e-ISSN 2757-5195



Çanakkale Onsekiz Mart University
Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences
Open Access

doi.org/10.28979/jarnas.944816 2022, Cilt 8, Sayı 1, Sayfa: 124-131 dergipark.org.tr/tr/pub/jarnas

Uzaktan Eğitim ile Örgün Eğitimin Karbon Ayak İzine Etkilerinin Karşılaştırılması

Gül Nihal Güğül[1] *, Nihal Kılınç [2]

[1] Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
[2] Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği A.B.D., Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Makale Tarihçesi
Gönderim: 29.05.2021
Kabul: 03.09.2021
Yayım: 10.03.2022
Araştırma Makalesi

Öz − Günümüzde dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük tehdit sera gazı emisyonunun artması ile tetiklenen küresel ısınmadır. Sera gazının artması özellikle fosil yakıtlarının kullanılması ve artan enerji talebi ile oluşmuştur. Son yıllarda enerji talebi en hızlı şekilde artan sektörlerden birsi de bilişim sektörüdür. 2019 yılında başlayan pandemi döneminde bilişim sektörünün enerji talebi eğitimlerin, toplantıların ve çalışmaların uzaktan yapılması ile daha da artmıştır. Bu çalışmada, üniversitelerde uygulanan uzaktan eğitim ile örgün eğitimin, karbon ayak izi açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Konya Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi'nde verilmekte olan Yeşil Bilişim isimli yüksek lisans dersinin öğrencilerinden elde edinilen veriler doğrultusunda örgün ve uzaktan eğitim için karbon ayak izi değerlendirmesi yapılmıştır. Emisyon hesaplamalarında, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen ve en temel yöntem olan Tier-1 yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda yüksek lisans öğrencilerinin karbon ayak izi örgün eğitim ile 132,48 kg-CO2/dönem, uzaktan eğitim ile ise 50,72 kg-CO2/dönem olarak bulunmuştur. Uzaktan eğitim ile nihai CO2 emisyonunun %62 azaldığı görülmüştür. Örgün eğitimde ulaşımdan kaynaklanan CO2 emisyonu 116,76 kg-CO2/dönem ile en yüksek emisyon değerine sahip olan etken olmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde uzaktan eğitim için emisyon değerinin, örgün eğitim için emisyon değerine oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, uzaktan eğitimin eğitim kaynaklı karbon ayak izi değe-rinin düşmesine önemli katkı sağladığı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler − *Covid-19, karbon ayak izi, sera gazı, uzaktan eğitim*

Comparison of Distance Education and Formal Education's Effects on Carbon Footprint

[1]Department of Computer Engineering, Faculty of Technology, Selçuk University, Konya, Turkey

Article History
Received: 29.05.2021
Accepted: 03.09.2021
Published: 10.03.2022
Research Article

Abstract − The leading threat facing the world today is global warming triggered by the increase in greenhouse gas emissions. The increase in greenhouse gas was caused by use of fossil fuels and increasing energy demand. One of the sectors with the fastest increase in energy demand in recent years is the IT sector. During the pandemic period started in 2019, the energy demand of the information sector has increased even more with the remote educations, meetings and studies. In this study, it is aimed to compare remote education and formal education in universities in terms of carbon footprint. In this context, carbon footprint evaluation was made for formal and remote education in line with the data obtained from the students of the graduate course named Green Informatics, which is given at Konya Selcuk University, Faculty of Technology. In emission calculations, the method recommended by the Intergovern-mental Panel on Climate Change (IPCC) was used. Carbon footprint of graduate students are calculated as, 132.48 kg-CO2/semester with formal education and 50,72 kg-CO2/semester with remote education. Final CO2 emissions has observed to decrease by 62% with remote education. In formal education, CO2 emission originating from transpor-tation has been the factor with the highest emission value with 116.76 kg-CO2/term. The evaluation of results showed that the emission value of remote education is lower than the emission value of formal education. In addi-tion, remote education has been found to contribute significantly to the decrease in the carbon footprint value originating from education.

