Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) + Sera Gazı (t $CH_{4\ eq}$) + Sera Gazı (t $N_2O_{\ eq}$)

2.1.1.3.2. Atıklara Ait CO_2 eq Hesaplanması

TV=Tüketim Verisi (kg)

EF=Emisyon faktörü (g CO_2/kg) (Kağıt atık için 472, diğer atıklar için 21.293,57 (g CO_2/kg))

KIP CO_2=Küresel Isınma Faktörü $\frac{tCO2eq}{tCO2}$ (sabit değer 1)

Sera Gazı (t CO_2 eq) = Emisyon (g CO_2) * 0,001 $\frac{kg}{g}$ * 0,001 $\frac{ton}{kg}$

Emisyon (g CO_2) = $TV\ (kg)$ * EF $\frac{g\ CO2}{kg}$

Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Emisyon (g CO_2) * 0,001 $\frac{kg}{g}$ * 0,001 $\frac{ton}{kg}$ *KIP CO_2 $\frac{tCO2eq}{tCO2}$

Toplam Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$) = Sera Gazı (t $CO_{2\ eq}$)

2.1.2. ISO 14064 Standardının Karbon Ayak İzi Hesaplama Kılavuzu

Sera gazı emisyonları belirli bir standarda göre hesaplanmaktadır. Daha sonrasında ise aynı standartlarda izlenip raporlanmaktadır. ISO 14064 bu standartlardan bir tanesidir [60]. Kurumların envanterlerinin belirlenmesi ve sera gazı iyileştirmelerinin olduğu tarafsız bir rehber görevindedir. Bu standart 3 seriden oluşmaktadır. Bu doğrultuda sınırlar, emisyon kaynakların tanımı ve kullanımı için ISO 14064 standart kılavuzu seçilmiştir. ISO 14064-1 Kurum ve kuruluş sera gazı dökümlerinin belirlenmesi, yönetilmesi ve raporlanması üzerine detaylı olarak belirtilmiştir. Sera gazlarının sınırlarının belirlenmesi, hesaplanması ve kalite yönetimini içeren bir kılavuzdur.

2.1.3. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Tier 1 ve Tier 2 Hesaplama Kılavuzu

Hükümetler arası iklim değişikliği panelinde karbon ayak izi sistem içerisindeki her faaliyet sonucu açığa çıkan GHG emisyonları CO_2 eş değerine dönüştürülüp toplanarak hesaplanmaktadır. Bu panel 100 yıl içerisindeki küresel ısınma faktörlerini kullanıp CO_2 eş değerine dönüştürür [61]. CO_2'in küresel ısınmaya etkisi ve ulusal sera gazı envanterleri IPCC kılavuzu rehber olarak alınmıştır [60].

2.1.4. EPA Eşdeğer CO_2 Miktarı Metodolojisi

EPA eşdeğer CO_2 miktarlarının hesabı, sera gazı emisyon verileri hesaplandıktan sonra eşdeğer miktarda karbondioksit (CO_2) emisyonuna çevrilen bir hesaplayıcı olarak tanımlanmaktadır. Bu hesaplayıcı yapılan soyut yıllık ölçümleri somut durumlara çevirerek daha anlaşılır kılmaktadır. Yapılan çevrimler doğrultusunda ülkelerin emisyon azaltma stratejilerini arttırdığı görüldüğü için çalışmamızda da kullanılmıştır.

2.1.4.1. Tüketilen Elektrik (kilowatt-saat)

Sera Gazı Eşdeğerleri Hesaplayıcısı, kilovat-saat enerji kullanımını karbondioksit emisyon birimlerine dönüştürmek için eGRID ABD ulusal yıllık ortalama CO_2 çıkış oranını kullanır. Bu hesaplama, azaltılmayan, tüketilen elektrikle ilişkili sera gazı emisyonlarıyla ilgili denklikleri bilmek isteyen kullanıcılar için tasarlanmıştır. Bu, ulusal bir ortalama emisyon faktörüdür. Tüm hesaplama Denklem 2'ye göre yapılmaktadır.

Hesaplama;

$$884.2\ lbs\ CO2/MWh\ \times\ 1\ metrik\ ton/2{,}204.6\ lbs\ \times\ 1/(1-0.073)\ MWh\ teslim\ edilen/ MWh\ oluşturulan\ \times\ 1\ MWh/1{,}000\ kWh\ \times\ =\ 4.33\ \times\ 10-4\ metrik\ ton\ CO2/kWh \quad (2)$$

2.1.4.2. Yılda Benzinle Çalışan Binek Araçlar

Binek araçlar, binek araçlar, minibüsler, kamyonetler ve spor/kamu araçları dahil olmak üzere 2 dingilli 4 lastikli araçlar olarak tanımlanır. Binek araç başına yıllık sera gazı emisyonlarını belirlemek için aşağıdaki metodoloji kullanıldı: VMT, yılda araç başına tüketilen galon benzini belirlemek için ortalama gaz kilometresine bölündü. Tüketilen galon benzin, yılda araç başına yayılan karbondioksiti belirlemek için galon benzin başına karbondioksit ile çarpıldı. Karbon dioksit emisyonları daha sonra, taşıt metan ve azot oksit emisyonlarını hesaba katmak için karbondioksit emisyonlarının toplam taşıt sera gazı emisyonlarına oranına bölündü. Yapılan hesaplama Denklem 3'de verilmiştir.

Hesaplama

$$8.89\ \times\ 10-3\ \text{metrik ton}\frac{CO2}{\text{galon}}\text{benzin}\ \times\ 11{,}520\text{VMT}\frac{\text{araba}}{\text{kamyon}}\text{ortalaması}\ \times\ \frac{1}{22.2}\text{galon araba başına}\ \frac{\text{mil}}{\text{kamyon}}\text{ortalaması}\ \times\ 1\ CO2, CH4\ \text{ve}\frac{N2O}{}\ 0.994\ CO2\ =\ 4.640\text{metrik ton CO2e/ araç /yıl} \quad (3)$$

2.1.4.5. Benzinle Çalışan Tipik Binek Otomobilin Kapsadığı Mesafeler

Mil başına yıllık sera gazı emisyonlarını hesaplamak için kullanılan yaklaşım şu şekildeydi: tipik bir binek aracın mil başına saldığı karbondioksit miktarını hesaplamak için, benzinin galon başına karbondioksit emisyonu, otomobillerin ortalama yakıt verimliliğine bölündü. Araç metan ve azot oksit emisyonlarını hesaba katmak için, karbondioksit emisyonları, karbondioksit emisyonlarının toplam araç sera gazı emisyonlarına oranına bölündü. Yapılan hesaplama Denklem 4'de verilmiştir.

$$8.89 \times 10^{-3}\ \text{metrik ton } CO_2/\text{galon benzin} \times 1/22.2\ \text{galon araba başına mil}_{\text{araba/kamyon ortalama}} \times 1\ CO_2, CH_4, \text{ve } N_2O/0.994\ CO_2 = 4.03 \text{ x } 10^{-4}\ \text{metrik ton } CO_2\text{e/mil} \quad (4)$$

2.1.4.3. Litrelerce Tüketilen Benzin ve Motorin

İlk Ulusal Program yakıt ekonomisi standartlarını belirleyen EPA/Ulaştırma Bakanlığı, benzin için 8.887 gram ve dizel için 10.180 gramlık bir dönüştürme faktörü belirledi. Buna göre eşdeğerlik, tüketilen benzin Denklem 5'de ve tüketilen dizel Denklem 6'da başına salınan CO2 gram sayısı elde edilerek sağlanıp gösterilmiştir.

Hesaplama Benzin

$$8{,}887\ gram\ \frac{CO2}{galon} benzin\ =\ 8.887\ \times\ 10-3\ metrik\ ton\ CO2/galon\ benzin \quad (5)$$

Hesaplama Dizel

$$10{,}180\ gram\ \frac{CO2}{galon} dizel\ =\ 10.180\ \times\ 10-3\ metrik\ ton\ CO2/galon\ \ dizel \quad (6)$$

2.1.4.4. Tonlarca Çöp Atılmak Yerine Geri Dönüştürüldü

EPA'nın Çöp Azaltma Modeli (WARM) emisyon faktörleri, atıkların düzenli depolama yerine geri dönüştürülmesi için dönüşüm faktörü oluşturmak üzere kullanılmıştır [62]. Bu emisyon faktörleri, yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımına uygun olarak ulusal sera gazı emisyon envanterleri için oluşturulan tahmin yöntemleri kullanılarak oluşturulmuştur. WARM, karışık geri dönüştürülebilir malzemelerin (kağıt, metaller ve plastikler gibi) geri dönüştürülmesinin, malzemelerin düzenli depolamaya tabi tutulduğu bir referans çizgisine kıyasla kısa ton başına 2,89 metrik ton karbondioksit eşdeğeri net emisyon azalmasıyla sonuçlandığını tahmin ediyor. Denklem 7'ye göre bir hesaplama yapılmıştır.

Hesaplama

$$2.89\ \text{metrik ton CO2 eşdeğer/ton atık depolamak yerine geri dönüştürüldü} \quad (7)$$

2.1.4.5. Işık Yayan Diyotlarla Kaç Tane Akkor Ampul Değiştirildi?

43 watt'lık bir akkor ampulün çıkışı, 9 watt'lık bir ışık yayan diyot (LED) ampulünkine eşittir. Bir ampulün yıllık olarak kullandığı enerji miktarını bulmak için, gücünü (43 watt) tipik günlük kullanımıyla (3 saat/gün) ve bir yıldaki gün sayısıyla (365) çarpılmaktadır. Bir akkor ampul yılda 47,1 kWh tüketirken, bir LED ampul yılda 9,9 kWh kullanır, günlük ortalama üç saatlik kullanım varsayılır [63]. İki ampul arasındaki 34 vatlık güç

farkı (43 vat eksi 9 vat), bir akkor ampulün eşdeğer bir LED ampulle günde 3 saat ve yılda 365 gün değiştirilmesinden elde edilen yıllık enerji tasarrufu hesaplanarak elde edilmektedir. Denklem 8'de bu hesaplama adımı verilmiştir.

Bir akkor ampul ışık yayan bir diyotla değiştirildiğinde, tasarruf edilen karbondioksit emisyon miktarı, sağlanan güç için ülkenin ağırlıklı ortalama karbondioksit marjinal emisyon oranı ile yıllık enerji tasarrufu çarpılarak tahmin edilmektedir. İletim ve dağıtım sırasındaki kayıplar dikkate alındığında, 2019'da tedarik edilen elektrik için ulusal ağırlıklı ortalama karbondioksit marjinal emisyon oranı, megavat-saat başına 1.562,4 lbs CO_2'dir [62]. Toplam hesaplama formülü Denklem 9'da verilmiştir.

Hesaplama

$$34\ watts\ x\ 3\ saat/gün\ x\ 365\ gün/yıl\ x\ 1\ kWh/1{,}000\ Wh\ =\ 37.2\ kWh/yıl/ampul\ \ değiştirildi \quad (8)$$

$$37.2\ kWh/ampul/yıl\ x\ 1{,}562.4\ lbs\ CO2/MWh\ teslim\ \ edilen\ elektrik\ x\ 1\ MWh/ 1{,}000\ kWh\ x\ 1\ metrik\ ton/2{,}204.6\ lbs\ =\ 2.64\ x\ 10-2\ metrik\ tons\ CO2/ampul\ \ değiştirildi \quad (9)$$

2.1.4.6. On Yıllık Dönemde Üretilen Kent Fidanı Miktarı

23.2 veya 38.0 libre karbon tutabilen orta büyüklükte iğne yapraklı veya yaprak döken bir ağacın kentsel bir alana dikildiğini ve on yıl boyunca büyümesine izin verildiği varsayılmaktadır. Daha sonra, 10 yıl boyunca yetiştirilen fidelerle karbon tutulmasını hesaplamak için, karbon dioksitin moleküler ağırlığının karbonunkine oranı (44/12), pound başına metrik ton oranıyla (1/2,204,6) çarpılmaktadır. Tüm hesaplama Denklem 10'da verildiği gibi yapılmıştır.

Hesaplama

$$(0.11\ [Örneklenen\ kentsel\ ortamlarda\ iğne\ yapraklı\ ağaçların\ yüzdesi]\ \times\ 23.2\ lbs\ C/ iğne\ yapraklı\ ağaç)\ +\ (0.89\ [Örneklenen\ kentsel\ ortamlardaki\ yaprak\ döken\ ağaçların\ yüzdesi]\ \times\ 38.0 lbs\ C/ yaprak\ döken\ ağaç)\ =\ 36.4\ lbs\ C/ağaç$$

$$36.4\ lbs\ C/ağaç\ \times\ (44\ birim\ CO2/12\ birim\ C)\ \times\ 1\ metrik\ ton/ 2{,}204.6\ lbs\ =\ 0.060\ \text{Kentte dikilen ağaç başına metrik ton CO2} \quad (10)$$

2.1.5. UI GreenMetric CO2 Miktarı Metodolojisi

UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması, Endonezya Üniversitesi (UI) tarafından 2010 yılında dünyaya duyuruldu. Sıralamanın temelini, çevre, ekonomi ve eşitliğin kavramsal çerçeveleri oluşturmaktadır. Sıralamada her üniversiteye bir dizi kategori ve ölçüm atanmaktadır. Başlıca hedefleri, eğitimde ve kampüs yeşillendirmede akademik sürdürülebilirlik alanlarını ilerletmenin yanı sıra dünyanın her yerindeki yüksek öğretim kurumlarına kampüs sürdürülebilirliği konusunda bir öz değerlendirme aracı sağlamaktır [64]. UI GreenMetric Platformu, üniversiteler için karbon ayak izi hesaplamalarının raporlanmasında elektrik tüketimi ve ulaşım verilerini dikkate almıştır.

2.1.5.1. UI GreenMetric Metodolojisi Elektrik Bazlı Karbon Ayak İzi Hesaplanması

UI GreenMetric Platformu, üniversitelerde elektrik tüketimi kullanılarak yapılan karbon ayak izi formülü Denklem 11'de verilmiştir.

$$CO2\ elektrik = \frac{yıllık\ elektrik\ kullanımı\ (kWh)}{1000} \times 0{,}84 \qquad (11)$$

Dipnot:

i. 0,84, kWh'nin metrik tona dönüşüm katsayısıdır

2.1.5.2. UI GreenMetric Metodolojisi Ulaşım Bazlı Karbon Ayak İzi Hesaplamaları

UI GreenMetric Platformu üzerinde üniversitelerde özel araç kullanımından hesaplanan karbon ayak izi formülü Denklem 12'de verilmektedir. Ayrıca otobüs kullanımından hesaplanan karbon ayak izi formülü ise Denklem 13'te verilmektedir.

$$CO2\ araba = ((Üniversitenize\ giren\ araç\ sayısı \times 2 \times aracın\ her\ gün\ sadece\ kampüs\ içinde\ yaklaşık\ seyahat\ mesafesi\ KM \times 240)/100) \times 0{,}02 \qquad (12)$$

$$CO2\ otobüs = ((Üniversitenizdeki\ servis\ otobüsü\ sayısı \times her\ gün\ servis\ otobüsü\ hizmeti\ için\ toplam\ yolculuk\ sayısı \times aracın\ her\ gün\ sadece\ kampüs\ içinde\ yaklaşık\ seyahat\ mesafesi\ KM \times 240)/100) \times 0{,}01 \qquad (13)$$

Dipnot:

i. Yıllık çalışma günü sayısı 240'tır.

ii. Otomobil için metrik ton cinsinden 100 km'lik emisyon hesaplanırken katsayı 0,02'dir.

iii. Otobüs için metrik ton cinsinden 100 km'lik emisyon hesaplanırken katsayı 0,01'dir.

