



İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

KURUMSAL SERA GAZI HESAPLAMASI

2024

Hazırlayanlar

Öğr. Gör. Ali ŞENBAHÇE

Öğr. Gör. Enes ÖZDEMİR

Öğr. Gör. Ekrem Musa ÖZDEMİR

İSTANBUL-2025

Tüm Hakları Saklıdır.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------------|
| İÇİNDEKİLER | i |
| SİMGELER ve KISALTMALAR | ii |
| ŞEKİLLER ve TABLOLAR LİSTESİ | iii |
| ÖZET | iv |
| TANIMLAR | v |
| GİRİŞ | 1 |
| 1. İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ FAALİYET BİLGİLERİ | 3 |
| 1.1.Faaliyet sınırları..... | 3 |
| 1.2. Faaliyet verilerinin yıl seçimi..... | 3 |
| 2. METODOLOJİ | 4 |
| 2.1. Sera gazları ve karbon ayak izi..... | 4 |
| 2.1.1. Sera gazları..... | 4 |
| 2.1.2. Türkiye sera gazı emisyon istatistikleri..... | 5 |
| 2.1.3. Türkiye’de sektörlere göre sera gazı emisyonları..... | 6 |
| 2.1.4. Gıda ürünlerinin kilogramı başına sera gazı emisyonları..... | 7 |
| 2.2. Kapsamlar..... | 7 |
| 2.2.1. Kapsam 1: Doğrudan sera gazı emisyonları..... | 8 |
| 2.2.2. Kapsam 2: Enerji dayalı dolaylı sera gazı emisyonları..... | 8 |
| 2.2.3. Kapsam 3: Diğer dolaylı sera gazı emisyonları..... | 8 |
| 2.3. Tier (Kademe) düzeyleri..... | 8 |
| 2.4. Sera gazı envanteri kalite yönetimi..... | 9 |
| 3. SERA GAZI EMİSYONLARININ HESAPLANMASI | 10 |
| 3.1. Sera gazı emisyonu verileri..... | 10 |
| 3.1.1.Küresel ısınma potansiyeli (KIP)..... | 10 |
| 3.1.2. Net kalorifik değerler (NKD)..... | 10 |
| 3.1.3. Emisyon faktörleri (EF)..... | 10 |
| 3.1.4. Yakıt yoğunlukları (YY)..... | 11 |
| 3.2. Hesaplama metodolojisi..... | 11 |
| 3.2.1. Hesaplamalar..... | 11 |
| 3.2.2. Hesaplamaların tablo ile gösterimi..... | 13 |
| 4. ANALİZ SONUÇLARI | 14 |
| KAYNAKLAR | 15 |

SİMGELER ve KISALTMALAR

SİMGELER

AÇIKLAMALAR

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| CH ₄ | : Metan |
| CO ₂ | : Karbondioksit |
| CO _{2e} | : Karbondioksit emisyonu |
| CO ₂ -eşd | : Karbondioksit eşdeğer |
| kg | : Kilogram |
| kg/kWh | : Kilowatt-saat başına düşen Kilogram |
| kg/L | : Litre başına kilogram |
| kg/TJ | : Terajul başına düşen kilogram |
| MJ | : MegaJoule |
| MJ/kg | : Kilogram başına düşen megajul |
| N ₂ O | : Nitröz Oksit |
| TJ | : TeraJoule |
| TJ/Gg | : Gigagram başına düşen terajul |

KISALTMALAR

AÇIKLAMALAR

| | |
|-------------------|--|
| AR5 | : Fifth Assessment Report (Beşinci Değerlendirme Raporu) |
| COP21 | : Conference of the Parties 21 (21. Taraflar Konferansı) |
| ÇŞB | : Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı |
| EF | : Emisyon faktörü |
| EPDK | : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu |
| EtCO ₂ | : Toplam karbondioksit emisyonu |
| FAOM | : Fire-Resistant Aerosol Foam |
| GHG | : Greenhouse Gases |
| GWP | : Global Warming Potential |
| HALON | : Halogenated Hydrocarbon (Halojenli Karbon Bileşiği) |
| HFC | : Hidroflorokarbon (HydroFluoroCarbon) |
| ICOS | : Integrated Carbon Observation System |
| IPCC | : Intergovernmental Panel on Climate Change |
| ISO | : International Organization for Standardization |
| KIP | : Küresel ısınma potansiyeli |
| LPG | : Liquefied Petroleum Gases(Sıvılaştırılmış petrol gazı) |
| ODS | : Ozone Depleting Substances(Ozon Tabakasını İncelten Maddeler) |
| PAS 2060 | : Publicly Available Specification 2060 |
| TEAP | : Technology and Economic Assessment Panel |
| TSE | : Türk Standardları Enstitüsü |
| UNEP | : United Nations Environment Programme |
| UNFCCC | : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi |

ŞEKİLLER ve TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1: İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık..... | 3 |
| Şekil 2: Sektörlere göre sera gazı emisyonları | 4 |
| Şekil 3: Bazı sera gazlarının kimyasal formları | 5 |
| Şekil 4: Sera gazı emisyon istatistikleri..... | 6 |
| Şekil 5: Sektörlere göre sera gazı emisyonları | 6 |
| Şekil 6: Sektörlere ve gazlara göre sera gazı emisyon oranları | 7 |
| Şekil 7: Gıdalarda kilogram başına sera gazı salınımı | 7 |
| Şekil 8: Kapsamlarına göre sera gazı emisyonları..... | 8 |
| Şekil 9: Sera Gazı Protokol Standartları kapsamlarına göre sera gazı emisyonları | 9 |
| Şekil 10: İMÜ sera gazı emisyonlarının kapsamlarına göre dağılımı | 14 |
| Şekil 11: İMÜ sera gazı emisyon kaynaklarının dağılımı | 14 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1: Sera gazı kaynaklarının çıkış kaynakları..... | 5 |
| Tablo 2: Bazı sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri | 10 |
| Tablo 3: Bazı yakıtlarda net kalorifik değerler | 10 |
| Tablo 4: Bazı yakıtların emisyon faktörleri..... | 11 |
| Tablo 5: Bazı yakıtların yoğunlukları..... | 11 |

ÖZET

Bu çalışma, İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Kampüsü'nün 2024 yılına ait IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) yöntemleri ve formülleriyle, başlıca sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) nitröz oksit (N₂O) verileri de eklenerek karbon ayak izi hesaplanmıştır. İMÜ Çevre Yönetimi Ofisi tarafından çevre bilincinin artırılması, karbon ayak izinin önemini ve doğal kaynakların uzun yıllar sürdürülebilir olması amacıyla tahmini hesaplamalar yapılmıştır. Avrupa Birliği'nin kurumsal karbon ayak izini değerlendirmek için uluslararası ISO 14064-1 standardı kullanılmıştır. Bu standart, bir firmanın sera gazı kaynaklarını planlaması, geliştirmesi, yönetmesi, raporlaması ve doğrulaması için gereklilikleri tanımlamaktadır. Standartta göre, doğrudan dolaylı ve diğer dolaylı (isteğe bağlı) sera gazı emisyon kaynakları kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3 altında sınıflandırılmıştır. Kampüste kullanılan doğalgazın, sabit ve mobil kullanımından kaynaklanan benzin ve dizel yakıtların kullanımı doğrudan emisyonlar kapsam 1'e dahil edilmektedir. Kapsam 2 ise satın alınan elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonları kapsamaktadır. Kampüste her faaliyetin karbon dioksit eşdeğerini hesaplamak amacıyla Sera Gazı Protokolü (GHG Protokol) kurumsal hesaplama ve raporlama standardı ile ISO14064-1 standartları analiz için kullanılmıştır. İMÜ'nün karbon ayak izi İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve GHG Protokol metotlarıyla sayısal veriler hesaplanmış olup bu formüllerin kullanımı için bilimsel ve akademik makalelerden yararlanılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elektrik tüketiminden 3659,32 ton CO₂ eşdeğeri, ulaşım kaynaklı yakıt tüketiminden kaynaklı 187,29 ton CO₂ eşdeğeri, sabit yanma kaynaklı yakıt tüketiminden kaynaklı 304,46 ton CO₂ eşdeğeri ve kaçak-sızıntı kaynaklı 134,01 ton CO₂ eşdeğeriyle birlikte toplam emisyon 4285,08 ton CO₂ eşdeğeri hesaplanmıştır. İMÜ Kavacık Kampüsü'nde öğrenci, idari ve akademik personel kapasitesi 32000 olduğu hesaba katıldığında kişi başı karbon ayak izi 0,13 ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

TANIMLAR

Biyokütle: Tarım, ormancılık, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetlerden kaynaklanan biyolojik kökenli ürünler, atıklar ve kalıntıların biyolojik olarak parçalanabilir kısımlarını (bitkisel ve hayvansal maddeler dahil olmak üzere), sanayi ile belediye atıklarının biyolojik olarak ayrışabilen bölümlerini ve ayrıca biyosiviler ile biyoyakıtları ifade eder.

