
Araştırma Makalesi / Research Article

Bitlis İli Şartlarında Merkezi Isıtma Sisteminde Kullanılan Farklı Yakıt Türlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi

Faruk ORAL^{1*}, Ali ELHUYEYDİ²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Bitlis

²Makine Mühendisi, Rasmus Chemistry Cleaning and Cosmetics, Küşet Sanayi Sitesi, Gaziantep
(ORCID: 0000-0003-0607-3350) (ORCID: 0000-0002-4114-0785)

Öz

Günümüzde artan enerji maliyetleri ve binaların ısıtılması sonucu ortaya çıkan zararlı gaz emisyonları, binalarda enerjinin verimli, tasarruflu ve çevresel kirliliği azaltacak biçimde kullanılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada, Bitlis il merkezinin de içerisinde bulunduğu Rahva yerleşkesinde kurulmuş bulunan Bitlis Eren Üniversitesi personel lojmanlarından bir binanın ısıtılmasında kullanılan farklı yakıt türlerinin enerji tasarrufu, ısıtma maliyeti ve oluşan karbondioksit emisyonları incelenmiştir. İzolasyon olarak, binada mevcut olan izolasyonda dahil edilerek toplamda üç farklı izolasyon tipi seçilmiştir. Isı kaybının ve ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesinde, TS 825'te belirtilen standartları kapsayan ısı yalıtım programı kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda; hâlihazır binada ısıtma sezonları için kullanılan yakıtlar dikkate alındığında hem teorik hem de gerçek yakıt tüketim maliyeti ile CO₂ emisyonunun en düşük değeri doğalgaz yakıtında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu binada fueloil yakıtı yerine doğalgaz kullanılması durumunda yakıt tüketim maliyeti oranlarının teorik olarak %46 gerçekte ise %64 düştüğü ve CO₂ emisyonu oranlarının ise teorik olarak %63, gerçekte ise %61 düştüğü tespit edilmiştir. Sonuçta; binada ısı yalıtımının kullanımı ısı kayıplarını dolayısıyla gerekli ısı ihtiyacını önemli oranda azalttığı, gerçek yakıt tüketiminin teorik yakıt tüketiminden fazla olduğu, en düşük maliyetli, en tasarruflu ve en çevre dostu yakıtın doğalgaz yakıtı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Merkezi ısıtma sistemi, yakıt tüketimi, maliyet analizi, enerji tasarrufu.

Investigation of Economic Effects of Different Fuel Types Used in Central Heating System in Bitlis Province Conditions

Abstract

Today, increasing energy costs and harmful gas emissions resulting from the heating of buildings require the use of energy in buildings in an efficient, economical and environmentally friendly manner. In this study, energy savings, heating costs and carbon dioxide emissions of different fuel types used in the heating of a building from Bitlis Eren University staff lodgings, located in Rahva campus where Bitlis city center is located, were examined. As insulation, three different insulation types have been selected, including the existing insulation in the building. In determining the heat loss and heating energy need, a thermal insulation program covering the standards specified in TS 825 (Turkish Standards) was used. As a result of the experiments made, considering the fuels used in the current building for heating seasons, it has been determined that the lowest value of CO₂ emission occurs in natural gas fuel, with both theoretical and actual fuel consumption costs. It has been demonstrated that if natural gas is used instead of fuel oil in this building, the fuel consumption cost rates drop by 46% theoretically and 64% actually, and the CO₂ emission rates decrease by 63% theoretically and 61% actually. After all; it has been determined that the use of thermal insulation in the building significantly reduces the heat losses and therefore the required energy for heating, the actual fuel consumption is higher than the theoretical fuel consumption, the lowest cost, the most economical and the most environmentally friendly fuel is natural gas.

Keywords: Central heating system, fuel consumption, cost analysis, energy saving.

*Sorumlu yazar: foral@beu.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.10.2020, Kabul Tarihi: 11.01.2021

1. Giriş

Enerji, yeryüzünde yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olup teknolojinin gelişmesinde ve ilerlemesinde en önemli kaynaklardan biridir. Tüm dünyada enerjiye olan ihtiyacın gittikçe artması ve kullanımında artan çevre sağlığı problemleri, enerjinin etkin ve verimli kullanımını önemli hale getirmiştir. Fosil enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı olan Türkiye’de son yıllarda giderek artan enerji talebi karşısında enerjinin verimli kullanımına ilişkin çalışmaları zorunlu hale getirmiştir. Türkiye’nin iç ve doğu bölgelerinde kış ayları oldukça soğuk geçmesi binaların ısıtılması için harcanan enerji miktarını artırmaktadır.

Yapılan araştırmalar, binalarda tüketilen enerjinin yaklaşık olarak %82’sinin ısıtma amacıyla kullanıldığını göstermektedir. Binalarda ve ısıtma sistemlerinde uygulanacak çeşitli teknikler ile önemli oranda enerji tasarrufunun sağlanması mümkündür. Bu nedenle konutlarda kullanılan ısıtma sistemlerinin tasarımı, kullanılacak yakıtın türü ve maliyetleri, enerjinin verimli kullanılması açısından son derece önemlidir [1, 2].

