

IPCC Tier 1 ve DEFRA Metotları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin Yakıt ve Elektrik Tüketimi Örneği

Ashhan KURNUÇ SEYHAN¹, Muhammed ÇERÇİ²

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 24100, Erzincan, Türkiye

² Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 24100, Erzincan, Türkiye

(Alınış / Received: 21.01.2022, Kabul / Accepted: 15.06.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.12.2022)

Anahtar Kelimeler

IPCC,
DEFRA,
Karbon ayak izi,
Karbon emisyonu

Öz: Bu çalışmada Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin 2019 ve 2020 yılına ait karbon ayak izi önce Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) Tier 1 yaklaşımıyla sonrasında ise İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (Department for Environment, Food and Rural Affairs-DEFRA) dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. EBYÜ'nün birincil karbon ayak izi IPCC Metodolojisi Tier 1 yaklaşımıyla 2019 yılı için 2753,2 tCO₂e ve 2020 yılı için 2383,74 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %13,42 azalma görülmektedir. DEFRA dönüşüm faktörleriyle ise 2019 yılı için 2314,53 tCO₂e ve 2020 yılı için 1826,54 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %21,08 azalma görülmektedir. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile DEFRA arasındaki bu fark IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olması ve DEFRA'nın İngiltere'nin ulusal verilerini kullanmasından kaynaklanmaktadır. Karbondioksit emisyonundaki azalmaya 2019 yılına kıyasla 2020 yılında iklimin biraz ılımanlaşmasının yanı sıra Covid-19 pandemi süreci nedeniyle 2020 yılında eğitim-öğretime uzaktan eğitimle devam edilmesinin etki ettiği düşünülmektedir.

Determination of Carbon Footprint with IPCC Tier 1 and DEFRA Methods: The Case Study of Erzincan Binali Yıldırım University

Keywords

IPCC,
DEFRA,
Carbon footprint,
Carbon emission

Abstract: In this study, the carbon footprint of Erzincan Binali Yıldırım University for 2019 and 2020 was calculated first with the IPCC Tier 1 approach and then using the DEFRA conversion factors. The primary carbon footprint of EBYU has been calculated as 2753,2 tCO₂e for 2019 and 2383,74 tCO₂e for 2020, with the IPCC Methodology Tier 1 approach. Compared to 2019, there is a 13,42% decrease in the amount of emissions. With DEFRA conversion factors, 2314,53 tCO₂e emissions for 2019 and 1826,54 tCO₂e emissions for 2020 were calculated. Compared to 2019, there is a 21,08% decrease in the amount of emissions. This difference between the IPCC Tier 1 approach and DEFRA is due to the fact that the emission factors used in the IPCC Tier 1 approach calculations are general and DEFRA uses national data from the UK. It is thought that the decrease in carbon dioxide emissions is due to the mild climate in 2020 compared to 2019 and, as well as the doing online education in 2020 due to the Covid-19 pandemic process.

1. Giriş

İnsan faaliyetleri dünyanın doğal dengesini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu etkinin büyüklüğü "iklim değişikliği" ifadesi ile anlatılır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliğini "iklim durumundaki, ortalama ve/veya özelliklerinin

değişkenliğindeki değişikliklerle tanımlanabilen ve uzun bir süre, tipik olarak on yıllar boyunca devam eden bir değişiklik" olarak tanımlamaktadır. Doğal değişkenlik veya insan faaliyetlerinden kaynaklanan zaman içinde iklimde meydana gelen herhangi bir değişikliği ifade eder [1]. Öte yandan, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

*İlgili yazar: akurnuc@erzincan.edu.tr

(UNFCCC) ve onun Kyoto protokolü kapsamında iklim değişikliğini "Doğal iklim değişkenliğine ek olarak, küresel atmosferin bileşimini değiştiren insan faaliyetlerine doğrudan veya dolaylı olarak atfedilen bir iklim değişikliği" olarak tanımlamaktadır [2].

19. yüzyılda sanayi devriminin büyük rol oynamasıyla birlikte nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşmedeki rekabet, yaşam kalitesinin artması, enerji ihtiyacını artırmakta böylece atmosferdeki sera gazlarının konsantrasyonları da çarpıcı bir şekilde artmaktadır. 1800'den sonraki yüzyılda, küresel yüzey hava sıcaklığı, olması gereken değer ile karşılaştırıldığında, eşit olmayan bir şekilde 0,3°C ila 0,6°C artmıştır [3]. Bu şiddetli değişiklikler, insan kaynaklı faaliyetler ile yerkürenin ısınması arasındaki ilişkiye dikkat çekmektedir.

Birçok iklim bilimci, iklim değişikliğinin temel oluşum sebebinin havadaki artan sera gazı emisyon miktarı olduğu konusunda fikir birliğine sahiptir. Başka bir grup bilim insanı, sera emisyon miktarlarındaki değişikliklerin ekonomik zararlar sonucunda bir neden-sonuç zincirini tetiklediğini savunmaktadır [4]. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) istatistiklerine göre, "Atmosferik CO₂, CH₄ ve NO_x konsantrasyonlarının seviyesinin uzun yıllardır yükseldiği ve CO₂ salınımının 1956'da 315,71 ppm'den 2014'te 398,78 ppm'ye yükseldiği belirtilmekte ve 2040 yılına kadar 450 ppm'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir [5]. Bütün bu veriler, sera gazı emisyonlarının hızla artmasında insan faktörünün en önemli faktörlerden biri olduğunu kanıtlamıştır. Sera gazlarının mevcut durumunun sınırlandırılması veya en azından farkında olunması, sonuçları çarpıcı biçimde belirgin hale geldikçe önem kazanmaktadır.

İnsan faaliyetleri sonucunda yayılan başlıca sera gazı %76 ile CO₂ olup, bunu %16 ile CH₄, %6 ile NO_x ve %2 ile florlu gazlar izlemektedir [6]. İnsanlar, kuruluşlar, olaylar ve ürünler tarafından üretilen doğrudan veya dolaylı eylemler yoluyla yayılan sera gazlarının (GHG) toplamı karbon ayak izi olarak bilinir. Karbon ayak izini hesaplamak için, her gün ürettiğimiz kirlilik veya GHG emisyon seviyelerini tam olarak bilmek gerekir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, iş faaliyetlerimiz, elektrik tüketimi, ambalaj kullanımı, malzeme, ulaşım, atık yönetimi vb. aracılığıyla doğrudan ve dolaylı olarak bıraktığımız karbon ayak izi hakkında veri toplamayı gerektirir. Karbon ayak izi, ton CO₂ eşdeğeri (tCO₂e) olarak ölçülür ve faaliyet verilerinin emisyon faktörleriyle çarpılmasıyla hesaplanır. Elde ettiğimiz sonuç, potansiyel tasarrufları belirlememize, yasaların gerektirdiği çevresel gereksinimleri karşılamamıza, karbon ayak izimizi en aza indiren iyileştirmeler sunmamıza yardımcı olacaktır [7].



