



**ÖĞRENCİ YURTLARINDA KARBON AYAK İZİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
EKSENİNDE HESAPLANMASI: TRAKYA'DA BİR ÖĞRENCİ YURDU ÖRNEĞİ**

ÖZGÜL AKDUĞAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Elçin GÜNEŞ

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ÖĞRENCİ YURTLARINDA KARBON AYAK İZİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
EKSENİNDE HESAPLANMASI: TRAKYA'DA BİR ÖĞRENCİ YURDU ÖRNEĞİ**

ÖZGÜL AKDUĞAN

ORCID: 0000-0002-5415-0501

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Elçin GÜNEŞ

ARALIK-2022
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

ÖĞRENCİ YURTLARINDA KARBON AYAK İZİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK EKSENİNDE HESAPLANMASI: TRAKYA'DA BİR ÖĞRENCİ YURDU ÖRNEĞİ

Özgül AKDUĞAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Elçin GÜNEŞ

Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çevresel problemler uluslararası genel bir sorun haline gelmiş ve ortak çözüm yolları arayışına girilmiştir. Ancak her ülkenin sahip olduğu kaynaklar, uyguladıkları kalkınma politikaları ve bu alanda gösterdikleri faaliyetler birbirinden farklılık göstermektedir. Sürdürülebilir kalkınma farklılıklarını ortak paydada buluşturmak doğal çevreyi ve sosyal eşitliği koruyan ve geliştiren ekonomik, sosyal kalkınma türlerini kapsamaktadır. Bu tanım ekolojik, ekonomik ve sosyal üç temel yönün olduğunu açıklamaktadır. Her bir birey, gelecek için sürdürülebilir ve güvenli bir çevre sağlanmasına katkıda bulunabilmek için kişisel tüketimlerini gözden geçirmelidir. Bireyin faaliyetleri sonucu oluşturulan bir ürünün yaşam evresi boyunca doğrudan ya da dolaylı bir şekilde biriktirdiği karbondioksit emisyonlarının toplamı karbon ayak izini oluşturmaktadır. Bu çalışmada Trakya'da bulunan bir öğrenci yurdu örnek alınarak yurda ait karbon ayak izinin hesabının yapılması sürdürülebilirlik ekseninde incelenmesi amaçlanmıştır. Karbon ayak izi hesabı için GHG (Sera Gazı Protokolü) protokolünün açık kaynakları kullanılmıştır. Karbon ayak izi tespitinde toplam elektrik enerjisi tüketimi, ısınma değerleri, personelin ve öğrencilerin günlük ulaşım değerleri, personelin kullandığı araçların yakıt türleri gibi ana veriler kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Karbon Ayak İzi, Çevre, Öğrenci Yurdu,

ABSTRACT

CALCULATION OF THE CARBON FOOTPRINT OF THE STUDENT RESIDENCES ON THE AXIS OF SUSTAINABILITY: AN EXAMPLE OF A STUDENT DORMITORY IN THRACE

Özgül AKDUĞAN

Department of Environmental Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Elçin GÜNEŞ

Environmental problems have become a general international problem in developed and developing countries in the world and common solutions have been sought. However, the resources that each country has, the development policies they implement and the activities they show in this field differ from each other. Bringing together sustainable development differences on a common ground covers the types of economic and social development that protect and improve the natural environment and social equality. This definition explains that there are three basic aspects: ecological, economic and social. Each individual should review their personal consumption in order to contribute to the provision of a sustainable and safe environment for the future. The carbon footprint is the sum of the carbon dioxide emissions that are directly or indirectly accumulated during the life cycle of a product created as a result of the activities of the individual. In this study, it is aimed to take a student dormitory in Thrace as an example and to calculate the carbon footprint of the dormitory and to examine it on the axis of sustainability. The open sources of the GHG (Greenhouse Gas Protocol) protocol were used for the carbon footprint calculation. In the determination of carbon footprint, main data such as total electrical energy consumption, heating values, daily transportation values of personnel and students, fuel types of vehicles used by personnel were used.

Keywords: Sustainability, Carbon footprint, Environment, Student dormitory,

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
TEŞEKKÜR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KARBON AYAK İZİ	5
2.1 Sürdürülebilirlik Nedir?	5
2.2 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)	6
2.3 Karbon Ayak İzi Nedir?	8
2.4 Sera Gazı ve Sera Gazı Emisyonları	9
2.5 Çeşitli Üniversite, Kampüs ve Öğrenci Yurtlarında Sürdürülebilirlik Çalışmaları .	11
3. MATERYAL-METOT	14
3.1 Kapsamlara Göre Sera Gazı Emisyonları	15
3.1.1 Kapsam 1: Doğrudan GHG Emisyonları	15
3.1.2 Kapsam 2: Elektrik Dolaylı Sera Gazı Emisyonları	17
3.1.3 Kapsam 3: Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyonları	17
3.2 Faaliyetin Sınırları	17
3.3 Veri Analizi.....	19
3.3.1 Emisyon Kaynakları Kapsam 1	19
3.3.2 Emisyon Kaynakları Kapsam 2	21
4. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
4.1. Kapsam 1: Doğrudan GHG Emisyonları.....	23
4.2. Kapsam 2: Elektrik Dolaylı Sera Gazı Emisyonları.....	25
4.3. Literatürdeki Çalışmalarla Karşılaştırma	27
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	37

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Küresel sera gazı emisyonları hakkında bilgiler	11
Çizelge 3. 1. Öğrenci yurduna ait emisyon salınım verileri	15
Çizelge 3. 2. Sabit yanmadan kaynaklı emisyon verileri	20
Çizelge 3. 3. Sabit yanma için kullanıcı tarafından sağlanan veriler	20
Çizelge 3. 4. Mobil yanmadan kaynaklı emisyon verileri.....	20
Çizelge 3. 5. Mobil yanma için kullanıcı tarafından sağlanan veriler.....	21
Çizelge 3. 6. Satın alınan elektrik kaynaklı emisyon verileri.....	21
Çizelge 3. 7. Satın alınan elektrik için kullanıcı tarafından sağlanan veriler	22
Çizelge 4. 1. Sabit yanmadan kaynaklı sera gazı emisyonları.....	23
Çizelge 4. 2. Mobil yanmadan kaynaklı sera gazı emisyonları.....	24
Çizelge 4. 3. Satın alınan elektrik kaynaklı sera gazı emisyonları	26
Çizelge 4. 4. Çeşitli Üniversite, kampüs ve öğrenci yurtlarında hesaplanan karbon ayak izi miktarları.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Kapsamlara ve emisyonlara genel bakış	3
Şekil 2. 1. Sürdürülebilirliğin gelişimi	6
Şekil 2. 2. Sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA)	7
Şekil 2. 3. Sera etkisi ve sera gazları	10
Şekil 3. 1. Faaliyetin kapsamı.....	18
Şekil 3. 2. Kampüste karbon emisyonları kaynak sistemi ve sınıflandırılması.....	19
Şekil 3. 3. Tianjin Üniversitesi' nin karbon emisyon muhasebesi.....	19
Şekil 4. 1. Sabit yanmadan kaynaklı sera gazı emisyonuna ait dağılım.....	23
Şekil 4. 2. Mobil yanmadan kaynaklı sera gazı emisyonuna ait dağılım	25
Şekil 4. 3. Satın alınan elektrik kaynaklı sera gazı emisyonuna ait dağılım	26
Şekil 4. 4. Emisyon kaynaklarının CO ₂ e salınım dağılımı	27
Şekil 4. 5. TJU Peiyangyuan kampüsü karbon ayak izi miktarları.....	28
Şekil 4. 6. TJU Weijin yol kampüsü karbon ayak izi miktarları	28
Şekil 4. 7. TJU Üniversitesi karbon ayak izi emisyonları arasında karşılaştırma	29
Şekil 4. 8. Tongji Üniversitesi karbon ayak izi yüzdeleri	30
Şekil 4. 9. Emisyon kaynaklarının kapsam 1-2 CO ₂ e salınım dağılımı	31

KISALTMALAR DİZİNİ

IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
GHG	Sera Gazı Protokolü
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
GWP	Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli
WRI	Dünya Kaynakları Enstitüsü
WBCSD	Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
EM	Yayılan CO ₂ kütlesi
HHV	Yakıt kütlesi veya hacmi başına enerji birimi cinsinden yakıt ısı içeriği
EF	Emisyon Faktörü
YFTJ	Yükseltgenme Faktörünü
OF	Oksidasyon Faktörünü
FV	Faaliyet Verisi
İ&DK	İletim ve Dağıtım Kayıpları

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin ve tez tamamlama sürecim boyunca her konuda bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, yönlendirmeleri sayesinde oluşturduğum bu çalışmada ilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Elçin GÜNEŞ' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Hayatımın her alanında olduğu gibi tez çalışmam sırasında da anlayışları, sevgi ve sabırlarıyla beni destekleyen sevgili eşim Niyazi AKDUĞAN' a, annem Aysun KUŐÇU' ya, babam Hüseyin KUŐÇU' ya, kardeşim Tayfun KUŐÇU' ya en içten teşekkür ve sevgilerimi iletirim.

Özgül AKDUĞAN

Çevre Mühendisi

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik kavramı İlk kez 1987'de "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" ifadesi tanımı ile Birleşmiş Milletler' in Brundtland Raporunda yer verilmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı geçmişten günümüze birçok farklı alanda farklı boyutlarla ele alınan bir kavramdır. Bu kavramının öneminin anlaşılmasıyla beraber sürdürülebilirlik politikalarının hem devlet hem özel sektör bağlamında da değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu noktada her alana farklı görevler düşmektedir (Önce & Marangoz , 2012).

Uluslararası genel sorunlardan biri de çevresel sorunlardır. Çevresel sorunların çözümü için ülkelerin politikaları, faaliyetleri, kaynakları gibi unsurlar farklılık göstermektedir. Geleneksel işletme yönetimi ile yeşil yönetim arasında ekonomik büyüme, karlılık, sürdürülebilir kalkınma gibi farklar ortaya çıkmaktadır. Geleneksel işletme yönetimi uygulayan işletmelerin oluşturduğu kirlilik ve atık miktarları doğal karşılanırken yeşil yönetim ile yürütülen işletmelerin doğaya uyum, atık miktarlarında azaltma faaliyetleri bulunmaktadır (Önel, 2021).

Sürdürülebilir kaynak ve etkin bir ekonomi geçişine katkı sağlamak amacıyla Yeşil Mutabakat Eylem Planı oluşturulmuştur. Bu eylem planında döngüsel ekonomi, temiz ve güvenli enerji, iyi tarım uygulamaları, sürdürülebilir finansman, akıllı ve yeşil ulaşım, bilinçlendirme faaliyetleri gibi hedeflerle yapılması planlanan eylem başlıkları yer almaktadır (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021).

Kalite kavramlarında ve sera gazı emisyon hesaplamalarında küresel alandaki prensip 'ölçülen kontrol edilir' yönündedir. Bu prensipten yola çıkarak karbon hesaplamalarında kurumları ve sektörlerin ana faaliyetlerini göz önünde bulundurarak şeffaf bir şekilde sunulan envanter çalışmalarıdır. Güvenilir ve gerçekçi envanter çalışmalarının sonuçları alınacak önlemlere ve emisyon miktarlarının azaltılması yönündeki çalışmalara kılavuz olmaktadır (Ahmetoğlu, 2019).

Sera etkisine yol açan ve küresel ısınmanın önemli sorumlusu olarak değerlendirilen karbon ayak izi miktarı, fosil yakıtlar başta olmak üzere bireylerin ve kurumların faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksitin doğrudan veya dolaylı olarak atmosfere yayılan emisyonların hesaplanmasını içerir (Ahmetoğlu, 2019).

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde küreselleşmenin etkisi ile çeşitli çevresel sorunlar uluslararası bir boyut almıştır. Çevresel sorunlara sebep olan başlıca düşünce şekli doğadaki kaynakların kendilerini yenileyebileceği algısıdır. Bu düşünce yapısı çevresel kalite unsurlarını ihmal ederek doğal kaynakların yanlış kullanımına neden olmuştur. Böylece azalan biyoçeşitlilik, iklimsel değişiklikler, çevre kirlilikleri gibi çeşitlenen sorunların eş zamanlı oluşması ile uluslararası çevresel zarara ve ekonomik krize karşı önemlerin alınması zorunluluk ve ivedilik kazanmıştır (Önel, İşletmelerin Yeşil Yönetim Algıları ve Sürdürülebilirlik Bilinci, 2021).

Sera gazı ve küresel ısınmadaki birey ve kurum bazlı karbon payının ölçülebilmesi için karbon ayak izi miktarının belirlenmesi önemli bir hal almıştır. Doğrudan veya dolaylı olarak oluşan ve belirlenmiş bir ortamdaki sera gazının birim karbondioksit cinsine çevrilmesi yoluyla karbon ayak izi miktarı belirlenmektedir (Demirbaş, 2018).

Karbon salınımlarının belirlenmesinde IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü, UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi), ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) 14064 Standardı kılavuz olmaktadır (Binboğa & Ünal, 2018).

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)'nin oluşturduğu uluslararası bir kurumdur (Altınöz & Terzi, 2020). IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) iklim değişikliği alanında uluslararası bir boyutta sosyo- ekonomik çalışmaları ve iklimsel etkilerin yer aldığı bilimsel, teknik çalışmaları değerlendirmektedir. Ayrıca Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) iklim politikaları, iklim değişikliği hakkında bilgiler konularına yönelik teknik değerlendirme veya özel raporlar hazırlamaktadır.