2.1.6. Analitik Yöntem Metodolojisi

2.1.6.1. Doğal Gaz Analitik Yöntem Metodolojisi

Yanma reaksiyonları maddenin yapısını değiştiren kimyasal bir olaydır. Bu reaksiyon sonucunda genellikle karbondioksit, su ve ısı açığa çıkmaktadır [65]. Doğalgazın (metan, CH_4) oksijenle yanması Denklem 14'te verilmektedir.

$$CH4 + 2\,O2 \rightarrow CO2 + 2\,H2O + ısı \quad (14)$$

Bu kapsamda metan ve oksijen yanma reaksiyonunda giren ürünler olarak bilinmektedir. Giren ürünlerin aralarındaki bağların kopması sonucu karbondioksit ve su çıkan ürünler olarak bilinmektedir. Bu denklem gerçekleşirken moleküller arasındaki bağların kopması ve yeni bağların oluşması sonucu da ısı ortaya çıkmadır [65]. Bu kapsam 1 mol CH_4 16 gram, 2 mol oksijen 64 gram giren ürün olurken 44 gram karbondioksit ve 36 gram su çıkan ürün olmaktadır [65]. Buna bağlı denklemler Denklem 15 ve Denklem 16'da verilmektedir.

$$CH4 + 2\,O2 \rightarrow CO2 + 2\,H2O + ısı \quad (15)$$

$$16\,gram\,CH4 + 64\,gram\,O2 \rightarrow 44\,gram\,CO2 + 36\,gram\,H2O + ısı \quad (16)$$

Emisyon hesabı için m^3 cinsinden olan doğal gaz tüketimini ton cinsine çevrilmektedir. Bunun için yoğunluğu 0,717 kg/m^3 alınarak [65] yıllara göre sırasıyla aşağıdaki hesaplama adımları uygulanmıştır.

2.1.6.1.1. 2017 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplanması

5430,02 ton CH_4 + 21720,10 ton O_2 → 14932,57 ton CO_2 + 12217,56 ton H_2O + ısı

2.1.6.1.2. 2018 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplanması

4757,32 ton CH_4 + 19029,28 ton O_2 → 13082,63 ton CO_2 + 10703,97 ton H_2O + ısı

2.1.6.1.3. 2019 Yılı Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 eq Hesaplanması

5040,03 ton CH_4 + 20160,12 ton O_2 → 13860,08 ton CO_2 + 11340,065 ton H_2O + ısı

2.1.6.2. Araç Yakıtları Analitik Yöntem Metodolojisi

En çok kullanılan yakıt metan (CH_4) olarak bilinmektedir. Yalnız bu kapsam araçlar olarak ele alındığından en çok kullanılan yakıt çeşidi benzin, dizel ve LPG olarak bilinmektedir. LPG olarak bilinen yakıt ise bütan (C_4H_{10}) ve propan (C_3H_8) karışımı olarak oluşmaktadır. Benzin ise C_5H_{12} ve $C_{11}H_{24}$ şeklinde formülasyona sahip iken dizel yakıtta bu formül $C_{12}H_{26}$ ve $C_{17}H_{36}$ şeklinde bilinmektedir. Kimyasal formülleri bilinen yakıtların oksijen ile yanması sonucu emisyonları hesaplanmaktadır. Yakılan birim başına çıkan CO_2 miktarı hesaplanmaktadır. Ancak bu hesaplama yapılırken yakıt içeriğinde bulunan her bir elementin, bileşiğin moleküler ağırlığının bilinmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yakıtları oluşturan karbon (C) elementinin moleküler kütlesi 12 g/mol ve hidrojen elementinin moleküler kütlesi 1 g/mol olarak bilinmektedir. Bu moleküler ağırlıklar ele alınarak benzin, dizel ve LPG ait olan moleküler ağırlıklar hesaplana bilinmektedir [66].

1 mol benzin için yanma reaksiyonu Denklem 17 ve Denklem 18'de gösterilmektedir.

$$C7H16 + 11\,O2 \rightarrow 7\,CO2 + 8\,H2O + ısı \quad (17)$$

$$100\ gram\ C7H16 + 352\ gram\ O2 \rightarrow 308\ gram\ CO2 + 144\ gram\ H2O + ısı \quad (18)$$

1 mol dizel için yanma reaksiyonu Denklem 19 ve Denklem 20'de gösterilmektedir.

$$C15H32 + 23\,O2 \rightarrow 15\,CO2 + 16\,H2O + ısı \quad (19)$$

$$212\ gram\ C15H32 + 736\ gram\ O2 \rightarrow 660\ gram\ CO2 + 288\ gram\ H2O + ısı \quad (20)$$

1 mol bütan için yanma reaksiyonu Denklem 21 ve Denklem 22'de gösterilmektedir.

$$C4H10 + 6{,}5\,O2 \rightarrow 4\,CO2 + 5\,H2O + ısı \quad (21)$$

$$58\,gram\,C4H10 + 208\,gram\,O2 \rightarrow 176\,gram\,CO2 + 90\,gram\,H2O + ısı \quad (22)$$

1 mol propan için yanma reaksiyonu Denklem 23 ve Denklem 24'de gösterilmektedir.

$$C3H8 + 5\,O2 \rightarrow 3\,CO2 + 4\,H2O + ısı \quad (23)$$

$$44\,gram\,C3H8 + 160\,gram\,O2 \rightarrow 132\,gram\,CO2 + 72\,gram\,H2O + ısı \quad (24)$$

Emisyon hesabı benzin, dizel ve LPG için birim dönüştürme ile ton cinsine çevrilmektedir. Daha sonra yıllara göre sırasıyla aşağıdaki adımlar uygulanarak bulunmuştur.

2.1.6.2.1. 2017 Yılı Analitik Yöntem Benzin CO_2 eq Hesaplanması

$C_7H_{16} + 11\ O_2 \rightarrow 7\ CO_2 + 8\ H_2O$ + ısı

100 gram C_7H_{16} + 352 gram $O_2 \rightarrow$ 308 gram CO_2 + 144 gram H_2O + ısı

127,994 ton C_7H_{16} + 450,539 ton $O_2 \rightarrow$ 394,22 ton CO_2 + 184,31 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.2. 2018 Yılı Analitik Yöntem Benzin CO_2 eq Hesaplanması

$C_7H_{16} + 11\ O_2 \rightarrow 7\ CO_2 + 8\ H_2O$ + ısı

100 gram C_7H_{16} + 352 gram $O_2 \rightarrow$ 308 gram CO_2 + 144 gram H_2O + ısı

100,41 ton C_7H_{16} + 353,43 ton $O_2 \rightarrow$ 309,25 ton CO_2 + 144,58 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.3. 2019 Yılı Analitik Yöntem Benzin CO_2 eq Hesaplanması

$C_7H_{16} + 11\ O_2 \rightarrow 7\ CO_2 + 8\ H_2O$ + ısı

100 gram C_7H_{16} + 352 gram $O_2 \rightarrow$ 308 gram CO_2 + 144 gram H_2O + ısı

96,78 ton C_7H_{16} + 340,57 ton $O_2 \rightarrow$ 298,09 ton CO_2 + 139,37 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.4. 2017 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplanması

$C_{15}H_{32} + 23\ O_2 \rightarrow 15\ CO_2 + 16\ H_2O + ısı$

212 gram $C_{15}H_{32}$ + 736 gram $O_2 \rightarrow$ 660 gram CO_2 + 288 gram H_2O + ısı

149,95 ton $C_{15}H_{32}$ + 520,33 ton $O_2 \rightarrow$ 466,35 ton CO_2 + 203,93 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.5. 2018 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplanması

$C_{15}H_{32} + 23\ O_2 \rightarrow 15\ CO_2 + 16\ H_2O + ısı$

212 gram $C_{15}H_{32}$ + 736 gram $O_2 \rightarrow$ 660 gram CO_2 + 288 gram H_2O + ısı

127,19 ton $C_{15}H_{32}$ + 441,35 ton $O_2 \rightarrow$ 395,56 ton CO_2 + 172,98 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.6. 2019 Yılı Analitik Yöntem Dizel CO_2 eq Hesaplanması

$C_{15}H_{32} + 23\ O_2 \rightarrow 15\ CO_2 + 16\ H_2O + ısı$

212 gram $C_{15}H_{32}$ + 736 gram $O_2 \rightarrow$ 660 gram CO_2 + 288 gram H_2O + ısı

130,60 ton $C_{15}H_{32}$ + 453,19 ton $O_2 \rightarrow$ 406,18 ton CO_2 + 177,62 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.7. 2017 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplanması

$C_4H_{10} + 6{,}5\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O + ısı$

58 gram C_4H_{10} + 208 gram $O_2 \rightarrow$ 176 gram CO_2 + 90 gram H_2O + ısı

73,60 ton C_4H_{10} + 263,93 ton $O_2 \rightarrow$ 223,73 ton CO_2 + 114,2 ton H_2O + ısı

$C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O + ısı$

44 gram C_3H_8 + 160 gram $O_2 \rightarrow$ 132 gram CO_2 + 72 gram H_2O + ısı

31,54 ton C_3H_8 + 114,70 ton $O_2 \rightarrow$ 94,62 ton CO_2 + 51,61 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.8. 2018 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplanması

$C_4H_{10} + 6{,}5\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O +$ ısı

58 gram C_4H_{10} + 208 gram O_2 → 176 gram CO_2 + 90 gram H_2O + ısı

57,73 ton C_4H_{10} + 207,04 ton O_2 → 175,51 ton CO_2 + 89,58 ton H_2O + ısı

$C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O +$ ısı

44 gram C_3H_8 + 160 gram O_2 → 132 gram CO_2 + 72 gram H_2O + ısı

24,74 ton C_3H_8 + 89,97 ton O_2 → 74,23 ton CO_2 + 40,49 ton H_2O + ısı

2.1.6.2.9. 2019 Yılı Analitik Yöntem LPG CO_2 eq Hesaplanması

$C_4H_{10} + 6{,}5\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O +$ ısı

58 gram C_4H_{10} + 208 gram O_2 → 176 gram CO_2 + 90 gram H_2O + ısı

55,65 ton C_4H_{10} + 199,57 gram O_2 → 169,17 gram CO_2 + 86,35 gram H_2O + ısı

$C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O +$ ısı

44 gram C_3H_8 + 160 gram O_2 → 132 gram CO_2 + 72 gram H_2O + ısı

23,85 ton C_3H_8 + 86,73 ton O_2 → 71,55 ton CO_2 + 39,02 ton H_2O + ısı

2.2. Materyal

2.2.1. Çalışma Alanı Erciyes Üniversitesi Kampüsündeki Koşullar

Tez çalışmasında İç Anadolu Bölgesinde yer alan üçüncü büyük ilimiz Kayseri'de bulunan Erciyes Üniversitesi Kampüsünün Karbon ayak izi hesaplanmıştır. Erciyes Üniversitesi, 1978 yılında Türkiye'nin 8. büyükşehri olan Kayseri'de kurulmuştur. Erciyes Üniversitesi bugün toplam 19 fakülte, 7 enstitü, 1 yüksekokul, 6 bölüm, 2 meslek yüksekokulu, 1350 yataklı gelişmiş bir uygulama hastanesi ve 42 araştırma merkezi ile hizmet vermeğe devam etmektedir. Erciyes Üniversitesi 2019 yılı UI GreenMetric dünya sıralamasında değerlendirilen 780 üniversiteden 136'ıncı sırada yer almaktadır. Ülkemizde ise sıralamaya giren 43 üniversite arasından 2 sırada yer alırken yaklaşık 53

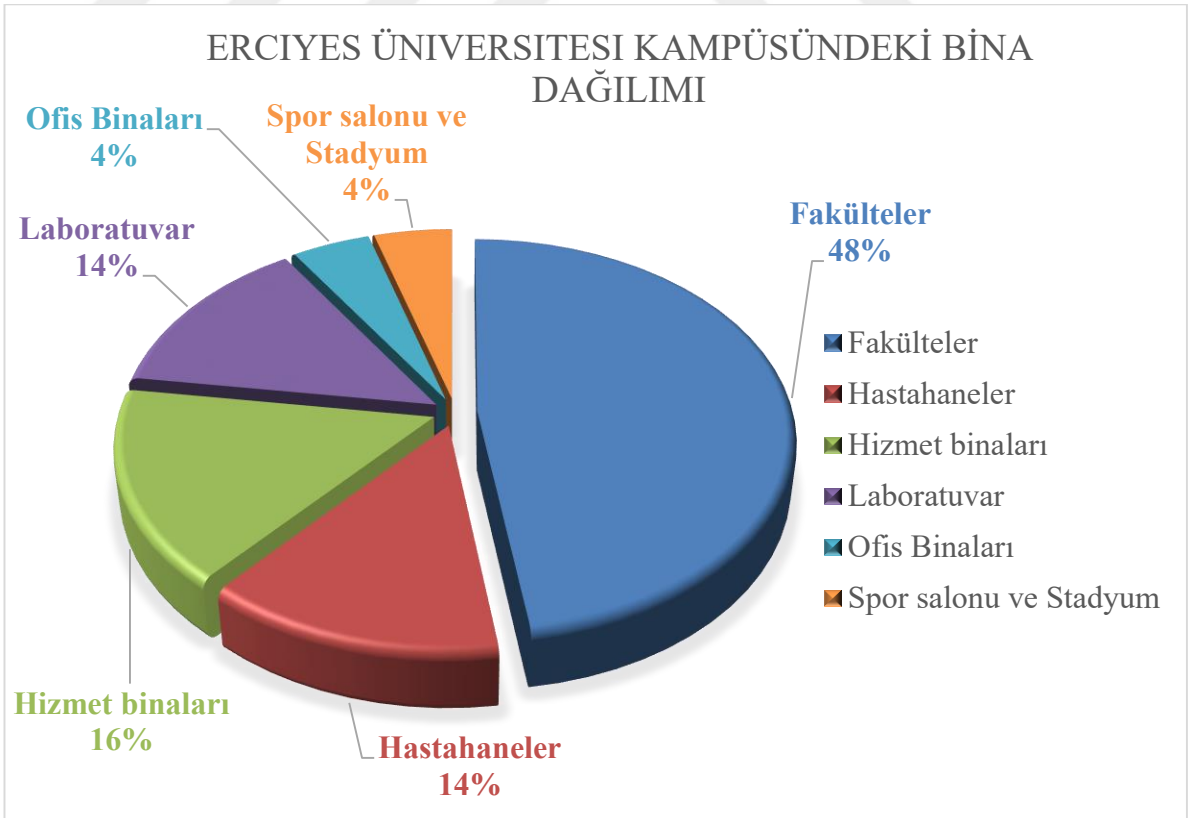
bin öğrenci ve 2250 akademik personel ve 4794 idari personeli ile öğretim hizmetlerine devam etmektedir. Şekil 8'de Erciyes Üniversitesi kuş bakışı görünümü, Şekil 9'de Erciyes Üniversitesi kampüsünde yer alan binalar ve Şekil 10'da Erciyes Üniversitesi kampüsünde yer alan binaların kampüste kapladığı alan grafiği verilmiştir. Ek olarak Tablo 3'de 2017,2018.209 yıllarındaki Erciyes Üniversitesi özellikleri özetlenmektedir.



