



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Soğutma derece-saat yöntemini kullanarak bina soğutma yüklerinin hesaplanması

Calculation of building cooling loads using the cooling degree-hour method

Yazar(lar) (Author(s)): Mustafa ERTURK¹, Yusuf ÇAY²

ORCID¹: 0000-0002-0517-6940

ORCID²: 0000-0003-4007-6168

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ertürk M., Çay Y., “Soğutma derece-saat yöntemini kullanarak bina soğutma yüklerinin hesaplanması”, *Politeknik Dergisi*, 24(2): 723-732, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.780630

Soğutma Derece-Saat Yöntemini Kullanarak Bina Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

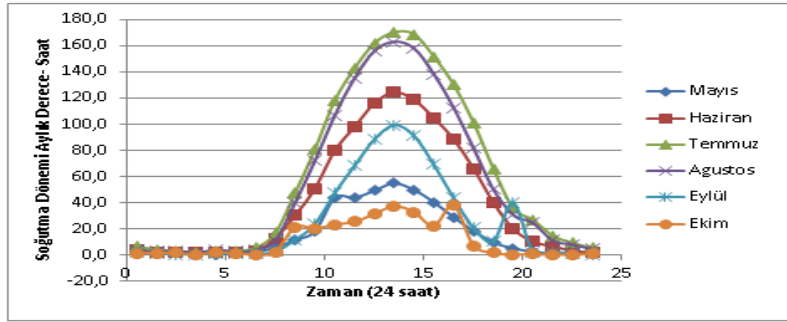
Calculation of Building Cooling Loads Using The Cooling Degree-Hour Method

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Farklı iç ortam referans sıcaklığına göre günün 24 saati için ayrı ayrı sezonluk soğutma derece saat değeri./ Cooling degree values for separate seasons over 24 hours per day according to different indoor reference temperatures

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Soğutma dönemindeki her ay ve sezonluk olmak üzere günün her saati, herhangi iki zaman dilim arasında soğutma derece saat değeri./ Cooling hour value between any two time intervals for each hour of the day for every month and seasonally in the cooling period



Şekil. Günün her saati için soğutma derece saat değeri/ Figure. Cooling degree hour value for every hour of the day

Amaç(Aim)

This study adding Sakarya to the literature targeted the creation of tables that can be understood by everyone with monthly and seasonal refrigeration degree hour values between any two time intervals and separately for 24 hours per day in each month in the cooling period.

Design & Methodology

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen son otuz sekiz yılın her ayı, günün 24 saati, yılın 8760 saati için 332880 saatlik dış hava kuru termometre sıcaklık veri seti kullanılmıştır./In this study, outdoor air dry thermometer temperature data for 332,880 hours were obtained from the State General Directorate of Meteorology for every month, 24 hours per day, 8760 hours per year over the last thirty-eight years.

Özgünlük (Originality)

Soğutma dönemindeki her ay için yirmi dört saatlik soğutma derece saat değeri bu çalışmanın özgünlüğüdür./The twenty-four-hour refrigeration degree hour value for each month in the cooling period is the specificity of this study.

Bulgular (Findings)

Sakarya'daki bir binada en yüksek soğutma enerji ihtiyacı üç farklı (20,24,27 °C) iç ortam referans sıcaklığına göre 12:00-13:00 saatleri arasında temmuz ayında olduğu ortaya konulmuştur./The highest refrigeration energy requirements for a building in Sakarya were revealed to occur from 12:00-13:00 in July according to three different indoor reference temperatures (20, 24., 27 °C).

Sonuç (Conclusion)

Bu yaklaşımla soğutma dönemindeki herhangi bir ayın; herhangi bir saatinde, herhangi iki zaman dilimi arasında, toplam aylık olarak Soğutma Derece Değeri (SDSD) değeri tahmin edilmiştir./With this approach, any month in the cooling period; Cooling Degree Hour Value (CDHD) has been estimated on a total monthly basis at any time, between any two time zones.

