İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN KARBON AYAK İZİNE PANDEMİNİN ETKİSİ: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI

Yüksek Lisans Tezi

Mehmed Kamil İlter

Nisan 2024

İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN KARBON AYAK İZİNE PANDEMİNİN ETKİSİ: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI

Yüksek Lisans Tezi

Mehmed Kamil İlter

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Senem Teksoy Başaran

Nisan-2024

TEZ JÜRİSİ ONAYI

Mehmed Kamil İlter tarafından hazırlanan “Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Karbon Ayak İzine Pandeminin Etkisi” başlıklı bu Yüksek Lisans Tezi, Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ	**İMZA**
Tez Danışmanı:	
Dr. Öğr. Ü. Senem TEKSOY BAŞARAN İstanbul Medeniyet Üniversitesi	.....
Üyeler:	
Doç. Dr. Burçak KAYNAK TEZEL İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Prof. Dr. Özgür AKTAŞ İstanbul Medeniyet Üniversitesi	.....

Tez Savunma Tarihi: 29.04.2024

BEYANLAR

Yazım ve Kaynak Gösterme Kılavuzu Beyanı

Danışmanlığımda yazılan bu tezin APA yazım ve kaynak gösterme kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak yapılandırıldığı ve bu kılavuzun APA kaynak gösterme standartlarının bu tezde tutarlı olarak uygulandığı tarafımdan incelenerek teyit edilmiştir.

İmza
Dr. Öğr. Üyesi Senem TEKSOY BAŞARAN

Etik İlkelere Sadakat Beyanı

Hazırladığım bu tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İmza
Mehmed Kamil İLTER

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimimde hem kendisinden almış olduğum derslerde hem de yapmış olduğum yüksek lisans tezimin tüm aşamalarında bilgi ve birikiminden fazlasıyla istifade ettiğim değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Senem TEKSOY BAŞARAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Kendisini tanıdığım ilk günden itibaren maddi ve manevi fedakarlığını hiçbir zaman eksik etmeyen kıymetli eşim, en iyi arkadaşım, oğlumuz Ömer Faruk'un biricik annesi Ayşenur İLTER'e sonsuz teşekkür ederim.

Doğduğum günden beri attığım her adımda bana destek olan ve beni yetiştiren sevgili annem Zeynep İLTER'e ve çektiğim her zorlukta omzumda elini hissettiren kıymetli babam Özkan İLTER'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasındaki hesaplamalarda yazılım bilgilerinden faydalandığım çocukluk arkadaşım Sabri Kusay GÜLMEZ'e de şükran borçluyum.

Mehmed Kamil İLTER

Nisan, 2024

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER V

KISALTMALAR ..... Vİİİ

TABLO LİSTESİ ..... İX

ŞEKİL LİSTESİ ..... Xİİ

BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETİ 5

2.1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GENEL BAKIŞ 5

2.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ 8
2.1.1. Yüksek Karbon Emisyonları 8
2.1.2. Fosil Yakıtların Kullanımı 8
2.1.3. Ormansızlaşma 8
2.1.4. Tarım ve Hayvancılık Faaliyetleri 8
2.1.5. Atık Yönetimi 9

2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ 9
2.3.1. Çevresel Etkiler 9
2.3.2. Ekonomik Etkiler 10
2.3.3. Sağlık Üzerindeki Etkiler 10

2.4. SERA ETKİSİ VE SERA GAZI EMİSYONLARI 11
2.4.1. Karbon dioksit (CO_2) 11
2.4.2. Metan (CH_4) 11
2.4.3. Diazot monoksitler (N_2O) 11
2.4.4. Kloroflorokarbonlar (CFC) 12

2.5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI 12
2.5.1. Mitigasyon ve Adaptasyon Politikaları 12
2.5.2. Uluslararası İklim Değişikliği Politikaları ve Türkiye'nin Yaklaşımı 13
2.5.3. Stockholm ve Rio Konferansları 13
2.5.4. Kyoto Protokolü 13
2.5.5. Paris Anlaşması 14

2.6. KARBON AYAK İZİ KAVRAMI VE SERA GAZI EMİSYON ENVANTERİ 15
2.6.1. Karbon Ayak İzinin Tanımı ve Önemi 15
2.6.2. Sera Gazı Emisyon Envanteri Hesaplanması ve Standartları 15
2.6.2.1. ISO 14064-1:2019 Standardı 16
2.2.2.2. Greenhouse Gas (GHG) Protocol 18
2.6.2.3. IPCC Yönergeleri 19

2.7. SAĞLIK KURULUŞLARININ KARBON AYAKİZİ 20
2.7.1. Sağlık Kuruluşlarının Sera Gazı Emisyonları Bileşenleri 21
2.7.1.1. Elektrik, Su, Doğalgaz Kullanımları 21
2.7.1.2. Atık Yönetimi 21
2.7.1.3 Kimyasal Malzemeler ve İlaç Tüketimi 22
2.7.1.4. Ulaşım ve Tedarik 22
2.7.1.5. Medikal ve Sarf Ürünler 22
2.7.1.6. Yeme-İçme Hizmetleri 23
2.7.1.7. Diğer Hizmetler 23

BÖLÜM 3. GEREÇ VE YÖNTEM 24

3.1. VAKA ÇALIŞMASI ÖRNEKLEMESİ 24

3.2. SERA GAZI EMİSYON ENVANTERİ OLUŞTURMA YAKLAŞIMI 25

3.3. SERA GAZI EMİSYON SINIFLARI VE KAYNAKLARI 25

3.4. FAALİYET VERİLERİ 26
3.4.1 Faaliyet Verileri ve Veri Kaynakları 26
3.4.1.1. Kategori 1 Doğrudan Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri 27
3.4.1.2. Kategori 2 Enerji Dolaylı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri 27
3.4.1.3. Kategori 3 Ulaştırma Kaynaklı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri . 28
3.4.1.4. Kategori 4 Satın alınan ürün/hizmetler Kaynaklı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri 29

3.5. HESAPLAMA YAKLAŞIMI 33
3.5.1. Doğrudan ve Enerji Dolaylı (Kategori 1 ve Kategori 2) Emisyonların Hesaplanması 33
3.5.2. Ulaştırma/Nakliye Kaynaklı Dolaylı Emisyonların (Kategori 3) Hesaplanması 34
3.5.3. Satın Alınan Ürün/Hizmet Kaynaklı Dolaylı Emisyonların (Kategori 4) Hesaplanması 35

3.6. EMİSYON FAKTÖRLERİ 36

3.7. BELİRSİZLİK ANALİZİ 40

BÖLÜM 4 BULGULAR 42

4.1. KATEGORİ 1 SERA GAZI EMİSYONLARI 42
4.1.1. Üniversite Hastanesi 1 42
4.1.2. Üniversite Hastanesi 2 50

4.2. KATEGORİ 2 SERA GAZI EMİSYONLARI 60
4.2.1. Üniversite Hastanesi 1 60
4.2.2. Üniversite Hastanesi 2 66

4.3. KATEGORİ 3 SERA GAZI EMİSYONLARI 74

4.3.1. Üniversite Hastanesi 1 74
4.3.2. Üniversite Hastanesi 2 77

4.4. KATEGORİ 4 SERA GAZI EMİSYONLARI 79
4.4.1. Üniversite Hastanesi 1 79
4.4.2. Üniversite Hastanesi 2 81

4.5. HASTANELERİN SERA GAZI EMİSYON ÖZETLERİ 84
4.5.1. Üniversite Hastanesi 1 84
4.5.2. Üniversite Hastanesi 2 86

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 90

KAYNAKÇA 98

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AFOLU : Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı
AR6 : 6. Değerlendirme Raporu
CDM : Temiz Kalkınma Mekanizması
EÇBS : Entegre Çevre Bilgi Sistemi
EPDK : Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
EPA : Amerikan Ulusal Çevre Koruma Ajansı
ÇŞİDB : Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
GIS : Coğrafi Bilgi Sistemi
GPC : Toplum Ölçekli Sera Gazı Emisyonu Envanterleri Küresel Protokolü
IPCC : Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
IPPU : Endüstriyel Prosesler ve Ürün Kullanımı
İBB : İstanbul Büyükşehir Belediyesi
KIP : Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli
NID : Net Isıl Değer
NIR : Ulusal Envanter Raporu
OF : Oksidasyon Faktörü
ÇF : Çevrim Faktörü
SG : Sera Gazı
UNFCCC : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: En Yaygın Sera Gazlarının Küresel Isınma Etki Potansiyelleri (IPCC, 2021) 12
Tablo 3.1: Örnekleme Yapılan Hastaneler Hakkında Genel Bilgiler - Üniversite Hastanesi 1 24
Tablo 3.2: Örnekleme Yapılan Hastaneler Hakkında Genel Bilgiler - Üniversite Hastanesi 2 24
Tablo 3.3: Vaka Çalışması Örneklemesi Yapılan Üniversite Hastaneleri Sera Gazı Emisyon Envanteri Faaliyet Sınırları 25
Tablo 3.4: Sağlık Kuruluşlarında En Sık Kullanılan Tıbbi ve Diğer Sarf Malzemeler 30
Tablo 3.5: Örnek Bir Menüye Ait Sera Gazı Emisyon Bilgileri 30
Tablo 3.6: Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar ve bertaraf yöntemleri 31
Tablo 3.7: Sağlık Kuruluşları Sera Gazı Emisyon Envanteri Faaliyet Verileri ve Veri Kaynakları 32
Tablo 3.8: Doğrudan ve Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri 33
Tablo 3.9: Ulaştırma/Nakliye Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri 34
Tablo 3.10: Satın Alınan Ürün/Hizmet Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri 35
Tablo 3.11: Fosil Yakıt CO_2 Emisyon Faktörleri 36
Tablo 3.12: Fosil Yakıt CH_4 ve N_2O Emisyon Faktörleri 36
Tablo 3.13: Ulusal Şebeke Sera Gazı Emisyon Faktörleri 37
Tablo 3.14: Kaçak Emisyon ve Medikal Gazların Küresel Isınma Etki Potansiyelleri (IPCC, 2006) 37
Tablo 3.15: Su Temini Sera Gazı Emisyon Faktörü 37
Tablo 3.16 Atıksuların Arıtılması Sera Gazı Emisyon Faktörü 38
Tablo 3.17: Ulaşım Kaynaklı Faaliyetlere Ait Sera Gazı Emisyon Faktörleri 38
Tablo 3.18: Satın Alınan Malzemelerin Materyallerine Ait Sera Gazı Emisyon Faktörleri 39
Tablo 3.19: Sera Gazı Emisyon Envanterinde Satın Alınan İlaçlara Ait Emisyon Faktörü 39
Tablo 3.20: Sera Gazı Emisyon Envanterinde Atıklar ve İşleme Yöntemlerine Ait Emisyon Faktörleri 40
Tablo 4.1: Üniversite Hastanesi 1 - 2018 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 42
Tablo 4.2. Üniversite Hastanesi 1 - 2019 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 42
Tablo 4.3. Üniversite Hastanesi 1 - 2020 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 43
Tablo 4.4. Üniversite Hastanesi 1 - 2021 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 43
Tablo 4.5. Üniversite Hastanesi 1 - 2022 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 44
Tablo 4.6: Üniversite Hastanesi 1 – Yıllara Göre Kategori 1 Sera Gazı Emisyonları 47

Tablo 4.7: Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2018) 48
Tablo 4.8: Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2019) 48
Tablo 4.9: Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2020) 48
Tablo 4.10: Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2021) 49
Tablo 4.11: Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2022) 49
Tablo 4.12: Üniversite Hastanesi 2 - 2018 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 50
Tablo 4.13: Üniversite Hastanesi 2 - 2019 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 51
Tablo 4.14: Üniversite Hastanesi 2 - 2020 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 51
Tablo 4.15: Üniversite Hastanesi 2 - 2021 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 52
Tablo 4.16: Üniversite Hastanesi 2 - 2022 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 52
Tablo 4.24: Üniversite Hastanesi 1 – 2019 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 61
Tablo 4.25: Üniversite Hastanesi 1 – 2020 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 62
Tablo 4.26: Üniversite Hastanesi 1 – 2021 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 63
Tablo 4.27: Üniversite Hastanesi 1 – 2022 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 64
Tablo 4.28: Üniversite Hastanesi 2 – 2018 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları 66
Tablo 4.29: Üniversite Hastanesi 2 – 2019 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları 67
Tablo 4.30: Üniversite Hastanesi 2 – 2020 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları 68
Tablo 4.31: Üniversite Hastanesi 2 – 2021 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları 69
Tablo 4.32: Üniversite Hastanesi 2 – 2022 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları 70
Tablo 4.33: Üniversite Hastanesi 1– Hasta ve Alan Başına Kategori 2 Karbon Yoğunluğu 72
Tablo 4.34: Üniversite Hastanesi 2– Hasta ve Alan Başına Kategori 2 Karbon Yoğunluğu 73
Tablo 4.35: Üniversite Hastanesi 1 2018 yılı Kategori 3 Emisyonları 74
Tablo 4.36: Üniversite Hastanesi 1 2019 yılı Kategori 3 Emisyonları 75
Tablo 4.37: Üniversite Hastanesi 1 2020 yılı Kategori 3 Emisyonları 75
Tablo 4.38: Üniversite Hastanesi 1 2021 yılı Kategori 3 Emisyonları 75
Tablo 4.39: Üniversite Hastanesi 1 2022 yılı Kategori 3 Emisyonları 75

Tablo 4.40: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2018) 77
Tablo 4.41: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2019) 77
Tablo 4.42: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2020) 77
Tablo 4.43: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2021) 77
Tablo 4.44: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2022) 78
Tablo 4.45: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2018) 79
Tablo 4.46: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2019) 79
Tablo 4.47: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2020) 80
Tablo 4.48: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2021) 80
Tablo 4.49: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2022) 80
Tablo 4.50: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2018) 81
Tablo 4.51: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2019) 81
Tablo 4.52: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2020) 82
Tablo 4.53: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2021) 82
Tablo 4.54: Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2022) 82
Tablo 4.55: Üniversite Hastanesi 1 - Kategori ve Yıllık Olarak Toplam Sera Gazı Emisyonları 84
Tablo 4.56: Üniversite Hastanesi 1 - Toplam Sera Gazı Emisyonu Üzerinden Yıllara Göre Kişi, Alan ve Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu 85
Tablo 4.57: Üniversite Hastanesi 2 - Kategori ve Yıllık Olarak Toplam Sera Gazı Emisyonları 86
Tablo 4.58: Üniversite Hastanesi 2 - Toplam Sera Gazı Emisyonu Üzerinden Yıllara Göre Kişi, Alan ve Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu 87
Tablo 4.60: Hastane 1 Kategori 1 ve 2 CO2 emisyonları belirsizlik analizi..... 89
Tablo 5.1: Pandemi Öncesi Çalışmalar İle Yapılan Karşılaştırmalar……100
Tablo 5.2: Pandemi Öncesi ve Pandemi Dönemini İçeren Çalışmalar……..…101
Tablo 5.3: Pandemi Öncesi Çalışmalar İle Karşılaştırmalar (Tüm Kategoriler)..…102

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nda Taahhüt Ettiği Karbon Ayak İzi Azaltım Senaryosu (Karakaya, 2016b) 14
Şekil 2.2: Bazı ülkelerde sağlık faaliyetlerinin karbon ayak izinin toplam karbon ayak izine oranı (Rodríguez-Jiménez vd., 2023) 21
Şekil 3.1: Yolcu Taşımacılığında Kullanılan Taşıtlara Göre Sera Gazı Emisyon Faktörleri (IEA, 2019) 39
Şekil 4.1: Üniversite Hastanesi 1 - Yıllarına Göre Kapsam 1 Emisyonları 45
Şekil 4.2: Üniversite Hastanesi 1 - 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 45
Şekil 4.3: Üniversite Hastanesi 1 - 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 46
Şekil 4.4: Üniversite Hastanesi 1 - 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 46
Şekil 4.6: Üniversite Hastanesi 1 - 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 47
Şekil 4.7: Üniversite Hastanesi 2 - Yıllarına Göre Kapsam 1 Emisyonları 53
Şekil 4.8: Üniversite Hastanesi 2 - 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 54
Şekil 4.9: Üniversite Hastanesi 2 - 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 54
Şekil 4.10: Üniversite Hastanesi 2 - 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 55
Şekil 4.11: Üniversite Hastanesi 2 - 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 55
Şekil 4.12: Üniversite Hastanesi 2 - 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları 56
Şekil 4.13: Üniversite Hastanesi 1 - 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 61
Şekil 4.14: Üniversite Hastanesi 1 - 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 62
Şekil 4.15: Üniversite Hastanesi 1 - 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 63
Şekil 4.16: Üniversite Hastanesi 1 - 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 64
Şekil 4.17: Üniversite Hastanesi 1 - 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 65
Şekil 4.18: Üniversite Hastanesi 1 – 2018-2022 Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları Özeti 65
Şekil 4.19: Üniversite Hastanesi 2 - 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 67
Şekil 4.20: Üniversite Hastanesi 2 - 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 68
Şekil 4.21: Üniversite Hastanesi 2 - 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 69

Şekil 4.22: Üniversite Hastanesi 2 - 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 70
Şekil 4.23: Üniversite Hastanesi 2 - 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları 71
Şekil 4.24: Üniversite Hastanesi 2 – 2018-2022 Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları Özeti..... 72
Şekil 4.25: 2018-2022 Yılları Arasında Üniversite Hastanesi 1'in Kategori 3 Emisyonları 76
Şekil 4.26: Üniversite Hastanesi 2 İçin Faaliyetlere Göre Kategori 3 Emisyonlarının Aylara Göre Dağılımı..... 78
Şekil 4.27: Üniversite Hastanesi 1 - Faaliyet ve Yıllık Bazlı Kategori 4 Sera Gazı Emisyonları 80
Şekil 4.28: Üniversite Hastanesi 2 - Faaliyet ve Yıllık Bazlı Kategori 4 Sera Gazı Emisyonları 83
Şekil 4.29: Üniversite Hastanesi 1 - Yıl ve Kategori Bazlı Toplam Sera Gazı Emisyonları 85
Şekil 4.30: Üniversite Hastanesi 2 - Yıl ve Kategori Bazlı Toplam Sera Gazı Emisyonları 86

SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN KARBON AYAK İZİNE PANDEMİNİN ETKİSİ: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI

İlter, Mehmed Kamil

Yüksek Lisans Tezi, Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Senem Teksoy Başaran

Nisan, 2024. 103 Sayfa.

Sağlık sektörünün, özellikle enerji ve hammadde kullanımı ve atık oluşumu bakımından önemli çevresel etkilere sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu kapsamda, günümüzün en büyük küresel sorunu olarak tanınan iklim değişikliği bağlamında sağlık hizmetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplanması ve yönetimine yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir. Sağlık kuruluşlarının, kesintisiz faaliyet gösteren az sayıda sektörden biri olarak büyük miktarda doğrudan veya dolaylı sera gazı emisyonlarına yol açtıkları bilinmektedir.

Bunula birlikte küresel COVID-19 salgını süresince sağlık kuruluşlarının; yoğun bakım kapasitelerinde, tıbbi malzeme tüketiminde, salgınla mücadele için yapılan taşıt kullanımında, solunum desteği gereken hastalar için temin edilen medikal gaz miktarında ve daha pek çok tüketim ve hizmet kalemlerindeki artış ile birlikte; sokağa çıkma kısıtlamalarından ötürü hasta ziyaret sayılarında, hayati önem taşımayan hastalıkların önceliğini yitirmesi nedeniyle hastane ziyaretlerinde, hayati öneme sahip olmayan pek çok ameliyatın ertelenmesi, buna bağlı olarak ameliyat sayılarında ve daha pek çok tüketim ve hizmet kalemlerindeki düşüş nedeniyle COVID-19 salgınının, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izine anlamlı bir etki yaptığı öngörülmüştür.

Bu tez çalışmasında İstanbul ili sınırlarında bulunan biri 85 (Üniversite Hastanesi 1) diğeri 95 (Üniversite Hastanesi 2) yatak kapasiteli iki üniversite hastanesine ait 2018 ile 2022 yılları arasındaki sera gazı emisyon envanterleri hazırlanmıştır. Bu kapsamda her iki hastane için de ISO 14064-1 standardı yaklaşımı ile IPCC ve GHG Protokol

rehberleri dikkate alınarak doğrudan (Kategori 1), enerji dolaylı (Kategori 2) ve diğer dolaylı (Kategori 3 ve Kategori 4) sera gazı emisyonları hesaplanmıştır.

Hasta başına toplam doğrudan ve enerji dolaylı emisyonlar değerlendirildiğinde, her iki hastanede de pandemi etkisinin en yoğun tecrübe edildiği 2020 yılında en yüksek emisyon yoğunlukları gözlenmiş olup (10,6 ve 8,2 kg CO_2e/kişi), hasta sayısının 2022 yılında 2020 yılına oranla yaklaşık iki kat artması ile birlikte kişi başına emisyonlarda da 36%'ya varan azalma gözlenmiştir. Diğer dolaylı emisyonlar incelendiğinde tek kullanımlık sarf malzemelerin kullanım miktarının artması ve beraberinde atık miktarlarındaki artış ile 2020 yılı sera gazı emisyonlarında belirgin artışlar gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Sera gazı emisyonları, sağlık kuruluşu sera gazı emisyonları, pandemi etkisi

THE EFFECT OF THE PANDEMIC ON THE CARBON FOOTPRINT OF HEALTH CARE INSTITUTIONS: A CASE STUDY

İlter, Mehmed Kamil

Master Thesis, Department of Environmental and Energy Systems Engineering,

Environmental and Energy Systems Engineering Program

Advisor: Asst.Prof. Senem Teksoy Başaran

April, 2024. 103 pages.

It has been demonstrated that the healthcare sector has significant environmental impacts, especially in terms of energy and raw material use and waste generation. In this context, studies on the calculation and management of the carbon footprint resulting from healthcare services in the context of climate change, which is recognized as the biggest global problem of today, attract attention. It is known that healthcare institutions, as one of the few sectors that operate uninterruptedly, cause large amounts of direct or indirect greenhouse gas emissions.

However, during the global COVID-19 epidemic, health institutions; With the increase in intensive care capacities, medical equipment consumption, vehicle use to combat the epidemic, the amount of medical gas provided for patients requiring respiratory support and many other consumption and service items; Due to the decrease in the number of patient visits due to curfew restrictions, hospital visits due to non-vital diseases losing their priority, the postponement of many non-vital surgeries, the resulting decrease in the number of surgeries and many other consumption and service items, the COVID-19 epidemic has been affected by health institutions. It is predicted This thesis presents the greenhouse gas emission inventories of two university hospitals within the boundaries of Istanbul province, one with a capacity of 85 beds (University Hospital 1) and the other with a capacity of 95 beds (University Hospital 2), between the years 2018 and 2022. In this context, greenhouse gas emissions, including direct (Category 1), energy indirect (Category 2), and other indirect (Category 3 and Category 4) emissions, were calculated for both hospitals, considering the ISO 14064-1 standard approach and the IPCC and GHG Protocol guidelines.

When evaluating the total direct and energy indirect emissions per patient, the highest emission intensities were observed in 2020 as , when the pandemic had its most intense impact, in both hospitals (10.6 and 8.2 kgCO_2e/person). With the increase in the number of patients approximately doubling in 2022 compared to 2020, a decrease of up to 36% was observed in emissions per person. When other indirect emissions were examined, significant increases were observed in the use of single-use consumables and the associated increase in waste quantities, leading to a notable increase in ghg emissions in 2020.

Key Words: Climate change, Greenhouse gas emissions, healthcare facility, pandemic impact

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Karbon ayak izi kavramı; dünya nüfusunun ivmeli bir şekilde artmasına bağlı olarak gereken enerji ihtiyacını sağlarken doğal kaynakların sürdürülebilir kalkınma prensiplerine aykırı, plansız bir şekilde tüketiminin küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olmasından ötürü son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Karbon ayak izi; bireylerin, kurumların, kuruluşların, firmaların, ürünlerin ve hatta ülkelerin, tüm yaşam döngüsü boyunca iklim değişikliği ve küresel ısınmaya yapmış olduğu etkinin somut bir şekilde anlaşılmasını sağlayan sayısal bir ölçüttür.

Karbon ayak izi, üretilen sera gazı emisyonlarını tespit etmede kullanılan yöntemlerinden biridir. Özellikle karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve azot oksit türevleri (NOx) gibi sera gazları, atmosferde birikerek küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Sera gazları, kirletici gazlar sınıfına girmemektedir. Atmosferde biriken sera gazları, dünyaya yansıyan güneş ışınlarının atmosfer dışına iletimini engelleyerek atmosfer içinde kalmasını sağlamaktadır. Atmosfer içerisinde kalan ısı ve ışınlar, ortalama sıcaklığı artırarak iklim değişikliğine neden olmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008).

Günümüzde sürdürülebilirlik ve sağlık gibi iki önemli konu, küresel çapta daha fazla ilgi kazanmaktadır. Bu iki önemli noktanın kesiştiği noktalardan biri, karbon ayak izi kavramının sağlık endüstrisine olan etkileridir. Son yıllarda, çevre dostluğunun teşvik edildiği dönüşüm süreçleri, sağlık hizmetlerinin kullanımının sonuçları ve özellikle de karbon ayak izi, ciddi bir ilgi konusu haline gelmiştir (Nagasaki vd., 2023).

Sağlık kuruluşları, sürekli olarak aktif çalışan az sayıda sektörden biridir. Sağlık sektörü; bireyleri ve toplumları koruma amacıyla çok önemli bir rol oynarken, aynı zamanda doğrudan veya dolaylı yoldan enerji tüketimi, su tüketimi ve atık üretiminden ötürü çevresel pek çok etkiye de neden olmaktadır. Sağlık hizmetleri veren hastaneler, klinikler ve tıp merkezleri gibi tesislerin operasyonlarının, büyük miktarda enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarına yol açtığı bilinmektedir (Nicolet vd., 2022a).

Sağlık hizmetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin ülkenin tamamının karbon ayak izine oranı 2011 yılında Japonya'da 4,6%, 2014 yılında Avustralya'da 7% ve 2007 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde ise yaklaşık %10'dur (Booth, 2022). Bu nedenle, sağlık hizmetlerinin kullanımından kaynaklanan karbon ayak izini azaltma çabaları hem hizmeti sürdürmeyi desteklemek hem de içinde yaşadığımız dünyayı korumak ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir gelecek bırakmak için hayati öneme sahiptir.

COVID-19, dünya genelinde sağlık sistemlerini fazlasıyla zorlayan ve ülkeleri derinden etkileyen bir olay olarak hafızalarda yer etmektedir. Pandemi sadece sağlık alanında değil, aynı zamanda üretim, tedarik, depolama ve enerji taleplerinde de etkilere neden olmuştur. Bu nedenle sağlık kuruluşlarının operasyonlarından kaynaklı olarak enerji tüketimi, su tüketimi ve atık üretiminin dışında; tıbbi sarf malzemeler, genel ihtiyaç malzemeleri ve ilaçların üretiminden bertarafına kadar oluşturduğu çevresel etkiler de göz ardı edilmemelidir (Morooka vd., 2022).

COVID-19 salgını, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de sağlık sistemlerinin sürdürülebilir bir şekilde çalışmasını engellemiştir. Aşırı hasta yükü, yoğun bakım ünitelerinin doluluğu, tıbbi ekipman ve ilaç sıkıntıları salgının getirdiği başlıca zorluklardan bazılarıdır (Baş ve Sur, 2023).

Pandemi aynı zamanda ülkemizde enerji tüketiminde ve doğal olarak karbon ayak izinde de birtakım değişikliklere sebebiyet vermiştir. Uzun süren karantina ve sokağa çıkma yasakları, enerji tüketiminde bir süreliğine azalmaya neden olmuştur. Özellikle fabrikalarda üretimin azalması ve toplu taşımanın sınırlanması, Türkiye'de karbon salınımlarının kısa süreli de olsa bir düşüşe neden olduğu görülmüştür. Ancak bu düşüş, uzun vadeli ve sürdürülebilir olmamıştır (Ateş, 2022). Bunun nedeni ise karbon salınımındaki düşüşün planlı bir sisteme değil, kısıtlamalara bağlı olmasıdır. Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik ve karbon salınımlarını azaltma hedeflerine ulaşabilmesi için daha kapsamlı ve kararlı adımlar atması gerekmektedir.

Türkiye, 2015'te kabul edilen Paris Anlaşması'nı onaylayan ülkeler arasında yer almakta olup, 2030 yılına ait tahmini sera gazı emisyonu olan 1.175 Mt CO_2e değerini 21% oranında azaltarak 929 Mt CO_2e değerine ulaşabilmeyi hedeflemektedir. Bu

hedefe ulaşmak için Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapması, enerji verimliliğini artırması ve ormanlık alanları koruyup genişleterek karbon tutma kapasitesini artırması gerekmektedir (Karakaya, 2016).

Sonuç olarak sağlık kuruluşları, sağlık hizmetlerini gerçekleştirdiği operasyonlarında yoğun miktarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu tüketim, doğrudan veya dolaylı olarak sera gazı salınımı ve karbon emisyonlarına önemli ölçüde etki etmektedir. Ancak 2019 yılının sonunda (Türkiye'de 2020 yılında) ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını, sağlık kuruluşlarında beklenmeyen ve öngörülemeyen bazı değişikliklere neden olmuştur.

Salgın süresince sağlık kuruluşlarının;

- Yoğun bakım kapasitelerinde,
- Tıbbi malzeme tüketiminde,
- Salgınla mücadele için yapılan taşıt kullanımında,
- Solunum desteği gereken hastalar için temin edilen medikal gaz miktarında

Ve daha pek çok tüketim ve hizmet kalemlerindeki muhtemel artış ile birlikte,

- Sokağa çıkma kısıtlamalarından ötürü hasta ziyaret sayılarında,
- Hayati önem taşımayan hastalıkların önceliğini yitirmesi nedeniyle hastane ziyaretlerinde,
- Hayati öneme sahip olmayan pek çok ameliyatın ertelenmesi, buna bağlı olarak ameliyat sayılarındaki,

Ve daha pek çok tüketim ve hizmet kalemlerindeki muhtemel düşüş nedeniyle COVID-19 salgınının, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izine gözle görülür bir etki yapmış olabileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışması ise pandeminin sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izine yapmış olduğu olası etkiyi literatürdeki hesaplama yöntemlerini kullanarak saptamayı amaçlamaktadır. Ayrıca literatürdeki karbon ayak izi kapsamlarına göre ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak pandeminin hangi kapsamları nasıl etkilediği incelenmektedir.

Bu çalışma için mesafelerinin, bağlı bulunduğu ve etrafındaki ilçelerin nüfusunun, yatak kapasitesinin, poliklinik çeşit ve sayılarının birbirine çok yakın olduğu 2 adet üniversite hastanesinin;

- Pandemiden önceki 2 yıl olan 2018 ve 2019 yıllarına,
- Pandeminin başladığı ve etkisini en çok hissettirdiği 2020 yılına,
- Pandemi etkilerinin görüldüğü ancak pandeminin yıkıcı etkilerinin nispeten azaldığı 2021 yılına,
- Son olarak pandemi etkilerinin giderek azaldığı, hayatın büyük ölçüde normale döndüğü 2022 yılına ait,

Pek çok veri alınarak sağlık kuruluşlarının pandemi öncesi, pandemi dönemi ve pandemi sonrası dönemlerine ait karbon ayak izleri incelenip pandeminin sağlık kuruluşları kaynaklı karbon ayak izine olan etkisinin saptanması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GENEL BAKIŞ

İklim değişikliği, on yıllarla milyonlarca yıl arasında değişen süreler boyunca hava durumu kalıplarının istatistiksel dağılımında önemli ve kalıcı değişiklikler olarak tanımlanır. Ortalama hava koşullarında bir değişiklik şeklinde veya ortalama koşullar etrafındaki hava dağılımında (yani daha fazla veya daha az aşırı hava olayı) ortaya çıkabilir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) iklim değişikliğini, "ortalama ve/veya özelliklerinin değişkenliğindeki değişikliklerle tanımlanabilen ve tipik olarak on yıllar veya daha uzun süren bir süre boyunca devam eden iklim durumundaki bir değişiklik" olarak tanımlar (IPCC AR6, 2021).

Tarihsel olarak, Dünya'nın iklimi sürekli değişmiştir. Ancak, 20. yüzyılın ortalarından bu yana, bilim insanları insan faaliyetlerinin öncelikle yönlendirdiği küresel ısınmada önemli bir eğilim belirlemiştir. Modern medeniyetimizin bağımlı olduğu endüstriyel faaliyetler, fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) yanması, tarım için ormansızlaştırma ve yoğun hayvancılık, karbon dioksit ve diğer sera gazlarında artışa önemli katkıda bulunan etkinliklerdir. Svante Arrhenius ve daha sonra Charles David Keeling tarafından yapılan öncü çalışmalar karbondioksitin iklim değişikliğindeki rolünü vurgulamıştır. Keeling, atmosferdeki karbon dioksit konsantrasyonlarının uzun süreli bir kaydı olan ve şimdi Keeling Eğrisi olarak bilinen oluşumu kurmuştur.

İklim değişikliğinin güncel etkileri geniş kapsamlı ve ciddidir. Küresel yüzey sıcaklıkları artmış, buzullar erimekte ve hava durumu öngörülemez ve daha şiddetli hale gelmektedir. Bu etkileri en üst seviyede takip eden IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli), iklim değişikliği konusundaki bilimsel bilgiyi derleyip değerlendiren ve Birleşmiş Milletler çatısı altında kurulmuş bir uluslararası kuruluştur. IPCC'nin temel amacı, dünya çapındaki hükümetlere iklim değişikliği hakkında bilimsel olarak doğru bilgiler sağlamaktır, böylece politika yapıcıların bilinçli kararlar alabilmeleri hedeflenmiştir. IPCC, düzenli aralıklarla yayınladığı Değerlendirme Raporları ile bu görevi yerine getirmektedir.