Şekil 1. Karbon ayak izi [8]

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri 2019 yılı bir önceki yıla göre %3,1 azalarak 506,1 MtCO₂e olmuştur. Kişi başına düşen toplam sera gazı emisyonu 1990'da 4 tCO₂e, 2018'de 6,4 tCO₂e ve 2019'da 6,1 tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Toplam sera gazı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak 2019 yılında en büyük paya %72 ile enerji kaynaklı emisyonlar sahip olurken, onu %13,4 ile tarım, %11,2 ile endüstriyel işlemler-ürün kullanımı, %3,4 ile atık sektörü takip etmiştir [9].

Karbon ayak izi insan aktivitelerinin sonucu oluşan bir kavram olduğunda, üniversiteler gibi insan nüfusunun fazla olduğu kurumlarda ayak izinin hesabı önem teşkil etmektedir. Literatürde üniversitelerin karbon ayak izi değişimine yönelik yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Çalışmaların bir kısmı eğitim dönemi süresince kampüs içindeki öğrencilerin aktiviteleri kaynaklı [10,11], öğrenci ve çalışanların aktiviteleri kaynaklı [12,13], akademisyen ve idari personel kaynaklı [14], üniversitelerin enerji tüketimi ve/veya atıkları kaynaklı [15-19] CO₂ emisyonu hesaplamalarını kapsamaktadır.

Annex 2014 hesaplama kriterlerini kullanarak Kumaş vd. [20] Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak yerleşkesindeki üç farklı Yüksekokulun, Yaka vd. [21] ise Akdeniz Üniversitesi'nin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulunun karbon ayak izinin yıllık miktarını hesaplamışlardır. Üniversitelerin karbon ayak izi ile ilgili literatür taramasında ise Yañez vd. [22] tarafından seçilen bazı çalışmalar yöntem, sonuç ve göstergeleri olarak özetlenmiş ve karbon ayak izini bir çevre yönetim aracı olarak ele almanın, süreç boyunca toplanan veriler, kampüslerin çevresel performansı hakkında daha geniş bir bakış açısı sağlayarak karar vermeyi kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Filimonau vd. [23] COVID-19 karantinası sırasında bir Birleşik Krallık Üniversitesinin kampüs içi ve kampüs içi yüksek öğretimin karbon ayak izini karşılaştırmışlardır. Chung vd. [24] ve Sippel vd. [25], bazı öğrencilerin sırasıyla Tajen Üniversitesi'ndeki (Tayvan) ve Konstanz'daki (Almanya) Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'ndeki kampüs etkinlikleri

nedeniyle karbon ayak izini hesaplariken, Kulsuwan vd. [26] sadece Mahidol Üniversitesi Amnat Charoen Kampüsü'ndeki (Tayland) öğrencilerin elektrik tüketimini dikkate almıştır.

Valls-Val ve Bovea [27] üniversitelerde karbon ayak izi çalışmalarını inceleyerek gelecekteki araştırmalar için literatürdeki ana boşlukları belirlemek amacıyla bir literatür taraması sunmuşlardır. Sera gazı emisyonlarının raporlanmasında şeffaflık ihtiyacına yanıt olarak çeşitli standartlar geliştirilmiş olsa da, üniversitelerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını tutarlı ve karşılaştırılabilir bir şekilde ölçmek, raporlamak ve doğrulamak için uluslararası kabul görmüş bir yöntem olmadığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, karbon ayak izi çalışmalarının genellikle çok farklı sonuçlar verdiğini ve üniversitelerin karbon ayak izinin karşılaştırılmasının zor olduğunu belirtmişlerdir. Öğrenci popülasyonundaki farklılıkları normalleştirdikten sonra bile, öğrenci başına metrik ton CO₂'nin, karşılaştırılan üniversiteler arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Dağlıoğlu [28], yaptığı çalışmada dünyada birçok üniversitenin kullandığı Greenmetric değerlendirme yönteminin Ege Üniversitesi tarafından da kullanıldığını ifade ederek sürdürülebilirlik adımları için yol haritası olan bu yöntemin değerlendirmeleri arasında enerji başlığı altında karbon ayak izi de yer aldığını belirtmiştir. Bu şekilde birçok üniversitenin kendi karbon ayak izini ve kişi başına düşen CO₂ emisyon değerlerini hesaplayabildiğini ve Avrupa, Asya ve Amerika'daki üniversitelere kıyasla Türkiye'deki iki üniversitenin (Ege Üniversitesi ve Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü) çok daha az emisyonla sahip olduğunu ifade etmiştir.

Eğitim yapıları hem uzun kullanım süresine sahiptir hem de enerji tüketim oranları yüksektir. Eğitim kalitesini etkileyen bir çok faktör vardır. Bu faktörlerin başında mekânın fiziksel özelliklerinden olan ısı, ışık ve ses gelmektedir. Aşırı sıcaklıklar, yetersiz aydınlatma ve kötü hava kalitesi gibi olumsuz ortam koşullarının şüphesiz öğrenci, akademisyen ve çalışan üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz özelliklerin iyileştirilmesiyle kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanması hedeflenmektedir [29]. Son yıllarda gelişen teknoloji ile görsel ve işitsel ekipmanlar, katılım araçları, kişisel bilgisayarlar ve internet erişimi birçok sınıfın merkezi bileşeni haline gelmiştir. Tabii ki bu durum da enerji tüketimini artırmaktadır.

Kurumlar, Üniversiteler, işletmeler ve kuruluşlar için karbon stratejisi, sera gazı emisyonlarının ölçümünü, hesabını, izlemeyi ve karbon salımını azaltmak için stratejiler geliştirilmesini içeren uzun vadeli bir planlama sürecidir. Yapılan bu çalışma ile Erzincan

Binalı Yıldırım Üniversitesi'nin karbon stratejisi için uzun vadeli bu planlama sürecine ilk adım atılacaktır.

