

Isıtma Enerji Tüketiminin Erzurum İçin Tahmini

Ali DAŞDEMİR

Makine Eğitmeni
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Muğla
dasdemirali@gmail.com
orcid: 0000-0003-0743-4955

Ali KEÇEBAŞ

Prof. Dr.
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
Enerji Sistemleri Mühendisliği
Muğla
alikecebas@gmail.com
orcid: 0000-0003-4809-2461

Veysel TÜRKEL

Dr.
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
Makine Mühendisliği
Sakarya
alikecebas@gmail.com
orcid: 0000-0003-4174-1406

Mustafa ERTÜRK

Doç. Dr.
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
Makine Mühendisliği
Sakarya
mustafaerturk65@gmail.com
orcid: 0000-0002-0517-6940

ÖZ

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Erzurum için temin edilen 1972-2018 yılları arasındaki meteorolojik veri seti kullanılmıştır. Visual Basic programında geliştirilen bir yazılımla dış hava sıcaklığı 18 °C altında olan her ay için yirmi dört saatlik dış hava sıcaklık dağılımları tespit eden bir yaklaşım önerilir. Bu aylar ısıtma sezonu aylarıdır (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan). Bu yaklaşımla ısıtma sezonundaki herhangi bir ayın herhangi bir saatinde ve herhangi iki zaman dilimi arasında toplam aylık olarak Isıtma Derece Saat (IDS) değerleri on bir farklı (18-28 °C) İç Ortam Referans Sıcaklığına (İORS) göre tahmin edilir. Ayrıca sezonluk, sezondaki herhangi bir saatteki ve herhangi iki zaman dilimi arasındaki IDS değerleri de tahmin edilir. Erzurum için en yüksek ısıtma enerji ihtiyacı üç farklı İORS içinde Ocak ayında 05:00-06:00 saatleri arasında, en düşük ısıtma enerji ihtiyacının Nisan ayında 13:00-14:00 saatleri arasında ve sezonluk en yüksek ısıtma enerji ihtiyacının da 05:00-06:00 saatleri arasında olduğu bildirilir. Önerilen bu yaklaşımla Erzurum'daki kesintili çalışan kamu binaları, ofisler, alış-veriş merkezleri gibi yapıların ısıtma dönemindeki her ay ve sezonluk için 11 farklı İORS değerlerine göre IDS değerleri 24 saatlik zaman dilimi olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Sezonluk Isıtma Derece Saat, Aylık Isıtma Derece-Saat, Erzurum.

Estimation of the Heating Energy Consumption For Erzurum

ABSTRACT

In this study, the meteorological data set of Erzurum, Which was taken from the State General Directorate of Meteorology for the years between 1972-2018 was used. With a software developed in the Visual Basic program, an approach that determines the 24-hour outdoor temperature distributions for each month with an outdoor temperature below 18 °C was recommended. These months are the months of the heating season (November, December, January, February, March, April). With this approach, Heating Degree Hour (HDH) values are estimated according to eleven different (18-28 °C) Indoor Reference Temperature (IRT) values on a monthly basis in any hour of any month in the heating season and between any two time zones. HDH values in season, any hour of the season and between any two time zones are also estimated. It is reported that for three different IRT the highest heating energy needed for Erzurum is between 05:00 and 06:00 in January, and the lowest heating energy need is between 13:00 and 14:00 in April and the seasonal highest heating energy need is between 05:00-06:00. With this proposed approach, the HDH values of buildings such as public buildings, offices, shopping centers that work intermittently in Erzurum are presented as 24-hour time frame according to 11 different IRT values for each month and season during the heating period.

Keywords

Seasonal Heating Degree Hour, Monthly Heating Degree Hour, Erzurum.

Geliş Tarihi : 01.07.2021
Kabul Tarihi : 08.08.2022

Keçebaş, A., Ertürk, M., Daşdemir, A., Soğutma Enerji Tüketiminin Diyarbakır İçin Tahmini, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 192, sf. 20-28, Eylül-Ekim 2022.

1. GİRİŞ

Mevsimlerin daha kurak geçmesi, yağışların azalması, insanların uzun vadede kontrolsüz tüketimi ve üretimde zayıflama, küresel ısınma, Türkiye ve dünyanın en önemli sorunları sıralamasında başı çekmektedir. Küresel ısınmaya birçok etken neden olmakla birlikte, dünya nüfusunun hızlı bir ivme ile artması buna paralel olarak enerji tüketiminin artışı, fosil yakıt kullanımının yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla daha fazla olması ve atmosferin egzoz gazları ile kirlenmesi küresel ısınma sürecini hızlandırmaktadır. İklim, yerleşimlerin planlanmasını ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. İklimi oluşturan hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr, güneş ışınimleri ve yağışlar kişilerin açık mekânlarda ısısal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler. Özellikle güneşin ışınım etkisi ve hava sıcaklığı sıcak ve soğuk hava koşullarında yapı içi ısısal konfor açısından önemlidir. Ayrıca sıcak-nemli iklim bölgelerinde, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk yaratmakta ve bağıl neme bağlı olarak hissedilir sıcaklıkta artış görülmektedir. Sıcak hava ve yüksek nem oranının yarattığı olumsuz koşullar nedeniyle bu bölgelerde baskın olan sıcak dönem soğutma yükü açısından önemlidir [1].