CO₂ (eşd): CO₂ haricindeki sera gazlarının, küresel ısınma üzerindeki zararlarını CO₂'nin küresel ısınma potansiyeline göre eşdeğer bir şekilde ifade eden değeri belirtir.

Dönüşüm faktörü: Yanan yakıttaki toplam karbon miktarının ne kadarının karbon dioksit (CO₂) olarak atmosfere salındığını gösterir.

Emisyon faktörü: Tam yanmanın ve diğer tüm kimyasal reaksiyonların tamamlandığının varsayıldığı bir kaynak akışındaki faaliyet verisine ait sera gazının ortalama emisyon oranını tanımlar.

Emisyon kaynağı: Sera gazı emisyonlarının çıktığı, bir tesisin ayrı olarak tanımlanabilir parçasını veya tesisin bir prosesini tanımlar.

Emisyon: Bir kaynaktan çevreye yayılan gaz, sıvı veya katı haldeki maddelerin genel adıdır.

Enerji tüketimi: Bir yakıtın miktarına göre ne kadar terajül enerji üreteceğini gösterir.

Faaliyet verisi: Hesaplama temelli yöntemlerde, bir sürecin tükettiği veya ürettiği yakıt ya da maddelerin miktarı; enerji için terajül, kütle için ton veya gazlar için normal metre küp olarak ifade edilir.

Kapsam 1, 2 ve 3: Bir organizasyonun sera gazı (GHG - Greenhouse Gas) emisyonlarını kaynaklarına göre sınıflandırmak için kullanılan kategorilerdir. Bu sınıflandırma, Sera Gazı Protokolü (GHG Protocol) ve ISO 14064 çerçevesinde tanımlanmıştır ve emisyonları izlemek, raporlamak ve yönetmek için bir standart sağlar.

Net kalorifik değer (NKD): Bir yakıt veya materyalin standart koşullar altında oksijen ile tam yanması ile oluşan suyun buharlaşma ısısı hariç tutulup, ısı olarak dışarı çıkan net enerji miktarını ifade eder.

Oksidasyon faktörü: Yanma sırasında karbonun oksijenle reaksiyona girerek ne kadarının CO₂'ye dönüştüğünü belirler.

Sera gazı emisyonu: Kızıl ötesi radyasyon emen ve yeniden salan hem tabii ve hem de beşeri kaynaklı olabilen, belirtilen gazları ve gaz benzeri diğer atmosfer bileşenlerinin atmosfere verilmesini tanımlar.

GİRİŞ

Karbondioksit (CO₂), sera gazları arasında en yaygın ve en fazla miktarda bulunan gazdır. Bu gazlar, atmosfere salındıklarında, güneş ışığının Dünya yüzeyine vurduktan sonra geri yansımalarını engelleyerek, ısının atmosferde hapsolmesine neden olur. Bu etki, sera etkisi olarak adlandırılır ve gezegenin ortalama sıcaklığını artırarak küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlara yol açar. İklim değişikliği savaşımı (mitigasyon) yalnızca azaltmayı hedeflemez, aynı zamanda tüm sosyal ve ekonomik alanlarda CO₂, CH₄ ve N₂O gibi başlıca sera gazı emisyonlarının azaltılması, sera gazlarının doğal olarak tutulduğu yutakların geliştirilmesi ve bu süreçlerin desteklenmesine yönelik tüm insan faaliyetlerini içerir (Türkeş, 2021). Sera etkisi, Dünya'nın yüzeyini ısıtarak sıcaklığın ortalama 15 °C civarında kalmasını sağlayan doğal bir süreçtir. Bu süreç olmasaydı, gezegenin sıcaklığı yaklaşık -18 °C olurdu ve yaşam koşulları çok farklı olurdu. Ancak insan faaliyetleri, atmosferdeki sera gazlarını artırarak bu doğal süreci güçlendirmiştir. Bu da ekstra ısı birikmesine, hava modellerinin değişmesine ve iklim değişikliğine yol açar. Sera gazları, atmosfere yayıldıklarında rüzgarlarla taşınarak binlerce kilometre uzaklara ulaşabilir. Bu nedenle, bir bölgede salınan gazların etkisi küresel ölçekte hissedilir. Artan sera gazları, küresel ısınmayı tetikler ve iklim değişikliğine neden olurken dünyanın farklı bölgelerinde farklı yerel etkiler ortaya çıkar. Sera gazları atmosferde farklı süreler boyunca kalır ve bazıları ısıyı tutmada diğerlerinden daha etkilidir. Bu gazların küresel ısınmaya ne kadar katkıda bulunduğunu anlamak için Küresel Isınma Potansiyeli (KIP, Global Warming Potential (GWP) adı verilen bir ölçüt kullanılır. KIP, bir gazın 100 yıl gibi bir süre boyunca karbondioksite kıyasla ne kadar ısı tuttuğunu gösterir. Gazların etkisi, atmosferde ne kadar süre kaldıklarına ve ısıyı ne kadar iyi emdiklerine bağlıdır (ICOS, 2024). Özetle, insan kaynaklı sera gazı salımları, Dünya'nın iklim sistemini etkileyerek küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olur. Bu etkiler, gazların salındığı yerden bağımsız olarak tüm dünyayı etkiler.

Kyoto Protokolü, 11 Aralık 1997'de onaylanmış ve karmaşık bir onay sürecinin sonrasında 16 Şubat 2005'te geçerli hale gelmiştir. Günümüz itibariyle Kyoto Protokolü'nün 192 üyesi bulunmaktadır. Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında sanayileşmiş ülkeler ve geçiş halindeki ekonomilere, belirlenen bireysel hedeflere uygun olarak sera gazı (GHG) salınımlarını sınırlama ve düşürme yükümlülüğü getirmektedir. Sözleşmenin amacı, bu devletlerden yalnızca emisyon azaltma politikaları, önlemleri uygulama ve belirli sürelerle raporlama yapmalarını istemektedir (UNFCCC, 2025b).

Paris Anlaşması, 12 Aralık 2015'te Fransa'nın Paris şehrinde düzenlenen Birleşik Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda (COP21) 196 ülke tarafından onaylanan ve 4 Kasım 2016'da uygulamaya konulan bağlayıcı bir ülkeler arası iklim anlaşmasıdır. Anlaşmanın temel hedefi, dünyanın sıcaklık artışını endüstri öncesi seviyenin 2°C üzerinde durdurmak ve tercihen 1,5°C ile kısıtlamaktır. 1,5°C'lik bir limit, daha sert iklim olaylarının önüne geçmek adına önemli sayılmaktadır. . Bu amaçlara erişebilmek için, sera gazı salınımlarının 2025'ten önce en yüksek seviyeye çıkması ve 2030'a kadar %43 oranında düşürülmesi gerekmektedir. Paris Anlaşması, iklim değişikliğiyle engellemek için ve uyum sürecinde tüm devletleri ortak bir çatı altında toplayan ilk hukuki geçerliliğe sahip anlaşma olarak tarihte yerini almıştır (UNFCCC, 2025a).

Montreal Ozon Tabakasını Koruma Protokolü, ozon tabakasını zayıflatan yaklaşık 100 insan tarafından kimyasal üretimi ve bu kimyasalların kullanımını kontrol altına alan önemli birçok taraflı çevre anlaşmasıdır. Bu maddeler havaya karıştığında, stratosferde bulunan ozon katmanına, yani insanları ve çevreyi güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından koruyan Dünya'nın koruyucu duvarına zarar verir. 16 Eylül 1987'de imzalanan bu Protokol, şu ana kadar küresel çapta onaylanan ender anlaşmalardan biridir. Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler), küresel ölçekte soğutma, klima sistemleri ve köpük üretimi gibi alanlarda kullanılan gazlardır, ancak

Montreal Protokolü kapsamında ozon tabakasını zayıflatmaları sonucunda kademeli olarak kullanım dışı bırakılmaktadırlar. Hidrokloroflorokarbonlar hem Ozon Tabakasını İncelten Maddeler (ODS) hem de kuvvetli sera gazlarıdır. En yaygın kullanılan hidrokloroflorokarbonlar, küresel ısınma potansiyeli (KIP) bakımından karbondioksitten yaklaşık 2.000 kat daha etkili bir gazdır (UNEP, 2025).

Her sera gazı küresel ısınmaya neden olabilir ama her sera gazı ozon tabakasını inceleyecek potansiyelde değildir. Karbondioksit, metan, nitröz oksit gibi sera gazları küresel ısınmaya neden olur ama ozon tabakasına doğrudan zarar vermez. Kloroflorokarbonlar (CFCs), hidrokloroflorokarbonlar (HCFCs) ve hidroflorokarbonlar (HFCs) gibi florlu gazlar sera etkisiyle hem küresel ısınmaya hem de ozon tabakasına zarar verebilir. UNFCCC, küresel iklim değişikliğiyle mücadele için bir çerçeve sağlar, ancak bağlayıcı hedefler içermez. Bu hedefler, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi ek protokollerle getirilir. Kyoto Protokolü, özellikle sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik zorunlu hedefler belirleyerek, küresel ısınmaya karşı mücadeleye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Montreal Protokolü'nün hedefleri daha çok ozon tabakasını koruma üzerine, Paris Anlaşması'nın hedefleri ise iklim değişikliğiyle mücadele üzerine odaklanmaktadır.

1. İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ FAALİYET BİLGİLERİ

Medipol Üniversitesi, etkinliklerinin çoğunu merkez yerleşkeden yürütmektedir ve bu fiziki alan Beykoz/İstanbul'da yer almaktadır. Üniversite bünyesinde Fakülteler, Enstitüler, Yüksekokul, Meslek Yüksekokulu, Araştırma ve Uygulama Merkezi Üniversitenin ana yapısını oluşturmaktadır.

İstanbul Medipol Üniversitesinde eğitim ve öğretime 2010 yılında başlanmış olup 2023-2024 eğitim yılında 12.515 ön lisans, 29.666 lisans, 1.104 yüksek lisans ve 775 doktora olmak üzere toplam 44.060 öğrenci bulunmaktadır. Toplam akademik personel sayısı 2.316 ve idari personel sayısı 2.643' dür.

1.1.Faaliyet sınırları

İstanbul Medipol Üniversitesi'nin Kavacık kampüsü toplam alanı 213748,24 m² 'dir.



Şekil 1: İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık

1.2. Faaliyet verilerinin yıl seçimi

Sera gazı emisyon hesaplamaları yapılırken 2024 yılına ait veriler kullanılmıştır.

2. METODOLOJİ

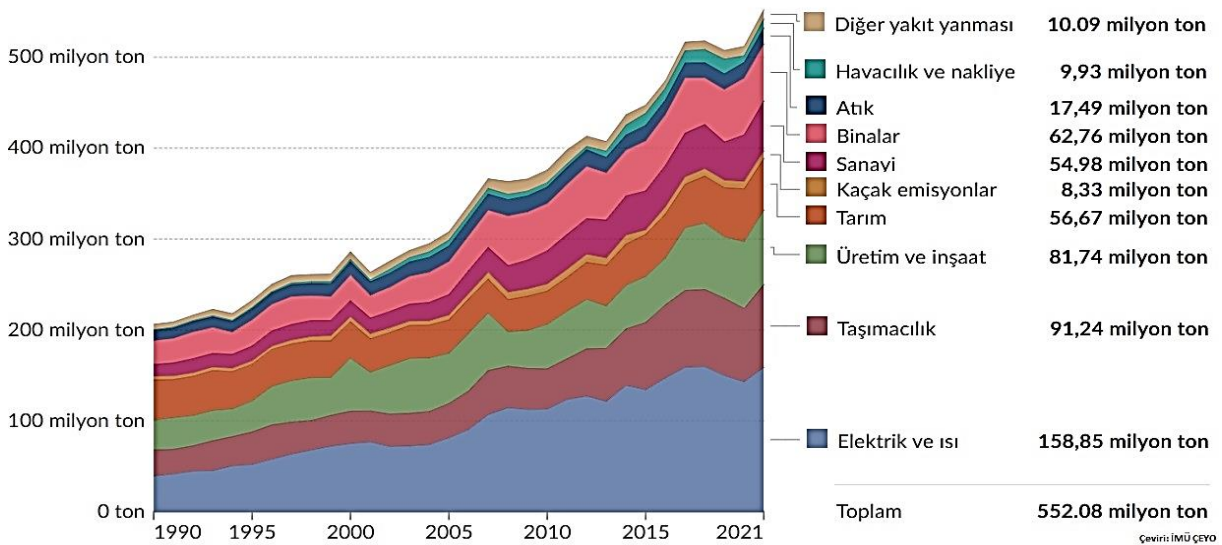
İstanbul Medipol Üniversitesini “Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) 14064-1 standardının bölüm 7.3 GHG emisyon azaltma veya giderme iyileştirme hedefleri koşullarına” uygun olarak hazırlanmış olup hesaplama verileri “IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change –“Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli”) ve GHG Protokol kılavuzları, bilimsel literatür ve akademik kaynaklar referans alınmıştır. Bu yöntemlere dayanarak hesaplama yapılmıştır.

Karbon Ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin (ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi, satın alınan ürünler vb.) çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Bu konuda Bakanlığımızın düzenlemesi bulunmamaktadır. Tamamen gönüllülük esastır. Kurumsal karbon ayak izini hesaplamak isteyen kuruluş GHG Protocol, PAS 2060 ve ISO 14064 uluslararası standartlarından herhangi birini kullanabilir (ÇŞB, 2024).

2.1. Sera gazları ve karbon ayak izi

Kyoto Protokolü'nde ve çalışmasında sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC), kükürt hekzaflorür (SF₆), perflorokarbonlar (PFC) ve soğutma gazları belirlenmiştir. Sera gazlarının küresel ısınma potansiyelinin belirlenmesinde için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve GHG Protokol verileri kullanılmıştır.

Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi'nin (WBCSD) 2011 yılında yayınlanan Sera Gazı (GHG) Protokolü, Kyoto Protokolü kapsamındaki kuruluşlarda sera gazı emisyonlarının ölçülmesi için gereklilikler vermektedir (WRI & WBCSD, 2017). Karbon ayak izi, bir faaliyetten doğrudan veya dolaylı olarak kaynaklanan veya bir ürün veya hizmetin yaşam aşamaları boyunca biriken ve karbondioksit eşdeğeri olarak ifade edilen sera gazı emisyonlarını ölçer. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, farklı küresel ısınma potansiyeline sahip 18 sera gazı vardır (IPCC, 1990). Ancak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve Kyoto Protokolü kapsamında yalnızca karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve Kükürt hekzaflorür (SF₆) karbon muhasebesi için dikkate alınır (UNFCCC, 1997). GHG protokolü, GHG protokolünü kullanan ISO yönergelerini ve zorunluluklarını takip etmektedir.

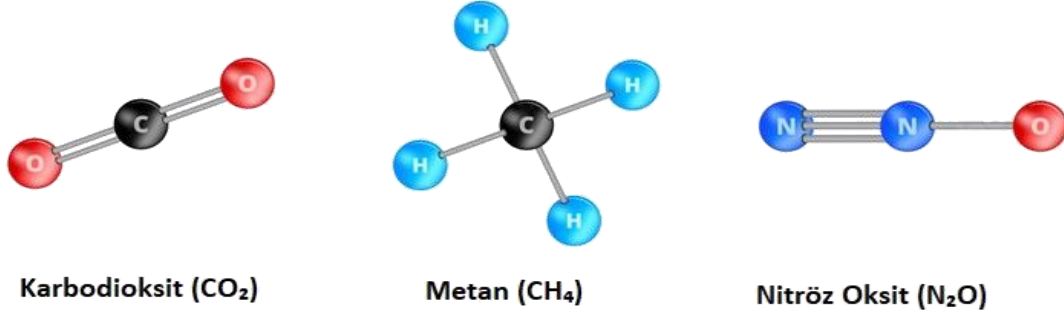


Şekil 2: Sektörlere göre sera gazı emisyonları, Türkiye 1990-2021 (ClimateWatch, 2024)

2.1.1. Sera gazları

Küresel ısınmaya neden olan en yaygın sera gazlarının kimyasal formları Şekil 3'te verilmiştir.