Keywords − *Covid-19, emission, carbon footprint, greenhouse gas, remote education*

[1] gul.gugul@selcuk.edu.tr
[2] nihal.kilinc@lisansustu.selcuk.edu.tr
*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

2019 yılı sonunda başlayarak hızlı bir şekilde tüm dünyayı etkileyen Covid-19 pandemisi Mart 2020'den itibaren de Ülkemizi etkisi altına almaya başlamıştır. Covid-19 pandemisi birçok alanda olduğu gibi eğitim alanında da önemli etkiler göstermiştir. Türkiye'de bulunan lisans öncesi eğitim kurumları ve üniversitelerin birçoğu süreç dâhilinde eğitim faaliyetlerini uzaktan yürütmeye başlamış ve bu kapsamda teknolojik anlamda kendilerini geliştirmişlerdir.

Uzaktan öğretim; örgün öğretim imkânlarıyla yapılamayan, öğrenci ve eğitimcilerin farklı mekânlarda, çeşitli teknolojik araçlar vasıtasıyla bilgiye ulaştığı, düşük maliyetli, öğrenmede sürekliliği sağlayan pratik bir eğitim şeklidir. Uzaktan eğitim, sistemin ihtiyacı olan teknik altyapı yetersizliği, sistem hakkında eğitime yönelik rehberliğin sağlanmaması veya yetersiz olması, kullanıcıların sistemi öğrenme adına eğitime yeterince önem vermemesi gibi nedenlerle olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Şen ve Kızılcalıoğlu, 2020).

Covid-19 pandemisi nedeniyle okul öncesi, ilk-orta öğretim, lise ve yükseköğretim kurumlarında örgün öğretimin yerine yaygın şekilde uzaktan öğretimin alması, uzaktan eğitimin avantaj ve dezavantajları konusuna ilgiyi arttırmıştır. Aynı zamanda uzaktan eğitimin doğa üzerinde oluşturduğu etkiyi ve küresel ısınmadaki payı ifade eden karbon ayak izi konusu da araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Uzaktan eğitim araç kullanımını yüksek oranda azaltarak, sera gazı emisyonunu da azaltmıştır. Yapılan çalışmalarda fosil yakıt kullanımının artması sonucu sera gazı emisyonlarında ivmeli bir artış olduğu, özellikle karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon miktarının sürekli artış gösterdiği görülmüştür (Pekin, 2006). Türkiye'de ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonun sektördeki payı % 22, ulusal emisyondaki payı ise %15'tir. Karayolu ulaşımı Türkiye'de ulaşım sektörünün merkezi konumundadır. Küresel ısınmanın önemli sebeplerinden birisi ise şehir içi ulaşımdır (Algedik, Bayar, ve Biçer, 2016). Bu sebeple karayolu kullanımının azaltılmasını sağlayacak bütün etkenlerin sera gazı emisyonunun azaltılması konusunda önemli etkiye sahip olacağı düşünülmektedir.

Uzaktan eğitim ile örgün eğitimin kıyaslandığı birçok çalışma bulunmaktadır. Türkiye'de uzaktan eğitimi ilk başlatan üniversitelerden olan Anadolu Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada, örgün ve uzaktan eğitimin karşılaştırılması için Anadolu Üniversitesi Uzaktan Eğitim Sisteminin maliyet etkinlik analizi yapılmış ve uzaktan eğitim sisteminin toplam sabit maliyetlerinin örgün sisteme göre yüksek olduğu, toplam değişken maliyetleri ise daha düşük olduğu belirtilmiştir. Yapılan maliyet etkinlik analizinin sonucunda ise, *uzaktan eğitimin* örgün eğitime göre *göreceli olarak düşük maliyetli olduğu* ispatlanmıştır (Tezcan, 2000). Ülkemizde pandemi öncesinde uzaktan eğitim vermekte olan bir diğer üniversite olan Kırıkkale Üniversitesi ve Hitit Üniversitesi Önlisans programları uzaktan eğitim ve örgün eğitim öğrencileri arasında çok yönlü karşılaştırma yapılmıştır. Belirli kategorilere ayrılmış anket soruları ve sonrasında öntest-sontest soruları öğrencilere web tabanlı olarak uygulanmıştır. Katılımcı gruplar arası akademik başarı puanları incelendiğinde *uzaktan eğitim öğrencilerinin örgün eğitim öğrencilerine nispeten daha yüksek akademik başarı puanlarına sahip oldukları* görülmektedir. Uzaktan eğitim öğrencilerinin zamanında çeşitli nedenlerden dolayı eğitim fırsatı bulamamış, istekli ve yaşça büyük, belirli olgunluğa erişmiş bireylerden oluşmasının başarıyı etkileyen faktörler olduğu düşünülmektedir (Kör, 2013).