Binalarda enerji tasarrufu bakımından yapılan uygulamaların en başında ısı yalıtımı gelmektedir. Binalarda kış aylarında ısı kayıplarını yaz aylarında ise ısı kazançlarını azaltmak için en etkili yol ısı yalıtımıdır. Bilindiği gibi yalıtımın kalınlığının artması ısı kazanç ve kayıpları önemli ölçüde azaltırken yalıtım maliyetinde de artışa neden olmaktadır. İkinci aşamada ise, ısıtma maliyetini düşürmek, baca gazı emisyonunu azaltarak çevre sağlığı konusunda yaşanacak olumsuzlukları azaltmak için kullanılacak en uygun yakıt türünü ve ısıtma sistemini belirlemektir. Soğuk iklim bölgelerinde binaların ısıtılmasında daha fazla ısı enerjisi ihtiyacı oluşacağından bu durum yakıt tüketimi ile beraber baca gazı emisyonlarında artışa neden olmaktadır. Bunun sonucunda ısıtma maliyetlerinin artmasına, daha fazla zararlı gazların çevreye atılmasına neden olmaktadır. Baca gazı emisyonlarından karbondioksit (CO₂) ve kötü yanma sonucu oluşan karbon monoksit (CO) çevre ve insan sağlığını olumsuz biçimde etkileyen gazlardır. Bu nedenle binaların ısıtılmasında enerjiyi etkin ve verimli kullanmak çok önem arz etmektedir. Yakıtların yanması sonucu oluşan CO₂ emisyonu bu çalışmada temel parametre olarak kullanılmıştır.

Türkiye’de, Enerji Bakanlığının yaptığı araştırmaya göre, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere önemli düzeyde enerji tasarruf potansiyeli olduğu tespit edilmiştir [3]. Ülkemizde bina sektöründe görülen tasarruf potansiyeli enerjinin etkin ve verimli kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Isı yalıtımı, enerji tasarrufu ve enerji verimliliği ile ilgili literatürde yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır. Konu ile ilgili Gürel ve Daşdemir [4], yaptıkları çalışmada Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinden seçilen Aydın, Edirne, Malatya ve Sivas illerinin ısıtma ve soğutma yüklerine göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ile geri ödeme süresini incelemişlerdir. Yalıtım kalınlığı ile enerji tasarrufu en fazla Sivas en düşük Aydın ilinde, geri ödeme süresinin en büyük değeri Aydın en küçük değeri ise Sivas ilinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Yılmaz [5], çalışmasında 3. ve 4. iklim bölgelerinde bulunan Konya ve Erzincan illerinden 10 farklı apartmanın ısı yalıtım analizini yapmıştır. Seçilen binaların ısı yalıtımı yapıldıktan sonra tasarruf oranının %62 civarı olduğu sonucuna varmıştır. Oğuz ve Kırmacı [6], çalışmalarında Bartın İlinde kullanılan kömürlü merkezi, fueloil merkezi, doğal gazlı bireysel ve doğal gazlı merkezi olmak üzere 4 farklı ısıtma sisteminin ekonomik ve çevresel etkilerini incelemişlerdir. İlgili çalışmada 4 farklı bina modelini kullanarak ısı kayıpları hesaplanmıştır. Yaptıkları çalışmada en çevreci ve en ekonomik ısıtma sisteminin doğal gazlı merkezi ısıtma sistemi olduğu sonucuna varmışlardır. Kaya ve ark. [7], Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisini incelemişlerdir. Yalıtımsız binalarda 4, 5 ve 8 cm kalınlıklarında yalıtımın olması durumunda, enerji tasarrufunun verilen değerlere göre sırasıyla, %56.20, %58.51 ve %61.19 değerinde gerçekleştiğini hesaplamışlardır. Canpolat ve ark. [8], yaptıkları çalışmada iki farklı iklimsel bölgede bulunan Bursa ve Bayburt illeri için, ısıtma, soğutma ve yıllık enerji ihtiyaçlarına göre güneş radyasyonu etkisini göz önüne alarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Bayburt ilinin optimum kalınlığı daha fazla, yatırımın geri ödeme süresinin daha kısa olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Rüşen ve ark. [2], tarafından yapılan çalışmada Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesinin enerji açısından mevcut durumu ve enerji verimlilik potansiyeli incelemiş 2016 yılı için %18’e varan enerji tasarruf potansiyelinin olduğu tespit edilmiştir.

Bitlis ili 4.derece iklim bölgesinde bulunmaktadır. İlde karasal iklim hüküm sürmekte olup kış aylarının uzun ve soğuk geçmesi nedeniyle binaların ısıtılması amacıyla tüketilen enerji fazla

olmaktadır. Dolayısıyla burada binaların ısıtılması yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu nedenle, binaların yıllık ısıtma ihtiyaçlarının maliyet analizinin yapılması önemlidir. Bitlis il merkezi yerleşiminin, Bitlis Eren Üniversitesi Kampüs yerleşkesinin de bulunduğu Rahva bölgesine doğru kayması ve bu bölgenin İlin en soğuk yerlerinden biri olması nedeniyle bölge bu çalışma için inceleme sahası olarak seçilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; bu güne kadar binaların ısıtılmasında kullanılan yakıtların verimliliği konusunda henüz daha araştırılmayan Bitlis ilinin ısıtma sistemlerinde kullanılan farklı yakıt türlerinin ekonomisini belirlemektir. Bu amaca yönelik olarak Bitlis ili Rahva yerleşkesinde kurulan Bitlis Eren Üniversitesi kampüs alanında bulunan bir binanın ısıtma maliyeti ve enerji verimliliği incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre Türkiye 5 sıcaklık bölgesine ayrılmıştır. Bitlis ili, soğuk bölgelerden biri olan dördüncü bölgede yer almaktadır. Isıtma maliyeti ve enerji verimliliğinin belirlenmesi amacı ile Bitlis-Rahva yerleşkesinde kurulu buluna Bitlis Eren Üniversitesi’ne ait personel lojmanlarından R3 blok numaralı bina seçilmiştir. Bu bina, 22 daireden müteşekkil, bir bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Binanın toplam ısıtılan alanı 3477 m² ve brüt hacmi 10866 m³ tür.

