

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i> | |  |
| | eISSN: 2564-6435 | | |
| | Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/fce | | |
| | <u>Geliş/Received</u> 30.07.2022 | <u>Doi</u> https://doi.org/10.52702/fce.1151120 | |
| | <u>Kabul/Accepted</u> 20.10.2022 | | |

Çevresel Sürdürülebilirlik için Konutların Isıtma Enerji Tüketimlerine Bağlı Emisyonların Yaşam Çevrimi Çevresel Etki Değerlendirmesi ile İncelenmesi

Okan KON^{1,*}, Koray SANDAL²

ÖZ

Çalışmada, binalarda Türk yalıtım standardı olan TS 825'e göre beş iklim bölgesinde bulunan beş farklı şehrindeki binaların enerji tüketimi ve buna bağlı farklı emisyon ve kirlenici türlerinin yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesi ile incelenmiştir. Çalışmada iklim bölgeleri için, birinci iklim bölgesini temsilen Antalya, ikinci iklim bölgesini temsilen Balıkesir, üçüncü iklim bölgesini temsilen Eskişehir, dördüncü iklim bölgesini temsilen Kayseri ve beşinci iklim bölgesini temsilen Kars şehirleri seçilmiştir. Konutun ısıtılması amacı için enerji kaynağı olarak; doğal gaz, Fuel-oil, LPG, linyit kömürü, kok kömürü, taş kömürü ve biokütle (odun) kabul edilmiştir. Çalışmada; ReCiPe orta nokta (midpoint) çevresel hasar ve etki kategorilerine göre on bir adet global ısınmaya etki eden madde ve on üç adet ozonu incelten madde etkisi olarak toplam yirmi dört adet madde için incelemeler yapılmıştır. Son olarak on ve yirmi yıllık ömürler için seçilen şehirler, yakıtlar ve emisyon türlerine bağlı yaşam çevrimi emisyon etkisine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç olarak, emisyon ve kirlenici miktarlarına göre, global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için 29138089840 ton ve ozon tabakasını incelten maddelerden CFC-115 için 8929126304 ton ile Linyit kömüründe en yüksek değerler hesaplanmıştır. Emisyon ve kirlenici potansiyeli en yüksek kömür yakıtlardan linyit kömüründe tespit edilmiştir. En düşük ise doğal gaz yakıtı için bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Konutlarda enerji tüketimi, ReCiPe, emisyonlar, ozonu incelten madde etkisi, yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesi

Investigation of Emissions due to Energy Consumption of Buildings for Environmental Sustainability by Lifecycle and Environmental Impact Assessment

ABSTRACT

In the study, the energy consumption of buildings in five different cities in five climate zones according to TS 825, which is the Turkish insulation standard in buildings, and the life cycle of varying emission and pollutant types were investigated by an environmental impact assessment. In the study, Antalya from the first climate zone, Balıkesir from the second climate zone, Eskişehir from the third climate zone, Kayseri from the fourth climate zone and Kars from the fifth climate zone were selected for these climate zones. As energy sources for heating; natural gas, fuel oil, LPG, lignite coal, coke, hard coal and wood were accepted. According to ReCiPe midpoint environmental damage and impact categories were made for a total of twenty-four substances as the effect of eleven substances that affect global warming as emissions and thirteen substances that deplete ozone. Finally, evaluations were made according to the life-cycle emission effect depending on the selected cities, fuels and emission types for the ten and twenty-year lifetimes. As a result, the highest values were calculated for lignite coal, with 29138089840 ton for SF6, one of the substances that affect global warming, and 8929126304 ton for CFC-115, one of

the substances that deplete the ozone layer, according to the amount of emissions and pollutants. The highest emission and pollutant potential was determined in lignite coal that one of the coal fuels. The lowest was found for natural gas fuel.

Keywords: Building energy consumption, ReCiPe, emissions, ozone depleting effect, life cycle assessment, environmental impact

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author : okan@balikesir.edu.tr

¹Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir, Türkiye

²Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye

1. GİRİŞ

Bir şehirdeki binalarda mevsimsel enerji ihtiyaçları ve ısıtma amaçlı yakıt tüketimi, binaların mimari özelliklerinden, meteorolojik değerlerden ve şehrin nüfusundan tahmin edilebilir [1]. Sera gazları ve iklim değişikliği, binaların neden olduğu hem doğal hem de insani çevre üzerindeki zararlı etkilerden yalnızca biridir. Yaşam çevrimi çevresel yaklaşımı, binaların neden olduğu çevresel etkilerin en kapsamlı görünümünü sağlan bir metodolojidir [2]. Yaşam çevrimi çevresel yaklaşımı ile çevresel profillerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için bir karar destek aracı olarak yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bir yaşam çevrimi çevresel yaklaşımı kullanılarak kirliliğin önlenmesi için sistematik analizler yoluyla sezgisel olsa da genel bilgi verir [3].

Yaşam çevrimi çevresel yaklaşımının kullandığı iki yaklaşım vardır; orta nokta (midpoint) ve (endpoint) son veya uç nokta. Orta nokta yaklaşımı, insan sağlığı sistemi üzerindeki zararlar hesaplamak için belirli seviyede neden-sonuç kuran kategorileri benimser. Son nokta yaklaşımı, orta nokta etki kategorilerini insanlar ve ekosistem üzerindeki daha spesifik hasar kategorilerine değiştirerek daha da ileri incelemeler yapar. Örneğin, son nokta yaklaşımı, kanserojen miktarını hesaplanması, insanlarda olumsuz etkiye neden olan yılı gibi zamanı belirler [4]. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir ürünün, sürecin veya faaliyetin yaşam döngüsü boyunca çevresel yükünü değerlendirmek için kullanılabilen, çevresel etkileri ölçen ve genel çevresel sürdürülebilirliği tahmin eder ve araştırmacılara bilgi vererek, çeşitli seçenekler sunan güçlü bir analiz aracıdır. Yaşam çevrimi çevresel yaklaşımı, çevresel etkilerin güvenilir, eksiksiz, makroskopik bir ölçümünü sağlar ve bu nedenle kullanımı giderek artmaktadır [5].

Binalarda enerji kullanımı, fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımı ve çevresel etki bakımından çok önemli bir konudur. Bina enerji kullanımının çevresel etkisini azaltmak için, bina kabuğunun iyileştirilmesi, yüksek verimli aydınlatma ve günışığı kullanma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistem tasarımı ve seçimi gibi enerji kullanımını azaltmaya yönelik stratejilerin ele alınması önemlidir [6].

Doğalgaz, Fuel-oil, LPG, Kömür gibi fosil kökenli yenilenemez yakıtlar genel olarak karbon, hidrojen, oksijen, kükürt, azot gibi elementler ile bazı inorganik maddeler oluşurlar. Fosil kökenli yakıtların yanması sonucu, CO₂ başta olmak üzere, SO₂, oksijen (O₂), azot (N₂) ve su buharı (H₂O) açığa çıkar. Bu emisyonlar atmosfere salınır. Böylece havaya karışırlar ve toprak yüzeyinde birikirler. Bunun dışında fosil yakıtların yanması sonucu, is, kurum, kül gibi maddelerde meydana getirirler. Kül, kurum ve is hastalıklara sebep olurlar. Asit yağmurları oluştururlar. Asit yağmurları başta insan olmak üzere, bitkiler ve diğer tüm canlılar için çok zararlı etkiye neden olur. Ozon tabakasının incelmeye neden olurlar ve böylece güneş ışınlarının yeryüzüne daha yüksek miktarda gelmesine ve küresel ısınmaya neden olurlar. Karbon dioksit ve diğer zararlı emisyon miktarları artmasının sonucu insan için gerekli olan havadaki oksijen miktarı azalır.

Durmaz ve Kadioğlu yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki en büyük şehir merkezlerinden İstanbul, Ankara, Bursa, Adana ve Konya şehir merkezlerini ele alarak, seçilen bir apartmanda ısıtma enerjisi gereksinimlerinin ayrıntılı bir hesabını ve her şehir merkezindeki yakıt tüketimi tahminlerini derece saat yöntemini kullanarak sunmuşlardır. Çalışmada, Türkiye'nin tüm şehir merkezlerindeki binalarda enerji ihtiyacı ve ısınma amaçlı yakıt tüketimi hakkında fikir vermesi açısından iyi bir gösterge olduğu anlatılmıştır. Isıtma enerjisi gereksinimleri için hesaplamalarda, mimari tasarım bilgisi ve seçilen tipik bir binanın termal özellikleri dikkate alınır. Bu şehir merkezlerindeki yakıt tüketimi hesaplamalarında, bina sayısı tahminleri, bu şehir merkezlerinin nüfusu ve apartmanda yaşayan çeşitli kişi sayılarına göre yapılmaktadır [1]. Heinonen vd. yaptıkları çalışmada, çok kapsamlı bir yaşam döngüsü envanteri ile yeni yapılmış beton elemanlı konut binasının kullanım öncesi aşamasının bir yaşam döngüsü değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmada, sera gazlarına göre farklı çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Geniş etki kategorileri için ReCiPe orta nokta değerlendirme yöntemi kullanmışlardır [2]. Chäfer vd. yaptıkları çalışmada, karasal Akdeniz ikliminde yeşil duvarlı bir bina, yeşil cepheli bir bina ve yeşillik sistemi olmayan bir referans bina arasında karşılaştırmalı bir yaşam döngüsü değerlendirmesiyle incelemişlerdir. Yaşam

döngüsü değerlendirmesi, ReCiPe ve global ısınma potansiyeli göstergeleri kullanmışlardır. Ayrıca, imalat ve inşaat aşaması, bakım, kullanım aşaması ve nihai bertaraf ile ilgili bina yaşam döngüsünün tüm aşamalarındaki etkileri kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir [3]. Alyaseri ve Zhou yaptıkları çalışmanın amacı, bir atık su arıtma tesisinde çamur yakma işleminin çevresel performansını ölçmek için yaşam döngüsü değerlendirme yöntemini kullanmak ve çevresel etkiyi azaltabilecek bir alternatif önermektir. Arıtma süreçlerinin neden olduğu zararları göstermek, süreçlerden kaynaklanan insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynaklar üzerindeki etkilerin değerlendirilmesinde bir son nokta yaklaşımı kullanılmıştır. Seçilen etki değerlendirme yöntemi ReCiPe 2008'dir [4]. Emami vd. yaptıkları çalışmada, en yaygın olarak kullanılan iki yaşam döngüsü değerlendirmesi kullanarak konut inşaatı sırasındaki çevresel etkilerine ilişkin tahminler yapmışlardır. Finlandiya'da bulunan farklı tipteki iki konut binasının, beton elemanlı çok katlı konut binası ve müstakil ahşap evin neden olduğu etkiler, tüm bina sistemleri detaylandırılarak değerlendirilmiştir. ReCiPe orta nokta (Midpoint) yöntemine dayalı olarak, on beş etki kategorisi tahmin edilmiş ve karşılaştırılmıştır [5]. Chatzisyneon vd. yaptıkları çalışmada, tipik geleneksel ve organik biber yetiştirme sistemlerinin çevresel sürdürülebilirliğini ölçmek ve karşılaştırmak için Kuzey Yunanistan'daki Anthemountas havzasında bulunan iki açık tarla biber yetiştiriciliği çalışmaları olarak seçilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, genel çevresel ayak izini ölçmek ve her bir yetiştirme sisteminin belirli çevresel zayıflıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, her bir sistemin çevresel sürdürülebilirliğine ilişkin kapsamlı bir genel bakış elde etmek için hem orta nokta hem de son nokta seviyelerinde analiz edilmiştir. Niteliksel, iki sistemin yaşam döngüleriyle ilişkili emisyonları belirlemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, ReCiPe etki değerlendirmesi kullanılarak problem odaklı (orta nokta) ve hasar odaklı (son nokta) yaklaşımlar için sunulmuştur [7]. Osman ve Ries yaptıkları çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi, binalardaki ısıtma ve soğutma, aydınlatma, ekipman ve kullanım sıcak suyu için enerji taleplerinin karşılanmasından kaynaklanabilecek potansiyel çevresel etkileri değerlendirmişler ve enerji sistemleri modelleri

geliştirmişlerdir. ABD'deki elektrik üretimi için yaşam çevrimi değerlendirilmesinde, bir doğal gaz kombine çevrim santralini, bir katı oksit yakıt hücresi, bir mikrotürbin kojenerasyon sistemi, içten yanmalı motor kojenerasyon sistemi ve bir gaz kazanı kullanılmıştır. Yöntemler, enerji sistemlerini modellemek ve bu sistemlerin kullanıldığında ortaya çıkabilecek yaşam döngüsü çevresel göstergelerini elde etmek için kullanılır. Enerji sistemlerinin performansını değerlendirmek için seçilen çevresel etki kategorileri, küresel ısınma potansiyeli, asitlenme potansiyeli, troposferik ozon öncü potansiyeli ve birincil enerji tüketimidir [6]. Lecler vd. yaptıkları çalışmada, ısı ve elektrik üretimini kirleticiler için ulusal emisyon envanterlerini oluşturmak için yaşam döngüsü değerlendirmesi alanındaki kullanılan eco-invent veritabanı gibi mevcut envanterlerin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu nedenle, 1995–2014 döneminde 140 ülkedeki ısı ve elektrik santrallerinden kaynaklanan toplam 231 hava kaynaklı emisyon ve 87 su kaynaklı kirletici emisyonu içeren Ulusal Enerji ile ilgili Emisyon (ENEE) envanterini oluşturmuşlardır. Çalışma, ulusal düzeyde kapsamlı kirletici emisyon envanterleri oluşturmak için yaşam çevrimi yaklaşımı verilerini kullanma potansiyelini ve çevresel etki değerlendirmesiyle ilgili olarak envanter oluşturmayı amaçlamaktadır [8]. Braulio-Gonzalo ve Bovea yaptıkları çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve yaşam döngüsü maliyetine dayalı binaların işletme aşamasında enerji talebinde azalma sağlamak için bina kabuğu (çatı, cephe ve zemin) ve kalınlığının optimum yalıtım malzemesini analiz eder. Bu amaçla hem çevresel hem de ekonomik yönleri entegre eden metodoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen metot, son Avrupa standartlarında tanımlanan ürün ve kullanımın yaşam döngüsü aşamalarını içermektedir [9]. Chau vd. çalışmada, bina inşaatının çevresel etkilerini değerlendirmek için sıklıkla kullanılan üç yaşam döngüsü yaklaşımı hakkında bir inceleme yapmışlardır. Bu üç yaklaşım, yaşam döngüsü değerlendirmesi, yaşam döngüsü enerji değerlendirmesi ve yaşam döngüsü karbon emisyonları değerlendirmesi dir. Bina inşaatının yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerin değerlendirilmesindeki farklılıkları mukayese etmişlerdir [10]. Louis ve Pongrácz yaptıkları çalışmada, yaşam döngüsü etki değerlendirmesini kullanarak akıllı ev

