

## Hastanelerin Elektrik Kullanımı ve Doğalgaz ile Isıtılmasından Kaynaklanan Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi: Gazi Üniversitesi

Firdevs İrem KALE ÜNLÜ <sup>1\*</sup>, Aysel Gamze YÜCEL İŞILDAR <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Ankara

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [f.iremkale@gmail.com](mailto:f.iremkale@gmail.com)

**Geliş Tarihi (Received):** 01.06.2024

**Kabul Tarihi (Accepted):** 05.07.2024

### Özet

Bu çalışmada, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yaklaşımı ile 2023 yılı elektrik ve doğalgaz tüketiminden kaynaklanan çevresel etkileri belirlenmiştir. YDD'nin ana hatlarını ve gerekliliklerini belirleyen ISO 14044 Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gerekliler ve kılavuz standardı esas alınarak, SimaPro v 9.0.0.48 (PRé Sustainability, Amersfoort, Hollanda) yazılımı kullanılmıştır. SimaPro'da verilerin analizinde, 'EF Method (adapted)' metodu uygulanmıştır. 2023 yılı hastane faaliyetlerinin enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerin büyük oranda sebebinin elektrik tüketimi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam döngüsü değerlendirme, küresel ısınma, iklim değişikliği, çevresel etki

## Determination of the Environmental Impacts of Electricity Use and Heating with Natural Gas in Hospitals: Gazi University

### Abstract

Life Cycle Assessment (LCA) method was employed to conduct environmental impact evaluations for Gazi University Faculty of Medicine Hospital in 2023. Following the outlines and requirements of the ISO 14044 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines standard, SimaPro v 9.0.0.48 (PRé Sustainability, Amersfoort, Netherlands) software was utilized. Within SimaPro, the 'EF Method (adapted)' was applied for data analysis. It was determined that the major cause of the environmental impacts from the energy consumption of hospital activities in 2023 was primarily due to electricity consumption.

**Keywords:** Life cycle assessment, global warming, climate change, environmental impact

## 1.Giriş

İklim değişikliği, küresel anlamda dünyayı tehdit eden en önemli risklerin başında gelmektedir. Dünya Ekonomik Forumu çerçevesinde her yıl hazırlanan Küresel Riskler Raporu 2024'te, kısa vadede (2 yıllık), 'dezenformasyon ve yanlış bilgilendirmeyi' takiben en önemli ikinci önemli küresel risk, 'aşırı hava olayları' olarak öngörülmektedir. Uzun vadeli (10 yıl) öngöründe ise en büyük tehdit olarak küresel ısınma, iklim değişikliği ve buna bağlı gelişen aşırı hava olayları, listenin başında yer almaktadır.(World Economic Forum, 2024).

İklim, mevsimler, yıllar veya onyıllar boyunca sıcaklık, nem ve yağış modellerinin uzun vadeli bölgesel veya küresel ortalamasını ifade eder. İklim değişikliği ise ortalama hava koşullarının birkaç on yıl veya daha uzun bir süre boyunca daha sıcak, daha yağışlı veya daha kuru hale gelmesi gibi önemli değişikliklerdir. İklim değişikliğini doğal hava değişkenliğinden ayıran en belirgin faktör uzun vadeli eğilimin olmasıdır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDCS) ("United Nations Framework Convention on Climate Change," 2012), iklim değişikliği;" karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle, Güneş aktivitelerinde meydana gelen değişiklikler, volkanik patlamalar gibi doğal süreçlerden çok; antropojenik etkiler Güneş'ten Dünya'ya ulaşan ışınımlar ile Dünya'dan yansıyan ışınımlar arasındaki dengeyi geri dönüşü mümkün olmayan bir oranda bozmakta ve iklim sistemini daha çok etkilemektedir. İklim bilimciler, son 200 yılda neredeyse tüm küresel ısınmadan insanların sorumlu olduğunu göstermektedir (United Nations, 2024a). İnsan faaliyetleri, doğrudan (gaz veya parçacık emisyonları yoluyla) veya dolaylı

olarak (atmosfer kimyası yoluyla) atmosferik bileşimde değişikliğe yol açmak suretiyle, dünyayı en azından son iki bin yıldır hiç olmadığı kadar hızlı ısıtan sera gazlarına neden olmaktadır.

Atmosferde doğal olarak bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azot oksitler (N<sub>2</sub>O), su buharı (H<sub>2</sub>O), ozon (O<sub>3</sub>) gibi sera gazları Dünya yüzeyinden yayılan güneş ısınımlarını emer, atmosferde hapseder ve uzaya kaçmasını engeller. Normal koşullarda sera etkisi, Dünya'nın sıcaklığını normalden (-19 °C) daha yüksek (14 °C civarı) tutarak Dünya'daki yaşamı destekler.

Ancak sera gazlarındaki antropojenik faaliyetlere bağlı artışın etkisi ile atmosferdeki sera etkisi artar ve gezegenimizin iklimini değiştirerek kar ve yağış düzenlerinde değişikliklere, ortalama sıcaklıklarda artışa ve sıcak hava dalgaları ve seller gibi daha aşırı iklim olaylarına yol açar. Yukarıda bahsedilen sera gazları, farklı küresel ısınma potansiyeline sahip olduklarından, karşılaştırmaları anlamlı kılmak için etkileri CO<sub>2</sub> eşdeğerine dönüştürülerek, ölçümler ve etkiler değerlendirilir (European Parliament, 2023).