Sanayi Devrimi'nden önceki 10 bin yıl boyunca atmosferdeki CO₂ miktarı 280 mg/l civarındaydı. Sanayileşmeyle beraber insan etkinlikleri nedeniyle atmosfere salınan CO₂ miktarının giderek artması sonucunda günümüzde atmosferdeki CO₂ miktarı 400 mg/l'nin üzerine çıktı. CO₂ bir sera gazı olduğu için bu durum Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının artmasına (küresel ısınmaya) sebep oluyor. Atmosferde bulunan CO₂ miktarının her yıl yaklaşık 2 mg/l arttığı tahmin edilmektedir. Bu artış da beraberinde aşırı sıcakları, aşırı yağışları ve kuraklıkları getirecektir.

Soğuk havalarda konutların ve endüstri alanlarının ısıtılma ihtiyacı vardır. Günün ortalama sıcaklığı, konutların ve endüstriyel alanların ısıtılması için gerekli yakıt miktarının tahmininde önemli rehberdir. Bir alanın, bir şehrin veya bir bölgenin ısıtılması için gerekli yakıt miktarı dışarıdaki sıcaklığa bakılarak doğru bir şekilde tahmin edilebilir [2]. Aynı şekilde sıcak havaların, insan konforu üzerine etkisi büyüktür. Sıcak havalar, nemli havalarla birlikte bunaltıcı bir hal alır ki bu insanları rahatsız

eder. Bu tür havalarda binaların iç konforu bozulur. İç konforun tekrar sağlanması için binaların soğutulması gerekir. Soğutma işleminin yapılabilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Dolayısıyla sıcaklık verileri konutların veya bir bölgenin soğutulması için gerekli olan enerji miktarının planlanması ve tahmininde de büyük rol oynar. Sıcaklık verileri ısıtma ve soğutma işlemlerinden başka tarımda bitkilerin hasat tarihlerinin tespiti ve havacılıkta pistlerdeki don olaylarının önlenmesi gibi daha pek çok amaçlar için kullanılmaktadır [3].

Sıcaklık verileri bütün bu amaçlar için kullanılan meteoroloji istasyonlarında ölçüldüğü şekliyle direkt olarak değil de çeşitli şekillerde çeşitli metotlar uygulanarak kullanılabilir hale getirilir. Bu metotlardan birisi de Derece-Gün (DG) metodudur. Bir bölge için DG, o bölgedeki günlük ortalama sıcaklığın seçilen herhangi bir taban sıcaklıktan olan farklarının toplamıdır [4]. DG yöntemi ısıtma ve soğutma hesaplamalarında uzun yıllardır kullanılan basit, kullanışlı ve etkili bir yöntemdir. Birçok değişken parametreyi dikkate almamasından dolayı günümüzde çok fazla kullanılmamaktadır. Bununla birlikte, uygulaması basit olduğundan ve hızlı sonuçlar elde edilebildiğinden ilk değerlendirmeleri yapabilmek için hala kullanılmaktadır.

Derece-Saat (DS) yöntemi ise günlük sıcaklık değerlerine dayanan DG yönteminden farklı olarak saatlik sıcaklık ölçümlerini kullanmaktadır. Dolayısıyla, DS yöntemi DG yöntemine göre daha doğru sonuçlar vermektedir [5]. Ertürk [6] yaptığı çalışmada, İstanbul'da referans alınan iç ortam sıcaklığı 24 °C yerine 23 °C seçilirse Türkiye bazında CO₂ azaltma etkisi %1,258, CO₂ azaltma oranı da %18,93 tespit etmiştir. Pusat ve Akkoyunlu [7] Türkiye'nin farklı iklimsel özelliklerini temsil eden 8 farklı şehri için ısıtma derece saat (IDS) değerlerinin hesaplamışlardır. Yaptıkları çalışmada farklı referans sıcaklıkları almışlardır. Yıllık IDS değeri açısından şehirlerin sıralaması en yüksekten en düşüğe doğru Sivas, Van, Ankara, Diyarbakır, İstanbul, Trabzon, Denizli ve Adana şeklinde elde edilmiştir. Bolattürk [8], DS yöntemini dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Durmayaz ve Kadioğlu [9] yaptıkları çalışmada, DS yöntemini kullanarak beş farklı şehir için ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yakıt tüketiminin değişimini farklı bina özelliklerine bağlı olarak incelemişlerdir. Satman ve Yalçınkaya [10], 77 istasyonun verilerini kullanarak farklı re-

ferans sıcaklık değerleri için ısıtma ve soğutma DS hesabı yapmışlardır. Papakostas ve Kyriakis [11], Yunanistan için yaptıkları çalışmada IDS için 10-20 °C aralığını soğutma derece-saat (SDS) için ise 20-27,5 °C aralığını yarım derecelik artış değerleriyle referans sıcaklık olarak kullanmışlardır.