IPCC Değerlendirme Raporları (Assessment Reports), iklim değişikliği üzerine dünya çapında yapılan bilimsel çalışmaların en kapsamlı ve en güvenilir özetlerini sunmaktadır. Bu raporlar; iklim sistemi, iklim değişikliğinin etkileri, riskleri ve muhtemel gelecek senaryoları hakkında derinlemesine bilgiler içermektedir. Ayrıca, iklim değişikliğini hafifletmek ve uyum sağlamak için kullanılabilecek stratejileri de sunarlar (IPCC, 2022)

IPCC raporları, bilim insanları tarafından yapılan binlerce araştırmanın gözden geçirilmesiyle hazırlanmakta ve her rapor, küresel iklim biliminin o anki durumunu yansıtmaktadır. IPCC raporlarının önemi, sağladıkları bilimsel verilerin politika oluşturma süreçlerine doğrudan etki etmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, bu raporlar, uluslararası anlaşmaların ve iklim politikalarının şekillendirilmesinde temel bir kaynak olarak kullanılmıştır. 2015 Paris Anlaşması gibi küresel iklim anlaşmaları, IPCC'nin sağladığı bilgilere dayanarak oluşturulmuştur.

Her Değerlendirme Raporu, iklim değişikliğinin nedenlerini, mevcut durumunu ve gelecekteki risklerini anlamamızda kritik bir rol oynamakta ve küresel ısınmanın sınırlanması için uluslararası toplumun nasıl harekete geçirilebileceği konusunda yol göstermektedir. IPCC'nin çalışmaları, iklim değişikliği konusunda küresel farkındalığı artırmak ve dünya genelinde politik, ekonomik ve sosyal değişiklikleri teşvik etmek açısından büyük bir öneme sahiptir.

IPCC AR6'ya göre, küresel ısınmaya en büyük katkıyı fosil yakıtların yanması ve endüstriyel süreçlerden kaynaklanan karbon dioksit sağlamaktadır ve toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık 74%'ünü oluşturmaktadır. Metan, öncelikle tarım ve çöplük emisyonlarından kaynaklanmakta ve toplam emisyonlara 17% kadar katkıda bulunur; nitroz oksit ve florinli gazlar geri kalanını oluşturmaktadır.

İklim değişikliği ile ilişkili insan riskleri derindir. Artan sıcaklıklar ve aşırı hava, ısı ile ilgili hastalıklar ve artan solunum rahatsızlıkları sıklığı ile fiziksel sağlığı olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, iklim değişiklikleri su kaynağı, hava kalitesi ve bulaşıcı hastalıkların yayılmasını etkilemektedir. Yaşlılar, çocuklar ve az gelişmiş bölgelerde yaşayanlar gibi kırılgan nüfuslar en büyük riskleri taşımaktadır. Bu gruplar genellikle

daha az uyum kapasitesine sahiptir ve yerel su ve gıda kaynakları gibi iklim değişikliğine duyarlı kaynaklara daha bağımlıdır.

İklim değişikliğinin işletmeler üzerindeki etkileri giderek daha fazla tanınmaktadır. Tarım, sigorta ve turizm gibi endüstriler doğrudan iklim dalgalanmalarından etkilenmektedir. Tarım, tahmin edilemez hava durumu trendleri ve kayan iklim bölgeleriyle başa çıkmak zorunda kalmakta, bu da ürün verimlerini ve hayvan verimliliğini etkilemektedir. Sigorta endüstrisi, doğal afetler nedeniyle daha sık iddialara uyum sağlamak zorundadır ve iklim etkilerine duyarlı bölgelerdeki turizm endüstrileri daha az öngörülebilir hava ve hasar görmüş ekosistemlere uyum sağlamak zorundadır. Ayrıca, dünya çapındaki işletmeler, sürdürülebilir uygulamalara geçiş yapma, karbon ayak izlerini azaltmaya yönelik düzenlemelere uyum sağlama ve iklim risk yönetimi stratejilerine katılma konusunda artan baskı altındadır.

İklim değişikliği ile mücadele hem hafifletme hem de uyum üzerine odaklanan küresel iş birliği ve eyleme geçirilebilir stratejiler gerektirmektedir. Hafifletme, yenilenebilir enerji dağıtımını artırarak, enerji verimliliğini iyileştirerek ve sürdürülebilir arazi kullanımı uygulamalarını teşvik ederek atmosfere sera gazları akışını azaltmayı içerir. Uyum, altyapı yükseltmeleri yaparak, iklim dayanıklı topluluklar oluşturarak ve ekonomik ve çevresel politikalarda uyarlanabilir yönetim sağlayarak direnci inşa etmeyi gerektirmektedir.

İklim değişikliği, etkili bir şekilde anlamaya ve yönetmeye gereksinim duyduğumuz küresel bir var olma mücadelesidir ve ancak disiplinler arası yaklaşımlarla ve uluslararası iş birliği ile çözüm getirilebilecektir. IPCC ve diğer bilimsel kurumlar bu yönde sürekli güncellemeler yaparak, dünya çapındaki politika geliştirenlere ve topluluklara kritik bilgi ve projeksiyonlar sunmaktadır. Bilimsel anlayışın derinleşmesi ile etkilerin hafifletilmesi ve değişen iklimle uyumun sağlanmasına yönelik kapsamlı ve bütünleşik yanıtların uygulaması ve sürdürülebilmesine olan bağlılık da artacaktır.

2.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ

İklim değişikliği genel olarak insan faaliyetleri sonucu meydana gelmekte olup bu faaliyetlerin büyük çoğunluğu aşağıda sıralanmıştır;

2.1.1. Yüksek Karbon Emisyonları

İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan karbondioksit ve metan gibi sera gazları, yüksek karbon emisyonuna neden olmaktadır. Endüstri faaliyetleri, enerji üretimi ve taşımacılık, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının en bilinen örnekleridir (IPCC, 2021).

2.1.2. Fosil Yakıtların Kullanımı

Petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının yanması sonucunda atmosfere yoğun miktarda karbondioksit salmaktadır. Bu durum da küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir (Ramanathan ve Feng, 2008).

2.1.3. Ormansızlaşma

Genel olarak yeşil bitkiler, atmosferdeki karbondioksiti emerek atmosferden uzaklaştırırlar. Literatürde ormansızlaşma olarak bilinen ağaç sayısının azalmasının pek çok nedeni bulunmaktadır. Başta inşaat, tarım, hayvancılık gibi nedenlerle ağaçların kesilmesi atmosferdeki toplam karbondioksit emilimini azaltmakta ve iklimin değişmesine neden olmaktadır (Foley vd., 2005).

2.1.4. Tarım ve Hayvancılık Faaliyetleri

Hayvanların sindirim esnasında ürettiği metan gazı nedeniyle atmosferdeki metan emisyonlarının en büyük nedenlerinden biri hayvancılıktır. Metan gazı sera etkisinde karbondioksitten yaklaşık 25 kat daha güçlü bir gaz olup, dünya genelindeki toplam metan emisyonlarının 37%'si hayvancılık kaynaklıdır.

Tarım faaliyetleri nedeniyle yoğun miktarda su tüketimi gerçekleşir ve tarımda kullanılan yapay gübre, herbisit ve pestisit gibi ilaçlar toprağı kirleterek toprağın karbon sekestrasyon kapasitesini azaltır. Bu da atmosfere salınan karbonun artmasına neden olur (Smith vd., 2016).

Aynı zamanda tarım faaliyetleri gerçekleşirken yoğun miktarda enerji tüketilir. Sulama sistemleri, taşıtlar için kullanılan yakıtlar ve diğer pek çok ekipman ciddi miktarda enerji tüketmektedir.

2.1.5. Atık Yönetimi

Atıkların yönetimi, işlenmesi ve bertaraf edilmesi süreci de sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Ancak yönetimi, işlenmesi ve bertarafı doğru bir şekilde yapılmayan bir atık yönetim süreci sera etkisini ve iklim değişikliğinin daha da hızlanmasına neden olabilmektedir.

2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

2.3.1. Çevresel Etkiler

Dünya sıcaklık ortalaması sürekli olarak artmaktadır. Sanayi devrimi öncesinden bugüne kadar dünya ortalama sıcaklığı $1^{o}C$'den fazla artmıştır. Bu durum dünya çapında sıcak hava dalgalarının sayısında ve şiddetinde ciddi artışlara neden olmaktadır. Sıcaklıkların sürekli olarak artması ve şiddetli sıcak hava dalgaları, buharlaşmayı artırmakta ve su kaynaklarının azalmasına neden olabilmektedir. İklim değişikliği, kutuplarda buzulların erimesine ve deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Nitekim 1901-2018 yılları arasında deniz seviyesi ortalama 0,2 metre yükselmiştir. Bu durum kutuplarda yaşayan hayvanları, kıyı bölgelerinde yaşayan milyonlarca insanı ve kıyı ekosistemlerini tehdit etmektedir (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

Fosil yakıtların kullanımının artması kükürt dioksit ve azot oksitlerin daha fazla salınmasına neden olmaktadır. Bu gazlar yağmur ile birleştiğinde asit yağmurlarını meydana getirmektedir. Bu asit yağmurları yer yüzüne yağdığında toprak asidifikasyonuna neden olmakla birlikte tatlı su, deniz ve okyanuslara yağdığında ise suyun asidifikasyonuna neden olmaktadır. Bu durum su ekosistemleri için ciddi bir tehdit meydana getirmektedir (Orr vd., 2005).

Küresel iklim değişikliği, normal şartlarda sık karşılaşılmayan ve şahit olunmayan ekstrem hava olaylarının gerçekleşme sıklığını da artırmıştır. Kuraklık, yangın, sel,

kasırganın aralarında bulunduğu pek çok ekstrem doğa olayı iklim değişikliği ile daha sık görülmeye başlanmıştır. Bu tip olaylar çevresel zararlar ile birlikte alt ve üst yapıda bozukluklara neden olarak maddi hasarlar meydana getirebilir (Schlenker ve Roberts, 2009).

2.3.2. Ekonomik Etkiler

İklim değişikliği, dünya genelinde ekonomik yapının bozulmasında etki sahibidir. Değişkenlik gösteren yağış rejimleri, sıcaklıkların mevsim normallerinde seyretmemesi tarım verimini düşürebilmektedir. Düşen tarım verimi gıda fiyatlarının artışına, gıda güvenliği sorunlarına ve küresel gıda enflasyonuna yol açabilmektedir.

Değişen iklim koşulları enerji talebinde de değişikliklere neden olabilmektedir. Mevsim normallerinin üzerinde seyreden yaz aylarında soğutma için gereken enerji talebi artmakla birlikte mevsim normallerinin üzerinde seyreden kış aylarında ısınmak için gereken enerji talebi azalabilmektedir (Dell vd., 2014).

İklim değişikliği nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı bölgelerindeki gayrimenkul değerlerinde olumsuz değişikliğe ve bazı yerleşim yerlerinin kaybolmasına neden olabilir (Ranger, 2008).

2.3.3. Sağlık Üzerindeki Etkiler

İklim değişikliğinin yol açtığı etkiler, canlı sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Yüksek sıcaklıklar nedeniyle atmosferdeki hava kalitesinin düşmesi, insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Hava kalitesini sadece kirlilik değil, gaz dağılım oranları da belirlemektedir. Örneğin sıcaklığın artması atmosferdeki ozon gazını artırabilmekte ve solunum yolu rahatsızlıklarına neden olabilmektedir (Lefohn vd., 2018).

Sıcaklık artışı ve yağış rejimlerinin düzensizliği, başta sivrisinek olmak üzere pek çok haşerenin üremesine zemin hazırlayabilmektedir. Bu da salgın hastalıkların yayılmasına neden olabilmekte ve sağlık sistemi gelişmemiş ülkelerde ciddi problemlere yol açabilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği nedeniyle gerçekleşen kuraklık ve sel gibi aşırı hava olayları gıda üretimini de etkileyebilmektedir. Bu durum az gelişmiş ülkelerdeki insanlarda yetersiz beslenmeye neden olabilmektedir. (UNICEF, 2023).

İklim koşullarının değişimi, su kaynaklarını azaltabildiği gibi var olan suların kalitesini de bozabilmektedir. Toprak erozyonunun artması, sel ve taşkın gibi olumsuz durumlar nedeniyle zararlı pek çok madde temiz sular ile kontamine olabilir (Trenberth, 2011). Ayrıca artan sıcaklık istenmeyen mikroorganizma ve alglerin sayılarında artış meydana getirebilmektedir (Delpla vd., 2009).

2.4. SERA ETKİSİ VE SERA GAZI EMİSYONLARI

Güneş tarafından atmosfere yansıtılan güneş ışınları ve ısı, atmosferdeki bazı gazlar tarafından emilerek atmosfere yansımasını engellemektedir. Bu etkiye sera etkisi denmektedir ve gezegenimizdeki yaşamı sağlayan temel unsurlardan biridir. Ancak insan faaliyetleri sonucu sera gazlarının atmosferdeki dağılımının artması, iklim dengesini bozmakta ve dünya genelinde sıcaklık artışına neden olmaktadır. Sera gazları olarak bilinen bu gazlar; karbon dioksit, metan, azot oksitler ve florlu gazlardır (EPA, 2014).

2.4.1. Karbon dioksit (CO2)

Karbon dioksit en çok, fosil yakıtların yanması ve endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yeşil alanların tahribatı sonucunda görülen ormansızlaşma da karbon dioksit emilimini engellemekte olup, karbon dioksit konsantrasyonunun artış nedenlerindendir. Atmosferdeki sera gazları arasında en fazla bulunan gaz olmakla birlikte sera etkisi en düşük gazdır (Solomon vd., 2009).

2.4.2. Metan (CH4)

Atmosferdeki metan emisyonları büyük ölçüde büyükbaş hayvan yetiştiriciliği, çeltik tarımı, atık depolama ve fosil yakıtların işlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Metan, atmosferde 12 yıl kalabilmekte olup, CO_2'den 25 kat daha güçlü bir sera etkisine sahiptir (Boran ve Serbester, 2022).

2.4.3. Diazot monoksitler (N2O)

Fosil yakıtlar, endüstriyel faaliyetler, tarım gibi antropojenik nedenlerle oluşabilen N_2O, aynı zamanda toprakta gerçekleşen nitrifikasyon ve denitrifikasyon gibi doğal

süreçler ile de oluşabilmektedir. N_2O, CO_2'den yüzlerce kat daha fazla ısı tutma kapasitesine sahip olduğundan sera etkisi daha yüksektir (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012).

2.4.4. Kloroflorokarbonlar (CFC)

Günlük hayatta sıklıkla kullanılan parfüm, deodorant, sprey ve soğutucu ürünlerde kullanılan kloroflorokarbonlar ozon tabakasında incelmeye ve dünyaya ulaşan güneş ışınlarını da tutarak sera etkisine neden olmaktadır. CFC'lerin atmosferdeki dağılımı diğer gazlara göre çok daha az olmasına karşın ısı tutma kapasitesi ve sera etkisi olarak CO_2'den binlerce kat daha yüksektir (Akın, 2006).

Tablo 2.1. *En Yaygın Sera Gazlarının Küresel Isınma Etki Potansiyelleri (IPCC, 2021)*

Sera Gazı	Sera Etki Katsayısı
CO_2	1
CH_4	25-30
N_2O	273
CFC	14600

2.5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI

2.5.1. Mitigasyon ve Adaptasyon Politikaları

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında geliştirilen iki kavram olan mitigasyon ve adaptasyon, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine set çekmek için birlikte kullanılmaktadır. Mitigasyon, iklim değişikliğine sebebiyet veren sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve bu konuda bir politika geliştirmeyi amaçlar. Mitigasyon, yenilebilir enerji kaynaklarına geçiş, enerji verimliliği, ormanların korunması gibi sera gazı emisyonunu direkt azaltmaya yönelik önlemler içermektedir (Sims, 2004). Adaptasyon ise iklim değişikliğinin kaçınılmaz etkilerine karşı bireyleri ve toplumları hazırlamak ve dirençlerini artırmaya yönelik hamleler içermektedir. Sıcaklığın arttığı bölgelerde kuraklığa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi, deniz seviyesinin yükselmesinin olumsuz etkilerini önlemek adına kıyı bölgelerini koruma altına almak ve su tasarrufunu sağlayacak yeni teknolojiler geliştirmek, iklim değişikliği adaptasyonuna örnek olarak verilebilir (IPCC, 2021).

2.5.2. Uluslararası İklim Değişikliği Politikaları ve Türkiye'nin Yaklaşımı

Sanayi devrimi ile başlayan ve ilk etapta lokal etkiler gösteren çevre sorunları, 20. Yüzyılın sonlarına doğru küresel bir problem haline gelmiştir. Ozon tabakasının incelmesi, sera etkisinin günden güne artması, kuraklık, deniz seviyesinin yükselmesi, ormanların yok olması gibi durumlar, ülkeleri çevre politikaları geliştirmeye ve bu konuda iş birliği yapmaya mecbur bırakmıştır. Küresel anlamda ilk farkındalık 1972 yılında İsveç'in Stockholm kentinde yapılan "Stockholm Bildirgesi" olarak bilinmektedir. Akabinde 1992 yılında Rio Konferansı, 1997 yılında Kyoto Protokolü ve son olarak 2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması küresel anlamda iklim değişikliği adına geliştirilen politikaların mihenk taşlarıdır (Sürmelioğlu, 2010).

2.5.3. Stockholm ve Rio Konferansları

Birleşmiş Milletler tarafından 5-16 Haziran 1972 tarihleri arasında gerçekleştirilen Stockholm Konferansı, gelişmişlik düzeyi ve sosyo-kültürel yapılan birbirinden farklı pek çok ülkeyi ilk defa çevre konusunda bir araya getirmiştir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 113 ülke bu konferansa katılmıştır (Türk, 2017). 3-14 Haziran 1992 tarihleri arasında ise Brezilya'nın Rio de Janeiro şehrinde düzenlenen Rio Konferansı, iklim değişikliği ile mücadele anlamında önemli bir organizasyondur. Bu konferansta imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) Avrupa Birliği, Türkiye ve diğer 190 ülke halen taraftır. Bu sözleşmeyi imzalayan tüm ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmaları gerektiği konusunda fikir birliğinde bulunmuşlardır (Berberoğlu, 2009).

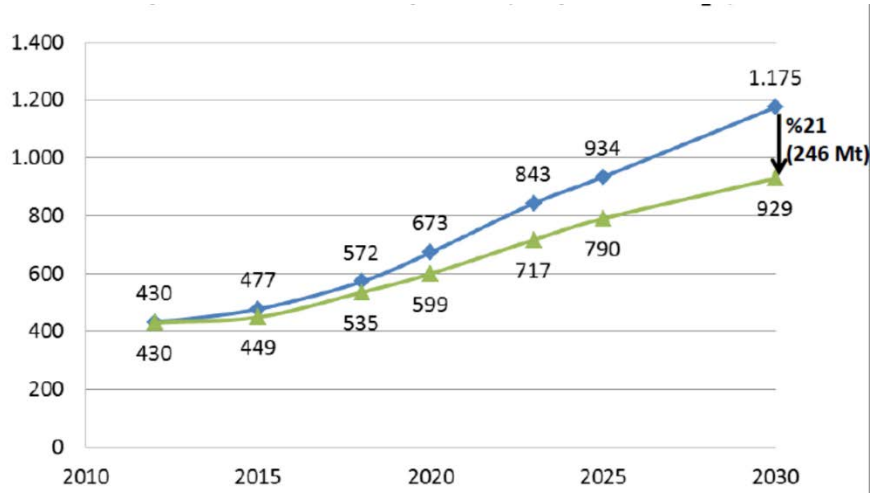
2.5.4. Kyoto Protokolü

97 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde gerçekleştirilen Kyoto Protokolü, Rio Konferansında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni imzalayan, çevre sorunlarında gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını 2000 yılına kadar 1990 yılı seviyelerinde tutmayı taahhüt ettikleri bir anlaşmadır. Türkiye gelişmekte olan ülkelerden olmasına rağmen OECD ülkesi olması nedeniyle bu protokolde gelişmiş ülke kapsamına alınmıştır. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerin emisyon azaltımı için finansman desteği sağlanması istendiğinden ilk başta protokolü imzalamamıştır. Daha sonra bu kapsamdan çıkarılmayı talep etmiş ve bu talep kabul görmüştür. Akabinde

2005 yılında yürürlüğe giren protokolü Türkiye dahil 169 ülke imzalamış olup ABD, Avustralya gibi ülkeler bu protokolü imzalamamıştır. Aralarında Çin ve Hindistan'ın da bulunduğu bazı ülkeler ise protokolü imzalamasına karşın emisyon azaltımına gitmeyeceklerini belirtmişlerdir (Özmen, 2009).

2.5.5. Paris Anlaşması

12 Aralık 2015 tarihinde Paris İklim Zirvesi'nde, Mart 2021 itibariyle 191 ülke tarafından kabul edilen Paris Anlaşması imzalanmıştır. Paris Anlaşması, iklim değişikliği ile mücadelede en somut adımların atıldığı anlaşma olarak bilinmektedir. Anlaşmaya taraf tüm ülkeler, sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda hemfikir olup, bu konuda sorumluluk almayı kabul etmiştir. Ancak anlaşmaya göre emisyon azaltımında her ülke emisyonu oranınca azaltıma gidecektir. Buna göre gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelere göre emisyonlarına daha fazla dikkat edeceklerini taahhüt etmişlerdir. Paris Anlaşması'nın diğer protokol ve anlaşmalardan en önemli farkı gelişmişlik seviyesine bakılmaksızın tüm ülkelerden emisyon azaltım planlarını sunmalarının istenmesidir. Türkiye ise emisyonlarını herhangi bir önlem almadığı takdirde 2030 yılındaki tahmini emisyon miktarı olan 1.175 Milyon Ton CO_2e'yi 21% azaltarak 929 Milyon Ton CO2e seviyelerine getirmeyi taahhüt etmiştir (Karakaya, 2016b).



Şekil 2.1. *Türkiye'nin Paris Anlaşması'nda Taahhüt Ettiği Karbon Ayak İzi Azaltım Senaryosu* (Karakaya, 2016b)

2.6. KARBON AYAK İZİ KAVRAMI VE SERA GAZI EMİSYON ENVANTERİ

2.6.1. Karbon Ayak İzinin Tanımı ve Önemi

Karbon ayak izi kavramı bir bireyin, kurumun, kuruluşun, hizmetin veya ürünün iklim değişikliğine olan etkisini hesaplamada kullanılan bir ölçüm aracıdır. Karbon ayak izi tüm sera gazı emisyonlarını kapsamakla birlikte evrensel bir kullanım olarak genellikle karbon dioksit eşdeğerleri cinsinden ölçülür. Hesaplamanın sayısal bir ölçüt olması ve üretiminden bertarafına kadar geçen süreçlerin kapsamlarına göre kategorize edilmesi nedeniyle çevresel sorunlara matematiksel ve somut bir bakış açısı kazandırmaktadır (EPA, 2014).

Sosyal ve ekonomik pek çok gelişme, doğrudan veya dolaylı olarak karbon ayak izine etki edebilmektedir. Geniş bir perspektiften bakıldığında sanayi devriminden itibaren küresel karbon ayak izinin sürekli arttığı aşikardır. Ancak literatür araştırmaları incelendiğinde bazı kritik gelişmelerin kısa vadeli de olsa küresel karbon ayak izini yıllık bazda azalttığı söylenebilmektedir. Örnek olarak 1970'li yıllardan itibaren küresel karbon ayak izi grafikleri incelendiğinde 1973 yılındaki petrol krizi, 1991 yılında Sovyetler Birliği'nin dağılması ve 2008 yılında yaşanan küresel ekonomik kriz, küresel karbon ayak izini azaltan olaylardan bazılarıdır. Kritik gelişmelerin karbon ayak izini azaltmasının nedeni ise genel olarak kriz ortamına neden olan olayların endüstri faaliyetlerini etkilemesidir. Ancak COVID-19 salgınının yaşandığı 2020 yılı incelendiğinde küresel karbon ayak izinin ilk kez bir önceki yıla göre 7%'den fazla azaldığı görülmüştür (Le Quéré vd., 2021).

2.6.2. Sera Gazı Emisyon Envanteri Hesaplanması ve Standartları

Karbon ayak izi ölçümleri için bugüne kadar pek çok standart geliştirilmiştir. GHG Protocol, ISO 14064 ve PAS 2050 karbon ayak izi ölçümlerinde sıklıkla kullanılan standartlardandır. Bu standartlar; kişilerin, kurumların, devletlerin ve işletmelerin sera gazı emisyonlarını nasıl ölçeceklerini, ölçerken nelere dikkat edeceklerini, nasıl belgeleyeceklerini ve nasıl yöneteceklerini belirlemede referans olarak kabul edilmektedir (Sinden, 2009).

2.6.2.1. ISO 14064-1:2019 Standardı

TS EN ISO 14064-1:2019 Sera Gazları – Bölüm 1: Sera gazı salımlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve raporlanmasına dair kılavuz ve özellikler başlıklı standardı, ISO tarafından 2018 yılında yayınlanmış olup, TSE tarafından 29.4.2019'da kabul edilerek 13.1.2022 tarihi itibarıyla Türkçe'ye çevrilmiştir. ISO 14064 serisi ayrıca ISO 14064-2 (Sera gazı salım azaltımı veya uzaklaştırması proje belgelendirme için rehberlik) ve ISO 14064-3 (Sera gazı beyanlarının doğrulanması ve geçerli kılınması için rehberlik) standartlarını da içerir ve sera gazı programı nötral olarak hazırlanmıştır. Eğer bir kuruluş tanımlı bir sera gazı programı altında envanter hazırlama durumundaysa ilgili programın gereklilikleri ISO 14064'e ilave olarak yerine getirilmelidir. Bu tez çalışmasında sera gazı emisyon envanteri gönüllülük esaslı olarak hazırlanmış olduğundan ISO 14064-1'e ilave bir gereklilik dikkate alınmamıştır.

ISO 14064-1'in temel ilkeleri bilgilerin doğru ve adil bir hesaplama için gerekli görülen altı temel ilkedir. İlgililik (Relevance) ilkesi hedef kullanıcının ihtiyaçlarına uygun sera gazı kaynak, yutak, depo, veri ve yöntemlerinin seçimini; Tamlık (Completeness) ilkesi, ilgili tüm salım ve uzaklaştırmaların dahil edilmesini; Tutarlılık (Consistencey) ilkesi, envantere dahil edilen/edilmeyen kaynak veya yutağın hedef kullanıcıların anlamlı karşılaştırma yapabilmesine veya yanılmamasına olanak sağlamasını; Doğruluk (Accuracy) ilkesi; sapma ve belirsizliklerin mümkün olduğu kadar azaltılmasını; ve Şeffaflık (Transparency) ilkesi de, hedef kullanıcıların makul bir güvenle karar vermelerini sağlamak için sera gazı emisyonu ile ilgili yeterli ve uygun bilgilerin raporlanmasını işaret etmektedir.

ISO 14064-1'e göre sera gazı emisyonları temelde i. Doğrudan emisyonlar, ii. Dolaylı emisyonlar olarak sınıflandırılmış ve kategorilere ayrılmıştır. Buna ilaveten biyolojik kökenli emisyon ve uzaklaştırmalar da ayrı raporlanmaktadır.

Kategori 1: Doğrudan sera gazı emisyon ve uzaklaştırmaları

Kuruluşun sınırları dahilinde sahip olduğu ve/veya kontrol ettiği sera gazı kaynak veya yutaklarından kaynaklanan emisyonlardır. Doğrudan emisyon kaynakları; gaz türbini, ısıtıcı, elektrik jeneratörü, endüstriyel prosesler (çimento, kireç üretimi) gibi sabit veya

otomobil, minibüs, gemi, uçak, forklift vb. araçlar gibi hareketli kaynaklar olabilir. Bunlardan kuruluş sınırları içinde yer almayanları ile yapılan seyahatlerin emisyonları ör. İş seyahati, müşteri ve/veya ziyaretçi gidiş gelişleri, çalışanları işe gidiş/gelişleri dolaylı emisyonlar (Kategori 3) olarak raporlanır. Ayrıca dondurucular, soğutucular ve klima vb. soğutma gruplarından; atıkların ayrışmasından kaynaklanan kaçak emisyonlar doğrudan emisyon kaynaklarıdır. Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılıktan (AKAKDO) kaynaklanan doğrudan salımlar ve uzaklaştırmalar bu sınıfa dahil edilir.

Kategori 2: İthal edilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları

Kuruluşun faaliyetlerinde dışarıdan temin ederek kullandığı elektrik, ısı, buhar, soğutma ve basınçlı hava gibi yardımcı hizmetlere yönelik enerji-dolaylı (üretimi için fosil yakıtların yakıldığı) sera gazı emisyonlarını içerir.

Kategori 3: Ulaştırmadan kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları

Bu sınıfta değerlendirilen emisyonlar kuruluş sınırlarının dışında bulunan hareketli kaynaklardan meydana gelmektedir. Yakıt üretimi ve yakıt nakliyesi/dağıtımından kaynaklı kaynak/yukarı yönlü (upstream) emisyonları ve ulaşım donanımının inşasını (araç ve altyapı) içerebilir.

Yukarı yöndeki nakliye ve dağıtım işlerinden (tedarik zinciri boyunca gerçekleşen tüm nakliye faaliyetlerini veya yalnızca en son nakliye faaliyetini içerebilir) kaynaklanan emisyonlar ile ürünlerin raporlayıcı kuruluş tarafından ödenmeyen alt nakliye ve dağıtımdan kaynaklanan emisyonlar dahil edilir. Çalışan işe gidiş-gelişleri, müşteri ve ziyaretçilerin tesise ulaşımı ve iş seyahatleri (otel de dahil edilebilir) de bu kategoride raporlanır.

Kategori 4: Bir kuruluş tarafından kullanılan ürünlerden kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları

Bu kategoride, raporlayıcı kuruluşun satın aldığı ürün ve hizmetlerden kaynaklanan, kuruluş sınırları dışında gerçekleşen sabit/hareketli emisyonlar hesaplanır. Burada "beşikten tedarikçinin çıkış kapısına" olan süreç dikkate alınarak; ham maddenin

eldesi, ham madde/ürünlerin tedarikçiler arasında taşınması ve ham maddelerin üretimi ve işlenmesi kaynaklı emisyonlar dahil edilebilir.

Bu sınıf altında değerlendirilen bazı hizmetler; katı atık ve atık suların bertarafı ve arıtımı (düzenli depolama, yakma, biyolojik arıtma veya geri-dönüşüm); kiralanmış varlıklar veya danışmanlık, temizlik, bakım, posta, banka vb. diğer hizmetler olabilir.

Kategori 5: Kuruluşun ürünlerinin kullanımıyla ilişkili dolaylı sera gazı salımları

Raporlayan kuruluş tarafından üretilen ürünlerin satış sonrası yaşam döngüleri boyunca oluşan emisyonları içerir. Bunlar çoğu zaman ilgili kuruluşça tam olarak bilinemese de her bir yaşam aşaması için ve beklenen ömrü boyunca ve ömrün sonunda bertarafı da dahil dikkate alınarak ve uygun senaryolar tanımlanarak tahmin edilebilir.

Kategori 6: Diğer kaynaklardan dolaylı sera gazı salımları

Diğer kategoriler altında değerlendirilemeyen emisyonlar bu sınıf altında raporlanabilir.

2.2.2.2. Greenhouse Gas (GHG) Protocol

Sera gazı emisyon envanteri hazırlayan şirketler ve diğer kuruluşlar için standartlar ve rehberlik etmesi amacıyla WRI (Dünya Kaynaklar Enstitüsü) tarafından geliştirilmiştir. Kyoto Protokolü kapsamındaki altı sera gazının muhasebeleştirilmesini ve raporlanmasını kapsar. GHG Protocol standardının hedefleri aşağıdaki gibidir;

- Standartlaştırılmış yaklaşımlar ve ilkeler kullanarak şirketlerin emisyonlarının doğru ve tutarlı bir şekilde hesap edilmesini sağlayan bir sera gazı envanteri hazırlamasına yardımcı olmak.
- Sera gazı envanteri oluşturmanın maliyetlerini basitleştirmek ve azaltmak.
- Sera gazı emisyonlarını yönetmek ve azaltmak için etkili bir strateji oluşturmak için kullanılabilecek bilgileri işletmeye sağlamak.
- Çeşitli şirketler ve sera gazı programları arasında sera gazı muhasebesi ve raporlamasında tutarlılığı ve şeffaflığı artırmak (Ranganathan vd., 2004).