Declaration of Ethical Standards

The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Soğutma Derece-Saat Yöntemini Kullanarak Bina Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Araştırma Makalesi / Research Article

Mustafa ERTÜRK*, Yusuf ÇAY

Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 14.08.2020 ; Kabul/Accepted : 06.12.2020)

ÖZ

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen son otuz sekiz yılın her ayı, günün 24 saati, yılın 8760 saati için 332880 saatlik dış hava kuru termometre sıcaklık veri seti kullanılmıştır. Bu setteki veriler basic tabanlı geliştirilen üç yazılıma aktararak aylık ve sezonluk bazda günün 24 saati için ayrı ayrı saatlik olarak, herhangi iki zaman dilimi arasında dış hava sıcaklık görülme sıklıkları ve Soğutma Derece Saat Değerleri (SDSD) analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; soğutma dönemi aylık bazda en yüksek dış hava sıcaklığı görülme sıklığı 29 °C dış hava sıcaklığı için 105,624 saatle ağustos ayında, sezonluk bazda en düşük görülme sıklığı ise 0,84 saatle 44 °C olarak, sezondaki her ay için en yüksek dış hava görülme sıklıkları 26-31 °C arasında olduğu ve bu sıcaklık aralığında sezonluk görülme sıklığının 317, 88 saat olduğu tespit edilmiştir. Temmuz ayında 24 °C İç Ortam Referans Sıcaklığı (İORS) için saat 13-14 arasındaki SDSD 115.1 SDS olarak, saat 15-17 arasındaki SDSD ise bu iki zaman dilimi arasındaki SDSD'leri toplanarak 404.6 SDS olarak tahmin edilmiştir. Sezonluk olarak bu iki zaman dilim arasında SDSD'nin 1367.5 SDS olacağı tahmin edilmiştir. Soğutma dönemi İORS 24 °C seçildiğinde SDSD 3972,6 SDS olmakta, İORS 20 °C seçilirse SDSD'nin % 258 artacağı, 28 C çıkarıldığında ise SDSD'nin % 3.683 azalacağı tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sakarya, saatlik soğutma dönemi dış hava sıcaklık dağılımı, soğutma sezonu, sezonluk yirmi dört saatlik soğutma derece saat, aylık yirmi dört saatlik soğutma derece-saat, , iki zaman dilimi arasında soğutma derece saat.

Calculation of Building Cooling Loads Using The Cooling Degree-Hour Method

ABSTRACT

In this study, outdoor air dry thermometer temperature data for 332,880 hours were obtained from the State General Directorate of Meteorology for every month, 24 hours per day, 8760 hours per year over the last thirty-eight years. This data set was transferred to three softwares developed with visual basic and then analyzed hourly for every 24 hours, frequency of external air temperature between any two time intervals and cooling degree hour values (CDHV) on a monthly and seasonal basis. According to the analysis results, the highest external air temperature incidence for 29°C in the cooling period was 105,624 hours in August on a monthly basis. On a seasonal basis, the lowest incidence was 0.84 hours for 44°C. The highest incidence of external air temperature for each month in the season was between 26-31°C and the seasonal incidence of this temperature interval was identified as 317.88 hours. With 24°C indoor reference temperature (IDRT) between 13.00-14.00 hours in the month of July, the CDHV was 115.1 CDH. Adding the CDHV for the two time intervals from 15.00-17.00 hours, a total of 404.6 CDH was estimated. Seasonally, the CDHV for these two time intervals were estimated to be 3972.6 CDH. When 24 °C is chosen as IDRT for the cooling period, the CDHV is 3972.6 CDH, while if 20 °C is chosen the CDHV is estimated to increase by 258% and if 28 °C is chosen the CDVH is estimated to reduce by 3,683%.

Keywords: Sakarya, hourly cooling period outdoor air temperature distribution, cooling season, seasonal twenty-four hour cooling degree hour, monthly twenty-four hour cooling degree-hour, cooling degree hour between two time intervals.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji üretimi, tüketimi planlama ve yatırımlar için kısa ve uzun dönem içinde önem arz etmektedir. Günlük veya saatlik enerji ihtiyacı yük akışının analizinde üretiminin kontrolü ve programlanması için en önemli parametrelerdir. Haftalık veya yıllık yapılan kısa, orta ve uzun dönemli tahminler ise bakım programları ve işletme planlaması için gereklidir. Bu tahminler toplam enerji tüketimi içinde konutlarda tüketilen enerji miktarını

bulmada ve aileler için ekonomik, verimli ısıtma sistemini belirlemesini sağlayacaktır. Ayrıca tüketicie sunulan farklı sistemlerin fiyatlarını ve enerji tüketimlerini karşılaştırarak en uygun olanını tespit etme imkanı sağlanmasından dolayı enerji yükleri tahmin yöntemleri üzerinde araştırmalar her zaman araştırılıp, geliştirilmektedir[1]. İklimlendirme sistemleri dizaynında, binalarda enerji analizi, ısıtma ve soğutma yükü hesaplamaları için iklim verileri kullanılmaktadır[2]. İklim verileri kayıtlarının doğru olarak kayıt altına alınması, kolaylıkla ulaşılabilir olması iklim verileri enerji analizi ve iklimlendirme