Küresel ısınmayı en çok etkileyen sera gazı, insan faaliyetleri sonucu üretilen CO<sub>2</sub> 'dir. CO<sub>2</sub> 'nin 2020 yılı atmosferdeki konsantrasyonu, sanayi öncesi (1750 öncesi) seviyenin % 48 üzerine çıkmıştır (European Commission, 2024).

Dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığı şu anda 1800'lerin sonlarında (sanayi devriminden önce) olduğundan yaklaşık 1,1°C daha fazla ve son 100.000 yıldaki herhangi bir dönemden daha sıcaktır. 2011-2020 yılları arası kayıtlara geçen en sıcak dönemdir ve son kırk yılın her biri, 1850'den bu yana önceki on yıllardan daha sıcaktır (United Nations, 2024a).

Zamanla artan sıcaklıklar hava düzenlerini değiştirerek doğanın olağan dengesini bozmaktadır. Bu durum, insanlar ve Dünya üzerindeki diğer tüm yaşam formları için birçok risk oluşturmaktadır (World Bank Group, 2024).

İklim değişikliğinin sonuçları artık sıcaklık artışı ile birlikte su kıtlığı, yoğun kuraklıklar, yükselen deniz seviyeleri, şiddetli yangınlar, kutup buzlarının erimesi, su baskınları, okyanusun üst kısmındaki ısı içeriği, mevsimsel permafrost erimesinin derinliği, biyolojik çeşitliliğin azalması ve yıkıcı fırtınalar gibi birçok önemli soruna da neden olmaktadır (United Nations, 2024b).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'nda küresel ısınma; 2081-2100 yılları için, çok düşük sera gazı emisyon senaryosu için 1.4°C'ye, orta düzey sera gazı emisyon senaryosu için 2.7°C'ye ve çok yüksek sera gazı emisyon senaryosu için 4.4°C'ye kadar uzanan bir aralıkta öngörülmektedir (Péan & Romero, 2023).

İklim değişikliğinden kaynaklanan riskler ve öngörülen olumsuz etkiler ile ilgili kayıp ve zararlar, küresel ısınmanın her 0.1 °C artışı ile daha da katlanarak artmaktadır. Bu durumda, iklimle ilgili ve iklimle ilgili olmayan riskler giderek daha fazla etkileşime girerek ve yönetilmesi daha karmaşık ve zor olan bileşik ve birbirini takip eden riskler yaratacaktır.

Yakın vadede, dünyadaki tüm bölgelerin iklimdeki değişikliğin neden olacağı problemler ile daha fazla karşı karşıya kalacağı ve bunun da ekosistemler ve insanlar için çoklu riskleri artıracığı tahmin edilmektedir. Yakın vadede beklenen tehlikeler ve bunlarla ilişkili riskler arasında sıcaklığa bağlı insan ölümlerinde ve hastalıklarında artış, gıda kaynaklı, su kaynaklı ve vektör kaynaklı hastalıklar ve ruh sağlığı sorunları, kıyı ve diğer alçak şehirlerde ve bölgelerde sel, kara, tatlı su ve okyanus ekosistemlerinde biyolojik çeşitlilik kaybı ve bazı bölgelerde gıda üretiminde azalma yer almaktadır. Seller, toprak kaymaları ve su mevcudiyetinde kriyosferle ilgili değişiklikler, çoğu dağlık bölgede insanlar, altyapı ve ekonomi için ciddi sonuçlara yol açma potansiyeline sahiptir. Şiddetli yağışların sıklığında ve yoğunluğunda öngörülen artış, yağmur

kaynaklı yerel selleri artıracaktır (Péan & Romero, 2023).

İklim değişikliğini önleme, azaltma ve uyum çalışmalarında etki mekanizmalarının anlaşılması, çevresel etkiler hakkında detaylı bilgi sağlanması ve sıcak nokta analizi ile bilinçli/etkin kararlar alınabilmekte ve başarıya ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu anlamda 'yaşam döngüsü analizi' (YDA) giderek önem kazanmaktadır. YDA, çevresel etkiyi ölçmeyi ve önemli ölçüde azaltmayı amaçlayan proaktif bir yaklaşımın temel direklerini oluşturmaktadır.

Yaşam döngüsü analizi, çok kriterli bir çevresel değerlendirme yapmak ve bir hizmetin, ürünün, şirketin ya da sürecin yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkilerini ölçmek için kullanılan standartlaştırılmış bir değerlendirme yöntemidir. YDA, bir sistemin, üretim için gerekli hammaddelerin çıkarılmasından, kullanım, bakım ve taşıma aşamaları da dahil olmak üzere kullanım ömrü sonu işlemlerine (geri dönüşüm vb.) kadar çevresel etkilerini anlamayı ve karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Fonksiyonel birim başına (kg, m<sup>2</sup>, ton, adet, 2015 yılı faaliyeti, 1 m<sup>3</sup> atıksu arıtma işlemi gibi) ortaya çıkan çevresel etkiler hesaplanmaktadır.