Yukarıda sunulan literatür taramasından da görülebildiği gibi ısıtma ve soğutma ayları için 24 saatlik dış hava sıcaklık dağılımlarını tahmin eden bir çalışma olmadığı görülmüştür. Bu çalışma ile Erzurum ili için 18-25 °C'lik iç ortam referans sıcaklığına göre ısıtma mevsimindeki aylar için 24 saatlik IDS değerleri tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Isıtma Derece-Gün (IDG) bölgeleri Türkiye'de 4 bölgeye ayrılmıştır. Ancak 4 bölgeye ayrılan IDG bölgesi hassas veriler için bizlere ışık tutmamaktadır. Isı yalıtımı ve iklim verileri ile ilgili hesaplamalarda geçmişte DG yöntemi daha fazla tercih edilmekteydi. Ancak zamanla geliştirilen simülörler sayesinde daha hassas sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışma için kullanılan meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Erzurum ili için 1972-2018 yıllarını içeren verilerdir. Bu veriler Erzurum ili için, Erzurum'da bulunan meteoroloji istasyonlarından bir yıl boyunca alınan saatlik dış hava sıcaklık dağılım verileridir. Bu elde edilen veriler, visual basic tabanlı geliştirilen yazılım ile Erzurum ili için ısıtma dönemindeki her ay için ve sezonluk yirmi dört saatlik ayrıntılı hesaplamalar tablolar halinde hazırlanmıştır. Bu yaklaşımla; ısıtma dönemindeki herhangi bir ayın herhangi iki zaman dilimi arasında, aylık veya istenilen ayların istenilen saatlerinde veya iki zaman dilimi arasında on bir farklı iç ortam referans sıcaklığına göre IDS değeri tahmin edilmiştir.

2.1. Derece Zaman Hesaplama Yöntemleri

Bina konforu (ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçları) hesaplamalarında en önemli parametreyi dış ortam sıcaklığı oluşturmaktadır. Literatürde de dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak bin, derece gün ve derece saat olmak üzere üç hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler ile bina ısı yükü hesapları yapılabilmektedir. Derece zaman yöntemi enerji-performans analizleri yapılırken kullanılan

en köklü hesaplama şeklidir. Derece zaman yönteminden sonra daha farklı yöntemler geliştirilse de çalışmacılar tarafından hala en fazla tercih edilen yöntem olma özelliğini korumaktadır. Bu çalışmada da derece zaman yöntemleri içinden, hem hassaslığı hem anlaşılabilirliğinden dolayı derece saat yöntemi tercih edilmiştir.

2.1.1. Derece Saat Yöntemi

Binaların ısıtma veya soğutma enerji ihtiyaçları derece-saat (DS) yöntemi ile hassas ve kolayca tahmin edilebilmektedir. DS yönteminde, saatlik sıcaklık değerleri ile belirlenmiş denge sıcaklığı arasındaki farka dayanmaktadır. Buradaki denge sıcaklığı, yıl boyunca bina için ısıtma veya soğutma ihtiyacının olmadığı dönemi ifade eder ve çalışmaya göre farklılık gösterebilir. Ancak bu denge sıcaklıkları genellikle yalıtımsız binalar için kış için 18 °C ve yaz hesaplamaları için de 22 °C alınmaktadır. DS yönteminin daha güvenilir olması için geçmiş verileri elde etmek ve en az bir yıl boyunca saatlik ortalama ölçüm değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. IDS değeri;

$$IDS = (1 \text{ saat}) \sum (T_b - T_d)^+ \text{ (Kh/yıl)} \quad (1)$$

Denklem 1'le hesaplanmaktadır [12]. Burada T_b , denge noktası sıcaklığı (°C) ve T_d , saatlik dış ortam sıcaklığı (°C). Denklemdeki parantezin üzerindeki "+" işareti sadece pozitif değerlerin hesaba katılacağını göstermektedir. IDS yöntemi ile aylık veya yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi (Q_1) Denklem 2'den hesaplanabilir [12].

$$Q_1 = (K/\eta)IDS(1/1000) \text{ (kWh/yıl)} \quad (2)$$

Burada, η , ısıtma sistemi verimini (%) ve K , toplam ısı geçiş katsayısını (W/m^2K) ifade etmektedir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bir binadaki ısı tüketimi tahmini için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en basit ve yakın tahmin yöntemi de derece saat yöntemidir. Bina için kışın ısıtma döneminde ihtiyaç duyulan enerji tüketim tahmini için bina içinde istenilen sıcaklıklarının bilinmesi gerekir IDS değerlerinin tahmini ile bina iç konforu ve enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada Yıllık Ortalama Dış Hava Sıcaklığı Dağılımı (YODHSD) günün her saati için ayrı ayrı visual basic tabanlı geliştirilen üçüncü yazılıma aktarılmıştır. Bu yazılım, Erzurum ili için soğutma dönemi her ayı ve

sezonu için 9 farklı (18-25 °C) İç Ortam Referans Sıcaklığına (İORS) göre saatlik olarak IDS değerlerini 24 saatlik olarak birer saat aralıklarla hesaplayıp tablo haline getirmektedir. Bu yaklaşımla Erzurum ili için 9 farklı (18-25 °C) İORS'na göre soğutma dönemi aylarının her biri için ve soğutma sezonu olmak üzere 24 saatlik ve her saat için IDS değeri ayrı ayrı hesaplanmıştır. IDS değeri sezondaki her ay, günün 24 saati için ayrı ayrı olarak verilmesi aylık bazdaki değişimi ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır.