Covid-19 Pandemi döneminde Türkiye'deki üniversitelerde uygulanmakta olan uzaktan öğretim süreci hakkında görüşlerin incelendiği bir çalışmada ise öğrencilerin, uzaktan eğitim ile yapılan dersleri sıkıcı olarak nitelendirmeleri, sosyalleşmeyi engellemesi, akademisyenlerle iletişimin sıkıntılı olması gibi sebeplerden dolayı hoşnut olmadıkları sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca eğitim adına pandemi döneminin öğrenciler, veliler ve eğitimciler için endişeli bir süreç olduğu belirtilmiştir (Şen ve Kızılcalıoğlu, 2020). Uzaktan eğitim ile örgün eğitimin *internet programcılığı* dersi için eğitim kalitesi açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada öğrencilere çeşitli testler uygulanmıştır. Çalışma sonunda uzaktan eğitimin başarıyı artırmada ve kalıcılığı sağlamada örgün eğitime göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Balaman, 2018). Uzaktan eğitim ile örgün eğitimin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise bu *iki eğitim sisteminin içeriğini tanımlamak, amacını belirlemek, eğitimlerden faydalanacak insanları tespit etmek, eğitimlerin verileceği ortamı ve eğitimlerin yapılma yöntemini belirlemek* gibi konulara açıklık getirmek için bir araştırma yapılmıştır (Topa Çiftçi, 2021). Yüksek lisans öğrencilerinin uzaktan eğitim kapsamında topluluk hissinin incelendiği bir çalışmada ise, Ahmet Yesevi Üniversitesi Uzaktan Eğitim Programı ile eğitim almakta olan 453 öğrenciden veriler toplanmıştır. Verilerin analizinde ise betimsel istatistikler, t-testi ve ANOVA kullanılmıştır. Araştırma için toplanmış olan verilerle öğrencilerin topluluk hissi düzeyinin cinsiyet ve yaşa göre farklılık

göstermediği ancak bunun yanı sıra medeni durum, meslek düzeyleri ve eğitim görülen programa göre ise farklılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Enfiyeci ve Büyükalan Filiz, 2019).

Karbon ayak izi, insanoğlunun her türlü tüketim faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı olarak biriktirdiği karbondioksit emisyonunun toplamını ifade eden bir kavramdır (Yaka, Koçer, ve Güngör, 2015) Sanayi döneminin başlaması iklim koşullarında değişimler yaşanmasına neden olmuş ve insan aktivitelerinin de bu değişimde etkisinin olduğu bir devre başlamıştır. Küresel ısınmaya doğrudan etki eden CO_2 gazının önemini vurgulamak adına araştırmacılar, çeşitli alanlarda karbon ayak izi hesaplama çalışmalarına yönelmişlerdir (Kumaş, Akyüz, ve Zaman, 2019).