Bu çalışmada Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin ısınma amaçlı kullandığı doğal gaz/kömür, aydınlanma ve sınıf/ofis araç gereçleri için kullanılan elektrik, üniversiteye ait araçlarda kullanılan benzin ve motorin tüketimleri dikkate alınarak Üniversite'nin karbon ayak izi belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada Erzincan ilinde bulunan Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin karbon ayak izleri IPCC Tier 1 ve DEFRA Metotları ile hesaplanmıştır. EBYÜ Merkez ve İlçe Kampüslerden oluşmaktadır. Üniversite 3 Enstitü, 12 Fakülte, 3 Yüksekokul, 12 Meslek Yüksekokulu, 20 Uygulama ve Araştırma Merkezi, 13 Koordinatörlük, 23631 Öğrenci, 1086 Akademik Personel ve 564 İdari Personel ile akademik faaliyetlerine devam etmektedir [30]. Merkezde birden fazla kampüs bulunmaktadır. Ana kampüs olan Yalnızbağ Yerleşkesine 2020 yılı Mayıs ayında Rektörlük Biriminin de taşınmasıyla içerdiği birimler bakımından ana kampüs daha da yoğunlaşmıştır.

Üniversite birimlerinden ısınma amaçlı kullanılan doğal gaz/kömür, aydınlanma ve sınıf/ofis araç gereç kullanımları için elektrik ayrıca üniversiteye ait araçların benzin/mazot tüketim verileri talep edilmiştir.

EBYÜ dikkate alındığında üniversiteye ait veya üniversite tarafından kontrol edilen kaynaklardan gelen emisyonlara doğrudan sera gazı emisyonları adı verilir. Örneğin üniversiteye ait olan veya kontrol altındaki kazanlarda, fırınlarda, araçlarda vb. yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır.

Dolaylı sera gazı emisyonları, üniversitenin faaliyetleri sonucu olan fakat başka bir şirkete ait olduğu veya kontrol altındaki kaynaklarda ortaya çıkan emisyonlardır. Buna örnek olarak üniversite tarafından tüketilen, satın alınan elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını örnek verebiliriz. Satın alınan elektrik, satın alınan veya başka bir şekilde şirketin organizasyonel sınırına getirilen elektrik olarak tanımlanır.

Diğer dolaylı sera gazı emisyonları, üniversitenin faaliyetlerinin bir sonucudur, ancak üniversiteye ait olmayan veya üniversitenin kontrolünde olmayan kaynaklardan oluşmaktadır. Satın alınan malzemelerin kullanımı ve atık üretilmesi, ürün ve hizmetlerin kullanımı, atık bertarafı ve akademisyenlerin/çalışanların iş seyahatleri dolaylı sera gazı emisyonlarına örnek olarak verilebilir [31,32].

Karbon ayak izini incelemek için, doğrudan veya dolaylı emisyonları dikkate alarak çeşitli kapsamlar oluşturulmuştur.

- Kapsam-1; hesaplama yapılan kuruluşun yakıt tüketimi veya araçları kaynaklı doğrudan sera gazı emisyonlarını oluşturur. Bu nedenle de doğrudan karbon ayak izi olarak değerlendirilir.
- Kapsam-2; elektrik, buhar, ısıtma ve soğutmadan kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonlarını içerir. Operasyon atıkları, satın alınan mal ve hizmetler, vb. bu emisyon kapsamına örnektir.
- Kapsam-3; Kapsam-2 içerisine girmeyen diğer dolaylı sera gazı emisyonlarını içermektedir. Personellerin üniversiteye geliş-gidişleri kaynaklı emisyonları ve idari/akademik personellerin iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlar, kuruluş tarafından üretilen ancak başka bir kuruluş tarafından yönetilen atıklar vb. örnekler Kapsam-3 emisyonlarını oluşturur.

Buna göre üniversitenin ısıtma amaçlı yakıt kaynağı olarak kullandığı doğal gaz/kömür kaynaklı ve üniversiteye ait araç filosunun (iş makineleri dâhil) oluşturduğu emisyonlar Kapsam-1 altında değerlendirilirken, satın alınan elektrik tüketimiyle atmosfere salınan emisyonlar Kapsam-2 altında değerlendirilmiştir. ISO 14064-1 standardı göz önüne alınarak yapılan karbon ayak izi analizinde, hesaplamada kullanılacak faaliyet verileri yeterli ve güvenilir olması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında; personellerin seyahatleri ile araç kullanarak üniversiteye gidiş-gelişlerinden kaynaklı emisyonlar, atıkların bertarafı, buzdolabı, su sebili ve klimalarda soğutucu gaz kullanımından kaynaklı kayıp/kaçak emisyonları Kapsam-3 başlığı altında muhtemel sera gazı emisyonları arasındadır. Ancak yeterli faaliyet verisine ulaşılamamış olduğu için bu çalışmada Kapsam-3 değerlendirilmemiştir (Şekil 2).



Şekil 2. EBYÜ Merkez ve İlçe Kampüsleri karbon ayak izi değerlendirmesi

Sera gazlarının emisyon hesaplaması için baz alınan yıl seçimi, kullanılacak verilerin ulaşılabilir ve doğru olması göz önüne alınarak yapılır. Covid 19 pandemi sürecinde eğitim faaliyetlerinin uzaktan veya esnek çalışma saati uygulaması dikkate alınarak kişi başına düşen CO₂ emisyon miktarı yerine üniversitenin toplam CO_{2e} emisyon miktarı hesaplanmıştır.

Pandemi döneminin CO_{2e} emisyonuna etkisini ölçmek adına karbon ayak izi hesaplamaları için 2019 ve 2020 yılları seçilmiştir.

2.2. Üniversitenin Tüketim Verileri

EBYÜ bünyesindeki merkez ve ilçelerdeki tüm birimlerden elde edilen doğal gaz, kömür, motorin, benzin ve elektrik tüketim verileri Tablo 1'de sunulmuştur. Bu veriler ışığında hesaplamalar yapılarak CO₂ ve CO_{2e} emisyon miktarlarına kısaca Üniversitenin karbon ayak izine ulaşılmıştır.