SERA GAZLARI



Şekil 3: Bazı sera gazlarının kimyasal formları

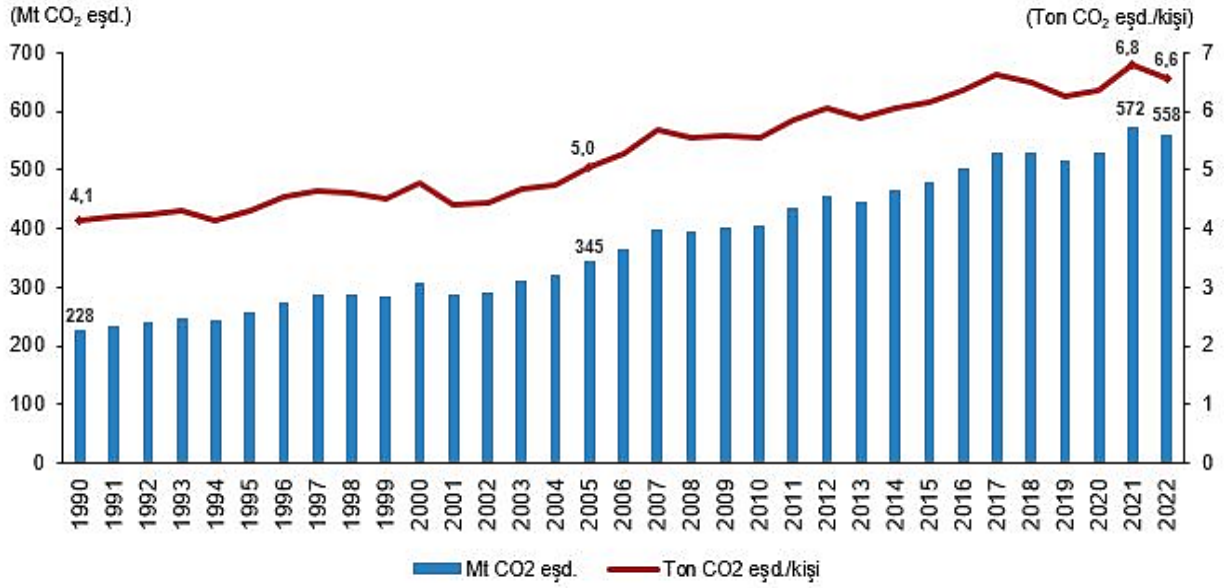
Sera gazlarının atmosfere salındığı spesifik yer veya süreçleri sera gazlarının çıkış kaynağı olarak ifade edilir. Bu kaynaklar, doğal süreçlerden veya insan faaliyetlerinden kaynaklanabilir ve genellikle karbondioksit, metan, nitröz oksit gibi gazların yayılmasını içerir. Çıkış kaynakları, sera gazı emisyonlarının nereden geldiğini anlamak ve azaltmak için kritik öneme sahiptir. Sera gazlarından bazılarının çıkış kaynakları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Sera gazı kaynaklarının çıkış kaynakları

| SEMBOL | İSİM | ANA KAYNAK |
|------------------|----------------------|---|
| CO ₂ | Karbodioksit | Fosil yakıtların yanması, ormansızlaşma, çimento üretimi |
| CH ₄ | Metan | Fosil yakıt üretimi, hayvancılık, çöp depoları, pirinç tarlaları |
| N ₂ O | Nitröz oksit | Yakıtın tam yanmaması, yakıt yakma, hayvan gübresi, sanayi, atık su yönetimi, yakıtın tam yanmaması |
| HFCs | Hidrofluorokarbonlar | Soğutma(klima-buzdolabı), yangın söndürücüler aerosol itici gazlar, köpük yalıtım malzemeleri |
| PFCs | Perfluorokarbonlar | Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi |
| SF ₆ | Kükürt Heksaflorür | Elektrik devre kesicilerden ve diğer ekipmanlardan kaçaklar |

2.1.2. Türkiye sera gazı emisyon istatistikleri 1990-2022

Sera gazı envanteri verilerine göre, 2022 yılındaki toplam sera gazı salınım miktarı, 2021 yılına kıyasla %2,4 oranında bir azalma ile 558,3 milyon ton (Mt) CO₂ eşd. olarak tespit edilmiştir. Kişi başına düşen toplam sera gazı emisyonu ise 1990 yılında 4,1 ton CO₂ eşd., 2021 yılında 6,8 ton CO₂ eşd. ve 2022 yılında 6,6 ton CO₂ eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Türkiye’nin 1990-2022 arası sera gazı emisyon istatistikleri Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Sera gazı emisyon istatistikleri (TÜİK,2022)

2.1.3. Türkiye’de sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2022

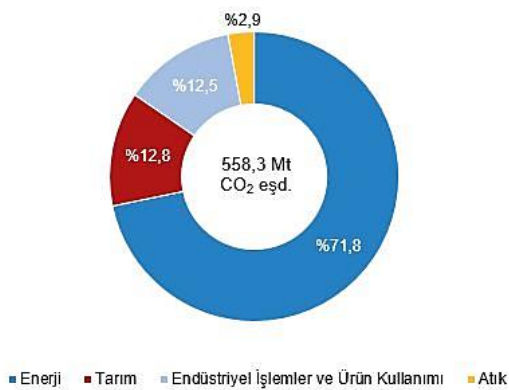
2022 yılı itibarıyla toplam sera gazı emisyonlarında en büyük payı %71,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar oluştururken, bunu sırasıyla %12,8 ile tarım, %12,5 ile endüstriyel faaliyetler ve ürün kullanımı ve %2,9 ile atık sektörü izlemiştir. Türkiye’nin 1990-2022 arası sera gazı emisyonları Şekil 5’te verilmiştir.

| | (Milyon ton CO ₂ eşd.) | | | | | | | | | | 1990-2022 değişim (%) | 2021-2022 değişim (%) |
|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2021 | 2022 | | | |
| Toplam emisyon | 228,0 | 256,5 | 306,4 | 344,8 | 405,3 | 480,1 | 530,2 | 572,0 | 558,3 | 144,9 | -2,4 | |
| Enerji | 143,1 | 170,0 | 219,8 | 247,7 | 290,9 | 344,0 | 369,5 | 406,5 | 400,6 | 179,8 | -1,4 | |
| Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı | 22,7 | 25,4 | 26,1 | 34,0 | 48,6 | 59,2 | 67,2 | 74,7 | 69,9 | 208,1 | -6,4 | |
| Tarım | 51,8 | 49,0 | 46,0 | 46,3 | 47,7 | 59,2 | 76,4 | 75,4 | 71,5 | 37,9 | -5,1 | |
| Atık | 10,3 | 12,1 | 14,5 | 16,9 | 18,1 | 17,7 | 17,0 | 15,4 | 16,3 | 57,7 | 5,5 | |

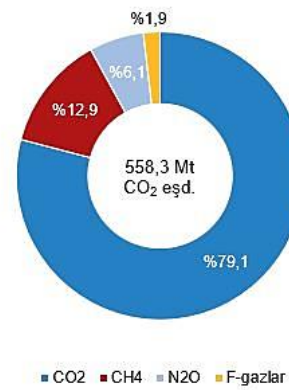
Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Şekil 5: Sektörlere göre sera gazı emisyonları (TÜİK, 2022)

Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2022



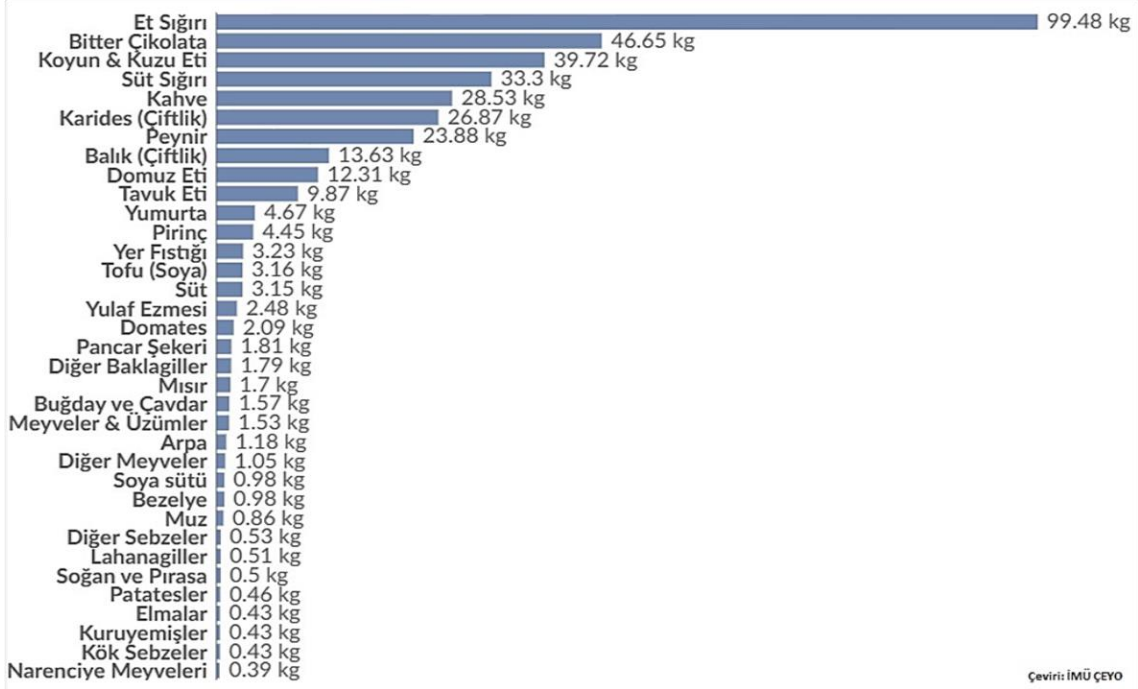
Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2022



Şekil 6: Sektörlere ve gazlara göre sera gazı emisyon oranları,2022 (TÜİK, 2022)

2.1.4. Gıda ürünlerinin kilogramı başına sera gazı emisyonları

Sera gazı emisyonları karbondioksit eşdeğeri kilogramı cinsinden ölçülür. Karbondioksit (CO₂) dışındaki gazlar, 100 yıllık bir zaman diliminde neden oldukları ısınma miktarına göre ağırlıklandırılır. Gizli karbon, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca atmosfere bırakılan toplam sera gazı miktarını ifade eder. Bu karbon genellikle doğrudan görünmez çünkü yiyeceğin üretilmesi, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması ve atık yönetimi gibi süreçlerden kaynaklanır.