Yaşam döngüsü analizi, Çevre Toksikoloji ve Kimya Örgütü (SETAC) tarafından ilk olarak uygulanan bir yaklaşımdır ve ürün, proses ya da hizmetin bütün yaşam döngüsünü ile bu döngüde yer alan tüm aşamaların birbirleri ile ilişkilerini irdelerken ISO 14044 Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gerekliler ve kılavuz standardı ise YDA 'nin ana hatlarını ve gerekliliklerini belirler(ISO., 2006).

Yaşam döngüsü analizi, çevresel ayak izinin ve karbon etkilerinin analizine olanak tanır ve bu nedenle bir şirketin sürdürülebilirlik stratejisinde çok önemli bir araçtır. Aynı zamanda iş dünyasında farklı ürün veya hizmetler arasında uygun bir karşılaştırma yapılmasını sağlayan ve giderek eko-tasarıma doğru ilerleyen bir

karar verme aracıdır. Ekonominin ve toplumun ekolojik bir geçiş çabasında olduğu bu dönemde, bu analiz yöntemleri sera gazı emisyonlarımızı azaltılması, sürdürülebilir bir kalkınma politikası tasarlamak için sayısal bir temel elde edilmesi ve mevcut ve gelecekteki düzenleme ve standartlara uymak gibi çeşitli hedefleri karşılamaktadır(Kabaun, 2024).

YDA çalışmaları, amaç ve kapsam tanımlayarak sistemin hedef ve sınırlarını belirlenmesi, veri toplayarak envanter analizinin yapılması, etki değerlendirmesi ve sonuçların yorumlanması olmak üzere dört aşamadan oluşur.(Aydın & Erbil, 2023) YDA ile aşağıda verilen 10 farklı kategoride çevresel etkileri değerlendirmek mümkündür:

### **1.1.Kaynak tüketimi**

Petrol, demir cevheri vb. Doğal kaynakların tüketimini ifade eder. Yerel, bölgesel ve küresel etki boyutlarına sahiptir. Kullanılan fosil yakıt ve mineral miktarını ölçer. Birim olarak kg Sb (Antimon) cinsinden ifade edilir.

### **1.2.Asidifikasyon**

Asitleştirici maddelerin toprak, yeraltı suyu, ekosistemler, yüzey suyu, malzemeler ve organizmalar üzerinde oluşturduğu toksik etkiyi ifade eder. Asidik gazların atmosferdeki su ile reaksiyona girmeleriyle oluşan asit yağmurları da ekosistem çeşitliliğinin azalmasına neden olabilir. Birim olarak kg SO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.3.Ötrofikasyon ve nütrifikasyon**

Besin maddelerinin suya, toprağa ve havaya fazla miktarda salınımıyla oluşan makro besi maddelerinin artmasının neden olduğu etkilerdir. Ekosistem içerisindeki yaşamın devamlılığı için fosfat ve nitrat gibi besi maddelerinin varlığı çok önemlidir. Ancak, sulak alanlarda yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları alg patlamalarına sebep olmakta, böylece su içerisindeki oksijen miktarı azalmaktadır. Bu durum ekosistem için zararlıdır.

Nütrifikasyon birim olarak kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.4.Küresel ısınma**

İklim değişikliği nedeniyle atmosferin ısınması olarak ifade edilir. Petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yakılması küresel ısınmanın en önemli insan faaliyeti kaynaklı nedenlerindedir. Birim olarak kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.5.Ozon tabakasının incelenmesi**

Stratosferdeki ozon miktarının, CFC, HCFC, klor, brom vb. insan faaliyeti kaynaklı emisyonlar tarafından azalmasını ve ozon deliği olarak tanımlanan ozon tabakasının incelenmesini ifade eder. Ozon tabakasının delinmesi hayvanlar, bitkiler ve insanlar için kanserojen etkileri beraberinde getirir. Birim olarak kg CFC-11 eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.6.İnsan sağlığı toksisitesi**

İnsan sağlığı üzerinde, ağır metaller gibi çeşitli kimyasalların çevreye salınımı toksik etki yaratır. Bu etkiye insan sağlığı toksisitesi adı verilir. Birim olarak kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.7.Tatlısu ekotoksisitesi**

Toksik maddelerin tatlısu ekosistemine olan etkilerini ifade eder. Birim olarak kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.8.Deniz ekotoksisitesi**

Toksik maddelerin deniz ekosistemine olan etkilerini ifade eder. Birim olarak kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.9.Karasal ekotoksisite**

Çevreye salınan toksik maddelerin karasal ekosistem üzerindeki etkilerini ifade eder. Birim olarak kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

### **1.10. Fotokimyasal oksidasyon**

Ekosisteme, insan sağlığına ve tarımsal ürünlere zarar veren reaktif maddelerin oluşumuna denir. Birim olarak kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eşdeğeri cinsinden ifade edilir.

Yaşam döngüsü analizi başlangıçta ürünler için geliştirilmiş olsa da, yaşam döngüsü yaklaşımının faydaları daha karmaşık bir olasılık olan kurumsal değerlendirmeye kadar genişletilebilir. Bu bağlamda, UNEP/SETAC Yaşam Döngüsü Girişimi, organizasyonel yaşam döngüsü analizi (O-YDA) kavramını ortaya çıkarmıştır.