Tablo 1. EBYÜ 2019 ve 2020 yılı yakıt ve elektrik tüketim verileri

Yıl	Doğal gaz (m ³)	Kömür (t)	Benzin (lt)	Motorin (lt)	Elektrik (kWh)
2019	275103	240	5660,62	35399,92	3884307,91
2020	174925	153	5489,06	34327,00	3717524,64

Üniversitedeki ısınma amaçlı doğal gaz kullanımı rektörlük binası da dâhil merkez kampüslerde bulunan tüm fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulu, spor salonu ve kongre merkezi gibi bütün birimlerin tüketimlerini içermektedir. Üniversite birimlerinden İliç, Refahiye, Kemah, Kemaliye ve Tercan Meslek Yüksek Okulu ısınma amaçlı kömür kullanmaktadır. Kömür tüketimleri, ilgili birimlerin fiili tüketimleri olmayıp, ilçelerdeki birimlerin talepleri doğrultusunda ihale yoluyla temin edilmektedir. Her sene bir önceki senenin durumuna göre birim talebini belirtmektedir. Kömür verileri ihale yolu ile alınan miktarlar olup tüketilen net kömür miktarı değildir. 2020 yılının kömürü bir önceki yıl talep edilerek ihale yolu ile alındığından Covid-19 pandemi sürecinin (uzaktan eğitim) etkisini barındırmamaktadır. Bu sebeple 2020 yılında üniversitenin doğal gaz tüketimindeki %36,415'lik azalma oranı kömür tüketimi içinde aynı oran düşünülerek 2020 yılı hesaplamasında 152,604≈153 ton kömür kullanımı kabulü yapılmıştır.

Üniversite bünyesinde bulunan dizel motorlu araçların ve iş makinelerinin motorin tüketim verileri 2019 yılı için net bir şekilde temin edilmiştir. Yalnızbağ Kampüsü'nün çevre düzenlemesinin çoğu 2020 yılında yapılmıştır. Çevre düzenlemesi hem üniversitenin hem de İl Özel İdaresinin iş makineleri ile gerçekleştirilmiştir. İl Özel İdaresinin iş makinelerinin kullandığı motorin üniversite tarafından karşılanmıştır. Ayrıca Erzincan merkezde bulunan Rektörlük birimleri 2020 Mayıs ayında Yalnızbağ Kampüsü'ne taşınmıştır. Hem çevre düzenlemesi işleri hem de rektörlük birimlerinin taşınma işlemleri 2020 yılı motorin tüketimini artacak yönde etkilemiştir. Bu sebeple 2020 yılı motorin tüketim verileri için benzin verilerinde 2020 yılındaki %3,031'lik azalma oranı kullanılarak 2020 yılı motorin tüketimi 34326,95≈34327 lt kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Üniversitedeki elektrik kullanımı rektörlük birimleri de dâhil olmak üzere tüm fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulu, spor salonu ve kongre kültür merkezi gibi bütün birimlerin tüketimlerini içermektedir.

2.3. Karbon ayak izi hesaplama metodu

CO₂ emisyonu hesaplamalarında IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımları kullanılmaktadır [33]. Çalışmada EBYÜ'nin karbon ayak izi hesaplamaları için ilk olarak IPCC [34] kılavuzunda yer alan Tier-1 yaklaşımının hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörleri seçimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın yayınlamış olduğu İngiltere sera gazı dönüşüm faktörleri göz önüne alınarak EBYÜ'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tier 1 yaklaşımı, üniversitenin doğal gaz, kömür, motorin, benzin ve elektrik kullanım verileri ışığında, yakıt türlerinin 2006 IPCC Rehberinde varsayılan emisyon faktörleriyle yapılan hesaplamaları içermektedir. Denklem 1 ile elde edilen sonuçlar sera gazı emisyon miktarını vermektedir. Yakıtların yanması sırasında CH₄ ve N₂O emisyonlarının üretimi de olduğunda hesaplamaya dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple CH₄ ve N₂O emisyonlarının CO₂ miktarları dikkate alınmıştır.

(1)

Bu denklemde $Emisyon_{CO_2,yakıt}$ yakıt tüketimi nedeniyle atmosfere yayılan emisyonların CO₂ cinsinden miktarı yani karbon ayak izi, YT faaliyet verisi yani yakıt tüketimi, EF ise emisyon faktörüdür [34,35]. Yakıtın toplam CO₂e ulaşmak için CH₄ ve N₂O emisyonlarının küresel ısınma potansiyellerinin CO₂ cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir. CO₂, CH₄ ve N₂O'nun küresel ısınma potansiyelleri sırasıyla 1,21 ve 310'dur [36].

IPCC 2006 kavuzundan seçilen değerler yakıtların net kalorifik değerleri (TJ/Gg) Tablo 2'de ve emisyon faktörleri Tablo 3' de özetlenmiştir.

Tablo 4. DEFRA dönüşüm faktörleri

	Yakıt	Birim			kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
			2019	2020			
Kapsam-1	Doğal gaz	m ³	2019	2,03053	2,02680	0,00267	0,00107
			2020	2,02266	2,01888	0,00271	0,00107
	Kömür	ton	2019	2,744,72	2,505,61	204,22	34,89
			2020	2,883,26	2,632,00	214,60	36,66
	Benzin	lt	2019	2,20904	2,19585	0,00688	0,00631
			2020	2,16802	2,15532	0,00669	0,00601
	Motorin	lt	2019	2,59411	2,55956	0,00030	0,03425
			2020	2,54603	2,51072	0,00025	0,03506
Kapsam-2	Elektrik	kWh	2019	0,2556	0,25358	0,00065	0,00137
			2020	0,23314	0,23104	0,00072	0,00138

Tablo 2. Yakıtların net kalorifik değerleri [34]

Yakıt	Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)
Doğal gaz	48
Kömür	11,9
Benzin	44,3
Motorin	43

Tablo 3. Yakıtların emisyon faktörleri [34]

Yakıt	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Doğal gaz	56100	5	0,1
Kömür	101000	10	1,5
Benzin	69300	25	8
Motorin	74100	3,9	3,9

IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında yakıtların oksitlenen karbon yüzdeleri doğal gaz, kömür, benzin ve motorin için 1 olarak alınmaktadır [34].

Üniversitenin elektrik tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonu IPCC Tier 1 yaklaşımında tüketim miktarının emisyon faktörü 0,478 (kg/kWh) ile çarpımından hesaplanmıştır [37].

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın 2019 [38] ve 2020 [39] yılında yayınlamış olduğu İngiltere sera gazı dönüşüm faktörleri raporlarından faydalanılarak EBYÜ'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Raporla yakıt türlerine ve birimlerine göre kg CO₂, kg CH₄, kg N₂O ve kg CO₂e dönüşüm faktörü verilmiştir. Denklem 2 kullanılarak yakıtların CO₂ emisyon miktarları hesaplanmıştır.

(2)

Bu denklemde $Emisyon_{CO_2,yakıt}$ yakıt tüketimi nedeniyle atmosfere yayılan emisyonların CO₂ cinsinden miktarı yani karbon ayak izi, YT faaliyet verisi yani yakıt tüketimi, DF ise dönüşüm faktörüdür [40,41]. DEFRA hesaplamalarında Tablo 4.'de özetlenmiş olarak yer alan dönüşüm faktörleri kullanılarak CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.