2017-2019 yılları arasında belirtilen binanın ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, Makina Mühendisleri Odası (MMO) tarafından geliştirilen ısı yalıtım programı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu program, TS 825’te belirtilen binaların ısı kayıp miktarının belirlenmesinde kullanılan denklem ve kurallara uymaktadır. Hesaplanan bu ısı kayıp miktarlarına göre mevcut binanın ısıtılması için gerekli olan teorik kömür, fueloil ve doğalgaz miktarı belirlenmiştir. Ayrıca mevcut binanın ısıtılması amacıyla kullanılan gerçek kömür, fueloil ve doğalgaz miktarları da ilgili birimden resmi olarak temin edilmiştir. Sonraki aşamada hesaplanan değerlerle gerçek değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Binada kullanılan çeşitli yakıtların günümüzdeki birim fiyatları tespit edilmiş ve fiyatlara dayanarak binada farklı yıllarda kullanılan yakıtlara göre yıllık ısıtma maliyeti belirlenmiştir.

Isıtılacak mahallerde enerji harcamalarını azaltmanın önemli bir yolu da ısıtma sistemi için uygun işletme yönetiminin seçimidir [9]. Bununla ilgili olarak, ısıtma sistemi işletilirken çalışma aralığına göre genellikle 3 tür işletme yönetimi belirlenmiştir. Birincisinde, genellikle yaşamsal konutlar, hastaneler vb. yerlerin tesisatı devamlı çalışırken sadece geceleri sıcaklık azaltılır. İkinci türde, iş yerleri, okullar vb. yerlerde ısıtma sisteminin kazanına düzenli olarak günlük 10 saat çalışmaya tamamen ara verdirilir. Üçüncü türde ise, spor salonları, sergi merkezleri vb. yerlerde kullanılan kazanların 14 saat ya da daha uzun süreyle çalışması durdurulur [10]. Bu amaçla incelenen lojman binası, birinci işletme tipi temel alınarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada incelenen binanın ısı kaybı miktarı, gerekli ısı enerjisi ihtiyacı ve yanma işleminden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının miktarı, üç farklı durum için hesaplanmıştır. İlk durumda (I), bina duvarlarının ısı yalıtımlı olmadığı ve pencerelerinin ise binanın mimari projesine göre kaplamasız 4 mm çift cam ve ara boşluk 12 mm, ısı geçirgenlik katsayısı 2.9 (W/m²K) oldukları durumlar için ısı enerjisi hesaplamaları yapılmıştır. Gerçek durum olan ikinci durumda (II), incelenen binanın mimari projelerinde gösterilen yalıtım malzemelerine göre hesaplamaları yapılmıştır. Seçilen binanın duvarlarda, ısı iletim katsayısı 0.035 (W/mK) ve kalınlığı 5 cm olan XPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Pencerelerde, birinci durumla aynı olan malzeme kullanılmıştır. Üçüncü durumda ise (III), TS825 standardında tavsiye edilen, pencere ısı geçirgenlik katsayısı 1.8 (W/m²K) (çift camlı, kaplamalı, 12 mm ara boşluklu pencere) ve duvarlarda ikinci durumdaki yalıtım özellikleri kullanıldı. Sonuç olarak, bu üç durum kapsamında gerekli tüm hesaplamalar yapıldığında, binanın yıllık yakıt tüketim miktarı, tüketim maliyeti; kömür, fueloil ve doğalgaz kullanan ısıtma sistemleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2.1. Isı Kaybı Hesabı

Binalarda ısı, yüksek sıcaklık ortamından düşük sıcaklık ortama doğru geçerek ısı kaybı meydana getirir. Binanın ısı kaybı dış duvarlar, tavanlar, zeminler, pencereler ve kapılarda meydana gelmektedir. Isıtılmış ortamlar arasındaki fark 4 °C’yi geçmiyorsa, bina bir bütün olarak ele alınır ve her ortamın sıcaklığı aynı kabul edilerek ısı kaybı hesabı yapılabilir. Binanın toplam ısı kaybı, iletim ve taşınım

yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının toplanması ile bulunur [11].

$$H = H_t - H_v \quad (1)$$

Bu eşitlikte yer alan H , bir hacmin toplam ısı kaybını; H_t , yapı bileşeninden olan artırılmış ısı kaybını; H_v , hava sızıntısı ısı kaybını ifade etmektedir.

2.2. Yıllık Isıtma Enerjisi ve Yakıt Tüketimi Hesabı

Bir mahallin yıllık ihtiyacı olan ısıtma enerjisi; aylık net ısı ihtiyaçlarının toplanması sonucu bulunur. Aylık net ısı ihtiyacı, iç ortamında belli bir konfor sıcaklığını sağlamak için gereken ısı enerjisi olup, aylık iç ve güneş enerjisi kazançları toplamı, ortamın aylık toplam ısı kayıplarından çıkarılarak hesaplanır. Yıllık ve aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir [11].

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (2)$$

$$Q_{ay} = \left[H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\phi_{iay} + \phi_{say}) \right] t \quad (3)$$

(2) ve (3) eşitliklerinde yer alan $Q_{yıl}$, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; Q_{ay} , aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı; H , binanın iletim ve havalandırma ile kaybedilen özgül ısı kaybını; T_i , aylık ortalama iç sıcaklığını; T_d , aylık ortalama dış sıcaklığını; η_{ay} , kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörünü; ϕ_{iay} , aylık ortalama iç kazançları (sabit alınabilir); ϕ_{say} , aylık ortalama güneş enerjisi kazancını; t , zamanı, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) ifade etmektedir.