2.6.2.3. IPCC Yönergeleri

IPCC, karbon ayak izi hesaplamada kullanılan Tier (Kademe) Metotlarını ilk olarak 1996 yılında geliştirmiş olup yayınladığı kılavuzda detaylı açıklamalara değinilmiştir. Bu metodoloji, pek çok ülke ve kurum tarafından kabul edilmekte ve karbon emisyon hesaplamalarında kullanılmaktadır. Tier metotları Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olmak üzere 3'e ayrılmaktadır (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

Tier 1 metodu karbon ayak izi hesabını yapmak için en temel ve en basit metoddur. Tier 1 metodunda kolay bulunabilir veriler incelenir ve karbon ayak izi hesabı yapılan her türlü faaliyetin, oluşumun doğrudan kaynaklanan emisyonlarına odaklanır. Tier 2 metodu, Tier 1 metoduna göre daha karmaşık verilerin analizini içerir. Bu nedenle daha detaylı ve daha doğru bir ölçüm yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu metot hem dolaylı hem de doğrudan emisyonları ölçmek için kullanılmaktadır (Argun vd., 2019). Tier 3 metodu ise karbon ayak izi ölçümündeki en kapsamlı metottur. Bu metotta tıpkı Tier 2 metodu gibi doğrudan ve dolaylı emisyonları belirlemede kullanılmakta ancak bir fark olarak daha spesifik veriler gerektirmektedir. Dolayısıyla bir karbon ayak izi çalışması yaparken hangi Tier metodunun kullanılacağı, elde edilen verilerin kalitesine bağlıdır. Bu üç Tier metodunu bir örnek ile açıklamak mümkündür;

Tier 1: Bir şehrin taşıt kaynaklı emisyonlarını incelerken şehirdeki tüm taşıtlar için standart bir emisyon faktörü kullanmak.

Tier 2: Şehirdeki taşıtların kullandığı yakıtın türlerine göre (benzin, motorin, doğalgaz) emisyon faktörlerini belirlemek ve bu doğrultuda hesaplama yapmak.

Tier 3: Tüm taşıtların marka, model, yakıt türü, trafiğe ve yolcu sayısına göre yakıt tüketimi gibi unsurları dikkate alarak hesaplama yapmak.

Tier 3 metodu diğer Tier 1 ve Tier 2 metotlarına göre daha doğru sonuç vermekle birlikte hesaplamada uzmanlık ve verilerde detay gerektirmektedir. Standardize edilmiş bu yöntemleri kullanan devletler, şirketler ve tüm kuruluşlar sera gazı emisyonlarını, ölçüm imkanlarına göre doğru bir şekilde belirleyebilmektedirler (IPCC, 2007).

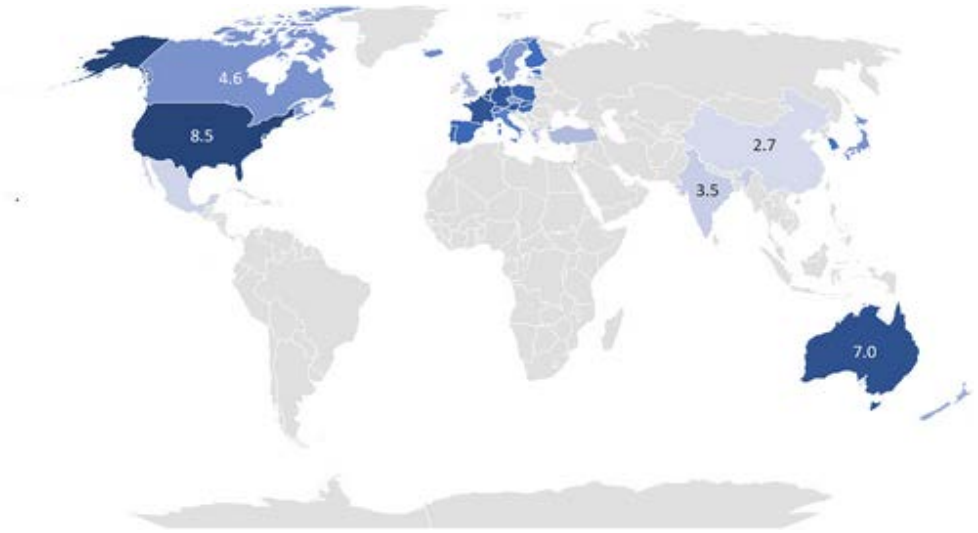
2.7. SAĞLIK KURULUŞLARININ KARBON AYAKİZİ

Hastaneler, klinikler, tıp merkezleri gibi sağlık kuruluşlarının, çevresel birçok etkisi bulunmaktadır. Bu kuruluşların büyük çoğunluğunun günün 24 saatinde aktif olması nedeniyle sürekli olarak enerji tüketimi ve çevresel etkiler söz konusu olmaktadır. Bu tüketim ve çevresel etkiler derinlemesine incelenmeli ve hükumetler, bu etkileri minimize edecek politikalar geliştirme konusunda alanında uzman akademisyenler ve sağlık kuruluşlarıyla iş birliği içinde olmalıdır (Malik vd., 2018).

Bununla birlikte günümüzde iklim değişikliği gerçeği ile sera gazı emisyonlarının yönetiminin kritik bir öneme sahip oluşu sağlık hizmetlerinin karbon ayak izinin doğru ve güvenilir bir şekilde ortaya konması ihtiyacını doğurmaktadır.

Sağlık sektöründeki tüm operasyonlar, hizmetler ve faaliyetler yüksek miktarda enerji kullanımına neden olmaktadır. Tıbbi cihazlar, aydınlatma, ısıtma, soğutma, teknoloji sistemleri, sarf malzeme tüketimleri, yemek hizmetleri gibi süreçler karbon ayak izine ve dolayısıyla iklim değişikliğine önemli katkılarda bulunmaktadır (Chung & Meltzer, 2009)

Japonya, ABD, Kanada, Avustralya, Hindistan ve Çin'de yapılan pek çok bilimsel araştırmada ilgili ülkelerde sağlık kuruluşlarının faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin, bağlı olduğu ülkenin toplam karbon ayak izine olan oranı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalara göre sağlık kuruluşlarının faaliyetlerinden kaynaklan karbon ayak izinin toplam karbon ayak izine oranı; Japonya'da 4,6%, ABD'de 8,5%, Kanada'da 4,6%, Avustralya'da 7,0%, Hindistan'da 3,5%, Çin'de ise 2,7%'dir (Rodríguez-Jiménez vd., 2023).



Şekil 2.2. *Bazı ülkelerde sağlık faaliyetlerinin karbon ayak izinin toplam karbon ayak izine oranı* (Rodríguez-Jiménez vd., 2023)

2.7.1. Sağlık Kuruluşlarının Sera Gazı Emisyonları Bileşenleri

2.7.1.1. Elektrik, Su, Doğalgaz Kullanımları

Sağlık kuruluşlarında başta elektrik olmak üzere su ve doğalgaz, yoğun miktarda kullanılmaktadır. Aydınlatma, havalandırma, enerji temini, tıbbi ve elektronik ekipmanların çalıştırılması için elektrik; yeme içme ve temizlik hizmetlerinin verilmesi için su; ısıtma ve yemek pişirme gibi hizmetler için ise doğalgaz kullanılmaktadır. Hastaneler günün her saatinde hizmet veren kuruluşlar olmalarından ötürü elektrik kullanımları, sağlık kuruluşlarının karbon ayak izini artıran en büyük etkenlerden biridir. Elektriğin yenilenebilir olmayan kaynaklardan üretilmesi, çevresel olumsuz etkileri artıran unsurlardandır.

2.7.1.2. Atık Yönetimi

Sağlık kuruluşları, yoğun miktarda tıbbi ve tehlikeli atık üretmektedir. Bu atıkların üretimi, depolanması ve bertarafı hem sera gazı emisyonlarına hem de çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Ameliyat, doğum, veterinerlik hizmeti veren sağlık kuruluşların tıbbi atık adı altında patolojik atıkları eğer doğru yönetilmezse çevre ve insan sağlığına ciddi zararlar verebilmektedir. Atıkların tehlikelilik türüne göre yönetim şekli değişebildiğinden, sera gazı emisyonu da tehlikelilik türüne göre artabilmektedir (Tamer, 2018).

2.7.1.3 Kimyasal Malzemeler ve İlaç Tüketimi

Başta ilaçlar olmak üzere kimyasal ürünlere bağlı süreçler de sağlık kuruluşlarının karbon ayak izine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. İlaçların, temizlik kimyasallarının ve medikal gazların üretim, tedarik ve bertaraf süreçlerinde yoğun miktarda enerji harcandığından pek çok çeşitli etkilere sahiptir. Bu etkiler hem karbon salımı nedeniyle iklim değişikliğine hem de tehlikelilik boyutu nedeniyle çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Mert ve Doğru Mert, 2023).

2.7.1.4. Ulaşım ve Tedarik

Personel, hasta, ürün ve malzeme taşımacılığı da sağlık kuruluşlarında hem çevresel etkilere hem de karbon salınımlarına neden olan faaliyetlerdir. Yük aracı, servis aracı ve ambulans gibi taşıtlar, aktif kullanımlarda ciddi miktarda emisyona neden olabilmektedirler (Holmner vd., 2014).

Her iki hastanenin de envanterinde acil olarak transferi gereken hastalar için birer adet ambulans, yük ve eşya taşıma için birer adet minibüs, rutin ve rutin dışı her türlü hizmet veya transfer için ise birer adet otomobil hizmet vermektedir.

Kendi imkanlarıyla hastaneye ulaşımını sağlayan hasta veya hasta yakınlarının ulaşımlarından kaynaklı karbon ayak izi de hesaplamalara dahil edilmektedir. Ayrıca her iki hastanede de personel servis hizmeti vermemektedir. Bu nedenle süreci sağlık kuruluşları tarafından sağlanmayan, toplu taşıma veya hususi araçlarıyla ulaşımını sağlayan personellerin ulaşımı da önemli bir emisyon kaynağıdır.

2.7.1.5. Medikal ve Sarf Ürünler

Sağlık kuruluşları, enfeksiyonu önlemek amacıyla pek çok süreçte tek kullanımlık ürünler kullanmaktadır. Bu ürünlerin bazıları geri dönüştürülebilirken bazı ürünler ise geri dönüştürülememektedir. Geri dönüşebilen bazı ürünler ise kontaminasyon nedeniyle geri dönüştürülmemekte ve tıbbi atık olarak kabul edilmektedir. Bunların haricinde yine normal şartlarda geri dönüştürülebilen, ancak atık yönetiminin doğru bir şekilde yapılmaması nedeniyle geri dönüştürülmeyen ambalaj atıklar, doğada kendi başına çözünemediğinden karbon emisyonuna neden olmakta ve çevreyi tehdit etmektedir (EPA, 2023).

2.7.1.6. Yeme-İçme Hizmetleri

Hastaneler personel, hasta ve refakatçilere yeme içme hizmeti veren kuruluşlar olduğundan önemli miktarda gıda tüketmektedir. Bu gıdaların üretim, tedarik ve bertaraf süreçleri de karbon emisyonları ve çevresel etkilere neden olabilmektedir. Aynı zamanda gıdaların depolanması, gerektiğinde hazırlanması için yoğun miktarda elektrik, doğalgaz ve su kullanılmaktadır. Gıdaların uzak lokasyonlardan getirilmesi, pişirme esnasında kullanılan cihazların enerji verimliliklerinin düşük olması, gıda atıklarının etkin ve doğru bir şekilde yönetilmemesi karbon emisyonlarını artırabilir (Carino vd., 2020).

2.7.1.7. Diğer Hizmetler

Sağlık kuruluşlarının vermiş olduğu ve karbon ayak izine nispeten daha az etki eden yangın söndürme tüpleri, su soğutma gazları, tekstillerin yıkanması sürecinde oluşabilecek karbon salınımları, havalandırma sistemlerinde kullanılan klima gazları ve elektrik kesintilerinde kullanılan jeneratör kullanımları gibi hizmetlere ait veriler de doğru ve kapsamlı bir çalışma için elde edilmeli ve hesaplamalara dahil edilmelidir.

BÖLÜM 3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. VAKA ÇALIŞMASI ÖRNEKLEMESİ

Bu tez çalışmasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde hizmet veren ve özel hastane statüsünde olan iki adet vakıf üniversite hastanesi örneklenmiştir. Bu hastanelerden biri İstanbul'un Anadolu Yakası'nda iken diğeri ise Avrupa Yakası'ndadır.

Her iki hastane de pek çok branşta sağlık hizmeti sunmaktadır. Yoğun bakım üniteleri, cerrahi müdahale imkanları, laboratuvarları, kapsamlı acil servisleri ve gelişmiş tedavi üniteleri ve odalarıyla 7 gün 24 saat hizmet vermektedir.

Ayrıca ileri teknolojiye sahip ameliyathanelerde mikroskobik, endoskopik, artroskopik, laparoskopik ve mikro cerrahi ameliyatları ile genel cerrahi, kadın hastalıkları, üroloji, ortopedi, göz, kulak-burun-boğaz ve baş-boyun cerrahisi, beyin cerrahisi, plastik cerrahi ameliyatları yapılabilmektedir. Vaka çalışması örneklemesi yapılan üniversite hastaneleri hakkında genel bilgiler aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir;

Tablo 3.1. *Örnekleme Yapılan Hastaneler Hakkında Genel Bilgiler- Üniversite Hastanesi 1*

Yıl	**Yıllık Tedavi Edilen Hasta Sayısı**	**Yıllık Ortalama Personel Sayısı**	**Yıllık Ameliyat Sayısı**	**Yatak Kapasitesi**	**Toplam Hastane İç Alanı (m^2)**
2018	172734	450	2933	85	6500
2019	183162	425	3257		
2020	132982	480	1439		
2021	202527	500	2158		
2022	240992	550	3615		

Tablo 3.2. *Örnekleme Yapılan Hastaneler Hakkında Genel Bilgiler-Üniversite Hastanesi 2*

Yıl	**Yıllık Tedavi Edilen Hasta Sayısı**	**Yıllık Ortalama Personel Sayısı**	**Yıllık Ameliyat Sayısı**	**Yatak Kapasitesi**	**Toplam Hastane İç Alanı (m^2)**
2018	197361	600	3019	95	9500
2019	188472	610	3573		

2020	149832	575	1983
2021	237492	550	2112
2022	297483	600	3384

3.2. SERA GAZI EMİSYON ENVANTERİ OLUŞTURMA YAKLAŞIMI

Bu tez çalışmasında iki sağlık kuruluşuna ait 2018-2022 yılları arasında gerçekleşen emisyonlara ilişkin Sera Gazı Emisyon Envanterleri ISO 14064-1 (Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler) Standardında tanımlı gereklilikler doğrultusunda hazırlanmıştır.

Emisyonlar belirlenirken temel hesaplama yaklaşımı kullanılmış olup, ISO 14064-1 standardının yanı sıra, WRI ve WBCSD tarafından geliştirilmiş ve uluslararası geçerliliği olan Sera Gazı Protokolü (The Greenhouse Gas Protocol) hesaplama metodolojileri de dikkate alınmıştır.

Envanter oluşturulurken sırasıyla kuruluş sınırları ve faaliyet sınırları belirlenmiş, ilgili faaliyet verileri toplanmış, uygun emisyon faktörleri literatürden, uygun veri tabanlarından ve resmi raporlardan derlenerek emisyon hesaplamaları yapılmıştır.

3.3. SERA GAZI EMİSYON SINIFLARI VE KAYNAKLARI

Sera gazı emisyon envanterleri oluşturulurken, ISO 14064-1 standardı kılavuzunda tanımlanan sınıflandırma ve kategorilere uygun olarak seçilen sağlık kuruluşlarında sera gazı emisyonlarına sebep olan tüm faaliyetler ve ilgili ekipmanlar Tablo 3.3'te sıralanmıştır.

Tablo 3.3. *Vaka Çalışması Örneklemesi Yapılan Üniversite Hastaneleri Sera Gazı Emisyon Envanteri Faaliyet Sınırları*

Kapsam/Kategori	**Sera Gazı Emisyonlarına Neden Olan Faaliyetler ve Ekipman**
	Kategori 1 (Doğrudan emisyonlar)
Kapsam 1 (Doğrudan Emisyonlar)	- Isınma, Doğalgaz Kazanları (Sabit emisyonlar) - Elektrik üretimi, Jeneratörler (Sabit emisyonlar) - Ulaştırma, Otomobiller, Ambulanslar (Hareketli emisyonlar)

	- Soğutucu grubu, Klima - Chiller - Su sebili (Kaçak Emisyonlar) - Yangın söndürme (Kaçak Emisyonlar)
Kapsam 2 (Dolaylı Emisyonlar)	**Kategori 2 (Satın alınan enerji kaynaklı)** - Elektrik tüketimi
Kapsam 3 (Diğer Dolaylı Emisyonlar) Kategori 3, 4, 5 ve 6	**Kategori 3 (Taşıma kaynaklı)** - Hasta ziyaretleri (özel araç, toplu taşıma) - Personel ulaşımı (özel araç, toplu taşıma) - İş seyahatleri (uçak) - Satın alınan ürün ve hizmetlerin ulaşımı **Kategori 4 (Satın alınan ürün/hizmet kaynaklı)** - Satın alınan ilaçlar - Satın alınan diğer sarf malzemeler (medikal malzemeler) - Atıkların bertarafı, Atık suların arıtımı - Yiyecek-içecek hizmetleri **Kategori 5 (Kuruluşun ürünleri kaynaklı emisyonlar) n.a.** **Kategori 6 (Diğer emisyonlar) n.a.**

n.a. uygulanabilir değildir.

3.4. FAALİYET VERİLERİ

Faaliyet verileri, bu verilerin hangi formatta ve hangi kaynaktan elde edildiği ile hangi yöntemlerle işlenerek sera gazı emisyon hesabında kullanıldığı bu bölümde açıklanmıştır.

3.4.1 Faaliyet Verileri ve Veri Kaynakları

Bu çalışmada benimsenen hesaplama yaklaşımına göre emisyon hesaplarının yapılabilmesi için uygun faaliyet verilerinin ilgili emisyon faktörleri ile uyumlu olması gerekmektedir. Söz konusu emisyon faktörlerinin, mevcut literatürden yanılma ve belirsizlikleri en aza indirecek şekilde seçilmesi sonucu bazı ham verilerin işlenmesi gerekebilmektedir. Bu kapsamda yürütülen veri eldesi ve veri işleme çalışmaları aşağıda özetlenmiştir.

3.4.1.1. Kategori 1 Doğrudan Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri

Kategori 1 altında raporlanan emisyonlara ilişkin faaliyet verilerinden doğalgaz tüketimi, akaryakıt tüketimi ve soğutucu/söndürücü gaz dolum verileri hesaplamalarda doğrudan kullanılmıştır.

Isınma amaçlı sabit yanma kaynaklarından salınan doğrudan emisyonların hesabında hastanelerin muhasebe birimleri tarafından verilen aylık doğalgaz faturalarındaki Sm^3 doğalgaz tüketimleri baz alınmıştır. Kurum araçlarının akaryakıt dolum verileri lt benzin ve motorin olarak, hastane araçlarına akaryakıt firmaları tarafından tanımlanan taşıt tanıma sistemi yazılımı ile elde edilmiştir. Jeneratör için kullanılan motorin tüketimi ise teknik hizmetler birimi tarafından sipariş edilen akaryakıtların faturalarından derlenmiştir.

Su sebillerinde bulunan soğutucu gazların dolum miktarları, su tedarikini sağlayan firmadan edinilmiştir. Klimalarda bulunan soğutucu gazların dolum bilgisi ise teknik hizmetler birimi tarafından takip edilen bakım fişlerinden alınmıştır.

Tatbikatlarda veya olası bir yangında kullanılan karbondioksit ve FM200 (HFC 227ea) cinsi yangın söndürme tüplerinin dolum işlemleri akredite firmalar tarafından sağlanmaktadır. Yangın tüplerinin dolum miktarları ise teknik hizmetler biriminden elde edilmiştir.

Her iki hastanede de birçok tedavi için medikal ve anestezi amaçlı çeşitli gazlar kullanılmaktadır. Bu gazlardan N_2O ve CO_2 sera gazı olarak kabul edilmekte ve bu gazların tüketimi üzerinden emisyon hesaplaması yapılmaktadır. Hesaplamalar için elde edilen veriler teknik hizmetler biriminden elde edilen faturalardan alınmıştır.

3.4.1.2. Kategori 2 Enerji Dolaylı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri

Hastanelerin elektrik tüketimleri, muhasebe birimleri tarafından takip edilen aylık elektrik faturalarındaki elektrik tüketimleri (kWh) toplanarak belirlenmiştir. Hastanelerde dışarıdan soğutma, basınçlı hava vb. enerji dolaylı emisyonlara neden olabilecek enerji tedarik edilmemektedir.

3.4.1.3. Kategori 3 Ulaştırma Kaynaklı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri

Her iki hastanede de personel ulaşımları için servis desteği bulunmamaktadır. Bu nedenle hastanelerde çalışan personelin tamamı ulaşımlarını kendi imkanları ile sağlamaktadır. Personelin, çalıştıkları hastanelere ulaşımlarını nasıl sağladıkları ise kendilerine iletilen anket sorularına verilen cevaplar ile belirlenmiştir. Anket çalışmasında kullanılan form Ek-A'da gösterilmiştir. Bu ankette personele, hastaneye ulaşım için hangi taşıma şeklini kullandıkları ve yaşadıkları hanenin hastaneye olan mesafesi sorulmuştur. Hastaneye ulaşımını yürüyerek sağlayan personel hesaba dahil edilmemiştir. Diğer personelin anketlere vermiş olduğu cevaplar, katılım oranı ve personel sayısı dikkate alınarak, hastanelere özel aracıyla veya toplu taşıma ile gelen personel için kişi başına günlük ortalama kat edilen mesafe belirlenmiştir.

Hastaların hastaneye ulaşımlarından kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplanması için hastaların adresleri, herhangi bir belirleyici kişisel veri (T.C. Kimlik Numarası, ad, soyad, ziyaret edilen poliklinik, bina ve daire numarası) içermeksizin sadece mahalle, cadde, sokak isimleri olarak elde edilmiştir. Elde edilen adresler bir Excel tablosuna aktarılmış ve Google API uygulaması kullanılarak enlem ve boylam (koordinat) bilgileri elde edilmiştir. Yine Google API uygulaması ile bulunan koordinat bilgilerinin, daha önce belirtilen ve hastaneye ait olan koordinatlara olan uzaklığı kilometre cinsinden yol tarifi mesafesi olarak belirlenmiştir.

Hasta ulaşımlarından kaynaklanan karbon ayak izi emisyon hesaplamalarındaki en büyük hata payı kişilerin ulaşımlarının nasıl sağladığının bilinememesidir. Hesaplama yaklaşımı olarak, evinin hastaneye olan uzaklığı 1 kilometrenin altında olan kişilerin hastaneye yürüyerek geldiği varsayılıp hesaplamaya dahil edilmemiştir. Kalan ziyaretler için bulunan bir senelik katedilen toplam mesafenin ise yarısının toplu taşıma ile, yarısının da binek araç ile yapıldığı kabul edilerek ulaşım şekillerine göre toplam katedilen mesafe hesaplanmıştır. Hastaları ziyaret eden kişilerden kaynaklanan emisyonlar ise ihmal edilmiştir.

İş seyahatlerinde yalnızca uçakla yapılan seyahatler dikkate alınmıştır. Bu seyahatlerde katedilen toplam mesafe Google Flights uygulaması üzerinden, seyahat edilen havalimanları arasındaki tahmini uçuş mesafesi dikkate alınarak belirlenmiştir.

Belirlenen uçuş mesafesi ile seyahat eden kişi sayısı çarpılarak toplam uçuş mesafesi hesaplanmıştır.

Satın alınan ürünlerin kullanımının dışında nakliyesinden kaynaklanan emisyonların hesaplanabilmesi için ihtiyaç duyulan faaliyet verileri her sevkiyatta fatura kesen firmaların sevkiyat sayısı üzerinden belirlenmiştir. Her bir firmanın hastanelere olan uzaklıkları ayrı ayrı tespit edilip ziyaret sayısı ile çarpılarak yıllık toplam mesafe hesaplanmıştır.

Dış hizmet olarak alınan tekstil yıkama hizmetinin, ilaçların, sarf malzemelerin ve içme sularının nakliyesinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesabı da bu yaklaşımla kat edilen mesafeler üzerinden yapılmıştır.

3.4.1.4. Kategori 4 Satın alınan ürün/hizmetler Kaynaklı Emisyonlara İlişkin Faaliyet Verileri

Sarf malzeme tüketim miktarlarının elde edilmesinde kullanılan yazılım, aynı zamanda ilaç takiplerinde de kullanılmaktadır. Hastalara girişi yapılan ilaçlar sistem üzerinden sayılarak hangi ilacın ne kadar kullanıldığı belirlenebilmektedir.

İlaç satın alımı kaynaklı sera gazı emisyonları hesabında kullanılan emisyon faktörünün birim fiyat başına sera gazı emisyonu şeklinde olması nedeniyle faaliyet verisi olarak ilaç fiyatları ve satın alınan miktarlar kullanılmıştır. Bunun için eczane biriminde bulunan toplam 119 farklı ilacın her birinin fiyatı, T.C. Sağlık Bakanlığı'na bağlı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan döviz cinsinde elde edilmiştir. Döviz fiyatının 5 yıllık enflasyonu ihmal edilmiştir. Birim fiyatı belirlenen ve 5 senelik kullanımları eczane birimi tarafından bildirilen ilaçlardan kaynaklanan karbon ayak izi, ilgili yıllara göre ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hastanelerin satın alma birimi tarafından kullanılan ve malzeme girişinin yapılması, stokunun görüntülenmesi ve birimlere transferi gibi işlemleri sağlayan bir yazılım sayesinde yıllık bazlı ilaç dışı sarf malzeme tüketimleri elde edilmiştir. Sağlık kuruluşlarında kullanım yoğunluğu farklı olarak pek çok çeşit sarf malzeme bulunmaktadır. Bu malzemeler tıbbi sarf ve diğer sarf malzemeler olarak ikiye ayrılmaktadır. Tıbbi sarf malzemelere örnek olarak iğne, enjektör, yara bandı gibi malzemeler verilebilmektedir. Diğer sarf malzemelere ise daha çok temizlik

hizmetlerinde kullanılan tuvalet kâğıdı, kağıt havlu, sedye örtüsü, peçete gibi malzemeler örnek olarak verilebilir. Sağlık kuruluşlarında en sık kullanılan tıbbi sarf ve diğer sarf malzemeler ve malzeme türleri Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tıbbi sarf malzeme olarak kabul edilen 521, diğer sarf malzeme olarak kabul edilen toplam 194 kalem malzemenin her birinin materyali ve birim ağırlığı ayrı ayrı tespit edilerek ilgili yıllara ait kullanımlar ile hangi materyalin ağırlıkça ne kadar tüketildiği tespit edilmiştir. İlaç dışı sarf malzemeler, malzeme türlerine göre metal, cam, plastik, kağıt, tekstil, ahşap, gıda ve kimyasal (temizlik kimyasalları) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.4. *Sağlık Kuruluşlarında En Sık Kullanılan Tıbbi ve Diğer Sarf Malzemeler*

Tıbbi Sarf	**Materyal**	**Diğer Sarf**	**Materyal**
Muayene Eldiveni	Plastik	Çöp Poşeti	Plastik
Aşı Enjektörü	Plastik	Mop Aparatı	Plastik
Cerrahi Maske	Tekstil	A4 Kâğıdı	Kâğıt
Böbrek Küveti	Plastik	Çöp Kovası	Plastik

Ağırlıkları ton cinsine çevrilen veriler, ilgili emisyon faktörleri ile çarpılarak satın alınan tıbbi ve diğer sarf malzemelerden kaynaklanan emisyonları oluşturmaktadır.

Hastanelerin yiyecek ve içecek hizmetlerini üstlenen taşeron firma, gönüllü karbon ayak izi çalışmaları yapmakta olup kurumsal sorumluluk çerçevesinde hastalara ve personellere servisini yaptığı yemeklerin karbon ayak izini günlük olarak belirlemektedir. Taşeron firma yetkilileri günlük olarak üretimini sağladığı yemeklerin reçetelerini, firmanın karbon ayak izi hesaplama programına girerek ilgili günde hasta ve personel yemeklerinin karbon ayak izini hesaplamaktadır. Hesaplamalara dahil edilen karbon ayak izi verileri doğrudan firmadan alınmıştır. Örnek olarak bir öğünde hastane personeli, hastalar ve refakatçilerden oluşan yaklaşık 200 kişi için hazırlanan yemek çeşitlerine ait kişi başına karbon ayak izi Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. *Örnek Bir Menüye Ait Sera Gazı Emisyon Bilgileri*

Yemek	**Karbon Ayak İzi ($kgCO_2e$/kişi)**
Yayla Çorbası	0,1
Piliç Şnitzel	0,7

Sebze Beğendi	0,01
Makarna	0,2
Tekirdağ Köfte	4,7
Patates Salatası	0,6
Haydari	0,7
Mantar Sos	0,6
Havuç Salatası	0,2
Turşu	0,4

Hastaneler, kurulduğu seneden itibaren her yıl mart ayında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞİDB) Entegre Çevre Bilgi Sistemi (EÇBS) adlı uygulamasında bir önceki yılın tıbbi ve tehlikeli atık miktarlarını beyan etmektedir. Tehlikeli atık üretimine ait veriler bu uygulama üzerinden alınmıştır. Tehlikesiz atık olarak kabul edilen; geri dönüşebilen ve geri dönüşmeyen atıkların miktarları ise ilgili hastanenin bağlı bulunduğu ilçe belediyelerinden elde edilmiştir. Tablo 3.6'da envanter çalışması yürütülen hastanelerde oluşan atıkları ve bunların ne şekilde bertaraf edildiklerini özetlemektedir. Atıklardan kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanırken ilgili bertaraf yöntemleri dikkate alınmıştır.

Tablo 3.6. *Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar ve bertaraf yöntemleri*

Atıklar	**Bertaraf Yöntemleri**
Jeneratör Yağları	Enerji Geri Kazanım
Kontamine Ambalaj	Dezenfeksiyon/Geri Dönüşüm
Kimyasal Sıvılar*	Ara Depolama
Sitotoksik İlaçlar	Dezenfeksiyon/Geri Dönüşüm
Atık Piller	Yakma
Patolojik Atık	Yakma
Enfekte Atık	Sterilizasyon
Kağıt-Karton Ambalaj.	Geri Dönüşüm
Evsel Atık	Düzenli Depolama

Hastanelerdeki faaliyetler sonucu oluşan atık su miktarları su faturalarından derlenmiştir.

Üniversite hastanelerine ait sera gazı emisyon envanteri için belirlenen; emisyon kategorileri bazlı kaynaklar, faaliyet verileri, veri kaynakları ve birimleri Tablo 3.7'de özetlenmiştir.

***Tablo 3.7**. Sağlık Kuruluşları Sera Gazı Emisyon Envanteri Faaliyet Verileri ve Veri Kaynakları*

Kategori/Kaynak/Faaliyet Verisi	**Veri Birimi**	**Veri Kaynağı**	**İlgili Birim**
Kategori 1: Doğrudan sera gazı emisyon ve uzaklaştırmaları			
Kategori 1 - Sabit yanma			
Doğal Gaz Kazanı, Doğalgaz Tüketimi	Sm^3	Doğalgaz fatura verileri	Muhasebe
Jeneratör, Fuel Oil Tüketimi	lt	Satın alımların yazılım üzerinden girişi	Teknik Hizmetler
Kategori 1 - Hareketli yanma			
Otomobil, Otobüs, Ambulans, Akaryakıt (Benzin, mazot) Tüketimi	lt	Araçlarına yerleştirilen Taşıt Tanıma Sistemi verileri	Destek Hizmetleri Birimi
Kategori 1 - Kaçak emisyonlar			
Soğutucu ekipman, Dolum Yapılan Soğutucu Akışkan Miktarı	kg	Yetkili servisten bildirilen fişleri	Destek Hizmetleri ve Teknik hizmetler
Yangın söndürme cihazları, Söndürücü Gaz Tüketimi	kg	Yetkili servis tarafından yapılan dolum işlemleri	Teknik Hizmetler
Kategori 2: İthal edilen enerjiden kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları			
Elektrik Tüketimi, Satın Alınan Elektrik	kWh	Elektrik faturaları	Muhasebe
Kategori 3: Ulaştırmadan kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları			
Personel İşe Gidiş-Geliş, Mesafe	km	Personel anketleri	İnsan Kaynakları
Hastaların Ulaşımı, Mesafe	km	Adreslerin Google API yardımıyla hastanelere olan uzaklığının hesabı	Hasta Hizmetleri
İş Seyahatleri, Mesafe	km	Google Flights uygulamasının belirttiği tahmini uçuş mesafeleri	Seyahat Acentesi, Muhasebe
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı, Mesafe	km	Sevkiyat sayısının ve firmaların hastaneye olan mesafesinin hesabı	Muhasebe
Kategori 4: Hastaneler tarafından kullanılan ürün/hizmetlerden kaynaklanan dolaylı sera gazı salımları			
Satın alınan İlaçlar, Miktar	Adet	Hastalara verilen ilaçların yazılım üzerinden girişi	Eczane
Satın alınan ilaç dışı sarf Malzeme, Miktar	Adet	Sipariş edilen sarf malzemelerin yazılım üzerinden girişi	Satın Alma

Satın alınan Yiyecek-İçecek Hizmetleri, Menü ve Servis Sayısı	Adet	Hizmeti sağlayan taşeron firmanın günlük ayak izi hesabı	Destek Hizmetleri/Taşeron Firma
Atıkların Bertarafı, Atık Miktarları	ton	Entegre Çevre Bilgi Sistemi (EÇBS) uygulaması, ilçe belediyeleri	Destek Hizmetleri
Atıksuların Arıtımı, Atıksu Miktarı	lt	Su faturaları	Muhasebe

3.5. HESAPLAMA YAKLAŞIMI

Örneklenen iki üniversite hastanesine ait sera gazı emisyon envanterleri emisyon hesaplamaları, ilgili sera gazı kaynaklarının faaliyet verileri ile literatürden ve resmi ulusal raporlardan seçilen uygun emisyon faktörlerinin çarpılması sonucu emisyon değerlerinin elde edilmesi ile oluşturulmuştur.