3. Bulgular

Bu veriler ışığında IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA dönüşüm faktörleriyle hesaplamalar yapılarak EBYÜ'nin 2019 ve 2020 yılı CO₂ ve CO_{2e} emisyon miktarlarına ulaşılmıştır [42]. Böylelikle

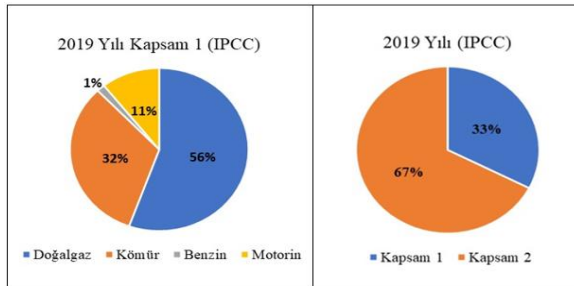
üniversitenin karbon ayak izi hesaplanmıştır. EBYÜ'nin 2019 ve 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO_{2e} emisyon miktarları Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2019-2020 yılı CO_{2e} emisyonu (ton)

		Yakıt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}
Kapsam-1	2019		496,33	0,9290	0,2743	497,54
	2020	Doğal gaz	315,60	0,5907	0,1744	316,36
	2019	Kömür	288,46	0,5998	1,3280	290,38
	2020		183,89	0,3823	0,8466	185,12
	2019	Benzin	12,77	0,0968	0,4571	13,33
	2020		12,39	0,0938	0,4432	12,92
	2019	Motorin	93,62	0,1035	1,5275	95,25
	2020		90,78	0,1003	1,4812	92,36
			2019			896,5
			2020	Toplam Kapsam-1		606,77
Kapsam-2	2019	Elektrik				1856,7
	2020					1776,98
			2019			2753,2
			2020	Toplam CO _{2e} Emisyonu		2383,74

2019 yılında doğal gaz tüketiminden 497,54 tCO_{2e}, kömür tüketiminden 290,38 tCO_{2e}, benzin tüketiminden 13,33 tCO_{2e}, motorin tüketiminden 95,25 tCO_{2e} emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 896,5 tCO_{2e} olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2019 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 1856,7 tCO_{2e} emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2753,2 tCO_{2e}'dur.

Şekil 3 incelendiğinde EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre Kapsam-1'de olan yakıtların CO_{2e} emisyon miktarlarını dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %56 ile doğal gaza aittir. Onu sırasıyla %32 ile kömür, %11 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2019 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam CO_{2e} emisyonunun %67'sini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.

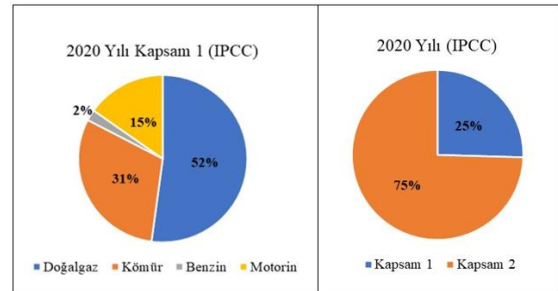


Şekil 3. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

EBYÜ'nin 2020 yılında doğal gaz tüketiminden 316,36 tCO_{2e}, kömür tüketiminden 185,12 tCO_{2e}, benzin tüketiminden 12,92 tCO_{2e}, motorin tüketiminden 92,36 tCO_{2e} emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 606,77 tCO_{2e} olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2020 yılında Kapsam-2'de

yer alan elektrik tüketiminden 1776,98 tCO_{2e} emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2383,74 tCO_{2e}'dur.

Şekil 4 incelendiğinde EBYÜ'nin 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre Kapsam-1'de olan yakıtların CO_{2e} emisyon miktarlarını dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %52 ile doğal gaza aittir. Onu sırasıyla %31 ile kömür, %15 ile motorin ve %2 ile benzin takip etmektedir. 2020 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam CO_{2e} emisyonunun %75'ini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.

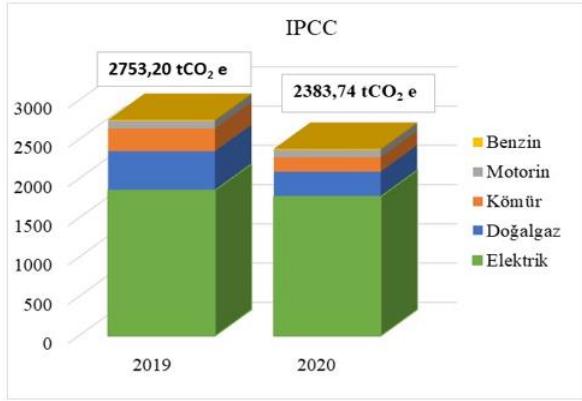


Şekil 4. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyonu 2753,20 tCO_{2e} olup, 2020 yılında toplam CO_{2e} emisyon miktarı 2019 yılına oranla %13,42 azalmış ve toplam CO_{2e} emisyon miktarı 2383,74 tCO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Şekil 5'de 2019 ve 2020 yılı eşdeğer CO₂ emisyon miktarları görülmektedir.

Hesaplamalar neticesinde IPCC Tier 1 yaklaşımına göre elektrik kaynaklı karbon salınımından sonra en fazla etki ısınma amaçlı kullanılan doğal gaz

tüketiminden, en az ise benzin tüketiminden kaynaklanmaktadır.

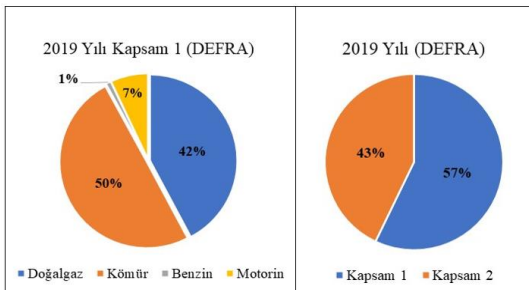


Şekil 5. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları

Tablo 6. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2019-2020 yılı CO₂e emisyonu (ton)

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Kapsam-1	2019	557,58	0,735	0,294	558,61
	2020	354,54	0,467	0,187	355,19
	2019	601,35	49,013	8,374	658,73
	2020	383,36	31,246	5,338	419,94
	2019	12,43	0,039	0,036	12,50
	2020	12,05	0,038	0,035	12,13
	2019	90,61	0,011	1,241	91,86
	2020	87,86	0,010	1,204	89,08
		2019	Toplam Kapsam-1		1321,7
		2020	Toplam Kapsam-1		876,34
Kapsam-2	2019	984,98	2,525	5,322	992,83
	2020	942,69	2,416	5,093	950,2
		2019	Toplam CO ₂ e Emisyonu		2314,53
		2020	Toplam CO ₂ e Emisyonu		1826,54

Şekil 6 incelendiğinde EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %50 ile kömüre aittir. Onu sırasıyla %42 ile doğal gaz, %7 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2019 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam eşdeğer CO₂ emisyonunun %57'sini Kapsam-1, %43'ünü Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.