Bir mahal için belirlenen ısıtma enerjisi ihtiyacına göre tüketilen yıllık yakıt miktarı aşağıda verilen eşitlik ile belirlenebilir.

$$B_y = Q_{yıl} / (H_u \eta_k) \quad (4)$$

Burada B_y , yıllık tüketilen yakıt miktarı (kg veya m³); H_u , kullanılan yakıtın alt ısıl değeri (kJ/kg veya kJ/m³); η_k , kazanın verimi (%) şeklinde tanımlanmaktadır. Yakıtların alt ısıl değeri ve kazan verimi Tablo 1'de verilmiştir.

Binanın yıllık yakıt tüketim maliyeti ise, tüketilen yakıt miktarına ve yakıt birimi fiyatına dayanarak, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir [6].

$$M_y = B_y C_{fyak} \quad (5)$$

Burada M_y , yıllık yakıt giderlerini; B_y , yıllık yakıt tüketim miktarını; C_{fyak} , yakıtın birim fiyatını ifade etmektedir. Bu çalışmada kullanılan yakıtların birim fiyatları 2019-2020 yılı dikkate alınarak düzenlenmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yakıtların alt ısıl değeri, kazan verimi [10] ve yakıt birim fiyatı (KDV dâhil)

Yakıt türü	Yakıtın Alt Isıl Değeri (H_u)	Kazan Verimi (η_k) %	Birim	Yakıt Birim Fiyatı (C_{fyak}) TL/Birim
Fueloil	41860 kJ/kg	0.75-0.80	kg	4.3390 [12]
Linyit kömür	23020 kJ/kg	0.60-0.65	kg	1.6520 [13]
Doğalgaz	34535 kJ/m ³	0.85-0.92	m ³	1.8526 [14]

2.3. Karbondioksit Emisyonu Hesabı

Isıtma tesisatında kullanılan yakıtların yanması sonucu açığa çıkan atık gazların %85' ini CO₂, %15'lik kısmını ise yanma sonucu kalan diğer emisyon ürünleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, karbondioksit emisyonlarının yüzdesi, yanma ürünleri emisyonlarının büyük çoğunluğunu temsil ettiğinden genellikle göz önünde bulundurulur. 5 Aralık 2008 tarih ve 27075 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan Binalarda

Enerji Performansı Yönetmeliği'nde (BEPY), binaların yıllık CO₂ emisyonu sınırlandırılmış ve kullanılan enerji kaynağına (yakıt türüne) bağlı olarak, nihai enerji tüketimi sonucu açığa çıkan CO₂ miktarının belirlenmesi için dönüşüm katsayıları (DK) verilmiştir. Binanın net enerji tüketimine bağlı olarak kullanılan yakıt cinsine göre yıllık CO₂ emisyon miktarı aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilmektedir [6].

$$EM_y = 0,278 \cdot 10^{-3} B_y H_u DK \quad (6)$$

Bu eşitlikte yer alan EM_y , yıllık CO₂ emisyon miktarı (kg); DK, yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısını ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde yer alan yakıt türlerinin DK (CO₂) dönüşüm katsayıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yakıt türlerinin DK (CO₂) dönüşüm katsayıları [6]

Yakıt Türü	DK (CO ₂) dönüşüm katsayısı (kg eşd.CO ₂ /kWh)
İthal Kömürü	0.433
Doğalgaz	0.234
Fueloil	0.330

3. Bulgular ve Tartışma

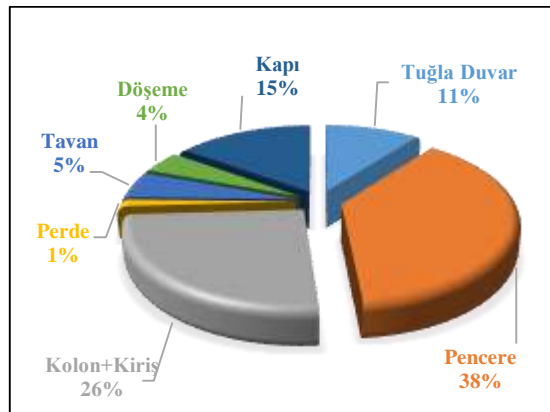
Çalışma kapsamında seçilmiş binanın izolasyon durumlarına göre özgül ısı kaybı hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 3'te, binanın ısıtılması için gerekli olan enerjisi ihtiyacı ise Tablo 4'te verilmiştir. Bu sonuçlar, ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı sırasında, toplam özgül ısı kaybı ve dolayısıyla ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli bir azalma olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Bina durumuna göre toplam özgül ısı kaybı (W/°C)

Binanın Durumu	İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H _t)	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H _v)	Toplam Özgül Isı Kaybı (H)
I	5458.81	2294.90	7753.71
II	2207.53	2294.90	4502.43
III	1745.55	2294.90	4040.45

Tablo 4. Bina durumuna göre toplam ısı enerjisi ihtiyacı (kWh)

Binanın Durumu	Isı enerjisi ihtiyacı	Daire başına ısı enerjisi ihtiyacı
I	590389.56	26835.89
II	291507.63	13250.35
III	251422.38	11428.27



Şekil 1. Binayı oluşturan yapı bileşenlerinin özgül ısı kaybının oransal dağılımı

Şekil 1’de mevcut durumdaki binayı (II durumu) oluşturan yapı bileşenlerinde (pencere, tuğla duvar, kolon+kiriş, perde, tavan, döşeme ve kapı) oluşan özgül ısı kaybının oransal dağılımı gösterilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi bina bileşenlerinde en fazla özgül ısı kaybı %38 oranı ile pencerelerde gerçekleşmiştir. Isı kaybının pencerelerden sonra en fazla duvarlarda (tuğla duvar, kolon+kiriş ve perde) meydana geldiği tespit edilmiştir.