otomasyonunun çevresel etkilerini araştırmışlardır. Finlandiya'da elektrik tüketimi için dinamik emisyon faktörleriyle birlikte kullanan ReCiPe yöntemi seçilmiştir. Sonuçlar ayrıca, hane başına düşen kişi sayısının, ev otomasyonunun çevresel etkilerini doğrudan etkilediğini göstermiştir. Sonuçlar düşük karbonlu bir ekonomi hedefine ulaşmak için bu araştırmaların çok önemli olacağını anlatmışlardır [11]. Slorach ve Stamford yaptıkları çalışmada, Birleşik Krallık taki binalar kullanılan ısıtma teknolojilerinin çevresel sürdürülebilirliğini yaşam döngüsü yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. Dikkate alınan başlıca teknolojiler, doğal gaz kazanları, hava kaynaklı ısı pompaları, hidrojen kazanları ve doğrudan elektrikli ısıtıcılarıdır. Çevresel etkiler, ReCiPe 2016 19 kategorisini kullanılarak tahmin edilmişlerdir. 2050 yılına kadar net sıfır karbon hedefi için en iyi performans gösteren durumda, iklim değişikliği etkisinin %95 oranında düştüğünü tespit etmişlerdir [12]. Nomura vd. yaptıkları çalışmada, çeşitli elektrik enerjisi üretim sistemlerinden azot oksit ve kükürt oksitlerinin yaşam döngüsü emisyonlarını tahmin etmişlerdir. Enerji sistemlerinin inşa edilmesi sürecinden ve ayrıca yakıtın madenciliği ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların yanı sıra elektrik santrallerinden kaynaklanan emisyonlar da hesaba katılmıştır [13]. Kabakian vd. yaptıkları çalışmada, Lübnan daki mevcut elektrik sistemini PV'den elektrik üretimi ile karşılaştırmışlardır. Mevcut merkezi elektrik üretimi ve merkezi olmayan dizel jeneratör setlerine kıyasla, Kurşun-Asit akülü ve Kurşun Asit akülü 1.8 kWp monokristal Fotovoltaik (PV) sistemin çevresel etkisini ve dolayısıyla sürdürülebilirliğini değerlendirmişlerdir. Etki değerlendirmesi için SimaPro yazılımı (Ecoinvent 2.2 veritabanı) ve ReCiPe 2008 yöntemi kullanılarak yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisi kullanılarak yapılmıştır [14]. McCallum vd. yaptıkları çalışmada, ABD Alaska daki uzak bir bölgede mikro ölçekli yenilenebilir bir elektrik üretim cihazının kullanımı ve mevcut dizel elektrik üretim yöntemiyle karşılaştırılmak için yaşam döngüsü değerlendirmesinde ReCiPe metodolojisi kullanılarak analizler yapmışlardır [15]. Alvanchi vd. yaptıkları çalışmada, baraj projelerinin sürdürülebilirliğine önemli ölçüde katkıda bulunabilecek uygun bir baraj yapısı türünü seçmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla

alternatif baraj yapısı türleri için tamamlayıcı bir yakıt tüketimi ve karbondioksit (CO₂) emisyonu değerlendirme yöntemi önermişlerdir. İran'daki iki yaygın toprak ve kaya dolgu baraj yapısı türü için incelemeler yapılmıştır. Bu araştırmada önerilen alternatif baraj yapılarının yaşam döngüsü emisyon değerlendirmesi, baraj projelerinin karar verme sürecinde kullanılabilmesini anlatırlar [16]. Neri vd. yaptıkları çalışmanın amacı, kamu ve özel sektöre ait bina yeşil hammaddelerin, Bologna bölgesindeki Yeşil Şehir faaliyetinden ve doğal gaz kullanan merkezi ısıtma sisteminde termal enerji üretmek için kullanılmasından çevresel etkilerini değerlendirmektir. ReCiPe etki değerlendirme yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, geleneksel bir metan kazanı tarafından elde edilenlerle karşılaştırmıştır [17]. Altun vd. yaptıkları çalışmada, Türkiye için binalarda erken tasarım aşamasında yapılacak ek kabuk yalıtımının etkisini değerlendirmişlerdir. TS 825 standardının yürürlükteki (2008) ve taslak halindeki (2013) versiyonlarını incelemelerde kullanılmıştır. Çalışmada, yalıtımsız bir binanın TS 825'e göre yalıtılmasının etkinliği yıllık ısıtma enerji ihtiyacında sağlanan tasarruf, ek yalıtım maliyeti ve ek sera gazı salımı ve yaşam döngüsü maliyeti ve sera gazı salımı için iki farklı durumda incelenmiştir [20]. Dekker vd. yaptıkları çalışmada, ReCiPe 2008 ve ReCiPe 2016'ya dayalı Life Cycle Assessment (LCA) sonuçlarını sistematik olarak karşılaştırmışlardır. Hollanda'da yaygın olarak tüketilen seçilmiş gıdalara ilişkin verileri kullanılmıştır. Orta nokta (midpoint) ve küresel ortalama kullanılarak uç nokta (endpoint) düzeyinde yapılmıştır [21]. Dong Y. H. and Ng S. T. yaptıkları çalışmada, Hong Kong'daki ticari binalarda tüketilen tüm yapı malzemelerin çevresel etkilerinin %99'undan fazlasını oluşturan 23 malzemeyi incelemişlerdir. ReCiPe'nin orta nokta ve son nokta yaklaşımlarını kullanarak farklı potansiyeli Life Cycle Impact Assessment (LCIA) sonuçlarını karşılaştırmışlardır [22]. Ige vd. yaptıkları çalışmada, ReCiPe 2016 orta nokta yöntemini temel alan yaşam döngüsü etki değerlendirmesini Life Cycle Impact Assessment (LCIA) kullanarak Portland çimentosunun Güney Afrika çimento endüstrisi üzerindeki çevresel etkisini analiz etmişlerdir [23]. Monteleone vd. yaptıkları çalışmada, iki yeni 10 kW pelet kazanının Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) yoluyla çevresel etki değerlendirmesini

yapmışlardır. Kazanların çevresel etkisini değerlendirmek için ReCiPe orta nokta (midpoint) yöntemi kullanılmıştır. Ek olarak, sonuçları literatür verileriyle karşılaştırmak için ReCiPe son nokta (endpoint) yöntemi kullanılmıştır [24]. Burchart-Korol vd. yaptıkları çalışmada, ısı üretimi için Yeraltı kömür gazlaştırma elde edilen sentez gazının kullanılmasının yaşam döngüsü değerlendirmesinin (LCA) ve malzeme akış analizinin sonuçlarını araştırmışlardır. Gazlaştırma maddesi ve ısı üretim tesislerinin seçiminde farklılık gösteren ısı üretiminin dört çeşidi için LCA'nın karşılaştırmalı bir analizinin sonuçlarını sunulmuştur. Çevresel etkinin farklı kategorilerinin analizi için ReCiPe Midpoint ve ReCiPe Endpoint yöntemleri kullanılmıştır [25]. Kon yaptığı çalışmada, Türk yalıtım standardı TS 825'e göre dört iklim bölgesini temsilen seçilen; İzmir, Manisa, Afyon ve Kastamonu illerindeki binaların elektrik enerji tüketimi için, kömür ve doğal gaz kullanarak elektrik üreten güç santrallerinde meydana gelecek CO₂ ve NO_x emisyonları tespit etmiştir. Daha sonra bu emisyonların ortadan kaldırılması için sosyal emisyon maliyetleri hesaplamıştır. 2030, 2040 ve 2050 yılları için farklı iskonto oranlarına bağlı sosyal emisyon maliyetleri için öngörülerde bulunulmuştur [26]. Kon ve Caner yaptıkları çalışmada, binaların soğutulmasında kullanılan elektriği üreten güç santrallerinden atmosfere salınacak emisyonları incelenmişlerdir. Salınan emisyonları azaltan yeni teknolojilerden biri olan karbon yakalama ve depolama sistemi (CCS) nedeniyle emisyon azalımı araştırılmıştır. CCS kullanımı ve kullanılmadan kaynaklanan emisyonlar karşılaştırılmıştır. Uzun dönem Yaşam döngüsü emisyon değerlendirmesi yapılmıştır. Binalardaki yıllık elektrik enerjisi miktarı soğutma derece-gün yöntemine göre belirlenmiştir [27].

Çalışmada amaç, ülkemizin yalıtım standardı TS 825 göre beş iklim bölgesini temsilen seçilen beş farklı şehir için örnek alınan konuta bağlı enerji tüketimine bağlı farklı emisyon ve kirletici miktarları tespit edilerek, uzun dönemlik ömürler için yaşam çevrimi çevresel etki uygulaması ile emisyon incelemeleri yapmaktır. Seçilen şehirlerin nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2020 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçlarından alınmıştır. Bu nüfus değerlerine bağlı olarak her konutta dört kişinin

yaşadığını kabul ederek toplam konut sayısı tespit edilmiştir. Konutların ısıtılması için enerji kaynağı olarak doğal gaz, Fuel-oil, LPG, linyit kömürü, kok kömürü, taş kömürü ve biokütle (odun) yakıtları kabul edilmiştir. Bu yakıtlar kullanılması sonucu çevreye olan zararlı emisyonlar olarak; yaşam çevrimi emisyon etki değerlendirmelerinden olan ReCiPe orta nokta (midpoint) göre iki temel gösterge incelenmiştir. Bunlar global ısınmaya etki eden maddeler; CO₂, N₂O, HFC-152a, HFC-143a, HFC-143, HFC-125, CH₄, HFC-32, HFC-41, HFC-23, SF₆ ve ozonu incelten maddeler; HCFC-142b, HCFC-141b, CFC-113, Halon-2402, CFC-114, HCFC-124, CFC-115, Halon-1211, Halon-1301, HCFC-22, CFC-12, HCFC-21, CFC-11 dir. Bu emisyon ve kirleticiler için %1 lik emisyon değişimi ile on ve yirmi yıl için yaşam çevrimi çevresel etki yaklaşımı ile analizler yapılmıştır. Çalışma, ülkemizdeki konutların ısıtma döneminde enerji kaynağı olarak kullanılan yakıtlardan oluşacak emisyon ve kirleticilerin, yaşam çevrimi etki değerlendirme yöntemlerinden ReCiPe orta nokta (midpoint) analizine göre hesaplamaları ve incelemeleri ile literatüre katkı sağlayacaktır. Literatürde ReCiPe analiziyle ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genel olarak endüstriyel sistemler veya bina yapımında kullanılan yapı malzemeleri oluşumu için farklı metotlar kullanılarak çevresel etki değerlendirilmeleri yapılmıştır. Bu çalışma, ülkemiz için ReCiPe analizine göre; konutların yakıt tüketimleri, yakıt türleri ve atmosfere etkili emisyon ile kirletici türleri incelemeleri açısından literatüre yenilik katmaktadır.

2. MATERYALVE METOD

Buna göre Antalya için 2548308, Balıkesir için 1240285, Eskişehir için 888828, Kayseri için 1421455, Kars için 143534 kişi olarak tespit edilmiştir [18]. Çalışmadaki hesaplamalarda örnek olarak alınan konut için taban alanı 100 m², konut hacmi 300 m³ ve konutun ısı geçişi olan alanı 320 m² olarak kabul edilmiştir. Örnek alınan konutun alan ve hacim değerlerine bağlı olarak, ısıtma enerjisi hesaplamasında birinci iklim bölgesi temsilen Antalya için 45,148, ikinci İklim bölgesini temsilen Balıkesir için 82,849, üçüncü iklim bölgesini temsilen Eskişehir için 101,549, dördüncü iklim bölgesini temsilen Kayseri için 119,963 ve beşinci iklim bölgesini temsilen

seçilen Kars için 125,216 kWh/m² yıl olarak tavsiye edildiği hesaplanmıştır [19]. Konutların ısıtılmasında ısıtma enerjisi kaynağı olarak doğalgaz, fuel-oil, LPG, linyit kömürü, kok kömürü, taş kömürü ve biokütle (odun) kabul edilmiştir. Her iklim bölgesini için seçilen şehirler nüfus, yıllık enerji tüketimi, iklim bölgesi özelliği gibi kriterler temel alınarak seçilmiştir.

2.1. Konutlar için yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı

Binalarda ısı geçiş alanı;

$$A_n = 0.32 (V_{brüt}) \quad (1)$$

ifadesi ile bulunur. Binalarda ısı geçiş olan alan TS 825 e göre brüt hacmin %32 olarak tespit edilmiştir. TS 825 standardında A_n toplam ısı geçiş alanı referans alınarak, beş farklı iklim bölgesi için binanın toplam alanı ve brüt hacminin oranına ($A_{top}/V_{brüt}$) bağlı yıllık ısıtma enerjisi değeri aşağıdaki formülasyon ile tespit edilmektedir;

$$Q_1 = 36.7 (A_{top}/V_{brüt}) + 6.0 \quad (2)$$

$$Q_2 = 63.7 (A_{top}/V_{brüt}) + 14.9 \quad (3)$$

$$Q_3 = 74.2 (A_{top}/V_{brüt}) + 22.4 \quad (4)$$

$$Q_4 = 83.4 (A_{top}/V_{brüt}) + 31.0 \quad (5)$$

$$Q_5 = 88.7 (A_{top}/V_{brüt}) + 30.6 \quad (6)$$

formülleri ile hesaplanır [19]. Seçilen şehirler için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$F = \frac{Q \cdot P}{\eta \cdot H \cdot n} \quad (7)$$

tespit edilmektedir. Burada, Q her iklim bölgesi için konutun yıllık enerji ihtiyacını, P her iklim bölgesini temsilen seçilen şehirler için toplam nüfusu, η yakıtın ısı verimini, H yakıtın alt ısı değerini, n konuttaki yaşayan kişi sayısını göstermektedir [1].