O-YDA, bir kuruluşla ilişkili faaliyetlerin girdilerini, çıktılarını ve potansiyel çevresel etkilerini ve ürün portföyünün sağlanmasını derlemek ve değerlendirmek için bir yaşam döngüsü perspektifi kullanır. Kurum ve kuruluşlara ve değer zincirine ilişkin içgörü sağladığından ve harekete geçilmesi gereken noktaları belirlediğinden, dahili karar alma sisteminde kilit bir rol oynar. Çevresel performans takibini kolaylaştırır ve kuruluşun çevre stratejisi kapsamında tanımlanan hedeflere ulaşılması için bir yapı sağlar. Tüm sektörlerde ve tüm dünyada hem kamu hem de özel, her büyüklükteki kuruluş için öngörülmektedir. Bütünsel O-YDA uygulamasına yönelik ilk uygulama adımları şu anda atılmaktadır ve bunların sonuçları kuruluşların çevresel performansını iyileştirmek için halihazırda kullanılmaktadır.

Ancak O-YDA'nın mevcut durumda en belirgin elverişsizliği farklı kuruluşlar arasında karşılaştırma için tutarlı bir temelini bulunmaması ve bu nedenle kabul edilebilir, mantıklı, anlamlı karşılaştırmalara imkan sağlayamamasıdır. Dolayısıyla, kolay erişilebilir ve pratik klavuzlar gerektiren uygulama tabanının yaygınlaştırılması üzerinde durulması gereken sonraki mantıklı adım olacaktır. (United Nations Environment Programme, 2023).

O-YDA uygulamalarını en fazla uygulayan alanlar, madencilik, tekstil, kimyasal üretimi gibi çevresel etkileri yüksek olan sektörlerdir (Khoo & Tan, 2021; Senthilkannan, 2023).

Sağlık hizmetleri de, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ekonomilerde ulusal toplamın %5 ila %

10'una ulaşan doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarına sahip kritik ve karmaşık bir hizmet sektörüdür. ABD' de karbondioksit (CO<sub>2</sub>e<sub>q</sub>) emisyonlarının yaklaşık %11'ini oluşturmaktadır (COMMINs, 2018). Ülkemizde ise, 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)'ne göre, T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın referans göstergeleri doğrultusunda binalar kategorisinde, alışveriş merkezlerinden sonra gelen en çok enerji tüketen bina grubu, 600 kWh/m<sup>2</sup> /yıllık bir tüketim ile sağlık hizmetlerinin sunulduğu binalardır (Çakmak Barsbay, 2019). Bu durum, küresel ısınmayla ilgili genel endişelere ek olarak, sağlık sektörünün hasta bakım kalitesini korurken; küresel ısınmaya neden olan emisyonlarını azaltmasını destekleyen kamu politikalarını gerektirmektedir. Bu nedenle, hastanelerin çevresel ayak izi konusuna olan ilgi de giderek artmaktadır (Cimprich & Young, 2023).

Hastanelerin en önemli çevresel etki kaynakları başta elektrik ve doğal gaz olmak üzere gerçekleşen enerji tüketimi, yeniden kullanılabilir ve tek kullanımlık materyallerin kullanımı ve en önemlisi hastanın durumuna göre sunulan tıbbi hizmetlerdir. Sağlık sektörünün karbon ayak izinin azaltılması; eşdeğer hasta sonuçlarına sahip, daha çevre dostu alternatif kararlara ulaşmak amacıyla hastanelerin hasta merkezli karar alma sürecine çevresel hususların da dahil edilmesiyle başarılabılır. Sağlık sektörünün, hasta merkezli olmakla birlikte çevre dostu kararlar alması 2012 yılında geliştirilen bir yaklaşımdır. Ancak, hastanelere ilişkin olarak yapılan ısınma, havalandırma ve iklimlendirme çalışmaları ile karşılaştırıldığında bu konuda daha yolun başında olduğumuzu ve çevre dostu sağlık kuruluşları çalışmalarına ağırlık verilmesi gerektiğini söylemek mümkündür (Alshqaqeeq et al., 2020).

Buradan hareketle, bu çalışmada da Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nin 2023 yılı için elektrik ve doğalgaz tüketiminden kaynaklanan çevresel

etkilerinin ve oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle, hastanede gerçekleştirilen tüm tanı ve tedavi işlemleri ile eğitim faaliyetlerinden ortaya çıkan kaynak tüketiminin çevresel sıcak noktaları, çevresel riskleri belirlenebilecek ve çevresel etkilerin ortaya konması ile bu etkilerin izlenmesi mümkün olabilecektir. Bu durumda hastane yönetimi ile ilgili stratejik kararlar alınırken; destek alınabilecek, operasyonel maliyetler azaltılabilecek, paydaşlarla çevresel iletişim ve raporlama süreci güçlendirilebilecek, organizasyonel prosedürler iyileştirilebilecek ve çevresel duyarlılık gösterilerek çevre üzerindeki baskı azaltılacaktır.