3.5.1. Doğrudan ve Enerji Dolaylı (Kategori 1 ve Kategori 2) Emisyonların Hesaplanması

Doğrudan ve enerji dolaylı sera gazı emisyonları hesaplanırken kullanılan hesaplama yaklaşımları, ilgili parametreler, uygulanan çevrimler ve kabuller Tablo 3.8'de özetlenmiştir.

Tablo 3.8. *Doğrudan ve Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri*

Emisyon kaynakları ***Faaliyet verileri***	**Hesaplama Yöntemleri ve Kabuller**	**Referanslar**
Kategori 1 – Sabit Kaynaklı Emisyonlar		
Doğal Gaz Kazanı, Doğal Gaz Tüketimi (Sm^3)	SG Emisyonu = Yakıt tüketimi (Sm^3) x NKD[1] (TJ/Sm^3) x ÇF[2] x OF[3] x EF_{SG}[4] (tSG/TJ) NKD = 34,54 $TJ/10^6$ Sm^3	IPCC (2006), Vol. 2 Enerji NIR Türkiye 2023 Commercial/Institutional (Category 1.A.4.a)
Jeneratörler, Dizel Yakıt Tüketimi (lt)	SG Emisyonu = Yakıt tüketimi (ton) x NKD (kcal/kg) x ÇF x OF x EF_{SG} (tSG/TJ) NKD = 10233000 kcal/ton d_{Dizel} = 0,846 kg/lt 1 TJ = 10^{12} J; 1 kcal = 4,1855 J	IPCC (2006), Vol. 2 Enerji NIR Türkiye 2023

1 Net Kalorifik Değer

2 Çevrim Faktörü

3 Oksidasyon Faktörü. 100% karbon oksidasyonu kabulü ile (Karbon → Karbondioksit), 1 (bir) kabul edilmiştir.

4 Sera Gazı Emisyon Faktörü

Kategori 1 – Hareketli Kaynaklı Emisyonlar		
Otomobil, Otobüs ve Ambülans, Dizel Yakıt Tüketimi (lt)	SG Emisyonu = Yakıt tüketimi (ton) x NKD (kcal/kg) x ÇF x OF x EF_{SG} (tSG/TJ) NKD = 10233000 kcal/ton d_{Dizel} = 0,846 kg/lt 1 TJ = 10^{12} J; 1 kcal = 4,1855 J	IPCC (2006), Vol. 2 Enerji NIR Türkiye 2023
Kategori 1 – Kaçak Emisyonlar		
Soğutucu ekipman (Su sebili, klima, chiller), Soğutucu Akışkan Tüketimi (t)	SG Emisyonu = Soğutucu akışkan Tüketimi (ton) x GWP[5] (tSG/ton) Soğutucu akışkanlar (GWP): R134a (1530), R32 (771), HFC-227ea (3600) CO_2 (1)	IPCC (2006) Vol.3 IPPU IPCC AR 6
Kategori 2 – Enerji Dolaylı Emisyonlar		
Elektrikli Ekipman, Elektrik Tüketimi (kWh)	SG Emisyonu = Elektrik tüketimi (kWh) x $EF_{Şebeke}$	IPCC (2006), Vol. 2

3.5.2. Ulaştırma/Nakliye Kaynaklı Dolaylı Emisyonların (Kategori 3) Hesaplanması

Ulaştırma ve nakliye kaynaklı sera gazı emisyonları hesaplanırken kullanılan hesaplama yaklaşımları, ilgili parametreler, uygulanan çevrimleri kabuller ve referanslar Tablo 3.9'da özetlenmiştir.

Tablo 3.9. *Ulaştırma/Nakliye Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri*

Emisyon kaynakları ***Faaliyet verileri***	**Hesaplama Yöntemleri ve Kabuller**	**Referanslar**
Personel İşe Gidiş-Geliş, Mesafe (pkm)	Toplu taşıma ile; SG Emisyonu = Mesafe (pkm[6]) x $EF_{toplu\ taşıma}$ (tCO_2e/pkm) Binek aracı ile; SG Emisyonu = Mesafe (pkm) x $EF_{binek\ araç}$ (tCO_2e/pkm) Mesafe = Çalışan sayısı x İşe Gidiş-Geliş Sayısı x Ort. Mesafe	GHG Protocol (2004)

[5] *Global Warming Potential, Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli*
[6] *Passenger kilometers, yolcu kilometresi; 1 yolcunun tek başına 1 km yolculuğu*

Hastaların Ulaşımı, Mesafe (pkm)	SG Emisyonu = Mesafe (pkm) x $EF_{binek\ araç}$ (tCO_2e/pkm)	GHG Protocol (2004) Google API
İş seyahatleri, Mesafe (pkm)	SG Emisyonu = Mesafe (pkm) x $EF_{uçak\ seyahati}$ (tCO_2e/pkm)	GHG Protocol (2004)
Satın Alınan Ürünlerin Nakliyesi, Mesafe (km)	SG Emisyonu = Mesafe (km) x $EF_{nakliye\ aracı}$ (tSG/km)	GHG Protocol (2004)

3.5.3. Satın Alınan Ürün/Hizmet Kaynaklı Dolaylı Emisyonların (Kategori 4) Hesaplanması

Sağlık kuruluşları tarafından satın alınan ürün ve hizmetlere ilişkin dolaylı sera gazı emisyonları hesaplanırken kullanılan hesaplama yaklaşımları, ilgili parametreler, uygulanan çevrimler, kabuller ve kaynaklar Tablo 3.10'da özetlenmiştir.

Tablo 3.10. *Satın Alınan Ürün/Hizmet Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemleri*

Emisyon kaynakları	Hesaplama Yöntemleri ve Kabuller	Referanslar
Satın alınan İlaçlar, Miktar	SG Emisyonu = Adet x Fiyat (İngiliz Sterlini) x $EF_{ilaç}$ (tCO_2e/İngiliz Sterlini)	GHG Protocol (2004)
Satın alınan ilaç dışı sarf Malzeme, Ağırlık (kg)	SG Emisyonu = Malzeme ağırlığı (kg) x $EF_{malzeme}$ (tCO_2e/kg) Malzeme: Ahşap, Cam, Kağıt, Metal, Plastik, Tekstil, Gıda SG Emisyonu = Temizlik kimyasalı ağırlığı (kg) x $EF_{kimyasal}$ (tCO_2e/kg)	GHG Protocol (2004)
Satın alınan Yiyecek-İçecek Hizmetleri	SG Emisyonu = Yemek menüsü x $EF_{menü}$ (tCO_2e/menü) x Servis Sayısı	Yemek Şirketi Beyanı
Atıkların Bertarafı, Atık Miktarları	SG Emisyonu = Atık ağırlığı (ton) x $EF_{atık}$ (tCO_2e /ton atık) Atıklar: Jeneratör Yağları, Kontamine Ambalaj, Klima Filtreleri, Sitotoksik İlaçlar, Atık Piller, Patolojik Atık, Enfekte Atık, Kağıt-Karton Amb., Evsel Atık	GHG Protocol (2004)
Su Temini	SG Emisyonu = Su Tüketimi (m^3) x EF(tCO_2e/m^3)	GHG Protocol (2004)
Atıksuların Arıtımı	SG Emisyonu = Su Tüketimi (m^3) x EF(tCO_2e/m^3)	GHG Protocol (2004)

3.6. EMİSYON FAKTÖRLERİ

Sera gazı emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri her bir sera gazı kaynağı için hata payı ve belirsizliği en düşük tutacak şekilde geniş kapsamlı bir literatür taraması yapılarak seçilmiştir. Bunun için öncelikle oldukça kısıtlı da olsa ülkemizde yürütülen çalışma ve raporlamalar dikkate alınmış, ülkemize has emisyon faktörü değerlerine ulaşılamaması halinde ise diğer ulusal ve uluslararası kaynaklar ve bilimsel çalışmalar incelenerek uygun emisyon faktörleri seçilmiştir.

Özellikle fosil yakıt tüketimi ile doğrudan ilişkili emisyonların hesabında, Kategori 1 ve Kategori 2'de ulusal kaynaklarımız dikkate alınmıştır. Fosil yakıtların yanması ile oluşan emisyonların hesabında ülkemizce her yıl UNFCC sekreteryasına yapılan Ulusal Envanter Raporu (National Inventory Report, NIR) bildirimlerde kullanılan emisyon faktörleri dikkate alınmıştır.

***Tablo** 3.11. Fosil Yakıt CO_2 Emisyon Faktörleri*

Kategori/Yakıtlar	**CO_2 Emisyon Faktörleri**				
Sabit yanma	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Doğal Gaz	55,60	53,70	53,70	55,40	55,40
Motorin	72,28	72,28	72,28	72,28	72,28
Hareketli yanma					
Motorin	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10

***Tablo 3.12.** Fosil Yakıt CH_4 ve N_2O Emisyon Faktörleri*

Kategori/Yakıtlar	**Emisyon Faktörleri (tSG/TJ)**	
Sabit yanma	**CH_4**	**N_2O**
Doğal Gaz	5	0,1
Motorin	3	0,6
Hareketli yanma		
Motorin	3,9	3,9

Satın alınan elektrik enerjisine ilişkin emisyonların hesabında ülkemiz için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca yıllık bazda yayınlanan Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Bilgi Formu'ndaki emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Tablo 3.13. *Ulusal Şebeke Sera Gazı Emisyon Faktörleri*

Yıllar	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Şebeke Emisyon Faktörleri (tCO_2e/MWh)	0,6198	0,6482	0,6488	0,6345	0,6345

Soğutucu gazlar ve yangın söndürme ekipmanlarından kaynaklanan emisyonların emisyon faktörleri ise IPCC değerlendirme raporlarında belirlenmiş olan Küresel Isınma Etki Potansiyeli tablolarından alınmıştır.

Tablo 3.14. *Kaçak Emisyon ve Medikal Gazların Küresel Isınma Etki Potansiyelleri (IPCC, 2006)*

Sera Gazı	**Küresel Isınma Etki Potansiyeli (GWP)**
CO_2	1
N_2O	28
r134a	1.530
HFC-227-ea	3.600
r32	771

İçme suyu kullanıma ait emisyonların hesabında, su sebili kullanımları ihmal edilmiş, şebeke suyu kullanımlarına ait dolaylı emisyonların hesaplamalarında DEFRA tarafından 2018 ile 2023 yılları arasında su temini için belirlenmiş emisyon faktörlerinin ortalaması alınarak hesaplanan emisyon faktörü kullanılmıştır.

Tablo 3.15. *Su Temini Sera Gazı Emisyon Faktörü*

Faaliyet	**Emisyon Faktörü ($kgCO_2e/m^3$)**	**Referans**
Su Kullanımı	0,251	DEFRA 2018-2023

Atıksuların arıtılmasına ait emisyonların hesabında, su kullanımına ilişkin emisyon hesabındaki gibi yine DEFRA tarafından 2018 ile 2023 yılları arasında atıksuların arıtımı için belirlenmiş emisyon faktörlerinin ortalaması alınarak hesaplanan emisyon faktörü kullanılmıştır.

Tablo 3.16. *Atık suların Arıtılması Sera Gazı Emisyon Faktörü*

Faaliyet	Emisyon Faktörü ($kgCO_2e/m^3$)	Referans
Su Kullanımı	0,478	DEFRA 2018-2023

Ulaşım kaynaklı emisyonlar; hastaların ulaşımı, personellerin ulaşımı, satın alınan ürünlerin ulaşımı ve iş seyahatleri olarak dört başlık altında incelenmektedir.

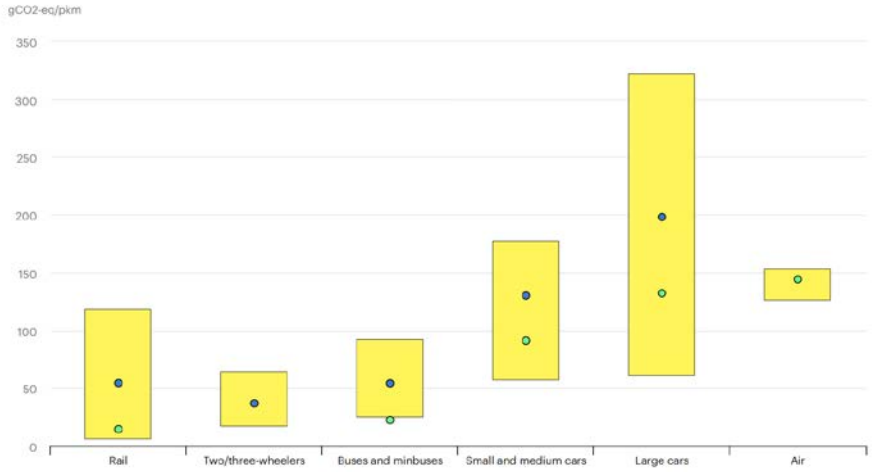
Ulaşım araçlarına ait bilinen verilerin detayına göre literatürden uygun emisyon faktörleri seçilmiştir. Örneğin satın alınan ürünlerin ulaşımında kullanılan aracın ve kullanılan yakıtın türü bilindiğinden DEFRA tarafından belirlenen ve dizel yakıtlı ticari araçlar için kullanılması gereken emisyon faktörü kullanılmıştır.

Ancak hasta ve personellerin ulaşımında kullanılan aracın ve yakıtın türünün tam olarak bilinememesi nedeniyle Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından belirlenen, ortalama bir taşıt ve bu taşıt için belirlenen emisyon faktörü kullanılmıştır. Toplu taşıma için de benzer kısıtlama mevcut olup, toplu taşıma ile ulaşımını sağlayan hasta ve personellerin kullandığı toplu taşıma şekli, kullanılan aracın yakıt türü ve aktarma sayısı gibi verilerin de bilinememesi nedeniyle IEA tarafından toplu taşımalar için belirlenen emisyon faktörü dikkate alınmıştır. Tüm seyahatleri sadece yurt içine ve havayolu ile yapılan, ekonomi sınıf iş seyahatleri için ise DEFRA tarafından belirlenen ilgili emisyon faktörü dikkate alınmıştır.

Ulaşım çeşitlerine göre uygun emisyon faktörleri ve emisyon faktörlerinin edinildiği kaynaklar Tablo 3.17'de belirtilmiştir.

Tablo 3.17. *Ulaşım Kaynaklı Faaliyetlere Ait Sera Gazı Emisyon Faktörleri*

Faaliyet (Ulaşım)	Ulaşım Şekli	Emisyon Faktörü ($kgCO_2e$/yolcu.km)	Referans
Hasta Gidiş-Geliş	Binek Araç	0,15893	DEFRA (2022)
	Toplu Taşıma	0,054	IEA (2019)
Personel Gidiş-Geliş	Binek Araç	0,15893	DEFRA (2022)
	Toplu Taşıma	0,054	IEA (2019)
Satın Alınan Ürünler	Ticari Araç (Dizel)	0,86407	DEFRA (2022)
İş Seyahatleri	Havayolu (Ekonomi Sınıf)	0,14063	DEFRA (2022)



Şekil 3.1: *Yolcu Taşımacılığında Kullanılan Taşıtlara Göre Sera Gazı Emisyon Faktörleri (IEA, 2019)*

Satın alınan ürünlerin kullanımından kaynaklı emisyonların hesabı için önce kullanılan materyaller belirlenmiş, akabinde materyalin türüne göre literatürden uygun emisyon faktörleri Tablo 3.18'de belirtilmiştir.

Tablo 3.18. *Satın Alınan Malzemelerin Materyallerine Ait Sera Gazı Emisyon Faktörleri*

Materyal	Emisyon Faktörü ($kgCO_2e/ton$)	Referans
Ahşap	312,61	DEFRA (2022)
Cam	1.402,77	DEFRA (2022)
Gıda	3.701,40	DEFRA (2022)
Kağıt	919,40	DEFRA (2022)
Temizlik Kimyasalları	357,00	Villota-Paz ve diğ. (2022)
Metal	5.268,56	DEFRA (2022)
Plastik	3.116,29	DEFRA (2022)
Tekstil	22.310,00	DEFRA (2022)

Kullanılan ilaçlara ilişkin emisyonların hesaplanmasında literatürden alınan fiyat bazlı emisyon faktörü Tablo 3.19'da belirtilmiştir.

Tablo 3.19. *Sera Gazı Emisyon Envanterinde Satın Alınan İlaçlara Ait Emisyon Faktörü*

Faaliyet	Emisyon Faktörü ($kgCO_2e/GBP$)	Referans
İlaç Tüketimi	0,57	Tennison ve diğ. 2021

Faaliyetler sonucu oluşan atıklardan kaynaklı emisyonların hesabı için atıkların türlerine ve işlenme yöntemine göre uygun emisyon faktörleri Tablo 3.20'de belirtilmiştir.

Tablo 3.20. *Sera Gazı Emisyon Envanterinde Atıklar ve İşleme Yöntemlerine Ait Emisyon Faktörleri*

Atık Türü	**Atık İşleme Yöntemi**	**Emisyon Faktörü ($kgCO_2e/ton$)**	**Referans**
Jeneratör Yağları	Enerji Geri Kazanım	2,93	(API, 2023)
Kontamine Ambalaj	Dezenfeksiyon/Geri Dönüşüm	338	Yaman, 2020
Kimyasal Sıvılar	Ara Depolama*	1074	Rizan ve diğ., 2021
Sitotoksik İlaçlar	Dezenfeksiyon/Geri Dönüşüm	249	Rizan ve diğ., 2021
Atık Piller	Yakma	1074	Rizan vd., 2021
Patolojik Atık	Yakma	1074	Rizan vd., 2021
Enfekte Atık	Sterilizasyon	569	Rizan vd., 2021
Kağıt-Karton Amb.	Geri Dönüşüm	21,31	DEFRA
Evsel Atık	Düzenli Depolama	0,48	DEFRA

*Nihai bertaraf için en yüksek emisyon faktörlü uygulama kabul edilmiştir.

3.7. BELİRSİZLİK ANALİZİ

Çalışma kapsamında hazırlanan sera gazı emisyon envanterleri doğrudan ve enerji-dolaylı karbondioksit emisyonları için bir belirsizlik analizi yapılmıştır. Belirsizlik analizi çalışmasında GHG Protocol kılavuzunda belirtilen yöntem kullanılmıştır. Buna göre toplam envanter belirsizliği, faaliyet verilerinin belirsizlikleri ile emisyon faktörlerinin belirsizlikleri ayrı ayrı dikkate alınarak alt alta toplanan kümülatif belirsizlik olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$u = t + \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i * I_i)^2}{M} \quad (1)$$

Burada, u: Belirsizlik (%); H: i kaynağının CO_2 emisyonu; I: i kaynağının belirsizliği ve M: Toplam CO_2 emisyonunu temsil etmektedir.

Her bir veri kaynağına ait belirsizlik ayrı ayrı belirlenmiştir. Emisyon hesaplamasında kullanılan verinin sayaç vb. ölçüm cihazları ile belirlenmesi halinde Ölçü Aletleri Yönetmeliği (RG. No. 26960) Maksimum İzin Verilebilir Hata (MİH) değerleri dikkate alınmıştır. Diğer faaliyet verilerine ilişkin belirsizlikler ulusal raporlar ve uzman görüşleri dikkate alınarak seçilmiştir.

BÖLÜM 4: BULGULAR

4.1. KATEGORİ 1 SERA GAZI EMİSYONLARI

4.1.1. Üniversite Hastanesi 1

Bu çalışmada örneklenen Hastane 1 için 2018 ile 2022 yılları arası faaliyet verilerine dayanarak hazırlanan Kategori 1 Doğrudan sera gazı emisyonları Tablo 4.1 – Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.1. *Üniversite Hastanesi 1- 2018 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	255,39	0,02297	0,000459		256,16	81,41%
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	17,22	0,00071	0,00014		17,28	5,49%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	7,68	0,00040	0,00040		7,80	2,48%
Ambulans	3,83	0,00020	0,00020		3,89	1,24%
Minibüs	11,52	0,00061	0,00001		11,54	3,67%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				0,00	0,00	0,00%
Klimalar (R32)				7,51	5,79	1,84%
Su Sebilleri (R134a)				0,3	0,46	0,15%
Yangın Söndürme (CO_2)				199,32	0,20	0,06%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				3,2	11,52	3,66%
Toplam	295,65	0,024894	0,001208	314,65	314,65	100,00%

Tablo 4.2. *Üniversite Hastanesi 1- 2019 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	247,25	0,02302	0,00046		248,02	76,95%
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	19,70	0,00082	0,00016		19,77	6,13%
Hareketli emisyonlar						

Otomobil	7,49	0,00039	0,00039		7,61	2,36%
Ambulans	4,34	0,00023	0,00023		4,41	1,37%
Minibüs	11,23	0,00059	0,0000000001		11,25	3,49%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				11	16,83	5,22%
Klimalar (R32)				10,31	7,95	2,47%
Su Sebilleri (R134a)				0,1	0,15	0,05%
Yangın Söndürme (CO_2)				192,3	0,19	0,06%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				1,7	6,12	1,90%
Toplam	290,01	0,025053	0,001246	322,30	322,30	100,00%

Tablo 4.3. *Üniversite Hastanesi 1- 2020 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	205,55	0,01914	0,000383		205,57	74,46%
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	15,07	0,00063	0,00013		15,07	5,46%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	10,01	0,00053	0,00053		10,01	3,63%
Ambulans	7,46	0,00039	0,00039		7,46	2,70%
Minibüs	14,99	0,00079	0,00000000008		14,99	5,43%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				9	13,77	4,99%
Klimalar (R32)				0,00	0,00	0,00%
Su Sebilleri (R134a)				0,5	0,77	0,28%
Yangın Söndürme (CO_2)				151,88	0,15	0,06%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				2,3	8,28	3,00%
Toplam	253,07	0,021472	0,001427	276,06	276,06	100,00%

Tablo 4.4. *Üniversite Hastanesi 1- 2021 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	245,49	0,02216	0,000443		246,24	80,95%

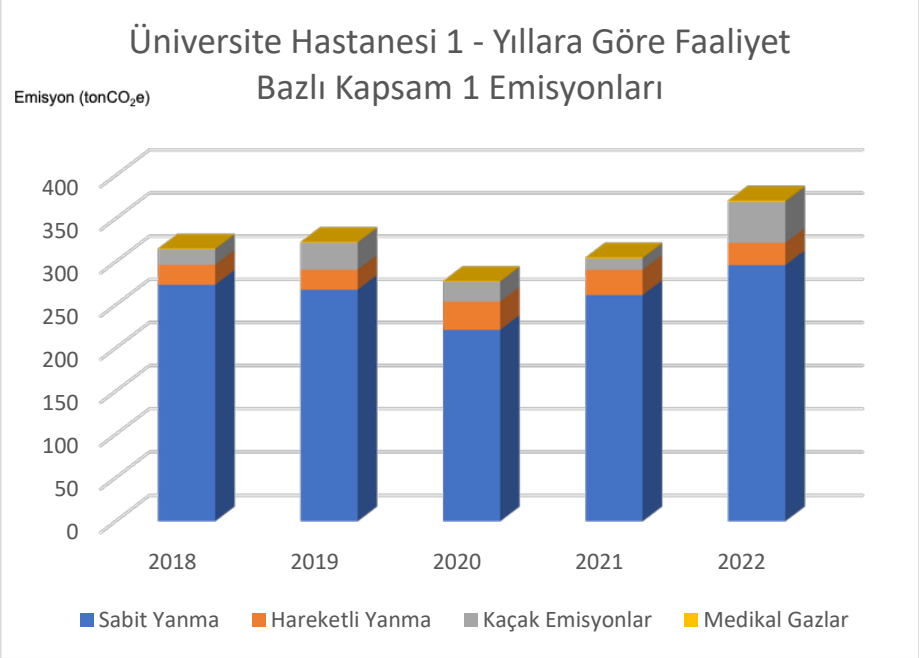
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	15,23	0,00063	0,00013		15,29	5,03%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	8,70	0,00046	0,00046		8,84	2,91%
Ambulans	6,63	0,00035	0,00035		6,74	2,21%
Minibüs	13,79	0,00073	0,0000000001		13,81	4,54%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				0,00	0,00	0,00%
Klimalar (R32)				7,12	5,49	1,80%
Su Sebilleri (R134a)				0,5	0,77	0,25%
Yangın Söndürme (CO_2)				169,7	0,17	0,06%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				1,9	6,84	2,25%
Toplam	289,85	0,024322	0,001377	304,17	304,17	100,00%

Tablo 4.5. *Üniversite Hastanesi 1- 2022 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	279,37	0,02521	0,00050		280,22	75,78%
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	16,04	0,00067	0,00013		16,10	4,35%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	7,98	0,00042	0,00042		8,11	2,19%
Ambulans	4,95	0,00026	0,00026		5,03	1,36%
Minibüs	12,71	0,00067	0,000000001		12,72	3,44%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				19	29,07	7,86%
Klimalar (R32)				8,8	6,78	1,83%
Su Sebilleri (R134a)				0,5	0,77	0,21%
Yangın Söndürme (CO_2)				162	0,16	0,04%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				3	10,80	2,92%
Toplam	321,06	0,027229	0,001318	369,76	369,76	100,00%

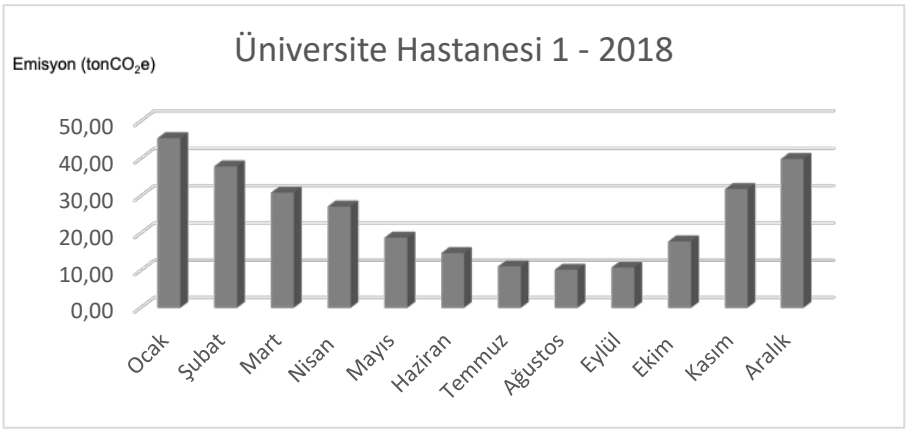
Üniversite Hastanesi 1'in 2018 – 2022 yılları arası Kategori 1 sera gazı emisyonlarının ağırlıklı olarak CO_2 gazı (87- 95%) ve ısınma amaçlı doğal gaz tüketimine bağlı emisyonlar (75-81%) olduğu görülmüştür.

Toplam Kategori 1 emisyonlarının yıllara bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

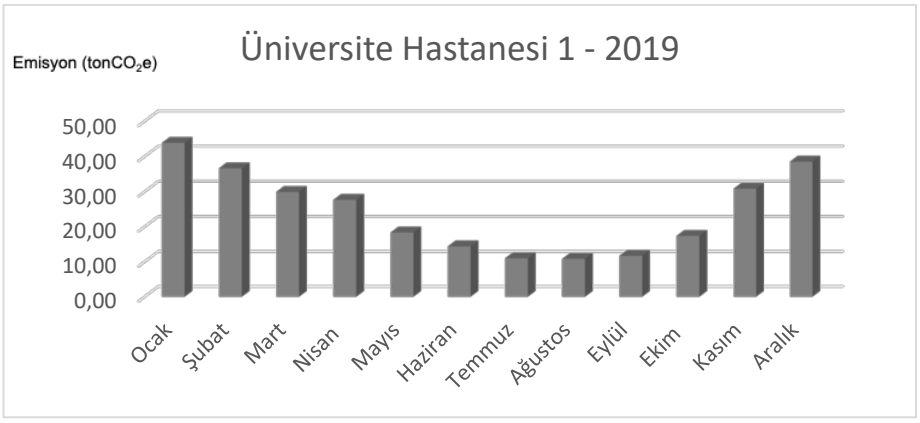


Şekil 4.1: *Üniversite Hastanesi 1- Yıllarına Göre Kapsam 1 Emisyonları*

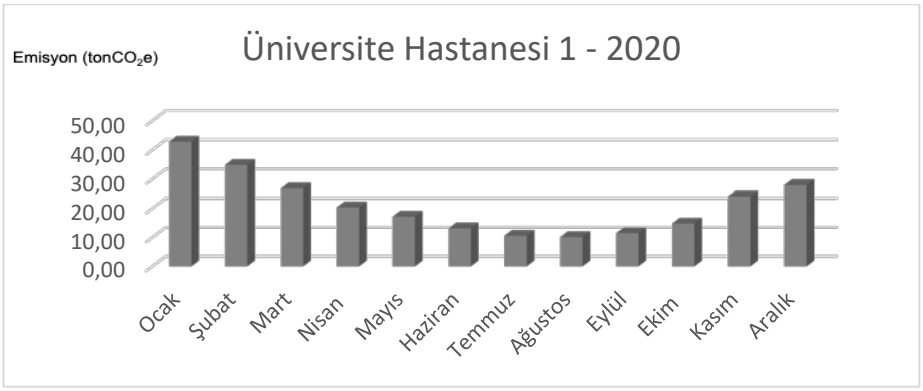
Üniversite Hastanesi 1'e ait Kapsam 1 emisyonlarının her bir yıla ait aylık bazda grafiği ise Şekil 4.2'den itibaren görülebilmektedir. Sabit yanma-doğalgaz ve hareketli yanma-taşıt emisyonları aylık olarak bilinen faaliyet verilerinden hesaplanmıştır. Faaliyet verileri aylık olarak bilinmeyen sabit yanma-jeneratör ve kaçak emisyonlar ise aylık ortalama alınarak eklenmiştir.



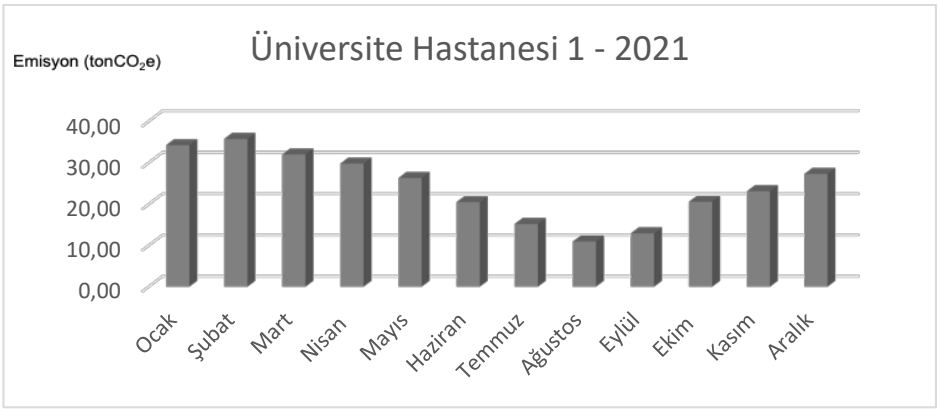
Şekil 4.2: *Üniversite Hastanesi 1- 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



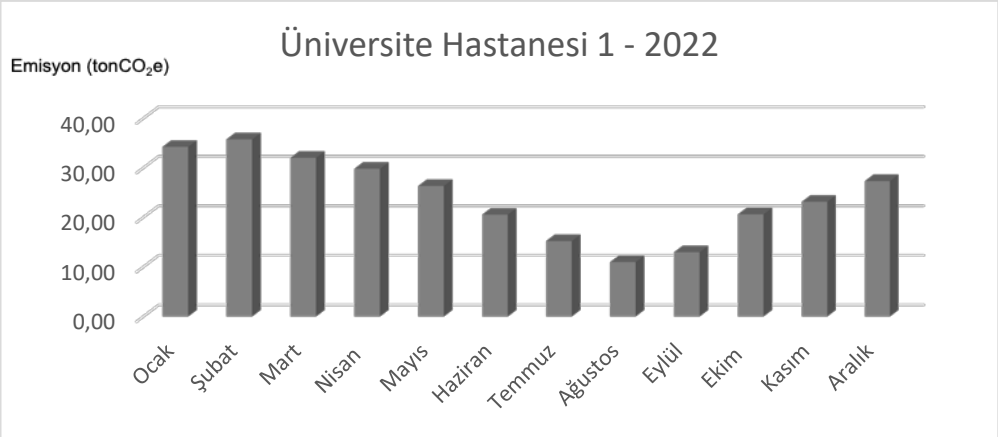
Şekil 4.3. *Üniversite Hastanesi 1- 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.4: *Üniversite Hastanesi 1- 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.5*: Üniversite Hastanesi 1- 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.6: *Üniversite Hastanesi 1- 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 1'e ait Kapsam 1 emisyonlarının her bir yıla ait aylık bazda grafikleri incelendiğinde örnekleme alınan tüm yılların yaz aylarında Kategori 1 emisyonlarının önemli ölçüde düştüğü görülebilmektedir. Yaz aylarındaki gözle görülür düşüşün nedeni olarak ısınma ihtiyacının diğer aylara göre az olması ve hastane yoğunluğunun diğer aylara göre düşük seviyelerde olması gösterilebilir.

Üniversite Hastanesi 1'e ait sabit yanma, hareketli yanma ve kaçak emisyonları içeren Kategori 1 emisyonlarının normalize değerlendirmesini içeren bilgiler Tablo 4.6.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.6. *Üniversite Hastanesi 1 – Yıllara Göre Kategori 1 Sera Gazı Emisyonları*

Yıllar	**Sera Gazı Emisyonu (tCO_2e)**		
	Sabit Yanma	**Hareketli Yanma**	**Kaçak Emisyonlar**
2018	273,45	23,23	17,97
2019	267,79	23,26	31,24
2020	221,31	32,75	22,97
2021	261,52	29,39	13,26
2022	296,31	25,86	47,58

Üniversite Hastanesi 1'in 2018 yılı için hasta, alan ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.7.'de belirtilmiştir.