2.2. Yaşam Çevrimi Emisyon Etki Değerlendirmesi Hesabı

$$Y_{CED} = C_{gg,yakıt} \cdot \sum_{t=1}^N \frac{F}{(1+i_{gg})^t} \quad (8)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada, $C_{gg,yakıt}$ yakıtın emisyon değeridir (kg-emisyon/kWh_{yakıt}); i_{gg} emisyon yüzde değişimidir (çalışmada emisyon değişimi yıllık %1 alınmıştır), N ömrü göstermektedir (çalışmada binanın ömrünün 10 ve 20 yıl olduğu kabul edilmiştir) [20].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

En yüksek konut sayısı, 637,077 ile birinci iklim bölgesindeki Antalya ilinde bulunmuştur. En düşük 141,389 ile beşinci iklim bölgesindeki Kars ilinde tespit edilmiştir. Çalışmada, konut sayısının belirlenmesinde en etkili parametre şehir nüfusedir. Antalya ilinin nüfusu seçilen tüm iller içinde en yüksek değerdedir. Kars şehrinde ise en düşük nüfusa sahip şehirdir. Bu değerler Tablo 2 de verilmiştir. Yakıt tüketiminde en etkili iki parametre alt ısı değer ve ısı verimidir. Hem alt ısı değeri hem de ısı verimi en düşük yakıt linyit kömürü iken en yüksek ise doğal gaz da görülmektedir. Linyit kömürünün alt ısı değeri 2.778 kWh/kg ve ısı verimi % 60 dır. Doğal gazın ise alt ısı değeri 12.604 kWh/kg ve ısı verimi %93 dür. Buna bağlı olarak yakıt tüketimi tüm iklim bölgelerini temsilen seçilen şehirler için en yüksek linyit kömüründe ve en düşük ise doğal gazda hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 1 de gösterilmiştir. Tablo 3'de seçilen beş farklı şehirlerin yıllık toplam yakıt tüketimleri verilmiştir. Burada en yüksek yakıt tüketimi linyit kömürü için 2,455,512,189 kg ile dördüncü iklim bölgesindeki Kayseri şehrinde tespit edilmiştir. En düşük ise 36,798,461 kg ile doğal gaz için beşinci iklim bölgesindeki Kars şehrinde meydana geldiği görülmüştür. Doğal gaz için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 6,585.200 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.202 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 2,017.980 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 9.292 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Fuel-oil için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 9,095.400 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.279 kg/kWh olarak bulunmuştur. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 2,787.210 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 12.834 kg/kWh olarak bulunmuştur. LPG için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 7,400.200 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.227 kg/kWh olarak görülmüştür. Ozon

tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 2,267.730 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 10,442 kg/kWh olarak görülmüştür. Linyit kömürü için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 11,866.400 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.364 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 3,636.360 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 16.744 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Kok kömürü için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 11,116.600 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.341 kg/kWh olarak bulunmuştur. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 3,406.590 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 15.686 kg/kWh olarak bulunmuştur. Taş kömürü için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 11,540.400 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.354 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 3,536.460 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 16.284 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Odun için global ısınmayı etkileyen maddelerden SF6 için en yüksek 13,137.800 kg/kWh ve en düşük ise CO₂ için 0.403 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerden ise CFC-115 için en yüksek 4,025.970 kg/kWh ve en düşük ise HCFC-21 için 18.538 kg/kWh olarak tespit edilmiştir. Tablo 4’de yedi farklı yakıtların yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirmesinde kullanılan ReCiPe orta nokta (midpoint) analizine göre çevresel emisyon ve kirletici etki değerleri verilmiştir.

Doğal gaz için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 2,299,125,336 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 7,433 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 704,547,917 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 341,931 ton tespit edilmiştir. Fuel-oil için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 4,131,208,309 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 13,357 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 1,265,974,571

ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 614,403 ton tespit edilmiştir. LPG için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 2,694,543,959 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 8,712 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 825,720,679 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 400,739 ton görülmüştür. Linyit Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 29,138,089,840 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 94,206 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 8,929,126,304 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 4,333,485 ton hesaplanmıştır. Kok Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 10,078,872,660 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 32,586 ton bulunmuştur. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 3,088,587,051 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1498954 ton bulunmuştur. Taş Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 9,019,923,681 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 29,162 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 2,764,080,907 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1,341,464 ton görülmüştür. Odun için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 17,166,895,814 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 55,502 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 5,260,653,042 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 2,553,101 ton hesaplanmıştır.

Bu değerler ve diğerleri Tablo 5’de TS 825 e göre her iklim bölgesine göre seçilen şehirler ve farklı yakıtlar için çevresel emisyonlar ve kirletici miktarları verilmiştir.

Doğal gaz için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 2,083,007,555 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 6,735 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 638,320,413 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 309,790 ton tespit edilmiştir. Fuel-oil için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 3,742,874,728 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 12,101 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 1,146,972,961 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 556,649 ton tespit edilmiştir. LPG için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 2,441,256,827 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 7,893 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 748,102,936 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 363,069 ton görülmüştür. Linyit Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 26,399,109,395 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 85,351 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 8,089,788,431 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 3,926,137 ton hesaplanmıştır. Kok Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 9,131,458,630 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 29,523 ton bulunmuştur. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 2,798,259,869 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise

HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1,358,052 ton bulunmuştur. Taş Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 8,172,050,855 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 26,421 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 2,504,257,302 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1,215,367 ton görülmüştür. Odun için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 15,553,207,607 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 50,285 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 4,766,151,656 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 2,313,109 ton hesaplanmıştır. Bu değerler ve diğerleri Tablo 6’da on yıllık ömürde farklı yakıtlar için yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesine bağlı emisyon ve kirletici miktarları gösterilmiştir.

Doğal gaz için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 1,885,282,776 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 6,095 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 577,729,292 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 280,384 ton tespit edilmiştir. Fuel-oil için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 3,387,590,814 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 10,952 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 1,038,099,148 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 503,810 ton tespit edilmiştir. LPG için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 2,209,526,046 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri tespit edilmiştir. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 7,144 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 677,090,957 ton değeri ile en

yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 328,606 ton görülmüştür. Linyit Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 23,893,233,668 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 77249 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 7,321,883,569 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 3553458 ton hesaplanmıştır. Kok Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 8,264,675,581 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 26,720 ton bulunmuştur. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 2,532,641,382 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri bulunmuştur. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1,229,142 ton bulunmuştur. Taş Kömürü için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için 7,396,337,419 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 23,913 ton görülmüştür. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 2,266,546,344 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri görülmüştür. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 1,100,001 ton görülmüştür. Odun için global ısınmaya etkileyen maddelerden Kayseri şehrinde SF6 emisyon için

14,076,854,567 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise CO₂ emisyon için Kars şehrinde 45,512 ton hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden Kayseri şehri için CFC-115 emisyon için 4313735495 ton değeri ile en yüksek emisyon değeri hesaplanmıştır. En düşük ise HCFC-21 emisyon için Kars şehrinde 2,093,543 ton hesaplanmıştır. Bu değerler ve diğerleri Tablo 7'de yirmi yıllık ömürde farklı yakıtlar için yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesine bağlı emisyon ve kirletici miktarları verilmiştir. En yüksek emisyon ve kirletici değerlerinin dördüncü iklim bölgesi Kayseri şehrinde ve en düşük ise beşinci iklim bölgesinde tespit edilmesi nüfus miktarına ve buna bağlı konut sayısına bağlı olmasındandır. Kars şehri en soğuk iklim bölgesinde olmasına rağmen en düşük emisyon ve kirletici değerlerinin tespit edilmesinin nedeni, seçilen diğer şehirler arasında nüfus ve buna bağlı konut sayısındaki düşük miktardır. Burada emisyon ve kirletici miktarları arasında yakıtın alt ısı değeri, ısı verimi yerine en etkili parametrenin konut sayısıdır. Binaların ısıtılmasında özellikle linyit kömür kullanılması zararlı kirletici ve emisyon açısından çok risklidir. Ayrıca linyit kömürünün ısı verimi (% 60) ve alt ısı değeri (2.778 kWh/kg) oldukça düşüktür. Aynı miktardaki ısı enerjisi elde etmek için çok yüksek miktarlarda linyit kömürü tüketilmesi gerekir. Bu da emisyon ve kirleticilerin artmasını meydana getirir.

Tablo 1. Yakıtların Alt Isıl değerleri ve Isıl verimleri [19, 28-30]

| Yakıt | Alt Isıl Değer (H) (kWh/kg) | Verim (η) (%) |
|------------------|--------------------------------|------------------|
| Doğalgaz | 12.604 | 93 |
| Fuel-Oil | 11.263 | 80 |
| LPG | 12.772 | 88 |
| Linyit Kömürü | 2.778 | 60 |
| Kok Kömürü | 6.945 | 65 |
| Taş Kömürü | 8.056 | 65 |
| Biyokütle (odun) | 5.220 | 60 |

Tablo 2. Her iklim Bölgesine göre seçilen şehirlerin nüfusları ve konut sayıları [18]

| Şehir | İklim Bölgesi | Nüfus | Konut Sayısı |
|-----------|---------------|-----------|--------------|
| Antalya | 1.Bölge | 2,548,308 | 637,077 |
| Balıkesir | 2.Bölge | 1,240,285 | 310,072 |
| Eskişehir | 3.Bölge | 888,828 | 222,207 |
| Kayseri | 4.Bölge | 1,421,455 | 355,364 |

| | | | |
|------|---------|---------|--------|
| Kars | 5.Bölge | 143,534 | 35,884 |
|------|---------|---------|--------|

Tablo 3. Seçilen şehirlerin yıllık toplam yakıt tüketimleri (kg)

| Yakıt | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Doğalgaz | 235,561,015 | 210,388,357 | 184,802,575 | 349,135,233 | 36,798,461 |
| Fuel-oil | 306,453,813 | 273,705,368 | 240,419,467 | 454,208,535 | 47,873,069 |
| LPG | 245,669,677 | 219,416,782 | 192,733,033 | 364,117,721 | 38,377,599 |
| Linyit Kömürü | 1,656,730,369 | 1,479,687,887 | 1,299,739,850 | 2,455,512,189 | 258,808,227 |
| Kok Kömürü | 611,715,829 | 546,346,297 | 479,903,945 | 906,650,654 | 95,559,961 |
| Taş Kömürü | 527,340,983 | 470,988,199 | 413,710,307 | 781,595,411 | 82,379,279 |
| Biyokütle (Odun) | 881,614,784 | 787,403,153 | 691,645,356 | 1,306,679,643 | 137,722,567 |

Tablo 4. Farklı yakıtların ReCiPe orta nokta (midpoint) analizine göre çevresel emisyon ve kirlenici etki değerleri (kg/kWh) [31-34]

| Emisyon | Taş Kömürü | Doğal Gaz | Fuel-oil | LPG | Linyit Kömürü | Kok Kömürü | Biokütle (Odun) |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|---------------|------------|-----------------|
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | |
| CO ₂ | 0.354 | 0.202 | 0.279 | 0.227 | 0.364 | 0.341 | 0.403 |
| N ₂ O | 54.162 | 30.906 | 42.687 | 34.731 | 55.692 | 52.173 | 61.659 |
| HFC-152a | 13.452 | 7.676 | 10.602 | 8.626 | 13.832 | 12.958 | 15.314 |
| HFC-143a | 562.860 | 321.180 | 443.610 | 360.930 | 578.760 | 542.190 | 640.770 |
| HFC-143 | 37.880 | 21.614 | 29.853 | 24.289 | 38.948 | 36.487 | 43.121 |
| HFC-125 | 389.400 | 222.200 | 306.900 | 249.700 | 400.400 | 375.100 | 443.300 |
| CH ₄ | 2.691 | 1.535 | 2.121 | 1.725 | 2.765 | 2.592 | 3.063 |
| HFC-32 | 72.570 | 41.410 | 57.195 | 46.535 | 74.620 | 69.905 | 82.615 |
| HFC-41 | 9.912 | 5.656 | 7.812 | 6.356 | 10.192 | 9.548 | 11.284 |
| HFC-23 | 4,318.800 | 2,464.400 | 3,403.800 | 2,769.400 | 4,440.800 | 4,160.200 | 4,916.600 |
| SF ₆ | 1,1540.400 | 6,585.200 | 9,095.400 | 7,400.200 | 11,866.400 | 11,116.600 | 13,137.800 |
| Ozonu İncelten Maddeler | | | | | | | |
| HCFC-142b | 249.570 | 142.410 | 196.695 | 160.035 | 256.620 | 240.405 | 284.115 |
| HCFC-141b | 77.880 | 44.440 | 61.380 | 49.940 | 80.080 | 75.020 | 88.660 |
| CFC-113 | 955.8 | 545.400 | 753.300 | 612.900 | 982.800 | 920.700 | 1,088.100 |
| Halon-2402 | 178.062 | 101.606 | 140.337 | 114.181 | 183.092 | 171.523 | 202.709 |
| CFC-114 | 3,090.420 | 1,763.460 | 2,435.670 | 1,981.710 | 3,177.720 | 2,976.930 | 3,518.190 |
| HCFC-124 | 65.490 | 37.370 | 51.615 | 41.995 | 67.340 | 63.085 | 74.555 |
| CFC-115 | 3,536.46 | 2,017.980 | 2,787.210 | 2,267.730 | 3636.36 | 3,406.590 | 4,025.970 |
| Halon-1211 | 203.550 | 116.150 | 160.425 | 130.525 | 209.300 | 196.075 | 231.725 |
| Halon-1301 | 977.040 | 557.520 | 770.040 | 626.520 | 1,004.640 | 920.700 | 1,112.280 |
| HCFC-22 | 194.346 | 110.898 | 153.171 | 124.623 | 199.836 | 187.209 | 221.247 |
| CFC-12 | 1,840.800 | 1,050.400 | 1,450.800 | 1,180.400 | 1,892.800 | 1,773.200 | 2,095.600 |
| HCFC-21 | 16.284 | 9.292 | 12.834 | 10.442 | 16.744 | 15.686 | 18.538 |
| CFC-11 | 573.480 | 125.240 | 451.980 | 367.740 | 589.680 | 552.420 | 652.860 |