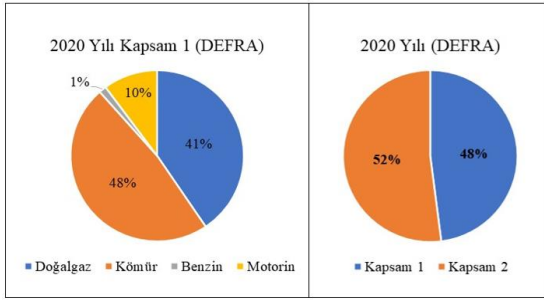
Şekil 6. DEFRA dönüşüm faktörleri ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

EBYÜ'nin 2019 ve 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO₂e emisyon miktarları Tablo 6'da sunulmuştur.

2019 yılında doğal gaz tüketiminden 558,61 tCO₂e, kömür tüketiminden 658,73 tCO₂e, benzin tüketiminden 12,50 tCO₂e, motorin tüketiminden 91,86 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 1321,7 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2019 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 992,83 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörlerine göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2314,53 tCO₂e'dur.

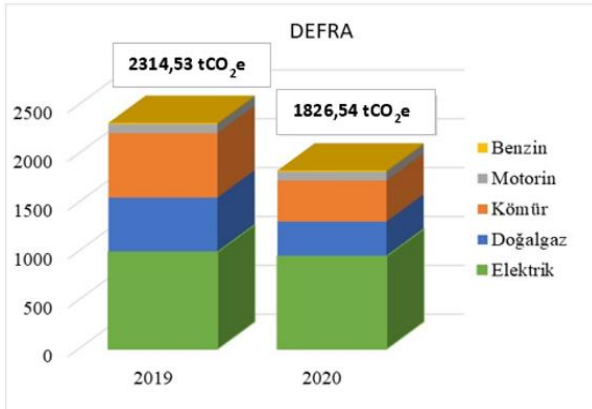
EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan emisyon miktarları doğal gaz tüketiminden 355,19 tCO₂e, kömür tüketiminden 419,94 tCO₂e, benzin tüketiminden 12,13 tCO₂e, motorin tüketiminden 89,08 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 876,34 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2020 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 950,2 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörlerine göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 1826,54 tCO₂e'dur.

EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %48 ile kömüre aittir. (Bkz. Şekil 7) Onu sırasıyla %41 ile doğal gaz, %10 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2020 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam eşdeğer CO₂ emisyonunun %52'sini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.



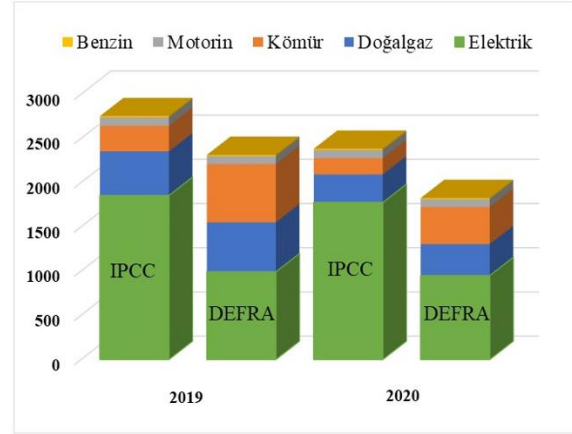
Şekil 7. DEFRA dönüşüm faktörleri ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan toplam emisyonu 2314,53 tCO₂e olup, 2020 yılında toplam emisyon miktarı 2019 yılına oranla %21,08 azalmış ve toplam 1826,54 tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Şekil 8'de 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları görülmektedir. DEFRA dönüşüm faktörü hesaplamasında da en fazla karbon salınımı elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonrasında ise kömür tüketimi gelmektedir. En az karbon salınımı ise IPCC Tier 1 yaklaşımına benzer şekilde benzinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 8. DEFRA dönüşüm faktörleri ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları

IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA dönüşüm faktörleri ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarlarının karşılaştırması Şekil 9'da görülmektedir. Yıl bazında değişim incelendiğinde DEFRA'nın toplam CO₂e emisyon sonuçları IPCC Tier 1 yaklaşımından daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olmasından kaynaklanmaktadır. Bu fark DEFRA'nın İngiltere'nin ulusal verilerini raporlamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 9. IPCC Tier 1 yaklaşımı-DEFRA dönüşüm faktörleri ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarlarının karşılaştırılması

4. Tartışma ve Sonuç

Temel olarak karbon ayak izinin, yani sera gazlarının atmosfere salınmasından insan faaliyetleri sorumludur ve sonuç olarak, insanlık ve doğal dünya, iklim değişikliğinin neden olduğu büyük tehditlerle karşı karşıya kalacaktır [12].

Ortak görüş, üniversitelerin toplum için bir fener olması gerektiği yönündedir; üniversiteler kapsayıcı, dürüst ve sürdürülebilir olmalı ve ifade özgürlüğünü ve eleştirel düşünmeyi teşvik etmelidirler. Sonuç olarak, üniversiteler, sürdürülebilirlik sorunlarının çözümüne yardımcı olmak ve üniversite operasyonlarının olumsuz sonuçlarını izlemeyi gerektiren sürdürülebilir planlar uygulayarak topluma rol model olarak hizmet etmek için önemli sorumluluklara sahip kurumlar olarak kabul edilmiştir [43].

Bu çalışmadaki amaç EBYÜ'nin birincil karbon ayak izini iki farklı metot ile (IPCC Tier 1 ve DEFRA) hesaplayarak üniversite bünyesinde kullanılan kaynakların etkin ve sürdürülebilir kullanımına, küresel iklim değişikliği ile mücadelede yapılması gerekenlere dikkat çekmektir. Böylece üniversitelerin sorumluluk ve üstlendiği rollerin önemi de ortaya koymaktır.