Uzaktan ve örgün eğitimin birçok alanda karşılaştırılmasına karşılık, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları açısından karşılaştırıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. CO_2'in Konya/Selçuklu ilçesi için değerlendirilmesinin yapıldığı bir çalışmada Selçuklu ilçesi için karbondioksit emisyonu açısından öne çıkan hususların başında karayolu ulaşımının olduğu ortaya koyulmuş olsa da (Argun, Ergüç, ve Sarı, 2019), günümüzde dünyada enerji tüketimi artışında en büyük ivmeye sahip bilişim teknolojileri sektörü açısından tüketilen enerjiyi de dikkate alarak uzaktan ve örgün eğitimi kıyaslayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde pandemi döneminde uzaktan olarak verilmekte olan "Yeşil Bilişim" dersine ait yüksek lisans sınıfında yer alan öğrencilerin uzaktan ve örgün eğitim sırasındaki enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları karşılaştırılmıştır.

1.1. Uzaktan ve Örgün Eğitim Kavramları

Günümüzde bilişim teknolojileri (BT) sektöründeki büyüme ile bilgisayar ve internet en temel yeri tutmaktadır. Bilişim teknolojisinin ilerlemesi ile BT altyapısı eğitim aracı olarak kullanılarak örgün eğitim fırsatı bulamayan insanlar için uzaktan eğitim yöntemi imkânı doğmuştur (Kör, Çataloğlu, ve Erbay, 2013).

Örgün eğitim, bir eğitimcinin sınıf ortamında yüz yüze, soru-cevap, anlatım, tartışma gibi öğretim yöntemlerinin kullanıldığı, ders akışı, ölçme-değerlendirme yöntemlerine eğitimcinin karar verdiği sistemdir. Öğretmenlerin öğrencilerle yüz yüze eğitim imkânı sunması, öğrencilerin sınıf içi eğitim almalarının neticesinde daha iyi motive olmalarını ve sosyalleşmelerini sağlaması, öğrencilerin anlamadıkları konularda öğretmen ile direk iletişime geçip, yüz yüze telafi imkânı sağlaması, uygulamalı derslerin öğretmen ile birlikte derse uygun laboratuvar ortamında yapılması neticesinde anlaşılırlığın artması örgün eğitimin avantajlarındandır. Fakat örgün eğitimin belirli sayıda öğrenciye eğitim verilebilmesi, ulaşım sıkıntısı yaşanabilmesi, derse katılım zorunluluğunun olması, derslerin telafisinin olmaması, maliyetinin yüksek olması (ulaşım, barınma vs.), çalışan insanlara hitap etmemesi, ders materyallerinin öğrenciye ulaşabilmesi için kâğıt tüketiminin artması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır.

Uzaktan eğitim, öğrenci ve eğitimcinin bir arada bulunmasının zorunlu olmadığı ve bilgisayar ortamında gerçekleşen, iki yönlü iletişimin sağlandığı eğitim şeklidir. Birçok öğrencinin tercihi olan uzaktan eğitimde her kademede eğitim alınabilmektedir (Tezcan, 2000). Uzaktan eğitimin, örgün olarak eğitim imkânı olmayan bireylerin eğitim imkânı bulması, öğretmen ve öğrencinin farklı ortamlarda bulunarak eğitim alması, öğrencilere farklı ülkelerden eğitim alma imkânı sunması, zaman ve mekân sınırlaması olmaması, eğitim verilen platformun kapsamına göre çok sayıda öğrenciye aynı anda eğitim verilebilmesi, özel olarak hazırlanmış ünitelerden ve materyallerden oluşması, derslerin kaydedilmesi sebebi ile tekrar dinlenebilme imkânı olması, hızlı bir iletişim sunması, eğitim masraflarının önemli ölçüde azaltması, eğitim alırken çalışma imkânı sunması gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Dezavantajları arasında ise, sosyalleşmenin en alt düzeyde kalması, bir kısım insanların maddi sebeplerden dolayı uzaktan eğitim araçlarına sahip olamaması, uzaktan eğitim için gerekli teknolojik araçların belirli bir seviyede kullanım bilgisi gerektirmesi, internet bağlantı kalitesinin önemli olması gibi sebepler yer almaktadır (Kör vd., 2013).