Bu bilgiler ışığında Üniversite Hastanesi 1 için yıllık olarak hasta, alan ve ameliyat bazlı karbon yükleri Kategori 1 emisyonları üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izi üzerinde yapılması olası diğer çalışmalar için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 4.7. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2018)*

Üniversite Hastanesi 1	**2018**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	172.734	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	2.933	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan	6.500	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	315.554,15	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,82	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	48,54	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	107,58	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 1'in 2019 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.8.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.8. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2019)*

Üniversite Hastanesi 1	**2019**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	183.162	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.257	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan	6.500	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	323.154,65	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,76	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	49,72	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	99,22	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 1'in 2020 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.9.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.9. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2020)*

Üniversite Hastanesi 1	**2020**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	132.982	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	1.439	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan	6.500	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	277.836,69	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	2,09	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	42,74	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	193,08	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 1'in 2021 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.10'da belirtilmiştir.

Tablo 4.10. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2021)*

Üniversite Hastanesi 1	**2021**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	202.527	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	2.158	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan	6.500	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	305.256,41	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,51	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	46,96	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	141,45	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 1'in 2022 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.11'de belirtilmiştir.

Tablo 4.11. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2022)*

Üniversite Hastanesi 1	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	240.992	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.615	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan	6.500	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	371.029,60	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,54	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	57,08	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	102,64	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Elde edilen bilgiler ve hesaplamalar sonucunda Üniversite Hastanesi 1'de pandeminin başladığı 2020 senesinde tedavi gören hasta sayısında önemli ölçüde düşüş yaşandığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak sokağa çıkma yasağı uygulaması süresince acil olmayan ameliyat, muayene ve diğer tedavilerin ertelenmesi gösterilebilir. Yıllara göre Kategori 1 emisyonları incelendiğinde ise pandemi öncesi olan 2019 yılında, 2018 yılına göre Kategori 1 emisyonlarında artış (2%), 2020 itibariyle bir önceki yıla göre azalma (15%), pandemi sonrası senelerde ise önceki yıllara göre gözle görülür artışlar (9% ve 21%) görülmüştür.

Buna bağlı olarak kişi bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise kişi bazlı karbon yoğunluğunda 2020 senesinde, bir önceki seneye göre artış (Yaklaşık 18%) görülmüş olup pandemi sonrası ilk sene olan 2021 senesinde ise 2020 senesine göre azalma (Yaklaşık 28%) görülmüştür.

Alan bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise 2020 yılında bir önceki seneye göre azalma (Yaklaşık 15%) görülmüş, 2021 yılında ise 2020 yılına göre artış (Yaklaşık 10%) görülmüştür. Alan bazlı yıllık karbon yoğunluk değişimleri, hastane iç alanında bir değişim olmaması nedeniyle Kategori 1 emisyonlarının yıllara göre değişimleriyle doğru orantılı seyretmiştir.

Ameliyat bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise özellikle pandeminin başladığı 2020 senesindeki gözle görülür artış dikkat çekmektedir. Aciliyeti olmayan ameliyatların ertelenmesi veya iptal edilmesi ile ameliyat başına karbon yükünün 2020 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık 94% arttığı görülebilmektedir. 2021 yılında artışa geçen ameliyat sayıları ile ameliyat başına karbon yükü 2020 yılına göre yaklaşık 27% azalma göstermiş, 2022 yılında ise pandemi etkisinin azalması ve günlük hayatın normalleşmesi ile ameliyat başına karbon yükünün pandemi öncesi seviyelere kadar geldiği görülmüştür.

4.1.2. Üniversite Hastanesi 2

Bu çalışmada örneklenen Hastane 2 için 2018 ile 2022 yılları arası faaliyet verilerine dayanarak hazırlanan Kategori 1 Doğrudan sera gazı emisyonları Tablo 4.12 – Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.12. *Üniversite Hastanesi 2- 2018 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	313,45	0,022	0,0056		315,61	76,72%
Jeneratörler	19,00	0,00079	0,00016		19,07	4,64%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	10,75	0,00057	0,00057		10,92	2,65%
Ambulans	4,78	0,00025	0,00025		4,86	1,18%
Minibüs	14,36	0,00076	0		14,38	3,50%
Kaçak emisyonlar						

Chiller (R134a)				14,00	21,42	5,21%
Klimalar (R32)				8,10	6,25	1,52%
Su Sebilleri (R134a)				0,20	0,31	0,07%
Yangın Söndürme (CO_2)				213,10	0,21	0,05%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				0,01	18,36	4,46%
Toplam	362,34	0,024855	0,006598	235,41	411,38	100,00%

Tablo 4.13. *Üniversite Hastanesi 2- 2019 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz	300,58	0,022	0,0054		300,61	77,64%
Jeneratörler	20,24	0,00084	0,00017		20,24	5,23%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	10,48	0,00055	0,00055		10,48	2,71%
Ambulans	5,47	0,00029	0,00029		5,47	1,41%
Minibüs	14,00	0,00074	0		14,00	3,61%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				9,00	13,77	3,56%
Klimalar (R32)				15,10	11,64	3,01%
Su Sebilleri (R134a)				0,20	0,31	0,08%
Yangın Söndürme (CO_2)				245,98	0,25	0,06%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				0,00	10,44	2,70%
Toplam	350,76	0,024080	0,006423	270,28	387,20	100,00%

Tablo 4.14. *Üniversite Hastanesi 2- 2020 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz Kazanı, Isınma	235,21	0,018	0,0044		235,23	74,26%
Jeneratörler, Acil Durum Elektrik	12,82	0,00053	0,00011		12,82	4,05%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	14,00	0,00074	0,00074		14,00	4,42%
Ambulans	9,48	0,00050	0,00050		9,48	2,99%
Minibüs	18,68	0,00098	0		18,68	5,90%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				7,00	10,71	3,38%
Klimalar (R32)				5,30	4,09	1,29%
Su Sebilleri (R134a)				0,10	0,15	0,05%

Yangın Söndürme (CO_2)				95,09	0,10	0,03%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				0,0032	11,5200	3,64%
Toplam	290,19	0,020271	0,0057	107,49	316,78	100,00%

Tablo 4.15. Ü*niversite Hastanesi 2- 2021 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

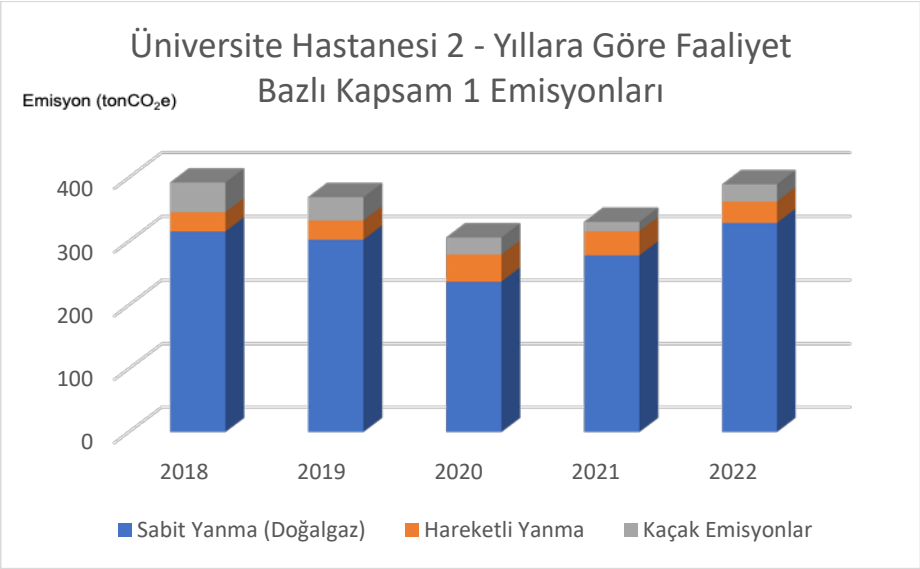
Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz	276,09	0,020	0,0050		276,12	80,33%
Jeneratörler	15,33	0,00064	0,00013		15,33	4,46%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	12,17	0,00064	0,00064		12,18	3,54%
Ambulans	8,35	0,00044	0,00044		8,35	2,43%
Minibüs	17,18	0,00090	0		17,18	5,00%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				5,30	8,11	2,36%
Klimalar (R32)				0,00	0,00	0,00%
Su Sebilleri (R134a)				0,60	0,92	0,27%
Yangın Söndürme (CO_2)				149,00	0,15	0,04%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				0,0015	5,40	1,57%
Toplam	329,13	0,022555	0,006191	154,90	343,73	100,00%

Tablo 4.16. *Üniversite Hastanesi 2- 2022 yılı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Emisyon kaynakları Faaliyetler	**Sera Gazı Emisyonları**				**Toplam Emisyon (tCO_2e)**	**% Payı**
	CO_2 (ton)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**Diğer (kg)**		
Sabit emisyonlar						
Doğal Gaz	326,57	0,024	0,0059		326,60	80,78%
Jeneratörler	17,39	0,00072	0,00014		17,39	4,30%
Hareketli emisyonlar						
Otomobil	11,17	0,00059	0,00059		11,17	2,76%
Ambulans	6,36	0,00033	0,00033		6,36	1,57%
Minibüs	15,83	0,00083	0		15,83	3,92%
Kaçak emisyonlar						
Chiller (R134a)				7,20	11,02	2,72%
Klimalar (R32)				9,90	7,63	1,89%
Su Sebilleri (R134a)				0,40	0,61	0,15%
Yangın Söndürme (CO_2)				111,00	0,11	0,03%
Yangın Söndürme (HFC 227ea)				0,0021	7,5600	1,87%
Toplam	377,33	0,026057	0,006962	128,50	404,29	100,00%

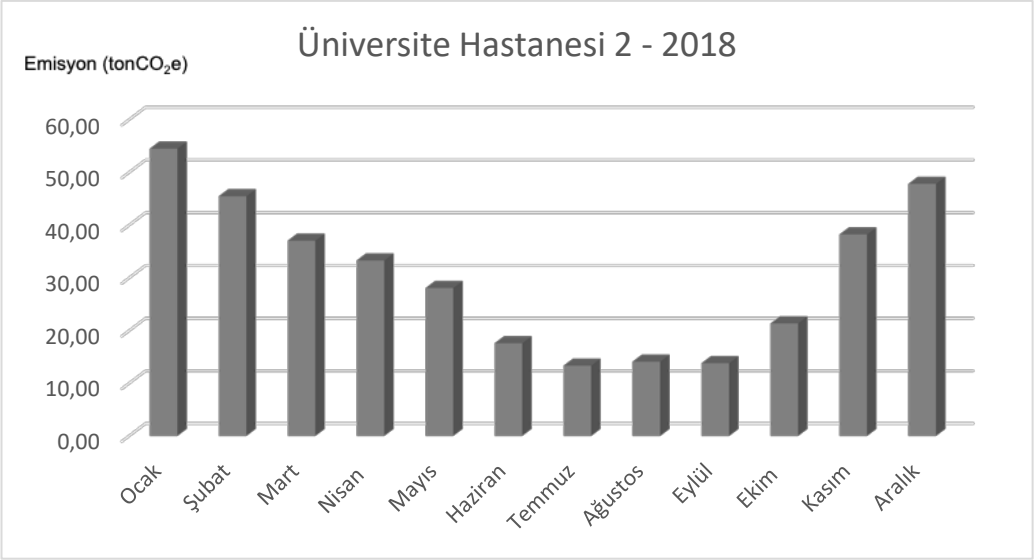
Üniversite Hastanesi 2'nin 2018 – 2022 yılları arası Kategori 1 sera gazı emisyonlarının da tıpkı Üniversite Hastanesi 1 gibi ağırlıklı olarak CO_2 gazı (86-95%) ve ısınma amaçlı doğal gaz tüketimine bağlı emisyonlar (74-81%) olduğu görülmüştür.

Toplam Kategori 1 emisyonlarının yıllara bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

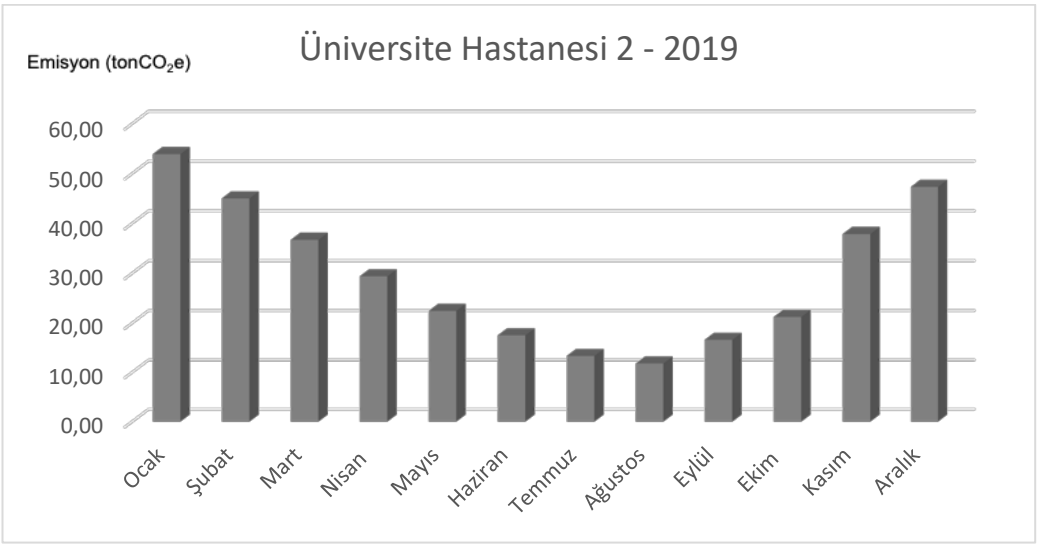


Şekil 4.7. *Üniversite Hastanesi 2- Yıllarına Göre Kapsam 1 Emisyonları*

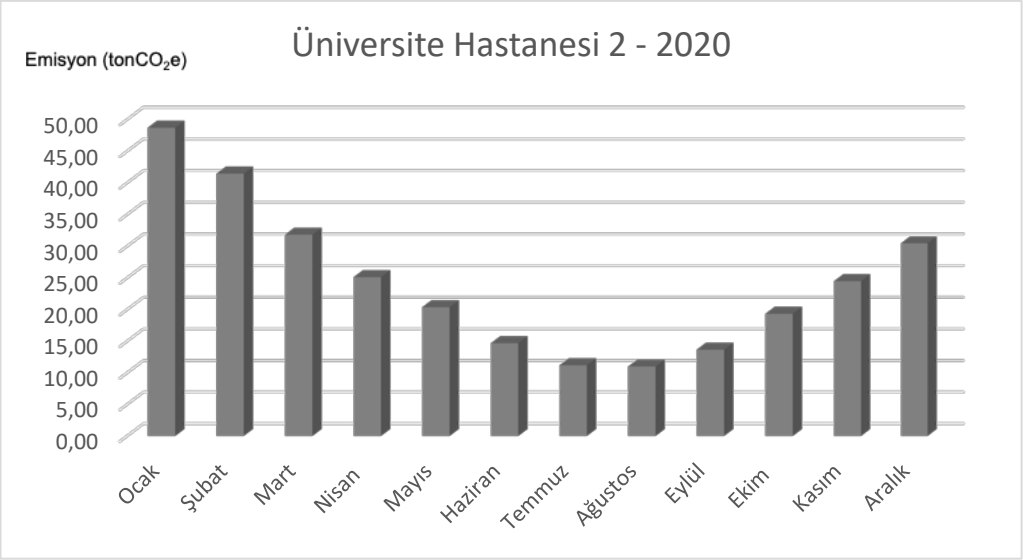
Üniversite Hastanesi 2'ye ait Kapsam 1 emisyonlarının her bir yıla ait aylık bazda grafiği ise Şekil 4.8'den itibaren görülebilmektedir. Sabit yanma-doğalgaz ve hareketli yanma-taşıt emisyonları aylık olarak bilinen faaliyet verilerinden hesaplanmıştır. Faaliyet verileri aylık olarak bilinmeyen sabit yanma-jeneratör ve kaçak emisyonlar ise aylık ortalama alınarak eklenmiştir.



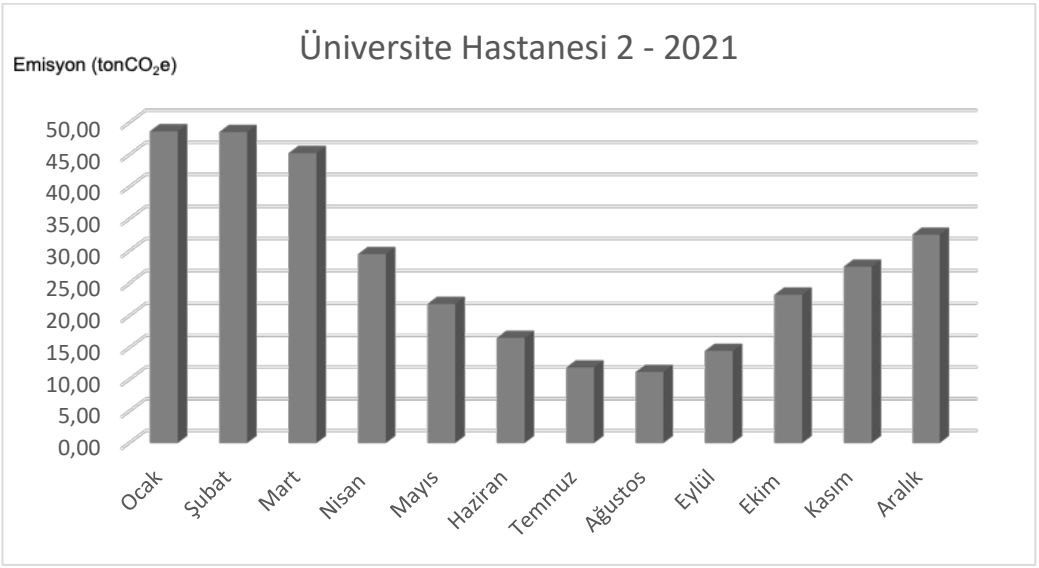
Şekil 4.8. *Üniversite Hastanesi 2- 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



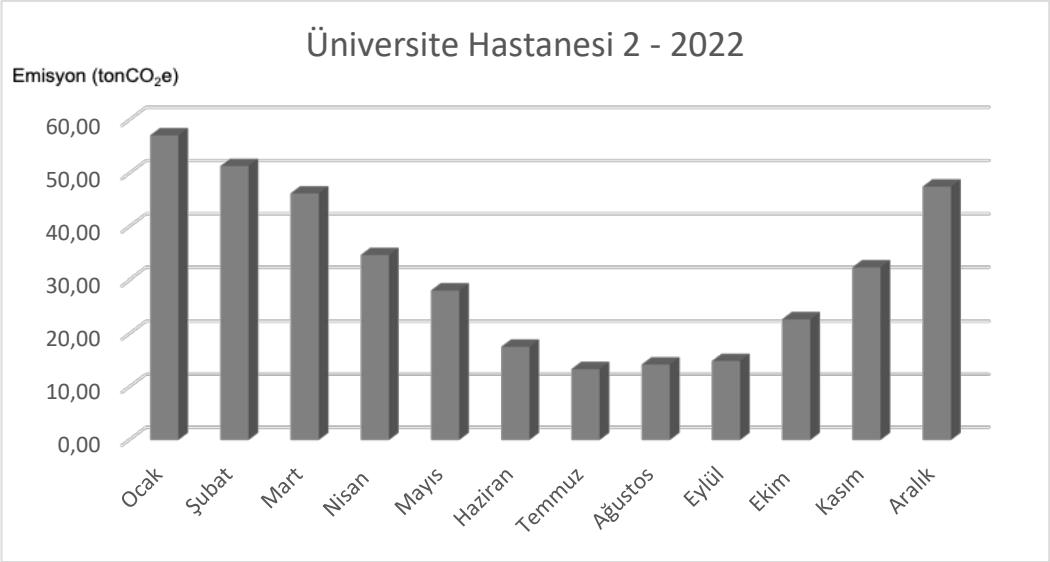
Şekil 4.9. *Üniversite Hastanesi 2- 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.10. *Üniversite Hastanesi 2- 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.11. *Üniversite Hastanesi 2- 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*



Şekil 4.12. *Üniversite Hastanesi 2- 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 1 (Doğrudan) Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 2'ye ait Kategori 1 emisyonlarının her bir yıla ait aylık bazda grafikleri incelendiğinde örnekleme alınan tüm yıllarda tıpkı Üniversite Hastanesi 1 gibi yaz aylarında Kategori 1 emisyonlarının önemli ölçüde düştüğü görülebilmektedir. Yaz aylarındaki gözle görülür düşüşün nedeni olarak ısınma ihtiyacının diğer aylara göre az olması ve hastane yoğunluğunun diğer aylara göre düşük seviyelerde olması gösterilebilir.

Üniversite Hastanesi 2'ye ait sabit yanma, hareketli yanma ve kaçak emisyonları içeren Kategori 1 emisyonlarının normalize değerlendirmesini içeren bilgiler Tablo 4.17.'de belirtilmiştir.

Bu bilgiler ışığında Üniversite Hastanesi 2 için yıllık olarak hasta, alan ve ameliyat bazlı karbon yükleri Kategori 1 emisyonları üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izi üzerinde yapılması olası diğer çalışmalar için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 4.17. *Üniversite Hastanesi 2 – Yıllara Göre Kategori 1 Emisyonları*

Yıllar	Sera Gazı Emisyonu (tCO_2e)		
	Sabit Yanma (Doğalgaz)	**Hareketli Yanma**	**Kaçak Emisyonlar**
2018	315,61	30,15	46,54
2019	302,67	30,22	36,40
2020	236,90	42,56	26,56
2021	278,01	38,06	14,58
2022	328,84	33,66	26,93

Üniversite Hastanesi 1'in 2018 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.18'de belirtilmiştir.

Tablo 4.18. *Üniversite Hastanesi 2 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2018)*

Üniversite Hastanesi 2	**2018**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	197.361	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.019	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan (m^2)	9.750	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	393.594,53	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,99	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	40,36	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	130,37	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 2'nin 2019 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.19.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.19. *Üniversite Hastanesi 2 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2019)*

Üniversite Hastanesi 2	**2019**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	188.472	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.573	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan (m^2)	9.750	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	370.393,71	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,97	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	37,99	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	103,66	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 2'nin 2020 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.20.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.20. Üniversite Hastanesi 2 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2020)

Üniversite Hastanesi 2	**2020**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	149.832	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	1.983	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan (m^2)	9.750	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	307.056,72	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	2,05	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	31,49	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	154,84	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 2'nin 2021 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.21.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.21. *Üniversite Hastanesi 2 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2021)*

Üniversite Hastanesi 2	**2021**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	237.492	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	2.112	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan (m^2)	9.750	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	331.851,07	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,40	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	34,04	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	157,13	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 2'nin 2022 yılı için hasta başına, alan başına ve yapılan ameliyat başına karbon yoğunlukları Tablo 4.11.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.22. *Üniversite Hastanesi 1 – Hasta, Alan ve Ameliyat Başına Karbon Yoğunluğu (2022)*

Üniversite Hastanesi 2	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	297.482	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.384	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan (m^2)	9.750	m^2
Toplam Kapsam 1 Emisyonu	390.807,85	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	1,31	$kgCO_2e$/kişi/yıl

Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	40,08	$kgCO_2e/m^2/yıl$
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	115,49	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Elde edilen bilgiler ve hesaplamalar sonucunda Üniversite Hastanesi 1'de pandeminin başladığı 2020 senesinde tedavi gören hasta sayısında önemli ölçüde düşüş yaşandığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak sokağa çıkma yasağı uygulaması süresince acil olmayan ameliyat, muayene ve diğer tedavilerin ertelenmesi gösterilebilir. Yıllara göre Kategori 1 emisyonları incelendiğinde ise pandemi öncesi olan 2019 yılında, 2018 yılına göre Kategori 1 emisyonlarında azalma (Yaklaşık 6%), 2020 itibariyle bir önceki yıla göre azalma (Yaklaşık 18%), pandemi sonrası senelerde ise önceki yıllara göre gözle görülür artışlar (Yaklaşık 8% ve 17%) görülmüştür.

Buna bağlı olarak kişi bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise kişi bazlı karbon yoğunluğunda 2020 senesinde, bir önceki seneye göre artış (Yaklaşık 5%) görülmüş olup pandemi sonrası ilk sene olan 2021 senesinde ise 2020 senesine göre azalma (Yaklaşık 32%) görülmüştür.

Alan bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise 2020 yılında bir önceki seneye göre azalma (Yaklaşık 18%) görülmüş, 2021 yılında ise 2020 yılına göre artış (Yaklaşık 8%) görülmüştür. Alan bazlı yıllık karbon yoğunluk değişimleri, hastane iç alanında bir değişim olmaması nedeniyle Kategori 1 emisyonlarının yıllara göre değişimleriyle doğru orantılı seyretmiştir.

Ameliyat bazlı karbon yoğunlukları incelendiğinde ise özellikle pandeminin başladığı 2020 senesindeki gözle görülür artış dikkat çekmektedir. Aciliyeti olmayan ameliyatların ertelenmesi veya iptal edilmesi ile ameliyat başına karbon yükünün 2020 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık 50% arttığı görülebilmektedir. 2021 yılında artışa geçen ameliyat sayıları ile ameliyat başına karbon yükü 2020 yılına göre yaklaşık 1% artış göstermiş, 2022 yılında ise pandemi etkisinin azalması ve günlük hayatın normalleşmesi ile ameliyat başına karbon yükünün pandemi öncesi seviyelere kadar geldiği görülmüştür.

Üniversite Hastanesi 1 ve 2'nin toplam Kategori 1 emisyonlarına bakıldığında pandemi etkisinin en yoğun olduğu varsayılan 2020 yılı toplam emisyonlarının diğer

yıllardan daha düşük gözlenmesine rağmen kişi başına emisyon yoğunluğuna bakıldığında diğer yılların ortalama değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.2. KATEGORİ 2 SERA GAZI EMİSYONLARI

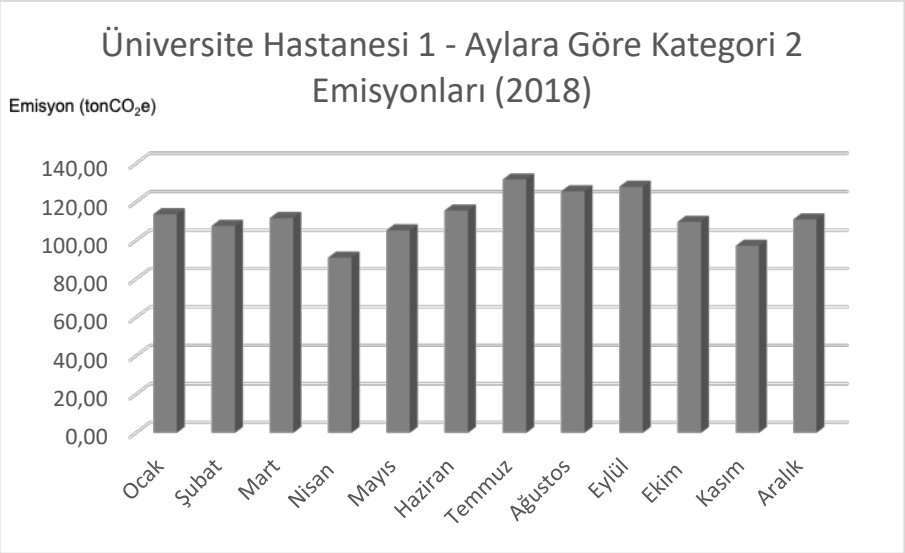
Hastanelerin elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarından oluşan Kategori 2 emisyonları; 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yılları için ay bazlı olarak her iki hastane için de ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.2.1. Üniversite Hastanesi 1

Üniversite Hastanesi 2'ye ait Kategori 2 sera gazı emisyonları Tablo 4.23 ile 4.28 arasında ve Şekil 4.13 ile 4.18 arasında belirtilmiştir.

***Tablo 4.23**. Üniversite Hastanesi 1– 2018 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

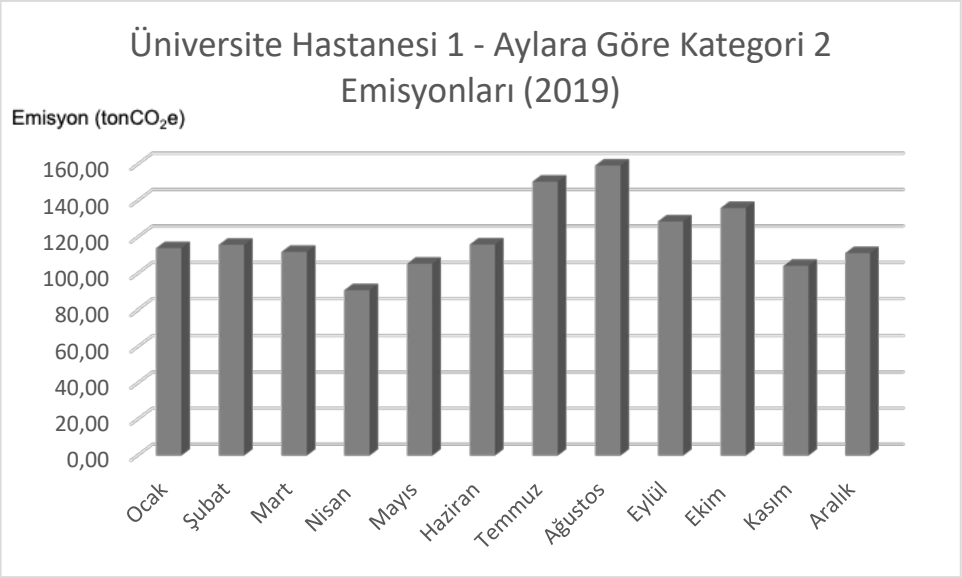
Aylar	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)
Ocak	113,65
Şubat	107,58
Mart	111,63
Nisan	91,07
Mayıs	105,29
Haziran	115,57
Temmuz	131,75
Ağustos	125,54
Eylül	127,93
Ekim	109,70
Kasım	97,26
Aralık	110,98
Toplam	**1.347,95**



***Şekil 4.13**. Üniversite Hastanesi 1- 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

***Tablo 4.24.** Üniversite Hastanesi 1 – 2019 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

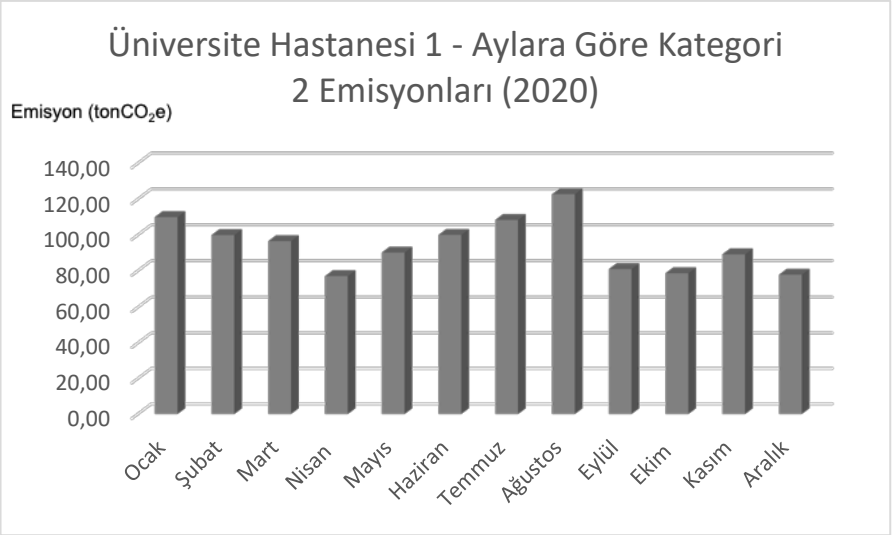
Aylar	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)
Ocak	113,98
Şubat	115,80
Mart	111,92
Nisan	90,83
Mayıs	105,42
Haziran	115,95
Temmuz	150,53
Ağustos	159,42
Eylül	128,63
Ekim	136,02
Kasım	104,24
Aralık	111,25
Toplam	**1.443,98**



Şekil 4.14. *Üniversite Hastanesi 1- 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.25. *Üniversite Hastanesi 1 – 2020 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