EBYÜ'nin birincil karbon ayak izi IPCC Metodolojisi Tier 1 yaklaşımıyla 2019 yılı için 2753,2 tCO₂e ve 2020 yılı için 2383,74 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %13,42 azalma görülmektedir. EBYÜ'nin birincil karbon ayak izi DEFRA dönüşüm faktörleriyle 2019 yılı için 2314,53 tCO₂e ve 2020 yılı için 1826,54 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %21,08 azalma görülmektedir.

2019 ve 2020 yıllarında Erzincan'ın en düşük sıcaklıkları incelendiğinde soğuk geçen aylar ve yılın geneline bakıldığında 2020 yılının daha sıcak geçtiği

görülmektedir. Erzincan'ın en yüksek sıcaklıkları incelendiğinde, 2020 yılının yine 2019 yılına göre sıcak geçen ayları artmıştır [44]. Küresel ısınma ve iklim değişikliği 2020'deki sıcaklık artışları ile daha belirgin olarak görülmektedir. Karbondioksit emisyonundaki azalmaya 2019 yılının soğuk geçen aylarına kıyasla 2020 yılında iklimin biraz ılımanlaşmasının yanı sıra Covid-19 pandemi süreci nedeniyle 2020 yılında eğitim-öğretime uzaktan eğitimle devam edilmesinin etki ettiği düşünülmektedir.

Hesaplamalar neticesinde IPCC Tier 1 yaklaşımına göre elektrik kaynaklı karbon salınımindan sonra en fazla etki ısınma amaçlı kullanılan doğal gaz tüketiminden, en az ise benzin tüketiminden kaynaklanmaktadır. DEFRA dönüşüm faktörü hesaplamasında da en fazla karbon salınımı elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonrasında ise kömür tüketimi gelmektedir. En az karbon salınımı ise IPCC Tier 1 yaklaşımına benzer şekilde benzinden kaynaklanmaktadır. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile DEFRA arasındaki bu fark IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olması ve DEFRA'nın İngiltere'ye ait ulusal verilerini kullanmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma 2019 ve 2020 yılları verileri ile sınırlıdır. Karbon ayak izindeki yönelimi daha net bir şekilde ortaya koymak için daha uzun dönemlere ait verilerle çalışılması gerekmektedir. Yeni kampüs oluşumu ve birimlerin kampüs değişimleri sebebiyle önceki dönemler için sağlıklı veri elde edilmesi sağlanamamış olup sonraki yıllarda yapılabilecek çalışmalar için bu sağlanabilecektir.

Karbon ayak izi ton eşdeğer CO₂ olarak hesaplanmıştır. Kişi başına karbon ayak izi hesaplaması yapılabilsen literatürde kıyaslama yapılması daha kolay olabilirdi. Ancak Covid-19 pandemi süreci sebebiyle akademik olarak online eğitime geçilmiş olması ve idari personellerde esnek çalışma uygulaması sebebiyle sağlıklı sonuç vermeyeceğinden kişi başına düşen CO₂ hesaplanamamıştır.

Karbon ayak izinde en büyük pay elektrik tüketimine aittir. Bu nedenle elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması karbon ayak izini düşürmekte önemli bir adımdır.

Bu veriler ışığında EBYÜ'nde sürdürülebilir yaşamı destekleyerek küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliğini önlemede karbon ayak izini düşürebilecek öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- Küresel iklim değişikliği ve çevre sorunları ile ilgili farkındalık oluşturacak/artıracak eğitim seminerleri/çalıştaylar düzenlenmeli ve projeler üretilmelidir.

- Karbon ayak izini direk etkileyen doğal gaz/kömür, elektrik, ısınma, ulaşım gibi konularda tasarruf sağlayıcı düzenlemeler yapılmalıdır.
- Üniversite bünyesinde bulunan Fakülte/Yükseköğretim/Program'larının müfredatları içerisinde iklim değişiklikleri, çevre kirliliği ve kaynaklarımızın doğru/etkin kullanımına yönelik seçmeli derslerin bulunmalı ve öğrenciler bu dersleri seçmeye teşvik edilmelidir.
- Alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yeterince teşvik edilmeli ve bu alana yönelik çalışmalar iyice hızlandırılmalıdır. Üniversite kendi kullandığı elektriğin bir kısmını üretecek hale gelmelidir.
- Isınma, aydınlatma, ulaşım, mekanik/elektronik cihaz ve sistemlerin zamanında bakımlarının yaptırılması sera gazı emisyonlarının artışını önleyici rol olacaktır.
- Karbon tutumunu artırmak için kampüslerde ve yerleşkede ağaçlandırmaya biraz daha odaklanılmalıdır.

Ayrıca EBYÜ'nin yerleşke ve kampüslerinde karbon ayak izini azaltmak için enerji verimliliği çalışmaları ve güneş santrali projeleri içeren bir çevre politikası bulunmaktadır ve bu çalışmaların tümü yakın gelecekte benimsenecektir.

Yapılan çalışma karbon ayak izini (karbondioksit emisyonunu) azaltmaya yönelik alınabilecek tedbirler açısından oldukça önem taşımaktadır. Belirtilen önlem ve önerilerin gerçekleştirilmesi ile EBYÜ'nin karbon ayak izi azaltılacaktır. Karbondioksit salınımının düşük seviyelerde olduğu teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin insan hayatına entegre edilmesi en kalıcı önlemdir. Ancak bahsedilen önlemler karbon ayak izini azaltabilir ancak yeterli olmayabilir. Bu durumda alternatif önlemlere yönelmek gerekir. Alınabilecek alternatif önlemler için karbon yutaklarının kurulması, karbon ihracatı ya da karbonun karbon rezervuarlarında hapsedilmesi örnek olarak verilebilir. Bu önlemlerden hangisinin yapılması gerektiği noktasında seçim yapmak oldukça güçtür. Bu tamamen bilimsel-teknolojik gelişmelere bağlıdır. Teknoloji ve bilim geliştikçe farklı çözüm yolları da karşımıza çıkacaktır.

Karbon ayak izini düşürmek için iklim değişikliği eylem planı hazırlamak konu ile ilgili bir altyapı oluşturması, sorunu tanımlaması ve çözümler üretmesi anlamında oldukça önemlidir. Ancak planların sadece yolu tarif ettiği ve hedefe ulaşabilmek için ülke genelinde asıl işin buradan sonra başlayacağı unutulmamalıdır.