TS 825 standardına göre, binalardaki birim başına düşen yıllık ısı enerjisi ihtiyacı olan Q , yine bu standartta belirtilen derece gün bölgelerine göre olması gereken maksimum ısı enerjisi ihtiyacı olan Q' değerini geçmemesi gerekmektedir. Tablo 5’te, incelenen binanın birim (m^3) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi (kWh) ihtiyacının sonuçları verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde; III durumunun birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olan Q değeri, derece gün bölgesine göre olması gereken en büyük ısıtma enerjisi ihtiyacı olan Q' değerinden daha düşüktür. Dolayısıyla binada uygulanmış olan ısı yalıtımı hesap metoduna uygundur. Diğer durumlarda ise (I ve II) birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olan Q değeri, derece gün bölgesine göre olması gereken maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı olan Q' değerinin üzerindedir. Dolayısıyla binada uygulanmış olan ısı yalıtımı hesap metoduna uygun değildir.

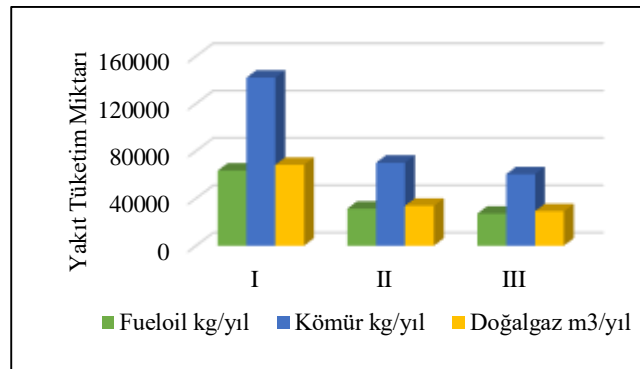
Tablo 5. Binanın birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/ m^3)

Binanın Durumu	Q	Q'	İzolasyon Durumu
I	54.33	24.99	Uygun Değil
II	26.83	24.99	Uygun Değil
III	23.14	24.99	Uygun

Isıtma enerjisi ihtiyaç değerleri hesaplandıktan sonra, kullanılan yakıt türlerine göre Eşitlik 4 kullanılarak yıllık yakıt tüketimi teorik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6 ve Şekil 2’de verilmiştir. Bulunan bu yakıt tüketim sonuçları incelendiğinde, kömürlü merkezi ısıtma sistemindeki yakıt tüketiminin, doğalgaz ve fueloil kullanılan merkezi ısıtma sistemindeki yakıt tüketiminden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Binanın yıllık teorik yakıt tüketim miktarları

Binanın Durumu	Kullanılan Yakıt	Yakıt Tüketimi	Daire Başına Düşen Tüketim
I	Fueloil	63416.85 kg/yıl	2882.58 kg/yıl
	Kömür	141930.33 kg/yıl	6451.38 kg/yıl
	Doğalgaz	68326.93 m^3 /yıl	3105.77 m^3 /yıl
II	Fueloil	31312.37 kg/yıl	1423.29 kg/yıl
	Kömür	70078.77 kg/yıl	3185.40 kg/yıl
	Doğalgaz	33736.74 m^3 /yıl	1533.49 m^3 /yıl
III	Fueloil	27006.60 kg/yıl	1227.57 kg/yıl
	Kömür	60442.23 kg/yıl	2747.37 kg/yıl
	Doğalgaz	29097.60 m^3 /yıl	1322.62 m^3 /yıl

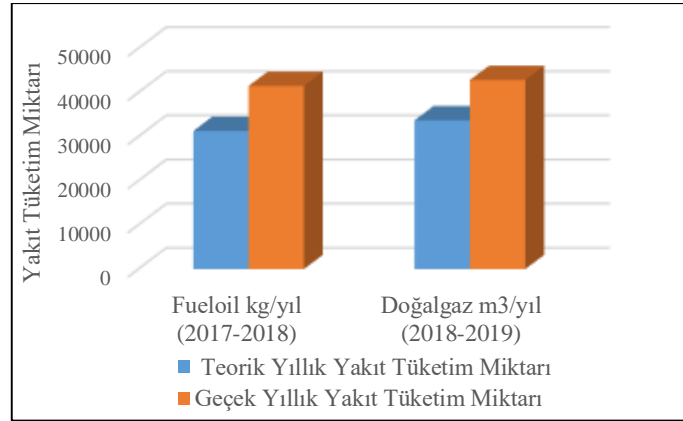


Şekil 2. Binanın yıllık teorik yakıt tüketim miktarları

Binanın mevcut durumunda (II) ısıtma sezonları için gerçek yıllık yakıt tüketim miktarı Bitlis Eren Üniversitesi Rektörlüğünden resmi kayıtlarından alınarak teorik sonuçlar ile birlikte Tablo 7 ve Şekil 3’de verilmiştir. Bina merkezi ısıtma sistemindeki teorik yıllık yakıt tüketim değerleri ile gerçek yıllık yakıt tüketim değerleri karşılaştırıldığında, gerçek tüketimin yaklaşık olarak %21-25 oranında daha fazla olduğu görülmüştür. Gerçek tüketimdeki artışın en önemli sebeplerden biri, binanın iç ısıısının neden olduğu sıcaklık değerinin kullanıcılar için ısı konfor sağlayan sıcaklık değerinden (TS825’e göre 19°C) daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Tablo 7. Bina merkezi ısıtma sezonları için teorik ve gerçek yıllık yakıt tüketim miktarı