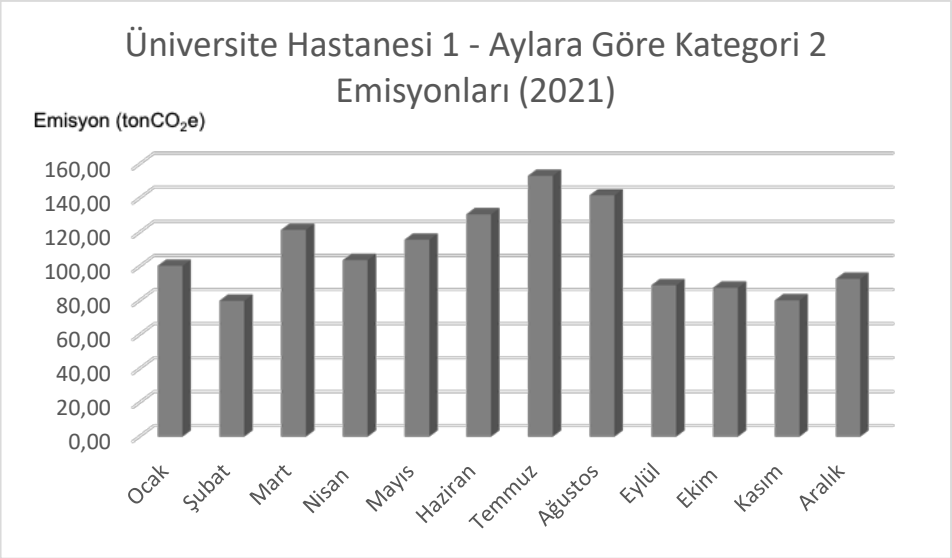
Aylar	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)
Ocak	109,96
Şubat	99,92
Mart	96,57
Nisan	77,05
Mayıs	90,18
Haziran	100,05
Temmuz	108,40
Ağustos	122,74
Eylül	80,97
Ekim	78,69
Kasım	89,18
Aralık	77,87
Toplam	**1.131,58**



Şekil 4.15. *Üniversite Hastanesi 1- 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.26. *Üniversite Hastanesi 1– 2021 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

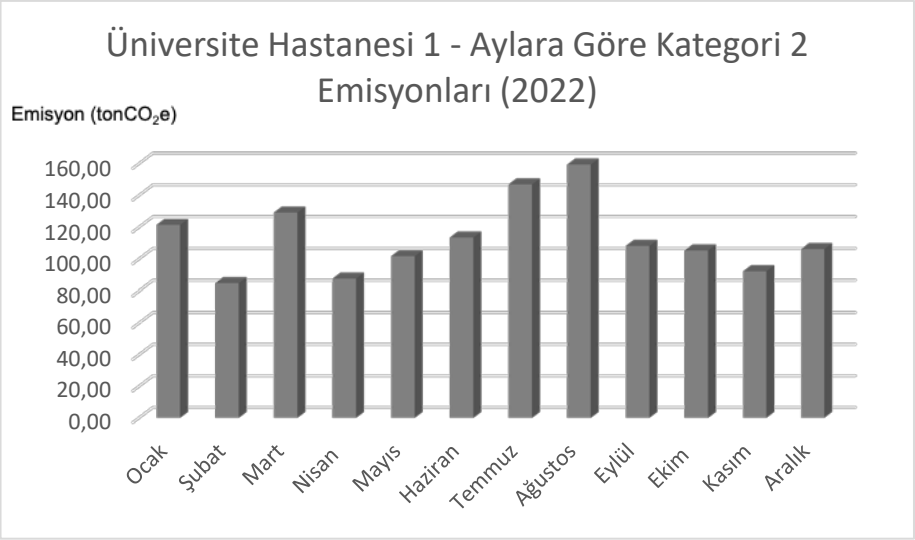
Aylar	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)
Ocak	100,41
Şubat	79,92
Mart	121,52
Nisan	103,79
Mayıs	115,71
Haziran	130,59
Temmuz	153,18
Ağustos	141,77
Eylül	89,01
Ekim	87,57
Kasım	80,19
Aralık	92,78
Toplam	**1.296,43**



Şekil 4.16. *Üniversite Hastanesi 1- 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

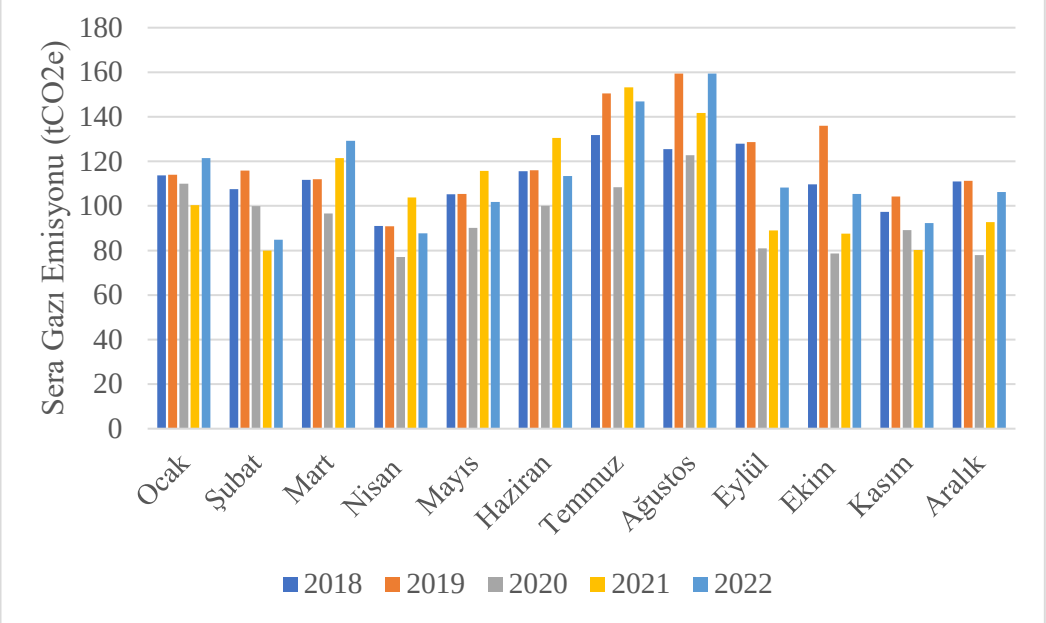
Tablo 4.27. *Üniversite Hastanesi 1 – 2022 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Aylar	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)
Ocak	121,46
Şubat	84,80
Mart	129,17
Nisan	87,64
Mayıs	101,74
Haziran	113,49
Temmuz	146,95
Ağustos	159,44
Eylül	108,20
Ekim	105,35
Kasım	92,25
Aralık	106,20
Toplam	**1.356,68**



Şekil 4.17. *Üniversite Hastanesi 1- 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 1'e ait Kategori 2 emisyonların gösterildiği aylık bazlı şekil ve tablolar incelendiğinde örnekleme yapılan tüm yıllarda tedavi gören hasta sayısının azalmasına karşın yaz aylarında emisyonların artış gösterdiği görülebilmektedir. Bunun nedeni olarak yaz aylarında artış gösteren soğutma ihtiyacı sonucu klimaların daha fazla kullanılması gösterilebilir.



Şekil 4.18*. Üniversite Hastanesi 1 – 2018-2022 Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları Özeti*

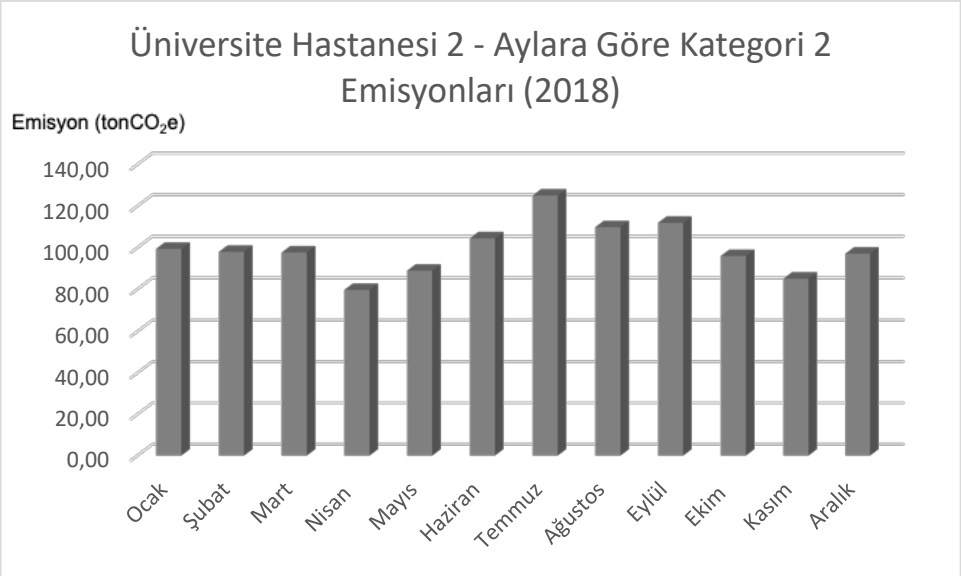
Şekil 4.18 incelendiğinde ise pandemi etkilerinin en yoğun olduğu varsayılan 2020 yılında Kategori 2 emisyonlarında önemli ölçüde düşüş (Yaklaşık 22%) görülmüştür. Pandemi etkilerinin devam ettiği ancak nispeten azaldığı varsayılan 2019 yılında ise Kategori 2 emisyonlarında yaklaşık 15% artış görülmüştür. Normalleşme adımlarının arttığı ve pandemi etkisinin önceki iki yıla göre nispeten azaldığının varsayıldığı 2022 yılında ise Kategori 2 emisyonlarının pandemi öncesi seviyelere yeniden ulaştığı görülmüştür.

4.2.2. Üniversite Hastanesi 2

Üniversite Hastanesi 2'ye ait Kategori 2 sera gazı emisyonları Tablo 4.28 ve Şekil 4.29'da belirtilmiştir.

Tablo 4.28. *Üniversite Hastanesi 2 – 2018 Yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

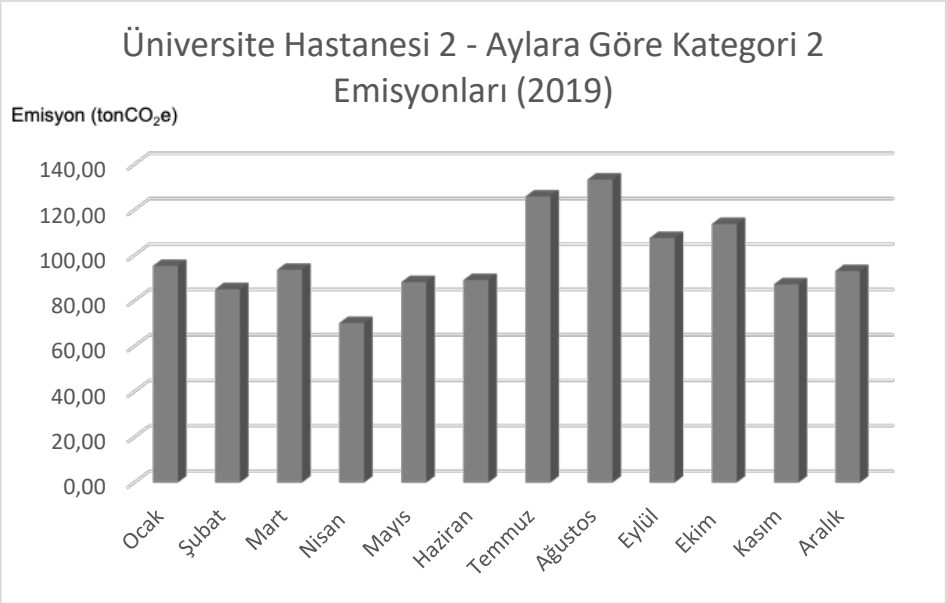
Aylar	**Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)**				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Ocak	99,39	95,32	96,06	85,79	113,43
Şubat	97,95	85,01	78,63	68,28	72,45
Mart	97,63	93,59	80,38	89,36	110,36
Nisan	79,65	70,15	63,90	88,67	74,87
Mayıs	88,89	88,16	75,30	98,86	86,92
Haziran	104,47	89,07	73,80	86,28	96,96
Temmuz	125,05	125,89	89,97	122,75	125,54
Ağustos	109,80	133,32	94,30	121,12	136,22
Eylül	111,89	107,57	67,34	76,04	92,44
Ekim	95,95	113,75	65,67	74,81	90,01
Kasım	85,07	87,18	67,41	68,51	78,81
Aralık	97,06	93,04	64,83	79,26	90,73
Toplam	**1.192,81**	**1.182,05**	**917,58**	**1.059,74**	**1.168,72**



Şekil 4.19. *Üniversite Hastanesi 2- 2018 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.29. *Üniversite Hastanesi 2 – 2019 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları*

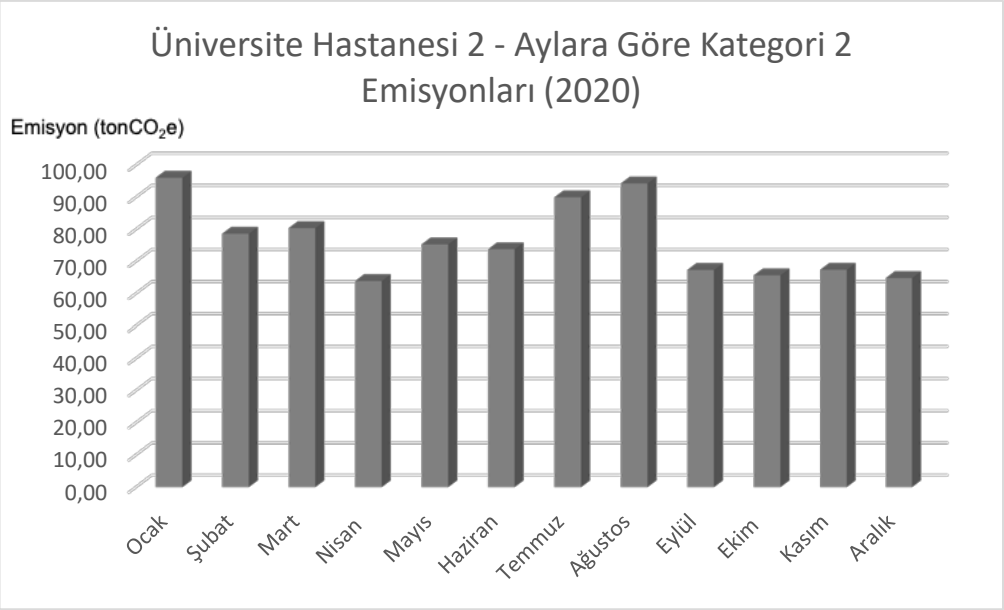
Aylar	**Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)**				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Ocak	99,39	95,32	96,06	85,79	113,43
Şubat	97,95	85,01	78,63	68,28	72,45
Mart	97,63	93,59	80,38	89,36	110,36
Nisan	79,65	70,15	63,90	88,67	74,87
Mayıs	88,89	88,16	75,30	98,86	86,92
Haziran	104,47	89,07	73,80	86,28	96,96
Temmuz	125,05	125,89	89,97	122,75	125,54
Ağustos	109,80	133,32	94,30	121,12	136,22
Eylül	111,89	107,57	67,34	76,04	92,44
Ekim	95,95	113,75	65,67	74,81	90,01
Kasım	85,07	87,18	67,41	68,51	78,81
Aralık	97,06	93,04	64,83	79,26	90,73
Toplam	**1.192,81**	**1.182,05**	**917,58**	**1.059,74**	**1.168,72**



Şekil 4.20. *Üniversite Hastanesi 2- 2019 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.30. *Üniversite Hastanesi 2 – 2020 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları*

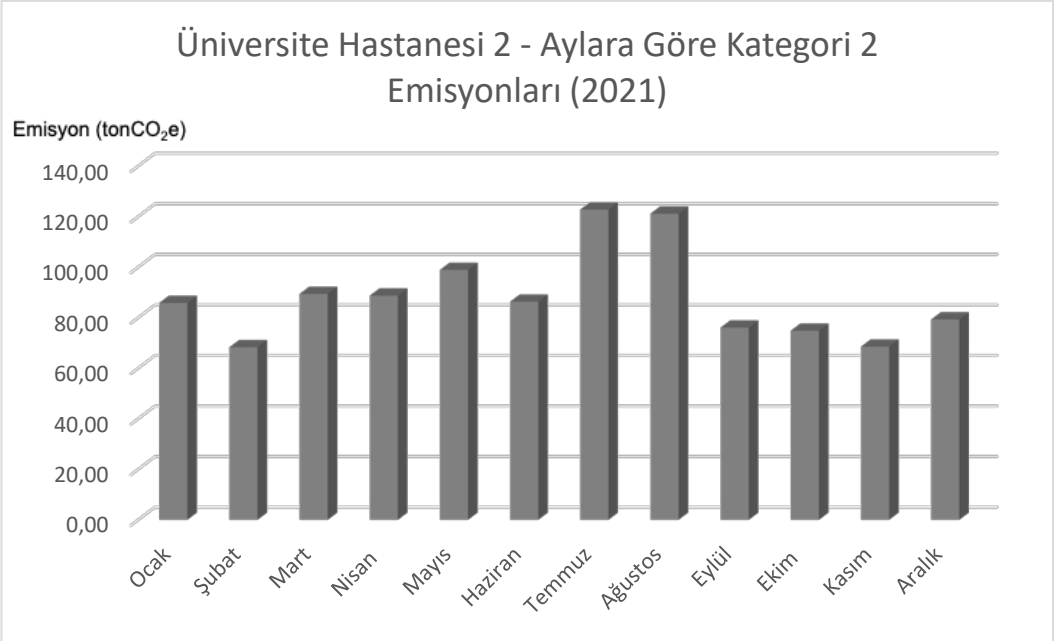
Aylar	**Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)**				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Ocak	99,39	95,32	96,06	85,79	113,43
Şubat	97,95	85,01	78,63	68,28	72,45
Mart	97,63	93,59	80,38	89,36	110,36
Nisan	79,65	70,15	63,90	88,67	74,87
Mayıs	88,89	88,16	75,30	98,86	86,92
Haziran	104,47	89,07	73,80	86,28	96,96
Temmuz	125,05	125,89	89,97	122,75	125,54
Ağustos	109,80	133,32	94,30	121,12	136,22
Eylül	111,89	107,57	67,34	76,04	92,44
Ekim	95,95	113,75	65,67	74,81	90,01
Kasım	85,07	87,18	67,41	68,51	78,81
Aralık	97,06	93,04	64,83	79,26	90,73
Toplam	**1.192,81**	**1.182,05**	**917,58**	**1.059,74**	**1.168,72**



Şekil 4.21. *Üniversite Hastanesi 2- 2020 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.31. *Üniversite Hastanesi 2– 2021 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları*

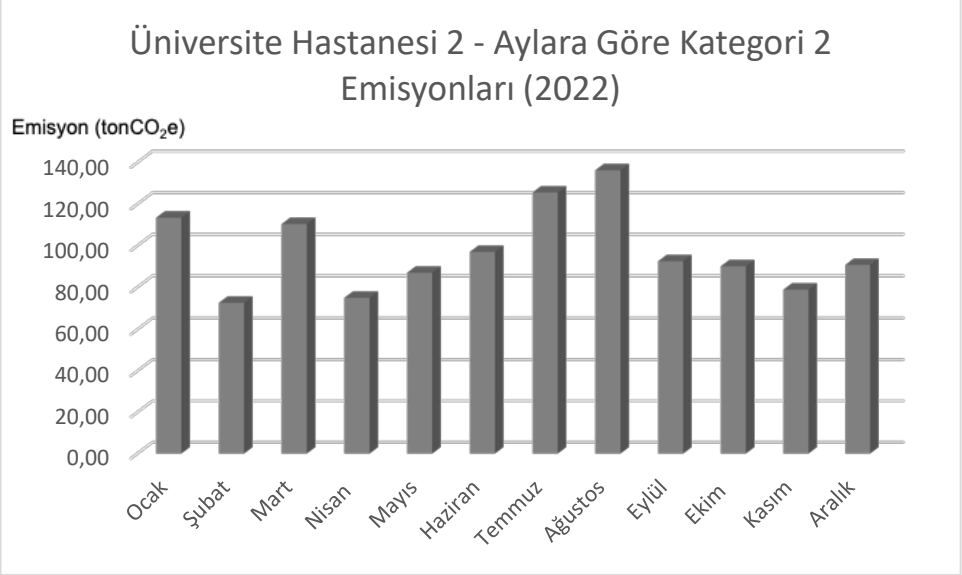
Aylar	**Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)**				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Ocak	99,39	95,32	96,06	85,79	113,43
Şubat	97,95	85,01	78,63	68,28	72,45
Mart	97,63	93,59	80,38	89,36	110,36
Nisan	79,65	70,15	63,90	88,67	74,87
Mayıs	88,89	88,16	75,30	98,86	86,92
Haziran	104,47	89,07	73,80	86,28	96,96
Temmuz	125,05	125,89	89,97	122,75	125,54
Ağustos	109,80	133,32	94,30	121,12	136,22
Eylül	111,89	107,57	67,34	76,04	92,44
Ekim	95,95	113,75	65,67	74,81	90,01
Kasım	85,07	87,18	67,41	68,51	78,81
Aralık	97,06	93,04	64,83	79,26	90,73
Toplam	**1.192,81**	**1.182,05**	**917,58**	**1.059,74**	**1.168,72**



Şekil 4.22. *Üniversite Hastanesi 2- 2021 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.32. *Üniversite Hastanesi 2 – 2022 Yılı Aylık Bazlı Kapsam 2 Sera Gazı Emisyonları*

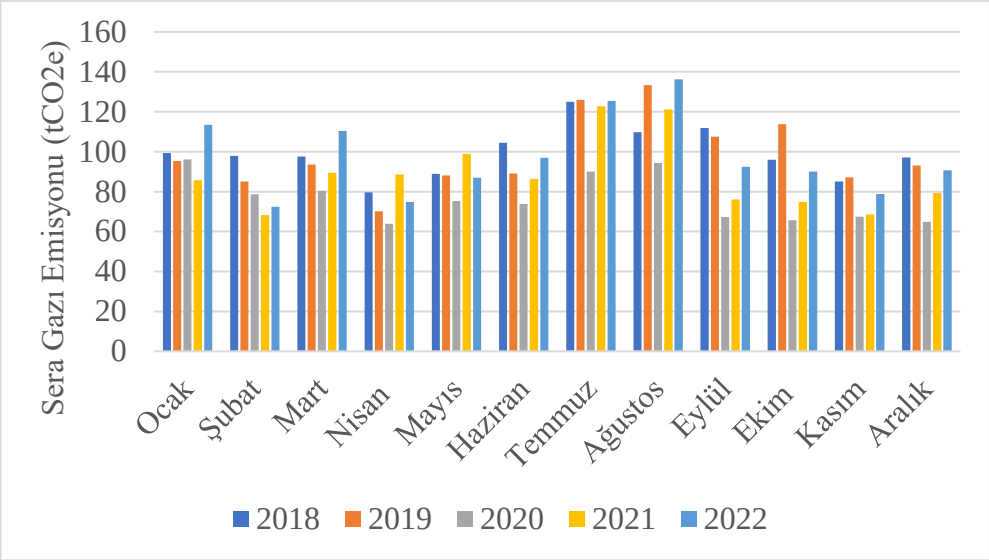
Aylar	**Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)**				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Ocak	99,39	95,32	96,06	85,79	113,43
Şubat	97,95	85,01	78,63	68,28	72,45
Mart	97,63	93,59	80,38	89,36	110,36
Nisan	79,65	70,15	63,90	88,67	74,87
Mayıs	88,89	88,16	75,30	98,86	86,92
Haziran	104,47	89,07	73,80	86,28	96,96
Temmuz	125,05	125,89	89,97	122,75	125,54
Ağustos	109,80	133,32	94,30	121,12	136,22
Eylül	111,89	107,57	67,34	76,04	92,44
Ekim	95,95	113,75	65,67	74,81	90,01
Kasım	85,07	87,18	67,41	68,51	78,81
Aralık	97,06	93,04	64,83	79,26	90,73
Toplam	**1.192,81**	**1.182,05**	**917,58**	**1.059,74**	**1.168,72**



Şekil 4.23. *Üniversite Hastanesi 2- 2022 yılı Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 2'ye ait Kategori 2 emisyonların gösterildiği aylık bazlı şekil ve tablolar incelendiğinde tıpkı Üniversite Hastanesi 1 gibi örnekleme yapılan tüm yıllarda tedavi gören hasta sayısının azalmasına karşın yaz aylarında emisyonların artış gösterdiği görülebilmektedir. Bunun nedeni olarak yine aynı şekilde yaz aylarında artış gösteren soğutma ihtiyacı sonucu klimaların daha fazla kullanılması gösterilebilir.

Hastaneler; sahip olduğu enfeksiyon riski nedeniyle hava kalitesinin yoğunluk ve mevsim gibi şartlara bakılmaksızın üst düzey olması gereken kuruluşlardır. Özellikle Sağlık Bakanlığı yönetmeliklerine göre belirli seviyeden daha sıcak olması uygun görülmeyen ameliyathane, yoğum bakım ve doğumhane gibi alanlarda herhangi bir koşula bakılmaksızın havalandırma sistemleri sürekli olarak çalıştırılmaktadır. Enfeksiyonlara karşı önlem ve yasal zorunlulukların dışında çalışma alanlarındaki uygun iç ortam hava kalitesinin sağlanabilmesi gibi süreçler ile Kategori 2 emisyonlarının yaz aylarındaki artışı açıklanabilir.



***Şekil 4.24**. Üniversite Hastanesi 2 – 2018-2022 Aylık Bazlı Kategori 2 Sera Gazı Emisyonları Özeti*

Şekil 4.24 incelendiğinde ise pandemi etkilerinin en yoğun olduğu varsayılan 2020 senesinde Kategori 2 emisyonlarında 2019 yılına göre önemli ölçüde düşüş (Yaklaşık 23%) görülmüştür. Pandemi etkilerinin devam ettiği ancak nispeten azaldığı varsayılan 2021 yılında ise Kategori 2 emisyonlarında yaklaşık 15% artış görülmüştür. Normalleşme adımlarının arttığı ve pandemi etkisinin önceki iki yıla göre nispeten azaldığının varsayıldığı 2022 yılında ise Kategori 2 emisyonlarının pandemi öncesi seviyelere yeniden ulaştığı görülmüştür. Pandemi döneminde Kategori 2 emisyonlarının düşüş göstermesinin nedeni olarak aciliyeti olmayan hastalıkların tedavisinin ertelenmesine bağlı olarak bazı polikliniklerin düşük kapasitede çalıştırılması veya tamamen hizmet dışı bırakılması, idari ofislerde çalışan bazı personellerin uzaktan çalışma modeline geçmesi nedeniyle ilgili bölgelerdeki soğutma/enerji ihtiyacındaki düşüş gösterilebilir.

***Tablo 4.33.** Üniversite Hastanesi 1– Hasta ve Alan Başına Kategori 2 Karbon Yoğunluğu*

	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	172.734	183.162	132.982	202.527	240.992	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan			6.500			m^2
Toplam emisyon	1.347,95	1.443,98	1.131,58	1.296,43	1.356,68	tonCO_2e
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	7,80	7,36	10,14	6,66	5,59	kgCO_2e/kişi/yıl

Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	207,38	222,15	174,08	199,45	208,72	$kgCO_2e/m^2/yıl$
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	459,58	413,86	936,73	624,63	372,88	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Tablo 4.34. *Üniversite Hastanesi 2– Hasta ve Alan Başına Kategori 2 Karbon Yoğunluğu*

	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	197.361	188.472	149.832	237.492	297.482	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan			9.750			m^2
Toplam emisyon	1.192,81	1182.05	917.58	1.059,74	1.168,72	$kgCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	6,04	6,27	6,12	4,46	3,93	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	122,34	121,24	94,11	108,69	119,87	$kgCO_2e/m^2/yıl$
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	395,10	330,83	462,72	501,77	345,37	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

Hasta başına ve kapalı alan başına emisyonlar değerlendirildiğinde ise, pandeminin başladığı 2020 senesinde karbon yoğunluğunun Üniversite Hastanesi 1'de arttığı (Yaklaşık 9%) görülmüştür. 2021 senesinde her iki hastanede de hasta sayıları pandemi öncesi seviyelerin üzerine çıkmış olup, Kategori 2 emisyonlarının pandemi öncesi seviyeleri yakalayamadığı görülmektedir. Bu durum her iki hastanede de kişi bazlı karbon yoğunluklarının 2021 yılından itibaren önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Alan bazlı karbon yoğunluklarında ise 2020 senesinde her iki hastanede de 2021 yılına göre önemli ölçüde düşüşlerin (Yaklaşık 21% ve 23%) meydana geldiği görülmektedir. Kullanılabilir alanın ve hasta yoğunluğunun daha fazla olduğu Üniversite Hastanesi 2'nin alan bazlı karbon yükünün Üniversite Hastanesi 1'e göre çok daha düşük olması göze çarpmaktadır. Faaliyet verileri ve hesaplamalar incelendiğinde Üniversite Hastanesi 2'nin daha geniş bir alanda daha az elektrik enerjisi kullanarak hizmet verdiği anlaşılmaktadır. Geniş kullanım alanı, alan bazlı

karbon yükünün düşük çıkmasındaki etkenlerden biri olmakla birlikte Üniversite Hastanesi 1 ve 2 arasındaki önemli ölçüdeki farkın nedenleri olarak poliklinik sayısı ve yatak sayısının dağılımı (poliklinikler daha çok gündüz çalışmakta olup hasta odalarında enerji ihtiyacı sürekli olabilmektedir), nihai yatak sayısını belirleyen birimlerin dağılımı (yatakların çoğunluğunun bebek/genel yoğun bakım, fiziksel tedavi ve rehabilitasyon gibi birimlere ait olması durumunda çalışma şekillerinden ötürü enerji gereksinimindeki olası farklılıklar), daha yeni teknolojiye sahip enerji tasarruflu aydınlatma sistemleri, binanın mimari koşullarına göre sayesinde aydınlatma sistemlerinin daha efektif planlanmış olması, çalışanların çevre bilinci ve sürdürülebilirlik konularındaki hassasiyeti gibi etkilerden her biri ihtimal olarak sıralanabilir. Özellikle kullanım şekillerine göre Kategori 2 emisyonlarının hastanelerdeki dağılımının faaliyet bazlı (aydınlatma, soğutma, genel enerji, medikal tedavi, ameliyat vb.) veya birim bazlı (ameliyathane, doğumhane, yoğum bakım, poliklinikler, yatan hasta servisleri vb.) incelendiği bir akademik çalışma ile bu tez çalışmasının kapsamı genişletilebilir.

4.3. KATEGORİ 3 SERA GAZI EMİSYONLARI

Hastanelerde hastaların, personelin ve satın alınan mal-hizmetlerin ulaşımı ve iş seyahatlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları dahil edilen Kategori 3 emisyonları; 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yılları için faaliyet bazlı olarak her iki hastane için de ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.3.1. Üniversite Hastanesi 1

Üniversite hastanesi 1 için 2018-2022 arası Kategori 3 sera gazı emisyonları Tablo 4.25 ile Tablo 4.39 arasında ve Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

Tablo 4.35. *Üniversite Hastanesi 1 2018 yılı Kategori 3 Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.189,23	75,8%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	124,67	7,9%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	253,47	16,2%
İş Seyahatleri	1,26	0,08%
TOPLAM	**1.568,63**	**100,0%**

Tablo 4.36. *Üniversite Hastanesi 1 2019 yılı Kategori 3 Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.242,65	76,4%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	116,52	7,2%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	265,83	16,3%
İş Seyahatleri	1,54	0,09%
TOPLAM	**1.626,54**	**100,0%**

Tablo 4.37. *Üniversite Hastanesi 1 2020 yılı Kategori 3 Emisyonları*

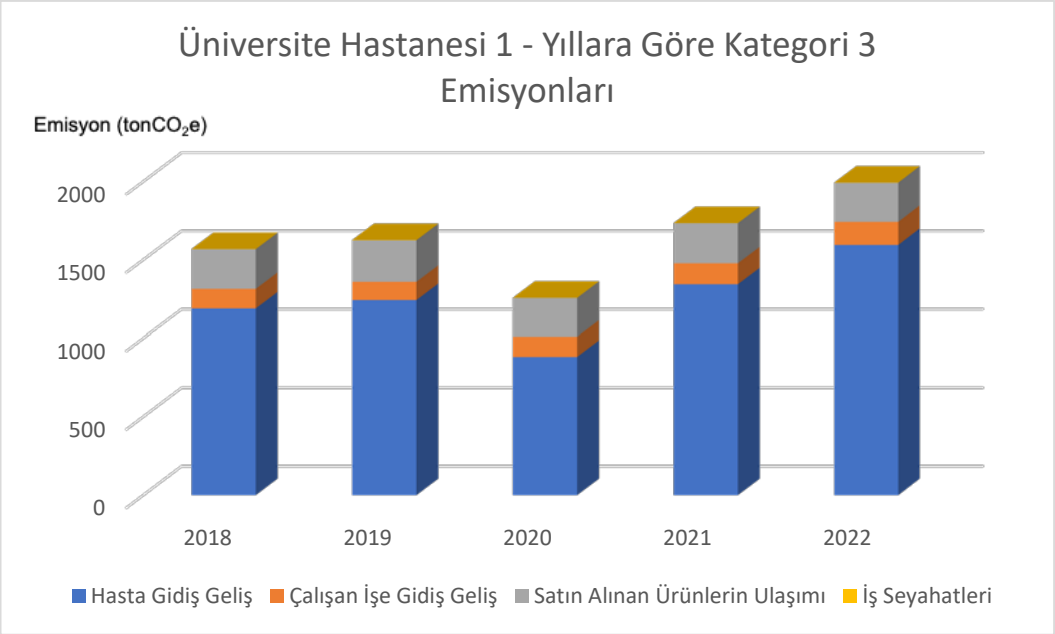
	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	881,54	70,1%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	128,60	10,2%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	246,64	19,6%
İş Seyahatleri	0,41	0,03%
TOPLAM	**1.257,18**	**100,0%**

Tablo 4.38. *Üniversite Hastanesi 1 2021 yılı Kategori 3 Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.343,53	77,4%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	134,19	7,7%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	256,34	14,8%
İş Seyahatleri	0,79	0,05%
TOPLAM	**1.734,85**	**100,0%**

Tablo 4.39. *Üniversite Hastanesi 1 2022 yılı Kategori 3 Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.594,81	80,0%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	147,73	7,4%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	250,42	12,6%
İş Seyahatleri	1,07	0,05%
TOPLAM	**1.994,02**	**100,0%**



Şekil 4.25. *2018-2022 Yılları Arasında Üniversite Hastanesi 1'in Kategori 3 Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 1 için Kategori 3 emisyonları incelendiğinde örnekleme yapılan tüm senelerde hasta gidiş gelişleri kaynaklı emisyonların en yüksek emisyonlar (70-80% arası) olduğu hesaplanmıştır. Hasta gidiş gelişlerinden sonraki en yüksek emisyon kaynağının ise satın alınan ürünlerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar olduğu görülmektedir. Kategori 3 emisyonları yıllık bazda incelendiğinde ise pandeminin başladığı 2020 yılında genel bir düşüş görülmektedir. Hasta sayılarının 2021 yılında pandemi öncesi dönemin üzerine çıkmasıyla birlikte Kategori 3 emisyonlarının da pandemi öncesi dönemin üzerine çıktığı görülmektedir. Çalışan işe gidiş gelişlerden kaynaklı emisyonlarda, çalışan sayısının önemli ölçüde değişmemesi nedeniyle ciddi bir fark görülmemiştir. Anket sorularıyla tespit edilen çalışanların ulaşımı kaynaklı emisyonlar, anket sorularına eklenebilecek ilave sorularla daha detaylı incelenebilir.