Şekil 8. Erciyes Üniversitesi'nin Konumu [67]

		HASTAHANELER	Gevher Nesibe Hastahanesi
	Kayseri Meslek Yüksekokulu		Yılmaz Öztaşkın Kalp Gemisi Hastanesi
	Havacılık ve Uzay Bilimleri		Semiha Kibar Organ Taşıma Ve Diyaliz Hastanesi
	Mühendislik Fakültesi		M.Kemal Dedeman Onkoloji Hastanesi
	Diş Hekimliği Fakültesi		Kemik İliği Taşıma Ve Kök Hücre Merkezi Binası
	Sağlık Bilimleri Fakültesi		Fevzi Mercan-Mustafa Eraslan Çocuk Hastanesi
	Halil Bayraktar Meslek Yüksekokulu	HİZMET BİNALARI	Sabancı Kültür Kompleksi
	Teknoloji Fakültesi		Kongre Merkezi
	Tıp Sınıfları ve Blokları		Rektörlük
	Bilim Fakültesi		ERSEM
	Eczacılık Fakültesi		Merkez Yemekhane
FAKÜLTELER	Güzel sanatlar fakültesi		ERNAM
	Edebiyat Fakültesi		Kadir Has Kütüphanesi ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
	Veteriner Fakültesi	LABORATUVARLAR	Genom ve Kök Hücre Merkezi
	Eğitim Fakültesi		İlaç Uygulama ve Araştırma Merkezi
	Spor Bilimleri Fakültesi		DEKAM,IKUM
	Hukuk Fakültesi		Güneş Evi
	İletişim Fakültesi		Enerji Dönüşüm Evi
	Turizm Mühendislik Fakültesi		Uzay Araştırma ve Gözlem Evi
	İzzet Bayraktar Meslek Yüksekokulu	OFİS BİNALARI	İnşaat ve Teknik İşler Daire Başkanlığı
	Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu		Mahmut Has Öğrenci İşleri Ofisi
	Mustafa Çıkrıçıoğlu Meslek Yüksekokulu	SPOR SALONU ve STADYUM	25. Yıl Kapalı Yüzme Havuzu
			80.Yıl Kapalı Spor Salonu

Şekil 9. Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Yer Alan Binalar



Şekil 10. Erciyes Üniversitesi Kampüs İçi Bina Dağılım Grafiği

Tablo 3. 2017/2018/2019 Erciyes Üniversitesi Özellikleri [68]

Özellikler	Yıl		
	2017	2018	2019
Toplam Akademik Bina Alanı	784008 m^2	771423 m^2	771423 m^2
Lisans Öğrencileri	57597	44162	44550
Yüksek Lisans/ Doktora Öğrencileri	8380	7871	7451
Akademik Personel	2215	2240	2217
İdari Personel	2571	2455	2409

2.2.2. Erciyes Üniversitesi Tüketim Verilerinin Toplanması

Çalışma kapsamında 2017-2019 yılları arasında Erciyes Üniversitesindeki Yapı İşleri ve Isı Biriminden üniversiteye ait doğal gaz ve elektrik tüketim verilerine ulaşılmıştır. Araç giriş sayısı ve atık miktarının kaydı olmadığı için veri setlerine ulaşılamamıştır. Bu doğrultuda bu kaynakların tüketimine ilişkin bir kayıt bulunmadığı için bir varsayımda bulunulmuştur. Ulaşımda işe gidiş geliş için kullanılan araç özel taşıtlar ve otobüsler olarak alınmıştır. Ulaşım için Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) ulaşım için yayınladığı kişi başına düşen araba sayısı Erciyes Üniversitesine göre oranlanmıştır. Bir aracın kampüs içinde kat ettiği ortalama mesafe ise GreenMetric Derecelendirme Platformu Erciyes Üniversitesi 2019 raporundan referans olarak alınmıştır. Daha sonra bir aracın Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan yıllık ortalama kat edilen mesafe ve yakıt cinsine göre ortalama tüketim miktarları ve tahmini değerler hesaplanmıştır. Atık için ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından iki yılda bir bildirilen kişi başına günlük atık miktarı Erciyes Üniversitesi nüfusuna oranlanıp bir varsayım oluşturulmuştur. Hesaplamaya ayrıca bireylerin günde ortalama 6 saat okulda geçirdikleri varsayımı da dahildir. Daha sonra elde edilen atık miktarı, üniversitelerde yapılan atık karakterizasyonu çalışmalarından referans alınarak bileşenlerine ayrılmıştır [69-72]. Bu doğrultuda üniversiteye giriş yapan araçlar ve atık üretimi için detaylı kayıt tutulmadığından hesaplamanın güvenilirliğinde düşüklük olacağı değerlendirilmiştir.

2.2.2.1. GHG Metodolojisi Kaynaklarının Verileri

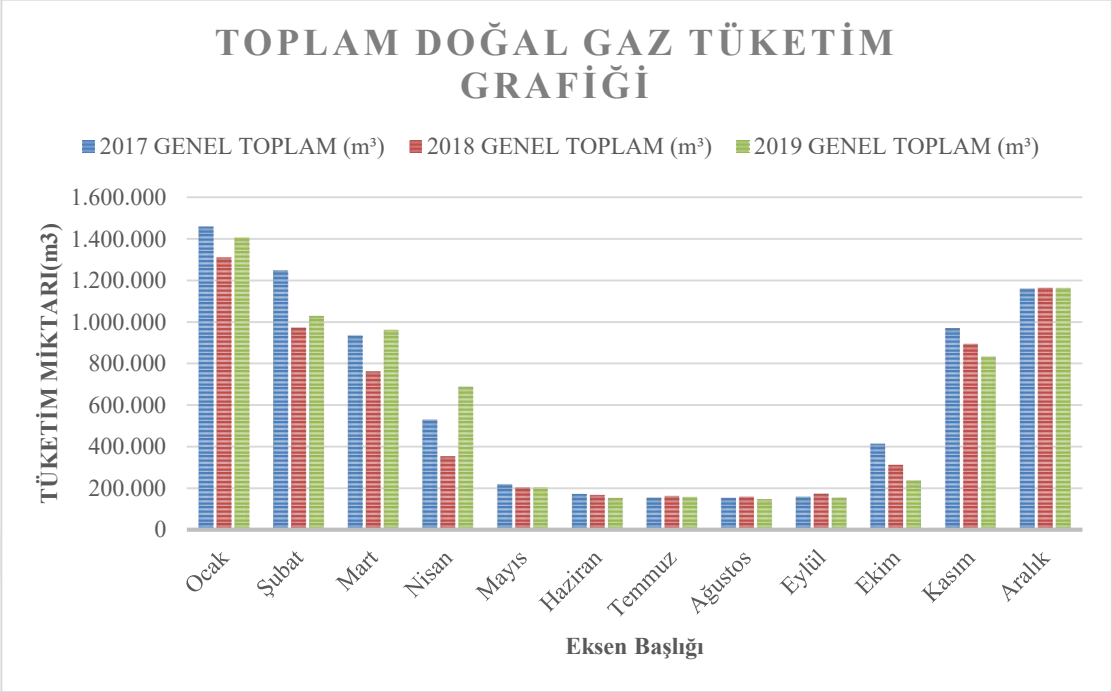
2.2.2.1.1. Kapsam 1- Doğal Gaz Tüketim Verileri

Erciyes Üniversitesi'nde tüm fakülteler, spor salonları, hizmet binaları, laboratuvarlar ve ofis binalarında doğal gaz ısınma amaçlı yakıt olarak kullanılmaktadır. Yemekhanelerde ise hem ısınma hem de fırınlarda kullanılmaktadır. 2017-2019 yılları arasında tüketilen toplam doğal gaz yakıt kullanımı yapı işleri biriminden alınıp Tablo 4 halinde aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Toplam Doğal Gaz Tüketim Miktarları

Yıllar	Doğal Gaz Tüketim Miktarı(m^3)
2017	7573257
2018	6635033
2019	7129329

Erciyes üniversitesi kampüsünde 2017-2019 yıllarında okullar ve idari binalardaki ısınma amaçlı kullanılan doğal gaz miktarı ve yemekhanelerde kullanılan doğal gaz tüketim miktarları grafiği Şekil 11'de verilmiştir



Şekil 11: Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Doğal Gaz Tüketim Grafiği.

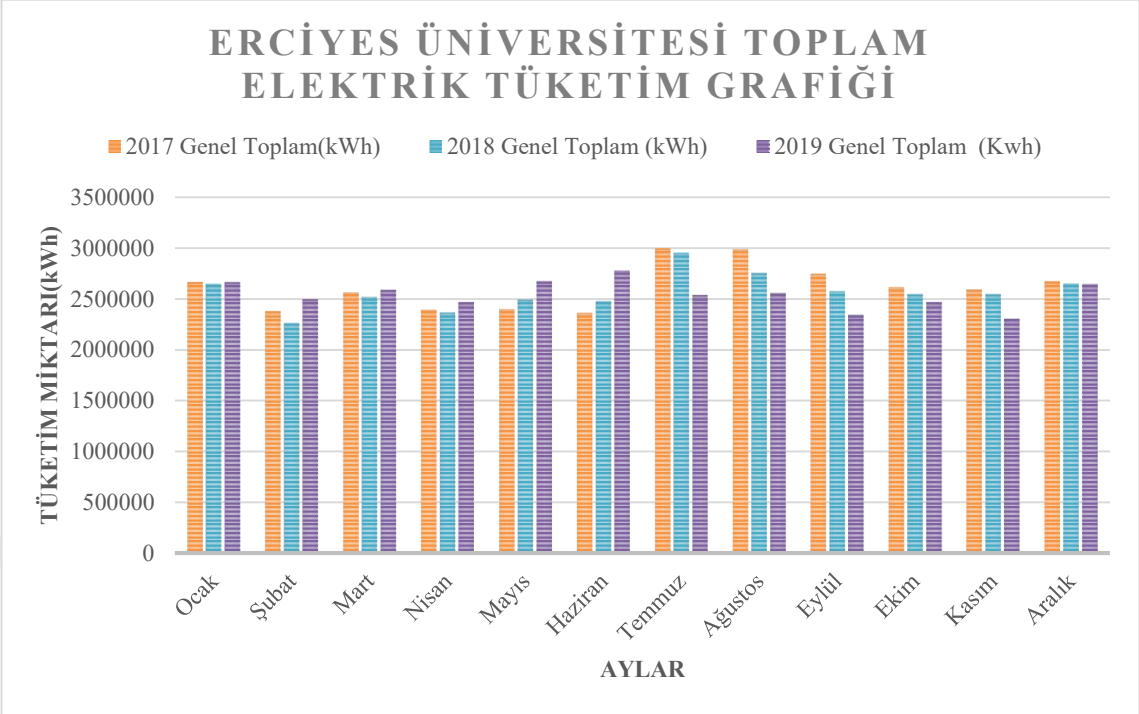
2.2.2.1.2. Kapsam 2- Elektrik Tüketim Verileri

Erciyes Üniversitesi 2017-2019 yılları arasında kampüs de yer alan ofis binaları, fakülteler, hizmet binaları, laboratuvarlar, spor salonları ve hastanenler de ki elektrik tüketimi kilowatt saat (KWh) cinsinden yapı işleri biriminden alınmıştır. Alınan veriler yıllara göre Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Toplam Elektrik Tüketim Miktarları

Yıllar	Elektrik Tüketim Miktarı (Kwh)
2017	31390680
2018	30752880
2019	30513600

Erciyes üniversitesi kampüsü 2017-2019 yılları arasındaki toplam tüketilen elektrik grafiği Şekil 12'de gösterilmiştir. 2017 yılından sonra elektrik tüketiminde azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 12. Erciyes Üniversitesi 2017-2019 Elektrik Tüketim Grafiği

2.2.2.1.3. Kapsam 3- Araç Sayısı Verileri

Erciyes Üniversitesi 5.047.630 m^2 kampüs alanında 6 tane araç giriş kapısı bulunmaktadır. Bu giriş kapılarında kayıt altına sadece giriş sayısı alınmaktadır. Bir hesaplama için sadece bu veri yeterli olmamaktadır. Erciyes Üniversitesi OGS Birimi 2021 yılında kayıt sistem programını yenilendiği için 2021 yılından önceki verilere ulaşılamamıştır. Erciyes Üniversitesi'ndeki veri yetersizliği sebebi ile TÜİK verilerine göre 2017-2019 yılları arasında Kayseri'de trafiğe kayıtlı araç tipi ve sayıları Tablo 6'da verilmiştir. Daha sonra yine TÜİK verilerinden Kayseri'deki yakıt türüne göre kayıtlı otomobil sayısı Tablo 7'de sunulmuştur. 2017,2018 ve 2019 yılları için TÜİK verilerinden alınan Kayseri nüfusu ile Erciyes Üniversitesi faaliyet raporlarından alınan o yıllardaki Erciyes Üniversitesi nüfusu oranlanmıştır. Kayseri'deki kişi başı düşen otomobil sayısı oranı Erciyes Üniversitesine göre uyarlanmıştır. Yapılan uyarlama Tablo 8'de sunulmuştur. Erciyes Üniversitesindeki otobüs sayısı da yine TÜİK verilerinde gösterilen kişi başı otobüs sayısının Erciyes Üniversitesine göre uyarlanmış ve yapılan uyarlama Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Kayseri'de Trafiğe Kayıtlı Araç Tipi ve Sayısı [72]

Yıl	Araç Tipi					
	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motorsiklet
2017	228920	6214	4822	61477	16518	16621
2018	235194	6302	4884	63737	16707	17441
2019	236660	6387	5007	64715	16711	18250

Tablo 7. Kayseri'de Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Türüne Göre Yıllara Göre Dağılımı [72]

Yıl	Otomobil	Benzin (1)	(%)	Dizel (1)	(%)	LPG (1)	(%)
2017	228920	59290	25,9	81038	35,4	87905	38,4
2018	235194	58563	24,9	86551	36,8	89139	37,9
2019	236660	57272	24,2	90167	38,1	88274	37,3

.(1) Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından Kayseri'de otomobillerin yakıt cinsine göre kayıtlı sayısı Türkiye'deki otomobillerin yakıt cinsine göre kayıtlı bölünerek hesaplanmıştır.