Isıtma Sezonu	Yakıt Türü	Teorik Tüketim	Gerçek Tüketimi	Artış Oranı (%)
2017-2018	Fueloil	31312.37 kg/yıl	41500 kg/yıl	24.55
-	Kömür	70078.77 kg/yıl	Kullanılmadı	-
2018-2019	Doğalgaz	33736.74 m ³ /yıl	42862 m ³ /yıl	21.29

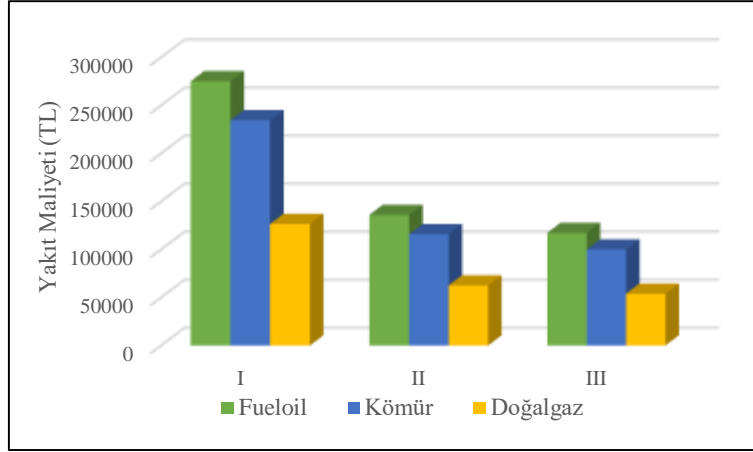


Şekil 3. Isıtma sezonları için binanın teorik ve gerçek yıllık yakıt tüketimi

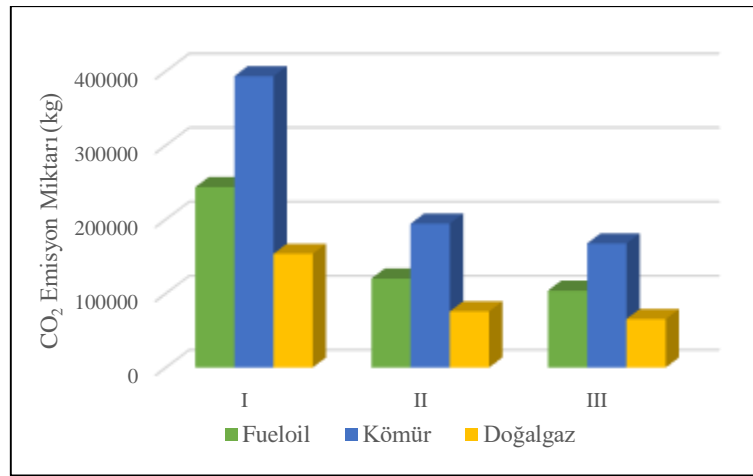
Tablo 6’da elde edilen yıllık teorik yakıt tüketim değerleri, Eşitlik 5’ten faydalanılarak yakıtların birim fiyatları ile çarpılmış ve bina durumuna göre yıllık yakıt tüketim maliyeti teorik hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 8 ve Şekil 4’de verilmiştir. Bina durumuna göre yakıt tüketimine bağlı olarak oluşan yıllık teorik CO₂ emisyon miktarları ise Şekil 5’de verilmiştir.

Tablo 8. Bina durumuna göre yıllık teorik yakıt tüketimi maliyeti (TL)

Binanın Durumu	Yakıt Türleri	Toplam Maliyeti	Daire Başına Düşen Maliyet
I	Fueloil	275165.71	12507.53
	Kömür	234468.91	10657.68
	Doğalgaz	126582.47	5753.75
II	Fueloil	135864.37	6175.65
	Kömür	115770.13	5262.28
	Doğalgaz	62500.68	2840.94
III	Fueloil	117181.64	5326.44
	Kömür	99850.56	4538.66
	Doğalgaz	53906.21	2450.28



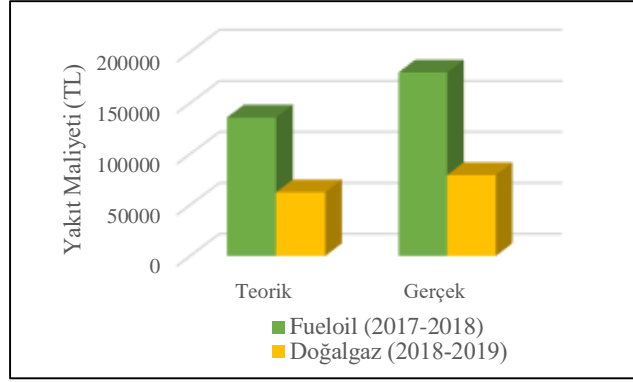
Şekil 4. Bina durumuna göre yıllık teorik yakıt tüketim maliyeti



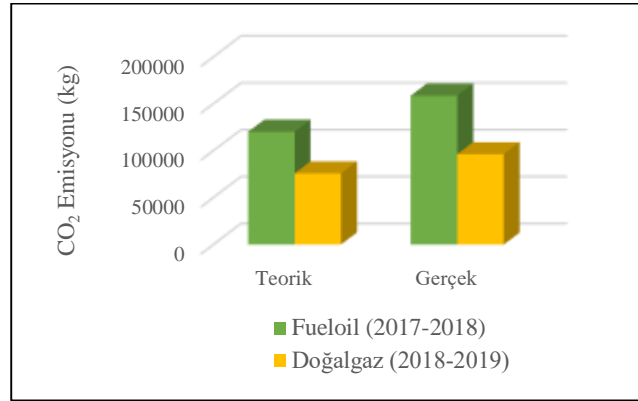
Şekil 5. Bina durumuna göre oluşan teorik CO₂ emisyonu