Tablo 5. Farklı yakıtları ve seçilen şehirler için çevresel emisyonlar ve kirleticiler miktarları (ton)

| Emisyon | Doğal Gaz | | | | | Fuel-oil | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 47,583 | 42,498 | 37,330 | 70,525 | 7,433 | 85,501 | 76,364 | 67,077 | 12,6724 | 13,357 |
| N ₂ O | 7,280,249 | 6,502,263 | 5,711,508 | 1,0790,374 | 1,137,293 | 13,081,594 | 11,683,661 | 10,262,786 | 19,388,800 | 2,043,558 |
| HFC-152a | 1,808,166 | 1,614,941 | 1,418,545 | 2,679,962 | 282,465 | 3,249,023 | 2,901,824 | 2,548,927 | 4,815,519 | 507,550 |
| HFC-143a | 75,657,487 | 67,572,533 | 59,354,891 | 112,135,254 | 11,818,930 | 135,945,976 | 121,418,438 | 106,652,480 | 201,491,448 | 21,236,972 |
| HFC-143 | 5,091,416 | 4,547,334 | 3,994,323 | 7,546,209 | 795,362 | 9,148,566 | 8,170,926 | 7,177,242 | 13,559,487 | 1,429,155 |
| HFC-125 | 52,341,658 | 46,748,293 | 41,063,132 | 77,577,849 | 8,176,618 | 94,050,675 | 84,000,177 | 73,784,734 | 139,396,599 | 14,692,245 |
| CH ₄ | 361,586 | 322,946 | 283,672 | 535,923 | 56,486 | 649,989 | 580,529 | 509,930 | 963,376 | 101,539 |
| HFC-32 | 9,754,582 | 8,712,182 | 7,652,675 | 1,4457,690 | 1,523,824 | 17,527,626 | 15,654,579 | 1,3750,791 | 25,978,457 | 2,738,100 |
| HFC-41 | 1,332,333 | 1,189,957 | 1,045,243 | 1,974,709 | 208,132 | 2,394,017 | 2,138,186 | 1,878,157 | 3,548,277 | 373,984 |
| HFC-23 | 580,516,565 | 518,481,067 | 455,427,466 | 860,408,868 | 90,686,127 | 1,043,107,489 | 931,638,332 | 818,339,782 | 1,546,035,011 | 162,950,352 |
| SF ₆ | 1,551,216,396 | 1,385,449,409 | 1,216,961,917 | 2,299,125,336 | 242,325,225 | 2,787,320,011 | 2,489,459,804 | 2,186,711,220 | 4,131,208,309 | 435,424,712 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 33,546,244 | 29,961,406 | 26,317,735 | 49,720,349 | 5,240,469 | 60,277,933 | 53,836,477 | 47,289,307 | 89,340,548 | 9,416,393 |
| HCFC-141b | 10,468,332 | 9,349,659 | 8212,626 | 15,515,570 | 1,635,324 | 18,810,135 | 16,800,035 | 14,756,947 | 27,879,320 | 2,938,449 |
| CFC-113 | 128,474,978 | 114,745,810 | 100,791,324 | 190,418,356 | 20,069,881 | 230,851,657 | 206,182,254 | 181,107,984 | 342,155,289 | 36,062,783 |
| Halon-2402 | 23,934,412 | 21,376,719 | 18,777,050 | 35,474,234 | 3,738,944 | 43,006,809 | 38,410,990 | 33,739,747 | 63,742,263 | 6,718,363 |
| CFC-114 | 415,402,428 | 371,011,452 | 325,891,949 | 615,686,018 | 64,892,614 | 746,420,359 | 666,655,954 | 585,582,483 | 1,106,302,102 | 116,602,998 |
| HCFC-124 | 8,802,915 | 7,862,213 | 6,906,072 | 13,047,184 | 1,375,158 | 15,817,614 | 14,127,303 | 12,409,251 | 23,443,974 | 2,470,968 |
| CFC-115 | 475,357,417 | 424,559,497 | 372,927,900 | 704,547,917 | 74,258,558 | 854,151,132 | 762,874,339 | 670,099,543 | 1,265,974,571 | 133,432,297 |
| Halon-1211 | 27,360,412 | 24,436,608 | 21,464,819 | 40,552,057 | 4,274,141 | 49,162,853 | 43,909,184 | 38,569,293 | 72,866,404 | 7,680,037 |
| Halon-1301 | 131,329,977 | 117,295,717 | 103,031,132 | 194,649,875 | 20,515,878 | 23,5981,694 | 210,764,082 | 185,132,606 | 349,758,740 | 36,864,178 |
| HCFC-22 | 26,123,245 | 23,331,648 | 20,494,236 | 38,718,399 | 4,080,876 | 46,939,837 | 41,923,725 | 36,825,290 | 69,571,576 | 7,332,766 |
| CFC-12 | 247,433,290 | 220,991,930 | 194,116,625 | 366,731,649 | 38,653,103 | 444,603,192 | 39,7091,748 | 348,800,563 | 658,965,743 | 69,454,249 |
| HCFC-21 | 2,188,833 | 1,954,929 | 1,717,186 | 3,244,165 | 341,931 | 3,933,028 | 3,512,735 | 3,085,543 | 5829,312 | 614,403 |
| CFC-11 | 29,501,662 | 26,349,038 | 23,144,674 | 43,725,697 | 4,608,639 | 13,8510,994 | 123,709,352 | 108,664,791 | 205,293,174 | 21,637,670 |

Tablo 5. in devamı

| Emisyon | LPG | | | | | Linyit Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 55,767 | 49,808 | 43,750 | 82,655 | 8,712 | 603,050 | 538,606 | 473,105 | 893,806 | 94,206 |
| N ₂ O | 8,532,354 | 7,620,564 | 6,693,811 | 1,264,6173 | 1,332,892 | 92,266,628 | 82,406,778 | 72,385,112 | 136,752,385 | 1,4413,548 |
| HFC-152a | 2,119,147 | 1,892,689 | 1,662,515 | 3,140,879 | 331,045 | 22,915,894 | 20,467,043 | 17,978,002 | 33,964,645 | 3,579,835 |
| HFC-143a | 88,669,557 | 79,194,099 | 69,563,134 | 131,421,009 | 1,3851,627 | 958,849,268 | 856,384,161 | 752,237,436 | 1,421,152,235 | 149,787,849 |
| HFC-143 | 5,967,071 | 5,329,414 | 4,681,293 | 8,844,055 | 932,154 | 64,526,334 | 57,630,884 | 50,622,268 | 95,637,289 | 10,080,063 |
| HFC-125 | 61,343,718 | 54,788,370 | 48,125,438 | 90,920,195 | 9,582,886 | 663,354,840 | 592,467,030 | 520,415,836 | 983,187,080 | 103,626,814 |
| CH ₄ | 423,780 | 378,494 | 332,464 | 628,103 | 66,201 | 4,580,859 | 4,091,337 | 3,593,781 | 6,789,491 | 715,605 |
| HFC-32 | 11,432,238 | 1,0210,560 | 8,968,832 | 16,944,218 | 1,785,902 | 123,625,220 | 110,414,310 | 96,986,588 | 183,230,320 | 19,312,270 |
| HFC-41 | 1,561,476 | 1,394,613 | 1,225,011 | 2,314,332 | 243,928 | 16,885,396 | 15,080,979 | 13,246,949 | 25,026,580 | 2,637,773 |
| HFC-23 | 680,357,603 | 607,652,836 | 533,754,862 | 100,8387,617 | 106,282,923 | 7,357,208,223 | 6,570,997,969 | 5,771,884,726 | 10,904,438,529 | 1,149,315,574 |
| SF ₆ | 1,818,004,744 | 1,623,728,070 | 1,426,262,991 | 2,694,543,959 | 284,001,908 | 19,659,425,251 | 17,558,568,342 | 15,423,232,956 | 29,138,089,840 | 3,071,121,945 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 39,315,747 | 35,114,365 | 30,844,031 | 58,271,579 | 6,141,759 | 425,150,147 | 379,717,506 | 333,539,240 | 630,133,538 | 66,415,367 |
| HCFC-141b | 12,268,744 | 10,957,674 | 9,625,088 | 18,184,039 | 1,916,577 | 132,670,968 | 118,493,406 | 104,083,167 | 196,637,416 | 20,725,363 |
| CFC-113 | 150,570,945 | 134,480,546 | 118,126,076 | 223,167,751 | 23,521,630 | 1,628,234,607 | 1,454,237,255 | 1,277,384,325 | 2,413,277,379 | 254,356,725 |
| Halon-2402 | 28,050,809 | 25,053,228 | 22,006,450 | 41,575,326 | 4381,993 | 303,334,077 | 270,919,015 | 237,971,969 | 449,584,638 | 47,385,716 |
| CFC-114 | 486,846,056 | 434,820,431 | 381,940,979 | 721,575,729 | 76,053,272 | 5,264,625,228 | 4,702,033,792 | 4,130,209,316 | 7,802,930,193 | 822,420,079 |
| HCFC-124 | 10,316,898 | 9,214,408 | 8,093,824 | 15,291,124 | 1,611,667 | 111,564,223 | 99,642,182 | 87,524,481 | 165,354,191 | 17,428,146 |
| CFC-115 | 557,112,497 | 497,578,019 | 437,066,481 | 825,720,679 | 87,030,033 | 6,024,468,045 | 5,380,677,845 | 4,726,322,001 | 8,929,126,304 | 941,119,884 |
| Halon-1211 | 32,066,035 | 28,639,375 | 25,156,479 | 47,526,466 | 5,009,236 | 346,753,666 | 309,698,675 | 272,035,551 | 513,938,701 | 54,168,562 |
| Halon-1301 | 153,916,966 | 137,469,002 | 120,751,100 | 228,127,035 | 24,044,333 | 1,664,417,598 | 1,486,553,639 | 1,305,770,643 | 2,466,905,766 | 260,009,097 |
| HCFC-22 | 30,616,092 | 27,344,378 | 24,018,969 | 45,377,443 | 4,782,732 | 331,074,370 | 295,694,909 | 259,734,813 | 490,699,734 | 51,719,201 |
| CFC-12 | 289,988,487 | 258,999,569 | 227,502,072 | 429,804,558 | 45,300,918 | 3,135,859,242 | 2,800,753,233 | 2,460,147,588 | 4,647,793,471 | 489,872,212 |
| HCFC-21 | 2,565,283 | 2,291,150 | 2,012,518 | 3,802,117 | 400,739 | 27,740,293 | 24,775,894 | 21,762,844 | 41,115,096 | 4,333,485 |
| CFC-11 | 90,342,567 | 80,688,327 | 70,875,646 | 133,900,651 | 14,112,978 | 976,940,764 | 872,542,353 | 76,6430,595 | 1,447,966,428 | 152,614,035 |