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : mustafaerturk@sbu.edu.tr

sistemlerinin analizi için yapılacak çalışmalarda sonuçların doğruluğu ve enerji verimliliği açısından son derece önem arz etmektedir[3]. Binalar ve iklimlendirme sistemleri için çeşitli enerji tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin verdikleri sonuçların gerçeğe uygunlukları karmaşıklık derecelerine göre değişmektedir[4]. Derece zaman yöntemleriyle; binaların ve iklimlendirme sistemlerinin ısıtma-soğutma yükleri hesaplanmakta, her il için ısıtma ve soğutma sezonları belirlenebilmekte, doğalgaz taşıma boru hatları boyutlandırılmakta, konutlarda ısıtma amaçlı yakıt miktarının yıllık olarak belirlenmekte, ülke bazlı yıllık yakıt tüketimi hesaplanmakta, ömür maliyet analizine göre optimum dış duvar yalıtım kalınlıklarının bulunmakta, tarımda ekim, dikim, hasat zamanları belirlenip ürünün nerede yetiştirileceği belirlenmekte, zirai mücadelenin ise hangi günlerde olacağı tahmin edilmesinde kullanılmaktadır[5]. Literatürde ısıtma ve soğutma derece-saat değerleri sezonluk olarak farklı iç ortam referans sıcaklıklarına göre hem Türkiye'deki şehirler [6-8] hem de dünyanın birçok şehirleri [9,10] için bulunmaktadır. Soğutma yükleri hesaplamalarında aylık hatta saatlik bazda derece-saat değerlerinin hesaplanması ayrıntılı analiz imkanı vermektedir. Isıtma ve soğutma sezonlarında her ayın herhangi bir zamanındaki veya iki zaman dilimi arasındaki yirmi dört saatlik derece-saat hesaplamaları Ankara için ısıtma, İzmir için soğutma amaçlı olarak ortaya konulmuştur[11]. Antalya ili içinde soğutma amaçlı çalışma yapılmıştır[12]. Antalya ve İzmir illeri için yapılan çalışmalar incelenerek daha ayrıntılı bir çalışma Sakarya ili için yapılmıştır. Bu çalışmayla on bir farklı İORS'na göre ilk defa Sakarya ilinin soğutma yükleri sezondaki her ayın 24 saati için ayrı ayrı ve sezonluk olarak ayrıntılı olarak analiz edilip analiz sonuçları kullanımı basit çizelgeler halinde sunulmuştur.

Bu çalışmanın literatürden farkı;

- ✓ Literatürde soğutma dönemindeki her ay için saatlik, 24 saatlik, sezonluk olmak üzere dış hava sıcaklık dağılımıyla ilgili 8760 saat içerisinde görülme sıklıkları bulunmamaktadır. Bu çalışmada; son 38 yıllık 332880 adet dış hava kuru termometre sıcaklık verileriyle otuz gün olan aylar için 720 saat (30x24), otuz bir gün olan aylar için 744 saat (31x24) ve şubat ayı için 672 saat (28x24) içerisinde oransal olarak görülme sıklığı her ayın 24 saati için 1°C aralıklarla ve yıllık 8760 saat içerisinde oransal olarak görülme sıklığı yılın 24 saati için 1°C aralıklarla görülme sıklığı ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.
- ✓ Yukarıdaki dağılım sonuçları değerlendirilerek dış hava sıcaklığı 25°C üzerindeki sıcaklıkların 24 saat içerisinde her saat için görülme zamanı tespit edilmiştir. Bu yaklaşımla soğutma sezonundaki her ayın günün 24 saati için görülme sıklığı ayrı ayrı ve sezonluk görülme sıklığı saat olarak ilk defa ortaya konulmuştur.