Teşekkür

Çalışmayı gerçekleştirebilmek için gerekli olan verilerin temininde yardımlarından dolayı EBYÜ'nin ilgili tüm birim çalışanlarına teşekkür ederiz.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] IPCC, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf , (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [2] Birleşmiş Milletler, 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change Convention. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [3] IPCC 1990. First Assessment Report, Working group I: Scientific Assessment of Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [4] Shine, K., Fuglestvedt J., Hailemariam K. and Stuber N. 2005. Alternatives to the Global Warming Potential For Comparing Climate Impacts of Emissions of Greenhouse Gases. *Climatic Change*, 68(3), 281-302.
- [5] Earth Science Communications Team at NASA Jet Propulsion Laboratory. "Global Climate Change; Vital Signs of the Planet", https://climate.nasa.gov/climate_resources/7/graphic-carbon-dioxide-hits-new-high (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change Working Groups I, II and III. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland Available. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [7] Naeco, <https://naeco.com/en/news/how-can-we-reduce-the-carbon-footprint-in-the-logistics-area-of-our-company/> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [8] Yalova Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. 2016. Karbon ayak izi nedir? <https://yalova.csb.gov.tr/karbon-ayak-izi-nedir-haber-42218>, (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [9] TÜİK, Seragazi Emisyon İstatistikleri, Sayı: 37196, 30 Mart 2021, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196>, (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [10] Chung, C. Y., Miaw, C. L., Huang, Y. C., Chung, C. C. and Lo, T. J. 2014. Investigation of carbon footprint on campus - A case study of Tajen University. *Advanced Materials Research*, 962-965, 1495-1499.
- [11] Gökçek, B., Bozdağ, A. ve Demirbağ, H. 2019. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Örneğinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 721-730.
- [12] Sreng, R. ve Gümrükçüoğlu Yiğit M. 2017. Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü 2015 Yılı Karbon Ayak izi Çalışması. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5), 1-1.
- [13] Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R. and Ortiz, I. 2019. The carbon footprint of a public university campus in Mexico City. *Carbon Management*, 10(5), 501-511.
- [14] Başoğul, Y. 2018. Akademisyen ve İdari Personelin Ekolojik Ve Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 464-470.
- [15] Yazdani, Z., Talkhestan, G. A. and Kamsah, M. Z. 2013. Assessment of carbon footprint at University Technology Malaysia (UTM). *Applied Mechanics and Materials*, 295-298, 872-875.
- [16] Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R. and Buadit, T. 2013. Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand. *APCBEE Procedia*, 5, 175-180.
- [17] Binboğa, G. ve Ünal A. 2018. Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 21,187-202.
- [18] Budihardjo, M. A., Syafrudin, S., Putri, S. A., Prinaningrum, A. D. and Willentiana, K. A. 2020. Quantifying Carbon Footprint of Diponegoro University: Non-Academic Sector. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 448 (1), 1-8.

- [19] Manuel Varón-Hoyos , José Osorio-Tejada and Tito Morales-Pinzón. 2021. Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management*, 12(1), 93-107.
- [20] Kumaş, K., Akyüz, A. ve Güngör, A. 2019. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Yerleşkesi Yüksek öğretim Birimlerini Karbon Ayak İzi Tespiti. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1277-1291.
- [21] Yaka, İ. F., Koçer, A. ve Güngör, A. 2015. Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12(3), 37-45.
- [22] Yañez, P., Sinha, A. and Vásquez, M. 2020. Carbon Footprint Estimation in a University Campus: Evaluation and Insights. *Sustainability*, 12 (1), 181.
- [23] Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N. Ve Wintrip, R. 2021. The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 756, 143964.
- [24] Chung, C.Y., Miaw, C.L., Huang, Y.C., Chung, C.C. and Lo, T.J. 2014. Investigation of carbon footprint on campus—a case study of Tajen University. *Advanced Materials Research*, 962-965, 1495-1499.
- [25] Sippel, M., Meyer, D., Scholliers, N. 2018. What about greenhouse gas emissions from students? An analysis of lifestyle and carbon footprints at the University of Applied Science in Konstanz, Germany. *Carbon Management*, 9, 201-211.
- [26] Kulsuwan, P., Sirisathit, P., Srisuwan, C. 2019. The carbon footprint assessment from electricity of undergraduate students at Mahidol University Amnatcharoen Campus for Eco University. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(6), 925-932.
- [27] Valls-Val, K. and Bovea, M.D. 2021, Carbon footprint in Higher Education Institutions: a literature review and prospects for future research. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23:2523-2542.
- [28] Dağlıoğlu, S. T. 2021. Carbon Footprint Analysis of Ege University within the Scope of Environmental Sustainability. *Commagene Journal of Biology*, 5(1), 51-58.
- [29] Çağlar, H. 2021. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Eğitim Yapılarının Enerji Etkin Aydınlatma Açısından İncelenmesi ve Uygulama Örneklerinin Değerlendirilmesi. *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi*, 223s, İstanbul.
- [30] Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi EBYÜ, <https://ebyu.edu.tr/> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [31] Schmitz, S., Dawson, B., Spannagle, M., Thomson, F., Koch, J. and Eaton, R. 2004. The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard. *The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, 9, 116.
- [32] Turanlı A. M. 2015. Karbon Ayak izi Kestirimi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi için Bir Çalışma. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi*, 122s, Ankara.
- [33] Atabey, T. 2013. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 83s, Elazığ.
- [34] IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. General Guidance and Reporting. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html> (Erişim Tarihi: 20.01.2022).
- [35] Coşkun S. ve Doğan N.A. 2021. Tekstil Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25 (1), 28-35.
- [36] United Nations Climate Change, <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [37] EPA. 2021. ABD Sera Gazı Emisyonları Envanteri 1990-2019". <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks> (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [38] Greenhouse gas reporting: conversion factors 2019, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>. (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [39] Greenhouse gas reporting: conversion factors 2020, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020>, (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [40] Argun M.E., Ergüç R ve Sarı Y. 2019. Konya/Selçuklu İlçesi Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (2), 287-297.

- [41] Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S. ve Williams, I. D. 2018. Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4435–4455.
- [42] Çerçi M., 2020. IPCC Tier 1 ve DEFRA Metodları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi Örneği. Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Erzincan.
- [43] Adenle, Y., Alshuwaikhat, H. 2017. Spatial estimation and visualization of CO₂ emissions for campus sustainability: The case of King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Saudi Arabia. *Sustainability*, 9 (11), 2124.
- [44] Weather Online, <https://www.havaturkiye.com/weather/maps/city?LANG=tr&CEL=C&SI=kph&MAPS=over&CO NT=trtr&LAND=TU®ION=0005&WMO=17092&UP=0&R=0&LEVEL=150&NOREGION=1>, (Erişim tarihi: 20.01.2022).