Tablo 5. in devamı

| Emisyon | Kok Kömürü | | | | | Taş Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 208,595 | 186,304 | 163,647 | 309,168 | 32,586 | 186,679 | 166,730 | 146,453 | 276,685 | 29,162 |
| N ₂ O | 31,915,050 | 28,504,525 | 25,038,029 | 47,302,685 | 4,985,650 | 28,561,842 | 25,509,663 | 2,2407,378 | 42,332,771 | 4,461,827 |
| HFC-152a | 7,926,614 | 7,079,555 | 6,218,595 | 11,748,379 | 1,238,266 | 7,093,791 | 6,335,733 | 5,565,231 | 10,514,021 | 1,108,166 |
| HFC-143a | 331,666,205 | 296,223,499 | 260,199,120 | 491,576,918 | 51,811,655 | 296,819,146 | 265,100,418 | 232,860,983 | 439,928,793 | 46,368,001 |
| HFC-143 | 22,319,675 | 19,934,537 | 17,510,255 | 33,080,962 | 3,486,696 | 19,975,676 | 17,841,033 | 15,671,346 | 29,606,834 | 3,120,527 |
| HFC-125 | 229,454,607 | 204,934,496 | 180,011,970 | 340,084,660 | 35,844,541 | 205,346,579 | 183,402,805 | 161,098,794 | 304,353,253 | 32,078,491 |
| CH ₄ | 1,585,567 | 1,416,130 | 1,243,911 | 2,350,038 | 247,691 | 1,419,075 | 1,267,429 | 1,113,294 | 2,103,273 | 221,683 |
| HFC-32 | 42,761,995 | 38,192,338 | 33,547,685 | 63,379,414 | 6,680,119 | 38,269,135 | 34,179,614 | 30,022,957 | 56,720,379 | 5,978,264 |
| HFC-41 | 5,840,663 | 5,216,514 | 4582,123 | 8,656,700 | 912,407 | 5,227,004 | 4,668,435 | 4,100,697 | 7,747,174 | 816,543 |
| HFC-23 | 2,544,860,192 | 2,272,909,865 | 1,996,496,392 | 3,771,848,051 | 397,548,550 | 2,277,480,237 | 2,034,103,834 | 1,786,732,074 | 3,375,554,261 | 355,779,630 |
| SF ₆ | 6,800,200,185 | 6,073,513,245 | 5,334,900,195 | 10,078,872,660 | 1,062,301,862 | 6,085,725,880 | 5,435,392,212 | 4,774,382,427 | 9,019,923,681 | 950,689,831 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 147,059,544 | 131,344,382 | 115,371,308 | 217,963,350 | 22,973,092 | 131,608,489 | 117,544,525 | 103,249,681 | 195,062,767 | 20,559,397 |
| HCFC-141b | 45,890,921 | 40,986,899 | 36,002,394 | 68,016,932 | 7,168,908 | 41,069,316 | 36,680,561 | 32,219,759 | 60,870,651 | 6,415,698 |
| CFC-113 | 563,206,764 | 503,021,036 | 441,847,562 | 834,753,257 | 87,982,056 | 504,032,512 | 450,170,521 | 395,424,311 | 747,048,894 | 78,738,115 |
| Halon-2402 | 104,923,334 | 93,710,956 | 82,314,564 | 155,511,440 | 16,390,731 | 93,899,390 | 83,865,101 | 73,666,085 | 139,172,442 | 14,668,619 |
| CFC-114 | 1,821,035,203 | 1,626,434,682 | 1,428,640,451 | 2,699,035,531 | 284,475,315 | 1,629,705,121 | 1,455,551,350 | 1,278,538,607 | 2,415,458,090 | 254,586,571 |
| HCFC-124 | 38,590,093 | 34,466,256 | 30,274,740 | 57,196,057 | 6,028,400 | 34,535,561 | 30,845,017 | 2,7093,888 | 51,186,683 | 5,395,019 |
| CFC-115 | 2,083,865,026 | 1,861,177,832 | 1,634,835,980 | 3,088,587,051 | 325,533,608 | 1,864,920,293 | 1,665,630,926 | 1,463,069,952 | 2,764,080,907 | 291,331,025 |
| Halon-1211 | 119,942,181 | 107,124,850 | 94,097,166 | 177,771,527 | 18,736,919 | 107,340,257 | 95,869,648 | 84,210,733 | 159,093,746 | 16,768,302 |
| Halon-1301 | 563,206,764 | 503,021,036 | 441,847,562 | 834,753,257 | 87,982,056 | 515,233,234 | 460,174,310 | 404,211,518 | 763,649,980 | 80,487,851 |
| HCFC-22 | 114,518,709 | 102,280,944 | 89,842,338 | 169,733,162 | 17,889,685 | 102,486,611 | 91,534,673 | 80,402,943 | 151,899,942 | 16,010,083 |
| CFC-12 | 1,084,694,508 | 96,8781,254 | 850,965,675 | 1,607,672,940 | 169,446,923 | 970,729,282 | 866,995,077 | 761,557,933 | 1,438,760,833 | 151,643,777 |
| HCFC-21 | 9,595,374 | 8,569,988 | 7,527,773 | 1,4221,722 | 1,498,954 | 8,587,221 | 7,669,572 | 6,736,859 | 12,727,500 | 1,341,464 |
| CFC-11 | 337,924,058 | 301,812,621 | 265,108,537 | 500,851,954 | 52,789,234 | 302,419,507 | 270,102,312 | 237,254,587 | 448,229,336 | 47,242,869 |

Tablo 5. in devamı

| Emisyon | Biyokütle (Odun) | | | | |
|---|------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | |
| CO ₂ | 355,291 | 317,323 | 278,733 | 526,592 | 55,502 |
| N ₂ O | 54,359,486 | 48,550,491 | 42,646,161 | 80,568,560 | 8,491,836 |
| HFC-152a | 13,501,049 | 12,058,292 | 10,591,857 | 20,010,492 | 2,109,083 |
| HFC-143a | 564,912,305 | 504,544,318 | 443,185,595 | 83,7281,115 | 88,248,489 |
| HFC-143 | 38,016,111 | 33,953,611 | 29,824,439 | 56,345,333 | 5,938,735 |
| HFC-125 | 390,819,834 | 349,055,818 | 306,606,386 | 57,9251,086 | 61,052,414 |
| CH ₄ | 2,700,386 | 2,411,816 | 2,118,510 | 4,002,360 | 421,844 |
| HFC-32 | 72,834,605 | 65,051,311 | 57,140,281 | 107,951,339 | 11,377,950 |
| HFC-41 | 9,948,141 | 8,885,057 | 7,804,526 | 14,744,573 | 1,554,061 |
| HFC-23 | 4,334,547,247 | 3,871,346,342 | 3,400,543,557 | 6,424,421,133 | 677,126,773 |
| SF ₆ | 11,582,478,709 | 10,344,745,143 | 9,086,698,358 | 17,166,895,814 | 1,809,371,541 |
| Ozon Tabakası İncelten Maddeler | | | | | |
| HCFC-142b | 250,479,984 | 223,713,047 | 196,506,820 | 371,247,287 | 39,129,047 |
| HCFC-141b | 78,163,967 | 69,811,164 | 61,321,277 | 115,850,217 | 12,210,483 |
| CFC-113 | 959,285,046 | 856,773,371 | 752,579,312 | 1,421,798,120 | 149,855,925 |
| Halon-2402 | 178,711,251 | 159,613,706 | 140,202,738 | 264,875,724 | 27,917,604 |
| CFC-114 | 3,101,688,317 | 2,770,233,899 | 2,433,339,775 | 4,597,147,253 | 484,534,158 |
| HCFC-124 | 65,728,790 | 58,704,842 | 51,565,620 | 97,419,501 | 1,0267,906 |
| CFC-115 | 3,549,354,672 | 3,170,061,472 | 2,784,543,454 | 5,260,653,042 | 554,466,923 |
| Halon-1211 | 204,292,186 | 182,460,996 | 160,271,520 | 302,790,340 | 31,913,762 |
| Halon-1301 | 980,602,492 | 875,812,779 | 769,303,297 | 1,453,393,633 | 153,186,057 |
| HCFC-22 | 195,054,626 | 174,210,585 | 153,024,460 | 289,098,951 | 30,470,705 |
| CFC-12 | 1,847,511,941 | 1,650,082,047 | 1,449,412,008 | 2,738,277,860 | 288,611,411 |
| HCFC-21 | 16,343,375 | 14,596,880 | 12,821,722 | 24,223,227 | 2,553,101 |
| CFC-11 | 575,571,028 | 514,064,022 | 451,547,587 | 853,078,872 | 89,913,555 |

Tablo 6. On yıllık ömürde farklı yakıtlar için yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesine bağlı emisyon ve kirletici miktarları (ton)

| Emisyon | Doğal Gaz | | | | | Fuel-oil | | | | |
|---|---------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 39,018 | 34,849 | 30,611 | 57,831 | 6,095 | 70,111 | 62,618 | 55,003 | 103,914 | 10,952 |
| N ₂ O | 5,969,804 | 5,331,855 | 4,683,437 | 8,848,106 | 932,580 | 1,0726,907 | 9,580,602 | 8,415,484 | 15,898,816 | 1,675,717 |
| HFC-152a | 1,482,696 | 1,324,252 | 1,163,207 | 2,197,569 | 231,621 | 2,664,199 | 2,379,496 | 2,090,120 | 3,948,725 | 416,191 |
| HFC-143a | 62,039,139 | 55,409,477 | 48,671,011 | 91,950,908 | 9,691,522 | 111,475,700 | 99,563,119 | 87,455,033 | 165,222,988 | 17,414,317 |
| HFC-143 | 4,174,961 | 3,728,814 | 3,275,345 | 6,187,891 | 652,197 | 7,501,824 | 6,700,160 | 5,885,339 | 11,118,780 | 1,171,907 |
| HFC-125 | 42,920,159 | 38,333,600 | 33,671,768 | 63,613,836 | 6,704,827 | 77,121,554 | 68,880,146 | 60,503,482 | 114,305,212 | 12,047,641 |
| CH ₄ | 296,501 | 264,816 | 232,611 | 439,457 | 46,318 | 532,991 | 476,034 | 418,142 | 789,969 | 83,262 |
| HFC-32 | 7,998,757 | 7,143,989 | 6,275,193 | 11,855,306 | 1,249,536 | 14,372,653 | 12,836,754 | 11,275,649 | 21,302,335 | 2,245,242 |
| HFC-41 | 1,092,513 | 975,764 | 857,100 | 1,619,261 | 170,668 | 1,963,094 | 1,753,313 | 1,540,089 | 2,909,587 | 306,667 |
| HFC-23 | 476,023,584 | 42,5154,475 | 373,450,522 | 705,535,272 | 74,362,624 | 855,348,141 | 763,943,432 | 671,038,621 | 1,267,748,709 | 133,619,289 |
| SF ₆ | 1,271,997,445 | 1,136,068,515 | 997,908,772 | 1,885,282,776 | 198,706,685 | 2,285,602,409 | 2,041,357,039 | 1,793,103,201 | 3,387,590,814 | 357,048,264 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 2,7507,920 | 24,568,353 | 21,580,542 | 40,770,686 | 4,297,184 | 4,9427,905 | 44,145,911 | 38,777,232 | 73,259,249 | 7,721,443 |
| HCFC-141b | 8,584,032 | 7,666,720 | 6,734,354 | 12,722,767 | 1,340,965 | 15,424,311 | 13,776,029 | 12,100,696 | 22,861,042 | 2,409,528 |
| CFC-113 | 105,349,482 | 94,091,564 | 82,648,886 | 156,143,052 | 16,457,302 | 189,298,359 | 169,069,448 | 148,508,547 | 280,567,337 | 29,571,482 |
| Halon-2402 | 19,626,218 | 17,528,910 | 15,397,181 | 29,088,872 | 3,065,934 | 35,265,583 | 31,497,012 | 27,666,592 | 52,268,656 | 5,509,058 |
| CFC-114 | 340,629,991 | 304,229,391 | 267,231,398 | 504,862,535 | 53,211,944 | 612,064,694 | 546,657,882 | 480,177,636 | 907,167,724 | 95,614,458 |
| HCFC-124 | 7,218,390 | 6,447,015 | 5,662,979 | 10,698,691 | 1,127,630 | 12,970,443 | 11,584,388 | 10,175,586 | 19,224,058 | 2,026,194 |
| CFC-115 | 389,793,082 | 348,138,787 | 305,800,878 | 577,729,292 | 60,892,018 | 700,403,928 | 625,556,958 | 549,481,625 | 1,038,099,148 | 109,414,483 |
| Halon-1211 | 22,435,538 | 20,038,018 | 17,601,152 | 33,252,687 | 3,504,796 | 40,313,539 | 36,005,531 | 31,626,820 | 59,750,451 | 6,297,630 |
| Halon-1301 | 107,690,581 | 96,182,488 | 84,485,528 | 159,612,898 | 16,823,020 | 193,504,989 | 172,826,547 | 151,808,737 | 286,802,167 | 30,228,626 |
| HCFC-22 | 21,421,061 | 19,131,951 | 16,805,273 | 31,749,087 | 3,346,318 | 38,490,666 | 34,377,454 | 30,196,738 | 57,048,692 | 6,012,868 |
| CFC-12 | 202,895,298 | 181,213,383 | 159,175,632 | 300,719,952 | 31,695,545 | 364,574,617 | 325,615,233 | 286,016,461 | 540,351,909 | 56,952,484 |
| HCFC-21 | 1,794,843 | 1,603,041 | 1,408,092 | 2,660,215 | 280,384 | 3,225,083 | 2,880,442 | 2,530,146 | 4,780,036 | 503,810 |
| CFC-11 | 24,191,362 | 21,606,211 | 18,978,633 | 35,855,071 | 3,779,084 | 113,579,015 | 101,441,669 | 89,105,128 | 168,340,402 | 17,742,889 |