Tablo 8. Erciyes Üniversitesinde Kayseri'deki Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Türüne Göre Oranı

Yıl	Otomobil	Benzin (1)	(%)	Dizel (1)	(%)	LPG (1)	(%)
2017	11766	3047	25,9	4165	35,4	4518	38,4
2018	9601	2391	24,9	3533	36,8	3639	37,9
2019	9522	2304	24,2	3628	38,1	3552	37,3

Araçların kampüs içerisinde kat ettiği mesafe bilgileri ise GreenMetric Derecelendirme Platformunun Erciyes Üniversitesi raporunda 2,5 km olarak belirtilmiştir ve yapılan varsayımda bu değer kullanılmıştır. Karayolu taşımacılığı raporlarına göre bir aracın yakıt türüne göre bir km'de kaç gram yakıt tükettiği bilgisine ulaşılıp Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Erciyes Üniversitesine Giriş Yapan Otobüs Sayısı

Taşıt Cinsi	**Araç Sayısı**		
Otobüs	**2017**	**2018**	**2019**
	248	199	201

Tablo 10. Tipik Yakıt Tüketim Değerleri [73]

Araç Tipi	**Yakıt Türü**	**Yakıt Tüketimi(g/km)**
Otomobil	Benzin	70
	Dizel	60
	LPG	57,5

2.2.2.1.4. Kapsam 3- Atık Tüketim Verileri

Erciyes Üniversitesi yerleşkesinde atık üretim miktarlarının kaydının bulunduğu bir birim bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından iki yılda bir bildirilen kişi başına günlük atık miktarı Erciyes Üniversitesi nüfusuna oranlanıp bir varsayım oluşturulmuştur. Hesaplamaya ayrıca bireylerin günde ortalama 6 saat okulda geçirdikleri varsayımı da dahildir. Daha sonra elde edilen atık miktarı, üniversitelerde yapılan atık karakterizasyonu çalışmalarından referans alınarak bileşenlerine ayrılmıştır [69-72]. Bileşenlerine göre hesaplama yıllarındaki atık üretim miktarları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Yıllara göre Atık Üretim Verileri

Atık Bileşeni	Atık Oranı (%)	Üretim Miktarı (kg)		
		2017	2018	2019
Kağıt	28%	1064728	891071	880121
Plastik	15%	600703	502728	496550
Cam	8%	341644	285922	282408
Metal	7%	283882	237581	234662
Diğer	41%	1572896	1316356	1300181

2.2.3. IPCC Emisyon Faktörü Seçimi

Erciyes Üniversitesi karbon ayak izi hesaplamalarında ISO14064 kılavuzundaki başlıca sera gazı emisyonlarının CO_2 türünden eşdeğerleri alınmıştır. IPCC değerlendirme raporlarından alınan CO_2 eş değer faktörleri Tablo 12'de sunulmuştur. IPCC kılavuzundan alınan emisyon kaynaklara göre emisyon faktörleri ise Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 12. IPCC Kılavuzunda CO_2'ye Göre CO_2 Eş Değer Faktörleri [75]

Sera Gazı	Küresel Isınma Potansiyeli (ton CO2 eq)
CO_2	1
CH_4	25
N_2O	298

Tablo 13. Emisyon Kaynağına Göre Emisyon Faktörleri [76]

Emisyon Kaynağı	Sera Gazı	Emisyon Faktörü	Birimi
Doğal Gaz	CO_2	56100	Kg* CO_2/TJ
	CH_4	5	Kg* CH_4/TJ
	N_2O	0,1	Kg* N_2O /TJ
Elektrik	CO_2	472	Kg CO_2/kwh
Benzin (Araç)	CO_2	69300	Kg* CO_2/TJ
	CH_4	25	Kg* CH_4TJ
	N_2O	8	Kg* N_2O /TJ
Dizel (Araç)	CO_2	74100	Kg* CO_2/TJ
	CH_4	3,9	Kg* CH_4/TJ
	N_2O	3,9	Kg* N_2O /TJ
LPG (Araç)	CO_2	63100	Kg* CO_2/TJ
	CH_4	5	Kg* CH_4/TJ
	N_2O	0,1	Kg* N_2O /TJ
Atık (Kağıt)	CO_2	8,1	g CO_2/kg
Atık (Plastik)	CO_2	5,9	g CO_2/kg
Atık (Cam)	CO_2	3,4	g CO_2/kg
Atık (Metal)	CO_2	1,4	g CO_2/kg
Atık (Diğer)	CO_2	19,9	g CO_2/kg

2.2.4. GreenMetric Derecelendirme Platformu Metodolojisi Verileri

GreenMetric metodolojisi karbon ayak izi hesaplamalarında sera gazı kaynağı alınırken elektrik ve ulaşım kaynaklarına odaklanılmıştır. Erciyes Üniversitesi GreenMetric Derecelendirme 2019 raporunda 2018 yılında yerleşkedeki tüketim miktarı ve araç giriş sayıları verilmiştir. Alınan değerler Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. GreenMetric Belirlediği Emisyon Kaynakları ve Tüketim Miktarları

Yıl	Emisyon Kaynağı		Tüketim Miktarı (Kwh)	Araç Giriş Sayısı (adet)
2018	Elektrik		30513600	-
	Ulaşım	Otomobil	-	16780
		Otobüs		103

2.2.5. Analitik Yöntem Metodolojisi Verileri

2.2.5.1. Analitik Yöntem Doğal Gaz Verileri

Bu tez kapsamında Erciyes Üniversitesi'ne ait olan 2017, 2018 ve 2019 yılları içinde gerçekleşen doğalgaz tüketimi sırasıyla 7.573257 m^3, 6635033 m^3, 7029329 m^3 tüketimi gerçekleşmiştir. Doğalgazın yoğunluğu 0,717 kg/m^3 olarak ele alınmıştır. Böylelikle 2017, 2018 ve 2019 yıllarında doğalgazın kilogram cinsinden tüketim miktarı sırasıyla 5430,02 ton, 4757,32 ton, 5040,03 ton olmaktadır.

2.2.5.2. Analitik Yöntem Araç Yakıt Verileri

Benzin yakıtının formülasyon olarak en çok kullanılan formülasyon olan C_7H_{16} olarak kullanılmış olup moleküler ağırlığı ise 100 g/mol şeklinde olmaktadır. Benzin ve dizel yakıtının yanma reaksiyonunda, oksijen (O_2) molekülü ile yanmasında kullanılan oksijen molekülünün ağırlığının 16 g/mol olarak olduğu hesaplanmıştır. Dizel yakıtının formülasyon olarak en çok kullanılan formülasyon olan $C_{15}H_{32}$ olarak kullanılmış olup moleküler ağırlığı ise 212 g/mol şeklinde olmaktadır. Bu kapsamda giren ürünlere karşılık çıkan ürünler karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) olmaktadır. Karbondioksit (CO_2) molekülünün ağırlığı ise 44 g/mol iken su (H_2O) molekülünün ağırlığı ise 18 g/mol olarak bilinmektedir. Bu kapsamda termodinamiğin birinci yasasına göre giren enerji çıkan enerjiye eşit olmak zorundadır. Bu sebeple 1 mol C_7H_{16} molekülünün 11 mol O_2 ile yanması sonucu 7 mol CO_2 molekülü ve 8 mol H_2O molekülü oluşurken 1 mol $C_{15}H_{32}$ molekülünün 23 mol O_2 ile yanması sonucu 15 mol CO_2 molekülü ve 16 mol H_2O molekülü oluşmaktadır.

LPG yakıtının formülasyon olarak en çok kullanılan C_3H_8 ve C_4H_{10} karışımıdır. Bu kapsamda ülkelere, kullanılan markalara, karışımdaki yakıt formülasyonuna ve diğer etmenlere bağlı olarak bu karışımın oranı değişmektedir. En çok kullanılan C_3H_8 ve C_4H_{10} formülasyon kapsamında %30 C_3H_8 ve %70 C_4H_{10} karışımı olarak hesaplaması yapılmıştır. C_3H_8 molekülün ağırlığı 44 g/mol iken C_4H_{10} molekülünün ağırlığı ise 58 g/mol olmaktadır.

LPG yakıtının yanma reaksiyonunda, oksijen (O_2) molekülü ile yanmasında kullanılan oksijen molekülünün ağırlığının 16 g/mol olarak olduğu hesaplanmıştır. Bu kapsamda giren ürünlere karşılık çıkan ürünler karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) olmaktadır. Karbondioksit (CO_2) molekülünün ağırlığı ise 44 g/mol iken su (H_2O) molekülünün ağırlığı ise 18 g/mol olarak bilinmektedir. Bu kapsamda termodinamiğin birinci yasasına göre giren enerji çıkan enerjiye eşit olmak zorundadır. Bu sebeple 1 mol C_3H_8 molekülünün 5 mol O_2 ile yanması sonucu 3 mol CO_2 molekülü ve 4 mol H_2O molekülü oluşurken 1 mol C_4H_{10} molekülünün 6,5 mol O_2 ile yanması sonucu 4 mol CO_2 molekülü ve 5 mol H_2O molekülü oluşmaktadır.

LPG yakıtının karışım oranı %30-%70 olarak hesabı yapılması sebebi ile 2017, 2018 ve 2019 yıllarında LPG yakıtı içerisinde bulunan bütan oranı (%70) yıllara göre sırasıyla 73,60 ton 57,73 ton 55,65 ton şeklinde iken LPG yakıtı içerisinde bulunan propan oranı (%30) yıllara göre sırasıyla oranı tüketilen 31,54 ton 24,75 ton 23,85 ton şeklinde olmaktadır. Bu kapsama göre LPG içeriğinde ki bütan ve propanın yanma sonucu ortaya çıkan karbondioksitlerin toplanması ile bir yıla ait karbondioksit miktarının ton cinsinden buluna bilinmektedir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Araştırma Modeli

Bu araştırma, 2017-2019 zaman aralığında Erciyes Üniversitesi'nde GHG Protokolü yaklaşımıyla dört ana karbondioksit emisyon kaynağı seçilip analiz edilerek karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Yemekhane ocakları ve ısınma amaçlı kullanılan doğal gaz, üniversitenin satın aldığı elektrik, kampüs içi trafik ve kampüs içi toplam atık miktarının alındığı emisyon kaynaklarının hesaplanmasında IPCC küresel emisyon faktörleri alınmaktadır. Doğal gaz tüketim verileri Isı Merkezi, elektrik tüketim verileri Yapı İşleri biriminden alınmıştır. Kampüs içi araç sayısı, araç yakıt türü emisyon hesaplamaları TUİK verilerinden referans olarak alınmıştır. Atık miktarı da kişi başı günlük atık miktarı iki yılda bir yayınlanan TUİK verilerinden referans alınıp Erciyes Üniversitesi nüfusuna göre oranlanmıştır. Ayrıca atık karakterizasyonu daha önce yapılan üniversitelerdeki çalışmalar [69-72] referans alınıp bir varsayım oluşturulmuştur. Toplam karbondioksit emisyonu, bu dört ana emisyon kaynağından yayılan karbondioksit salınım miktarını karşılaştırmak için yüzdeler halinde bildirilmiştir.

3.2. Sera Gazı Emisyon Protokolü (GHG) Metodolojisi Sonuçları

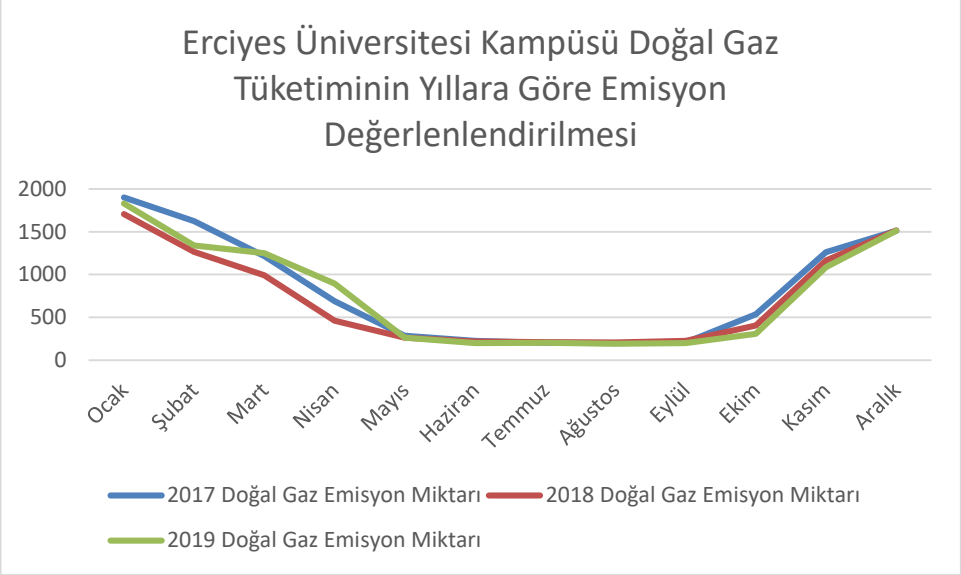
3.2.1. Kapsam 1- Doğal Gaz Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı

Isı Merkezinden alınan verilerden yararlanılarak 2017-2019 yıllarındaki karbon ayak izi hesaplanmıştır. 2017 yılı içerisinde 7573257 m^3, 2018 yılı içerisinde 6635033 m^3 ve 2019 yılı içerisinde 7129329 m^3 doğal gaz miktarları kullanılmıştır. Tablo 13'de verilen IPCC'den alınan emisyon faktörleri dikkate alınarak Tablo 15'de verilen emisyon

miktarlarına ulaşılmıştır. 2017-2019 yılları arasındaki CO_2, NH_4 ve N_2O gazlarının salınım grafikleri ise Şekil 13'de verilmiştir.

Tablo 15. 2017-2018-2019 yılı CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları

Yıl	CO_2 (ton/yıl)	CH_4 (CO2 eq ton/yıl)	N_2O (CO2 eq ton/yıl)	Toplam CO_2 (ton/yıl)
2017	9832	22	5	9859
2018	8614	19	5	8638
2019	9256	21	5	9281



Şekil 13. Erciyes Üniversitesi Kampüsü Doğalgaz Tüketiminin Yıllara Göre Emisyon Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalar sonucu 2017-2018-2019 yılında ısı merkezli ve yemekhane doğalgaz tüketiminde sera gazlarını en çok CO_2 oluşturduğu, bunu CH_4 sera gazı takip ettiği ve en az N_2O sera gazı olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda bu değerlerin bu denli farklı olması hesaplama faktöründeki emisyon değerleridir. Emisyon değerlerinin farklı olması önem arz etmemektedir. Asıl önemli olan faktör ise sera gazlarının ısıtma gücü olarak bilinen dünyayı ısıtması olarak bilinmektedir. Şekil 13'deki grafik incelendiğinde 2017 ve 2019

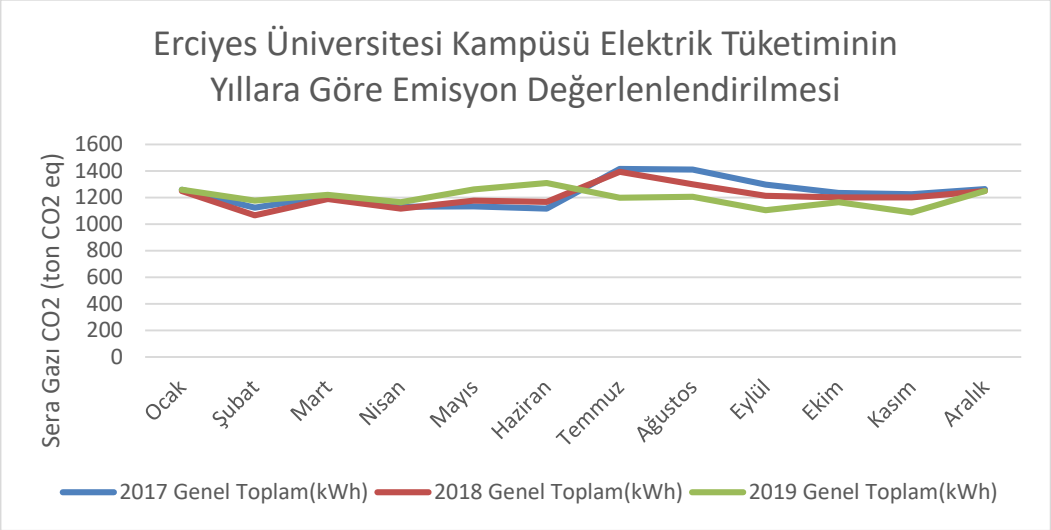
yılının emisyon değerlerinin neredeyse aynı olduğunu 2018 yılının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bunu sebebi tüketimin 2018 yılında daha az olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda üç yılda da ekim ve mart aylarında en çok emisyon değerlerinin olduğunu ve Haziran ve ağustos aylarında ise en az emisyon değerlerinin olduğu gözlemlenmektedir. Ek olarak 2017, 2018 ve 2019 yıllarında Mayıs, Haziran, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında emisyon değerlerinin düşük olmasının sebebi yaz aylarında ısınma kullanılmaması olarak belirlenmiştir.

3.2.2. Kapsam 2- Elektrik Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı

Erciyes Üniversitesi Yapı İşleri Biriminden alınan verilere dayanarak merkez kampüs ve tıp fakültesi toplam 2017 yılı içerisinde 31390680 kWh, 2018 yılı içerisinde 30752880 kWh ve 2019 yılı içerinde ise 30513600 kWh elektrik miktarları kullanılmıştır. Tablo 13'de sunulan CO_2 emisyon faktörü alınarak Tablo 16'da verilen emisyon miktarları sonucuna ulaşılmıştır. 2017-2019 yılları arasındaki CO_2 gazının salınım grafiği Şekil 14'de verilmiştir.