Erzurum 22 °C'lik İORS'a IDS değeri sezondaki her ay (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan) için 24 saat (00:00-01:00 ve 23:00-24:00) olmak üzere sezondaki her ayın istenilen saatinde, iki zaman dilimi arasında, aylık toplam olmak üzere hesaplanmıştır. Ayrıca sezonluk olarak da hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloların kullanımıyla ilgili açıklama Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablonun 1. sütununda günün 24 saati (birer saat aralıklarla), iç sütunlarda soğutma dönemi ayları ve son sütunda ise sezondaki tüm ayların saatlik ve 24 saatlik toplam IDS değerleri verilmiştir. Bu yaklaşımla ısıtma dönemindeki her ayın herhangi bir saatindeki IDS değeri, herhangi iki zaman dilimi arasındaki IDS değeri, her ay için toplam IDS değeri ve ısıtma dönemi 24 saatlik IDS değeri Erzurum için literatüre kazandırılmıştır.

Tablo 1'de 16:00-24:00 arasında 22 °C'lik İORS göre her ay ve sekiz saat için ayrı ayrı olmak aylık ve sezonluk IDS değerleri verilmiştir. Bu tabloda aylık olarak istenilen saat aralığında, herhangi iki ay arasında IDS değerleri ve sezonluk IDS değerleri bulunabilmektedir. Örnek olarak; 16:00-17:00 ile 17:00-18:00 saatleri arasında IDS değeri farkı Kasım ayında 38.1 IDS iken Ocak ayında 32,8 IDS, Nisan ayında 16:00-17:00 ile 17:00-18:00 saatleri arasında IDS değeri farkı 30.2 IDS Olacağı Tablo 1'den hesaplanabilir. Tablo 1,...,9'dan ısıtma dönemindeki her ayın herhangi bir zamanındaki, herhangi iki zaman dilimi arasında IDS değeri farklı İORS'na göre bulunabilmektedir. Bu tablolarda sezonluk IDS değerleri de toplam olarak verilmiştir. Tablo 1'de görüleceği üzere 16:00-17:00 saatlerinde sezonluk IDS değeri 4217,4 °C-saat iken 23:00-24:00 saatleri arası sezonluk IDS değeri 4955,4 °C-saat olarak hesaplanmıştır. Tablo 2'de 21 °C'lik İORS'a göre 24 saatlik IDS değerleri verilmiştir. Tablo 3 ise 20 °C'lik İORS'a göre kesintili

çalışacak (10:00-22:00 saatleri arasında) alışveriş merkezleri için hazırlanmıştır. Bu yaklaşımla 12 saatlik IDS değerleri sezondaki tüm aylar için saatlik iki zaman dilimi arasındaki IDS değerleri ve sezonluk IDS değerleri de ayrı ayrı tahmin edilmiştir.

Tablo 2'de verilen 21 °C İORS'a göre IDS değerleriyle 23 °C ve 22 °C İORS'a göre IDS değerlerinin karşılaştırılması için Tablo 4-5 verilmiştir. Bu tablolarda İORS'ın IDS değerlerine etkisi ayrıntılı olarak görülmektedir. Tablo 6'da ise 23 °C İORS'a göre 8:00-9:00 ve 23:00-24:00 saatleri arasında 16 saat devrede olacak ısıtma sisteminin IDS değeri verilmiştir.

Tablo 7 günün 12 saati (09:00-21:00) için 24 °C'lik İORS'na göre kesintili ısıtma sistemleri için hazırlanmıştır. Bu tabloda Erzurum'daki alışveriş merkezlerinin günün 12 saati (09:00-21:00) açık olacağı varsayımına göre alışveriş merkezlerindeki ısıtma enerjisi gereksinimi verilmiştir.

Tablo 8 günün 11 saati (08:00-18:00) için 25 °C İORS'na göre 8:00- 18:00 saatleri arasında kesintili çalışacak resmi kamu kurumları binaları için hazırlanmıştır. Bu tabloda 11 saat içerisinde herhangi bir zamanda, herhangi iki zaman dilim arasında ve 11 saatlik IDS değeri sezondaki her ay için ve sezonluk olarak IDS değerleri ayrıntılı olarak görülmektedir.

Tablolar 2, 4 ve 5'te sırasıyla 21 °C, 23 °C ve 22 °C'lik İORS'lar için ısıtma dönemindeki tüm aylar ve sezonluk IDS değeri için en yüksek 05:00-06:00 saatleri arasında ve en düşük ise 13:00-14:00 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Erzurum'da 05:00-06:00 arasındaki IDS değerleri 20 °C, 22 °C, 24 °C'lik İORS'lere göre Tablo 9 örnek olarak verilmiştir. Bu tabloda en yüksek ısıtma enerji ihtiyacı üç farklı İORS içinde Kasım ayında 05:00-06:00 saatleri arasında olduğu görülmektedir. Erzurum'daki bir binada Şubat ayı için 20 °C İORS için IDS değeri 551,5 °C-saat, 22 °C İORS seçildiğinde IDS değeri %11.06 artmakta ve 24 °C İORS seçildiğinde ise IDS değeri %22,2 artmaktadır. Sezonluk IDS değerlerine bakıldığında 20 °C İORS için IDS değeri 4921.3 °C-saat iken 24 °C'lik İORS seçildiğinde ise %15 artarak 5661,2 °C-saat olduğu görülmektedir. Getirilen bu yaklaşımla ısıtma dönemindeki her ayın 24 saati için 9 farklı İORS'a göre ısıtma enerji ihtiyacı aylık ve sezonluk olarak ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