Tablo 8, Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde; binanın ikinci durumu (duvar yalıtımlı-pencere yalıtımsız) birinci duruma göre (duvar yalıtımsız-pencere yalıtımsız), yıllık teorik yakıt tüketim maliyeti ve CO₂ emisyon miktarının %49 oranında az olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü bina durumu (duvar yalıtımlı-pencere yalıtımlı) ikinci duruma göre yıllık yakıt tüketim maliyeti ve CO₂ emisyon miktarının yaklaşık %10 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ısıtma sisteminde kullanılan yakıt türüne bağlı olarak yapılan karşılaştırmada elde edilen sonuçlar şu şekildedir: Fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanıldığında, yıllık yakıt tüketim maliyetinin %54 oranında ve kömür yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanılırken ise yıllık yakıt tüketim maliyetinin %46 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan teorik hesaplamalar sonucunda; ekonomiklik ve tasarruf noktasında maliyeti en yüksek olan fueloil ve en düşük olanın ise doğalgaz yakıtı olduğu tespit edilmiştir. Karbondioksit emisyonu açısından, fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanıldığında CO₂ emisyon miktarının %37 oranında ve kömür yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanıldığında ise CO₂ emisyon miktarının %61 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu tespitlerden yola çıkarak teorik hesaplamalar sonucunda mevcut yakıtlar içerisinde, çevreye en zararlı yakıtın kömür, en çevre dostu yakıtın ise doğalgaz olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut binanın (II) Tablo 7'de ısıtma sezonları için verilen bilgiler kullanılarak Eşitlik 5 yardımı ile yakıt tüketim maliyetlerinin teorik ve gerçek değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Yine Tablo 7'deki ısıtma sezonu için verilen mevcut değerler kullanılarak Eşitlik 6 yardımı ile yakıt tüketimi sonucu oluşan CO₂ emisyonu Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Binada ısıtma sezonlarında oluşan yakıt tüketim maliyeti



Şekil 7. Bina ısıtma sezonlarında oluşan CO₂ emisyonu

Binada verilen ısıtma sezonları için kullanılan yakıtların tüketimi sonucu oluşan maliyetler incelendiğinde (Şekil 6); yakıtların gerçek maliyetlerin teorik maliyetlerinden daha fazla olduğu, bu fazlalık fueloil yakıtında %25, doğalgaz yakıtında ise %21'lik bir artışı gösterdiği belirlenmiştir. Hem teorik hem de gerçek yakıt tüketimi maliyetlerde en düşük değer doğalgaz yakıtında meydana geldiği görülmüştür. İlgili binada fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtının kullanılması durumunda, yakıt tüketim maliyetinin teorik %46, gerçek %44 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yakıt tüketimi bakımından en ekonomik yakıtın doğalgaz yakıtı olduğu görülmüştür.

Isıtma sezonları süresince verilen yakıtların tüketimi sonucu oluşan CO₂ emisyonları incelendiğinde (Şekil 7); gerçek emisyon değerlerinin teorik değerlerden daha fazla olduğu görülmüştür. Doğalgaz yakıtının kullanılması durumunda teorik ve gerçek en düşük CO₂ emisyonunun meydana geldiği belirlenmiştir. Binada fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtının kullanılması durumunda, CO₂ emisyonu miktarının teorik %63, gerçek %61 oranında düştüğü tespit edilmiştir. Bu bakımdan kullanılan yakıtlar içerisinde çevre ve insan sağlığı açısından en uygun yakıtın doğalgaz yakıtı olduğu tespit edilmiştir. Oğuz ve Kırmacı yaptıkları çalışmada [6], ikinci iklim bölgesinde bulunan Bartın ili için kömürlü, fueloil ve doğalgazlı yakıt türlerinin kullanıldığı 4 farklı ısıtma sistemi ile ilgili yaptıkları çalışmada en verimli, en ekonomik ve en çevreci ısıtma sisteminin doğal gazlı merkezi ısıtma sistemi olduğunu belirtmişlerdir. Bu bakımdan bu çalışma ile benzer bir sonuca ulaşmışlardır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada kış aylarının soğuk, kar yağışlı ve uzun sürdüğü Bitlis İli Rahva yerleşkesinde kurulan Bitlis Eren Üniversitesi Kampüsü'ndeki personel lojmanlarının ısıtılmasında kullanılan farklı yakıt türlerinin enerji verimliliği, ısıtma maliyetleri, enerji tasarrufu ve yakıt tüketimi ile oluşan CO₂ emisyonları araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Çalışma kapsamında seçilmiş binanın izolasyon durumlarına göre yapılan ısı kayıpları hesaplamaları sonucu, ısı yalıtım malzemelerinin kullanılmasının özgül ısı kaybı ve binanın ısıtılması için gerekli ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli bir azalma olduğu bulunmuştur. Binanın yapı bileşenleri içerisinde en fazla ısı kayıplarının %38 oranında pencerelerde gerçekleştiği

belirlenmiştir.