Tablo 16. 2017-2018-2019 yılı CO_2 Emisyonunun CO_2 Eşdeğeri Miktarları

Yıl	**Toplam CO_2 (ton/yıl)**
2017	14816
2018	14515
2019	14402



Şekil 14. Erciyes Üniversitesi Kampüsü Elektrik Tüketiminin Yıllara Göre Emisyon Değerlendirilmesi

Erciyes Üniversitesi verilerinden elde edilen hesaplamalar ile emisyon miktarları hesaplanmıştır. Yapılan emisyon hesapları ile 2017-2019 yılları arasında yakın olsa da 2017 yılındaki tüketim fazlalığından emisyon miktarı da daha fazladır. Her geçen yıl elektrik tüketim miktarlarında düşüş görülmektedir.

3.2.3 Kapsam 3- Ulaşım Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı

Erciyes Üniversitesi OGS biriminde tez kapsamında geçen yıllarda kampüs alanına giriş yapan araç sayıları, araç türleri, araç yakıt türleri ve yol aldıkları km bilgileri bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı TUİK'den alınan 2017,2018 ve 2019 yıllarındaki Kayseri ilinin nüfusuna oranla otomobil sayılarını yakıt türlerine göre ayırıp Erciyes Üniversitesi nüfusuna oranlayarak yaklaşım yapılmaktadır. Ayrıca kampüs içerisinde kat edilen mesafe Erciyes Üniversitesi GreenMetric 2019 Raporundan 2,5 km olarak alınıp yaklaşıma dahil edilmiştir. Yaklaşım sonucu Erciyes Üniversitesinde 2017,2018 ve 2019 yıllarında giriş yapan araçların toplam tükettiği benzin, dizel ve LPG yakıt miktarlarına ulaşılmıştır. Erciyes Üniversitesine giriş yapan otomobiller 2017 yılı içerisinde 127995 litre benzin, 149951 litre dizel ve 105139 litre LPG, 2018 yılı içerisinde 100406 litre benzin, 127192 litre dizel ve 82746 litre LPG, 2019 yılı içerisinde 96782 litre benzin, 130604 litre dizel ve 79499 litre LPG yakıt tüketimi varsayılmıştır. Aynı yıllarda otobüs

sayıları için yapılan varsayımda 2017 yılı içerisinde yaklaşık 8923 litre dizel, 2018 yılı içerisinde yaklaşık 7177 litre dizel ve 2019 yılı içerisinde yaklaşık 7252 litre tüketimine ulaşılmıştır. Tablo 13'deki IPCC kılavuzundan alınan emisyon faktörleri alınarak emisyon miktarlarına ulaşılmıştır. Otomobil için hesaplanan CO_2, NH_4 ve N_2O emisyon eşdeğer miktarları Tablo 17'de ve otobüs için CO_2, NH_4 ve N_2O emisyon eşdeğer miktarları ise Tablo 18'de sunulmuştur.

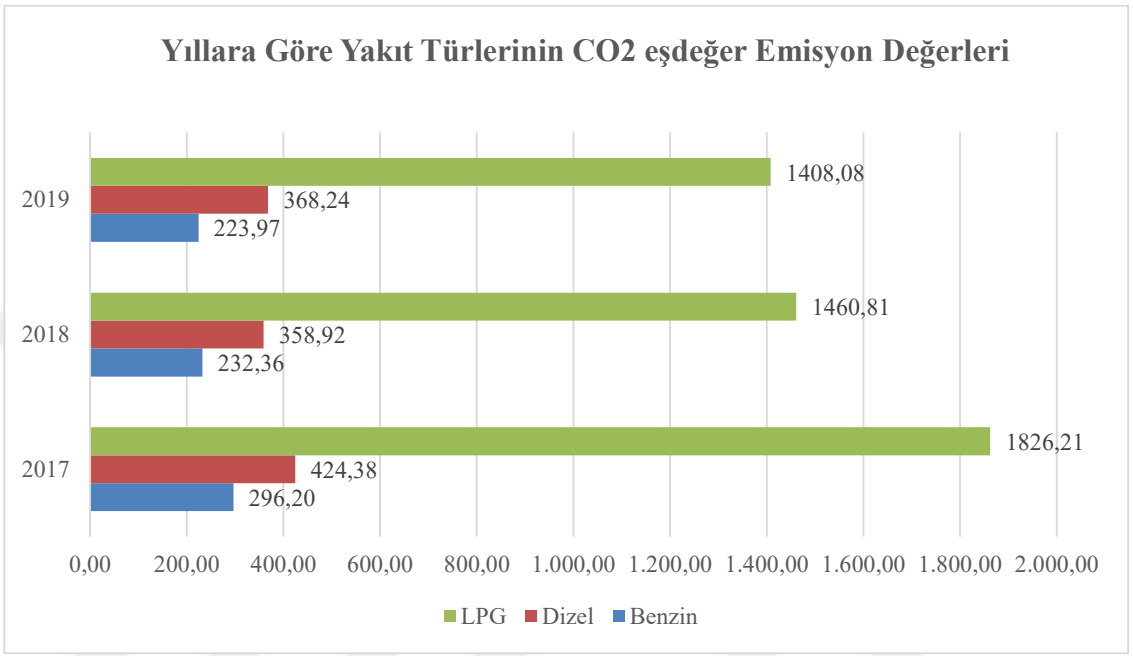
Tablo 17. Erciyes Üniversite'sine Giriş Yapan Otomobillerin Yakıt Türüne Göre CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları

Yakıt Türü	Yıl	CO_2 (CO_2 eq ton/yıl)	CH_4 (CO_2 eq ton/yıl)	N_2O (CO_2 eq ton/yıl)	Toplam CO_2 (ton/yıl)
Benzin	2017	283,88	2,56	9,77	296,20
	2018	222,69	2,01	7,66	232,36
	2019	214,65	1,94	7,38	223,97
Dizel	2017	393,85	0,52	6,18	400,54
	2018	334,07	0,44	5,24	339,75
	2019	343,03	0,45	5,38	348,86
LPG	2017	1857,65	3,68	0,88	1862,21
	2018	1457,23	2,89	0,69	1460,81
	2019	1404,64	2,78	0,66	1408,08

Tablo 18. Erciyes Üniversite'sine Giriş Yapan Otobüslerin Yakıt Türüne Göre CO_2 ve CH_4, N_2O Emisyonlarının CO_2 Eşdeğeri Miktarları

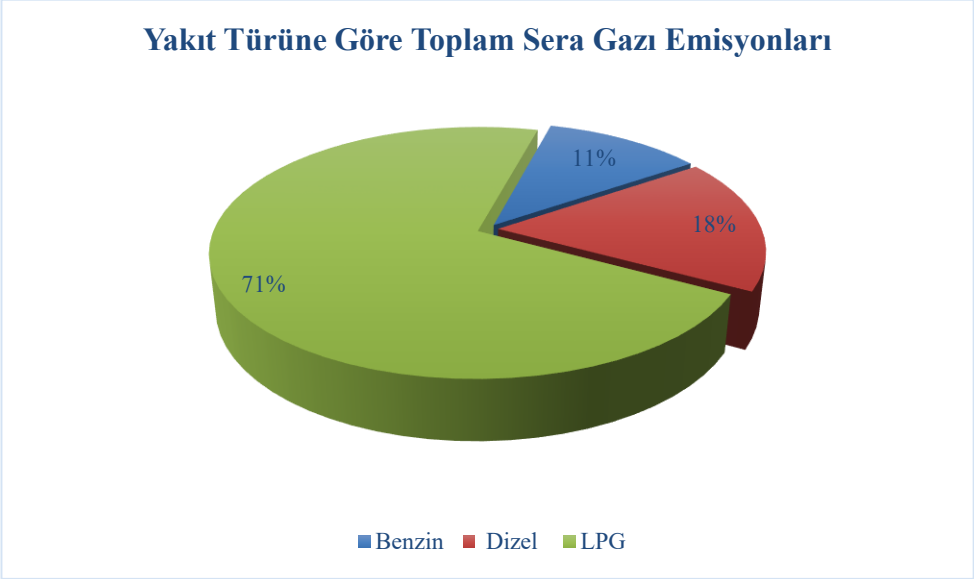
Yakıt Türü	Yıl	CO_2 (CO2 ton/yıl)	CH_4 (CO_2 eq ton/yıl)	N_2O (CO_2 eq ton/yıl)	Toplam CO_2 (ton/yıl)
Dizel	2017	23,44	0,03	0,37	23,83
	2018	18,85	0,02	0,30	19,17
	2019	19,05	0,03	0,30	19,37

Araçların yakıt tüketimine ilişkin karbondioksit eşdeğer emisyon miktarlarının yıllara göre değişimi Şekil 15'de gösterilmektedir.



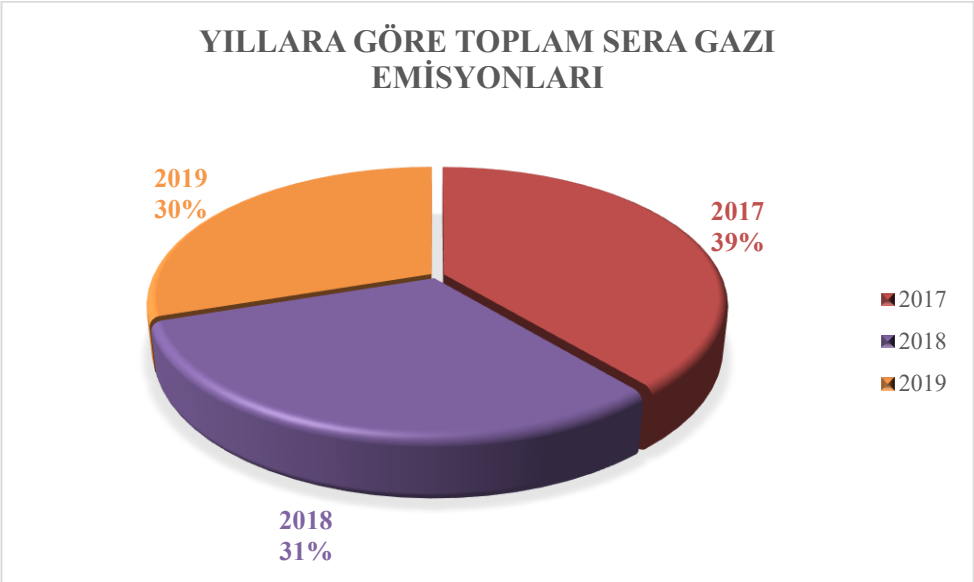
Şekil 15. Yıllara ait Araç Tüketimlerinin CO2 Eşdeğer Emisyonları

Araçların 2017, 2018 ve 2019 yılları yakıt tüketimine bağlı karbondioksit emisyonları incelendiğinden en çok LPG yakıtının karbondioksit emisyonu fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu kapsamda bu emisyonun bu denli fazla olması mevcut yıllarda LPG diğer yakıt türlerine göre daha az maliyetli olması olarak tahmin edilmektedir.



Şekil 16. Yakıt Türüne Göre Sera Gazlarının Yüzdelik Oranları

Tüm yakıt türlerinin toplam karbondioksit oranlarına göre kıyaslaması yapıldığında en çok tüketimi %71 ile LPG en çok sera gazı oluşmaktadır. Bu karşılaştırmaya ait Şekil 16'da gösterilmektedir. Değerlendirme yapılan 2017, 2018 ve 2019 yıllarında benzin tüketiminin toplam yakıt tüketimindeki emisyona oranı %11 iken, dizelde ise %18 şeklinde olmaktadır.



Şekil 17. Yıllara göre Araç Yakıt Tüketiminin Toplam Sera Gazı Emisyonlarının Yüzdelik Oranları

Araçların yakıt tüketimine ait yıllık emisyonları incelendiğinde ise en çok emisyonu %39 oran ile 2017 yılında oluştururken onu %31 oran ile 2018 yılı takip etmektedir. En düşük emisyona sahip olan %30 oran ile 2019 yılı olduğu gözlemlenmektedir. Yıllara göre araçlara ait toplam emisyon faktörleri ise Şekil 17'de gösterilmektedir. Araç yakıtlarındaki artışın, yakıt tüketimin azaltması karbondioksit emisyonlarının azalmasına sebep olduğu bilinmektedir. Ek olarak teknolojinin gelişmesi ile hibrit ve elektrikli araç kullanımlarının artması daha çevreci araç kullanımlarının emisyonları azalttığı gözlemlenmektedir.

3.2.4 Kapsam 3- Atık Kaynaklı Karbon Ayak İzi Miktarı

Erciyes Üniversitesi'nde atık miktarları ve karakterizasyonu bilgilerinin kaydı bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı atık için Erciyes Üniversitesi nüfusunun iki yılda bir Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından bildirilen kişi başına günlük atık miktarına bölünmesiyle bir varsayım oluşturulmuştur. Hesaplamaya ayrıca bireylerin günde ortalama 6 saat okulda geçirdikleri varsayımı da dahildir. Daha sonra elde edilen atık miktarı, ülkemizde bulunan üniversitelerdeki atık kompozisyon çalışmalardaki [69-72] yaklaşık değerler, Erciyes Üniversitesi'ne atık kompozisyon araştırmasına uygulanarak bileşenlerine ayrılmıştır. Sonuç olarak Tablo 19, varsayım kullanılarak yıllara göre türetilen atık emisyon miktarlarını içermektedir.

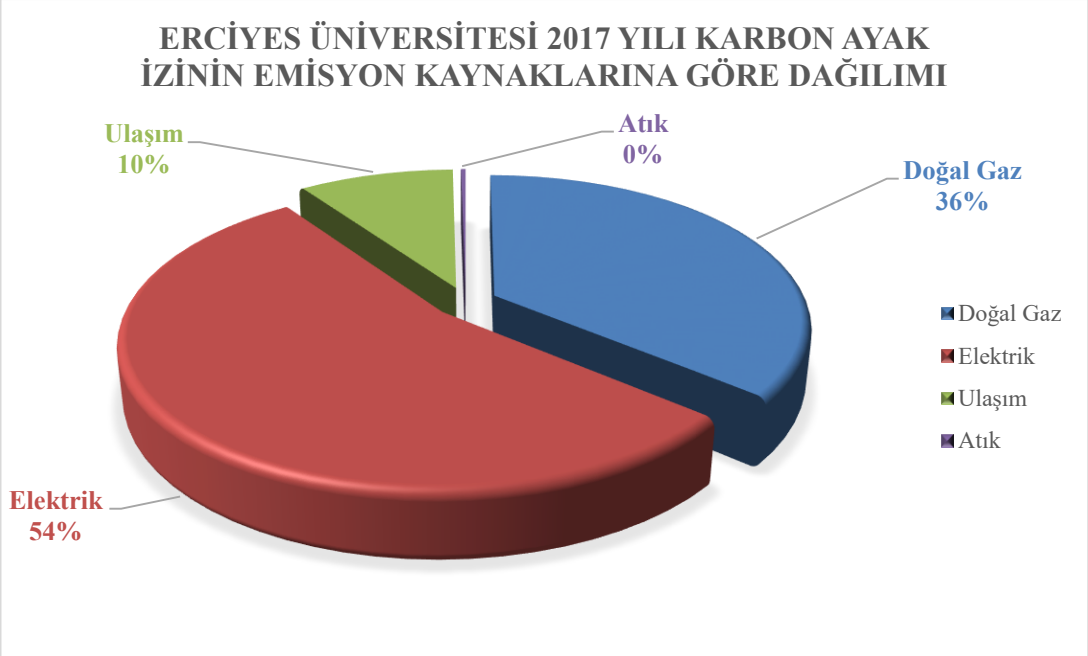
Tablo 19. 2017-2018-2019 Yılı Atık Kaynaklı CO_2 Emisyonunun CO_2 Eşdeğeri Miktarları

Atık Bileşeni	Atık Oranı (%)	Toplam CO2 (ton/yıl)		
		2017	2018	2019
Kağıt	28%	13	11	10
Plastik	16%	7	6	6
Cam	9%	4	2	3
Metal	7%	3	3	3
Diğer	41%	18	16	15
Toplam		45	38	37