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, örgün ve uzaktan eğitimin karbon ayak izine olan etkilerinin karşılaştırması yapılmıştır. Bununla ilgili Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans öğrencilerinden bir sınıfa ait veriler toplanmış, örgün eğitim ve uzaktan eğitimin karbon ayak izine olan etkilerinin değerlendirilmesi için elektrik ve yakıt tüketimi açısından emisyon değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

2.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

Karbon ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülen, insan faaliyetlerinin üretilen sera gazı emisyon değeri ile doğaya vermiş olduğu zararın ölçüsüdür. Karbon ayak izini hesaplama işlemi dört adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda karbon ayak izinin hesaplanması sonucu ulaşılmak istenen hedefler tespit edilir. İkinci adımda bu hedefler açısından sınırlar belirlenir. Üçüncü adımda veriler toplanıp, emisyon faktörleri ile gerekli hesaplamalar yapılır ve en son hesaplama sonuçları değerlendirilip, rapor haline getirilmektedir (Bıyık ve Civelekoğlu, 2020). Bu çalışma kapsamında örgün ve uzaktan eğitimin karbon ayak izi açısından değerlendirilmesi için elektrik ve ulaşımdan kaynaklı yakıt tüketimi açısından emisyon değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada emisyon hesaplamaları için Denklem 2.1 kullanılmıştır.

$$\sum \mathbf{E_a} = \mathbf{ET_a} \times \mathbf{EF_a} \quad (2.1)$$

Bu denklemde, "E_a" Emisyon miktarını (kg), "ET" tüketilen enerji veya yakıt miktarını (kWh, m^3, kg), "EF" emisyon faktörünü, "a" yakıt tipini (elektrik, benzin, dizel, lpg) ifade etmektedir. Hesaplama yöntemi aşamaları ise aşağıdaki gibidir:

Adım 1 : Tüketilen yakıt miktarı yakıtın tipine göre enerji cinsinden hesaplanır.

Adım 2 : 1. Adımdaki sonuç ile yakıt tipine ait emisyon faktörü çarpılarak emisyon miktarı hesaplanır.

Adım 3 : Yakıt türleri için hesaplanan emisyon değerleri toplanıp, toplam emisyon değeri bulunur.

Adım 4 : Sonuçlar değerlendirilerek, rapor haline getirilir.

Emisyon faktörleri Tablo 1'de, yakıt emisyonlarının net kalori değerleri ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1

Karbon emisyon faktörleri (CEF)

Yakıt cinsi	Emisyon faktörü	Kullanım yeri	Kaynak
Türkiye için Elektrik emisyon faktörü	0,47993 kg-CO_2 /kWh	Elektrikli cihazlardan kaynaklanan emisyonu hesaplamak	(Yaka vd., 2015)
ABD için Elektrik emisyon faktörü	0,50817 kg-CO_2 /kWh	Dersin çekildiği ve tutulduğu Google a ait sunucunun emisyonunu hesaplamak	
Dizel	20.2 (t C/TJ)	Öğrenciler tarafından örgün eğitim için ulaşım amaçlı kullanılan araçların yakıt emisyonunu hesaplamak	(Pekin, 2006)
Benzin	18.9 (t C/TJ)		
LPG	17.2 (t C/TJ)		

Tablo 2

Net kalori değerleri (TJ/kt)

Yakıt	Kalori Değerleri (TJ/kt)	Emisyon faktörü (t C/TJ)	CO_2/kg (yakıt)
Dizel Yakıt (Motorin)	43,33	20,2	**0,875266**
LPG	47,31	17,2	**0,813732**

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği'nde yer alan bir yüksek lisans sınıfı örneği üzerinden uzaktan ve örgün eğitimin enerji tüketimleri kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamada sınıf üyelerinden toplanan veriler Tablo 3'te, örgün eğitimde sınıftaki enerji tüketimi ile ilgili veriler ise Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3