Literatürde günümüze kadar Türkiye’de hastanelerin çevresel etkilerinin değerlendirildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Hem literatürdeki bu eksikliği gidermek hem de yukarıda sıralanan hedeflere yol gösterici olması için tasarladığımız bu çalışma ülkemiz için bir ilk olma özelliği taşımaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Türkiye’nin önemli sağlık kuruluşlarından biri olup, başkentte merkezi bir konumda yer almakta ve tüm ülke genelinde çok sayıda ve çok geniş bir perspektifte hasta kabul etmektedir. Son basamak bir sağlık kuruluşu olması sebebiyle hem ayakta, hem yatarak sağlık hizmetlerinde tüm işlemlerin gerçekleştirilebildiği bir merkezdir. Tedavi hizmetine ek olarak hem Türkçe hem İngilizce tıp fakültelerini bünyesinde bulunduran ve sürekli hem tıp eğitimi hem de uzmanlık eğitimi verilen bir araştırma üniversitesidir. Bu sebeplerle Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi O-

YDA için iyi bir örnek oluşturacağı düşünülmektedir.

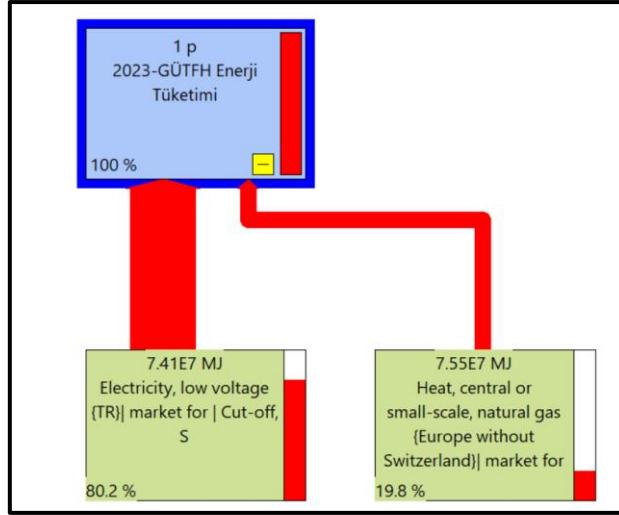
Çalışmada, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi’nde elektrik ve doğalgaz tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerin belirlenebilmesi için ISO 14044 standardı esas alınmıştır (ISO., 2006).

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Başhekimliği ve Tıp Fakültesi Dekanlığı ile iletişime geçilerek, hastane elektrik ve doğal gaz tüketimi verileri 2023 yılı süresince aylık bazda temin edilmiştir.

Elde edilen verilerin değerlendirilebilmesi amacı ile SimaPro v 9.0.0.48 (PRé Sustainability, Amersfoort, Hollanda) yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmada fonksiyonel birim T.C. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi 2023 yılında bir yıl boyunca sağlanan tam zamanlı sağlık ve eğitim hizmetleridir. SimaPro’da verilerin analizinde, ‘EF Method (adapted)’ metodu kullanılmıştır. Bu yöntem ile abiyotik kaynakların tükenmesi, ozon tabakası incilmesi, küresel ısınma, insan üzerindeki toksisite, tatlı su ekosistemleri üzerinde ekotoksisite, deniz suyu ekosistemleri üzerinde ekotoksisite, karasal ekosistemler üzerinde ekotoksisite, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon, ötrofikasyon başlıklarında çevresel etkiler ortaya konmuştur.

## 3. Bulgular ve Tartışma

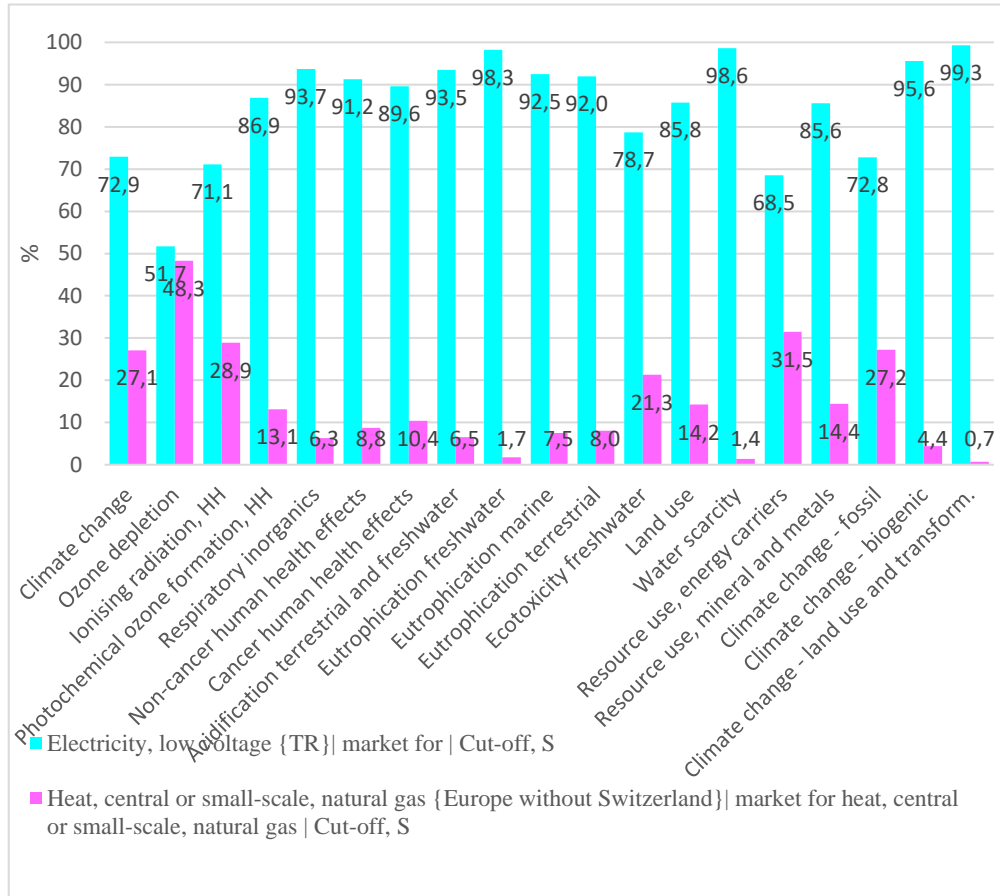
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi’nin 2023 yılı elektrik tüketimi 20588237,25 kWh; yıllık doğalgaz tüketimi ise 2187192,00 m<sup>3</sup>’tür (18044334000 kcal). Şekil 1 de görüleceği üzere; 2023 yılı enerji tüketiminden kaynaklanan etkilerin % 80.2’si elektrik tüketiminden, % 19.8’i doğalgaz tüketiminden kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. SimaPro veri akış görseli