- ✓ Soğutma dönemindeki her ay ve sezonluk 24 saat dış hava sıcaklık dağılımlarıyla soğutma dönemindeki herhangi bir ayın herhangi saatinde, herhangi iki zaman dilimi arasında, 24 saatlik aylık ve sezonluk bazda SDSD saat hesaplamaları farklı İORS'na göre Sakarya için ortaya konulmuştur.

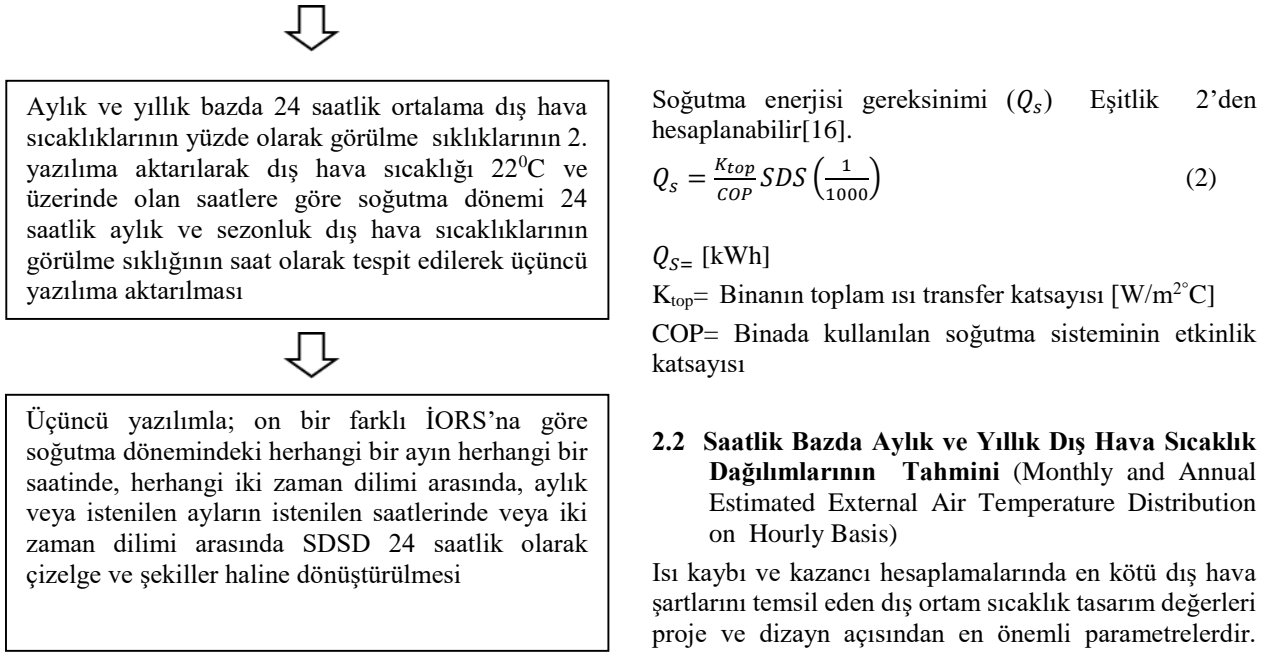
2. YÖNTEM (METHOD)

Mahallerin ısıtılmasına yönelik mevsimsel enerji ihtiyacı ve buna bağlı yakıt tüketimi, önceden belirlenmiş mimari tasarım, binaların malzeme karakteristikleri, meteorolojik sıcaklık ölçümleri ve bölge nüfusuna bağlı olarak belirlenebilir. Belirli bir zaman aralığında bir mahalin ısıtılmasına yönelik enerji ihtiyacını öngörme yöntemlerinden biri derece zaman yöntemidir. Yöntem, bir mahalin enerji ihtiyacının iç ve dış ortamların sıcaklık farkı ile doğru orantılı olduğunu kabul etmektedir. Enerji hesaplamaları, dış ortam sıcaklığının, denge sıcaklığı olarak tanımlanmış bir sıcaklıktan daha düşük olduğu süreler boyunca gerçekleştirilir [13]. Literatürde ısıtma ve soğutma amaçlı çeşitli enerji tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Bu enerji tahmin yöntemleri derece bin, derece gün ve derece saat yöntemleridir[10]. Literatürde kullanılmakta olan hesaplama yönteminde il bazlı derece gün ve saatleri yıllık toplam olarak verilmektedir[15]. Bu çalışmada 1972-2018 yılları arasında Sakarya için Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından her yıl için 8760 saat olarak kayıt altına alınan 38 yıllık 332880 adet saatlik dış hava sıcaklığı veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti geliştirilen visual basic tabanlı 3 yazılıma aktarılarak Sakarya soğutma dönemi ayları için araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda soğutma 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 SDSD hesaplanmıştır. Yazılım işlem sırası Şekil 1'de verilmiştir.