Tablo 6. nın devamı

| Emisyon | LPG | | | | | Linyit Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 45,729 | 40,842 | 35,875 | 67,777 | 7,144 | 494,501 | 441,657 | 387946 | 732,921 | 77,249 |
| N ₂ O | 6,996,530 | 6,248,863 | 5,488,925 | 10,369,862 | 1,092,972 | 75,658,635 | 67,573,558 | 59355792 | 112,136,956 | 1,1819,109 |
| HFC-152a | 1,737,700 | 1,552,005 | 1,363,262 | 2,575,521 | 271,457 | 18,791,033 | 16,782,975 | 14741961 | 2,7851,009 | 2,935,465 |
| HFC-143a | 72,709,036 | 64,939,161 | 57,041,770 | 107,765,227 | 11,358,334 | 786,256,400 | 702,235,012 | 616834697 | 1,165,344,832 | 122,826,037 |
| HFC-143 | 4,892,998 | 4,370,120 | 3,838,660 | 7,252,125 | 764,366 | 52,911,594 | 47,257,325 | 41510259 | 78,422,577 | 8,265,652 |
| HFC-125 | 50,301,849 | 44,926,464 | 39,462,859 | 74,554,560 | 7,857,967 | 543,950,969 | 485,822,965 | 426740985 | 806,213,406 | 84,973,988 |
| CH ₄ | 347,500 | 310,365 | 272,621 | 515,045 | 54,285 | 3,756,305 | 3,354,896 | 2946900 | 5,567,383 | 586,796 |
| HFC-32 | 9,374,436 | 8,372,659 | 7,354,442 | 13,894,259 | 1,464,439 | 101,372,681 | 90,539,734 | 79529002 | 150,248,862 | 15,836,061 |
| HFC-41 | 1,280,411 | 1,143,583 | 1,004,509 | 1,897,752 | 200,021 | 13,846,025 | 12,366,403 | 10862498 | 20,521,796 | 2,162,974 |
| HFC-23 | 557,893,235 | 498,275,326 | 437,678,987 | 826,877,846 | 87,151,997 | 6,032,910,743 | 5,388,218,334 | 4732945475 | 8,941,639,594 | 942,438,771 |
| SF ₆ | 1,490,763,890 | 1,331,457,018 | 1,169,535,652 | 2,209,526,046 | 232,881,565 | 16,120,728,706 | 14398026041 | 12,647,051,024 | 23,893,233,668 | 2,518,319,995 |
| Ozon Tabakası İncelenen Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 3,223,8912 | 28,793,779 | 25,292,105 | 47,782,695 | 5,036,242 | 348,623,121 | 311,368,355 | 273,502,177 | 516,709,501 | 54,460,601 |
| HCFC-141b | 10,060,370 | 8,985,293 | 7,892,572 | 14,910,912 | 1,571,593 | 108,790,194 | 97,164,593 | 85,348,197 | 161,242,681 | 16,994,798 |
| CFC-113 | 123,468,175 | 110,274,047 | 96,863,382 | 182,997,556 | 19,287,737 | 1,335,152,377 | 1,192,474,549 | 1,047,455,146 | 1,978,887,451 | 208,572,515 |
| Halon-2402 | 23,001,664 | 20,543,647 | 18,045,289 | 34,091,767 | 3,593,234 | 248,733,943 | 222,153,592 | 195,137,014 | 368,659,403 | 38,856,287 |
| CFC-114 | 399,213,766 | 356,552,753 | 313,191,603 | 591,692,098 | 62,363,683 | 4,316,992,687 | 3,855,667,710 | 3,386,771,639 | 6,398,402,758 | 674,384,465 |
| HCFC-124 | 8,459,856 | 7,555,814 | 6,636,935 | 12,538,721 | 1,321,567 | 91,482,663 | 81,706,589 | 71,770,075 | 135,590,436 | 14,291,080 |
| CFC-115 | 456,832,247 | 408,013,976 | 358,394,514 | 677,090,957 | 71,364,627 | 4,940,063,797 | 4,412,155,833 | 3,875,584,041 | 7,321,883,569 | 771,718,305 |
| Halon-1211 | 26,294,148 | 23,484,288 | 20,628,313 | 38,971,702 | 4,107,574 | 284,338,006 | 253,952,913 | 223,069,151 | 421,429,735 | 44,418,221 |
| Halon-1301 | 126,211,912 | 112,724,582 | 99,015,902 | 187,064,168 | 19,716,353 | 1,364,822,430 | 1,218,973,984 | 1,070,731,927 | 2,022,862,728 | 213,207,460 |
| HCFC-22 | 25,105,196 | 22,422,390 | 19,695,554 | 37,209,503 | 3,921,840 | 271,480,983 | 242,469,825 | 212,982,546 | 402,373,782 | 42,409,745 |
| CFC-12 | 237,790,559 | 212,379,647 | 186,551,699 | 352,439,737 | 37,146,753 | 2,571,404,579 | 2,296,617,651 | 2,017,321,022 | 3,811,190,646 | 401,695,214 |
| HCFC-21 | 2,103,532 | 1,878,743 | 1,650,265 | 3,117,736 | 328,606 | 22,747,041 | 20,316,233 | 17,845,532 | 33,714,379 | 3,553,458 |
| CFC-11 | 74,080,905 | 66,164,428 | 58,118,029 | 109,798,534 | 11,572,642 | 801,091,426 | 715,484,730 | 628,473,088 | 1,187,332,471 | 125,143,509 |

Tablo 6. nın devamı

| Emisyon | Kok Kömürü | | | | | Taş Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 171,048 | 152,769 | 134,191 | 253,518 | 26,720 | 153,077 | 136,718 | 120,092 | 226,882 | 23,913 |
| N ₂ O | 26,170,341 | 23,373,711 | 20,531,183 | 38,788,201 | 4,088,233 | 23,420,711 | 20,917,924 | 18,374,050 | 34,712,872 | 3,658,698 |
| HFC-152a | 6,499,823 | 5,805,235 | 5,099,248 | 9,633,671 | 1,015,378 | 5,816,909 | 5,195,301 | 4,563,489 | 8,621,498 | 908,696 |
| HFC-143a | 271,966,288 | 242,903,269 | 213,363,278 | 403,093,073 | 42,485,557 | 243,391,699 | 217,382,343 | 190,946,006 | 360,741,610 | 38,021,761 |
| HFC-143 | 18,302,134 | 16,346,321 | 14,358,409 | 27,126,389 | 2,859,091 | 16,380,055 | 14,629,647 | 12,850,504 | 24,277,604 | 2,558,832 |
| HFC-125 | 188,152,778 | 168,046,287 | 147,609,815 | 278,869,421 | 29,392,524 | 168,384,195 | 150,390,300 | 132,101,011 | 249,569,667 | 26,304,363 |
| CH ₄ | 1,300,165 | 1,161,226 | 1,020,007 | 1,927,032 | 203,107 | 1,163,641 | 1,039,292 | 912,901 | 1,724,684 | 181,780 |
| HFC-32 | 35,064,836 | 31,317,717 | 27,509,102 | 51,971,119 | 5,477,698 | 31,380,691 | 28,027,283 | 24,618,825 | 46,510,711 | 4,902,177 |
| HFC-41 | 4,789,343 | 4,277,542 | 3,757,341 | 7,098,494 | 748,173 | 4,286,143 | 3,828,117 | 3,362,571 | 6,352,682 | 669,566 |
| HFC-23 | 2,086,785,357 | 1,863,786,089 | 1,637,127,041 | 3,092,915,402 | 32,598,811 | 1,867,533,795 | 1,667,965,144 | 1,465,120,301 | 2,767,954,494 | 291,739,297 |
| SF ₆ | 5,576,164,151 | 4,980,280,861 | 4,374,618,160 | 8,264,675,581 | 87,108,527 | 4,990,295,222 | 4,457,021,614 | 3,914,993,590 | 7,396,337,419 | 779,565,662 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 120,588,826 | 107,702,393 | 94,604,472 | 178,729,947 | 18,837,936 | 107,918,961 | 96,386,510 | 8,466,4739 | 159,951,469 | 16,858,705 |
| HCFC-141b | 37,630,556 | 33,609,257 | 29,521,963 | 55,773,884 | 5,878,505 | 33,676,839 | 30,078,060 | 2,6420,202 | 49,913,933 | 5,260,873 |
| CFC-113 | 461,829,546 | 412,477,249 | 362,315,001 | 684,497,671 | 72,145,286 | 413,306,659 | 369,139,827 | 324,247,935 | 612,580,093 | 64,565,254 |
| Halon-2402 | 86,037,134 | 76,842,984 | 67,497,943 | 127,519,381 | 13,440,400 | 76,997,500 | 68,769,383 | 60,406,189 | 114,121,403 | 12,028,268 |
| CFC-114 | 1,493,248,866 | 1,333,676,439 | 1,171,485,170 | 2,213,209,136 | 233,269,758 | 1,336,358,199 | 1,193,552,107 | 1,048,401,658 | 1,980,675,634 | 208,760,989 |
| HCFC-124 | 31,643,876 | 2,826,330 | 24,825,287 | 46,900,766 | 4,943,288 | 28,319,160 | 25,292,914 | 22,216,988 | 41,973,080 | 4,423,916 |
| CFC-115 | 1,708,769,321 | 1,526,165,822 | 1,340,565,504 | 2,532,641,382 | 266,937,558 | 1,529,234,640 | 1,365,817,360 | 1,199,717,361 | 2,266,546,344 | 238,891,441 |
| Halon-1211 | 98,352,589 | 8,7842,377 | 77,159,676 | 145,772,652 | 15,364,274 | 88,019,011 | 78,613,111 | 69,052,801 | 130,456,872 | 13,750,008 |
| Halon-1301 | 461,829,546 | 412,477,249 | 362,315,001 | 684,497,671 | 72,145,286 | 422,491,252 | 377,342,934 | 331,453,445 | 626,192,984 | 66,000,038 |
| HCFC-22 | 93,905,341 | 83,870,374 | 73,670,717 | 139,181,193 | 14,669,541 | 84,039,021 | 75,058,431 | 65,930,414 | 124,557,952 | 13,128,268 |
| CFC-12 | 889,449,497 | 794,400,628 | 697,791,854 | 1,318,291,811 | 138,946,477 | 795,998,011 | 710,935,963 | 624,477,505 | 1,179,783,883 | 124,347,897 |
| HCFC-21 | 7,868,207 | 7,027,390 | 6,172,774 | 11,661,812 | 1,229,142 | 7,041,521 | 6,289,049 | 5,524,224 | 1,0436,550 | 1,100,001 |
| CFC-11 | 277,097,728 | 247,486,350 | 217,389,001 | 410,698,603 | 4,3287,172 | 247,983,996 | 221,483,896 | 194,548,761 | 367,548,056 | 38,739,153 |

Tablo 6. nın devamı

| Emisyon | Biyokütle (Odun) | | | | |
|------------------|---|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| | Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | |
| CO ₂ | 291,338 | 260,205 | 228,561 | 431,805 | 45,512 |
| N ₂ O | 4,4574,778 | 39,811,403 | 34,969,852 | 66,066,219 | 6,963,305 |
| HFC-152a | 11,070,860 | 9,887,799 | 8,685,323 | 16,408,603 | 1,729,448 |
| HFC-143a | 463,228,090 | 413,726,341 | 363,412,188 | 686,570,514 | 72,363,761 |
| HFC-134a | 126,732,213 | 113,189,282 | 99,424,089 | 187,835,329 | 19,797,633 |
| HFC-143 | 31,173,211 | 27,841,961 | 24,456,040 | 46,203,173 | 4,869,763 |
| HFC-125 | 320,472,264 | 286,225,771 | 251,417,237 | 474,985,890 | 50,062,979 |
| CH ₄ | 2,214,317 | 1,977,689 | 1,737,178 | 3,281,935 | 345,912 |
| HFC-32 | 59,724,376 | 53,342,075 | 46,855,030 | 88,520,098 | 9,329,919 |
| HFC-41 | 8,157,476 | 7,285,747 | 6,399,711 | 12,090,550 | 1,274,330 |
| HFC-23 | 3,554,328,743 | 3,174,504,000 | 2,788,445,717 | 5,268,025,329 | 555,243,954 |
| SF ₆ | 9,497,632,542 | 8,482,691,018 | 7,451,092,654 | 14,076,854,567 | 1,483,684,663 |
| | Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | |
| HCFC-142b | 205,393,587 | 183,444,698 | 161,135,593 | 304,422,775 | 32,085,819 |
| HCFC-141b | 64,094,453 | 57,245,154 | 50,283,447 | 94,997,178 | 10,012,596 |
| CFC-113 | 786,613,738 | 702,554,164 | 617,115,036 | 1,165,874,458 | 122,881,859 |
| Halon-2402 | 146,543,226 | 130,883,239 | 114,966,246 | 217,198,093 | 22,892,435 |
| CFC-114 | 2,543,384,420 | 2,271,591,797 | 1,995,338,616 | 3,769,660,748 | 397,318,010 |
| HCFC-124 | 53,897,608 | 48,137,970 | 42,283,808 | 79,883,991 | 8,419,683 |
| CFC-115 | 2,910,470,831 | 2,599,450,407 | 2,283,325,632 | 4,313,735,495 | 454,662,877 |
| Halon-1211 | 167,519,592 | 149,618,016 | 131,422,646 | 248,288,079 | 26,169,285 |
| Halon-1301 | 804,094,043 | 718,166,479 | 630,828,703 | 1,191,782,779 | 125,612,567 |
| HCFC-22 | 159,944,793 | 142,852,680 | 125,480,057 | 237,061,140 | 24,985,978 |
| CFC-12 | 1,514,959,792 | 1,353,067,279 | 1,188,517,847 | 2,245,387,845 | 236,661,357 |
| HCFC-21 | 13,401,567 | 11,969,441 | 10,513,812 | 19,863,046 | 2,093,543 |
| CFC-11 | 471,968,243 | 421,532,498 | 370,269,021 | 699,524,675 | 73,729,115 |

Tablo 7. Yirmi yıllık ömürde farklı yakıtlar için yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirilmesine bağlı emisyon ve kirletici miktarları (ton)