Şekil-2'de verilen 2023 yılı GÜTFH enerji tüketiminden kaynaklanan etkiler incelendiğinde, tüm etki kategorilerinde, elektrik tüketiminin oransal olarak doğalgaz tüketiminin etkisinden çok daha fazla olduğu görülmektedir. Sadece, ozon

tabakası incelmeye üzerine elektrik (% 51.7) ve doğalgaz (% 48.3) tüketiminin katkısının çok yakın olduğu görülmekle birlikte, az da olsa yine elektrik tüketiminin etkisi fazladır.



Şekil 2 Elektrik ve Doğalgaz Tüketiminden Kaynaklanan Çevresel Etki Katkıları-Karakterizasyon Grafiği (2023-Metod: EF Method (adapted))

2021 yılında İsviçre’de Keller RL ve ark.(Keller ve ark., 2021) tarafından yapılan bir çalışmada, bu çalışmanın aksine, ısınmanın iklim değişikliği üzerine etkisi, elektrik tüketiminin iklim değişikliği üzerine etkisinden daha fazla bulunmuştur. Bu durum, ülkemizde elektrik üretiminde en büyük payın kömür kaynaklı olması ile açıklanabilir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, 2023 yılı Türkiye elektrik üretimi, % 36.3 kömürden, % 21.4 doğal gazdan, % 19.6’sı hidroelektrikten, % 10.4’ü rüzgardan, % 5.7’si güneşten, % 3.4’ü jeotermal enerjiden ve % 3.2’si diğer kaynaklardan gerçekleşmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). İsviçre’de ise elektrik üretiminde ülkemizden daha fazla yenilenebilir enerji kaynağı kullanılmaktadır (Keller ve ark., 2021).

Çalışmamızda ısınmanın iklim değişikliğine katkısı elektrik tüketiminden daha azdır ve hastanenin ısınma kaynağı sadece doğal gazdır. İsviçre’de yapılan çalışmada ısınma, büyük kısmı doğalgaz olmakla birlikte hafif fuel-oil yakılması ile de sağlanmaktadır. Ayrıca, İsviçre’de iklim koşulları nedeniyle daha fazla ısınma gerekliliğinden, fazla yakıt tüketilmesi söz konusu olabilir.

Yine bu çalışma da yukarıda belirtildiği üzere, *ozon tabakası incilmesi* etki kategorisinde, elektrik ve doğalgaz tüketiminin etkisinin çok yakın olduğu görülmekle birlikte, az da olsa elektrik tüketiminin etkisi daha fazladır. Ancak, İsviçre’de yapılan çalışmada ısınmanın, elektrik tüketiminden neredeyse iki kat fazla *ozon tabakası incilmesi* üzerine etkisi olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin İsviçre’de ısınma kaynağı olarak hafif fuel-oil yakılması da olduğu düşünülebilir.

2023 yılında Kanada’da Cimprich A ve Young SB tarafından yapılan bir çalışmada(Cimprich ve Young, 2023) ise, hastanelerin en önemli çevresel ayakizi; iklim değişikliği potansiyeli olarak belirlenmiş ve bunun en büyük kaynağı enerji ve su kullanımı olarak açıklanmıştır. Bizim çalışmamızda su tüketim verileri yer

almasa da genel olarak bakıldığında hastanelerde enerji tüketiminin çevresel ayakizi üzerinde çok önemli etkisi olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda elektrik kullanımınının *arazi kullanımı ve dönüşüm*den kaynaklanan iklim değişikliğine etki oranı % 99.3 iken, ısınmanın etki oranının %0.7 olmasının sebebi elektrik üretimi için kullanılan tesislerin inşası için geniş alanlara ihtiyaç duyulması olarak düşünülmektedir. Özellikle kömür madenciliği gibi faaliyetler, yerel ekosistemleri ve habitatları tahrip edebilir, orman alanlarını yok edebilir ve toprağı verimsiz hale getirebilir. Ayrıca, hidroelektrik santraller inşa edilirken sular altında kalan alanlarda habitat kaybı oluşabilir.