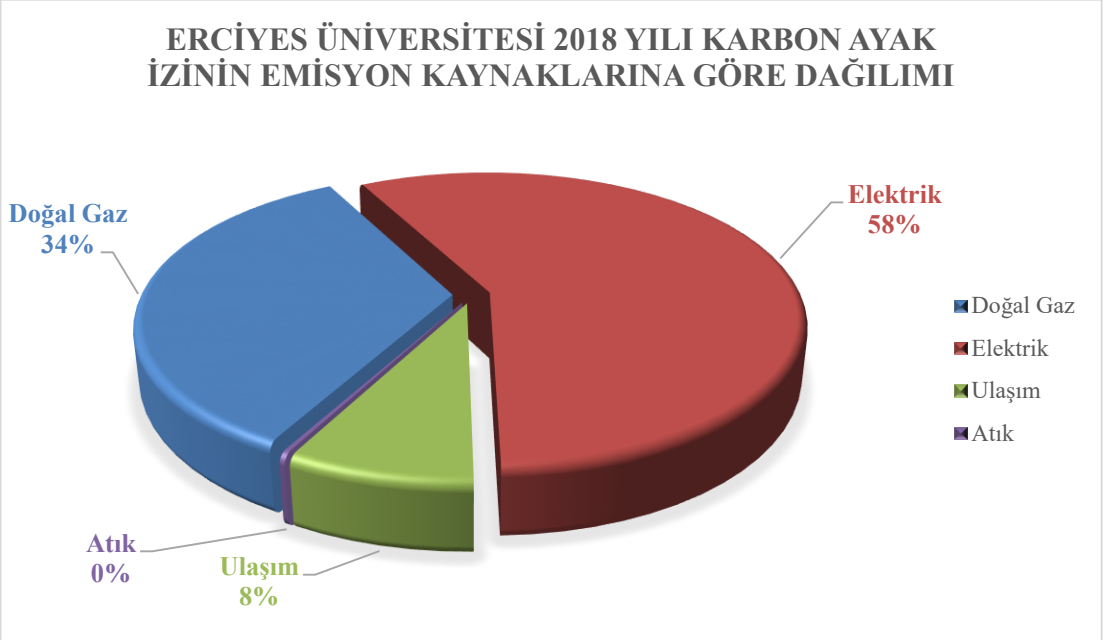
3.2.5. Erciyes Üniversitesi Toplam Karbon Ayak İzi

Erciyes Üniversitesinin 2017,2018 ve 2019 yıllarında karbon ayak izini GHG protokolü ve IPCC kılavuzu referans alınarak hesaplanmıştır. Bu üç yıl içinde doğal gaz, elektrik,

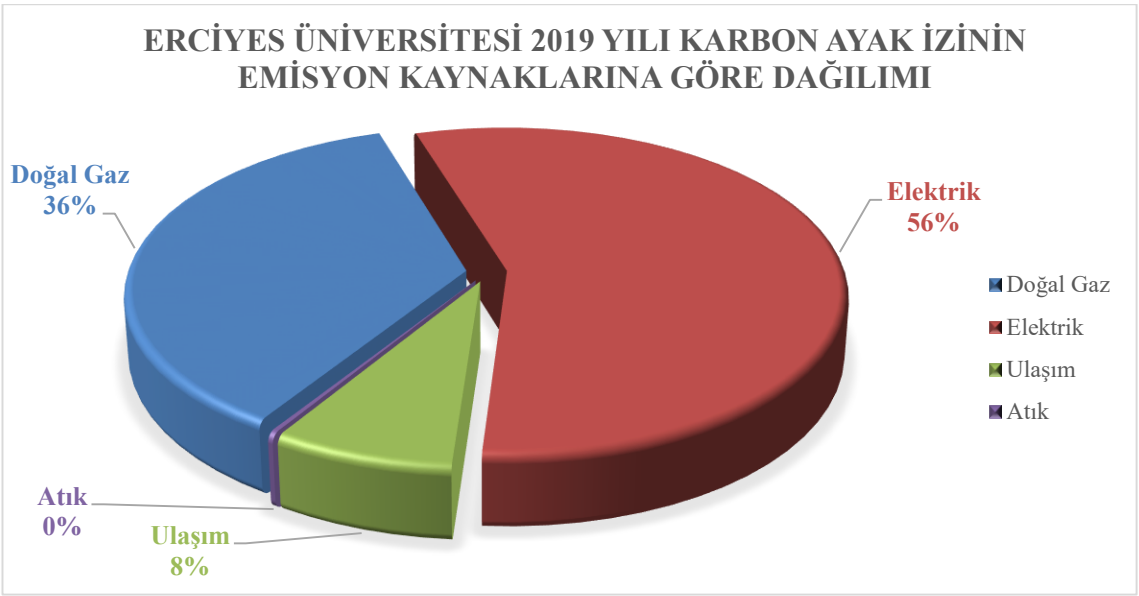
araç yakıt (benzin, dizel ve LPG) ve atık olmak üzere dört ana emisyon kaynakları hesaplamaya dahil edilmiştir. 2017 yılı içerisinde toplam 27336 ton, 2018 yılı içerisinde 25270 ton ve 2019 yılı içerisinde 25748 ton CO_2 eq atmosfere salınım yapıldığı hesaplanmıştır. Dört ana emisyon kaynağına göre hesaplanan emisyon yüzdeleri 2017 yılı için Şekil 18'de, 2018 yılı için Şekil 19'da ve 2019 yılında Şekil 20'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Erciyes Üniversitesi 2017 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı



Şekil 19. Erciyes Üniversitesi 2018 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı

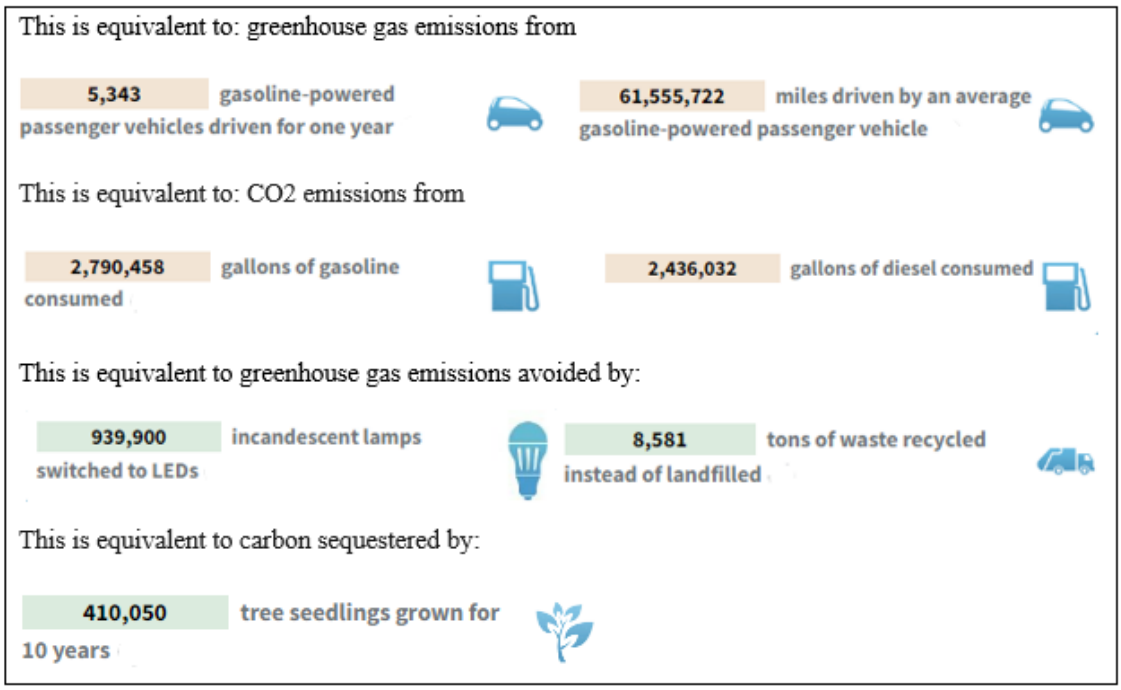


Şekil 20. Erciyes Üniversitesi 2019 Yılı Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımı

Çalışma sonucunda 2017-2019 yıllarında doğal gaz kaynaklı emisyon oranı aynı iken 2018 yılında 2017 yılına göre %2'lik düşüş görülmektedir. Elektrik kaynaklı emisyonda, 2017 yılında %54 iken 2018 yılında %58 ve 2019 yıllarında %56'larda bir değer görülmektedir. Ulaşım kaynaklı emisyonda, 2017 yılında 10 iken 2018 ve 2019 yılında %2'lik düşüş gerçekleşerek %8 değerinde bulunmuştur. Atık kaynaklı emisyonda ise üç yılda da toplam emisyona katkısı çok düşüktür. 2017 yılında %0,2 2018 ve 2019 yıllarında ise %0,1 değerinde katkı sağlamıştır.

3.3. EPA Eşdeğeri CO2 Miktarı Metodolojisi Sonuçları

Çalışma sonucunda Erciyes Üniversitesi kampüsünde yılda atmosfere toplam ortalama 27336 ton CO_2 eşdeğeri emisyon salındı. Bu miktara göre, EPA formülleri kullanılarak oluşturulan karşılaştırma hesaplamalarında, kampüs genelindeki toplam sera gazı miktarına tekabül eden 27 bin ton CO_2 eşdeğeri; Yılda ortalama yaklaşık 62 milyon mil yol kat eden 5 bin benzinli binek araç eşdeğeri emisyon olduğu belirlendi. Benzer bir yaklaşımla aynı miktarda emisyon için yaklaşık 3 milyon galon benzin, 2 milyon galon dize tüketilmesi gerektiği hesaplanmıştır. Yapılan simülasyonda, eğer bu üç yıldaki karbondioksit salınımı gerçekleşmeseydi yaklaşık 9 bin ton atık depolamak yerine geri dönüştürülebileceği, 940 bin akkor lamba LED'lere dönüştürülebileceği ve salınan CO_2 eşdeğerini 10 yılda yaklaşık 410 bin ağaç fidanlarının yutmasıyla nötrleyebileceği görülmüştür. Şekil 21'de yapılan simülasyon ile CO_2 eşdeğer sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 21. EPA CO_2 Denklik Sonuçları

Bu araştırmanın bulguları çoğunlukla yüksek öğretim kurumlarının bireylerin daha şiddetli bir iklim değişikliği olgusuyla başa çıkmalarına yardım etmede oynayabilecekleri rolü göstermiştir. Kısa vadede CO2 emisyonlarındaki düşüşlerin, iklim değişikliği ile mücadelede kalıcı bir cevap vermese bile toplumların harcama kalıplarını yeniden düşünmeleri ve bunların hizmet ettikleri zararlı etkileri anlamaları açısından dramatik olabileceğini çok iyi biliyoruz.

3.4. UI GreenMetric CO_2 Miktarı Metodoloji Sonuçları

Erciyes Üniversitesi GreenMetric Derecelendirme Platformu 2019 raporunda yapılan alınan hesaplama metodolojisi, IPCC kılavuzu ve GHG Protokolü metodolojisi yapılan karbon ayak izi hesaplamalarının karşılaştırılması Tablo 20'de özet bir şekilde sunulmuştur. Sonuçlarda oluşan farklılıkların asıl sebebi emisyon faktörü ve kat sayı farklılıkları sebebi ile oluştuğu görülmüştür.

Tablo 20. GHG Protokolü ve UI GreenMetric Metodoloji Sonuçları

Yıl	Yöntem	Birim	Kaynağa Göre Toplam Emisyon Değeri		Toplam Emisyon
			Elektrik	Ulaşım	
2018	GHG Protokolü -IPCC	Metrik ton	15967	2257	18224
	UI GreenMetric Raporu	Metrik ton	25631	4031	29662

3.5. Analitik Yöntem Miktarı Metodoloji Sonuçları

3.5.1. Analitik Yöntem Doğal Gaz CO_2 Emisyon Miktarı Sonuçları

Analitik yöntem olarak seçilen yanma reaksiyonu ve IPCC metodolojisine göre hesaplamasına göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi yanma reaksiyonun çeşidi, yanma sırasındaki verim, doğalgaz içeriğindeki farklılık gibi birçok nedenler olabilmektedir. Çünkü yanma reaksiyonundaki hesaplamalarda tam yanma ve verimin %100 olduğu varsayılarak hesaplanmıştır. Tablo 21 yanma reaksiyonlarına ait sonuçlar ve IPCC hesaplamasına göre karbondioksit miktarları karşılaştırma tablosu verilmiştir. Bu sonuçlara göre IPCC hesaplamasının analitik denkleme göre %33-34 gibi bir farklılık söz konusu olmaktadır.

Tablo 21. IPCC Hesaplaması ve Analitik Yöntem Doğal Gaz Emisyon Sonuçları Karşılaştırılması

Yıllar	Yanma Reaksiyonu (ton)	IPCC Hesaplaması (ton)
2017	14933	9859
2018	13083	8638
2019	13860	9281

Yanma reaksiyonları ile IPCC arasındaki farklılığın diğer bir sebebi ise yanma reaksiyonlarındaki oksijen miktarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu değişime ek olarak doğalgazın cinsine ve miktarına bağlı olup değişebilmektedir.

3.5.2. Analitik Yöntem Araç Yakıtı CO_2 Emisyon Miktarı Sonuçları

Analitik yöntem olarak seçilen yanma reaksiyonu ve IPCC metodolojisine göre hesaplamasına göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi yanma reaksiyonun çeşidi, yanma sırasındaki verim, yakıt içeriğindeki farklılık gibi birçok nedenler olabilmektedir. Yakıtın yanma verimi, yakıtın hava-yakıt karışım oranı etkilemektedir. Tüm bunların yanı sıra yanma reaksiyonları sabit yanma şeklinde kabul görürken hareketli yanma ise araçlarda kullanılan yakıtın yanma reaksiyonudur. Bu kapsamda yanma reaksiyonundaki hesaplamalarda tam yanma ve verimin %100 olduğu varsayılarak hesaplanmıştır. Tablo 22'de yakıtın yanması ile ilgili sonuçların kıyaslaması verilmektedir.

Tablo 22. IPCC Hesaplaması ve Analitik Yöntem Araç Yakıt Emisyon Sonuçları Karşılaştırılması

Yıllar	Yakıt Türü	Yanma Reaksiyonu (ton)	IPCC Hesaplaması (ton)
2017	Benzin	394	296
	Dizel	466	401
	LPG	318	1862
2018	Benzin	309	232
	Dizel	396	340
	LPG	250	1460
2019	Benzin	298	224
	Dizel	406	349
	LPG	241	1408

Bu sonuçlara göre IPCC hesaplamasının analitik denkleme göre 2017 yılında kullanılan benzim yakıtı kıyaslandığında %25 bir farklılık söz konusu olmaktadır. Bu oran 2018 ve 2019 yılında ise benzin için %25 şeklinde olmaktadır. Dizel yakıtın yanma reaksiyonu ile IPCC hesaplaması kıyaslandığında 2017, 2018 ve 2019 yıllarında %15 bir farklılık söz konusu olmaktadır. LPG yakıtın yanma reaksiyonu ile IPCC hesaplaması kıyaslandığında 2017, 2018 ve 2019 yıllarında aynı kıyaslama %95 oranında bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi LPG yakıtın karışım oranının benzin istasyonunda farklılık göstermesi gibi birçok nedenlerden olabilmektedir. Yanma reaksiyonları ile IPCC arasındaki farklılığın diğer bir sebebi ise yanma reaksiyonlarındaki oksijen miktarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu değişime ek olarak yakıtın cinsine ve miktarına bağlı olup değişebilmektedir. Çünkü LPG yakıtın metan, etan, propan bütan

karışımından olabilir. Benzin istasyonunda satın alınan LPG yakıtın istenilen özelliklerde elde edilmesi için belirli oranlarda karıştırılması ile elde edilmektedir. Analitik yöntemde kullanılan LPG yakıtın içeriği ise bütan ve propan olarak ele alınmıştır. Ülkemizde %70bütan, %30 propan karışımlı LPG, %60 bütan %40 propan karışımlı LPG ve %50 bütan, %50 propan karışımlı LPG yakıtı kullanılmaktadır. LPG yakıt içeriğinde kullanılan bileşenlerdeki karbon (C) sayısının düşük olması nedeni ile emisyon değerleri diğer benzin ve dizel yakıt türlerine göre daha temiz olmaktadır.