| Emisyon | Doğal Gaz | | | | | Fuel-oil | | | | |
|---|---------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 39,018 | 34,849 | 30,611 | 57,831 | 6,095 | 70,111 | 62,618 | 55,003 | 103,914 | 10,952 |
| N ₂ O | 5,969,804 | 5,331,855 | 4,683,437 | 8,848,106 | 932,580 | 10,726,907 | 9,580,602 | 8,415,484 | 15,898,816 | 1,675,717 |
| HFC-152a | 1,482,696 | 1,324,252 | 1,163,207 | 2,197,569 | 231,621 | 2,664,199 | 2,379,496 | 2,090,120 | 3,948,725 | 416,191 |
| HFC-143a | 62,039,139 | 55,409,477 | 48,671,011 | 91,950,908 | 9,691,522 | 111,475,700 | 99,563,119 | 87,455,033 | 165,222,988 | 17,414,317 |
| HFC-143 | 4,174,961 | 3,728,814 | 3,275,345 | 6,187,891 | 652,197 | 7,501,824 | 6,700,160 | 5,885,339 | 11,118,780 | 1,171,907 |
| HFC-125 | 42,920,159 | 38,333,600 | 33,671,768 | 63,613,836 | 6,704,827 | 77,121,554 | 68,880,146 | 60,503,482 | 114,305,212 | 12,047,641 |
| CH ₄ | 296,501 | 264,816 | 232,611 | 439,457 | 46,318 | 532,991 | 476,034 | 418,142 | 789,969 | 83,262 |
| HFC-32 | 7,998,757 | 7,143,989 | 6,275,193 | 11,855,306 | 1,249,536 | 14,372,653 | 12,836,754 | 11,275,649 | 21,302,335 | 2,245,242 |
| HFC-41 | 1,092,513 | 975,764 | 857,100 | 1,619,261 | 170,668 | 1,963,094 | 1,753,313 | 1,540,089 | 2,909,587 | 306,667 |
| HFC-23 | 476,023,584 | 425,154,475 | 373,450,522 | 705,535,272 | 74,362,624 | 855,348,141 | 763,943,432 | 671,038,621 | 1,267,748,709 | 133,619,289 |
| SF ₆ | 1,271,997,445 | 1,136,068,515 | 997,908,772 | 1,885,282,776 | 198,706,685 | 2,285,602,409 | 2,041,357,039 | 1,793,103,201 | 3,387,590,814 | 357,048,264 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 27,507,920 | 24,568,353 | 21,580,542 | 40,770,686 | 4,297,184 | 49,427,905 | 44,145,911 | 38,777,232 | 73,259,249 | 7,721,443 |
| HCFC-141b | 8,584,032 | 7,666,720 | 6,734,354 | 12,722,767 | 1,340,965 | 15,424,311 | 13,776,029 | 12,100,696 | 22,861,042 | 2,409,528 |
| CFC-113 | 105,349,482 | 94,091,564 | 82,648,886 | 156,143,052 | 16,457,302 | 189,298,359 | 169,069,448 | 148,508,547 | 280,567,337 | 29,571,482 |
| Halon-2402 | 19,626,218 | 17,528,910 | 15,397,181 | 29,088,872 | 3,065,934 | 35,265,583 | 31,497,012 | 27,666,592 | 52,268,656 | 5,509,058 |
| CFC-114 | 340,629,991 | 304,229,391 | 267,231,398 | 504,862,535 | 53,211,944 | 612,064,694 | 546,657,882 | 480,177,636 | 907,167,724 | 95,614,458 |
| HCFC-124 | 7,218,390 | 6,447,015 | 5,662,979 | 10,698,691 | 1,127,630 | 12,970,443 | 11,584,388 | 10,175,586 | 19,224,058 | 2,026,194 |
| CFC-115 | 389,793,082 | 348,138,787 | 305,800,878 | 577,729,292 | 60,892,018 | 700,403,928 | 625,556,958 | 549,481,625 | 1,038,099,148 | 109,414,483 |
| Halon-1211 | 22,435,538 | 20,038,018 | 17,601,152 | 33,252,687 | 3,504,796 | 40,313,539 | 36,005,531 | 31,626,820 | 59,750,451 | 6,297,630 |
| Halon-1301 | 107,690,581 | 96,182,488 | 84,485,528 | 159,612,898 | 16,823,020 | 193,504,989 | 172,826,547 | 151,808,737 | 286,802,167 | 30,228,626 |
| HCFC-22 | 21,421,061 | 19,131,951 | 16,805,273 | 31,749,087 | 3,346,318 | 38,490,666 | 34,377,454 | 30,196,738 | 57,048,692 | 6,012,868 |
| CFC-12 | 202,895,298 | 181,213,383 | 159,175,632 | 300,719,952 | 31,695,545 | 364,574,617 | 325,615,233 | 286,016,461 | 540,351,909 | 56,952,484 |
| HCFC-21 | 1,794,843 | 1,603,041 | 1,408,092 | 2,660,215 | 280,384 | 3,225,083 | 2,880,442 | 2,530,146 | 4,780,036 | 503,810 |
| CFC-11 | 24,191,362 | 21,606,211 | 18,978,633 | 35,855,071 | 3,779,084 | 113,579,015 | 101,441,669 | 8,9105,128 | 168,340,402 | 17,742,889 |

Tablo 7. nin devamı

| Emisyon | LPG | | | | | Linyit Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 45,729 | 40,842 | 35,875 | 67,777 | 7,144 | 494,501 | 441,657 | 38,7946 | 732,921 | 77,249 |
| N ₂ O | 6,996,530 | 6,248,863 | 5,488,925 | 10,369,862 | 1,092,972 | 75,658,635 | 67,573,558 | 59,355,792 | 112,136,956 | 11,819,109 |
| HFC-152a | 1,737,700 | 1,552,005 | 1,363,262 | 2,575,521 | 271,457 | 18,791,033 | 16,782,975 | 14,741,961 | 2,7851,009 | 2,935,465 |
| HFC-143a | 72,709,036 | 64,939,161 | 57,041,770 | 107,765,227 | 11,358,334 | 786,256,400 | 702,235,012 | 616,834,697 | 1,165,344,832 | 122,826,037 |
| HFC-143 | 4,892,998 | 4,370,120 | 3,838,660 | 7,252,125 | 764,366 | 52,911,594 | 47,257,325 | 41,510,259 | 78,422,577 | 8,265,652 |
| HFC-125 | 50,301,849 | 4,4926,464 | 39,462,859 | 74,554,560 | 7,857,967 | 543,950,969 | 485,822,965 | 426,740,985 | 806,213,406 | 84,973,988 |
| CH ₄ | 347,500 | 310,365 | 272,621 | 515,045 | 54,285 | 3,756,305 | 3,354,896 | 2,946,900 | 5,567,383 | 586,796 |
| HFC-32 | 9,374,436 | 8,372,659 | 7,354,442 | 13,894,259 | 1,464,439 | 101,372,681 | 90,539,734 | 79,529,002 | 150,248,862 | 15,836,061 |
| HFC-41 | 1,280,411 | 1,143,583 | 1,004,509 | 1,897,752 | 200,021 | 13,846,025 | 12,366,403 | 10,862,498 | 20,521,796 | 2,162,974 |
| HFC-23 | 55,7893,235 | 498,275,326 | 437,678,987 | 826,877,846 | 87,151,997 | 6,032,910,743 | 5,388,218,334 | 4,732,945,475 | 8,941,639,594 | 942,438,771 |
| SF ₆ | 1,490,763,890 | 1,331,457,018 | 1,169,535,652 | 2,209,526,046 | 232,881,565 | 16,120,728,706 | 14,398,026,041 | 12,647,051,024 | 23,893,233,668 | 2,518,319,995 |
| Ozon Tabakası İncelenen Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 32,238,912 | 28,793,779 | 25,292,105 | 47,782,695 | 5,036,242 | 348,623,121 | 311,368,355 | 273,502,177 | 516,709,501 | 54,460,601 |
| HCFC-141b | 10,060,370 | 8,985,293 | 7,892,572 | 14,910,912 | 1,571,593 | 108,790,194 | 97,164,593 | 85,348,197 | 161,242,681 | 16,994,798 |
| CFC-113 | 123,468,175 | 110,274,047 | 96,863,382 | 182,997,556 | 19,287,737 | 1,335,152,377 | 1,192,474,549 | 1,047,455,146 | 1,978,887,451 | 208,572,515 |
| Halon-2402 | 23,001,664 | 20,543,647 | 18,045,289 | 34,091,767 | 3,593,234 | 248,733,943 | 222,153,592 | 195,137,014 | 368,659,403 | 38,856,287 |
| CFC-114 | 399,213,766 | 356,552,753 | 313,191,603 | 591,692,098 | 62,363,683 | 4,316,992,687 | 3,855,667,710 | 3,386,771,639 | 6,398,402,758 | 674,384,465 |
| HCFC-124 | 8,459,856 | 7,555,814 | 6,636,935 | 12,538,721 | 1,321,567 | 91,482,663 | 81,706,589 | 71,770,075 | 135,590,436 | 14,291,080 |
| CFC-115 | 456,832,247 | 408,013,976 | 358,394,514 | 677,090,957 | 71,364,627 | 4,940,063,797 | 4,412,155,833 | 3,875,584,041 | 7,321,883,569 | 771,718,305 |
| Halon-1211 | 26,294,148 | 23,484,288 | 20,628,313 | 38,971,702 | 4,107,574 | 284,338,006 | 253,952,913 | 223,069,151 | 421,429,735 | 44,418,221 |
| Halon-1301 | 126,211,912 | 112,724,582 | 99,015,902 | 187,064,168 | 19,716,353 | 1,364,822,430 | 1,218,973,984 | 1,070,731,927 | 2,022,862,728 | 213,207,460 |
| HCFC-22 | 25,105,196 | 22,422,390 | 19,695,554 | 37,209,503 | 3,921,840 | 271,480,983 | 242,469,825 | 212,982,546 | 402,373,782 | 42,409,745 |
| CFC-12 | 237,790,559 | 212,379,647 | 186,551,699 | 352,439,737 | 37,146,753 | 2,571,404,579 | 2,296,617,651 | 2,017,321,022 | 3,811,190,646 | 401,695,214 |
| HCFC-21 | 2,103,532 | 1,878,743 | 1,650,265 | 3,117,736 | 328,606 | 22,747,041 | 20,316,233 | 17,845,532 | 33,714,379 | 3,553,458 |
| CFC-11 | 74,080,905 | 66,164,428 | 58,118,029 | 109,798,534 | 11,572,642 | 801,091,426 | 715,484,730 | 628,473,088 | 1,187,332,471 | 125,143,509 |

Tablo 7. nin devamı

| Emisyon | Kok Kömürü | | | | | Taş Kömürü | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | | | | | | | |
| CO ₂ | 171,048 | 152,769 | 134,191 | 253,518 | 26,720 | 153,077 | 136,718 | 120,092 | 226,882 | 23,913 |
| N ₂ O | 26,170,341 | 23,373,711 | 20,531,183 | 38,788,201 | 4,088,233 | 23,420,711 | 2,0917,924 | 18,374,050 | 34,712,872 | 3,658,698 |
| HFC-152a | 6,499,823 | 5,805,235 | 5,099,248 | 9,633,671 | 1,015,378 | 5,816,909 | 5,195,301 | 4,563,489 | 8,621,498 | 908,696 |
| HFC-143a | 271,966,288 | 242,903,269 | 213,363,278 | 403,093,073 | 42,485,557 | 243,391,699 | 217,382,343 | 190,946,006 | 360,741,610 | 38,021,761 |
| HFC-143 | 18,302,134 | 16,346,321 | 14,358,409 | 27,126,389 | 2,859,091 | 16,380,055 | 14,629,647 | 12,850,504 | 24,277,604 | 2,558,832 |
| HFC-125 | 188,152,778 | 168,046,287 | 147,609,815 | 278,869,421 | 29,392,524 | 168,384,195 | 150,390,300 | 132,101,011 | 249,569,667 | 26,304,363 |
| CH ₄ | 1,300,165 | 1,161,226 | 1,020,007 | 1,927,032 | 203,107 | 1,163,641 | 1,039,292 | 912,901 | 1,724,684 | 181,780 |
| HFC-32 | 35,064,836 | 31,317,717 | 27,509,102 | 51,971,119 | 5,477,698 | 31,380,691 | 28,027,283 | 24,618,825 | 46,510,711 | 4,902,177 |
| HFC-41 | 4,789,343 | 4,277,542 | 3,757,341 | 7,098,494 | 748,173 | 4,286,143 | 3,828,117 | 3,362,571 | 6,352,682 | 669,566 |
| HFC-23 | 2,086,785,357 | 1,863,786,089 | 1,637,127,041 | 3,092,915,402 | 325,989,811 | 1,867,533,795 | 1,667,965,144 | 1,465,120,301 | 2,767,954,494 | 291,739,297 |
| SF ₆ | 5,576,164,151 | 4,980,280,861 | 4,374,618,160 | 8,264,675,581 | 871,087,527 | 4,990,295,222 | 4,457,021,614 | 3,914,993,590 | 7,396,337,419 | 779,565,662 |
| Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | | | | | | | |
| HCFC-142b | 120,588,826 | 107,702,393 | 94,604,472 | 178,729,947 | 18,837,936 | 107,918,961 | 96,386,510 | 84,664,739 | 159,951,469 | 16,858,705 |
| HCFC-141b | 37,630,556 | 33,609,257 | 29,521,963 | 55,773,884 | 5,878,505 | 33,676,839 | 30,078,060 | 26,420,202 | 49,913,933 | 5,260,873 |
| CFC-113 | 461,829,546 | 412,477,249 | 362,315,001 | 684,497,671 | 72,145,286 | 413,306,659 | 369,139,827 | 324,247,935 | 612,580,093 | 64,565,254 |
| Halon-2402 | 86,037,134 | 76,842,984 | 67,497,943 | 127,519,381 | 13,440,400 | 76,997,500 | 68,769,383 | 60,406,189 | 114,121,403 | 12,028,268 |
| CFC-114 | 1,493,248,866 | 1,333,676,439 | 1,171,485,170 | 2,213,209,136 | 233,269,758 | 1,336,358,199 | 1,193,552,107 | 1,048,401,658 | 1,980,675,634 | 208,760,989 |
| HCFC-124 | 31,643,876 | 28,262,330 | 24,825,287 | 46,900,766 | 4,943,288 | 28,319,160 | 25,292,914 | 22,216,988 | 41,973,080 | 4,423,916 |
| CFC-115 | 1,708,769,321 | 1,526,165,822 | 1,340,565,504 | 2,532,641,382 | 266,937,558 | 1,529,234,640 | 1,365,817,360 | 1,199,717,361 | 2,266,546,344 | 238,891,441 |
| Halon-1211 | 98,352,589 | 87,842,377 | 77,159,676 | 145,772,652 | 15,364,274 | 88,019,011 | 78,613,111 | 69,052,801 | 130,456,872 | 13,750,008 |
| Halon-1301 | 461,829,546 | 412,477,249 | 362,315,001 | 684,497,671 | 72,145,286 | 422,491,252 | 377,342,934 | 331,453,445 | 626,192,984 | 66,000,038 |
| HCFC-22 | 93,905,341 | 83,870,374 | 73,670,717 | 139,181,193 | 14,669,541 | 84,039,021 | 75,058,431 | 65,930,414 | 124,557,952 | 13,128,268 |
| CFC-12 | 889,449,497 | 794,400,628 | 697,791,854 | 1,318,291,811 | 138,946,477 | 795,998,011 | 710,935,963 | 624,477,505 | 1,179,783,883 | 124,347,897 |
| HCFC-21 | 7,868,207 | 7,027,390 | 6,172,774 | 11,661,812 | 1,229,142 | 7,041,521 | 6,289,049 | 5,524,224 | 10,436,550 | 1,100,001 |
| CFC-11 | 277,097,728 | 247,486,350 | 217,389,001 | 410,698,603 | 4,3287,172 | 247,983,996 | 221,483,896 | 194,548,761 | 367,548,056 | 38,739,153 |