Çalışmamızda elektrik kullanımınının temizsu ötrofikasyonuna etki oranı % 98.3, iken ısınmanın etki oranı % 1.7 bulunmuştur. Bunun sebebi olarak termal santrallerde elektrik üretiminde, büyük miktarlarda suyun soğutma amaçlı kullanılması, bu soğutma suyunun geri verilmesi sırasında, suyun sıcaklığının artarak suyun kimyasal dengesini değiştirmesi ve ötrofikasyon riskini artırması düşünülmektedir. Ayrıca, hidroelektrik santraller, su akışını kontrol ederek ve rezervuarlar oluşturarak sucül ekosistemleri etkileyebilir. Rezervuarlarda, suyun hareketinin kontrol edilmesi ve besin maddelerinin birikmesi ötrofikasyon riskini artıran bir başka nedendir. Elektrik ve doğalgazın üretimi sırasında fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere zararlı gazların ve partiküllerin salınmasıyla oluşan emisyonlar, yağışlarla su kaynaklarına karışarak ötrofikasyona neden olabilir.

#### 4.Sonuç

2023 yılı GÜTFH enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerin büyük oranda (% 80.2) sebebi elektrik tüketimidir. Isınmanın etkisi ise % 19.8 olarak bulunmuştur. Bu yüksek farkın sebebinin, ülkemizde elektrik üretiminde, enerji kaynağı olarak kömürün yüksek oranda kullanılmasından kaynaklandığı



düşünülmektedir. Elektrik ve doğalgaz tüketiminin etkisinin en yakın olduğu etki, ozon tabakası incilmesi kategorisinde ortaya çıkmaktadır. Farkın en fazla olduğu etki kategorisi ise *temizsu ötrofikasyonu* kategorisidir.

Buradan hareketle; yüksek yatak kapasitesine sahip üniversite hastanelerinde, yüksek enerji kullanımı sebebiyle, yüksek karbon emisyonu potansiyeline sahip olduğu bilindiğinden, enerji maliyetlerini azaltma ve enerji verimliliğini artırma amacıyla özellikle yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin kullanılması önem kazanmaktadır. Güneş panelleri veya rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının hastane tesislerine entegre edilmesi, elektrik tüketimini azaltabilir ve çevresel olarak daha sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlayabilir. Hastanelerde kesintisiz yedi gün yirmidört saat hizmet veren birimler bulunmaktadır. Sağlık hizmetlerini aksatmayacak ve kalitesini koruyacak şekilde, hem ekonomik hem de çevresel kaygılar göz önünde bulundurulduğunda, enerji tasarrufu yapılabilmesi için stratejiler ve uygulamalar geliştirilmelidir.

Hastanelerde hasta sağlığına doğrudan etkili kritik alanlarda enerji tüketiminin azaltılması önceliklendirilemese de hastane işleyişi içerisinde yer alan ve gündelik yaşamda da kullanılan buzdolabı, yazıcı, televizyon, sebil, soğutucu, yemekhane ve çamaşırhane ekipmanları gibi cihazların ve aydınlatmaların enerji verimliliği sınıflarının yüksek olmasına önem verilmelidir.

Cihazlar ve ekipmanlar, kullanılmadığı zamanlarda kapatılmalı ya da otomatik olarak kapanacak şekilde ayarlanmalıdır. Ayrıca, cihazların enerji tasarruflu modlarda çalışması sağlanarak gereksiz enerji tüketimi önlenmelidir.

Geleneksel florasan veya halojen lambalara kıyasla LED aydınlatma sistemleri daha az enerji tüketir ve daha uzun ömürlüdür. Hastane tesislerinde aydınlatma sistemlerinin modernize edilmesi, elektrik tüketimini azaltacaktır.

Hastaneler sürekli fiziksel olarak genişleyen ve yeni inşa/tadilat yapılan birimlerden oluşan binalardır. Yeni yapılan binaların akıllı binalar olarak tasarlanması ve mevcut binaların tadilatları sırasında akıllı sistemlerin entegre edilmesi bina içindeki enerji kullanımını optimize etmek için kullanılabilir. Bu sistemler, ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi sistemleri otomatik olarak kontrol edebilir ve ayarlayabilir.

Özellikle kış aylarında doğalgaz tüketiminin azaltılması için bina ısı yalıtımının uygun şekilde yapılmış olması gerekir. Hastane binalarında yalıtım ve sızdırmazlık önlemleri alınarak ısı kayıpları minimize edilmelidir. İyi yalıtılmış binalar, ısıtma ve soğutma maliyetlerini azaltmakta ve enerji verimliliğini artırmaktadır.