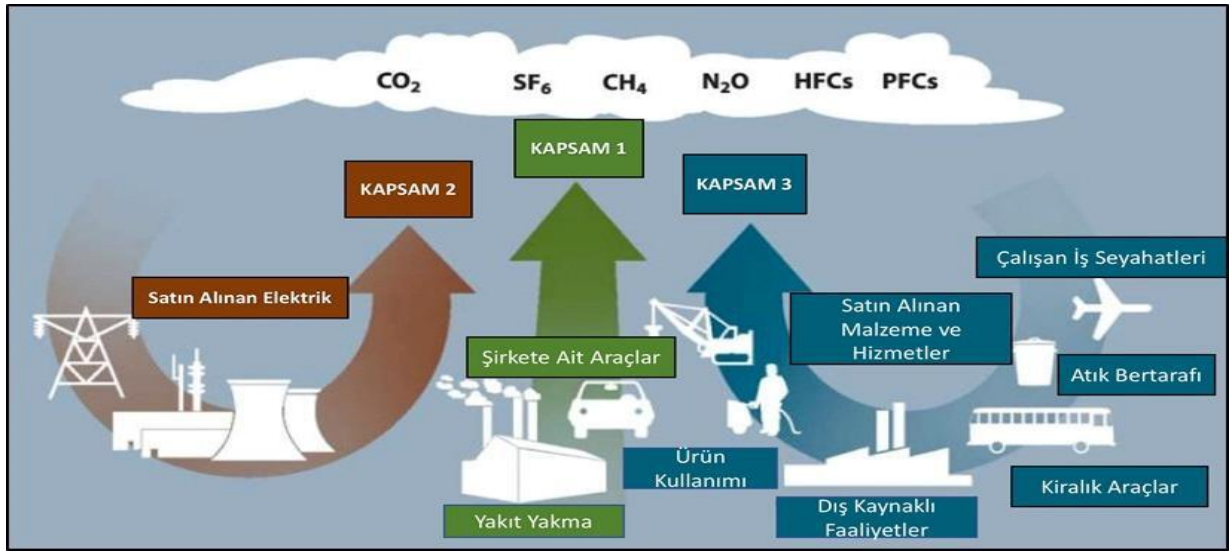


Şekil 7: Gıdalarda kilogram başına sera gazı salınımı (Poore & Nemecek, 2018)

2.2. Kapsamlar

Kurum organizasyonlarıyla bağlantılı sera gazı emisyonları belirlenerek faaliyet alanlarını tanımlanmaktadır. Faaliyet sınırları içinde yer alan emisyon kaynaklarının ne tür kaynaklar oluşacağı, Sera Gazı Protokolü (GHG Protocol) ve ISO 14064-1 Standardı ile belirlenmiştir (GHG, 2024a; ISO, 2019a). Bunlar şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- Doğrudan sera gazı emisyonları,
- Enerjiye dayalı dolaylı sera gazı emisyonları,
- Diğer dolaylı sera gazı emisyonları.



Şekil 8: Kapsamlarına göre sera gazı emisyonları (Kumaş et al., 2019)

2.2.1. Kapsam 1: Doğrudan sera gazı emisyonları

Kuruluşun doğrudan kontrol ettiği kaynaklardan salınan sera gazlarıdır. İstanbul Medipol Üniversitesi'nin kapsam 1 emisyon kaynakları aşağıdaki gibidir:

- İstanbul Medipol Üniversitesi'ne ait doğalgaz yakıt tüketimi
- İstanbul Medipol Üniversitesi'ne ait araçların yakıt tüketimi
- İstanbul Medipol Üniversitesi'ne ait jeneratörlerin yakıt tüketimi
- İstanbul Medipol Üniversitesi'ne ait kaçak-sızıntı emisyonlar

2.2.2. Kapsam 2: Enerji dayalı dolaylı sera gazı emisyonları

Kuruluşun satın alıp tükettiği ancak kaynağını kontrol edemediği sera gazı emisyonlarını tanımlar. İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Kampüsü'nde kapsam 2 emisyon kaynakları aşağıdaki gibidir:

- Klima sistemleri(soğutma-ısıtma), aydınlatma, musluklar, otomatik kapılar, sensörler, kameralar vb. genel kullanım için dışarıdan satın alınan elektrik

2.2.3. Kapsam 3: Diğer dolaylı sera gazı emisyonları

Kuruluşun tedarik zincirindeki veya iş operasyonlarının dolaylı etkilerinden kaynaklanan emisyonlardır. Bu kapsam, organizasyonun doğrudan kontrolü dışında kalan ancak faaliyetlerinden dolayı ortaya çıkan emisyonları içerir. İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Kampüsü'nde Kapsam 3 emisyon kaynakları aşağıdaki gibidir:

- Servis araçlarının yakıt tüketimi
- Kiralık araçların yakıt tüketimi

2.3. Tier (Kademe) düzeyleri

IPCC tarafından belirlenen sera gazı emisyonlarının hesaplama yöntemlerini ifade eder ve kapsam (scope) kavramıyla dolaylı bir bağlantıya sahiptir. GHG Protokolü kapsamı (Scope 1, 2, 3) emisyonların türlerini ve kaynaklarını tanımlar. Tier seviyeleri ise bu emisyonların hesaplanmasında kullanılan metodolojinin doğruluk düzeyini gösterir. Genellikle üç kademe sağlanır.

Tier 1 (Temel Düzey): Temel yöntemdir. Küresel emisyon faktörleri kullanılır. IPCC'nin yayımladığı ortalama emisyon faktörlerinin kullanılarak hesaplama yapılması örnek verilebilir.

Tier 2 (Orta Düzey): Ülkeye özgü emisyon faktörleri ve daha fazla yerel veri içerir. Daha doğru sonuçlar sağlar. Bir ülkenin enerji sektörüne özgü emisyon faktörleriyle hesaplama yapılması örnek verilebilir.

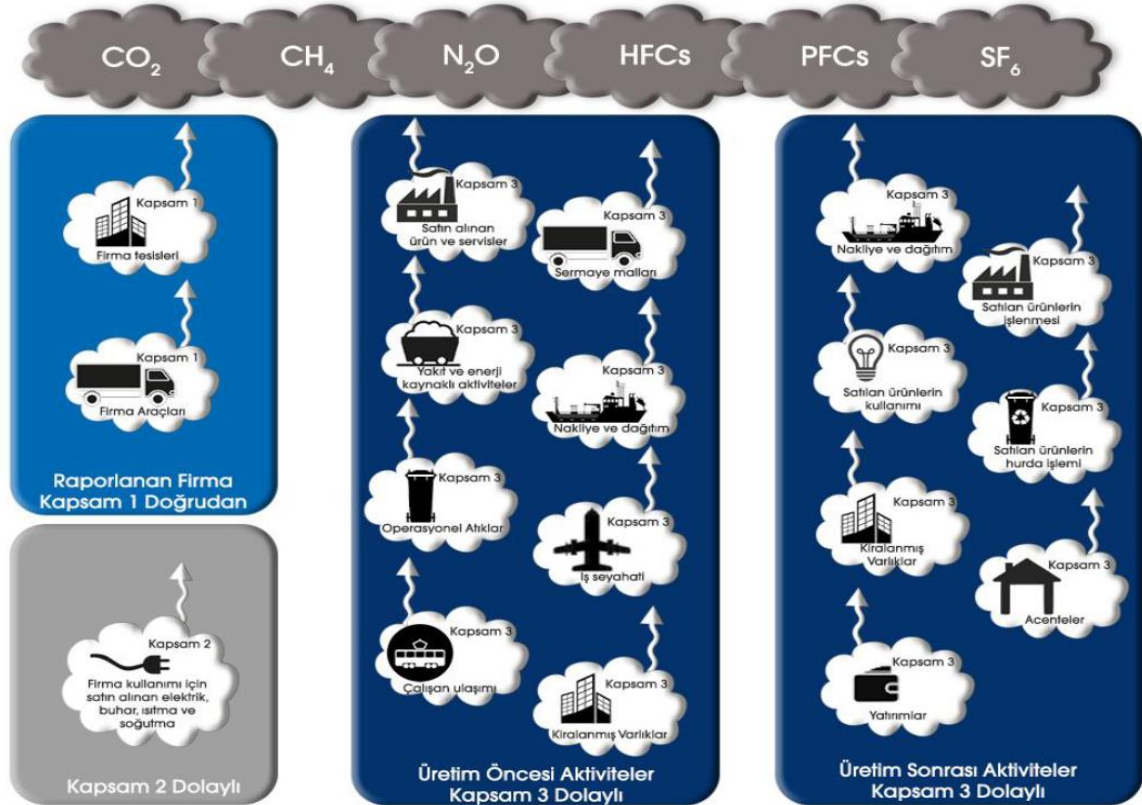
Tier 3 (Gelişmiş Düzey): Doğrudan ölçüm yöntemleri, karmaşıklık ve veri gereksinimleri açısından en zorlu yöntemdir. En yüksek doğruluk düzeyine sahiptir. Bir üniversitenin bacasından çıkan emisyonları ölçen cihazlardan alınan verilerle hesaplama yapılması örnek verilebilir.