Tamamı uçak seyahatlerinden oluşan iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlarda ise pandemi dönemindeki kısıtlamalar nedeniyle 2020 yılında önemli ölçüde düşüş görülmesine karşın toplam emisyonlardaki etkisi ihmal edilebilir seviyededir (0,03-0,09%).

4.3.2. Üniversite Hastanesi 2

Üniversite hastanesi 2 için 2018-2022 arası Kategori 3 sera gazı emisyonları Tablo 4.40 ile Tablo 4.44 arasında ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Tablo 4.40. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2018)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	944,29	80,6%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	134,98	11,5%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	89,85	7,7%
İş Seyahatleri	2,63	0,22%
TOPLAM	**1.171,74**	**100,0%**

Tablo 4.41. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2019)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	889,21	79,8%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	135,51	12,2%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	88,44	7,9%
İş Seyahatleri	1,20	0,11%
TOPLAM	**1.114,36**	**100,0%**

Tablo 4.42. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2020)*

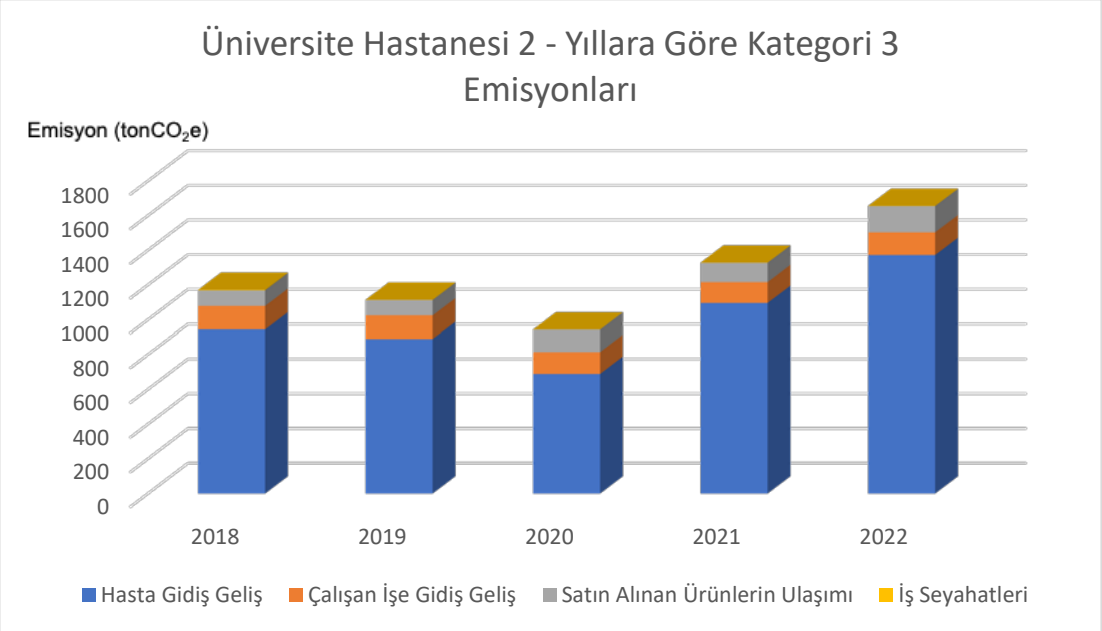
	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	689,10	73,0%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	125,02	13,2%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	129,38	13,7%
İş Seyahatleri	0,30	0,03%
TOPLAM	**943,81**	**100,0%**

Tablo 4.43. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2021)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.096,40	82,5%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	119,82	9,0%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	111,67	8,4%
İş Seyahatleri	1,01	0,08%
TOPLAM	**1.328,90**	**100,0%**

Tablo 4.44. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 3 Emisyonları (2022)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Hasta Gidiş Geliş	1.372,71	82,9%
Çalışan İşe Gidiş Geliş	130,99	7,9%
Satın Alınan Ürünlerin Ulaşımı	151,60	9,2%
İş Seyahatleri	1,10	0,07%
TOPLAM	**1.656,40**	**100,0%**



Şekil 4.26. *Üniversite Hastanesi 2 İçin Faaliyetlere Göre Kategori 3 Emisyonlarının Aylara Göre Dağılımı*

Üniversite Hastanesi 2 için Kategori 3 emisyonları incelendiğinde örnekleme yapılan tüm senelerde Üniversite Hastanesi 1 gibi hasta gidiş gelişleri kaynaklı emisyonların en yüksek emisyonlar (73-82% arası) olduğu hesaplanmıştır. Hasta gidiş gelişlerinden sonraki en yüksek emisyon kaynağının ise aynı şekilde satın alınan ürünlerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar olduğu görülmektedir. Kategori 3 emisyonları yıllık bazda incelendiğinde ise pandeminin başladığı 2020 yılında aynı şekilde genel bir düşüş görülmektedir. Hasta sayılarının 2021 yılında pandemi öncesi dönemin üzerine çıkmasıyla birlikte Kategori 3 emisyonlarının da yine pandemi öncesi dönemin üzerine çıktığı görülmektedir. Çalışan işe gidiş gelişlerden kaynaklı emisyonlarda, çalışan

sayısının önemli ölçüde değişmemesi nedeniyle ciddi bir fark görülmemiştir. Anket sorularıyla tespit edilen çalışanların ulaşımı kaynaklı emisyonlar, anket sorularına eklenebilecek ilave sorularla daha detaylı incelenebilir.

Tamamı uçak seyahatlerinden oluşan iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlarda ise pandemi dönemindeki kısıtlamalar nedeniyle 2020 yılında önemli ölçüde düşüş görülmesine karşın toplam emisyonlardaki etkisi ihmal edilebilir seviyededir (0,03% ile 0,22% arası).

4.4. KATEGORİ 4 SERA GAZI EMİSYONLARI

Üniversite Hastanelerinin çeşitli dolaylı emisyonlarının dahil edildiği Kategori 4 sera gazı emisyonları, her yıl için ayrı ayrı hesaplanmış olup hesaplama sonuçları aşağıda sunulmuştur.

4.4.1. Üniversite Hastanesi 1

Üniversite hastanesi 1 için 2018-2022 arası Kategori 4 sera gazı emisyonları Tablo 4.45 ile Tablo 4.49 arasında ve Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

Tablo 4.45. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2018)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	23,00	2,5%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	670,01	73,7%
Satın Alınan İlaçlar	192,38	21,2%
Atık Bertarafı	20,75	2,3%
Yemekhane	3,18	0,3%
Toplam	**909,32**	**100,0%**

Tablo 4.46. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2019)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	20,79	2,4%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	593,86	68,6%
Satın Alınan İlaçlar	211,43	24,4%
Atık Bertarafı	36,26	4,2%
Yemekhane	3,28	0,4%
Toplam	**865,62**	**100,0%**

Tablo 4.47. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2020)*

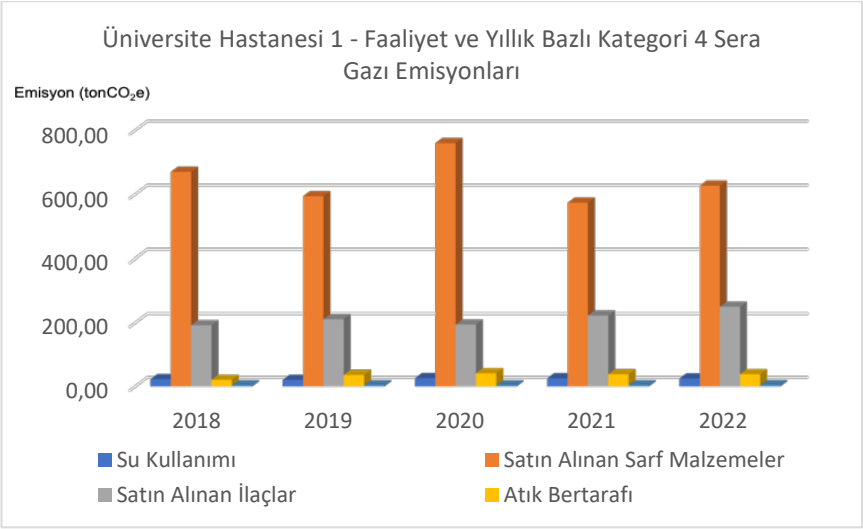
	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	Yüzdelik Dilim
Su Kullanımı	26,02	2,5%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	759,75	74,2%
Satın Alınan İlaçlar	194,52	19,0%
Atık Bertarafı	41,34	4,0%
Yemekhane	2,97	0,3%
Toplam	**1024,59**	**100,0%**

Tablo 4.48. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2021)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	Yüzdelik Dilim
Su Kullanımı	25,72	3,0%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	573,52	66,4%
Satın Alınan İlaçlar	223,03	25,8%
Atık Bertarafı	38,41	4,4%
Yemekhane	3,38	0,4%
Toplam	**864,05**	**100,0%**

Tablo 4.49. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 1 İçin Kategori 4 Emisyonları (2022)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	Yüzdelik Dilim
Su Kullanımı	25,20	2,7%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	626,95	66,3%
Satın Alınan İlaçlar	250,78	26,5%
Atık Bertarafı	38,63	4,1%
Yemekhane	3,52	0,4%
Toplam	**945,08**	**100,0%**



Şekil 4.27. *Üniversite Hastanesi 1- Faaliyet ve Yıllık Bazlı Kategori 4 Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 1 için tüm hesaplama tabloları ve Şekil 4.27 incelendiğinde Kategori 4 sera gazı emisyonlarındaki en büyük payın satın alınan ürünlerden kaynaklanan emisyonlara ait olduğu görülmektedir. Üniversite Hastanesi 1'de ilk üç kategoriden farklı olarak pandeminin başladığı 2020 yılında ilk defa Kategori 4 emisyonlarında gözle görülür bir artışın (Yaklaşık 18%) olduğu hesaplanmıştır. Kategori 4 emisyonlarındaki en büyük paya sahip olan satın alınan sarf malzemelerden kaynaklanan emisyonlar da 2020 yılında bir önceki yıla göre önemli ölçüde (Yaklaşık 26%) artmış olup, 2021 yılı itibariyle satın alınan ürünlerden kaynaklanan emisyonların pandemi öncesi seviyelere yeniden düştüğü gözlemlenmiştir. Kategori 4 emisyonları içinde en büyük paya sahip olan ikinci emisyon olan satın alınan ilaçlardan kaynaklanan emisyonlar da 2020 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık 8% azalmış olup, 2021 itibariyle yeniden pandemi öncesi seviyelere ulaşmıştır. Örnekleme yapılan 5 yıl içerisinde 2020 yılı, atık bertarafından kaynaklanan emisyonlardaki en yüksek seviyenin görüldüğü yıl olmuştur.

4.4.2. Üniversite Hastanesi 2

Üniversite hastanesi 2 için 2018-2022 arası Kategori 4 sera gazı emisyonları Tablo 4.50 ile Tablo 4.55 arasında ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

Tablo 4.50. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2018)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	27,57	2,1%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	925,78	71,9%
Satın Alınan İlaçlar	307,40	23,9%
Atık Bertarafı	23,70	1,8%
Yemekhane	3,72	0,3%
Toplam	**1.288,17**	**100,0%**

Tablo 4.51. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2019)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	26,36	2,1%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	803,87	65,1%
Satın Alınan İlaçlar	360,24	29,2%
Atık Bertarafı	41,45	3,4%
Yemekhane	3,61	0,3%
Toplam	**1235,53**	**100,0%**

Tablo 4.52. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2020)*

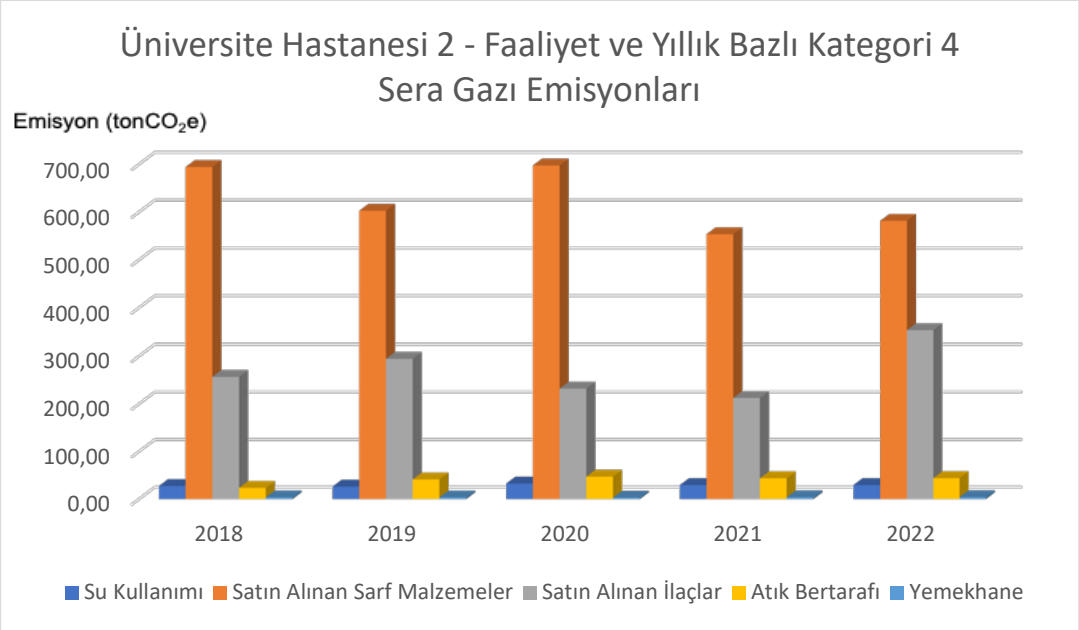
	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	32,69	2,5%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	930,01	70,4%
Satın Alınan İlaçlar	308,80	23,4%
Atık Bertarafı	47,25	3,6%
Yemekhane	3,05	0,2%
Toplam	**1.321,82**	**100,0%**

Tablo 4.53. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2021)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	29,55	2,6%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	738,24	65,1%
Satın Alınan İlaçlar	318,48	28,1%
Atık Bertarafı	43,85	3,9%
Yemekhane	3,82	0,3%
Toplam	**1.133,95**	**100,0%**

Tablo 4.54. *Faaliyetlerine göre Üniversite Hastanesi 2 İçin Kategori 4 Emisyonları (2022)*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)	**Yüzdelik Dilim**
Su Kullanımı	29,65	2,2%
Satın Alınan Sarf Malzemeler	775,54	57,4%
Satın Alınan İlaçlar	496,72	36,8%
Atık Bertarafı	44,10	3,3%
Yemekhane	4,02	0,3%
Toplam	**1.350,02**	**100,0%**



Şekil 4.28. *Üniversite Hastanesi 2- Faaliyet ve Yıllık Bazlı Kategori 4 Sera Gazı Emisyonları*

Üniversite Hastanesi 2 için tüm hesaplama tabloları ve Şekil 4.28 incelendiğinde Kategori 4 sera gazı emisyonlarındaki en büyük payın tıpkı Üniversite Hastanesi 1 gibi satın alınan ürünlerden kaynaklanan emisyonlara ait olduğu görülmektedir. Üniversite Hastanesi 2'de ilk üç kategoriden farklı olarak pandeminin başladığı 2020 yılında ilk defa Kategori 4 emisyonlarında artışın (Yaklaşık 6%) olduğu hesaplanmıştır. Kategori 4 emisyonlarındaki en büyük paya sahip olan satın alınan sarf malzemelerden kaynaklanan emisyonlar da 2020 yılında bir önceki yıla göre önemli ölçüde (Yaklaşık 16%) artmış olup, 2021 yılı itibariyle satın alınan ürünlerden kaynaklanan emisyonların pandemi öncesi seviyelerin altına düştüğü gözlemlenmiştir.

Kategori 4 emisyonları içinde en büyük paya sahip olan ikinci emisyon olan satın alınan ilaçlardan kaynaklanan emisyonlar da 2020 yılında 2019 yılına göre yaklaşık 19% azalmış olup, 2021 yılında ise 2020 yılına göre yaklaşık 8% azalmıştır. Satın alınan ilaçlardan kaynaklanan emisyonlar 2022 yılında önemli ölçüde artarak pandemi öncesi seviyenin üzerine çıktığı gözlemlenmiştir. 2020 yılı itibariyle her iki hastanede de satın alınan ilaçlardan kaynaklanan emisyonlardaki düşüşün açıklaması olarak pek çok kişinin acil durumların haricinde hastanelere gitme eğiliminin azalması, akabinde

medikal tedavi ve ameliyat sayılarındaki azalmanın sonucunda ilaç verilen hasta sayısının azalması gösterilebilir.

Örnekleme yapılan 5 yıl içerisinde 2020 yılı, Üniversite Hastanesi 1 gibi Üniversite Hastanesi 2'de de atık bertarafından kaynaklanan emisyonlardaki en yüksek seviyenin görüldüğü yıl olmuştur. Her iki hastanede de atıklardan kaynaklanan emisyonların 2020 yılında en üst seviyeye ulaşmasının sebebi olarak enfeksiyon riskinden ötürü pandemi öncesinde tıbbi atık olarak kabul edilmeyen bazı pek çok atığın ÇŞİDB tarafından tıbbi atık olarak kabul edilmesi (aşı flakonları, kullanım alanından bağımsız her türlü maske ve eldiven, enfeksiyon endişesiyle tıbbi atık kutusuna atılan diğer her türlü atıklar) nedeniyle tıbbi atık miktarlarındaki artış gösterilebilir. İşleme yöntemi nedeniyle en yüksek emisyon faktörüne sahip olan tıbbi atıklar, aynı zamanda Üniversite Hastanesi 2'de de en çok üretilen ikinci atık türüdür.

Yemekhane hizmetlerinden kaynaklanan emisyonlar yıllara göre değişiklikler göstermiş olsa da toplam emisyon miktarına olan etkisi ihmal edilebilir seviyededir (0,3%-0,4% arası).

4.5. HASTANELERİN SERA GAZI EMİSYON ÖZETLERİ

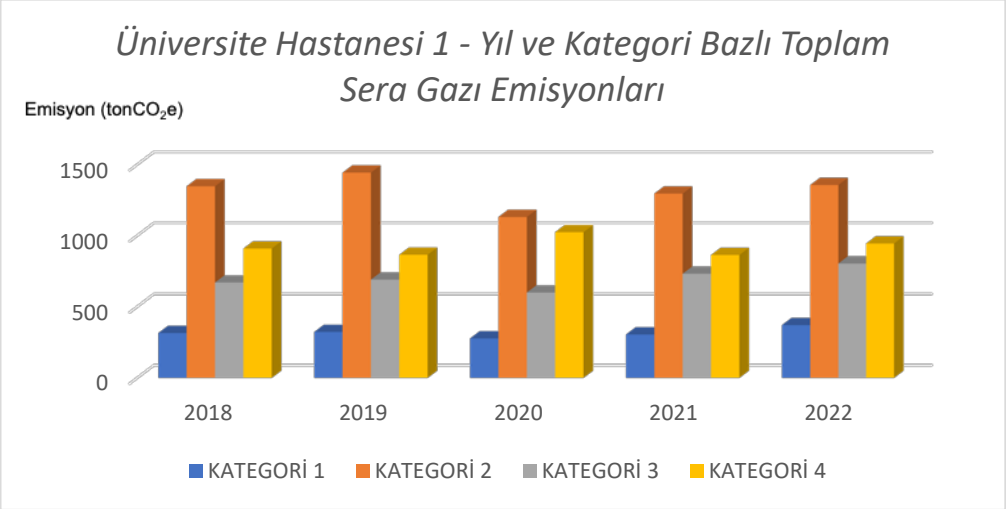
Vaka örneklemesindeki Üniversite Hastanelerinin toplam sera gazı emisyonları aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir.

4.5.1. Üniversite Hastanesi 1

Üniversite Hastanesi 1'e ait kategori ve yıl bazlı toplam sera gazı emisyonları Tablo 4.55 ve Şekil 4.29'da belirtilmiştir.

Tablo 4.55. *Üniversite Hastanesi 1- Kategori ve Yıllık Olarak Toplam Sera Gazı Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)				
Yıllar	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Kategori 1	315,55	323,15	277,84	305,26	371,03
Kategori 2	1.347,95	1.443,98	1.131,58	1.296,43	1.356,68
Kategori 3	670,39	690,70	599,98	731,88	803,67
Kategori 4	909,32	865,62	1.024,59	864,05	945,08
Toplam	3.243,21	3.323,46	3.033,99	3.197,62	3.476,46



Şekil 4.29. *Üniversite Hastanesi 1- Yıl ve Kategori Bazlı Toplam Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.51, 4.52 ve Şekil 4.29 incelendiğinde Üniversite Hastanesi 1 için toplam sera gazı emisyonlarındaki en büyük payın, vaka örneklemesinin yapıldığı tüm yıllarda Kategori 2 emisyonları (37%-43%) olduğu görülmektedir. Emisyon miktarı olarak Kategori 2 emisyonlarını ise Kategori 4 emisyonları (26%-33%) takip etmektedir. Kategori 4'ü sırasıyla ulaşım kaynaklı emisyonları içeren Kategori 3 ve son olarak direkt emisyonları içeren Kategori 1 takip etmektedir.

Tablo 4.56. *Üniversite Hastanesi 1- Toplam Sera Gazı Emisyonu Üzerinden Yıllara Göre Kişi, Alan ve Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu*

Üniversite Hastanesi 1	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	172.734	183.162	132.982	202.527	240.992	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	2.933	3.257	1.439	2.158	3.615	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan			6.500			m^2
Toplam SG Emisyonu	3.243,21	3.323,46	3.033,99	3.197,62	3.476,46	$tonCO_2e$
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	18,78	18,14	22,82	15,79	14,43	$kgCO_2e$/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	498,96	511,30	466,77	491,94	534,84	$kgCO_2e/m^2$/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	1.105,77	1.020,41	2.108,40	1.481,75	961,68	$kgCO_2e$/ameliyat/yıl

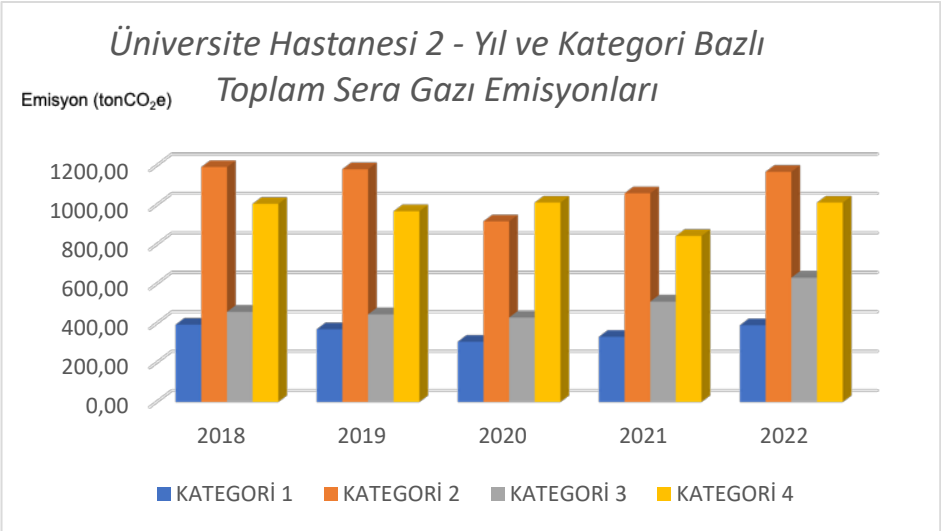
Üniversite Hastanesi 1'de, tüm kategoriler üzerinden hesaplama yapılarak karbon yoğunlukları bazında incelendiğinde pandeminin başladığı sene olan 2020 senesinde alan bazındaki karbon yoğunluklarında düşüş gözlemlenmiştir. Ancak kişi ve ameliyat bazlı karbon yoğunluğu, hasta ve ameliyat sayılarının azalması nedeniyle 2020 yılında önemli ölçüde (Yaklaşık 25% ve 102%) artmıştır. 2021 senesinde ameliyat bazlı karbon yükünde azalma görülse de pandemi öncesi seviyeler ancak 2022 yılında yakalanabilmiştir.

4.5.2. Üniversite Hastanesi 2

Üniversite Hastanesi 2'ye ait kategori ve yıl bazlı toplam sera gazı emisyonları Tablo 4.57 ve Şekil 4.30'da belirtilmiştir.

Tablo 4.57. *Üniversite Hastanesi 2- Kategori ve Yıllık Olarak Toplam Sera Gazı Emisyonları*

	Sera Gazı Emisyonları (tCO_2e)				
Emisyon Kaynakları	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Kategori 1	393,59	370,39	307,06	331,85	390,81
Kategori 2	1.192,81	1.182,05	917,58	1.059,74	1.168,72
Kategori 3	458,50	445,80	430,07	510,41	631,81
Kategori 4	1.288,17	1.235,53	1.321,82	1.133,95	1.350,02
Toplam	3.333,08	3.233,77	2.976,53	3.035,94	3.541,36



Şekil 4.30. *Üniversite Hastanesi 2- Yıl ve Kategori Bazlı Toplam Sera Gazı Emisyonları*

Tablo 4.53, 4.54 ve Şekil 4.30 incelendiğinde Üniversite Hastanesi 2 için toplam sera gazı emisyonlarındaki en büyük payın, 2020 yılı hariç vaka örneklemesinin yapıldığı tüm yıllarda Kategori 2 emisyonları (34%-39%) olduğu görülmektedir. Emisyon miktarı olarak Kategori 2 emisyonlarını ise Kategori 4 emisyonları (30%-37%) takip etmektedir. Kategori 4'ü sırasıyla ulaşım kaynaklı emisyonları içeren Kategori 3 ve son olarak direkt emisyonları içeren Kategori 1 takip etmektedir.

Tablo 4.58. *Üniversite Hastanesi 2- Toplam Sera Gazı Emisyonu Üzerinden Yıllara Göre Kişi, Alan ve Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu*

Üniversite Hastanesi 2	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**Birim**
Toplam Hasta Sayısı	197.361	188.472	149.832	237.492	297.482	Kişi/yıl
Ameliyat Sayısı	3.019	3.573	1.983	2.112	3.384	Kişi/yıl
Toplam Kapalı Alan			9.750			m^2
Toplam SG Emisyonu	3.333,08	3.233,77	2.976,53	3.035,94	3.541,36	tonCO_2e
Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu	16,89	17,16	19,87	12,78	11,90	kgCO_2e/kişi/yıl
Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu	341,85	331,67	305,28	311,38	363,22	kgCO_2e/m^2/yıl
Ameliyat Bazlı Karbon Yoğunluğu	1.104,03	905,06	1.501,02	1.437,47	1.046,50	kgCO_2e/ameliyat/yıl

Üniversite Hastanesi 2'de, tüm kategoriler üzerinden hesaplama yapılarak karbon yoğunlukları bazında incelendiğinde pandeminin başladığı sene olan 2020 senesinde alan bazındaki karbon yoğunluğunda düşüş (Yaklaşık 15%) gözlemlenmiştir. Ancak kişi ve ameliyat bazlı karbon yoğunluğu, hasta ve ameliyat sayılarının azalması nedeniyle 2020 yılında önemli ölçüde (Yaklaşık 13% ve 61%) artmıştır. 2021 senesinde ameliyat bazlı karbon yükünde azalma görülse de pandemi öncesi seviyeler ancak 2022 yılında yakalanabilmiştir.

4.6. BELİRSİZLİK ANALİZİ

Belirsizlik analizi yalnızca Hastane 1 için 2018 yılı verisi ile yürütülmüş olup, diğer hastane ve diğer yıllara ait envanter hesaplamalarında, veri temini ve/veya emisyon faktörü seçimi değişmediğinden bu analizin diğer hastane için ve diğer yıllarda tamamlanan envanterleri de temsil ettiği kabul edilmiştir. Kümülatif belirsizlik hesabı

Tablo 4.59'da özetlenmiştir. Buna göre 2018 yılı sera gazı emisyon envanterinin kümülatif belirsizliği 5,84% olarak kabul edilmiştir. Uzman görüşüne dayanarak envanter kümülatif belirsizliğinin 5%'e yakın olması ile yüksek güvence seviyesine sahip bir envanter olarak değerlendirilmiştir.

Faaliyet verilerine ilişkin ölçüm belirsizliklerinde Ölçü Aletleri Yönetmeliği'nde belirtilen Maksimum İzin Verilen Hata (MİH) değerleri dikkate alınmıştır. Diğerleri için ise uluslararası kaynaklar ve ulusal raporlar dikkate alınmıştır. Belirsizlik analizinde faaliyet verisi ve emisyon faktörü belirsizliklerinin hesabı ve referansları Tablo 4.59'da, toplam belirsizlik hesabı ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir.

Tablo 4.59. *Faaliyet Verisi ve Emisyon Faktörü Belirsizlikleri*

Belirsizlik Kaynağı	**Belirsizlik Değeri (%)**	**Referans**
Doğal gaz tüketimi (Sm^3)	1,5	MİH, ÖAY*
Doğal gaz kalorifik değeri	3	Uzman görüşü
Doğal gaz faaliyet verisi belirsizliği	$\sqrt{1{,}5^2 + 3^2}$ =3,35	
Doğal gaz emisyon Faktörü	5	NIR 2022
Motorin tüketimi (Jeneratör/hareketli yanma)	1	MİH, ÖAY
Motorin kalorifik değeri (Jeneratör)	3	Uzman görüşü
Motorin faaliyet verisi belirsizliği	$\sqrt{1^2 + 3^2}$=3,16	
Motorin emisyon faktörü (Jeneratör)	5	NIR 2022
Elektrik tüketimi (kWh)	0,6	MİH, ÖAY
Elektrik emisyon faktörü	7	Uzman görüşü

**Ölçü Aletleri Yönetmeliği*

Tablo 4.60. *Hastane 1 Kategori 1 ve 2 CO_2 emisyonları belirsizlik analizi*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
	Faaliyet Verisi		**Faaliyet Verisi Belirsizliği**	**SG Emisyon Faktörü**		**EF Belirsizliği**	**CO_2 emisyonu (kg)**	**CO_2 emisyonu (ton)**	**Hesaplanan Emisyon Belirsizliği** $I = \sqrt{C^2 + F^2}$		
							A * D	G/1000		(H*I)	K^2
Sabit Yanma - Doğalgaz	4,590	TJ	+/- 3,35%	55,600	kg CO_2 / TJ	+/- 5.0%	255.204,00	255,20	+/- 6,012%	1535,95	2359138,16
Sabit Yanma - Motorin	0,238	TJ	+/- 3,16%	74,100	kg CO_2 / TJ	+/- 5.0%	17.635,80	17,64	+/- 5.91%	104,31	10881,27
Hareketli Yanma - Motorin / otomobil	0,104	TJ	+/- 3,16%	74,100	kg CO_2 / TJ	+/- 5.0%	7.706,40	7,71	+/- 5,91%	45,58	2077,75
Hareketli Yanma - Motorin /ambulans	0,052	TJ	+/- 3,16%	74,100	kg CO_2 / TJ	+/- 5.0%	3.853,20	3,85	+/- 5,91%	22,79	519,44
Hareketli Yanma - Benzin/ minibüs	0,156	TJ	+/- 3,16%	74,100	kg CO_2 / TJ	+/- 5.0%	11.559,60	11,56	+/- 5,91%	68,37	4674,93
Elektrik	2.175	MWh	+/- 0.6%	620	kg CO_2 / TJ	+/- 7.0%	1.348.070	1.348	+/- 7.03%	9474,11	89758803,06
					Toplam CO_2 emisyonu (M, ton):			**1.644**			
					Kümülatif Belirsizlik: $\pm u = \pm \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (H_i * I_i)^2}}{M}$				**+/- 5,84%**		

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında İstanbul ili sınırlarında bulunan biri 85 (Üniversite Hastanesi 1) diğeri 95 (Üniversite Hastanesi 2) yatak kapasiteli iki üniversite hastanesine ait 2018 ile 2022 yılları arasındaki sera gazı emisyon envanterleri hazırlanmıştır. Bu kapsamda her iki hastane için de doğrudan (Kategori 1), enerji dolaylı (Kategori 2) ve diğer dolaylı (Kategori 3 ve Kategori 4) sera gazı emisyonları hesaplanmıştır.