- Mevcut II durumunda bulunan binanın birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, derece gün bölgesine göre olması gereken en büyük ısıtma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılmasında, binada uygulanmış olan ısı yalıtımının istenilen düzeyde olmadığı, bu binanın izolasyonunun düzenlemeye ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir.
- Binanın teorik ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri dikkate alınarak ısıtma sisteminde kullanılan yakıt türlerine göre hesaplanan yıllık tüketimi miktarları ile gerçekte kullanılan yakıt tüketim miktarlarına göre, kömür kullanan merkezi ısıtma sistemindeki yakıt tüketimi miktarının diğer yakıt türlerine göre en yüksek değerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca mevcut binanın yıllık gerçek yakıt tüketim miktarlarının teorik yıllık yakıt tüketim değerlerinden yaklaşık %11-25 oranları arasında fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Farklı bina durumları için hesaplanan yıllık teorik yakıt tüketim maliyetlerine göre, en maliyetli yakıtın fueloil en düşük maliyetli yakıtın ise doğalgaz olduğu bulunmuştur. Yıllık yakıt tüketim maliyeti ve oluşan CO₂ emisyon değerlerine göre en düşük oran üçüncü durumdaki binada gerçekleştiği görülmüştür. Yakıt türüne bağlı olarak, fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanıldığında, yıllık yakıt tüketim maliyetinin %54 oranında, kömür yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanılması durumunda ise yıllık yakıt tüketim maliyetinin %46 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Karbondioksit emisyonu açısından, fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanıldığında CO₂ emisyon miktarının %37 oranında ve kömür yakıtı yerine doğalgaz yakıtı kullanılması durumunda ise CO₂ emisyon miktarının %61 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Teorik hesaplamalar sonucunda mevcut yakıtlar içerisinde, çevreye en zararlı yakıtın kömür, en çevre dostu yakıtın ise doğalgaz olduğu tespit edilmiştir.
- Hali hazırda kullanılan binanın (II durumu) ısıtma sezonları için verilen bilgilerin kullanılmasıyla yakıtların tüketimi sonucu oluşan maliyetler incelendiğinde; yakıtların gerçek maliyetlerin teorik maliyetlerinden daha fazla olduğu, bu fazlalık fueloil yakıtında %25, doğalgaz yakıtında ise %21'lik bir artışı gösterdiği belirlenmiştir. Hem teorik hem de gerçek yakıt tüketimi maliyetlerde en düşük değer doğalgaz yakıtında meydana geldiği görülmüştür. İlgili binada fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtının kullanılması durumunda, yakıt tüketim maliyetinin teorik %46, gerçek %44 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yakıt tüketimi bakımından en ekonomik, en verimli yakıtın doğalgaz yakıtı olduğu görülmüştür. Aynı durumdaki binanın ısıtma sezonları süresince verilen yakıtların tüketimi sonucu oluşan CO₂ emisyonları incelendiğinde; gerçek emisyon değerlerinin teorik değerlerden daha fazla olduğu, teorik ve gerçek en düşük CO₂ emisyonunun doğalgaz yakıtında gerçekleştiği belirlenmiştir. Binada fueloil yakıtı yerine doğalgaz yakıtının kullanılması durumunda, CO₂ emisyonu miktarının teorik %63, gerçek %61 oranında düştüğü tespit edilmiştir. Doğalgaz yakıtının kullanılan yakıtlar içerisinde çevre ve insan sağlığı açısından en uygun yakıtın olduğu tespit edilmiştir.
- Yukarıda belirtilen değerlendirmeler ışığında Bitlis İli için merkezi ısıtma sistemlerinde mevcut yakıtlar içerisinde en ekonomik, en tasarruflu ve en çevreci yakıt türünün doğalgaz olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Çalışma kapsamında verdikleri bilgiler için Bitlis Eren Üniversitesi Yapı İşlemleri ve Teknik Daire Başkanlığı ile İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı personellerine teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Bu çalışma, Dr. Öğr. Üyesi Faruk ORAL danışmanlığında Ali ELHUVEYDİ tarafından hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Çomaklı K., Çakır U., Efe Ş. 2011. Farklı Bina Tipleri ve Yakıtlar İçin Merkezi Isıtma Sistemlerinin Maliyet Analizi. 10.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir.
- [2] Rüşen S.E., Topçu M.A., Celep G.K., Çeltek S.A., Rüşen A. 2018. Üniversite Kampüs Binaları İçin Enerji Etüdü: Örnek Çalışma. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33 (2): 83-92.
- [3] Doğan H., Yılankırkan N. 2015. Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3 (1): 375-383.
- [4] Gürel A.E., Daşdemir A. 2011. Türkiye'nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27 (4): 346-352.
- [5] Yılmaz A. 2012. Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Enerji Performansına Etkisi (Konya ve Erzincan Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [6] Oğuz Y., Kırmacı V. 2015. Bartın İlinde Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3 (1): 4-10.
- [7] Kaya M., Fırat İ., Çomaklı Ö. 2016. Economic Analysis of Effect on Energy Saving of Thermal Insulation at Buildings in Erzincan Provice. Journal of Thermal Science and Technology, 36 (1): 47-55.
- [8] Canbolat A.S., Kaynaklı Ö., Türkan B., Etemoğlu A.B., Yamankaradeniz R. 2018. Farklı İklimsel Bölgelerde Bulunan Binalarda Yapılan Yalıtımın Termal ve Ekonomik Analizi. Engineering Sciences, 13 (2): 85-95.
- [9] Manioğlu G. 2015. Isıtma Sisteminin İşletme Biçiminin Bina Kabuğuna Bağlı Olarak Isıtma Enerjisi Ekonomisi Açısından Belirlenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 85: 7-16.
- [10] Karakoç T.H. 2011. KTH Kalorifer Tesisatı Hesabı Verimli Sistemler. Anadolu Üniversitesi, Nisan Kitabevi Ders Kitapları Yayınları, Eskişehir.
- [11] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Aralık 2013.
- [12] <https://www.hakedis.org/endeksler/epdk-akaryakit-bayi-satis-fiyatları> (Erişim tarihi: 25.02.2020).
- [13] 2019-2020 Yılı için kömür birim fiyatı. <https://www.enerjiportali.com/kömür-fiyatları-2/> (Erişim tarihi:15.5.2019).
- [14] <https://dogugaz.com.tr/iletisim.php> (Erişim tarihi: 05.02.2020).