Tablo 1. Erzurum 22 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 8 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 8 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
16:00-17:00	905,8	840,8	661,0	394,2	590,9	824,6	4217,4
17:00-18:00	943,9	874,9	693,8	422,5	632,8	854,8	4422,9
18:00-19:00	969,6	913,0	731,0	470,9	658,4	875,0	4617,9
19:00-20:00	969,6	937,7	754,4	458,9	676,7	889,9	4687,1
20:00-21:00	994,8	956,1	771,1	442,3	692,9	900,0	4757,3
21:00-22:00	1007,6	971,0	787,9	455,5	712,0	909,9	4843,9
22:00-23:00	1016,3	984,9	803,1	481,5	725,8	918,0	4929,6
23:00-24:00	1022,4	995,9	814,9	492,4	737,6	892,2	4955,4
8 saatlik toplam	7830,1	7474,4	6017,3	3618,1	5427,1	7064,5	37431,5

Tablo 2. Erzurum 21 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 24 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 24 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
00:00-01:00	997,6	974,4	802,1	536,8	712,9	1028,5	5052,4
01:00-02:00	1002,8	977,2	811,3	575,5	721,3	899,0	4987,0
02:00-03:00	1010,5	985,7	820,6	586,4	727,5	902,8	5033,7
03:00-04:00	1013,4	993,3	829,0	571,0	766,6	907,4	5080,6
04:00-05:00	1017,4	998,6	835,7	597,9	741,1	910,4	5101,2
05:00-06:00	1021,1	1003,8	841,2	582,0	746,7	911,4	5106,3
06:00-07:00	1022,3	1008,1	835,0	512,9	752,0	915,8	5046,1
07:00-08:00	1014,7	990,5	797,9	477,1	713,5	905,6	4899,4
08:00-09:00	977,2	951,9	752,7	439,3	652,0	867,0	4640,1
09:00-10:00	935,9	908,8	712,7	396,6	600,3	827,7	4382,1
10:00-11:00	896,0	865,4	676,4	378,9	556,0	789,7	4162,3
11:00-12:00	863,1	831,2	648,2	363,3	523,0	760,3	3989,1
12:00-13:00	837,3	802,5	626,3	343,4	496,8	737,1	3843,5
13:00-14:00	821,1	778,8	612,9	323,6	483,3	724,8	3744,5
14:00-15:00	823,8	779,5	608,4	337,3	486,9	730,4	3766,3
15:00-16:00	837,3	787,9	613,6	344,1	511,5	754,8	3849,1
16:00-17:00	874,8	809,8	630,0	363,4	559,9	793,7	4031,7
17:00-18:00	912,9	843,9	662,8	392,0	601,8	823,9	4237,4
18:00-19:00	938,6	882,0	700,0	440,0	627,5	844,1	4432,0
19:00-20:00	938,6	906,7	723,4	427,9	645,7	858,9	4501,1
20:00-21:00	963,8	925,1	740,1	411,3	661,9	869,0	4571,3
21:00-22:00	976,6	940,0	756,9	424,5	681,0	878,9	4657,9
22:00-23:00	985,3	953,9	772,1	450,5	694,8	887,0	4743,7
23:00-24:00	991,4	964,9	783,9	461,4	706,7	861,3	4769,7
24 saatlik toplam	22673,7	21864,1	17593,3	10737,1	15370,9	20389,2	108628,3

Tablo 3. Erzurum 20 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 12 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 12 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
10:00-11:00	865,0	834,4	645,4	349,0	525,0	758,7	3977,5
11:00-12:00	832,1	800,2	617,2	332,9	492,1	729,3	3803,9
12:00-13:00	806,3	771,5	595,3	313,1	465,9	706,1	3658,2
13:00-14:00	790,1	747,8	582,0	294,3	452,4	693,8	3560,3
14:00-15:00	792,8	748,5	577,4	307,0	455,9	699,4	3581,1
15:00-16:00	806,3	756,9	582,6	313,7	480,5	723,8	3663,8
16:00-17:00	843,8	778,8	599,0	332,8	528,9	762,7	3846,0
17:00-18:00	881,9	812,9	631,8	361,6	570,8	792,9	4051,9
18:00-19:00	907,6	851,0	669,0	409,2	596,5	813,1	4246,2
19:00-20:00	907,6	875,8	692,4	397,0	614,7	827,9	4315,3
20:00-21:00	932,8	894,1	709,1	380,3	630,9	838,1	4385,4
21:00-22:00	945,6	909,0	725,9	393,5	650,0	847,9	4471,9
12 saatlik toplam	21929,7	21120,2	16849,6	10004,0	14628,3	19646,9	104178,5