DMİGM den Sakarya ili için txt dosyası olarak temin edilen son 38 yıllık saatlik bazda 332880 adet ham dış hava kuru termometre sıcaklıklarının işlenerek yılın on iki ayı için ayrı ayrı ve 24 saatlik olarak excel dosyasına aktarılması.



Excel dosyasındaki işlenmiş verilerin visual tabanlı geliştirilen 1. yazılıma aktarılarak son 38 yılın ortalama dış hava sıcaklığı 8760 saat içerisinde yüzde olarak görülme sıklığı 24 saatlik olmak üzere her ay için ayrı ayrı ortalama dış hava sıcaklık değerleri ve yıllık dış hava ortalama sıcaklık değerlerinin tespit edilmesi



Şekil.1 Yazılım işlem sırası(Software process sequence)

2.1 Soğutma Derece Saat (SDS) Yöntemi (Cooling Degree Hour Method)

SDS yöntemi ile kapalı hacimlerin soğutulması için gerekli enerji miktarı kolaylıkla tahmin edilebilir. Bu yöntemde ısıtma ve soğutma amaçlı gerekli olan enerjinin, dış ortam sıcaklığı ve denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla orantılı olduğu kabul edilir. SDS yönteminde, en az on yıl geçmişe yönelik yıllık 8760 saatlik ortalama ölçüm değerlerinin olması gereklidir[15]. Denge noktası sıcaklığı, bir binada soğutmaya ihtiyaç duyulmadığı durumdaki dış ortam sıcaklığıdır[16]. Genelde, yalıtımsız bir bina için derece saat değerleri soğutmada Dış Ortam Referans Sıcaklığı (DORS) 25°C için hesaplanır[12]. SDS hesaplamaları için Eşitlik 1 [15] kullanılmıştır.

$$SDS = (1 \text{ saat}) \sum_{\text{saatler}}^M (T_{DORS} - T_{IORS})^+ \quad (1)$$

M = Soğutma dönemindeki toplam gün sayısıdır. Soğutma gerektirmeyen günler bu sayılara dahil edilmez.

Eşitlikte ayracın üstündeki + sembolü hesaplamalarda yalnızca pozitif sayıların dikkate alınacağını ifade etmektedir.

$$T_{DORS} = \text{Saatlik DORS } [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{IORS} = \text{Saatlik İORS } [^{\circ}\text{C}]$$

Soğutma enerjisi gereksinimi (Q_s) Eşitlik 2'den hesaplanabilir[16].

$$Q_s = \frac{K_{top}}{COP} SDS \left(\frac{1}{1000} \right) \quad (2)$$

$$Q_s = [\text{kWh}]$$

$$K_{top} = \text{Binanın toplam ısı transfer katsayısı } [W/m^2^{\circ}\text{C}]$$

COP= Binada kullanılan soğutma sisteminin etkinlik katsayısı

2.2 Saatlik Bazda Aylık ve Yıllık Dış Hava Sıcaklık Dağılımlarının Tahmini (Monthly and Annual Estimated External Air Temperature Distribution on Hourly Basis)