2. ve 3. kademeler bazen daha yüksek kademe yöntemleri olarak anılır ve genellikle daha doğru kabul edilir (IPCC, 2006b).

2.4. Sera gazı envanteri kalite yönetimi

Türk Standartları Enstitüsüne (TSE) göre sera gazı emisyonları izleme ve raporlama için sistematik yaklaşım bileşenleri sırasıyla aşağıda verilmiştir (ISO, 2019b).

1. **Organizasyonel sınırları belirle:** Emisyonlar için konsolidasyon yaklaşımını seçerek uygula.
2. **Raporlama sınırlarını belirle:** Doğrudan ve dolaylı emisyon kategorileri bazında raporlama sınırlarını belgele.
3. **Sera gazı kaynaklarını belirle:** Belirlenen raporlama sınırlarındaki üretim ile ilişkili doğrudan ve dolaylı emisyon kaynaklarını belirle.
4. **Hesaplama metodolojisi belirle:** Hesaplama metodolojisini belirle.
5. **Veri seçme ve toplama:** Metodolojiye uygun izlenecek faaliyet verilerini ve hesaplama faktörlerini belirle, verileri topla ve kayıt altına al.
6. **Emisyonları raporla:** İzlenen verileri seçilen hesaplama metodolojisine uygun olarak hesapla ve emisyon raporu oluştur.



Şekil 9: Sera Gazı Protokol Standartları kapsamlarına göre sera gazı emisyonları (QuickCarbon, 2024)

3. SERA GAZI EMİSYONLARININ HESAPLANMASI

İMÜ Çevre Yönetimi Ofisi olarak hazırladığımız bu raporda üniversitemize ait sera gazı emisyonlarını ölçecek düzeyde teknolojik cihazlara sahip olmadığımızdan emisyon faktörleri ile hesaplamalar yapılmıştır.

3.1. Sera gazı emisyonu verileri

3.1.1. Küresel ısınma potansiyeli (KIP)

Bir sera gazının atmosferdeki ısınma etkisini ölçmek için kullanılan bir kavramdır. KIP, belirli bir gazın, aynı miktarda salındığında, karbondioksit (CO₂) ile karşılaştırıldığında Dünya'nın ısıısını artırma potansiyelini ifade eder. Yani, bir sera gazının KIP değeri, o gazın, belirli bir süre boyunca (genellikle 100 yıl) atmosfere salındığında, CO₂ ile kıyaslandığında ne kadar fazla ısınma etkisi yaratacağını gösterir.

Tablo 2: Bazı sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri

| SERA GAZI TİPİ | KİMYASAL FORMÜLÜ | KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ (KIP) (100 Yıllık, CO ₂ eşdeğerleri) - AR5 |
|----------------------------------|---|---|
| Karbondioksit | CO ₂ | 1 |
| Metan | CH ₄ | 28 |
| Nitröz Oksit | N ₂ O | 265 |
| Kükürt hekzaflorür | SF ₆ | 23500 |
| R410A (%50 HFC-32/ % 50 HFC-125) | CH ₂ F ₂ / CHF ₂ CF ₃ | 1923,5 |
| R32 veya HFC-32 | CH ₂ F ₂ | 677 |
| HFC-134a | CH ₂ FCF ₃ | 1300 |
| HFC-227ea | CF ₃ CHFCF ₃ | 3350 |

Kaynak:(GHG, 2024c)

3.1.2. Net kalorifik değerler (NKD)

Bir yakıt veya malzemenin normal koşullar altında oksijenle eksiksiz yanması sonucu, suyun buharlaşma ısıısı hesaba katılmadan, salınan net enerji miktarını ifade eder. Bu değeri, genellikle MJ/kg (MegaJoule/kg) ya da TJ/Gg (TeraJoule/Gigagram) cinsinden ölçülür. Net kalorifik değer, yakıtın tam yanma süreci sırasında ortaya çıkan ısının miktarını belirtir ve özellikle enerji üretiminde, endüstriyel uygulamalarda ve ısınma sistemlerinde kullanılır.

Tablo 3: Bazı yakıtlarda net kalorifik değerler

| YAKIT | DÖNÜŞÜM FAKTÖRÜ (TJ/Gg) |
|---------------------------------|-------------------------|
| Doğal gaz | 48 |
| Linyit | 11,9 |
| Benzin | 44,3 |
| Dizel (Motorin) | 43 |
| LPG (Liquefied Petroleum Gases) | 47,3 |

Kaynak: (IPCC, 2006c)

3.1.3. Emisyon faktörleri (EF)

Emisyon faktörleri, bir yakıtın belirli bir miktarının yanması sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasına yardımcı olan katsayılarıdır. Bu faktörler, yakıt türüne, kullanım koşullarına ve yanma verimliliğine bağlı olarak değişir. Bu emisyon faktörleri, genellikle uluslararası standartlar ve kılavuzlar tarafından belirlenir ve kullanılan yakıt türüne göre değişiklik gösterebilir. Çevre yönetimi ve sera gazı emisyonu hesaplamaları için bu faktörler, emisyon envanteri oluşturulmasında ve karbon ayak izi analizlerinde temel veri sağlamaktadır.

Tablo 4: Bazı yakıtların emisyon faktörleri

| YAKIT KAYNAKLARI | YANMA TÜRÜ | EMİSYON FAKTÖRLERİ | | | |
|-----------------------------|------------|---|---|---|--|
| | | CO ₂ -eşd (kg CO ₂ -eşd/kWh) | CO ₂ (kg CO ₂ /TJ) | CH ₄ (kg CH ₄ /TJ) | N ₂ O (kg N ₂ O/TJ) |
| Elektrik(ETKB, 2024) | Sabit | 0,442 | - | - | - |
| Doğalgaz(IPCC, 2006e) | Sabit | | 56100 | 5 | 0,1 |
| Linyit (IPCC, 2006d) | Sabit | | 101000 | 10 | 1,5 |
| Benzin(IPCC, 2006f) | Ulaşım | | 69300 | 3,8 | 5,7 |
| Benzin(IPCC, 2006g) | Sabit | | 69300 | 10 | 0,6 |
| Dizel(Motorin)(IPCC, 2006f) | Ulaşım | | 74100 | 3,9 | 3,9 |
| Dizel(Motorin)(IPCC, 2006g) | Sabit | | 74100 | 10 | 0,6 |
| LPG(IPCC, 2006f) | Ulaşım | | 63100 | 62 | 0,2 |

3.1.4. Yakıt yoğunlukları (YY)

Yakıtların yoğunluğu, belirli bir yakıtın birim hacmi başına düşen kütesini ifade eder. Yakıtların yoğunluğu, enerji içeriği, depolama kapasitesi ve yanma özelliklerini anlamak için kritik bir parametredir.

Tablo 5: Bazı yakıtların yoğunlukları

| YAKIT KAYNAKLARI | BİRİMLER | YOĞUNLUK DEĞERLERİ |
|----------------------------|-------------------|--------------------|
| Elektrik(ETKB, 2024) | kg/kWh | 0,442 |
| Doğal gaz(TMMOB, 2024) | kg/m ³ | 0,675 |
| Linyit(TCTB, 2024) | kg/L | 1,1 – 2,2 |
| Benzin(EPDK, 2022) | kg/L | 0,740 |
| Dizel(Motorin)(EPDK, 2022) | kg/L | 0,835 |
| LPG(ADRBOOK, 2024) | kg/L | 0,550 |

3.2. Hesaplama metodolojisi

Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen uluslararası bir anlaşmadır ve belirli sera gazlarını hedef alır. Bu gazlar karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt heksaflorür (SF₆) gibi sera gazı hesaplamalarında kullanılır (ÇŞB, 1998). Bu gazların küresel ısınmaya etkisi farklıdır. Bu nedenle tüm sera gazlarının etkilerini tek bir değerle ifade etmek için karbon dioksit eş değeri CO₂-eşd kavramı kullanılmıştır ve farklı gazların Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

3.2.1. Hesaplamalar

CO₂ (yüzde 100 yakıt oksidasyonunu hesaba katar), CH₄ ve N₂O için birçok güncellenmiş emisyon faktörü içerdiğinden, envanter derleyicileri zaman serisi tutarlılığını sağlamalıdır (IPCC, 2006a). Bu sebepten CO₂, CH₄ ve N₂O oksidasyon faktörü 1 olarak hesaplanmıştır.