Tablo 4. Erzurum 23 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 24 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 24 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
00:00-01:00	1059,5	1036,4	864,1	598,8	774,9	1090,5	5424,4
01:00-02:00	1064,8	1039,2	873,2	637,5	783,2	960,5	5358,5
02:00-03:00	1072,6	1047,7	882,6	648,4	789,1	964,3	5404,8
03:00-04:00	1075,4	1055,3	890,9	631,3	828,3	968,9	5450,1
04:00-05:00	1079,4	1060,6	897,7	660,0	802,7	971,9	5472,3
05:00-06:00	1083,1	1065,8	903,2	643,1	808,1	973,0	5476,3
06:00-07:00	1084,3	1070,1	896,8	574,9	813,8	977,7	5417,6
07:00-08:00	1076,7	1052,5	859,9	538,8	775,4	967,5	5270,6
08:00-09:00	1039,2	1013,9	814,7	500,9	714,0	928,9	5011,5
09:00-10:00	997,9	970,8	774,7	457,2	662,3	889,7	4752,6
10:00-11:00	958,0	927,4	738,4	439,5	618,0	851,7	4532,9
11:00-12:00	925,1	893,2	710,2	424,2	584,8	822,3	4359,8
12:00-13:00	899,4	864,5	688,3	404,4	558,8	799,0	4214,4
13:00-14:00	883,1	840,8	674,9	382,9	545,3	786,8	4113,8
14:00-15:00	885,8	841,5	670,4	398,5	548,9	792,4	4137,4
15:00-16:00	899,3	849,9	675,5	405,3	573,5	816,8	4220,3
16:00-17:00	936,8	871,8	692,0	425,0	621,9	855,6	4403,2
17:00-18:00	974,9	905,9	724,8	453,2	663,8	885,8	4608,5
18:00-19:00	1000,6	944,0	762,0	501,8	689,4	906,0	4803,8
19:00-20:00	1000,6	968,7	785,3	489,9	707,6	920,9	4873,1
20:00-21:00	1025,8	987,1	802,1	473,3	723,9	931,0	4943,3
21:00-22:00	1038,6	1002,0	818,9	486,5	743,0	940,8	5029,8
22:00-23:00	1047,3	1015,9	834,1	512,5	756,7	948,9	5115,5
23:00-24:00	1053,4	1026,9	845,9	523,4	768,5	923,1	5141,2
24 saatlik toplam	24161,8	23351,9	19080,8	12211,2	16856,1	21874,0	117535,7

Tablo 5. Erzurum 22 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 24 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 24 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
00:00-01:00	1028,5	1005,4	833,1	567,8	743,9	1059,5	5238,4
01:00-02:00	1033,8	1008,2	842,2	606,5	752,3	929,7	5172,8
02:00-03:00	1041,6	1016,7	851,6	617,4	758,3	933,5	5219,2
03:00-04:00	1044,4	1024,3	859,9	601,1	797,4	938,1	5265,4
04:00-05:00	1048,4	1029,6	866,7	628,9	771,9	941,1	5286,7
05:00-06:00	1052,1	1034,8	872,2	612,5	777,4	942,2	5291,3
06:00-07:00	1053,3	1039,1	865,9	543,9	782,9	946,7	5231,8
07:00-08:00	1045,7	1021,5	828,9	507,9	744,4	936,5	5085,0
08:00-09:00	1008,2	982,9	783,7	470,0	683,0	898,0	4825,7
09:00-10:00	966,9	939,8	743,7	426,6	631,3	858,7	4567,1
10:00-11:00	927,0	896,4	707,4	409,0	587,0	820,7	4347,5
11:00-12:00	894,1	862,2	679,2	393,8	553,9	791,3	4174,4
12:00-13:00	868,4	833,5	657,3	373,8	527,8	768,1	4028,9
13:00-14:00	852,1	809,8	643,9	353,1	514,3	755,8	3929,0
14:00-15:00	854,8	810,5	639,4	367,8	517,9	761,4	3951,8
15:00-16:00	868,3	818,9	644,5	374,7	542,5	785,8	4034,7
16:00-17:00	905,8	840,8	661,0	394,2	590,9	824,6	4217,4
17:00-18:00	943,9	874,9	693,8	422,5	632,8	854,8	4422,9
18:00-19:00	969,6	913,0	731,0	470,9	658,4	875,0	4617,9
19:00-20:00	969,6	937,7	754,4	458,9	676,7	889,9	4687,1
20:00-21:00	994,8	956,1	771,1	442,3	692,9	900,0	4757,3
21:00-22:00	1007,6	971,0	787,9	455,5	712,0	909,9	4843,9
22:00-23:00	1016,3	984,9	803,1	481,5	725,8	918,0	4929,6
23:00-24:00	1022,4	995,9	814,9	492,4	737,6	892,2	4955,4
24 saatlik toplam	23417,7	22608,0	18337,0	11473,2	16113,5	21131,6	113081,0

Tablo 6. Erzurum 23 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 16 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 16 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
08:00-09:00	1039,2	1013,9	814,7	500,9	714,0	928,9	5011,5
09:00-10:00	997,9	970,8	774,7	457,2	662,3	889,7	4752,6
10:00-11:00	958,0	927,4	738,4	439,5	618,0	851,7	4532,9
11:00-12:00	925,1	893,2	710,2	424,2	584,8	822,3	4359,8
12:00-13:00	899,4	864,5	688,3	404,4	558,8	799,0	4214,4
13:00-14:00	883,1	840,8	674,9	382,9	545,3	786,8	4113,8
14:00-15:00	885,8	841,5	670,4	398,5	548,9	792,4	4137,4
15:00-16:00	899,3	849,9	675,5	405,3	573,5	816,8	4220,3
16:00-17:00	936,8	871,8	692,0	425,0	621,9	855,6	4403,2
17:00-18:00	974,9	905,9	724,8	453,2	663,8	885,8	4608,5
18:00-19:00	1000,6	944,0	762,0	501,8	689,4	906,0	4803,8
19:00-20:00	1000,6	968,7	785,3	489,9	707,6	920,9	4873,1
20:00-21:00	1025,8	987,1	802,1	473,3	723,9	931,0	4943,3
21:00-22:00	1038,6	1002,0	818,9	486,5	743,0	940,8	5029,8
22:00-23:00	1047,3	1015,9	834,1	512,5	756,7	948,9	5115,5
23:00-24:00	1053,4	1026,9	845,9	523,4	768,5	923,1	5141,2
16 saatlik toplam	15565,8	14924,3	12012,3	7278,4	10480,5	13999,8	74261,2