4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Öneriler

Erciyes Üniversitesi Kampüsünün karbon ayak izini azaltmanın birçok yolu mevcuttur. Toplanan veriler kullanıp analiz edildikten sonra emisyon azaltma adımları önerilmektedir. İlk olarak Erciyes Üniversitesinde ISO 50001 enerji yönetim sisteminin benimsenmesi toplam enerji tüketimini azaltmak için büyük katkıda bulunabilir. Enerji tüketiminde oluşan azalma doğrudan sera gazı emisyonunun da azalacağının göstergesidir. Yönetim ve koordinasyondan sorumlu kişiler tanımlanarak veri yöneticileri oluşturulup bütün birimlerde düzenli veri kaydı sağlana bilinir.
Erciyes Üniversitesi'nin ikinci ana emisyon kaynağının yer aldığı Kapsam 1'de yapılacak iyileştirme önemli bir adım olabilir. Erciyes Üniversitesi'ndeki tüm binalar yalıtılabilir. Erciyes Üniversitesi kampüsü ısınma için daha az doğal gaz kullanacak ve artan bina yalıtımı sonucunda %35'lik emisyon payı azalacaktır.

Erciyes Üniversitesi Kapsam 2'de ele aldığı emisyon kaynağı olan elektriği satın almaktadır. Üç yılda ortalama 30 milyon kWh elektrik tüketimi ve yaklaşık 14500 ton CO_2 salınımı sağlandı. Bu sonuçla Kapsam 2, üç yıl bazında toplam emisyonların %56'sını temsil etmektedir. Kapsam 2'de değerlendirilen elektrik faaliyetleri Erciyes Üniversitesi'nin toplam emisyonlarına son üç yılda en büyük katkıyı yaptığı için bu kapsam üzerinde durulmalıdır. Bu doğrultuda M. Carpio ve ark. [77] çalışmalarında fosil yakıtların yerine yenilenebilir temiz enerji kaynakları kullanılması durumunda ekipmanların %23'ünü değiştirerek karbon ayak izinde CO_2 emisyonunu %17 oranında azaltarak katkıda bulunulacağını göstermişlerdir. Bu doğrultuda Erciyes Üniversitesi kampüsünde yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden yararlanılıp santral kurula bilinir. Ayrıca kampüs içerisinde yer alan binalardaki bütün aydınlatmalar LED'lere dönüştürülüp hareket sensörlerinin kullanılması toplam karbon ayak izine

%56'lık katkı sağlayan Kapsam 2'deki emisyonu azaltmak adına bir strateji olarak belirleniştir. Bu sayede ihtiyaç durumunda elektrik kullanılması sağlatılarak verimli enerji kullanımı gerçekleşecektir.

Üniversite içerisindeki bireysel faaliyetler yerine toplu ortak faaliyetler, (ders çalışmak için derslik yerine kütüphaneleri kullanmak, paketli gıdalar yerine yemekhanede yemek yenmesi vb.) üniversiteye gidip gelmek için toplu taşıma ve bisiklet kullanılması gibi faaliyetlere teşvik sağlanarak karbon ayak izine kapsam 3 kategorisinde alınan bileşenlerinin azaltılması sağlanacaktır.

Karbon ayak izi azaltmanın bir yolu olarak da karbon dengeleme işlemidir. Karbon dengeleme işlemi ağaçlar ile sağlanabilmektedir. Bu teori üzerine çalışma yapmış olan birçok bilim insanı [78],[79] ağaçların hektar başına yılda 1 tona kadar karbon stoklayabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu doğrultuda Üniversitenin 2017,2018 ve 2019 yıllarındaki toplam CO_2 eşdeğer miktarını EPA formülleri kullanılarak yapılan dönüştürücü de Erciyes Üniversitesi içerisinde 1,7 bin dönümlük orman ve botanik bahçeler ile karbon tutma, karbon nötrleme gerçekleşebileceği görülmüştür.

Karbon salınımı azaltmanın en etkili yolu bireyleri bu konuda bilinçlendirmektir. Erciyes Üniversitesinde öğrencileri, akademik ve idari personellere yönelik bilgilendirici dersler, konferanslar, çeşitli eğitimler ve çalışmalar yapılarak tüketimlerini azaltma yolları hakkında eğitilmesi önerilmektedir. E.C. Cordero ve D. Centeno ve [80] öğrencilere bir yıllık karbon ayak izi ve azaltma yolları hakkında eğitim vererek beş yıl boyunca yılda yaklaşık 2,8 ton CO_2 azalımın gerçekleştiği görülerek eğitime olan önem vurgulanmıştır.

4.2. Sonuç

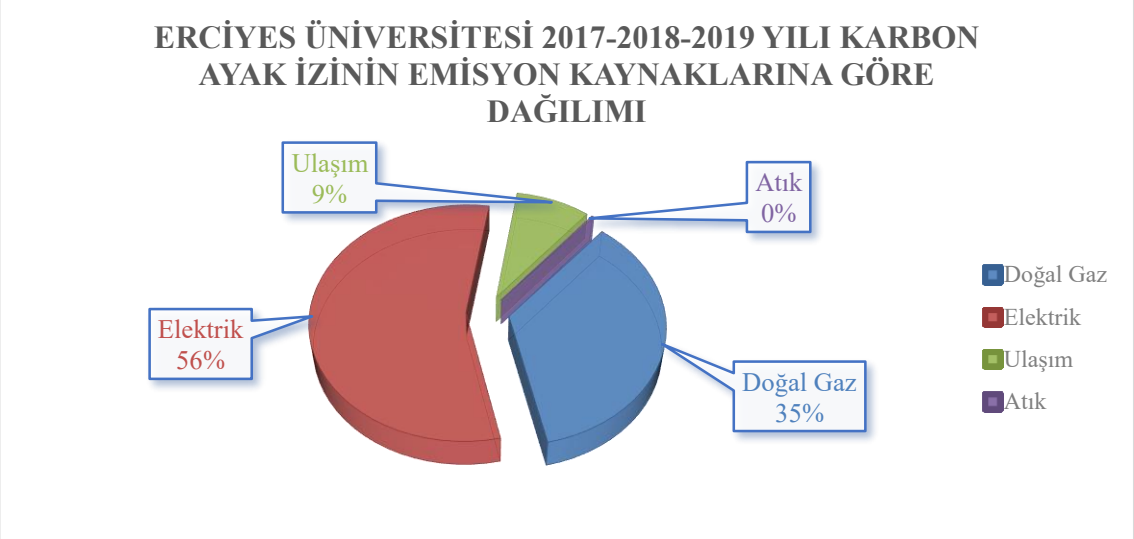
Yüksek öğretim kurumları karbon ayak izi hesaplamalarında GHG Protokolü ve IPCC Tier-1 ve Tier-2 yaklaşımı en yaygın kullanılan metodolojilerdir. Erciyes Üniversitesi karbon ayak izi çalışmasında, kampüs içerisindeki toplam emisyonunun büyük kısmını araç seyahati, atık tüketimi, doğal gaz tüketimi ve elektrik tüketimi gibi emisyon kaynaklarının oluşturduğu görülüp sayısal olarak raporlanmaktadır. Yapıla bu tez çalışmasında Erciyes Üniversitesi kampüsünde üç kapsam altında hesaplanan karbon eş değer emisyon miktarlarını şu şekilde özetleyebiliriz.

Kapsam 1 doğrudan emisyonlarda karbon ayak izi ısınma ve yemekhane ocaklarında kullanılan doğal gaz yakıtı olarak ele alınmıştır. 2017-2019 yılları arasında hesaplanan kişi başı CO_2 eş değeri 2017 yılında 0,14 ton, 2018 yılında 0,15 ton ve 2019 yılında da aynı şekilde 0,16 ton şeklinde bulunmuştur. Toplam kampüs emisyon miktarının 2017 yılında %36'sını, 2018 yılında %34'ünü ve 2019 yılında tekrar artış sağlayarak %36'sını oluşturmaktadır.

Kapsam 2 dolaylı emisyonlarda karbon ayak izi Erciyes Üniversitenin satın aldığı elektriğin katkısı olarak ele alınmıştır. 2017,2018 ve 2019 yılları arasında kişi başı CO_2 eş değeri sırası ile 2017 yılında 0,21 ton, 2018 yılında 0,26 ton ve 2019 yılında 0,25 ton şeklinde hesaplanmıştır. Bu verilere göre Kapsam 2, Erciyes Üniversitesinden atmosfere yayılan toplam sera gazı emisyonun 2017 yılında %54'ünü, 2018 yılında %58'ini ve 2019 yılında %56'sını karşılamaktadır.

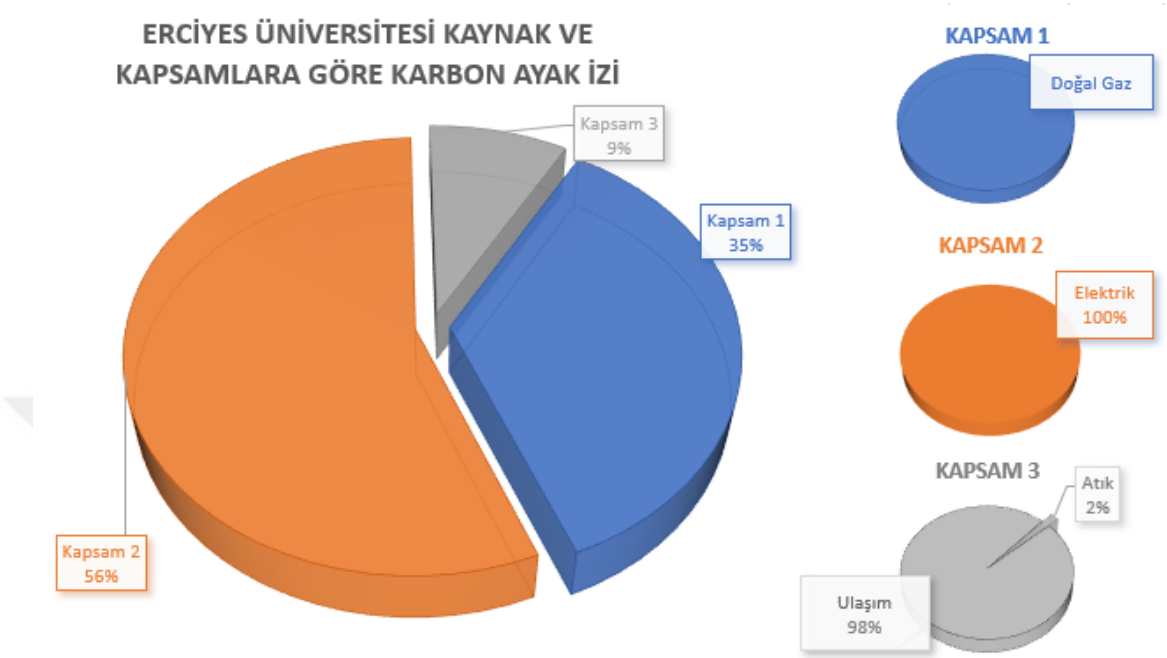
Kapsam 3 diğer dolaylı emisyonlarda karbon ayak izi ulaşım ve atık katkısı olarak ele alınmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu atık miktarı ve ulaşım seyahati sebebi Erciyes Üniversitesinde kişi başı CO_2 eş değeri baz alınan2017,2018 ve 2019 yılında da 0,04 ton şeklinde bulunmuştur. Bu doğrultuda Kapsam 3, Erciyes Üniversitesinde toplam sera gazı emisyonuna 2017 yılında %10, 2018 yılında %8 ve 2019 yılında %8 olarak katkı sağlamıştır.

Erciyes Üniversitesinde dört emisyon kaynağı ele alınıp hesaplanan ortalama yıllık toplam karbon ayak izi dağılımı Şekil 22'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Erciyes Üniversitesi'nde Ortalama Yıllık Karbon Ayak İzinin Emisyon Kaynaklarına Göre Dağılımı

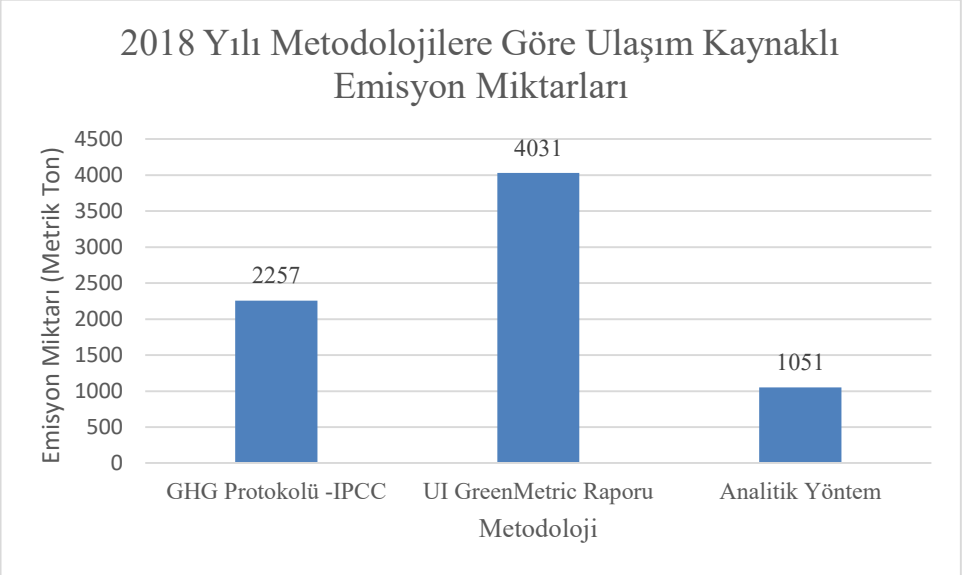
Erciyes Üniversitesindeki yıllık ortalama toplam karbon ayak izi kaynak ve kapsamlara göre Şekil 23'de gösterilmiştir.



Şekil 23. Erciyes Üniversitesindeki Yıllık Ortalama Kaynak ve Kapsamlara Göre Karbon Ayak İzi

Çalışma sonucun da üç yılda karbon ayak izine en büyük katkıyı %56'lIk pay ile satın alınan emisyon kaynaklarının olduğu kapsam 2 sağlamakta onu %35'lik pay ile doğal gaz emisyon kaynağını içeren kapsam 1 ve %9'luk pay ile diğer dolaylı emisyon kaynağını içeren kapsam 3 sağlamaktadır.

Bu tez kapsamında üç farklı metodoloji ile yapılan karbon ayak izi çalışmalarının ortak parametresi ve yılı olan ulaşım kaynağı ve 2018 yılı için emisyon miktarları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma grafiği Şekil 24'de gösterilmiştir.