Ayrıca, alınacak tüm önlemlerin yanısıra enerji tüketiminin azaltılmasını teşvik eden ve sürdürülebilirlik konusunda farkındalığı artıran bir davranış sisteminin geliştirilmesi ve uygulanabilmesi için personel eğitimi önemlidir. Aynı zamanda, hastaların ve hasta yakınlarının çevresel etkiler konusunda eğitilmeleri, bilgilendirilmeleri davranış ve tutumlarının iyileştirilmesi sürdürülebilir enerji yönetimi konusunda etkili olacaktır.

Basit önlemler, bilinçli kullanım alışkanlıkları ve enerji tasarruflu davranışlar, toplam enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olacaktır.

Düzenli olarak enerji denetimleri yapılmalı ve binanın enerji tüketimi izlenmelidir. Bu, enerji verimliliği iyileştirmelerinin etkinliğini değerlendirmek ve iyileştirmeler yapmak için gerekli adımları belirlemek için önemlidir.

### **Yazarların Katkı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

**Kaynaklar**

- Alshqaqeeq, F., Amin Esmaeili, M., Overcash, M., Twomey, J., 2020. Quantifying hospital services by carbon footprint: A systematic literature review of patient care alternatives. *Resources, Conservation and Recycling*, 154: 104560.
- Aydın, M., Erbil, Y., 2023. YBM ve YDD entegrasyonuna yönelik sistematik bir literatür incelemesi. *Uluslararası Bilim Teknoloji ve Tasarım Dergisi*, 4(1): 28–45.
- Çakmak Barsbay, M., 2019. Sağlık sektöründe düşük karbon ekonomisi: tezat mı, mümkün mü? tt - low carbon economy in healthcare system: oxymoron or is it possible? *Verimlilik Dergisi*, 4: 113–134.
- Cimprich, A., Young, S.B., 2023. Environmental footprinting of hospitals: Organizational life cycle assessment of a Canadian hospital. *Journal of Industrial Ecology*, 27(5): 1335–1353.
- Commings, J., 2018. Us healthcare leaves a big carbon footprint. <https://www.healthleadersmedia.com/clinical-care/us-healthcare-leaves-big-carbon-footprint> (Erişim tarihi: 20.04.2024).
- European Commission., 2024. *Causes of climate change*. [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change\\_en#global-warming](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_en#global-warming) (Erişim tarihi: 20.04.2024).
- European Parliament., 2023. Climate change: the greenhouse gases causing global warming.. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230316STO77629/climate-change-the-greenhouse-gases-causing-global-warming> (Erişim tarihi: 20.04.2024).
- ISO. 2006. TS EN ISO 14044:2006. Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gereklere ve kılavuz.
- Kabaun. 2024. *What are the differences between LCA and carbon footprint?* <https://www.kabaun.com/en/post/carbon-footprint-life-cycle-analysis#:~:text=The carbon footprint consists of,and energy associated with it.>
- Keller, R.L., Muir, K., Roth, F., Jattke, M., Stucki, M., 2021. From bandages to buildings: Identifying the environmental hotspots of hospitals. *Journal of Cleaner Production*, 319: 128479.
- Khoo, H.H., Tan, R.B.H., 2021. Life cycle assessment. World Scientific.
- Péan, C., Romero, J., 2023. IPCC, 2023: Annex II: Acronyms, Chemical Symbols and Scientific Units [Fischlin, A., Y. Jung, N. Leprince-Ringuet, C. Ludden, C. Péan, J. Romero (eds.)]. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth . In IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (pp. 131–134). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).*
- Prasad, P.A., Joshi, D., Lighter, J., Agins, J., Allen, R., Collins, M., Pena, F., Velletri, J., Thiel, C., 2022. Environmental footprint of regular and intensive inpatient care in a large US hospital. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(1): 38–49.
- Senthilkannan, S., 2023. Progress on Life Cycle Assessment in Textiles and Clothing. In *Textile Science and Clothing Technology*. Springer Nature Singapore.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). *Elektrik*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> (Erişim tarihi: 10.04.2024).
- United Nations. (2024a). *What Is Climate Change?* <https://www.un.org/en/climate-change/what-is-climate-change> (Erişim tarihi: 10.04.2024).
- United Nations. (2024b). *What Is Climate Change?* <https://www.un.org/en/climate-change/what-is-climate-change> (Erişim tarihi: 10.04.2024).

United Nations Environment Programme. 2023. *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment*. <https://wedocs.unep.org/> (Erişim tarihi: 10.04.2024).

United Nations Framework Convention on Climate Change. 2012. In *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change*. SAGE Publications, Inc.

World Bank Group. 2024. *What is Climate Change?* <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview>.

World Economic Forum. 2024. *Global Risks Report 2024*. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/> (Erişim tarihi: 10.04.2024).

---

**Atıf Şekli:** Kale Ünlü, F.İ., Yücel Işıldar, A.G., 2024. Hastanelerin Elektrik Kullanımı ve Doğalgaz ile Isıtılmasından Kaynaklanan Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi: Gazi Üniversitesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(3): 700-710.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13329586>.

**To Cite:** Kale Ünlü, F.İ., Yücel Işıldar, A.G., 2024. Environmental Impact Evaluation of A Medical Faculty Hospital with Life Cycle Assessment Approach: Gazi University. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(3): 700-710.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13329586>.

---