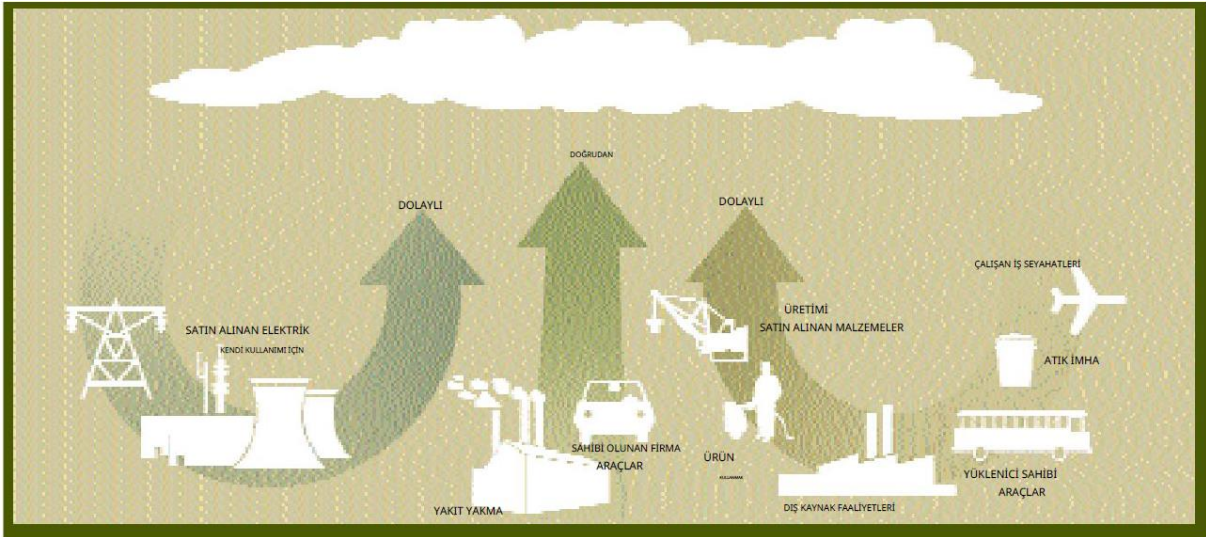
IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) ile “Ulusal Sera gazı Emisyon Envanteri Raporu'ndaki” emisyon faktörleri ve belirsizlikler kullanılarak faaliyet verilerinin faktörler ile çarpılması ile Kapsam 1-2-3 alanlarına göre hesaplanmaktadır. Her bir sera gazının ölçme birimi ton olarak ve uygun GWP (Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli) kullanılarak CO₂ eşdeğer tona çevrilir.

GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü, özel ve kamu sektörü operasyonlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını ölçmek ve yönetmek için kapsamlı küresel standart çerçeveler oluşturmaktadır. Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi (WBCSD) arasındaki 20 yıllık bir ortaklığa dayanan GHG (Sera Gazı

Protokolü) Protokolü, hükümetler, endüstri dernekleri, STK'lar, işletmeler ve diğer kuruluşlarla birlikte çalışmaktadır. Ayrıca GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü şirketlere sera gazı emisyonlarını hesaplamada ve iklim değişikliğini azaltma projelerinin faydalarını ölçmede yardımcı olmak için bir dizi hesaplama aracı geliştirmiştir (Protocol, Greenhouse Gas, 2022).

GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolünde emisyonlar doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılmaktadır. Ayrıca 3 kapsama bölünmüştür. Bunlar kapsam 1, kapsam 2, kapsam 3 şeklinde değerlendirilmektedir (Protocol, Greenhouse Gas, 2022).

Emisyonların faaliyetlerle ilişkisini belirleyebilmek için emisyon kaynakları doğrudan ve dolaylı emisyonlar olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.1.' de kapsamlara ve emisyonlara genel bakışa yer verilmiştir.



Şekil 1. 1. Kapsamlara ve Emisyonlara Genel Bakış

Şekil 1.1.'de de görüldüğü üzere yakıt yakma, sahip olunan firma araçları doğrudan emisyon kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Satın alınan elektrik, üretimi satın alınan malzemeler, dış kaynak faaliyetleri, yüklenici sahibi araçlar, atık imha, çalışan iş seyahatleri dolaylı emisyon kaynakları olarak değerlendirilmektedir.

14064 Standardı, ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) tarafından çıkarılan sera gazlarının azaltılması ve yönetiminin amaçlandığı bir standarttır. Bu standart denkleştirme protokolüdür. Kuruluşun sera gazlarının raporlanması, azaltılması, sera gazı bildirimlerinin doğrulanması ve geçerli kılınması için bir rehber doküman niteliğinde olan standart serisidir (Ahmetoğlu, 2019).

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Sürdürülebilir kalkınma; çevresel, sosyal, ekonomik üç temel yönün olduğunu ve bu unsurlardan birini elde etmek için diğerinden vazgeçme durumunun olmadığı hepsinin birbirleri ile bağlantı halini içerdiğini anlatmaktadır. Sürdürülebilirlik ile çevresel ve sosyal eşitliğin korunması ve geliştirilmesi koşulu ile sosyal ve ekonomik ölçüdeki kalkınmanın da beraber sürdürülebileceği belirtilmektedir (Gedik, 2020).

Sanayi devriminin başlaması ile birlikte insan faaliyetlerinin iklimi etkilediği döneme girilmiştir. Dolayısıyla iklim sorunu, sera gazı salınımları ülkelerin gündem maddeleri arasında yer almaya başlamıştır. Ele alınan gündem maddeleri ile dünyada düşük karbonlu ekonomiye geçmeye yönelik incelemeler ve çalışmalar başlamıştır. Karbondioksit gazının küresel ısınmaya direk etki eden bir gaz olması sebebiyle yapılan çalışmalar karbon ayak izi kavramını ortaya çıkarmıştır (Kumaş, Akyüz, Zaman, & Güngör, 2019).

Bu çalışmada üniversite öğrencilerinin yaşadığı öğrenci yurtlarına ait karbon ayak izinin hesaplanma yöntemlerinin açıklanması ve Trakya'da bulunan bir öğrenci yurdu örnek alınarak yurda ait karbon ayak izinin hesabının yapılması amaçlanmıştır. Karbon ayak izi hesabı için GHG (Sera Gazı Protokolü) protokolünün açık kaynakları kullanılmıştır. Karbon ayak izi tespitinde ısınma değerleri, personelin ve öğrencilerin günlük ulaşım değerleri, toplam elektrik enerjisi tüketimi, personelin kullandığı araçların yakıt türleri gibi ana veriler kullanılmıştır.

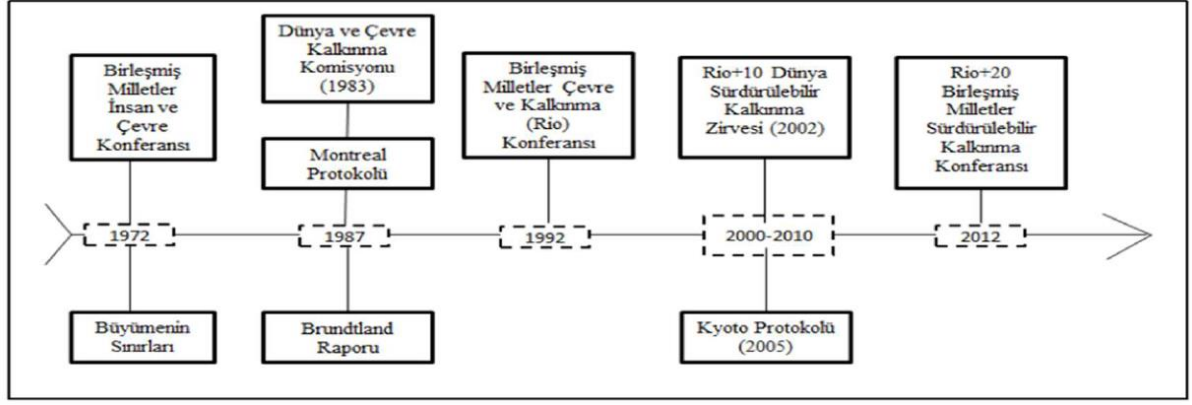
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KARBON AYAK İZİ

2.1 Sürdürülebilirlik Nedir?

Sürdürülebilirlik en genel ve yaygın kullanılan tanımı “Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılması” şeklinde ifade edilerek sürdürülebilir kalkınma amaçlarına odaklanılmasını amaçlamaktadır. Başka bir tanım ile sürdürülebilirlik belli bir seviyede veya oranda tutulabilmesi olarak da ifade edilmektedir. Bu alanda yapılan ilk çalışmalarda doğal kaynakların kullanımı ve yaşam kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş olup ilerleyen süreçte gelecek nesillerin çevre, sosyal ve ekonomik alanlarla olan ilişkileri de sürece dâhil edilmiştir. Sürdürülebilirlik ile aynı zamanda doğal kaynak seviyeleri ekonomik üretim ve tüketimin kontrolünü önemseyen kalkınmayı oluşturmaktadır (Gedik, 2020).

Enerji krizi ve küresel ısınma ülkelerin ortak problemleri arasında yer almaktadır. Bu problemler iklim değişikliği etkileri ile kuruluşların çevresel açıdan sürdürülebilir faaliyetlere olan etkilerini arttırmaya neden olmuştur. Küresel sıcaklık artışını 1.5°C-2°C'ye sınırlamak için Paris Anlaşması kapsamında taahhütte bulunan ülkeler hedeflerine nasıl ulaşacakları yönünde çalışmalar gerçekleştirmektedir. Hedeflenen sıcaklığa ulaşabilmek için 2018 yılında Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) enerji, sanayi, binalar, ulaşım ve şehirlerde köklü değişikliklerin olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu köklü değişiklikler toplumun her alanında geniş kapsamlı ve hızlı değişikliklerin olması yönündedir.

Şekil 2.1.'de de görüldüğü üzere sürdürülebilirlik, ilk olarak 1972 yılında Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansında alınan kararla Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kurulmuştur. Ardından Dünya ve Çevre Kalkınma Komisyonu (1983) ve Montreal Protokolü (1987) 'den sonra Brutland Raporuyla sürdürülebilir kalkınma kabul edilmiştir. 1992 yılında Rio Konferans'ında 21. yüzyılın konusu olarak belirlenmiştir. 2002 yılında Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi ve Kyoto Protokolü (2005) ile küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliğiyle mücadele adımları belirlenmiştir. 2012 yılında Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı yapılmıştır (Özkan & Şahin, 2021).



Şekil 2. 1. Sürdürülebilirliğin Gelişimi

Şekil 2.1.'de de sürdürülebilirlik kavramının gelişimi gösterilmiştir. Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı ile 1972 yılından günümüze kadar sürdürülebilirlik kavramı gelişerek ilerlemiştir.

2.2 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)

Binyıl Kalkınma Hedeflerinin (BKH) devamı olarak kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kimseyi geride bırakmadan herkes için erişilebilecek olan amaçları içermektedir. Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi gündem içeriğinde yer alan 17 sürdürülebilir kalkınma amacı altında 169 hedef yer almaktadır. SKA evrensel ihtiyaçları konu alarak Binyıl Kalkınma Hedeflerinin önüne geçerek geniş kapsamlı kalmaktadır.

SKA evrensel bir şekilde çevresel, sosyal ve ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının yasal bağlayıcılığı bulunmamakla birlikte finansman, ticaret, teknoloji gibi uygulama araçları konusunda da etki dereceleri bulunmaktadır. Bu sebeple hükümetlerin de SKA'yı benimseyerek uygulamaya geçmeleri beklenmektedir. 17 başlıkta toplanan SKA'lar Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)

(T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019), çalışmasında yoksulluğa son vermek için her türlü yoksulluğu sona erdirmek, açlığa son amacıyla açlığı bitirerek beslenmek imkânlarını geliştirmek, sağlıklı bireyler yetiştirmek amacıyla insanların sağlıklı yaşam sürmelerinin sağlanması, nitelikli eğitim amacıyla herkese eşit derecede eğitim imkanı sağlanması, toplumsal cinsiyet eşitliği amacıyla cinsiyet eşitliğini sağlayarak kadınların ve kız çocuklarının toplumsal konumlarını güçlendirmek, temiz su ve sıhhi koşullar amacıyla temiz suyun ve sağlıklı yaşamının sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmesi, erişilebilir ve temiz enerji amacıyla herkes için modern enerji sağlanması, insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amacıyla üretici istihdamı ve insana yakışır işleri sağlamak, sanayi, yenilikçi ve altyapı amacıyla dayanıklı altyapı inşa etmek ve yeni teşviklerde bulunmak, eşitsizliklerin azaltılması amacıyla ülkeler içi ve arasındaki eşitsizliklerin azaltılması, sürdürülebilir şehir ve yaşam alanları amacıyla kentleri ve insan yerleşim yerlerini güvenli, güçlü kılmak, sorumlu tüketim ve üretim amacıyla sürdürülebilir tüketim ve üretimi sağlamak, iklim eylemi amacıyla iklim değişikliği ve etkileri için acil adımların atılması, sudaki yaşam amacı ile sucul yaşamın korunması, karasal yaşam amacı ile karasal ekosistemin korunması, barış, adalet ve güçlü kurumlar amacı ile herkesin adalete erişiminin sağlanması ve her seviyede etkin kurumların

inşa edilmesi, amaçlar için ortaklıklar amacıyla sürdürülebilir uygulama araçlarını güçlendirerek küresel ortaklığın yeniden canlandırılması amaçlanmaktadır.