Emisyon faktörleri için farklı kaynaklar mevcuttur. Araştırmamızda bazı ülkelerin kendilerine özgü emisyon faktörleri mevcut olup çoğunlukla IPCC kaynaklarından yararlanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sera gazlarımızı hesaplarken emisyon faktörlerinin hesaplama formülleri GHG Protokol metodlarına göre yapılmıştır. Emisyon faktörleri yakıtların yoğunluğuna, araçların cinsini, yakıt tipine, motor gücüne vb. göre farklılıklar göstermektedir. Elimizde Kapsam 3 de dahil tüketilen yakıt miktarı olduğu için mesafe yönteminden ziyade yakıt tüketiminden yola çıkılarak sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Araştırmamızda sera gazı hesaplamalarında en doğru emisyon faktörünü bulduğumuz ülkenin verilerine göre hesaplanmasını IPCC kılavuzları bilgilendirmektedir. Bu sebeple, yakıtların yoğunluk faktörlerini Türkiye'ye göre baz alınmıştır ve kalori değerlerine ait değişken kaynaklar olduğu için genel olarak değerlendirilmiştir.

Taşınabilir yangın söndürücülerde kullanılan karbondioksit 'in yıllık sızıntı oranı %2-4 arası olarak kabul edilir (IPCC/TEAP, 2006b). Sabit yangın söndürücüler için kullanılan HFC gazlı ayrıca karbondioksit (CO₂), azot (N₂) ve argon (Ar) gibi inert gazların yıllık sızıntı oranı %1-2 arası olarak kabul edilir (IPCC/TEAP, 2006a). İstanbul Medipol Üniversitesi'nde karbondioksit, HFC-236fa gazlı ve amonyum fosfat bazlı toz içerikli yangın söndürücüler kullanılmaktadır. Her yıl yapılan yangın tatbikatlarında 2024 yılı için 2 adet 6 kg'lık A, B ve C sınıfı kuru toz bazlı yangın söndürücüler kullanılmıştır.

Amonyum fosfat bazlı toz gibi çok amaçlı kuru kimyasal söndürücüler, A, B ve C sınıfı yangınlarda kullanım için derecelendirilmiştir. Engelleri aşma yetenekleri sınırlıdır ve ajan kalıntısından önemli ikincil hasara neden olabilirler. Doğrudan sera gazı emisyonu üretmezler (HTOC, 1999).

Konut ve ticari klimalarda yıllık sızıntı oranları %1 – 5, gıda işleme ve soğuk depolama dahil endüstriyel soğutma %7 – 25, evsel soğutma % 0.1 - 0.5, tek başına ticari uygulamalar %1 – 10, orta ve büyük ticari soğutma %10 – 30 olarak varsayımlar kabul edilmektedir (GHG, 2024b). Gelişmiş ülkeler için daha düşük değer ve gelişmekte olan ülkeler için daha yüksek değer kullanılır (IPCC, 2006h). İstanbul Medipol Üniversitesi'nde R410A ve R32 klima gazı kullanılmaktadır. R410A klima gazının içerik oranları %50 HFC-32 ve %50 HFC-125 olup R32 klima gazı içeriği HFC-32 dir (IPCC, 2006i). R410 için küresel ısınma potansiyel değerleri sırasıyla 677 ve 3170 olup R32(HFC-32) için 677 dir (GHG, 2024c). Bu içerikler sonucunda R410A klima gazının küresel ısınma potansiyel değeri 1923,5 dur. Mobil araç klimaları için HFC-134a klima gazı kullanılmaktadır. Mobil klimalar için sızıntı oranı tahmini %10-20 arasındadır(GHG, 2024b). Su sebilleri, otomatlar ve buzdolapları için HFC-134a soğutucu gazı kullanılmaktadır. Yıllık sızıntı oranları tahmini %0,1 – 0,5 arasındadır (GHG, 2024b).

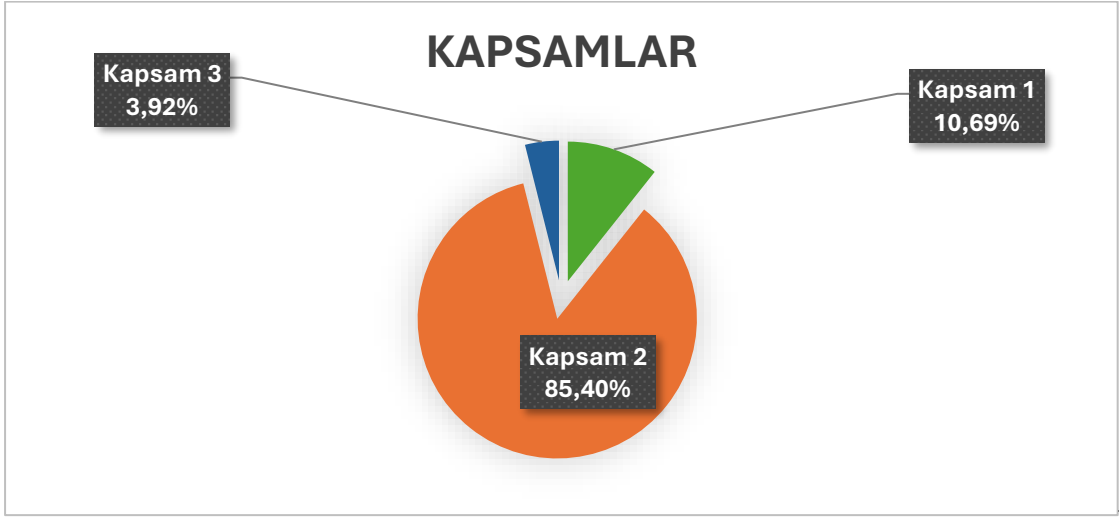
3.2.2. Hesaplamaların tablo ile gösterimi

| KAPSAM | EMİSYON KAYNAĞI | YAKIT TİPİ | 2024 CO ₂ eşd (ton/yıl) | DAĞILIM (%) |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| KAPSAM 1 | Doğalgaz tüketimi | Gaz | 261,64 | 6,11 |
| | Kuruma ait araçların yakıt tüketimi | Dizel | 19,45 | 0,45 |
| | Jeneratörlerin kullandığı yakıt | Dizel | 42,82 | 1,00 |
| | Yangın koruma sistemleri | Gaz | 17,42 | 0,41 |
| | Klimalar | Gaz | 116,60 | 2,72 |
| KAPSAM 2 | Satın alınan elektrik | Elektrik | 3659,32 | 85,40 |
| KAPSAM 3 | Kiralık araçların yakıt tüketimi | Benzin | 92,99 | 2,17 |
| | Servislerin yakıt tüketimi | Dizel | 74,84 | 1,75 |
| TOPLAM | Kapsam 1 | Gaz, Dizel | 457,93 | 10,69 |
| | Kapsam 2 | Elektrik | 3659,32 | 85,40 |
| | Kapsam 3 | Benzin, Dizel | 167,83 | 3,92 |
| | Genel Toplam | Gaz, Dizel, Benzin, Elektrik | 4285,08 | 100 |

Not: Toplam ve yüzdeler ham değerler üzerinden hesaplanmıştır, bu nedenle yuvarlama farkları oluşabilir.