Tablo 7. nin devamı

| Emisyon | Biyokütle (Odun) | | | | |
|------------------|---|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | Antalya | Balıkesir | Eskişehir | Kayseri | Kars |
| | Global Isınmaya Etki Eden Maddeler | | | | |
| CO ₂ | 291,338 | 260,205 | 228,561 | 431,805 | 45,512 |
| N ₂ O | 44,574,778 | 39,811,403 | 34,969,852 | 66,066,219 | 6,963,305 |
| HFC-152a | 11,070,860 | 9,887,799 | 8,685,323 | 16,408,603 | 1,729,448 |
| HFC-143a | 463,228,090 | 413,726,341 | 363,412,188 | 686,570,514 | 72,363,761 |
| HFC-134a | 126,732,213 | 113,189,282 | 99,424,089 | 187,835,329 | 19,797,633 |
| HFC-143 | 31,173,211 | 27,841,961 | 24,456,040 | 46,203,173 | 4,869,763 |
| HFC-125 | 320,472,264 | 286,225,771 | 251,417,237 | 474,985,890 | 50,062,979 |
| CH ₄ | 2214,317 | 1,977,689 | 1,737,178 | 3281,935 | 345,912 |
| HFC-32 | 59,724,376 | 53,342,075 | 46,855,030 | 88,520,098 | 9,329,919 |
| HFC-41 | 8,157,476 | 7,285,747 | 6,399,711 | 12,090,550 | 1,274,330 |
| HFC-23 | 3,554,328,743 | 3,174,504,000 | 2,788,445,717 | 5,268,025,329 | 555,243,954 |
| SF ₆ | 9,497,632,542 | 8,482,691,018 | 7,451,092,654 | 14,076,854,567 | 1,483,684,663 |
| | Ozon Tabakasını İncelten Maddeler | | | | |
| HCFC-142b | 205,393,587 | 183,444,698 | 161,135,593 | 304,422,775 | 32,085,819 |
| HCFC-141b | 64,094,453 | 57,245,154 | 50,283,447 | 94,997,178 | 10,012,596 |
| CFC-113 | 786,613,738 | 702,554,164 | 617,115,036 | 1,165,874,458 | 122,881,859 |
| Halon-2402 | 146,543,226 | 130,883,239 | 114,966,246 | 217,198,093 | 22,892,435 |
| CFC-114 | 2,543,384,420 | 2,271,591,797 | 1,995,338,616 | 3,769,660,748 | 397,318,010 |
| HCFC-124 | 53,897,608 | 48,137,970 | 42,283,808 | 79,883,991 | 8,419,683 |
| CFC-115 | 2,910,470,831 | 2,599,450,407 | 2,283,325,632 | 4,313,735,495 | 454,662,877 |
| Halon-1211 | 167,519,592 | 149,618,016 | 131,422,646 | 248,288,079 | 26,169,285 |
| Halon-1301 | 804,094,043 | 718,166,479 | 630,828,703 | 119,1782,779 | 125,612,567 |
| HCFC-22 | 159,944,793 | 142,852,680 | 125,480,057 | 237,061,140 | 24,985,978 |
| CFC-12 | 1,514,959,792 | 1,353,067,279 | 1,188,517,847 | 2,245,387,845 | 236,661,357 |
| HCFC-21 | 13,401,567 | 11,969,441 | 10,513,812 | 19,863,046 | 2,093,543 |
| CFC-11 | 471,968,243 | 421,532,498 | 370,269,021 | 699,524,675 | 73,729,115 |

4. SONUÇLAR

Çalışmada; yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirmesinde kullanılan ReCiPe orta nokta (midpoint) incelemesine göre elde edilen sonuçları incelersek;

Global ısınmayı etkileyen maddelerden en yüksekte en düşüğe doğru emisyon etki değeri SF6, HFC-23, HFC-143a, HFC-125, HFC-134a, HFC-32, N₂O, HFC-143, HFC-152a, HFC-41, CH₄, CO₂ şeklinde sıralanmaktadır. Ozon tabakasını incelten maddelerden en yüksekte en düşüğe doğru emisyon etki değeri CFC-115, CFC-114, CFC-12, Halon-1301, CFC-113, HCFC-142b, CFC-11, Halon-1211, HCFC-22, Halon-2402, HCFC-141b, HCFC-124, HCFC-21 şeklinde sıralanmaktadır.

Tüm emisyon türleri ve kirleticiler ile yakıtlar için en yüksek değer dördüncü iklim bölgesindeki Kayseri şehrinde hesaplanmıştır. Kayseri şehrini birinci iklim bölgesindeki Antalya, ikinci iklim bölgesindeki Balıkesir, üçüncü iklim bölgesindeki Eskişehir ve son olarak beşinci iklim bölgesindeki Kars şehri takip etmektedir.

Emisyon ve kirletici miktarlarına göre, global ısınmayı etkileyen maddelerden Linyit kömüründe SF6 için 29,138,089,840 ton ile en yüksek değerler hesaplanmıştır. Daha sonra aynı kirletici için sırasıyla 17,166,895,814 ton ile biokütle olarak odunda, 10,078,872,660 ton ile kok kömüründe, 9,019,923,681 ton ile taş kömüründe, 4,131,208,309 ton ile Fuel-oil de, 2,694,543,959 ton ile LPG de ve en düşük ise 2,299,125,336 ton ile doğal gaz da hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden en yüksek Linyit kömüründe CFC-115 için 8,929,126,304 ton, daha sonra aynı kirletici için sırasıyla 5,260,653,042 ton ile biokütle olarak odunda, 3,088,587,051 ton ile kok kömüründe, 2,764,080,907 ton ile taş kömüründe, 1,265,974,571 ton ile Fuel-oil de, 825,720,679 ton ile LPG de ve en düşük ise 704,547,917 ton ile doğal gaz da hesaplanmıştır. Emisyon ve kirletici potansiyeli en yüksek kömür yakıtlardan linyit kömüründe tespit edilmiştir. En düşük ise doğal gaz yakıtı için bulunmuştur. Fosil kökenli yakıtlar arasında emisyon ve kirletici etkisi en düşük olan ve diğer fosil kökenli yakıtlara göre çok daha iyi konumda olan doğal gazdır.

On yıllık ve yirmi yıllık ömürler için emisyon ve kirletici miktarlarının tahminine göre, global ısınmayı etkileyen maddelerden en yüksek değer SF6 için Linyit kömüründe, daha sonra sırasıyla biokütle olarak odunda, kok kömüründe, taş kömüründe, Fuel-oil de, LPG de ve en düşük ise doğal gaz da hesaplanmıştır. Ozon tabakasını incelten maddelerden en yüksek Linyit kömüründe CFC-115 için, daha sonra aynı kirletici için sırasıyla biokütle olarak odunda, kok kömüründe, taş kömüründe, Fuel-oil de, LPG de ve en düşük ise doğal gaz da hesaplanmıştır. Çalışmada, Yalıtım standardı TS 825 e göre beş iklim bölgesini temsilen seçilen beş şehir için, on yıllık ömürde tüm yakıt ile emisyon ve kirleticiler için %10 luk bir değişim hesaplanırken, yirmi yıllık ömürde ise bu oran %22 olarak bulunmuştur.

Binaların genel olarak ısıtılmasında fosil kökenli yakıtlardan katı yakıt kullanımı yerine doğal gaz gibi daha az kirletici yakıtların kullanılması teşvik edilmelidir. Özellikle kömür gibi katı fosil kökenli yakıtların zararlı kirletici ve emisyon değerleri çok yüksek miktarlardadır. Ayrıca katı yakıtların ısı verimleri ve alt ısı değerleri oldukça düşüktür. Doğal gazın verdiği ısı enerjisini elde etmek için çok yüksek miktarlarda katı yakıt tüketilmesi gerekir. Bu da emisyon ve kirleticiler açısından oldukça olumsuz etki meydana getirir.

Gelecek çalışmalarda, binaların uzun dönem enerji tüketimleri için yapılan enerji yaşam çevrimi çevresel etki değerlendirmesi yöntemlerinden ReCiPe (end point) son nokta veya uç nokta analizine göre incelemeler ve araştırmalar yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Durmayaz, A, and Kadioğlu, M. (2003). Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey. *Energy Conversion and Management* 44, 7, 1177–1192.
- [2] Heinonen, J., Saynajoki, A., Junnonen, J. M., Poyry, A. and Junnila, S. (2016). Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator?. *Building and Environment* 95, 116-125.

- [3] Châfer, M., Pérez, G., Coma, J. and Cabeza, L. F. (2021). A comparative life cycle assessment between green walls and green facades in the Mediterranean continental climate. *Energy and Buildings*, 249, 111236.
- [4] Alyaseri, I. and Zhou, J., Towards better environmental performance of waste water sludge treatment using endpoint approach in LCA methodology. *Heliyon*, 3, 3, 00268. 2017.
- [5] Emami, N., Heinonen, J., Marteinsson, B., Säynäjoki, A., Junnonen, J. M., Laine, J. and Junnila, S. (2019). A Life Cycle Assessment of Two Residential Buildings Using Two Different LCA Database-Software Combinations: Recognizing Uniformities and Inconsistencies. *Buildings*, 9, 1, 20.
- [6] Osman A. and Ries R. (2007). Life Cycle Assessment of Electrical and Thermal Energy Systems for Commercial Buildings. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12, 5, 308–316.
- [7] Chatzisyneon, E., Foteinis, S. and Borthwick A. G. L. (2017). Life cycle assessment of the environmental performance of conventional and organic methods of open field pepper cultivation system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 896–908.
- [8] Lecler, A., Hauschild, M. Z. and Wood, R. (2020). Laurent A, Building national emission inventories for the energy sector: Implications for life cycle assessment and nations environmental footprinting. *Science of the Total Environment*, 708, 135119.
- [9] Braulio-Gonzalo, M. and Bovea, M. D. (2017). Environmental and cost performance of building's envelope insulation materials to reduce energy demand: Thickness optimisation. *Energy and Buildings*, 150, 527–545.
- [10] Chau, C. K., Leung, T. M. and Ng W. Y., (2015). A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. *Applied Energy*, 143, 395–413.
- [11] Louis, J. N. and Pongrácz, E. (2017). Life cycle impact assessment of home energy management systems (HEMS) using dynamic emissions factors for electricity in Finland. *Environmental Impact Assessment Review*, 67, 109–116.
- [12] Slorach, P. C. and Stamford, L. (2021). Net zero in the heating sector: Technological options and environmental sustainability from now to 2050. *Energy Conversion and Management*, 230, 113838.
- [13] Nomura, N., Inaba, A., Tonooka, Y. and Akai, M. (2001). Life-cycle emission of oxidic gases from power-generation systems. *Applied Energy* 68, 2, 215-227.
- [14] Kabakian, V. and McManus, M. C. (2015). Harajli H, Attributional life cycle assessment of mounted 1.8 kWp monocrystalline photovoltaic system with batteries and comparison with fossil energy production system. *Applied Energy*, 154, 428–437.
- [15] McCallum, C. S., Kumar, N., Curry, R., McBride, K. and Doran, J. (2021). Renewable electricity generation for off grid remote communities; Life Cycle Assessment Study in Alaska, USA, *Applied Energy*, 299, 117325.
- [16] Alvanchi A., Bajalan Z. and Irvani P., (2021). Emission assessment of alternative dam structure types, a novel approach to consider in new dam Project. *Construction Innovation*, 21, 2, 203-217.
- [17] Neri, E., Cespi, D., Setti, L., Gombi, E. and Bernardi, E. (2016). Vassura I., Passarini F., Biomass Residues to Renewable Energy: A Life Cycle Perspective Applied at a Local Scale. *Energies*, 9, 11, 922.
- [18] Türkiye İstatistik Kurumu 2020 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> (Erişim Tarihi: 08.01.2022)

- [19] TS 825. Binalarda Isı Yalıtımı, Türk Standardı, Aralık 2013.
- [20] Altun M., Akgul C. M. and Akcamete A., (2020). Effect of envelope insulation on building heating energy requirement, cost and carbon footprint from a life-cycle perspective. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35,1, 147-163.
- [21] Dekker, E., Zijp, M. C., Kamp, M. E., Temme E. H. M. and Zelm, R. (2020). A taste of the new ReCiPe for life cycle assessment: consequences of the updated impact assessment method on food product LCAs, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 2315–2324.
- [22] Dong Y. H. and Ng S. T. (2014). Comparing the midpoint and endpoint approaches based on ReCiPe—a study of commercial buildings in Hong Kong. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1409–1423.
- [23] Ige, O. E., lanrewaju, O. A., Duffy, K. J. and Collins, O. C. (2022). Environmental Impact Analysis of Portland Cement (CEM1) Using the Midpoint Method. *Energies* 15, 2708.
- [24] Monteleone, B., Chiesa, M., Marzuoli, R., Verma, V. K., Schwarz, M., Carlon, E., Schmidl, C. and Denti A. B. (2015). Life cycle analysis of small scale pellet boilers characterized by high efficiency and low emissions. *Applied Energy*, 155, 160-170.
- [25] Burchart-Korol, D., Korol, J. and Czaplicka-Kolarz, K. (2016). Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1391–1403.
- [26] Kon, O. (2022). Binaların Farklı Pencere Türlerine Bağlı Elektrik Enerjisi Tüketimleri ve Sosyal Emisyon Maliyetleri. *ALKU Journal of Science*, 4, 2, 81-96.
- [27] Kon O. and Caner İ. (2022) .Investigation of electricity produced in power plants and used for cooling buildings with a life cycle approach of carbon capture and storage technology. *Journal of New Results in Science*, 11, 1, 77-90.
- [28] TS 2164. Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları. Türk Standardı, Ekim 1983.
- [29] Dombaycı, Ö. A., Gölcü, M. and Pancar, Y. (2006). Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources. *Applied Energy*, 83, 9, 921-928.
- [30] Hepbaşı A. (2008). A study on estimating the energetic and exergetic prices of various residential energy sources. *Energy and Buildings*, 40, 3, 308-315.
- [31] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - National Greenhouse Gas Inventories Programme https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf (Erişim Tarihi: 07.05.2022)
- [32] LCIA: the ReCiPe model <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe> (Erişim Tarihi: 07.05.2022)
- [33] United States Environmental Protection Agency (EPA) Ozone-Depleting Substances <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances#tab-2> (Erişim Tarihi: 08.05.2022)
- [34] United Nations Climate Change (UNFCCC) Global Warming Potentials (IPCC Second Assessment Report) <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> (Erişim Tarihi: 08.05.2022)