2.3 Karbon Ayak İzi Nedir?

Bir canlının hayatı boyunca gereksinimlerini sağlayabilmek adına tüketmiş olduğu ya da satın almış olduğu; herhangi bir ürünün ise üretim, kullanım, bertaraf aşamalarını içeren enerjiden meydana emisyolların atmosfere yayıldığı esnada meydana çıkan karbon ve karbon eşdeğeri cinsinden miktarları karbon ayak izini tanımlamaktadır.

Günlük yaşamda gerçekleştirmiş olduğumuz faaliyetlerin doğaya etkisi bulunmaktadır. Gerçekleştirilen faaliyetlerin ölçüsünün ifade edilmesinde karbon ayak izi yol göstericidir. Literatür olarak değerlendirildiğinde karbon ayak izine yönelik çeşitli tanımlar mevcuttur. Tanımlardan biri insan faaliyetleri doğrudan veya dolaylı toplam karbondioksit emisyon miktarıdır. Başka bir tanım küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarındaki karbondioksit gazı emisyonunun absorbe edilebilmesi için gerekli alan miktarıdır. Başka bir tanımda ise gerçekleştirmiş olduğumuz tüketim faaliyetlerimizin küresel ısınmadaki ve doğa üzerindeki payına “karbon ayak izi” denilmektedir. Sera gazları arasında karbondioksit miktarının ele alınmasındaki sebep, diğer sera gazlarına ait kapasite ölçümlerinde yeterli bilginin sağlanmasında zorluk yaşanmasıdır. Bu nedenle sera gazı hesaplamalarında karbondioksit eşdeğerliğine çevrilerek bazı çalışmalar yapılmıştır.

Karbon ayak izi doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) olarak değerlendirilmektedir. Ulaşım, fosil yakıtların tüketimi, evsel enerji kullanımları doğrudan kullanım olarak değerlendirilmektedir. Dolaylı kullanımda ise yaşam döngüsündeki ürünlerin imalatından bozulmalarına kadar olan salınım miktarlarıdır. Karbon ayak izinin kategorilerce değerlendirilmesi kaynak takibinde ve sürdürülebilirlik yaklaşımında destekleyici olmaktadır. Bireyler ve kurumlar sorumluluk alanlarını belirleyerek küresel durumları Kyoto protokolü ile belirlenen emisyon salınım standartları ile değerlendirebilmektedir. Böylece emisyon salınımlarını farklı ülkelerle karşılaştırarak etkili çözümler bulma fırsatını yakalamaktadırlar (Yaka, Koçer, & Güngör, 2015).

(Druckman & Jackson, 2010), İngiltere’deki hanelerin karbon ayak izinin araştırılması; çalışmasının da altında yatan varsayım, karbon emisyonlarının haneler tarafından satın alınan tüm mal ve hizmetlerle ilişkili olmasıdır. Karbon ayak izinin iki temel bileşeni vardır: Bileşenlerden biri, alan ısıtma, sıcak su ve aydınlatma gibi doğrudan enerji kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarıdır. Diğer bileşenler, haneler tarafından satın alınan mal ve

hizmetlerin üretimi ve dağıtımında tedarik zincirlerinde ortaya çıkan emisyonlar olan “gömülü” veya “dolaylı” karbon emisyonlarıdır.

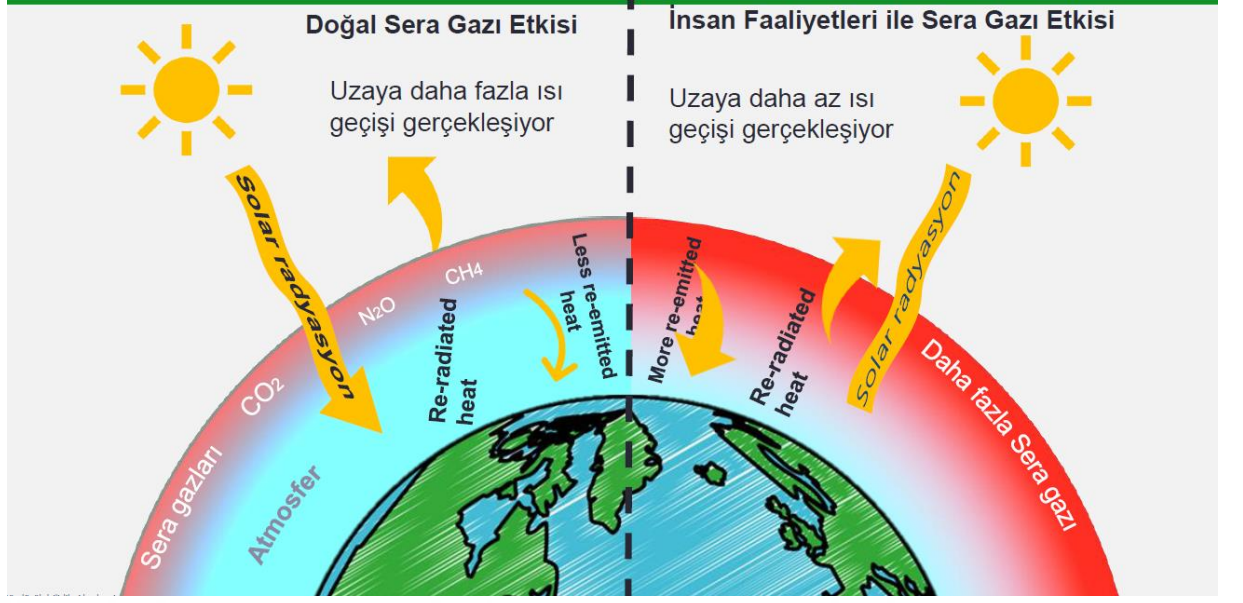
(Özsoy, 2015), çalışmasında da kullanılan karbon ayak izi, kaynak kapasitesi miktarı arasında önemli bir farkındalık sağlamıştır. Karbon ayak izi, yaşam döngüsünün her aşamasından ortaya çıkan karbondioksit salınımının ölçüsüdür. Doğrudan karbon ayak izi fosil yakıtların yanmasından, dolaylı karbon ayak izi ise yaşam döngüsündeki tüm ürünlerin karbondioksit emisyonlarının ölçüsüdür. Fosil yakıtların yenilenebilir olmaması, tutuştuğlarında açığa çıkan karbondioksit gazı emisyon salınımlarını etkilemektedir. Aynı zamanda ithal edilen ve yurt içindeki karbon miktarlarını da içermektedir. Atmosferde biriken karbondioksit gazı iklim değişikliğinin yanı sıra okyanusların asitlenmesi gibi sorunları da ortaya çıkarmaktadır.

Karbon ayak izi çoğunlukla hayatımızın her alanındaki süreçlerde izlenebilir olduğu için iklim değişikliğindeki etkilerin ölçülebilmesi mümkün hale gelmiştir (Südaş & Özeltürkay, 2015).

2.4 Sera Gazı ve Sera Gazı Emisyonları

Küresel bir sorun olan iklim değişikliği sera gazlarının insan kaynaklı faaliyetlerle artması sonucunda iklim sisteminde ve ekosistemde gerçekleşen değişiklikleri ifade etmektedir. Bu durumun bir sebebi de artan enerji kullanımı, fosil yakıtların fazla kullanılması, ulaştırma ve sanayideki sera gazı miktarlarının artmasıdır.

Şekil 2.3.'te sera etkisi ve sera gazlarına yönelik doğal sera gazı etkisi ve insan faaliyetleri ile sera gazı etkisine yönelik ısı geçişleri gösterilmiştir. Kyoto Protokolü'nde belirtilen ve GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü Kurumsal Hesaplama ve Raporlama Standardı tarafından da karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azotoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), sülfürheksaflorür (SF₆) ve azottriflorür (NF₃) gazlarının küresel ısınmadaki kapasitelerinin ölçümlenebilmesi gerekmektedir. Her gazın küresel ısınmaya etkisinin kapasitesi farklıdır. Sadece karbondioksitin küresel ısınmanın üçte ikisinden sorumlu olacağı beklenmektedir.



Şekil 2. 3. Sera Etkisi ve Sera Gazları

Çizelge 2.1.'de küresel sera gazı emisyonları, emisyonların kaynakları, küresel ısınma potansiyeli ve atmosferde kalma ömürlerine yer verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi işletmeler sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve iklim değişikliğine etkilerini minimuma indirebilmek için önemli ölçüde artan baskılarla karşılaşacaklardır. Bu sebeple işletmeleri etkilemesi beklenen sorunlar ve riskler arasında daha sıkı yasal düzenlemeler, hükümet taahhütleri, artan operasyonel maliyetler ve değişen tüketici değerleri yer almaktadır. Pek çok işletme, karbon ayak izleri üzerinde daha fazla incelemeye tabi tutulacaktır ve pazarda rekabetçi kalmak için karbon hesaplaması, yönetim politikaları ve stratejileri geliştirmek zorunda kalacaktır. Karbon emisyonunun hesaplanması ile hükümet yönetmeliklerine uygunluk sağlanması, sera gazı risklerini anlamak ve yönetmek, sera gazı maliyetlerini ve tasarruf fırsatlarının belirlenmesi, sera gazı emisyonları hakkında müşteri taleplerinin karşılanması, kuruluşların iklim değişikliği üzerindeki etkilerini anlamak ve azaltmaya yönelik çözümlerin bulunması şeklinde faydaları vardır (Quickcarbon, 2019).

Çizelge 2. 1. Küresel Sera Gazı emisyonları hakkında bilgiler

Küresel Sera Gazı Emisyonları	Kaynakları	Küresel Isınma Potansiyeli	Atmosferde Kalma Ömrü
Karbondioksit (CO₂)	Elektrik ve ısı üretimi, sanayi, ulaştırma, binalarda fosil yakıtların yanması, Elektrik ve ısı üretimi, sanayi, ulaştırma, binalarda fosil yakıtların yanması, arazi kullanımı ve ormancılık	1	-
Metan (CH₄)	Kömür çıkarma, işleme ve taşıma, hayvancılık, atık depolama	28	12 yıl
Azot oksit (N₂O)	Tarımda kullanılan suni gübreler	265	114 yıl
Perflorokarbonlar (PFCs)	Alüminyum ve yarı iletken üretimi	6.630 – 11.100	2.600 – 50.000 yıl
Hidroflorokarbonlar (HFCs)	Soğutucu gazlar, yangın söndürücüler, aerosoller, solventler	4 – 12.400	1- 270 yıl
Sülfürheksaflorür (SF₆)	Magnezyum işleme, kesiciler, trafolar	23.500	3.200 yıl
Azot triflorür (NF₃)	Yarı iletken üretimi, güneş panelleri, düz TV ekranları, dokunmatik ekranlar ve elektronik işlemcilerin üretimi	16.100	740 yıl

2.5 Çeşitli Üniversite, Kampüs ve Öğrenci Yurtlarında Sürdürülebilirlik Çalışmaları

Öğrenci yurtları, öğrencilerin eğitim süreçleri boyunca konakladıkları yerlerdir. Üniversiteler ise üst seviyede eğitim verilen, araştırma yapılan ve bilgi üretilen kurumlardır (Vikipedi, 2022).

(Medine, 2015), çalışmasında Filipinlerdeki bir devlet üniversitesindeki öğrencilerin ekolojik ayak izinin tespiti yapılmıştır. Küresel ayak izi ağı tarafından oluşturulan web tabanlı bir programda katılımcıların kişisel ekolojik ayak izini hesaplamak için gereken veriler anket

sistemi kullanılarak toplanmıştır. Bu durum sosyo-demografik değişkenlerden kaynaklanan önyargıları azaltmak için yapılmıştır. Daha sonra bağımsız gruplar için t- testi kullanılarak iki öğrenci grubu arasında emisyon faktörü karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar, kampüs dışında yaşayanların kampüs sakinlerinden önemli ölçüde daha yüksek ortalama emisyon faktörüne sahip olduğunu göstermiştir. Farklılıklar çoğunlukla ulaşımdan ziyade gıda tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonuçlar kampüs içinde yaşamanın ekolojik olarak üniversite öğrencileri için sürdürülebilir bir seçenek olduğunu göstermektedir. Sadece öğrencilerin rahatlığı için değil aynı zamanda emisyon faktörlerini azaltmak için ek yurtlar/konutlar inşa edilmesi tavsiye edilmiştir. Ayrıca, öğrenciler arasında motorlu seyahati azaltan diğer ilgili programlarla birlikte kampüs içinde yürüme teşvik edilmiştir.