Tablo 7. Erzurum 24 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 12 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

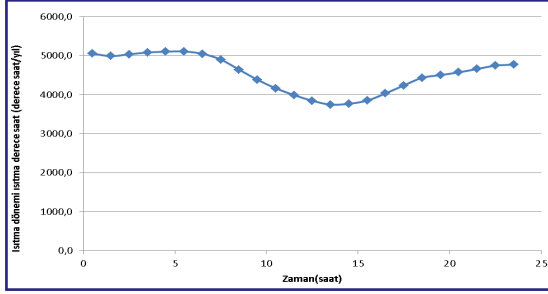
Bir saat aralıklarla 12 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
9:00-10:00	1028,9	1001,7	805,7	488,0	693,3	920,7	4938,4
10:00-11:00	989,0	958,4	769,4	470,3	649,0	882,7	4718,7
11:00-12:00	956,0	924,2	741,2	454,8	615,7	853,3	4545,3
12:00-13:00	930,4	895,5	719,3	435,2	589,8	830,0	4400,2
13:00-14:00	914,1	871,8	705,9	413,2	576,3	817,8	4299,1
14:00-15:00	916,8	872,5	701,4	429,2	579,9	823,4	4323,1
15:00-16:00	930,3	880,9	706,5	436,1	604,5	847,8	4406,0
16:00-17:00	967,9	902,8	723,0	455,9	652,9	886,6	4589,1
17:00-18:00	1005,9	936,9	755,8	484,0	694,8	916,8	4794,4
18:00-19:00	1031,6	975,0	793,0	532,8	720,4	937,0	4989,8
19:00-20:00	1031,6	999,7	816,3	520,9	738,6	951,9	5059,0
20:00-21:00	1056,8	1018,1	833,1	504,3	754,9	962,0	5129,2
12 saatlik toplam	16061,9	15420,2	12508,2	7771,9	10976,2	14495,5	77233,9

Tablo 8. Erzurum 25 °C İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre 11 Saatlik Isıtma Derece Saat Değeri

Bir saat aralıklarla 11 saat	Isıtma Sezonundaki Aylar						Sezonluk IDS (°C-saat)
	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	
08:00-09:00	1101,2	1075,9	876,7	562,9	775,9	990,8	5383,4
9:00-10:00	1059,9	1032,7	836,7	519,0	724,3	951,7	5124,4
10:00-11:00	1020,0	989,4	800,4	501,2	680,0	913,6	4904,6
11:00-12:00	987,0	955,2	772,2	485,6	646,6	884,2	4730,9
12:00-13:00	961,4	926,5	750,3	466,1	620,8	861,0	4586,1
13:00-14:00	945,1	902,8	736,9	443,8	607,3	848,8	4484,7
14:00-15:00	947,8	903,5	732,4	460,0	610,9	854,3	4509,0
15:00-16:00	961,3	911,9	737,5	467,0	635,5	878,8	4591,9
16:00-17:00	998,9	933,8	754,0	486,8	683,9	917,6	4775,1
17:00-18:00	1036,9	967,9	786,8	515,0	725,8	947,8	4980,3
11 saatlik toplam	10019,6	9599,7	7783,8	4907,4	6711,0	9048,8	48070,3

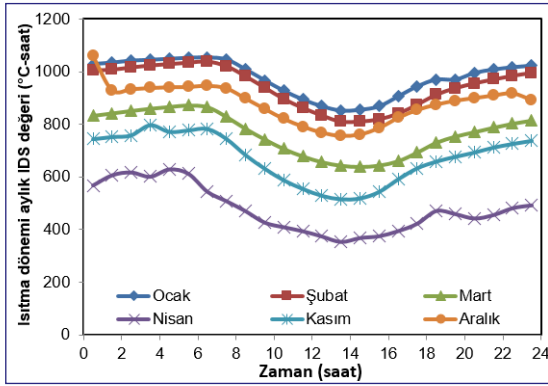
Tablo 9. Erzurum 05:00-06:00 Saatleri Arasında Farklı İç Ortam Referans Sıcaklığına Göre Isıtma Derece Saat Değerleri

Farklı İORS için IDS	Kasım (°C-saat)	Aralık (°C-saat)	Ocak (°C-saat)	Şubat (°C-saat)	Mart (°C-saat)	Nisan (°C-saat)	Sezonluk IDS (°C-saat)
20 °C	990,2	972,8	810,2	551,5	716,1	880,6	4921,3
22 °C	1052,1	1034,8	872,2	612,5	777,4	942,2	5291,3
24 °C	1114,1	1096,8	934,2	673,6	838,7	1003,8	5661,2



Şekil 1. Erzurum 24 saatlik zaman dilimi için 21 °C iç ortam referans sıcaklığına göre ısıtma derece saat değeri

Şekil 1'de 22 °C İORS'a göre IDS değerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir. Bu şekilde sezon gününün her saati için ısıtma enerji ihtiyacındaki değişim görülmektedir. Bu yaklaşımla Erzurum ilinin saatlik olarak ısıtma sistemlerinin sezonluk tüketeceği enerji tahmini yapılabilir.