Örgün ve uzaktan eğitimde öğrenciler tarafından tüketilen enerjinin kıyaslanması

Örgün eğitimde tüketilen enerji						**Uzaktan eğitimde tüketilen enerji**			
Öğrenci Sıra No.	Öğrencinin okula gidiş-dönüş mesafesi (km)	Öğrencinin ulaşım aracı (Otomobil, tramvay, otobüs, vb.)	Öğrencinin ulaşım aracının yakıt türü (Benzin, Dizel, LPG)	Ulaşım aracının yakıt tüketimi (100 km/lt)	Emisyon miktarı (kg-CO_2) Bilgisayarın güç tüketimi (W)	Online toplantı sırasında öğrenci tarafından kullanılan cihazlar			Emisyon miktarı (kg-CO_2)
						Aydınlatmanın güç tüketimi (W)	Modemin güç tüketimi (W)		
1	14	Otomobil	LPG	5	0,57	60	80	30	0,08
2	32	Tramvay				65	45	12	0,06
3	46	Otomobil	Dizel	6	2,41	161	60	8	0,11
4	200	Otobüs				110	50	10	0,08
5	14	Tramvay				90	60	20	0,08
6	36	Otomobil	Dizel	5	1,57	200	60	12	0,13
7	50	Otomobil	Dizel	4,5	1,96	144	60	8	0,10
8	42	Otomobil	Dizel	5	1,83	90	50	12	0,07
9	32	Tramvay				65	45	12	0,06
10	38	Tramvay + Otobüs				65	60	15	0,07
Toplam					**8,34**				**0,84**
Haftalık toplam (3 saat)					**25,02**				**2,52**
Dönemlik toplam (14 hafta)					**116,76**				**35,28**

Not : Otobüs ve tramvay ile ulaşım sağlayan öğrencilerin, okula gitmedikleri takdirde de söz konusu ulaşım araçlarının seferlerini yapmaları gerektiğinden karbon ayak izi emisyon değeri hesaplamasında değerlendirmeye dahil edilmemiştir.

Tablo 4

Örgün eğitimde sınıfta tüketilen haftalık enerji

Sınıfta kullanılan elektronik cihazlar	**Kullanım Süresi (saat)**	**Güç tüketimi (kW)**	**Haftalık elektrik tüketimi, (kWh/hafta)**	**Haftalık emisyon kg-CO_2/hafta**
Bilgisayar	3	0,10	0,30	0,14
Aydınlatma	3	0,22	0,66	0,32
Tepegöz	3	0,43	1,29	0,62
Modem	3	0,03	0,09	0,04
Toplam			**2,34**	**1,12**
14 hafta için toplam değerler			**32,76**	**15,72**

Online dersler Google meeting ile çekilip Google drive'a kaydedilmektedir. Kaydedilen derslerin ortalama büyüklüğü 100 MB'dır. Kaydedilen ders için veri depolama cihazı tarafından tüketilen elektriği tahmin etmek için farklı veri depolama cihazlarının 100 MB için tükettiği elektrik araştırılmıştır ve sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir (Dell Technologies, 2020).

Tablo 5

Farklı veri depolama cihazlarının güç talebi

Veri depolama cihazı	**ECS EX300**	**ECS EX500**	**ECS EX3000**	**ECS EXF900**
Raf başına çoklu depolama yapılandırmaları (16*2U düğüm), TB	3072	6144	11520	2949
2U düğüm başına güç, kW	0,29	0,72	1,35	1,086
(16*2U) düğüm başına güç, W	4640	11520	21600	17376
100 MB/W başına güç	**0,000151042**	**0,0001875**	**0,0001875**	**0,00058922**