(Koç, 2014), çalışmasında farklı üniversitelerin kantinde kullanılan yiyecekler, personel lojmanları, kampüs binalarının sürdürülebilirliği gibi çeşitli göstergeler değerlendirmiştir. Göstergelerin sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretimi ve atıksu arıtma tesisleri bulunmamaktadır. Altyapı gerektiren ve ekonomik maliyet gerektiren göstergeler nadiren uygulanırken geri dönüşüm ve verimlilik gibi diğer göstergelerde kaynak tüketimi tercih edilmektedir. Yenilenebilir enerji üretimi, atıksu geri dönüşümü gibi zorlu göstergeler ve yağmur suyu yönetimi üniversite gelişimindeki planlarda odaklanmamıştır. Çalışmada bu çözümlerin çevresel bozulma için ana çözümler olduğuna değinilmiştir. Çalışmada ayrıca bir diğer önemli sorunun yeşil binalar olduğu belirtilmiştir. Çoğu kampüsün kurulduğundan beri enerji maliyetlerinin ucuz ve çevre kirliliğinin tehdit edici boyutta olmadığı, fakat bugün mevcut yapı stokunun daha verimli bir şekilde dönüştürülmesi gerektiği belirtilmiştir. Ulaşım olarak alternatif araçlar ve kampüste bisiklet tesislerinin iyileştirilmesi gerektiği ve atıksu geri dönüşümünün ihmal edilen bir madde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yağmur suyu yönetiminin nadir olarak kullanılan bir yöntem olduğuna değinilmiştir.

(Li, Tan, & Rackes, 2014), çalışmasında karbon ayak izini, bir faaliyete, sürece, organizasyona veya varlığa atfedilebilecek ve yayılan GHG (Sera Gazı Protokolü)'lerin toplamı olduğunu belirtmişlerdir. Toplam emisyonlar, tüketilen elektrik, ulaşım, hava yolculuğu, kurye gönderileri, tüketilen kağıt ve katı atık işlemleri gibi yedi şekilde kategorize edilmiştir. Yapılan araştırmalar ile hem öğrencilerin bireysel olarak hem de üniversitenin bütün olarak odaklanabileceği bir kampüs iyileştirme planı önerilmiştir. Bu çalışmada bir öğrencinin ortalama kişisel karbon ayak izini tahmin etmek için metodoloji geliştirilmiştir. Mevcut bilgilerin kısıtı ve belirsizliği göz önüne alındığında öğrencilerin enerji tüketim kalıpları, davranış eğilimleri ve enerji tasarrufuna katılmak isteklerini belirlemek için çevrimiçi yapılandırılmış bir anket oluşturularak uygulanmıştır. Kamu hizmet verileri ve emisyon

hesaplamaları ile birlikte anket yanıtları, ortalama yıllık karbon ayak izinin öğrenci başına 3,84 ton CO₂ eş değeri olduğunu ve bunun %65'inin günlük yaşama, %20'sinin ulaşım ve %15'inin akademik faaliyetlere bağlı olduğu tespit edilmiştir. İlk üç bireysel kullanım; yemek yeme %34, duş alma %18 ve yurt elektrik yükleri %14 olarak belirlenmiştir. Bu analizlerin toplam emisyonları azaltmada en etkili olacak öğrenci davranış değişikliklerini belirlemeye yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Ankete katılanların yüzde 87'sinin enerji tasarrufu davranışı sergilediklerini söylediği, ancak yalnızca yüzde 22'sinin kullanmadığı elektronik cihazları kapattığını bildirdiği göz önüne alındığında bilinçlendirme kampanyaları etkili olabileceği belirtilmiştir.

(Medina & Belcena, 2018), bir üniversitenin çevresel etkisini karbon emisyonlarıyla ölçülmesi çalışmasında Central Mindanao Üniversitesi'nin çevresel etkisini belirlemek için bir karbon emisyon envanteri yapılmıştır. Yakıt kullanımı, tarımsal üretim, elektrik tüketimi, gıda alımları ve seyahat gibi karbon emisyon kaynaklarından elde edilen veriler üniversitenin çeşitli ofislerinden toplanmıştır. Çalışmada tarımsal üretimin Central Mindanao Üniversitesi'ndeki birincil karbon emisyon kaynağı olduğu ortaya konulmuştur. Bunu elektrik tüketimi takip etmiştir. Pirinç ekiminde metan üretiminin en aza indirilmesine yol açan bitkisel üretimlerdeki teknolojik müdahalelerin yanı sıra, üniversitenin karbon emisyonlarını azaltmak için bir sonraki en iyi seçeneğin enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji üretimi seçenekleri olduğu belirtilmiştir.

(Sippel, Meyer, & Scholliers, 2018), çalışmasında öğrencilerin karbon etkilerine ilişkin çok az ön bilgiye sahip oldukları tespit edilmiştir. Katılımcıların yalnızca %14'ünün daha önce karbon ayak izinin hesaplandığı ve çoğunun tüketiminin temel unsurlarını bilmedikleri belirtilmiştir.

Literatür incelemesinden de görüldüğü gibi öğrenci yurtlarında karbon ayak izi hesaplamalarına ait yöntemler belirlenerek analizlerin gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Yenilenebilir kaynakların kullanımının ve bireysel farkındalıkların artırılmasının ortak sonuçlardan bir kısmı olduğu anlaşılmıştır.

3. MATERYAL-METOT

Bu çalışmada Trakya’da bulunan bir öğrenci yurdunun sürdürülebilirlik ekseninde karbon ayak izi hesaplanmıştır.

Karbon ayak izi, bireylerin küresel ısınmadaki kişisel payının bir ölçüsü veya göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Sera gazlarının karbondioksit eşdeğeri olarak çevrilmesi ve karbondioksitin sera gazları içindeki payının yaklaşık %82 ile en yüksek oranı oluşturması nedeniyle genel olarak karbon ayak izi olarak ifade edilmektedir. Bu kapsamda, insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen sera gazı emisyonlarının ölçülerek dengelenmesi için gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır (Binboğa & Ünal, 2018).

Öğrenci yurduna ait karbon ayak izi belirlenirken GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü’nün açık kaynakları kullanılmıştır. GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü, özel ve kamu sektörü operasyonlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını ölçmek ve yönetmek için kapsamlı küresel standart çerçeveler oluşturmaktadır (Protocol, Greenhouse Gas, 2022).

Karbon ayak izi tespitinde 2021 yılına ait toplam elektrik enerjisi tüketimi, ısınma değerleri, personelin ve öğrencilerin günlük ulaşım değerleri, personelin kullandığı araçların yakıt türleri gibi ana veriler baz alınmıştır. Verilere uygun emisyon faktörleri belirlenerek toplam tüketim miktarları (yıllık, aylık vb.) ile emisyon salınımları hesaplanmıştır. Çizelge 3.1’de emisyon salınımına etki eden 2021 yılına ait ana veriler belirtilmiştir.

Çizelge 3. 1. Öğrenci Yurduna ait Emisyon Salınım Verileri

Emisyon Kaynakları	Öğrenci Yurdu
Öğrenci Sayısı	400
Personel Sayısı	28
Personel Araç Sayısı	14 adet
Personel Araçlarının Yakıt Türü	Benzin, Dizel
Günlük Minibüs Sefer Sayısı	25 – 30 / gün
Isınma amaçlı kullanılan yakıt türü	Fuel oil
Elektrik Tüketimi	117.892, 23 kWh
Öğrenci Yurdunun Merkeze Uzaklığı	5 km

Çizelge 3.1’de de görüldüğü üzere emisyon salınım verileri olarak öğrenci sayısı, personel sayısı, personel araç sayısı, personel araçlarının yakıt türü, günlük minibüs sefer sayısı, ısınma amaçlı kullanılan yakıt türü, elektrik tüketimi, öğrenci yurdunun merkeze uzaklığına ait verilere yer verilmiştir.

3.1 Kapsamlara Göre Sera Gazı Emisyonları

Doğrudan ve dolaylı emisyonlar 3 başlık altında Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3 olmak üzere kategorize edilmektedir. 3.1.1. , 3.1.2. , 3.1.3. başlıklarında detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Bu çalışmada doğrudan ve dolaylı emisyon kaynaklarından Kapsam 1 ve Kapsam 2 değerlendirilmiştir.

3.1.1 Kapsam 1: Doğrudan GHG Emisyonları

Bir kuruluşun sahip olduğu veya kontrol ettiği sera gazı kaynaklarından salınan sera gazı emisyonudur. Mobil yanma, sabit yanma, kaçak emisyonlar örnek olarak gösterilebilmektedir (Ahmetoğlu, 2019).

Sabit Yanma için sera gazı emisyon hesaplamada kullanılan denklem (3.1) aşağıda belirtilmiştir:

$$EM = \text{Yakıt} \times \text{HHV} \times \text{EF} \quad (3.1)$$

$$EM = \text{Yayılan CO}_2 \text{ kütlesi}$$

Yakıt =Yakılan yakıtın kütlesi veya hacmi

HHV = Yakıt kütlesi veya hacmi başına enerji birimi cinsinden yakıt ısı içeriği

EF = Enerji birimi başına CO₂ emisyon faktörü

Mobil Yanma (Benzin) için sera gazı emisyon hesaplamada kullanılan denklem (3.2) aşağıda belirtilmiştir;

$$E \text{ tCO}_2 = (((\text{BOYkg/m}^3 \times \text{BK}\ell/\text{yıl}) \times 10^{-3}) \times (\text{EFkgCO}_2/\text{TJ} \times 10^{-3}) \times \text{YF TJ} \times \text{OF}) \times 10^{-3} \quad (3.2)$$

E tCO₂ = Toplam benzin emisyonunu

BOYkg/ m³ = Benzin ortalama yoğunluğu (Benzini litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı)

BKℓ/yıl = Yıllık benzin kullanım miktarını (litre cinsinden yıllık)

10⁻³ = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını

EFkg CO₂/TJ = Emisyon Faktörünü

YFTJ = Yükseltgenme Faktörünü

OF = Oksidasyon Faktörünü

10⁻³ = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

Mobil Yanma (Mazot) için sera gazı emisyon hesaplamada kullanılan denklem (3.3) aşağıda belirtilmiştir:

$$E \text{ tCO}_2 = (((\text{MOY kg/m}^3 \times \text{MK}\ell/\text{yıl}) \times 10^{-3}) \times (\text{EFkgCO}_2/\text{TJ} \times 10^{-3}) \times \text{YF TJ} \times \text{OF}) \times 10^{-3} \quad (3.3)$$

E t CO₂ = Toplam mazot emisyonunu,

MOYkg/m³ = Mazot ortalama yoğunluğunu (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı)

MKℓ/yıl = Yıllık mazot kullanım miktarını (litre cinsinden yıllık)

10⁻³ = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını

EF kgCO₂/TJ = Emisyon Faktörünü

YFTJ = Yükseltgenme Faktörünü

OF = Oksidasyon Faktörünü

10⁻³ = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

3.1.2 Kapsam 2: Elektrik Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

Tüketilen, satın alınan elektrikten kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. (Ahmetoğlu, 2019)

Elektrik için sera gazı emisyon hesaplamada kullanılan denklem (3.4) aşağıda belirtilmiştir:

$$E \text{ tCO}_2 = ((FV \text{ kWh/yıl} \times EF \text{ kgCO}_2/\text{kWh} \times \text{İ\&DK}\%) + (FV \text{ kWh/yıl} \times \text{kgCO}_2/\text{kWh})) \times 10^{-3} \quad (3.4)$$

$E \text{ tCO}_2$ = Emisyon ton karbondioksit miktarını,

FV = Faaliyet Verisi (kWh/yıl) yıllık tüketilen toplam elektrik miktarını,

EF = Emisyon Faktörünü (kgCO₂/kWh)

İ&DK = İletim ve Dağıtım Kayıpları

10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını göstermektedir.

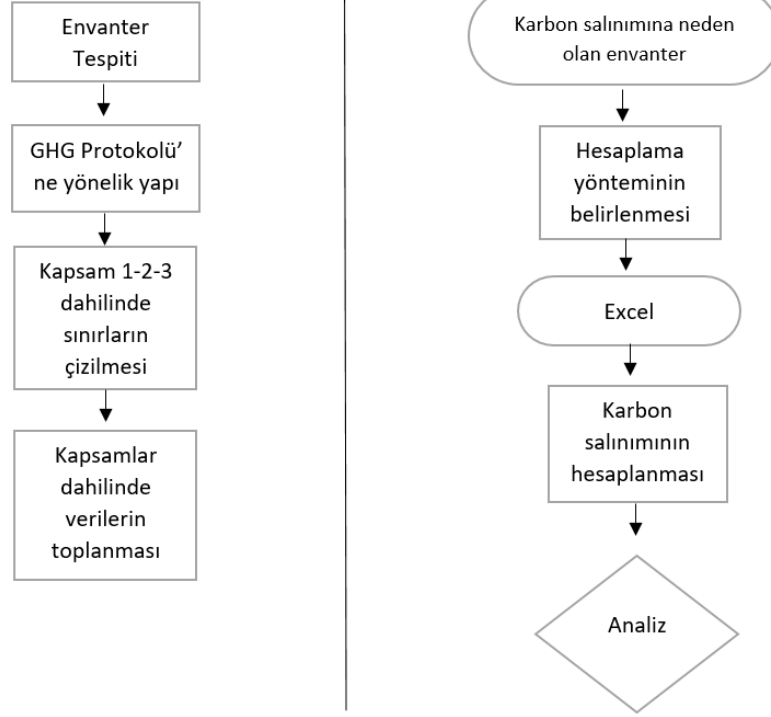
3.1.3 Kapsam 3: Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

Bir kuruluşun faaliyetlerinin bir sonucu olarak başka kuruluşların sahip olduğu veya kontrol ettiği kaynaklarından ortaya çıkan sera gazı emisyonlarıdır. İş seyahati, yukarı yönde taşıma ve dağıtım örnek olarak gösterilebilmektedir (Ahmetoğlu, 2019).