Şekil 2. Erzurum 22 °C iç ortam referans sıcaklığına göre ısıtma dönemi her ay için ısıtma derece saat değeri

Şekil 2'de 22 °C iç ortam referans sıcaklığına göre ısıtma dönemindeki her bir ay için IDS değeri verilmiştir. Bu şekilde sezonun her saati için ısıtma enerji ihtiyacındaki değişim görülmektedir. Bu yaklaşımla Erzurum ilinin saatlik bazda ısıtma sistemlerinin sezondaki her ay için sezonluk tüketeceği enerji tahmini yapılabilir.

Bu çalışma dokuz RİOS ve günün yirmi dört saati için yapılmıştır. Makale metninin uzamaması için sadece Şekiller 1 ve 2'deki yaklaşımlar metinde verilmiştir. Bu yaklaşımlar ısıtma dönemindeki toplam ve dönemdeki her ay için 24 saatlik enerji

talebi tahmini için önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışma farklı saat aralıkları ve farklı konfor şartları içerdiğinden Erzurum ili için literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışma, enerji tüketiminin yoğun olduğu özellikle ısıtma sistemi kullanıcıları, üreticileri, yerel yönetimler ve elektrik dağıtım firmaları için önem arz etmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Erzurum ili için sekiz farklı (18-25 °C) iç ortam referans sıcaklığına (İORS) göre ısıtma mevsimindeki aylar, bu aylar içerisindeki 24 saatlik IDS, aylık IDS, ısıtma dönemi IDS değerleri incelenmiştir. Bu yaklaşımla ısıtma dönemindeki her ayın istenilen saatinde herhangi iki zaman diliminde ve günün her saatinde göre ayrı ayrı IDS değeri sezondaki her ay, günün 24 saati için ayrı ayrı olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmayla ısıtma sistemlerinin çalışma süreleri aylık, sezonluk olarak tahmin edilmesi, her il için farklı garanti sürelerinin gündeme gelmesi düşünülmektedir. 20-25 °C İORS'da ısıtma dönemindeki tüm aylar ve sezonluk IDS değerleri en yüksek 05:00-06:00 saatleri arasında ve en düşük ise 13:00-14:00 saatleri arasında olacağı tahmin edilmiştir. En yüksek ısıtma enerji ihtiyacı 8 farklı İORS içinde Ocak ayında 05:00-06:00 saatleri arasında olacağı tespit edilmiştir. Yalıtımsız bir binada Kasım ayı için 20 °C'lik İORS için IDS değeri 990,2 °C-saattir. İORS 24 °C'ye çıkarıldığında ise IDS değeri %12,5 artarak 1114,1 °C-saat olmaktadır. Bu çalışma Erzurum ilinde kesintili çalışacak binalarda (ofis, banka, resmi kurumlar) kullanılacak hava kaynaklı ısı pompalarının COP değerleri için önem arz etmektedir. Türkiye'deki tüm iller içinde bu yaklaşım kullanılabilir. Ayrıca bu yaklaşım konuyla ilgilenen akademisyenler, makina mühendislerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Erkmen. F.İ., Gedi Zorer. G., "Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması: Antalya ve Diyarbakır Örneği", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 143-163, 2007.
- [2] Kadioğlu. M., "İstanbul için Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Hesaplamaları", Temiz Enerji Sempozyumu Bildirisi, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 1994.

- [3] Ahrens. C.D., "Meteorology Today - An Introduction to Weather, Climate and the Environment", West Publishing Company, New York, 1982.
- [4] Sevinç. S., "Bursa'da Binaların Isıtılmasında Gerekli Olan Enerji ve Yakıt Miktarının Derece Gün Yöntemiyle Hesaplanması", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [5] Ekmekçi. İ., Pusat. S., Calculation of Variable Base Degree-Hours for Four Stations in Istanbul, NUYEK, Ankara, 2009.
- [6] Ertürk. M., "Isıtma ve Soğutma Derece Saat Hesaplamalarında Farklı Bir Yöntemin Araştırılması ve Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012, Balıkesir.
- [7] Pusat. S., Akkoyunlu. M.T., "Seçilen Şehirler için Isıtma Derece-Saat Hesabı", Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2). 314-321, 2018.
- [8] Bolattürk. A., Optimum Insulation Thicknesses for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in The Warmest Zone of Turkey, Building and Environment, 43(6). 1055-1064, 2008.
- [9] Durmayaz. A., Kadioğlu. M., Heating Energy Requirements and Fuel Consumptions in the Biggest City Centers of Turkey, Energy Conversion and Management, 44(7), 1177-1192, 2003.
- [10] Satman. A., Yalcinkaya. N., Heating and Cooling Degree-Hours for Turkey, Energy, 24(10), 833-840, 1999.
- [11] Papakostas. K., Kyriakis. N., Heating and Cooling Degree-Hours for Athens and Thessaloniki, Greece. Renewable Energy, 30(12), 1873-1880, 2005.
- [12] Büyükalaca vd., Analysis of Variable-Base Heating and Cooling Degree-Days for Turkey, Applied Energy. 69(4). 269-283, 2001.