Tablo 5'te 100 MB için talep edilen elektrik miktarı verilmiştir. Bu değerlerin ortalaması alındığında 100 MB için elektrik talebi 0,000278815 W olarak bulunmuş ve bir ders için haftalık veri depolama amaçlı enerji talebi 0,0468 W olarak hesaplanmış ve bu değerin sabit olduğu varsayılmıştır. Ayrıca ilk haftadan itibaren her bir hafta için veri depolama cihazına kaydedilen ders kaydedildiği haftadan itibaren dönem sonu yani 14. haftanın sonuna kadar kayıtlı olarak kalacaktır. Örneğin ilk hafta için (14*0,0468=0,66 kWh/dönem), ikinci hafta için (13*0,0468=0,61 kWh/dönem) olarak hesaplanmış ve tüm haftalar aynı mantıkla hesaplandığında toplam dönemlik yani 14 haftalık elektrik tüketim talebi (0,66+0,61+0,56+0,51+0,47+0,42+0,37+0,33+0,28 +0,23+0,19+0,14+0,09+0,05 = 4,91 kWh/dönem) olarak hesaplanmış ve Tablo 6'da yer alan uzaktan eğitimde sınıfta tüketilen enerji talebi toplam hesabına dahil edilmiştir.

Tablo 6

Uzaktan eğitimde sınıfta tüketilen enerji

	Kullanım Süresi (saat)	Güç tüketimi (kW)	Elektik tüketimi, (kWh/ hafta)	Emisyon, (kg-CO_2/hafta)
Dersin kaydedildiği sunucu	3	0,504	1,5120	0,7684
Dersin kaydedildiği depo ünitesi	24	0,000278815	0,0468	0,0238
Dersin çekildiği bilgisayar	3	0,101	0,3030	0,1454
Dersin çekildiği modem	3	0,029	0,0870	0,0418
Odanın aydınlatması	3	0,086	0,2580	0,1238
Toplam			**2,2**	**1,1**
14 hafta için toplam değerler			**30,9**	**15,4**

Tablo 7'de ise öğrenciler tarafından ve sınıf içi faaliyetler sonucu örgün eğitim ve uzaktan eğitim açısından oluşan dönemlik toplam emisyon değerleri gösterilmiştir.

Tablo 7

Örgün eğitim ve uzaktan eğitim açısından dönemlik toplam emisyon değerleri, (kg-CO_2/dönem)

	Örgün eğitim	Uzaktan eğitim
Öğrenciler tarafından tüketilen enerji	116,76	35,28
Sınıfta tüketilen enerji	15,72	15,44
Toplam emisyon değerleri	**132,48**	**50,72**

4. Sonuçlar

Küresel ısınmaya doğrudan etki eden CO_2 gazının önemini vurgulamak adına çeşitli alanlarda karbon ayak izi hesaplama çalışmaları yapılmıştır (Kumaş vd., 2019) İnsan faaliyetlerinin her türlü tüketimi sonucu doğaya vermiş olduğu zarar, karbon ayak izinin büyüklüğüyle orantılıdır (Yaka vd., 2015). Literatürde uzaktan ve örgün eğitimi, maliyet etkinlik analizi (Tezcan, 2000), akademik başarı puanı (Kör, 2013), uzaktan öğretim hakkında görüşler (Şen ve Kızılcalıoğlu, 2020), eğitim kalitesi (Balaman, 2018), iki eğitim sisteminin içeriği (Topa Çiftçi, 2021) ve uzaktan eğitimde topluluk hissi (Enfiyeci ve Büyükalan Filiz, 2019) açısından kıyaslayan çalışmalar bulunmasına karşılık, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu açısından karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada uzaktan ve örgün eğitim arasındaki enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının karşılaştırılması bir yüksek lisans sınıfında yer alan bireylere ait veriler ile hesaplanmıştır. Emisyon değeri sınıf için örgün eğitimde 132,48 (kg-CO_2/dönem), uzaktan eğitimde 50,72 (kg-CO_2/dönem) olarak hesaplanmıştır. Sınıfa ait toplam emisyon değerinin uzaktan eğitim ile % 62 azaldığı görülmüştür. Bu da uzaktan eğitimin sera gazı emisyonunu azaltmada etkili olabileceği ortaya koymuştur. Ayrıca ulaşımdan kaynaklı emisyon değerinin 116,76 kg-CO_2/dönem ile en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuç da karayolu ulaşımının Türkiye'de ulaşım sektörünün merkezi konumda olması ve küresel ısınmanın önemli sebeplerinden birisinin şehir içi ulaşımı (Algedik, Bayar, ve Biçer, 2016) olması ile örtüşmektedir. Doğanın ve ekolojik dengenin korunması insanların en önemli görevlerindendir. Bu bağlamda bireysel karbon ayak izi hesaplamasının yaygın hale getirilmesi ve genç

nesillere çevre bilincine sahip bireyler olmaları için yaşam felsefesi olarak aşılanması gereken en önemli unsurlardan birisidir.