Bu çalışmada incelemesi gerçekleştirilen öğrenci yurdunda Kapsam 3 kategorisine uygun veri olmadığı için değerlendirilmemiştir. Karbon emisyonları sera gazlarından karbondioksit, metan, azot dioksit ölçü biriminin karbondioksit eş değeri kullanılmıştır.

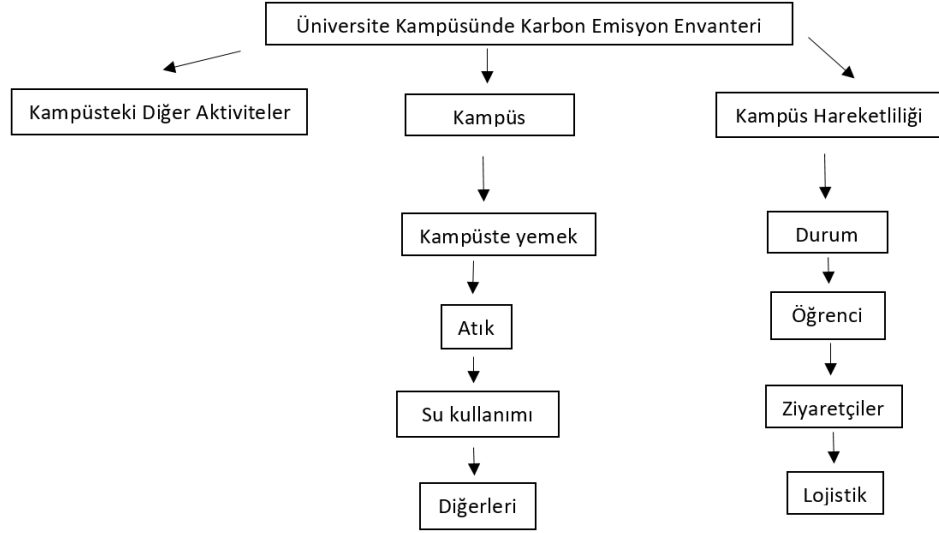
3.2 Faaliyetin Sınırları

Trakya' da bulunan bir öğrenci yurdunda faaliyetin sınırlarına ait karbon ayak izi hesaplamasında yürütülen faaliyetlerin kapsamına göre envanter çalışmasının sınırları belirlenmiştir. Bu sınırlar çerçevesinde faaliyetler doğrudan ve dolaylı emisyon kaynakları olarak sınıflandırılmıştır. Faaliyetin sınırları belirlendikten sonra hesaplamalara kadar süren aşama Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Faaliyetin Kapsamı

Şekil 3.1.'de de görüldüğü üzere faaliyetin kapsamı belirlenirken öncelikli olarak envanter tespiti yapılmaktadır. Envanter tespiti yapıldıktan sonra hesaplama yöntemi belirlenmektedir. Bu çalışmada GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolüne yönelik yapı seçilmiştir. Kapsamlar dahilinde sınırlar oluşturulurken GHG (Sera Gazı Protokolü) Protokolü'nün açık kaynakları kullanılarak excel hesaplaması yapılmıştır. Kapsamlar dahilinde toparlanan veriler doğrultusunda analiz gerçekleştirilmiştir. (Zayit, Song, Ghengare, & Gao, 2021), çalışmasında da faaliyet alanının belirlenmesinde Şekil 3.2.' de görüldüğü üzere kampüsteki karbon emisyonları kaynak sistemi ve sınıflandırılması gösterilmiştir. Karbon emisyonu muhasebe işlemlerinde belirlenen ana faaliyetler Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. Kampüste Karbon Emisyonları Kaynak Sistemi ve Sınıflandırılması



Şekil 3. 3. Tianjin Üniversitesi' nin Karbon Emisyon Muhasebesi

3.3 Veri Analizi

Emisyon kaynaklarına ait toplanan doğrudan ve dolaylı emisyon kaynakları verileri ve sera gazı emisyonlarına ait bilgiler kapsamına göre aşağıda paylaşılan Çizelge 3.2. , Çizelge 3.3. , Çizelge 3.4.'te belirtilmiştir.

3.3.1 Emisyon Kaynakları Kapsam 1

Emisyon kaynaklarından kapsam 1 de yer alan sabit yanma; elektrik, buhar, ısı veya güç üretmek için bir tesisteki yakıt tüketimini içerir. Fosil yakıtların doğal gaz kazanları, dizel jeneratörler ve diğer ekipmanlar tarafından yakılması, atmosfere karbondioksit, metan ve azot oksit yayar. Sabit yanmadan kaynaklı emisyon verilerine ait başlıkları Çizelge 3.2.'de

verilmiştir. Çizelge 3.2.'de de görüldüğü üzere sabit yanmadan kaynaklı emisyon verileri yakıt türü, yakıt tipi, kullanım birimleri değerlendirilerek hesaplanmıştır.

Çizelge 3. 2. Sabit Yanmadan Kaynaklı Emisyon Verileri

Emisyon Verileri

1. Yakıt Türü

2. Yakıt Tipi

3. Kullanım Birimleri

Çizelge 3. 3.'de de görüldüğü üzere sabit yanma için kullanıcı tarafından 2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Yakıt olarak fuel oil ton biriminden değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 3. Sabit Yanma için Kullanıcı Tarafından Sağlanan Veriler

Tesis Kimliği	Öğrenci Yurdu Isınma
Yıl	2021
Yakıt	Fuel oil
Yakıt Miktarı	97
Birim	ton

Çizelge 3.4.'te de görüldüğü üzere mobil yanmadan kaynaklı emisyon verileri değerlendirilirken her aracın kullandığı toplam yakıt, her aracın kat ettiği toplam mesafe ve her aracın yakıt verimliliği değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 4. Mobil Yanmadan Kaynaklı Emisyon Verileri

Emisyon Verileri

1. Her Aracın Kullandığı Toplam Yakıt

2. Her Aracın Kat Ettiği Toplam Mesafe

3. Her Aracın Yakıt Verimliliği

Çizelge 3.5.'de mobil yanma için kullanıcı tarafından 2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Yakıt kaynağı olarak benzin ve dizel litre biriminden değerlendirilmiştir. Araç tipi olarak binek araçlar, motosikletler, minibüslerin aktifite tutarı belirlenmiştir.

Çizelge 3. 5. Mobil Yanma için Kullanıcı Tarafından Sağlanan Veriler

Yıl	2021
Tanım	Öğrenci Yurdunda Araçlardan Kaynaklı Mobil Yanma
Tesis Kimliği	Öğrenci Yurdu Araçlar
Aktivite Tipi	Yakıt Kullanımı
Yakıt Kaynağı	Benzin, Dizel
Araç Tipi	Binek Araçlar, Motosikletler, Minibüs
Aktivite Tutarı (toplam)	50.400 km
Yakıt Miktarı Birimi	Litre

3.3.2 Emisyon Kaynakları Kapsam 2

Emisyon kaynaklarından Kapsam 2’de yer alan satın alınan elektrik; yerel işletmeden satın alınan (yerinde yakılmayan) elektrik ve diğer enerji kaynaklarıdır. Bu kapsamda değerlendirmek için elektrik, buhar ve soğutulmuş veya sıcak su örnek gösterilebilmektedir. Bu enerjiyi üretmek için kamu hizmetleri, süreçte karbon dioksit, metan ve azot oksit yayan kömür, doğal gaz ve diğer fosil yakıtları yakar. Satın alınan elektrikten kaynaklı emisyon verilerinin başlıkları Çizelge 3.6.’da gösterilmiştir. Çizelge 3.6.’da da görüldüğü üzere satın alınan elektrik kaynaklı emisyon verileri enerji kaynağı, enerji kullanımı, birimler şeklinde değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 6. Satın Alınan Elektrik Kaynaklı Emisyon Verileri

Emisyon Verileri
1. Enerji Kaynağı
2. Enerji Kullanımı
3. Birimler

Çizelge 3.7.’de de satın alınan elektrik için kullanıcı tarafından 2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Hesaplama yaklaşımı olarak satın alınan elektrik kapsamında kWh biriminde elektrik tüketim miktarı değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 7. Satın Alınan Elektrik için Kullanıcı Tarafından Sağlanan Veriler

Yıl	2021
Tesis Kimliği	Öğrenci Yurdu Elektrik
Elektrik Tüketim Miktarı	117.892,23
Birim	kWh
Hesaplama Yaklaşımı	Satın Alınan Elektrik



4. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Materyal ve metot kısmında anlatılan incelemeler doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

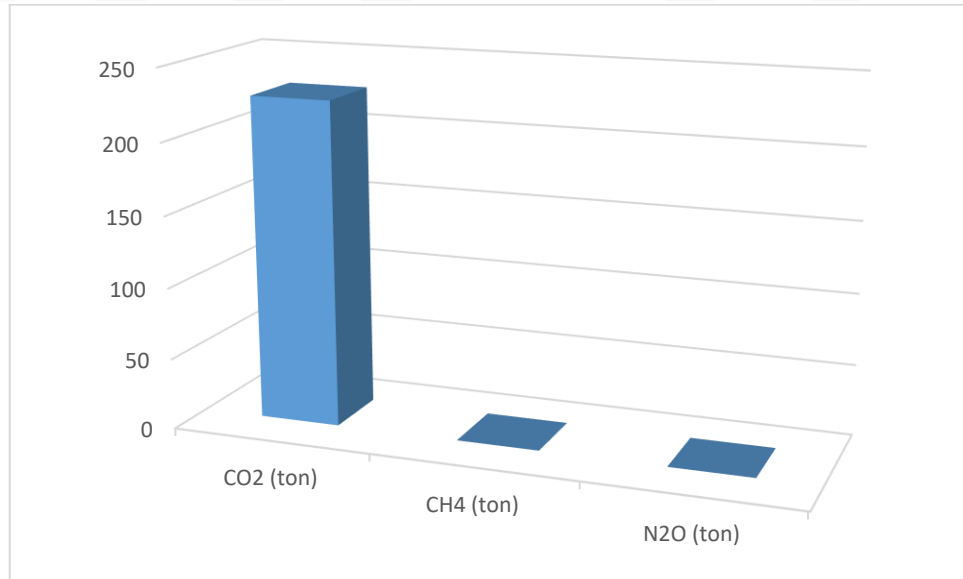
4.1 Kapsam 1: Doğrudan GHG Emisyonları

2021 yılı sabit yanmadan kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 228,042 tCO₂e olarak, mobil yanmadan kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 13,743 tCO₂e olarak hesaplanmıştır.

Öğrenci yurdunda ısınma amaçlı tüketilen yıllık toplam fuel oil miktarı Materyal-Metot kısmında Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Bu değerler dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonrası fuel oilden kaynaklı oluşan salınım miktarı Çizelge 4.1.'de yer almaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda Şekil 4.1.'de yer alan sera gazı emisyonuna ait dağılımda karbondioksit emisyonlarının dağılımının metan, azot dioksit emisyon dağılımından fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 1. Sabit Yanmadan Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

CO ₂ (ton)	CH ₄ (ton)	N ₂ O (ton)	CO ₂ e (ton)	EF (kgCO ₂ e/ton)
227,107	0,0115478	0,0023096	228,042	59,243



Şekil 4. 1. Sabit Yanmadan Kaynaklı Sera Gazı Emisyonuna ait Dağılım

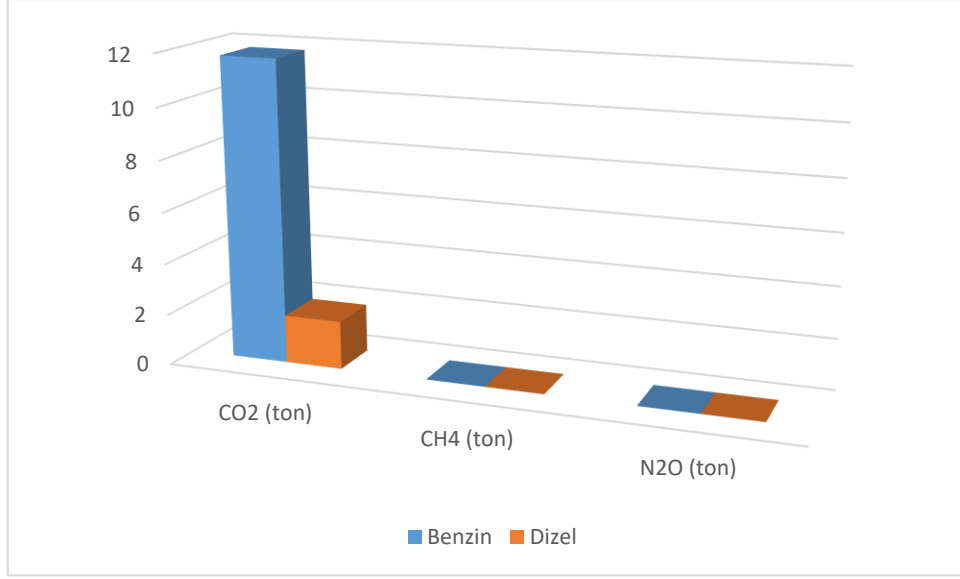
Araç tipi ve yakıt kaynağına ait bilgiler Çizelge 3.5.'de verilmiştir. Bu verilere göre binek araç, motor, minibüs araç tipinde benzin ve dizel yakıt ile çalışan araçlardan kaynaklı karbon salınım miktarı Çizelge 4.2.'de yer almaktadır. Yakıt tüketimi olarak benzin, dizel karşılaştırılmasında benzinin karbon salınımının dizeldeki salınımdan daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 2. Mobil Yanmadan Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Araç Tipi	Yakıt	CO ₂ (ton)	CH ₄ (ton)	N ₂ O (ton)	CO ₂ e (ton)	EF (kgCO ₂ e/ton)
Binek Araç	Benzin	1,629	0,000072	0,000015	1.635	8,812
Binek Araç	Dizel	1,895	0,000002	0,000004	1.896	10,216
Motor	Benzin	1,100	0,000421	0,000043	1.123	8,966
Minibüs	Benzin	9,052	0,000272	0,000110	9.089	8,816