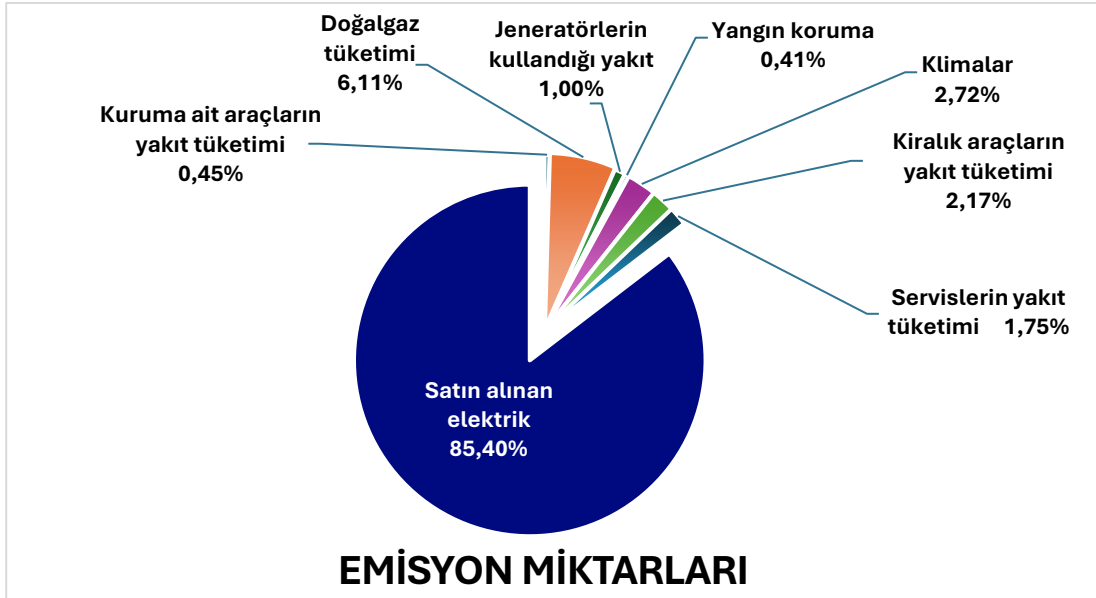
4. ANALİZ SONUÇLARI

Medipol Üniversitesi Kavacık Kampüsü'nün 2024 yılına ait toplam sera gazı miktarı, Kapsam 1 ve 2 çerçevesinde 4117,24 tCO₂ eşdeğer olmuştur. Kapsam 3 çerçevesinde 167,83 tCO₂ eşdeğer olmuştur. 2024 yılına ilişkin yılı için her bir akademik birim ve idari kurumlardan toplanan verilerle ısı sağlamak amacıyla kullanılan yakıt, jeneratör kullanımı, araç yakıt tüketimi, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan gaz kapsam 1 emisyonları olarak tanımlanmıştır. Yıllık doğalgaz tüketimi (kg/m³) ve jeneratörlerdeki yakıt kullanımına ait emisyon faktörleri, IPCC tarafından yayımlanmış Sera Gazı Hesaplama Kılavuzu'ndan ve GHG Protokol'ünden elde edilmiştir. Kapsam 2 dahilinde tedarik edilen elektrikten meydana gelen emisyonları hesaplamak için Türkiye'de elektrik üretiminde salınan emisyon miktarı 0,442 kg CO₂ eşdeğer olarak belirlenmiştir (ETKB, 2024). Kapsamlar Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10: İMÜ sera gazı emisyonlarının kapsamlarına göre dağılımı

Toplanan veriler doğrultusunda, İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Kampüsü'nün 2024 yılı faaliyetlerinden atmosfere salınan sera gazlarının toplamı 4285,08 tCO₂ eşdeğere eşit olarak belirlenmiştir. Emisyon kaynaklarının dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: İMÜ sera gazı emisyon kaynaklarının dağılımı

KAYNAKLAR

- ADRBOOK. (2024). ADRBOOK Karayolunda Tehlikeli Madde. Akaryakıt istasyonlarındaki miktara göre hesaplama E-Devlet faaliyet raporu için <https://adrbook.com/db/galeri/554.xlsx> (Erişim Tarihi: 27 Aralık 2024)
- ClimateWatch. (2024). With major processing by Our World in Data. "Agriculture"[dataset]. Climate Watch, "Greenhouse gas emissions by sector"[originaldata]. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> (Erişim Tarihi:26 Aralık 2024)
- ÇŞB. (1998). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 1998. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne Yönelik Kyoto Protokolü, Sayfa 28. https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/edotordosya/kyoto_protokol.pdf (Erişim Tarihi: 27 Aralık 2024)
- ÇŞB. (2024). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024. Karbon ayak izi nedir? <https://csb.gov.tr/sss/iklim-degisikligi> (Erişim Tarihi: 27 Aralık 2024)
- EPDK. (2022). T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2022. Akaryakıt Kalitesi İzleme Sistemi (AKİS) Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-97/petrolakaryakit-izleme-raporu> (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2024).
- ETKB. (2024). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri. <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri> (Erişim Tarihi: 7 Ocak 2024).
- GHG. (2024a). GHG Protokolü Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı. 25. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf> (Erişim Tarihi:11 Şubat 2024)
- GHG. (2024b). GHG(Greenhouse) Gas Protocol,2024 Calculation Tools and Guidance. Refrigeration and Air-Conditioning Equipment. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/hfc-cfc_1.pdf (Erişim Tarihi:27 Aralık 2024)
- GHG. (2024c). Greenhouse Gas Protocol Initiative, 2024. Küresel Isınma Potansiyeli Değerleri (Ağustos 2024). Erişim adresi: . <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf> (Erişim Tarihi: 02 Aralık 2024).
- HTOC. (1999). HTOC (Halon Technical Options Committee), 1999: Technical Note 1 – New Technology Halon Alternatives – Revision 2. UNEP Technology and Economic Assessment Panel /UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, 30 pp.
- ICOS. (2024). Integrated Carbon Observation System. Climate Change: Greenhouse Gases. Erişim adresi: <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/climate-change/ghgs> (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2024).
- IPCC. (1990). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC. (2006a). Developing a Consistent Time Series. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Page 29. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2024).
- IPCC. (2006b). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1,GGR, Chapter 1, Introduction To The 2006 Guidelines , Page 6. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf (Erişim Tarihi: 08 Ocak 2025)
- IPCC. (2006c). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy, Chapter 1, Introduction, Page 18, Table 1.2* <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (Erişim Tarihi: 15.11.2024).
- IPCC. (2006d). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy, Chapter 2, Stationary Combustion, Page 21, Table 2.4.* <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (Erişim Tarihi: 15.11.2024).
- IPCC. (2006e). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy, Chapter 2, Stationary Combustion, Page 21, Table 2.4 (CONTINUED). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (Erişim Tarihi: 15.11.2024)
- IPCC. (2006f). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy, Chapter 3, Mobile Combustion,Page 16 Table 3.2.1 and Page 21 Table 3.2.2.* <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- IPCC. (2006g). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2,Energy, Chapter 2, Stationary Combustion, Page 20, Table 2.4. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2024)

- IPCC. (2006h). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Chapter 7, Emissions of fluorinated substitutes for ozone depleting substances. Page 52 ,Table 7.9. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf (Erişim Tarihi: 31 Ocak 2024).
- IPCC. (2006i). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3,Energy, Chapter 7, Emissions of Fluorinated Substitutes for Ozone Depleting Substances.Table 7.8 Blends (Many containing HFCs and/or PFCs).Page 44. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf (Erişim Tarihi:31 Aralık 2024)
- IPCC/TEAP. (2006a). IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System.Chapter 9.Fire Protection.Table 9.1.Page 365. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sroc09-1.pdf> (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2024)
- IPCC/TEAP. (2006b). IPCC/TEAP Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System.Chapter 9.Fire Protection.Table 9.2.Page 366. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sroc09-1.pdf> (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2024)
- ISO. (2019a). Türk Standardları Enstitüsü. Kurumsal Karbon Ayak İzi TS EN ISO 14064-1:2019 ISO 15. Sanayi Kongresi. 11. https://www.iso.org.tr/sanayi-kongresi/doc/Kurumsal_Karbon_Ayakizi_ISO_Kongre_TSE.pdf?cv=1 (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2025)
- ISO. (2019b). Türk Standardları Enstitüsü. Kurumsal Karbon Ayak İzi TS EN ISO 14064-1:2019 ISO 15. Sanayi Kongresi. 12. https://www.iso.org.tr/sanayi-kongresi/doc/Kurumsal_Karbon_Ayakizi_ISO_Kongre_TSE.pdf?cv=1 (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2025)
- Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M., & Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. *El-Cezeri*, 6(1), 108-117.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Üreticiler ve tüketiciler aracılığıyla gıdanın çevresel etkilerinin azaltılması. *Bilim*, 360(6392), 987-992. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food> (Erişim Tarihi:26 Aralık 2024)
- QuickCarbon. (2024). Sera Gazı Protokol Standartları kapsamalarına göre sera gazı emisyonları. <https://www.quickcarbon.com/tr/>, [Erişim Tarihi: 24 Aralık 2024].
- TCTB. (2024). T.C. Ticaret Bakanlığı,2024. Enerji ve Kömür. . <https://www.tki.gov.tr/enerji-ve-komur> (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2024).
- TMMOB. (2024). Türkiye Makina Mühendisleri Odası. Yanma Gaz Analizleri ve Doğal Gaz Uygulamalarındaki Önemi. . https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/7af4fb322bb5c89_ek.pdf (Erişim Tarihi: 27 Aralık 2024)
- TÜİK. (2022). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>, [Erişim Tarihi: 24 Aralık 2024].
- Türkeş, M. (2021). BMİDÇS Paris Anlaşması Nedir ve Glasgow’da Görüşülmesi Beklenen Ana Konular Hangileridir? İklim Değişikliği Savaşımı Açısından Glasgow’dan Neler Beklenebilir? *EKOIQ, Kasım-Aralık*, 55-67.
- UNEP. (2025). Montreal Protokolü Hakkında. <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol> (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2025)
- UNFCCC. (1997). United Nations Framework Convention on Climate Change. The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change; UNFCCC Secretariat: Bonn, Germany, .
- UNFCCC. (2025a). The Paris Agreement Related news Related Documents Related links. What is the Paris Agreement? <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2025)
- UNFCCC. (2025b). What is the Kyoto Protocol? https://unfccc.int/kyoto_protocol (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2025)
- WRI, & WBCSD. (2017). *Greenhouse Gas Protocol*. www.ghgprotocol.org (Erişim Tarihi:15 Mart 2017)