Yazar Katkıları

Gül Nihal Güğül: Analizi planlamış ve tasarlamıştır.

Nihal Kılınç: Veri toplamış ve analizini yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

Algedik, Ö., Bayar, H. İ., Biçer, B. E., Çelik, E., Keleş, M., Kocaman, H., Talu, N. (2016). *TBMM'nin İklim De*ğişikliği Politikasındaki Rolü, Küresel Denge Derneği, Ankara. Erişim adresi: https://kureseldenge.org/wp-content/uploads/2016/08/TBMM_ve_iklim_degisikligi_raporu.pdf

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

Balaman, F. (2018). Web tabanlı uzaktan eğitim ile geleneksel eğitimin internet programcılığı 2 dersi kapsamında karşılaştırılması. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, *7*(2), 1173-1200. https://doi.org/10.15869/itobiad.407953

Bıyık, Y., ve Civelekoğlu, G. (2020). Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 78-87. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilgesci/issue/56891/608623

Dell Technologies. (2020). *Dell EMC ECS EX-Series*. Erişim adresi: https://www.delltechnologies.com/tr-tr/storage/ecs/index.htm#scroll=off&pdf-overlay=//www.delltechnologies.com/tr-tr/collaterals/unauth/data-sheets/products/storage/h13117-emc-ecs-appliance-ss.pdf

Enfiyeci, T., ve Büyükalan Filiz, S. (2019). Uzaktan eğitim yüksek lisans öğrencilerinin topluluk hissinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, *12*(1), 20-32. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/pub/tubav/issue/44484/505491

Kör, H. (2013). *Uzaktan eğitim ve örgün eğitimin çok yönlü - çapraz karşılaştırılması: Kırıkkale Üniversitesi ve Hitit Üniversitesi* örneği (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Kör, H., Çataloğlu, E., ve Erbay, H. (2013). Uzaktan ve örgün eğitimin öğrenci başarısı üzerine etkisinin araştırılması. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, *12*(2), 267-279. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/223274

Kumaş, K., Akyüz, A., Zaman, M., ve Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, *6*(1), 108-117. https://doi.org/10.31202/ecjse.459478

Pekin, M. A. (2006). *Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Şen, Ö., ve Kızılcalıoğlu, G. (2020). Covid-19 pandemi sürecinde üniversite öğrencilerinin ve akademisyenlerin uzaktan öğretime yönelik görüşlerinin belirlenmesi. *Uluslararası 3B Yazıcı Teknolojileri ve Dijital Endüstri Dergisi, 4*(3), 238-252. https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.830913

Tezcan, M. (2000). *Uzaktan eğitimde ekonomik yapı çözümlemesi: T*ürk yükseköğretiminde örgün ve uzaktan eğitimin maliyet-etkinlik *karşılaştırması* (Doktora tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Topa Çiftçi, G. (2021). Dijital iletişim teknolojileri bağlamında açık ve uzaktan öğrenmenin kapsamı. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, *7*(1), 1-23. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/pub/auad/issue/60075/792966

Yaka, İ. F., Koçer, A., ve Güngör, A. (2015). Akdeniz üniversitesi sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu karbon ayak izinin tespiti. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12*(3), 37-45. Erişim adresi: https://app.trdizin.gov.tr/makale/TVRreU1UQTNOdz09/akdeniz-universitesi-saglik-hizmetleri-meslek-yuksekokulu-karbon-ayak-izinin-tespiti