Emisyon kaynaklarından Kapsam 1'de yer alan mobil yanma, öğrenci yurdunda çalışan personelin ve öğrencilerin ulaşımda kullandığı araçların yakıt tüketimini içerir. Araçlarda (arabalar, kamyonlar, uçaklar ve tekneler dahil) fosil yakıtların yanması atmosfere karbondioksit, metan ve azot oksit yayar. Şekil 4.2.'de fosil yakıtların yanması sonucu oluşan emisyon dağılımlarına yer verilmiştir. Araçların emisyon faktörleri değerlendirildiğinde yakıt tipi dizel olan aracın en yüksek emisyon faktörüne sahip olduğu görülmektedir. Trafik kaynaklı partiküler madde emisyonları benzin ve dizel olarak incelendiğinde dizel araçlardan kaynaklanan partiküler maddeler 20 – 130 nm, benzinli araçlarda ise 20 - 60 nm arasındaki partiküllerden kaynaklanmaktadır. Dizel araçlar benzinli araçlara kıyasla daha fazla partikül madde oluşturmaktadır. Bu sebeple çevresel kirlilik etkisi yüksektir (Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği, 2022).

(Çetin & Ergüder, 2020), çalışmasında da il içerisinde hesaplanan emisyon değerleri incelendiğinde benzin, dizel karşılaştırılmasında en yüksek değer dizelden kaynaklı emisyon değeri olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 2. Mobil Yanmadan Kaynaklı Sera Gazı Emisyonuna ait Dağılım

(Samara, Ibrahim, Yousuf, & Armour, 2022), çalışmasında da üniversite filosu 2018 – 2019 akademik yılında toplam 40 araç (araba, otobüs, kamyonet ve forkliftler) kullanılmıştır. Her araç türü dahil olmak üzere toplam 352 tCO_{2e} (toplam emisyonların %0,37'si) olarak tespit edilmiştir. Otobüsler 205,38 tCO_{2e} değeri ile en yüksek emisyon oranına sahiptir. Bunun nedeni sadece öğrenciler tarafından yurtlara gidip gelmek için kullanılmadıkları yakın kampüslerden de ulaşımda kullanım sağlamasıdır. Bir sonraki en yüksek katkı sağlayan araçlar ortak kullanım amacıyla kullanılan otomobillerdir.

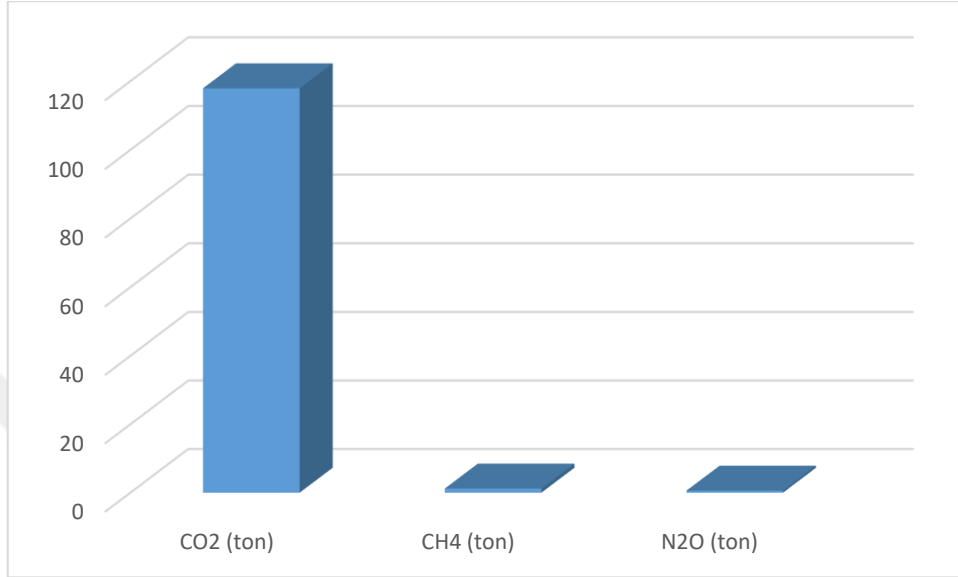
4.2 Kapsam 2: Elektrik Dolaylı Sera Gazı Emisyonları

2021 yılı elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 307,109 tCO_{2e} olarak gerçekleşmiştir.

Öğrenci yurdunun 2021 yılına ait toplam elektrik tüketim miktarı Çizelge 3.7.'de verilmiştir. Buna göre elektrik tüketiminden kaynaklı oluşan salınım miktarı Çizelge 4.3.'te yer almaktadır. Şekil 4.3.'te elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı dağılım ağırlıklarına yer verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi karbondioksit emisyon miktarının payı elektrik tüketiminde fazla olduğu görülmektedir.

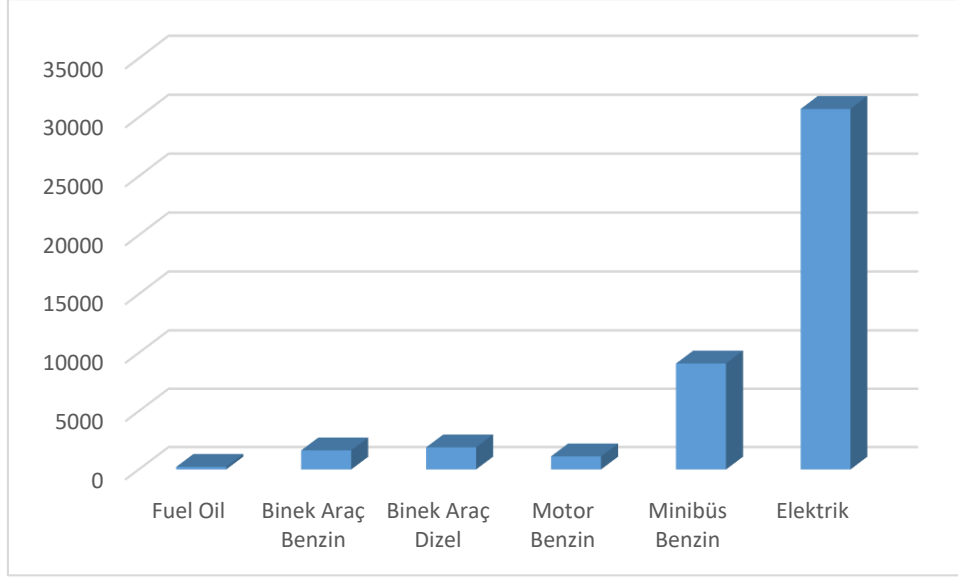
Çizelge 4. 3. Satın Alınan Elektrik Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

CO₂ (ton)	CH₄ (ton)	N₂O (ton)	CO₂e (ton)	EF (kgCO₂e/ton)
117,89223	1,17892	0,58946	307,10925	2,74



Şekil 4. 3. Satın Alınan Elektrik Kaynaklı Sera Gazı Emisyonuna ait Dağılım

Öğrenci yurdunda bulunan karbon salınım verilerine göre emisyon kaynaklarının dağılımları Şekil 4.4.'te verilmiştir. Karbon salınım verileri incelendiğinde elektrik tüketiminin en önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir.

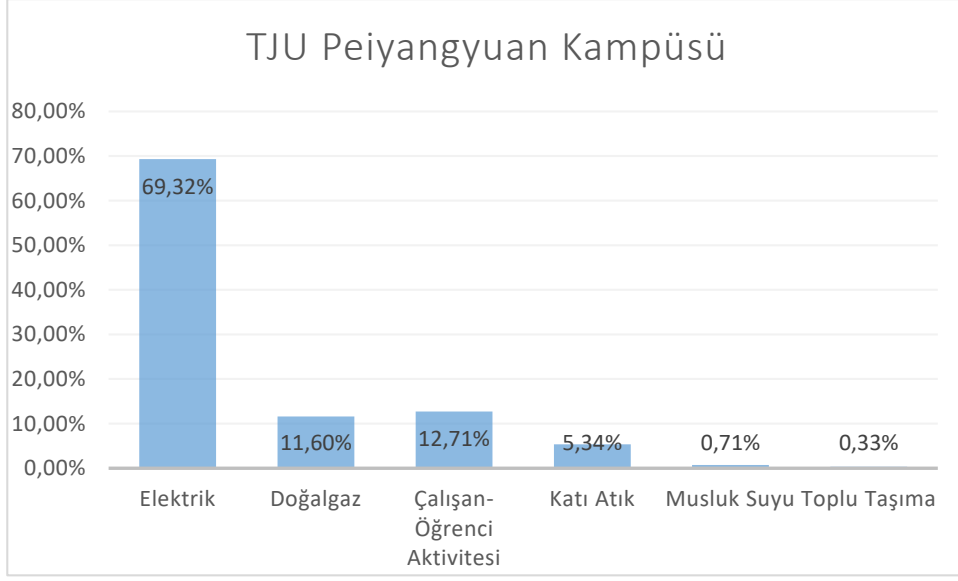


Şekil 4. 4. Emisyon Kaynaklarının CO₂e Salınım Dağılımı

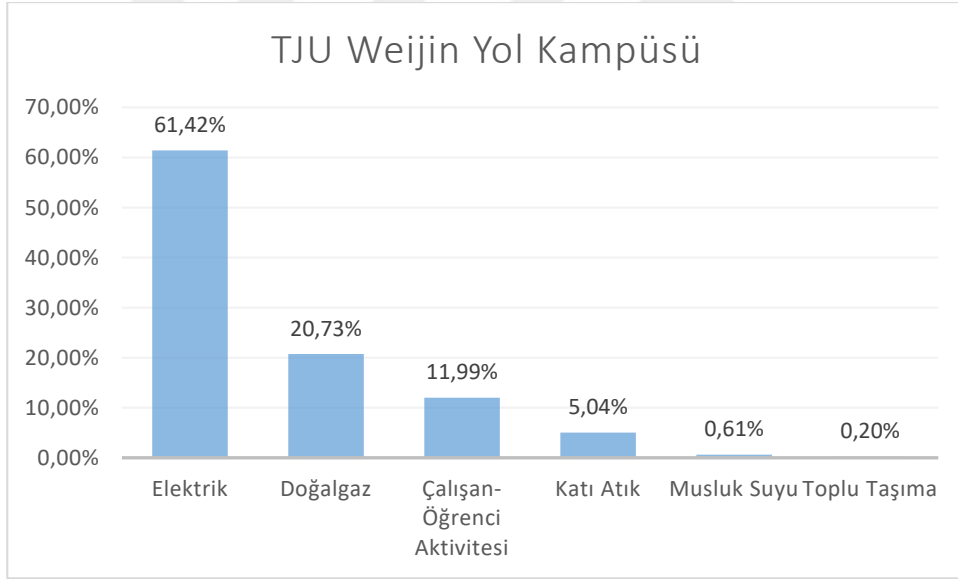
4.3 Literatürdeki Çalışmalarla Karşılaştırma

(Samara, Ibrahim, Yousuf, & Armour, 2022), çalışmasında da yıllara göre elektrik tüketim miktarları değerlendirildiğinde en yüksek tüketimin 2015-2016 yıllarında olduğu ardından 2016-2017 yıllarında ve ilerleyen yıllarda düşüşe geçtiği görülmüştür. 2017-2018 yılından 2018-2019 geçişte %8,3'lük büyük bir düşüş olmuştur. Bunun önemli bir nedeni sürdürülebilirlik ofisinin yürütülmesi ve eğitim kampanyaları ve farkındalık programları aracılığıyla sürekli olarak öğrencilerin ve öğretim üyelerinin kaynakların korunması konusunda eğitimlerinin sağlanmasıdır.