Envanter oluşturulmasında ISO 14064-1 standardında sunulan yaklaşım benimsenmiş; hesaplamalar için ise IPCC ve GHG Protokol rehberleri dikkate alınmıştır. Sera gazı emisyonları her bir emisyon kaynağı için uygun faaliyet verileri ile emisyon faktörlerinin çarpımı ile elde edilmiştir. Faaliyet verileri, hastanelerin çeşitli birimlerince ve bu birimler tarafından kullanılan yazılımlarca derlenen verilerden ve/veya tedarikçi beyanlarından derlenmiştir. Faaliyet verileri doğal gaz, elektrik faturaları veya yine faturalanan otomatik yakıt takip sistemleri gibi kaynaklardan elde edildikleri için güvenilir veriler olarak değerlendirilmiştir.

Uygun emisyon faktörleri ise geniş kapsamlı bir literatür çalışması ile her bir kaynak için ayrı ayrı belirsizliği en düşük ve kademesi (Tier) en yüksek olacak şekilde öncelikle ulusal kaynaklardan, mümkün almadığı hallerde ise uluslararası kaynaklardan elde edilmiştir.

Doğrudan sera gazı emisyonları, ısınma amaçlı doğal gaz kazanı ve acil durumlar için jeneratör gibi sabit kaynaklardan sırası ile doğal gaz ve motorinin yakılmasından, otomobil, ambulans ve minibüs gibi hareketli kaynaklardan motorinin yakılması sonucu ve chiller, klimalar ve su sebilleri gibi soğutucu ekipmandan soğutucu akışkanların sızmasından oluşmuştur.

Enerji dolaylı sera gazı emisyonları yalnızca dışarıdan alınan elektrik enerjisi olup, basınçlı hava veya soğutma vb. tedarik edilen enerji bulunmamaktadır. Satın alınan elektrik enerjisi ulusal enterkonnekte şebekeden alınmıştır.

Diğer dolaylı emisyonlar; hasta ziyaretlerini (özel araç, toplu taşıma), personel işe gidiş-gelişlerini (özel araç, toplu taşıma), iş seyahatlerini (uçak), satın alınan ürün ve hizmetlerin nakliyesini içeren ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonları (Kategori 3) ile; satın alınan ilaçları, ilaç dışı sarf malzemeleri, yiyecek-içecek hizmetlerini, su temini ve atık suların arıtılmasını ve atıkların bertarafını içeren satın alınan ürün veya hizmet kaynaklı sera gazı emisyonlarını (Kategori 4) içermektedir.

Sera gazı emisyon hesaplamalarında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Üniversite Hastanesi 1 için 2018-2022 yılları arasında doğrudan sera gazı emisyonları en düşük 2020 yılında 276 tCO_2e ve en yüksek 2022 yılında 370 tCO_2e olmuştur. Benzer şekilde Üniversite Hastanesi 2 için de aynı yıllar arasında doğrudan sera gazı emisyonları en düşük 2020 yılında 317 tCO_2e ve en yüksek 2022 yılında 404 tCO_2e olmuştur. Her iki hastane için de Kategori 1 sera gazı emisyonlarının ağırlıklı olarak CO_2 gazı (87-95%) ve ısınma amaçlı doğal gaz tüketimine bağlı emisyonlar (75-81%) olduğu görülmüştür.

Doğrudan sera gazı emisyonlarının hizmet verilen hasta sayısı ve kapalı alan ile normalize edilmesi ile karbon yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Üniversite Hastanesi 1 için karbon yoğunlukları hasta sayısı bazında, en yüksek 2020 yılında 2,09 $kgCO_2e$/hasta sayısı ve en düşük 2021 yılında 1,51 $kgCO_2e$/hasta sayısı olmuştur. Kapalı alan bazında ise, en yüksek 2022 yılında 57,08 $kgCO_2e/m^2$ iken, en düşük 2020 yılında 42,74 $kgCO_2e/m^2$ olmuştur. Ameliyat bazında ise en yüksek emisyon 2020 yılında 193,08 $kgCO_2e$/ameliyat/yıl iken en düşük emisyon 99,22 $kgCO_2e$/ameliyat/yıl ile 2019 yılında olmuştur. Üniversite Hastanesi 2 için de benzer şekilde, karbon yoğunlukları hasta sayısı bazında, en yüksek 2020 yılında 2,05 $kgCO_2e$/hasta sayısı ve en düşük 2022 yılında 1,31 $kgCO_2e$/hasta sayısı olmuştur. Kapalı alan bazında ise en yüksek 2021 yılında 157,13 $kgCO_2e/m^2$ iken, en düşük 2019 yılında 103,66 $kgCO_2e/m^2$ olmuştur.

Hasta sayısı bazlı karbon yoğunluklarının 2020 yılında en yüksek değerlere sahip olması ile pandemi, etkisini daha net göstermiştir. En düşük hasta sayısı ve rutin tedaviler için gelen hastaların sayısındaki dramatik düşüş nedeniyle 2020 yılına ait olmasına rağmen karbon yoğunluğunun en yüksek olması, tasarlanan doluluk

oranlarında işletilmeyen sistemlerde enerji verimliliğinin de istenenin altında kalmasına neden olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

Üniversite Hastanesi 1 için 2018-2022 yılları arasında şebeke elektriği kullanımı kaynaklı sera gazı emisyonları en düşük 2020 yılında 1.132 tCO_2e ve en yüksek 2022 yılında 1.357 tCO_2e olmuştur. Benzer şekilde Üniversite Hastanesi 2 için de aynı yıllar arasında doğrudan sera gazı emisyonları en düşük 2020 yılında 918 tCO_2e ve en yüksek 2018 yılında 1.193 tCO_2e olmuştur.

Enerji dolaylı sera gazı emisyonlarının hizmet verilen hasta sayısı ve kapalı alan ile normalize edilmesi ile de karbon yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Üniversite Hastanesi 1 için karbon yoğunlukları hasta sayısı bazında, en yüksek 2020 yılında 8,5 $kgCO_2e$/hasta sayısı ve en düşük 2022 yılında 5,6 $kgCO_2e$/hasta sayısı olmuştur. Kapalı alan bazında ise, en yüksek 2018 yılında 122 $kgCO_2e/m^2$ iken, en düşük 2020 yılında 94 $kgCO_2e/m^2$ olmuştur. Üniversite Hastanesi 2 için de benzer şekilde, karbon yoğunlukları hasta sayısı bazında, en yüksek 2020 yılında 6,2 $kgCO_2e$/hasta sayısı ve en düşük 2022 yılında 3,9 $kgCO_2e$/hasta sayısı olmuştur. Kapalı alan bazında ise, en yüksek 2018 yılında 122 $kgCO_2e/m^2$ iken, en düşük 2020 yılında 94 $kgCO_2e/m^2$ olmuştur. Hasta sayısı bazında karbon yoğunluklarının yine en etkili olarak pandemi yılında en yüksek değere sahip olması dikkat çekmiştir.

Ulaşım ve nakliye kaynaklı sera gazı emisyonları incelendiğinde toplam Kategori 3 içindeki en yüksek payın hasta gidiş gelişleri kaynaklı dolaylı emisyonlar olduğu gözlenmiştir. Bunu çalışan işe gidişleri ve satın alınan ürünlerin nakliyesi kaynaklı emisyonlar izlemiştir. Üniversite Hastanesi 1 için hasta gidiş gelişleri kaynaklı emisyonların 2020 yılındaki payı 70% iken diğer yıllarda 76% ile 80% arasında değişmiştir. Çalışan işe gidiş gelişleri ortalama 7,5% paya sahipken 2020 yılında 10% civarında olmuştur. Satın alınan ürünlerin payı da yine 2020 yılında en yüksek değerinde olmuştur (19%). Benzer trendler Üniversite Hastanesi 2'de de gözlenmiştir.

2020 yılı; Kategori 1,2 ve 3 emisyonlarında en düşük seviyelerin görüldüğü yıl olurken Kategori 4 emisyonlarında ise ilk üç kategorinin aksine en yüksek emisyonların görüldüğü yıl olmuştur. Bunun en büyük nedeni olarak pandemi nedeniyle bazı tıbbi sarf malzemelerin kullanım yoğunluğunun yükseliş trendine geçmesi olduğu

saptanmıştır. Başta maske, eldiven, gazlı bez, enjektör gibi tek kullanımlık tıbbi sarf grubu olarak kabul edilen malzemelerin kullanımlarının artması, Kategori 4 emisyonlarının 2020 yılında önemli ölçüde yükselmesine neden olmuştur. Tıbbi sarf grubu dışında diğer sarflar olarak kabul edilen çöp poşeti, tuvalet kâğıdı, temizlik kimyasalları gibi yine tek kullanımlık malzemelerin kullanım miktarının artması da Kategori 4 emisyonlarının 2020 yılında önemli ölçüde artmasına neden olmuştur.

Atık miktarlarındaki artış da her iki hastane için de 2020'nin, atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlarının en yüksek olduğu yıl olmasına neden olmuştur. Atık miktarlarının artmasına tek kullanımlık ürünlerin kullanım miktarındaki artış ve pandemi öncesinde tıbbi atık olarak kabul edilmeyen bazı atıkların enfeksiyon riski nedeniyle tıbbi atık olarak değerlendirilmesi etkili olmuştur.

Yangın tüplerinin, soğutucu gazların, medikal-anestezik gazların kullanımlarıyla birlikte yemekhane hizmetlerinden ve içme suyu tüketiminden kaynaklanan emisyonların, toplam emisyonlara olan etkisinin çok düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca yangın söndürme ekipmanları ve medikal gazlarının kullanımına ait yıllık değişimlerin pandemi ile net bağlantısı da kurulamamıştır.

Karbon yoğunlukları üzerine literatürde yapılan bazı çalışmalar ile bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların karşılaştırılması Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Ancak literatürde pandemi ve sonrası dönem için yapılan çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Farklı ülkelerde ve farklı zamanlarda yapılmış olan bu çalışmalar ile mevcut tez çalışması karşılaştırılırken çalışmanın yapıldığı dönem ve dahil ettikleri kapsamlar dikkate alınmıştır. Mevcut tez çalışması ile karşılaştırılan çalışma pandemi öncesine ait bir döneme aitse bu tezde bulunan sonuçlarda 2018 ve 2019 yıllarının ortalamaları, eğer pandemi sonrasına ait bir çalışmaysa bu tezde örnekleme yapılan 5 yılın ortalamaları baz alınmıştır. Karşılaştırması yapılan çalışmalarda her parametreye ait karbon yoğunluğunun aynı anda bulunamaması nedeniyle elde edilebilen veriler üzerinden tablolar oluşturulmuştur. Ayrıca karşılaştırma yapılmak istenen çalışmaların faaliyet sınırlarının da değişiklik gösterebilmesi nedeniyle çalışmalarda değerlendirmeye alınan kategoriler de değişiklik göstermektedir. Bu nedenle literatürde karşılaştırmak istenen çalışmalardaki hesaplamaların yapıldığı kategorilere göre bu çalışmanın ilgili kategorilerine ait veriler dikkate alınmıştır. Örneğin Kategori

1,2,3 ve 4 emisyonlarının hesaplandığı mevcut tez çalışması ile sadece Kategori 1 ve 2 emisyonlarının hesaplandığı bir çalışmayı kıyaslarken mevcut tez çalışmasının sadece Kategori 1 ve 2 emisyonları dikkate alınmıştır.

Tablo 5.1. *Pandemi Öncesi Çalışmalar ile Yapılan Karşılaştırmalar*

Hastane/Çalışmanın Adı	**Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu ($kgCO_2e$/kişi)**	**Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu ($kgCO_2e/m^2$)**
Üniversite Hastanesi 1	**4,82**	**131,50**
Üniversite Hastanesi 2	**4,06**	**80,12**
(Prasad vd., 2022), ABD	8,02	55,40
(Jiang vd., 2012), Çin	7,71	99,00
(Nicolet vd., 2022), İsviçre	4,80	-
(García-Sanz-Calcedo, 2019), İspanya	-	96,00

Kategori 1 ve 2'nin değerlendirmeye alındığı literatürdeki çalışmalara ait Tablo 5.1 incelendiğinde, İsviçre'de yapılan ve çok sayıda sağlık kuruluşuna ait karbon ayak izi çalışmalarını içeren bir makalede kişi bazlı karbon yoğunluğunun bu tez çalışmasındaki iki üniversite hastanesine ait karbon yoğunluklarına çok yakın olduğu (4,80 $kgCO_2e$/kişi) görülmektedir. ABD ve Çin'de yapılan ve büyük ölçekli hastaneler üzerinde yapılan araştırmalarda ise kişi bazlı karbon yoğunluklarında mevcut tez çalışmalarına yakın sonuçlar (7,71 ve 8,02 $kgCO_2e$/kişi) görülmektedir.

İspanya'da yapılan ve sadece alan bazlı karbon yoğunluğunun görülebildiği bir çalışmada mevcut tez çalışmasındaki iki üniversite hastanesine ait bulguların arasında bir sonuç (96 $kgCO_2e/m^2$) görülmektedir. ABD ve Çin'de yapılan çalışmalardaki alan bazlı karbon yoğunluklarına bakıldığında ise; Çin'deki çalışmada bu tez çalışmasındaki iki üniversite hastanesine ait sonuçların arasında bir değer görülmekte olup (99 $kgCO_2e/m^2$), ABD'de yapılan çalışmada ise bu tez çalışmasındaki iki hastanenin bulgularından daha düşük bir değer (55,40 $kgCO_2e/m^2$) bulunduğu görülmüştür.

Literatürde ameliyat bazlı karbon yoğunluklarının incelendiği çalışma sayısının çok az olması ve bu çalışmalarda da sadece ameliyatlara ait karbon ayak izinin incelenmesi nedeniyle bu tez çalışmasındaki sonuçlarla karşılaştırma yapılmamıştır.

Tablo 5.2'de ise ABD ve Yunanistan'da yapılan iki çalışma ile mevcut tez çalışmasındaki sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar sadece hasta gidiş-gelişlerden kaynaklanan karbon yoğunluklarını içerdiğinden, mevcut tez çalışmasına ait hastanelerde de aynı parametreler ile karşılaştırma yapılmıştır.

Tablo 5.2. *Pandemi Öncesi ve Pandemi Dönemini İçeren Çalışmalar ile Yapılan Karşılaştırmalar (Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu ve Sadece Hasta Gidiş-Geliş Üzerine Çalışmalar)*

Hastane/Çalışmanın Adı	**Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu ($kgCO_2e$/kişi)**	
	Pandemi Öncesi	**Pandemi Dönemi (2020)**
Üniversite Hastanesi 1	**6,78**	6,62
Üniversite Hastanesi 2	**5,91**	**5,48**
(Dacones vd., 2021), ABD	8,03	3,95
(Bozoudis ve Sebos, t.y.), Yunanistan	6,69	-

Dacones ve diğerleri tarafından yapılan ve özellikle sağlık kuruluşlarında pandemi öncesi ve sonrasındaki hasta gidiş-gelişlerden kaynaklanan emisyonları inceleyen bu çalışmada hasta gidiş-geliş kaynaklı karbon yoğunluklarında 2020 yılında bir önceki yıla göre 50%'den fazla düşüş görülmüştür. Bu tez çalışmasında da her iki hastanede de kişi bazlı karbon yoğunluklarında 2020 yılında bir önceki yıla göre düşüş gözlemlenmiş olup, bu düşüş çok daha sınırlı kalmıştır (3-7% arası). Bunun nedeni olarak ABD'de pandemi etkisinin Türkiye'ye göre çok daha fazla hissedilmesi, bununla birlikte 2020 yılında hastaneye başvuran hasta sayısında bir önceki yıla göre ciddi bir şekilde düşüş gözlemlenmemesi, ancak pandemi nedeniyle hastanenin diğer alanlarının önceki yıla göre çok daha az kullanılıp ameliyat sayılarındaki muhtemel azalma nedeniyle emisyonların azalması gösterilebilir. Çünkü toplam karbon emisyonlarının azalıp hasta sayılarının sabit kalması, hasta başına karbon yoğunluğunu da azaltmaktadır. Mevcut tez çalışmasında ise emisyonlarla birlikte hasta sayılarının da önemli şekilde azalmasından ötürü, 2019 ile 2020 yıllarındaki karbon

yoğunluğun azalma oranı daha sınırlı kalmıştır. Yunanistan'da pandemi öncesinde (2017) yapılan bir çalışmada ise kişi bazlı karbon yoğunluğunun (6,69 $kgCO_2e$/kişi) mevcut tez çalışmasındaki iki üniversite hastanesine ait sonuçlar ile a uyumlu olduğu görülmüştür.

Pandemi öncesi yapılan ve üç kapsamın da dikkate alındığı bir çalışma (Mtioui vd., 2021) ile mevcut tez çalışmasına ait karşılaştırma ise Tablo 5.3'te görülmektedir.

Tablo 5.3. *Pandemi Öncesi Çalışmalar ile Yapılan Karşılaştırmalar (Tüm Kategoriler)*

Hastane/Çalışmanın Adı	**Kişi Bazlı Karbon Yoğunluğu ($kgCO_2e$/kişi)**	**Alan Bazlı Karbon Yoğunluğu ($kgCO_2e/m^2$)**
Üniversite Hastanesi 1	**23,98**	**646,32**
Üniversite Hastanesi 2	**20,60**	**407,58**
(Mtioui vd., 2021), Fas	13,71	115,75

Tablo 5.3 incelendiğinde pandemi öncesinde Fas'taki bir hastane için yapılan ve tüm kapsamların dikkate alındığı bir çalışmadaki kişi ve alan bazlı karbon yoğunluklar görülmektedir. Hesaplamalara göre kişi bazlı karbon yoğunluklarında mevcut tez çalışmasına yakın sonuçlar görülmekte olup alan bazlı karbon yoğunluklarında ise mevcut çalışma ile yakın olmayan sonuçlar görülmüştür. Alan bazlı karbon yoğunluklarındaki yüksek farkın nedeni olarak Fas'ta yapılan çalışmadaki hastanenin kullanılabilir alanının çok yüksek olması gösterilebilir.

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan karbon ayak izine pandeminin etkisini inceleyen bu tez çalışmasının kapsamı, Kategori 2 emisyonlarında hesaplanan satın alınan elektrik enerjisinin sağlık kuruluşları içindeki kullanım şekilleri (aydınlatma, soğutma, havalandırma vb.) ile Kategori 3 emisyonlarındaki hasta ve personel ulaşımlarındaki kabuller üzerine çalışılarak genişletilebilir. Personele sorulan anket soruları; kullandıkları binek veya toplu taşıma araçlarının yakıt tipleri ve yaptıkları aktarma sayıları üzerinden detaylandırılabilir. Sağlık kuruluşlarının vermiş olduğu hizmetten duyulan memnuniyetin ölçüldüğü "hasta memnuniyet anketi" uygulamalarında hastalara, ulaşımları hakkında daha isabetli kabuller yapabilmek için sorular eklenebilir. Bu şekilde hastaların ulaşımlarını nasıl sağladıkları konusunda daha doğru

bilgi elde edilebilir. Yıllara göre tedavi gören hasta sayısı trendinin kategori bazlı emisyon trendine büyük oranda etki ettiği söylenebilmekle birlikte kategori emisyonlarına etki etme seviyelerinde değişkenlik görülebilmektedir. Hasta sayısının (hastane yoğunluğu) hangi kategoriyi hangi parametreye bağlı olarak etkilediği incelenerek bunun sonucunda emisyon azaltımı için alınabilecek aksiyonların planlanması mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

AKIN, G. (2006). Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46*(2), 29-43. https://dergipark.org.tr/en/pub/dtcfdergisi/issue/66772/1044205

API. (2023). *API TR 1533: Lubricants Life Cycle Assessment and Carbon Footprinting - Methodology and Best Practice* [PDF dosyası]. American Petroleum Institute. Erişim tarihi: 11 Aralık 2023, https://www.api.org/-/media/files/certification/engine-oil-diesel/publications/api%20tr%201533.pdf

Argun, M. E., Ergüç, R., & Sarı, Y. (2019). Konya/Selçuklu ilçesi karbon ayak izinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 287-297. https://doi.org/10.15317/Scitech.2019.199

Ateş, B. (2022). COVID-19 salgınının Türkiye'de enerji tüketimine etkisi. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi, 5(1), 84-101. https://doi.org/10.55119/artuklu.1103646*

Baş, K., & Sur, H. (2023). COVID-19 sağlık krizinin ülkelerin sağlık sistemleri üzerine etkisi; küresel sağlık sistemleri boyutuyla bir değerlendirme. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*, 8(1), 105-113. https://doi.org/10.35232/estudamhsd.1135965

Berberoğlu, N. (2009). İklim Değişikliği: Post-Kyoto Müzakereleri ve Türkiye. *Uluslararası Ekonomik Sorumlar, 33*, 18-26.

Booth, A. (2022). Carbon footprint modelling of national health systems: Opportunities, challenges and recommendations. *International Journal of Health Planning and Management, 37*(4), 1885-1893. https://doi.org/10.1002/hpm.3447

Boran, Ö., & Serbester, U. (2022). Ruminantlarda Metan Salınımı, Azaltma Stratejileri ve Ölçüm Yöntemleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10*, 853-860. https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i5.853-860.5010

Bozoudis, V., & Sebos, I. (2020). *The Carbon Footprint of Transport Activities of the 401 Military General Hospital of Athens*. https://doi.org/10.1007/s10666-020-09701-1/Published

Carino, S., Porter, J., Malekpour, S., & Collins, J. (2020). Environmental Sustainability of Hospital Foodservices across the Food Supply Chain: A Systematic Review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 120*(5), 825-873. https://doi.org/10.1016/j.jand.2020.01.001

Chung, J. W., & Meltzer, D. O. (2009). Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector. *JAMA, 302*(18), 1970-1972. https://doi.org/10.1001/jama.2009.1610

Dacones, I., Cave, C., Furie, G. L., Ogden, C. A., & Slutzman, J. E. (2021). Patient transport greenhouse gas emissions from outpatient care at an integrated health care system in the Northwestern United States, 2015–2020. *Journal of Climate Change and Health, 3*. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100024

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. *Journal of Economic Literature, 52*(3), 740-798. https://doi.org/10.1257/jel.52.3.740

Delpla, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International, 35*(8), 1225-1233. https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001

EPA. (2014). *Sources of Greenhouse Gas Emissions*. United States Environmental Protection Agency. Erişim adresi: https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions. Erişim tarihi: 12 Ocak 2024.

EPA. (2023). *Medical Waste*. Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations.: https://www.epa.gov/rcra/medical-waste. Erişim tarihi: 12 Ocak 2024.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... diğerleri. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science, 309*(5734), 570-574. https://doi.org/10.1126/science.1111772

García-Sanz-Calcedo, J. (2019). Study of CO2 emissions from energy consumption in Spanish hospitals. *Vibroengineering Procedia, 26*, 46-51. https://doi.org/10.21595/vp.2019.20965

Holmner, Å., Ebi, K. L., Lazuardi, L., & Nilsson, M. (2014). Carbon Footprint of Telemedicine Solutions - Unexplored Opportunity for Reducing Carbon Emissions in the Health Sector. *PLOS ONE, 9*(9), 105040. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105040

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change: Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511546013

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Anna Pirani, Sarah L. Connors, Clotilde Péan, Yang Chen Leah Goldfarb Melissa I. Gomis, J.B. Robin Matthews Sophie Berger Mengtian Huang, Ozge Yelekçi Rong Yu Baiquan Zhou, Elisabeth Lonnoy Thomas K. Maycock Tim Waterfield, Katherine Leitzell, & Nada Caud, Ed.). www.ipcc.ch

(IPCC. (2022). *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157940

Jiang, C., Xing, J., Ling, J., & Qin, X. (2012). Energy consumption and carbon emissions of hospitals in Tianjin. *Frontiers in Energy, 6*(4), 427-435. https://doi.org/10.1007/s11708-012-0199-5

Karakaya, E. (2016a). Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3*(1), 1-12. https://doi.org/10.30803/adusobed.188842

Karakaya, E. (2016b). Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3*(1), 1-12. https://doi.org/10.30803/adusobed.188842

Kayıkçıoğlu, H. H., & Okur, N. (2012). Sera gazı salınımlarında tarımın rolü. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9*(2), 25-38.

Le Quéré, C., Peters, G. P., Friedlingstein, P., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Davis, S. J., Jackson, R. B., & Jones, M. W. (2021). Fossil CO2 emissions in the post-COVID-19 era. *Nature Climate Change, 11*(3), 197-199. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01001-0

Lefohn, A. S., Malley, C. S., Smith, L., Wells, B., Hazucha, M., Simon, H., Naik, V., Mills, G., Schultz, M. G., Paoletti, E., De Marco, A., Xu, X., Zhang, L., Wang, T., Neufeld, H. S., Musselman, R. C., Tarasick, D., Brauer, M., Feng, Z., … Gerosa, G. (2018). Tropospheric ozone assessment report: Global ozone metrics for climate change, human health, and crop/ecosystem research. *Elementa: Science of the Anthropocene, 6*, 27. https://doi.org/10.1525/elementa.279

Malik, A., Lenzen, M., McAlister, S., & McGain, F. (2018). The carbon footprint of Australian health care. *The Lancet Planetary Health, 2*(1), e27-e35. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30180-8

Mert, M. E., & Doğru Mert, B. (2023). Karbon ayak izinin azaltılması için korozyon inhibitörü olarak son kullanma tarihi geçmiş Depakin tabletin incelenmesi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 3*(1), 56-66. https://kadirliubfd.com/index.php/kubfd/article/view/48

Morooka, H., Yamamoto, T., Tanaka, A., Furuhashi, K., Miyagawa, Y., & Maruyama, S. (2022). Influence of COVID-19 on the 10-year carbon footprint of the Nagoya University Hospital and medical research centre. *Globalization and Health, 18*, 1-10. https://doi.org/10.1186/s12992-022-00883-9

Mtioui, N., Zamd, M., Ait Taleb, A., Bouaalam, A., & Ramdani, B. (2021). Carbon footprint of a hemodialysis unit in Morocco. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, *25*(5), 613-620. https://doi.org/10.1111/1744-9987.13607

Nagasaki, K., Kaji, Y., Wada, Y., & Sasaki, T. (2023). The environmental impact of inhaler replacement: A carbon footprint and economic calculation of the National Database of Health Insurance Claims in Japan. *Journal of General and Family Medicine, 24*. https://doi.org/10.1002/jgf2.622

Nicolet, J., Mueller, Y., Paruta, P. et al. What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland. Environ Health 21, 3 (2022a). https://doi.org/10.1186/s12940-021-00814-y

Nicolet, J., Mueller, Y., Paruta, P. et al. What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland. Environ Health 21, 3 (2022b). https://doi.org/10.1186/s12940-021-00814-y

Orr, J., Fabry, V., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S., Feely, R., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R., Plattner, G.-K., Rodgers, K., & Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature, 437*, 681-686. https://doi.org/10.1038/nature04095

Özmen, T. (2009). Sera Gazı - Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *Çevre ve İnsan Dergisi*, 453, 42-46.

Prasad, P. A., Joshi, D., Lighter, J., Agins, J., Allen, R., Collins, M., Pena, F., Velletri, J., & Thiel, C. (2022). Environmental footprint of regular and intensive inpatient care in a large US hospital. *International Journal of Life Cycle Assessment, 27*(1), 38-49. https://doi.org/10.1007/s11367-021-01998-8

Ramanathan, V., & Feng, Y. (2008). On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105*(35), 14245-14250. https://doi.org/10.1073/pnas.0803838105

Ranganathan, J., Corbier, L., Schmitz, S., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., Bp, M. M., Boileau, P., Canada, E., Frederick, R., Vanderborght, B., Thomson, H. F., Kitamura, K., Woo, C. M., Naseem, &, Kpmg, P., Miner, R., Pricewaterhousecoopers, L. S., Koch, J., … Camobreco, V. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf

Nicholls, R., et al. (2008), "Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates", OECD Environment Working Papers, No. 1, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/011766488208.

Rodríguez-Jiménez, L., Romero-Martín, M., Spruell, T., Steley, Z., & Gómez-Salgado, J. (2023). The carbon footprint of healthcare settings: A systematic review. *Journal of Advanced Nursing, 79*(8), 2830-2844. https://doi.org/10.1111/jan.15671

Schlenker, W., & Roberts, M. (2009). Nonlinear Temperature Effects Indicate Severe Damages to U.S. Crop Yields under Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106*, 15594-15598. https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106

Sims, R. E. H. (2004). Renewable energy: A response to climate change. *Solar Energy, 76*(1), 9-17. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(03)00101-4

Sinden, G. (2009). The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 14*(3), 195-203. https://doi.org/10.1007/s11367-009-0079-3

Smith, P., Davis, S., Creutzig, F. et al. Biophysical and economic limits to negative CO2 emissions. Nature Clim Change 6, 42–50 (2016). https://doi.org/10.1038/nclimate2870

Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R., & Friedlingstein, P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(6), 1704-1709. https://doi.org/10.1073/pnas.0812721106

Sürmelioğlu, D. (2010). *Uluslararası çevre hukukunda sınıraşan zararlar: Transboundary harms in international environmental law* (Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi). https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/uls_fc575.pdf.

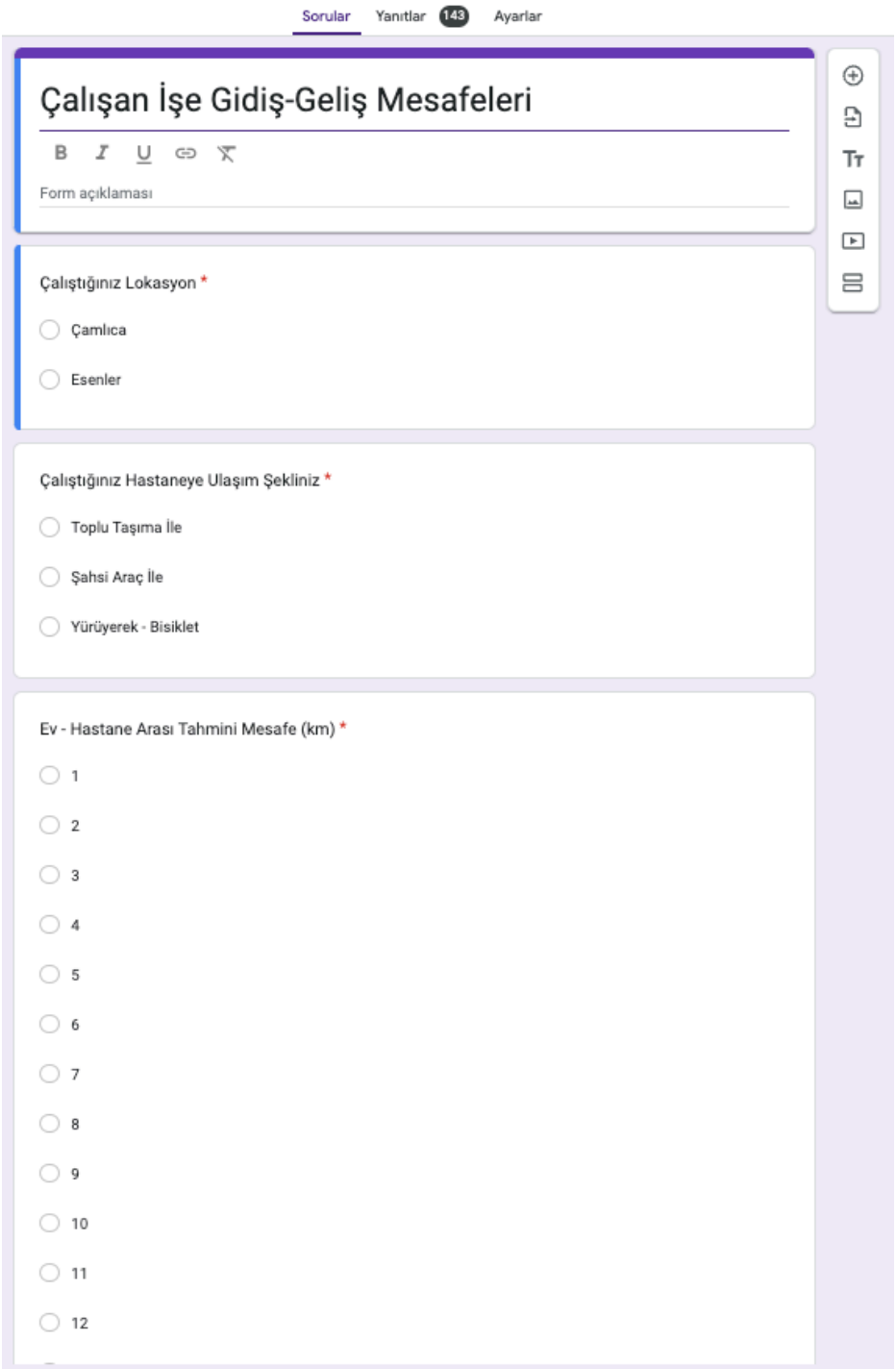
Tamer, G. (2018). Sağlıkta sürdürülebilirlik: Sustainability in healthcare. In *Proceedings of the International Conference on Eurasian Economies 2018* (pp. 154-162).

Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research, 47*(1-2), 123-138. https://doi.org/10.3354/cr00953

Türk, B. (2017). Türkiye'de çevre politikası ve uluslararası çevre sözleşmeleri. *The Journal of Academic Social Science Studies, 54*(1), 351-362. https://doi.org/10.9761/jasss6929

UNICEF. (2023). *The state of food security and nutrition in the world 2023*. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. https://doi.org/10.4060/cc3017en

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of carbon footprint. In C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological economics research trends* (pp. 55-65). Nova Science Publishers.

EKLER

EK-A: Personel Anket Formu