Şekil 24. 2018 Yılı Metodolojilere Göre Ulaşım Kaynaklı Emisyon Miktarları

Şekil 24'te görüldüğü gibi ulaşım kaynaklı emisyon en fazla GreenMetrik metodolojisiyle hesaplanırken en az ise analitik yöntem metodolojisiyle hesaplanmaktadır. GreenMetrik metodolojisi sonuçları, GHG Protokolü- IPCC metodolojisi sonuçlarına göre %44 oranında Analitik yöntem metodolojisi sonuçlarına göre ise %74 oranında fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçların farklı olması sebebi GreenMetrik metodolojisinin kendi belirlediği standartlara göre yapmakta olmasıdır. Analitik Yöntem metodolojisi ile hesaplanan emisyon miktarı GHG Protokolü- IPCC metodolojisi ve GreenMetrik metodolojisi ile hesaplanan emisyon miktarlarından düşük bir değerde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise Analitik yöntemde her kaynak %100 verimle çalışmakta ve yanma verimi de etkilemektedir. GHG Protokolü- IPCC metodolojisinde hesaplanan emisyon değeri ise Tier 2'de ele alınan emisyon faktörlerinden kaynaklanmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Liu, L., Cheng, S. Y., Li, J. B., & Huang, Y. F. (2007). Mitigating environmental pollution and impacts from fossil fuels: The role of alternative fuels. **Energy Sources, Part A**, **29**(12), 1069-1080.
2. Erdin, C., & Ozkaya, G. (2019). Turkey's 2023 energy strategies and investment opportunities for renewable energy sources: Site selection based on electre. **Sustainability, 11**(7), 2136.
3. Li, X., Tan, H., & Rackes, A. (2015). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. **Journal of Cleaner Production, 106**, 97-108.
4. Trenberth, K. E. (2018). Climate change caused by human activities is happening and it already has major consequences. **Journal of energy & natural resources law**, **36**(4), 463-481.
5. Farman, J. C., Gardiner, B. G., & Shanklin, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. **Nature, 315**(6016), 207-210.
6. Shigetomi, Y., Nansai, K., Kagawa, S., & Tohno, S. (2018). Fertility-rate recovery and double-income policies require solving the carbon gap under the Paris Agreement. **Resources, Conservation and Recycling, 133**, 385-394
7. Karbon ayak izi. (Web sayfası: **http://www, karbon ayak izi.com/karbonayak izi**) (Erişim tarihi: Ekim 2020).
8. Moran, D., Kanemoto, K., Jiborn, M., Wood, R., Többen, J., & Seto, K. C., 2018. Carbon footprints of 13 000 cities. **Environmental research letters, 13**(6), 064041.
9. Geng, Y., Liu, K., Xue, B., & Fujita, T. (2013). Creating a "green university" in China: a case of Shenyang University. **Journal of Cleaner Production, 61**, 13-19.
10. Arrhenius, S., XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 1896. 41**(251): p. 237-276.

11. Ulusal Enerji Ajansı. (2003). Anahtar dünya enerji istatistikleri. Washington, DC: IEA

12. Mokhta, Z. M., Ong, M. Y., Salman, B., Nomanbhay, S., Salleh, S. F., Chew, K. W., . & Chen, W. H. (2020). Simulation studies on microwave-assisted pyrolysis of biomass for bioenergy production with special attention on waveguide number and location. **Energy, 190**, 116474.

13. Jeffry, L., Ong, M. Y., Nomanbhay, S., Mofijur, M., Mubashir, M., & Show, P. L. (2021). Greenhouse gases utilization: A review. **Fuel, 301**, 121017.

14. Boer, G. J., McFarlane, N. A., & Lazare, M. (1992). Greenhouse gas–induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model. **Journal of Climate**, **5**(10), 1045-1077.

15. Veriler ile dünyamız, 2020. Sera Gazı Emisyon İstatistikleri (Web sayfası: **https://ourworldindata.org/co2/country/canada?country=CAN~FRA~USA~CHN~IND~OWID_WRL~DEU~RUS#year-on-year-change-what-is-the-percentage-change-in-co2-emissions**.) (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2022)

16. Rossati, A. (2017). Global warming and its health impact. **The international journal of occupational and environmental medicine, 8**(1), 7.

17. Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., & Goodess, C. M. (2009). Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 C global warming. **Global and Planetary Change, 68**(3), 209-224.

18. Althor, G., J.E. Watson, and R.A. Fuller, Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change. Sci Rep, 2016. 6: p. 20281.

19. Türkeş, M. (1994). Artan sera etkisinin Türkiye üzerindeki etkileri. **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 321**, 71.

20. Türkeş, M. (2013). Observed and projected climate change, drought and desertification in Turkey. **Ankara Univ J Environ Sci, 4**(2), 1-32.

21. Yalçın, G. E., & Kara, F. Ö. (2014). Küresel iklim değişikliğinin Türkiye'de tarımsal üretime etkileri ve çözüm önerileri. *XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi,* 3(5).

22. Türkeş, M. (2001). Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, **TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın, 61**, 14-29.

23. Erem, Kaya, T., Atsan, T. 2008. Küresel ısınmanın tarım üzerine etkileri. *Türkiye 8. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 155-163, 25-27 Haziran, Bursa
24. Engindeniz, S., & Öztürk, G. (2010). Türkiye'de iklim değişikliğine karşı tarım sektöründe alınması gereken önlemler. Türkiye, 9, 956-963.
25. Newman, P. A. (2018). The way forward for Montreal Protocol science. **Comptes Rendus Geoscience, 350**(7), 442-447.
26. Velders, G. J., Andersen, S. O., Daniel, J. S., Fahey, D. W., & McFarland, M. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. **Proceedings of the National Academy of** Sciences, 104(12), 4814-4819.
27. Morgenstern, O., Braesicke, P., Hurwitz, M. M., O'Connor, F. M., Bushell, A. C., Johnson, C. E., & Pyle, J. A. (2008). The world avoided by the Montreal Protocol. **Geophysical Research Letters**, 35(16)
28. Sands, P. (1992). The United Nations framework convention on climate change. **Rev. Eur. Comp. & Int'l Envtl. L.**, 1, 270.
29. Greene, L. A. (2000). EHPnet: United Nations Framework Convention on Climate Change.
30. Akyel, Ö. (2009). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye'deki Uygulamaları.
31. Tompkins, E. L., & Amundsen, H. (2008). Perceptions of the effectiveness of the United Nations Framework Convention on Climate Change in advancing national action on climate change. **Environmental Science & Policy, 11**(1), 1-13.
32. Protocol, K. (1997). Kyoto protocol. UNFCCC (Web sayfası: **http://unfccc. int/kyoto_protocol/items/2830. Php**) (Erişim Tarihi: Ocak 2021).
33. Bayrak, M. R. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Türkiye'de Düşük Karbon Ekonomisi ve Kyoto Protokolü'nün Finansman Kaynakları/Low Carbon Economy and Financial Sources of The Kyoto Protocol for Sustainable Development In Turkey. **Journal of History Culture and Art Research**, **1**(4), 266-279
34. Şişbot, S., Yildiran, U., & Tunc, M. (2015). Optimal distribution of electrical energy sources in Turkey with the impact of the Kyoto Protocol. **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 10**(3), 288-297.
35. Savaresi, A. (2016). The Paris Agreement: a new beginning?. Journal of Energy & Natural Resources Law, 34(1), 16-26.

36. Falkner, R. (2016). The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. **International Affairs, 92**(5), 1107-1125.
37. Clémençon, R. (2016). The two sides of the Paris climate agreement: Dismal failure or historic breakthrough?. **The Journal of Environment & Development,** 25(1), 3-24.
38. Rajamani, L. (2016). Ambition and differentiation in the 2015 Paris Agreement: Interpretative possibilities and underlying politics. **International & Comparative Law Quarterly, 65**(2), 493-514.
39. Kat, B., Paltsev, S., & Yuan, M. (2018). Turkish energy sector development and the Paris Agreement goals: A CGE model assessment. **Energy Policy**, 122, 84-96.
40. Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (Vol. 9). New society publishers.
41. Specification, P. A. (2008). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Bsi Br. Stand. Isbn, 978, 580
42. Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental monitoring and assessment**, 178(1), 135-160.
43. Harangozo, G., & Szigeti, C. (2017). Corporate carbon footprint analysis in practice–With a special focus on validity and reliability issues**. Journal of cleaner production, 167,** 1177-1183.
44. Lin, S. M. (2016). Reducing students' carbon footprints using personal carbon footprint management system based on environmental behavioural theory and persuasive technology. **Environmental Education Research**, 22(5), 658-682.
45. Bastianoni, S., Marchi, M., Caro, D., Casprini, P., & Pulselli, F. M. (2014). The connection between 2006 IPCC GHG inventory methodology and ISO 14064-1 certification standard–A reference point for the environmental policies at sub-national scale. **Environmental Science & Policy**, 44, 97-107.
46. ISO 14064 belgesi. (Web sayfası: **https://www.isobelgesi.gen.tr/iso-14064-belgesinedir-nasil-alinir-dogrulamasi-nasil-ve-kim-tarafindan-yapilir-danismanlik-hizmetindeneler-yapilir-)** (Erişim tarihi: 09.09.2020).

47. Hickmann, T. (2017). Voluntary global business initiatives and the international climate negotiations: A case study of the Greenhouse Gas Protocol. **Journal of Cleaner Production,** 169, 94-104
48. Bhatia, P., & Ranganathan, J. (2004). The Greenhouse Gas Protocol.
49. Adler, C. E., & Hirsch Hadorn, G. (2014). The IPCC and treatment of uncertainties: topics and sources of dissensus. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 5**(5), 663-676.
50. Pedersen, J. T. S., van Vuuren, D., Gupta, J., Santos, F. D., Edmonds, J., & Swart, R. (2022). IPCC emission scenarios: How did critiques affect their quality and relevance 1990–2022?. **Global Environmental Change**, 75, 102538.
51. Franco Idárraga, F. L. (2019). UI GreenMetric World University Ranking. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).
52. Suwartha, N., & Berawi, M. A. (2019). The role of UI GreenMetric as a global sustainable ranking for Higher Education Institutions. **Int. J. Technol, 10**, 862-865.
53. GreenMetric, U. I. World University Rankings 2019. Criteria & Indicators.
54. Eccleston, C. H., March, F., & Cohen, T. (2011). Inside energy: Developing and managing an ISO 50001 energy management system**. CRC Press**.
55. Marimon, F., & Casadesús, M. (2017). Reasons to adopt ISO 50001 energy management system. **Sustainability, 9**(10), 1740.
56. Mirabella, N., & Allacker, K. (2021). Urban GHG accounting: discrepancies, constraints and opportunities. **Buildings and Cities, 2**(1).
57. Yañez, P., Sinha, A., & Vásquez, M. (2019). Carbon footprint estimation in a university campus: evaluation and insights. **Sustainability, 12**(1), 181.
58. Protocol, G. G., & Greenhouse Gas Protocol Initiative. (2004). A corporate accounting and reporting standard. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.
59. Samara, F., Ibrahim, S., Yousuf, M. E., & Armour, R. (2022). Carbon Footprint at a United Arab Emirates University: GHG Protocol. **Sustainability, 14**(5), 2522. Google Earth, 2017
60. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli. Ulusal Sera Gazı Envanterleri için 2006 IPCC Yönergeleri. (Web sayfası: **www.ipcc-nggip.iges.or.jp**) (Erişim Sayfası: Ağustos 2022)

61. Dindar, G. (2021). Otomotiv Yan Sanayinde Karbon Ayak İzinin Hesaplanması– Bursa İli Örneği. Bursa Uludağ Üniversitesi, Doktora Tezi, Bursa, 88.
62. (EPA 2020). Waste Reduction Model (WARM), Version 15. U.S. Environmental Protection Agency.
63. EPA (2019). Savings Calculator for ENERGY STAR Qualified Light Bulbs. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
64. UI GreenMetric Dünya Üniversiteler Sıralaması, 2017. (Web sayfası: **https://greenmetric.ui.ac.id/wp-content/uploads/2015/07/UI-GreenMetric-Guideline-2017_Turkish-Rev.1.pdf**),(Erişim Tarihi: 3 Ekim 2022).
65. Durukan, M. (1997). Yanma gaz analizleri ve doğalgaz uygulamalarındaki önemi. **Tesisat Mühendisliği Dergisi,** 18.
66. Bernodusson, J., 2018 Combustion of Fossil Fuels (Web Sayfası: **https://www.samgongustofa.is/media/siglingar/skyrslur/Combustion-of-fossil-fuels-2018-en-1.pdf**), (Erişim Tarihi: Ekim 2022).
67. Google Earth, 2017. (Web Sayfası: **https://earth.google.com/**), (Erişim Tarihi: Ağustos 2022).
68. Erciyes Üniversitesi Faaliyet Raporları, 2017, 2018, 2019. (**Web Sayfası: https://strateji.erciyes.edu.tr/tr/idare-faaliyet-raporlari**), (Erişim Tarihi: Ağustos 2022).
69. Demirarslan, K. O., Aydın, E., & Aydın, M. A. (2017). Artvin Çoruh Üniversitesi Seyitler Yerleşkesinin Güz Dönemi Katı Atık Karakterizasyonu. **Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 3**(2), 77-86.
70. Işıldar, A. Y., & Öztürk, R. Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü Katı Atıklarının Geri Kazanım Potansiyeli.
71. Gözen, E., & Salihoğlu, N. K. Bursa Uludağ Üniversitesi'nde Katı Atık Karakterizasyonu ve Geri Dönüşüm Potansiyelinin Belirlenmesi. 110.
72. Gündüz, M. Y. (2021). Geri Dönüşebilir Atıkların Kontrolü ve Sıfır Atık Projesi Uygulamaları: Necmettin Erbakan Üniversitesi Örneği. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Yüksek Tezi, Bursa, 84.
73. Türkiye İstatistik Kurumu. (Web sayfası: **https://www.tuik.gov.tr/**) (Erişim Tarihi: Ağustos 2022).
74. Tipik yakıt tüketimi. (Web Sayfası: **https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eeaguidebook-2019/part-b-**

sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-bi/view), (Erişim Tarihi: Mart 2022).

75. Küresel Isınma Potansiyeli IPCC Kılavuzu. (Web Sayfası: **https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/**), (Erişim Tarihi: Mart 2022)
76. IPCC Kılavuzları. (Web Sayfası: **https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/**) (Erişim Tarihi: Mart 2022)
77. Carpio Martínez, M. (2018). Environmental and economic effects of using renewable energy in residential thermal installations according to 2030 targets: Case study in the province of Granada (Spain). **DYNA, 93**(5). 474-477.
78. Brown, S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. **Environmental pollution, 116**(3), 363-372.
79. Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental pollution, 116**(3), 381-389.
80. Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. **PloS one, 15**(2), e0206266.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Fidan Büşra GÜRSOY

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Enerji Sistemleri Müh	2023
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Enerji Sistemleri Müh	2019
Lise	Fatih Anadolu Lisesi, Adıyaman	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2021-Halen	Adıyaman Teknokent Koleji	Elektrik Öğretmeni
2020-2021	2247C-TÜBİTAK STAR Projesi	Araştırmacı
2020-2021	Erciyes Üniversitesi BAP Projesi	Araştırmacı
2019-2019	Ayenka Mühendislik	Stajyer
2018-2018	Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş.	Stajyer
2017-2017	GTC Güneş Sanayi ve Ticaret	Stajyer
2016-2016	Ilk Construction	Stajyer

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Gürsoy, F.B., Azgın Ş.T., Genç M.S. (2022). Erciyes Üniversitesi Kampüsü Karbon Ayak İzinin Azaltım Stratejileri: EPA Simülasyonları, 2. Uluslararası Dünya Enerji Kongresi (IWEC). 9-10 Aralık 2022, Kayseri/ Türkiye

2. Gürsoy, F.B., Azgın Ş.T., Genç M.S. (2022). Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Karbon Ayak İzinin Değerlenmesi, 2. Uluslararası Dünya Enerji Kongresi (IWEC). 9-10 Aralık 2022, Kayseri/ Türkiye

PATENT

1. Genç M.S., Genç G., Bayır E., Gürsoy F., Bodur T.M., Göçlü M.B., Yılmaz O., Solunum Cihazının Valf Bobini Tasarımı, Türk Patent, 2021/014642