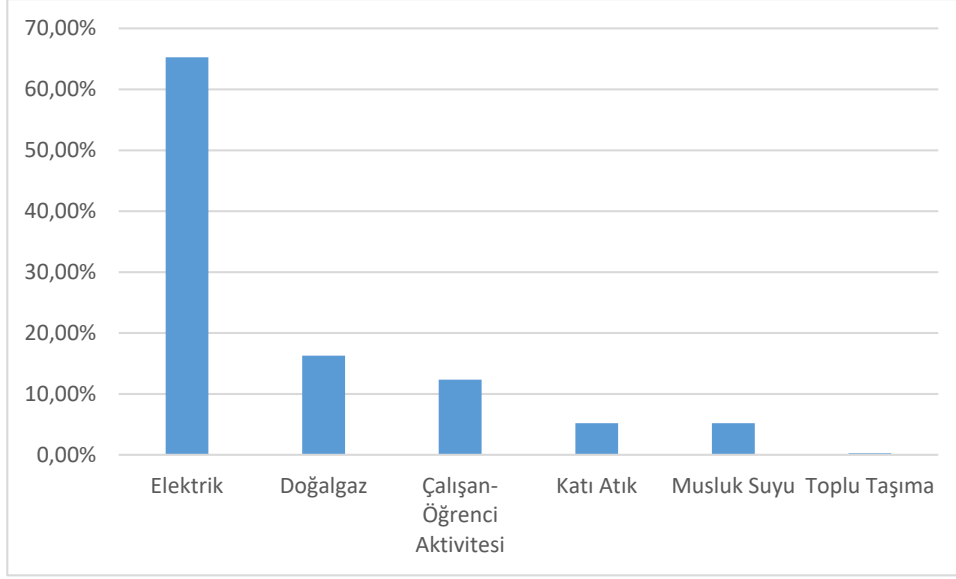
(Zayit, Song, Ghengare, & Gao, 2021), çalışmasında da Tianjin Üniversitesi'nin Peiyangyuan Kampüsü ve Weijin Yol Kampüsü'nün karbon ayak izi faaliyetleri belirlenmiş ve hesaplanmıştır. Şekil 4.5.'te TJU Peiyangyuan Kampüsü Karbon Ayak İzi Miktarları belirtilmiştir. Şekil 4.6.'da TJU Weijin Yol Kampüsü Karbon Ayak İzi Miktarları belirtilmiştir. İki kampüs içindeki faaliyetlerden kaynaklı karbon ayak izi miktarlarının karşılaştırılmaları şekil 4.7.'de belirtilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda en yüksek değer elektrik kaynaklı tüketimin olduğu ikinci sırada ise ısınma amaçlı kullanılan doğalgazın geldiği görülmüştür. Karbon ayak izi miktarları sırasıyla çalışan-öğrenci aktivitesi, katı atık, musluk suyu, toplu taşıma olarak devam etmektedir.



Şekil 4. 5. TJU Peiyangyuan Kampüsü Karbon Ayak İzi Miktarları



Şekil 4. 6. TJU Weijin Yol Kampüsü Karbon Ayak İzi Miktarları



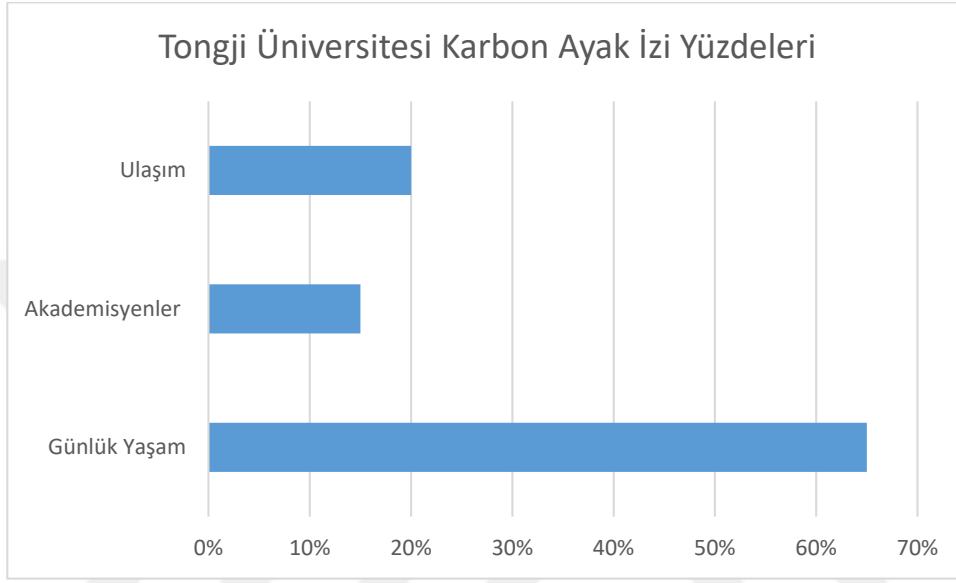
Şekil 4. 7. TJU Üniversitesi Karbon Ayak İzi Emisyonları Arasında Karşılaştırma

(Sangwan, Bhakar, Arora, & Solanki, 2018), çalışmasında da emisyon kaynakları kapsam 1, kapsam 2, kapsam 3 olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçları toplam 16500 tCO₂e olarak bulunmuştur. GHG (Sera Gazı Protokolü) emisyonlarının %50'si kapsam 2 elektrik üretiminden ve %48,9'u kapsam 3'ten kaynaklanmaktadır. Geri kalan %1,1 emisyon, dizel – elektrik jeneratör setleri ve araçlar gibi sahip olduğu tesislerde yakılan benzin ve dizelden kaynaklanan kapsam 1 GHG (Sera Gazı Protokolü) emisyonlarıdır. Kapsam 3 emisyonlarının %68'i seyahatle ilgili emisyonlardan, %12'si kampüs sakinlerinin gıda tüketiminden ve %10'u atölyedeki yıllık satın alımlardan kaynaklanmaktadır.

(Isildar & Morsali, 2020), çalışmasında da emisyon kaynaklarının yüzdeleri değerlendirildiğinde en yüksek değerden düşük değere sıralandığında %30.40 ile elektrik, %28.90 ile ısınma, % 27.8 ile ulaşım (yakıt tüketimi + öğrenci ulaşımı) gelmektedir.

(Li, Tan, & Rackes, 2014), çalışmasında da öğrencilerin enerji tüketim kalıpları, davranış eğilimleri ve enerji tasarrufuna katılma isteklerini belirlemek için çevrimiçi yapılandırılmış anket oluşturulmuştur. Kamu hizmeti verileri ve emisyon hesaplamaları ile birlikte anket yanıtları, ortalama yıllık karbon ayak izinin öğrenci başına 3,84 tonCO₂ olduğunu ve bunun %65'inin günlük yaşama, %20'sinin ulaşım ve %15'nin akademik faaliyetlere bağlı olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.8.'de de Tongji Üniversitesine ait karbon ayak izi yüzdeleri gösterilmiştir. İlk üç bireysel kullanım, yemek yeme (%34), duş alma (%18) ve yurt elektrik yükleri (%14)'dür. Yemekhanelerde yemek yemek, ortak duşlarda duş almak, kütüphanede ders çalışmak gibi ortak etkinliklerin hepsinin daha düşük karbon ayak izine yol açtığı

gözlemlenmiştir. Bu analizler toplam karbon emisyonlarını azaltmada en etkili olacak öğrenci davranış değişikliklerini belirlemeye yardımcı olacaktır. Ankete katılanların % 87'sinin enerji tasarrufu davranışı sergilediklerini söylediği, ancak yalnızca %22'sinin kullanılmadığında elektronik cihazları kapattığını bildirdiği göz önüne alındığında bilinçlendirme kampanyalarının etkili olabileceği anlaşılmaktadır.



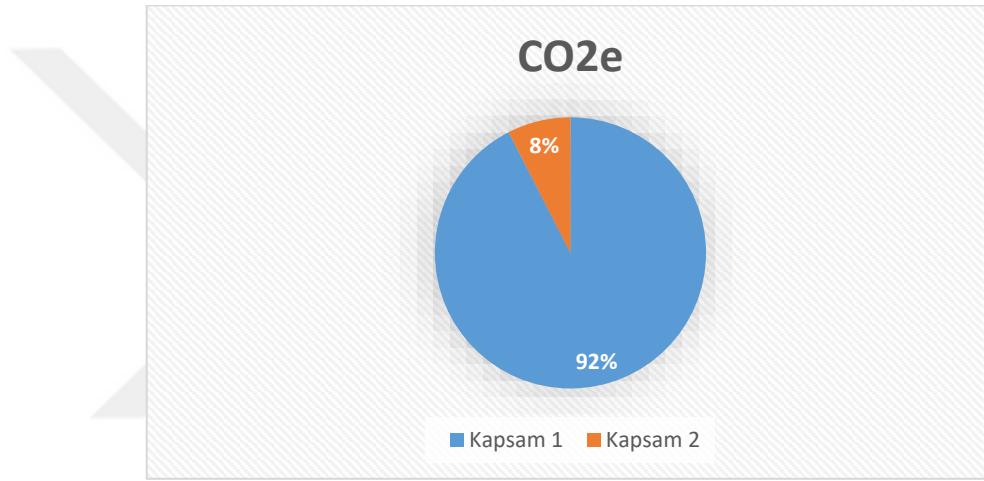
Şekil 4.8. Tongji Üniversitesi Karbon Ayak İzi Yüzdeleri

Çin'de ortalama bir öğrencinin aktif aşamadaki GHG (Sera Gazı Protokolü) emisyonları genel olarak nüfusun dört katıdır. Öte yandan gelişmiş ülkelerdeki öğrencilere kıyasla Çinli öğrenciler çok daha küçük bir karbon ayak izine sahiptirler. Çinli öğrenciler genellikle kampüste ya da kampüse çok yakın bir yerde yaşarlar ve çoğu zaman arabayla gidip gelen birçok gelişmiş ülkedeki meslektaşlarından çok daha fazla yürürler. Ayrıca çoğu Çinli öğrenci genellikle iki veya üç oda arkadaşıyla paylaştığı okul yurtlarında yaşamaktadır. Kampüste enerjiyle ilgili süreçlerin kontrolünün çoğu öğrencilerinin kontrolü dışındadır. Öğrencilerin karbon ayak izlerini etkileyecek birçok davranışı vardır. Bilgisayarlar, masa lambaları, su ısıtıcıları ve klima gibi kişisel elektrikli ekipmanlarını kontrol edebilmektedirler.

Bir öğrencinin kişisel karbon ayak izi, mümkün olduğu ölçüde, doğrudan faaliyetlerine atfedilebilen tüm emisyonların toplamıdır. Bu faaliyetler üç kategoriye ayrılmıştır. Günlük yaşam, akademisyenler ve ulaşım şeklindedir. Günlük yaşam yemek yeme, duş alma ve diğer birçok elektrik kullanımını içerir. Akademisyenler, çalışma, yazdırma, tarama için bilgisayar

kullanımını ve ortak çalışma alanlarındaki enerji kullanımına öğrencilerin kısmi katkısını içerir. Ulaşım, günlük ulaşım ve öğrencilerin aile evine ziyaret ulaşımını içerir.

Bu çalışmada söz konusu emisyon kaynaklarına ait CO₂e salınım dağılımı kapsamlarına göre şekil 4.9.'da belirtilmiştir. Emisyon kaynakları incelendiğinde kapsam 2'de yer alan elektrik tüketimi önemli bir etkiye sahiptir. Genel olarak emisyon kaynakları değerlendirildiğinde ve diğer literatür çalışmalarında da elektrik kaynaklı CO₂e salınım miktarının önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.9.'da kapsam 1, kapsam 2' ye göre büyük yüzdelik oluşturmaktadır. Kapsam 1'de mobil yanma ve sabit yanmanın beraber değerlendirmesi ve ulaşılabilir verilerin olması bu durumun etkisini oluşturmaktadır.



Şekil 4. 9. Emisyon Kaynaklarının Kapsam 1-2 CO₂e Salınım Dağılımı

Çizelge 4.4.' te de çeşitli üniversite, kampüs ve öğrenci yurtlarından hesaplanan karbon ayak izi miktarları belirtilmiştir. Belirtilen çizelge de nüfus, yöntem, toplam karbon ayak izi (tCO₂e), kapsamların toplam karbon ayak izi miktarında yüzdeliği olacak şekilde kapsam1%, kapsam2%, kapsam3%, kişi başına düşen karbon ayak izi miktarlarına yer verilmiştir. İncelemesi gerçekleştirilen bu çalışmada da kişi başına düşen karbon ayak izi miktarı 1,282 tCO₂e olarak bulunmuştur. Kişi başına düşen karbon ayak izi miktarı, toplam karbon ayak izi (tCO₂e) miktarının belirtilen nüfusa bölünmesiyle elde edilmiştir. Toplam ayak izi (tCO₂e) miktarlarının belirlenmesinde faaliyetin alanı, nüfus, hesaplama yöntemi, hesaplama verilerine erişebilirlik (tüketim miktarları ve yılları vb.) gibi değişkenler bulunmaktadır. Çizelge 4.4.'te en yüksek karbon ayak izine sahip Sharjah Amerikan Üniversitesi, BAE 18,460 tCO₂e, en düşük karbon ayak izine sahip Talca Üniversitesi, Chile 0,001 tCO₂e olarak görülmektedir.

Çizelge 4. 4. Çeşitli Üniversite, Kampüs ve Öğrenci Yurtlarında Hesaplanan Karbon Ayak İzi Miktarları

Üniversite/ Kampüs / Öğrenci Yurdu	Nüfus	Yöntem	Toplam Karbon Ayak İzi (tCO _{2e})	Kapsam1 %	Kapsam2 %	Kapsam3 %	Kişi Başına Düşen Karbon Ayak İzi Miktarı
Sharjah Amerikan Üniversitesi, BAE	5.122	GHG Protokolü	94.553	0,37	61,12	38,51	18,460
Sharjah Üniversitesi, BAE	14.756	GHG Protokolü	101.404	5,89	93,53	0,58	6,872
Leeds Üniversitesi, Birleşik Krallık	30.761	EEIO	161.819	18	31	51	5,261
Illinois Üniversitesi, Chicago ABD	25.125	GHG Protokolü	275.000	64,7	17,5	18,2	10,94
Cape Town Üniversitesi, Güney Afrika	21.175	GHG Protokolü	84.926	2	81	17	4,011
Universidad Autonoma Metropolitana, (UAM), Meksika Şehri	2.750	GHG Protokolü	3.000	4	24	72	1,091
Talca Üniversitesi	6.941	GHG Protokolü	5.472	5	35	60	0,788
Norveç Teknoloji Üniversitesi ve Bilim, Norveç	20.000	EEIO	92.000	31	19	50	4,600
De Montfort Üniversitesi, Birleşik Krallık	21.585	HLCA	51.080	6	15	79	2,366
Cambridge Üniversitesi, Birleşik Krallık	18.875	Enerji Yönetimi	74.489	20	52	28	3,946
Alberta Üniversitesi, Kanada	50.000	GHG Protokolü	325.351	52	40	8	6,507
ETH Zürich, CH	20.607	-	32.869	-	-	-	1,595

Çizelge 4. 4. Çeşitli Üniversite, Kampüs ve Öğrenci Yurtlarında Hesaplanan Karbon Ayak İzi Miktarları (Devamı)

Üniversite/ Kampüs / Öğrenci Yurdu	Nüfus	Yöntem	Toplam Karbon Ayak İzi (tCO _{2e})	Kapsam1 %	Kapsam2 %	Kapsam3 %	Kişi Başına Düşen Karbon Ayak İzi Miktarı
Talca Üniversitesi, Chile	6.941	-	6	-	-	-	0,001
Leuphana Üniversitesi Lüneburg, Germany	9.239	-	7.593	-	-	-	0,822
Universiti Teknologi Johor Bahru, Malezya	19.433	-	45.991	-	-	-	2,367
Cork Üniversitesi Koleji, Ireland	18.464	-	31.425	-	-	-	1,702
King's Koleji Londra, GB	251.154	-	50.556	-	-	-	0,201
Duquesne Üniversitesi Pittsburg PA, USA	9.214	-	51.883	-	-	-	5,631
Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Konstanz, Almanya	450	web tabanlı karbon hesaplayıcı	4.905	-	-	-	10,900
MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu	380	IPCC Tier 1	1.091,85	-	-	-	2,873
Manisa Celal Bayar Üniversitesi	-	IPCC Tier 1	8.953.906	-	-	-	-
Bu çalışma	428	GHG Protokolü	549	92	8	-	1,282

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Öğrenci yurtları, öğrencilerin eğitim süreçleri boyunca konakladıkları yerlerdir. Üniversiteler ise üst seviyede eğitim verilen, araştırma yapılan ve bilgi üretilen kurumlardır. Sürdürülebilirlik, en genel tanımıyla gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişme biçimidir. Bu çalışmada Trakya’da bulunan bir öğrenci yurduna ait karbon ayak izi sürdürülebilirlik ekseninde hesaplanmıştır.

Karbon ayak izi hesabı için GHG (Sera Gazı Protokolü) protokolünün açık kaynakları kullanılmıştır. Karbon ayak izi tespitinde toplam elektrik enerjisi tüketimi, ısınma değerleri, personelin ve öğrencilerin günlük ulaşım değerleri, personelin kullandığı araçların yakıt türleri gibi ana veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda 2021 yılına ait öğrenci yurduna ait karbon ayak izi toplam 548,894 tCO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar içerisinde 2021 yılı sabit yanmadan kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 228,042 tCO_{2e} olarak, mobil yanmadan kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 13,743 tCO_{2e} olarak, elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyon miktarı 307,109 tCO_{2e} olarak hesaplanmıştır.

Öğrenci yurdunda bulunan karbon salınım verilerine göre emisyon kaynakları incelendiğinde elektrik tüketiminin en önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Emisyon kaynakları CO_{2e} salınım dağılımı kapsamlarına göre değerlendirildiğinde Kapsam 2’de elektrik tüketimi önemli bir etkiye sahip olmasına rağmen Kapsam 1’de mobil yanma ve sabit yanmanın beraber değerlendirmesi ve ulaşılabilir verilerin olması durumunun etkisi ile büyük yüzdelik oluşturduğu görülmüştür. İncelenen diğer literatür çalışmalarında da elektrik tüketiminin karbon ayak izi miktarında önemli bir yer aldığı görülmüştür. Küresel alanda da karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik çeşitli önlemler uygulanmaya başlamıştır. Bu kapsamda hem bireysel hem toplu yaşam alanlarında elektrik tüketiminin başta olmak üzere fosil yakıtların tüketiminin, atık oluşumunun en aza indirgenmesi için çalışmalar gerçekleştirilmesi gerektiği sonucu çıkarılabilmektedir.

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Türkiye ve 165 ülkede 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi doğrultusunda çalışmalarını yürütmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan da UNDP gibi hükümetler seviyesinde olduğu kadar sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve özel sektör dahil çok sayıda ulusal ve uluslararası kuruluşla işbirlikleri

kurabilen oluşumların, küresel ölçekte önemli adımların atılması konusunda daha etkili kullanılması gerektiği sonucu çıkmaktadır.

Bireyin bulunduğu çevrenin kendisine sağladığı imkanların farkına varması, dünya üzerinde bırakacağı izlerin kendisine ve gelecek nesillere nasıl yansıtılacağını bilmesi ve gerçekleştireceği faaliyetlerinin sorumluluğunu üstlenmesi açısından çevre farkındalığı büyük önem taşımaktadır. Bireysel karbon ayak izinin en aza indirilmesi ve toplu yaşam alanları içinde aşağıda sunulan önerilerin dikkate alınması önemlidir.

- Yurtlarda bulunan aydınlatma sistemleri, enerji tasarruflu Led aydınlatmalar, fotosel veya yaklaşım sensörleri ile değiştirilebilir ya da desteklenebilir.
- Yurtlarda odadan çıkarken yanan lambalar kapatılmalıdır.
- Atıklar kaynağında ayrılarak geri dönüştürülebilir atıklar değerlendirilebilir böylece sera gazı emisyonlarının azaltılmasında destekleyici faaliyet gerçekleştirilmiş olur.
- Enerji verimliliği sertifikaları yurtlarda kullanılan malzeme ve ekipman seçimlerinde göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca geri dönüştürülebilir özelliğinin olması da tercih sebebi olmalıdır.
- Bireysel araçlar kullanmak yerine toplu taşıma araçlarının kullanılması sağlanmalı ve teşvik edici olmalıdır.
- Gerçekleştirilen seyahatlerde düşük emisyonlu yakıtlar ve araçlar tercih edilebilir. Araçların verimli çalışması için motor bakımlarının ve lastik hava basınç kontrollerinin yapılması sağlanmalıdır.
- Öğrencilerin yurt içerisindeki karbon ayak izini azaltmak için yürüyüş, bisiklet gibi çevre dostu seyahatlerin teşvik edilmesi sağlanmalıdır.
- Yurdun içerisinde öğrencilerin alışveriş yapmaları için marketin oluşturulması sürdürülebilir bir seçenektir. Bu durum öğrencilere (kolaylık açısından), yurt yönetimine (gelir açısından) ve çevreye (emisyon faktörü azaltma açısından) faydalı olabilir.
- Yurt içerisinde düzenlenebilecek fidan dikimi ve ağaçlandırma etkinlikleri ile karbon ayak izine hem farkındalık hem azaltım sağlanması gerçekleştirilebilir.
- Öğrencilerle iklim değişikliği, çevre sorunları ve sürdürülebilirlik konularında etkinlikler yapılarak farkındalıklar artırılabilir.
- Işıklar, televizyon, bilgisayar, Wi-Fi gibi kullanılmayan cihazlar tamamen kapatılmalıdır.

- Cep telefonlarının şarjı dolduktan sonra prizden çıkarılmalıdır.
- Mevsimi haricinde taze meyve ve sebze satın alınmaması tercih edilmelidir.
- Yurtta buzdolabı ve derin dondurucu gibi gıda muhafaza cihazlarının bulunması öğrencilerin satın alma kültürlerini olumlu yönde etkileyebilmektedir.
- Doğal içerikli ürünler satın alınmalıdır.
- Gereksiz ambalajlı ürünlerin satın alınmamasına özen gösterilmelidir.
- Mümkün olduğunca çamaşırların dışarıda kurutulması sağlanmalıdır.
- Bilinçli satın alma kararlarına ve davranış değişikliklerine dayalı sürdürülebilir yaşam tarzı benimsenmelidir.
- Yağmur sularının ve gri sularının yeniden kullanıma yönelik çalışmalar gerçekleştirilerek tasarruf ve farkındalık sağlamalıdır.
- Doğal kaynak kullanımına yönelik tasarruf çalışmaları yapılmalı ve alınacak ürünlerin çevreye duyarlı, enerji tasarruflu olmasına önem verilmelidir.
- Karbon ayak izinin azaltılması ve sürdürülebilir kaynak kullanımını sağlama için öncelikli olarak yurt yönetiminin kararlılığı ve desteği ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ahmetoğlu, S. (2019). İnşaat Sektöründe Karbon Ayak İzi ve Örnek Hesaplamalar.
- Altınöz, E., & Terzi, S. (2020). Karayollarında Üstyapı Tipinin Karbon Ayak İzi Etkisinin Araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*.
- Binboğa, G., & Ünal, A. (2018). Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma.
- Çetin, M., & Ergüder, T. O. (2020). Erzincan'da Motorlu Taşıtlar Tarafından Atmosfere Salınan Egzoz Emisyonları ve Tahmini Miktarlarının Belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği. (2022). <https://www.cekud.org.tr/tr/> adresinden alındı
- Demirbaş, F. (2018, Ocak). Geri Kazanım Tesisinde Karbon Ayak İzinin Değerlendirilmesi.
- Druckman, A., & Jackson, T. (2010). An Exploration Into the Carbon Footprint Of UK Households. *Resolve*.
- Gedik, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma. *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*(2636-8137).
- Isildar, G. Y., & Morsali, S. (2020). Environmental Footprint Assessment of University Campuses Among Developed and Developing Countries Including a Case From Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*.
- Koç, H. E. (2014). Environmental Sustainability of University Campuses: A Practical Assessment Tool.
- Kumaş, K., Akyüz, A., Zaman, M., & Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir Bir Çevre için Karbon Ayak İzi Tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu Örneği. *El Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6.
- Li, X., Tan, H., & Rackes, A. (2014). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production*.
- Medina, M. A., & Belcena, K. P. (2018). Measuring a University's Environmental Impact through its Carbon Emissions. *World News of Natural Sciences An International Scientific Journal*.
- Medine, M. A. (2015). The Sustainability of on campus residence: a utilization of ecological footprinting in a state university in Mindanao, Philippines. *Advances in Environmental Sciences - International Journal of the Bioflux Society*.
- Önce, A. G., & Marangoz , M. (2012). Pazarlamanın Sürdürülebilir Geliřmedeki Rolü. *International Coferece on Eurasian Economies* .
- Önel, B. (2021). İşletmelerin Yeşil Yönetim Algıları ve Sürdürülebilirlik Bilinci. *Uluslararası Afro - Avrasya Araştırmaları Dergisi*.
- Önel, B. (2021). İşletmelerin Yeşil Yönetim Algıları ve Sürdürülebilirlik Bilinci. *Uluslararası Afro - Avrasya Araştırmaları Dergisi*.

- Özkan, E., & Şahin, Y. (2021). Sürdürülebilir Sistemler: 2010-2020 Yılları Arası Literatür İncelemesi. *UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik Fen Bilimleri Dergisi*,.
- Özsoy, C. E. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye' nin Karbon Ayak İzi . *HAK - İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*.
- Protocol, Greenhouse Gas. (2022). *Sera Gazı Protokolü*. Şubat 14, 2022 tarihinde <https://ghgprotocol.org/about-us> adresinden alındı
- Quickcarbon. (2019). *Sera Gazı Raporlama Rehberi*.
- Samara, F., Ibrahim, S., Yousuf, M. E., & Armour, R. (2022). Carbon Footprint at a United Arab Emirates University GHG Protocol. *MDPI Sustainability*.
- Sangwan, K. S., Bhakar, V., Arora, V., & Solanki, P. (2018). Measuring carbon footprint of an Indian university using life cycle assessment . *25 th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April - 2 May 2018, Copenhagen, Denmark*. Elsevier.
- 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*.
- Südaş, H. D., & Özeltürkay, E. Y. (2015). Analyzing the Thoughts of Ecological Footprints of University Students: A Preliminary Research on Turkish Students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu*.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı*.
- Vikipedi*. (2022). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Üniversite>. adresinden alındı
- Yaka, İ. F., Koçer, A., & Güngör, A. (2015). Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti . *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*.
- Zayit, A., Song, K., Ghengare, A. B., & Gao, F. (2021). A Study and Assessment of the Carbon Footprint of Tianjin University's Weijin Road and Peiyangyuan Campuses, Chine. *Research Square*.