Isı kaybı ve kazancı hesaplamalarında en kötü dış hava şartlarını temsil eden dış ortam sıcaklık tasarım değerleri proje ve dizayn açısından en önemli parametrelerdir. Isıtma ve soğutma sistemlerinin kapasite hesaplamalarında kullanılan dış ortam referans sıcaklık değerleri sırasıyla belirli bir tekrar frekansına karşılık gelen sıcaklıklar olarak tespit edilir[14]. Isıtma ve soğutma amaçlı tespit edilen DORS değerleri sezon boyunca sabit olarak alınmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında excel dosyası haline getirilen işlenmiş 1972-2018 yılları arasındaki 24 saatlik aylık ve yıllık bazda dış hava sıcaklık verileri visual tabanlı geliştirilen 1. yazılıma aktarılarak ortalama dış ortam sıcaklık dağılımlarıyla ilgili günün 24 saati için ayrı ayrı olmak üzere 24 analiz çalışması yapılmıştır. Analiz sonuçları günün her saati için çizelgeler haline dönüştürülmüştür. Bu yaklaşımla yılın on iki ayı ve yıllık 24 saatlik ortalama dış ortam sıcaklıkları o ay içerisinde toplamda görülen sıcaklıkların yüzde olarak sayısı 1°C farkla tespit edilmesi sağlanmıştır.

2.3 Soğutma Dönemi Dış Hava Sıcaklık Dağılımlarının Saatlik Bazda Tahmini (Estimation of External Air Temperature Distribution on an Hourly Basis in the Cooling Period)

Dış hava sıcaklığı 25⁰C'den büyük olan her saat soğutma ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır[12]. Birinciyazılımla elde edilen dış hava sıcaklık dağılımları ikinci yazılıma günün 24 saati için ayrı ayrı aktarılmıştır. 8760 saat içerisinde dış hava sıcaklığı 25°C'den büyük olan dış hava sıcaklıklarının saatlik görülme sıklıkları günün her saati için ikinci yazılımla analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; Sakarya soğutma sezonunun mayıs ayında başlayıp ekim ayında sona erdiği tespit edilmiştir. 13:00-14:00 saatleri arasındaki analiz sonuçları örnek olarak Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Saat 13:00-14:00 arasında 25°C'den büyük dış hava sıcaklıklarının aylık ve sezonluk görülme sıklıkları (Frequency of monthly and seasonal external air temperatures above 25 °C between 13:00-14:00)

Dış Hava Sıcaklığı [°C]	Soğutma Dönemi Aylık Ortalama Dış Hava Sıcaklığı Görülme Sıklığı [Saat]						Soğutma Dönemi Ortalama Dış Hava Sıcaklığı Görülme Sıklığı [Saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
26	56,016	59,904	48,888	45,576	78,84	35,928	54,192
27	28,728	62,136	69,696	61,488	62,496	20,808	50,892
28	33,768	68,112	103,464	80,352	64,728	19,368	61,632
29	23,688	62,928	94,824	105,624	52,776	22,968	60,468
30	20,808	56,952	80,496	88,992	35,712	12,168	49,188
31	18,648	42,912	68,256	84,672	23,04	11,52	41,508
32	5,76	31,104	54,576	55,008	21,6	7,2	29,208
33	7,92	26,64	40,968	26,784	21,6	1,44	20,892
34	4,32	17,784	17,28	18,072	12,672	2,16	12,048
35	3,6	10,368	8,64	15,192	2,952	0,72	6,912
36	2,16	5,184	6,48	7,272	2,952	0,72	4,128
37	0,72	1,512	5,04	4,32	1,512	0,72	2,304
38	4,32	2,952	2,16	0,72	1,512	0	1,944
39	2,16	2,232	2,88	0,72	0	0,72	1,452
40	0	2,232	0	2,88	0,72	0,72	1,092
41	0,72	0,72	1,44	1,44	0,72	4,32	1,56
42	1,44	4,464	0	0	4,464	0	1,728
43	0,72	2,232	0,72	1,44	2,952	2,88	1,824
44	3,6	0	0,72	0	0,72	0	0,84
45	5,04	0	4,32	0,72	4,464	0	2,424
46	8,65	0	0	0	7,416	0	2,677
Toplam Saat	232,786	460,368	610,848	601,272	403,848	144,36	408,913

Çizelge 1'de saat 13-14 arasında dış hava sıcaklığı sezondaki tüm aylar için aylık ve sezonluk olarak saat olarak görülme sıklıkları 1 °C aralıklarla sezondaki aylar ve sezonluk olarak verilmiştir. Ayrıca 26-46 °C dış hava sıcaklıkları arasında toplam görülme sıklıkları da aylık ve sezonluk olarak verilmiştir. Çizelge'de toplam soğutma sezonu saatleri büyükten küçüğe temmuz, ağustos, haziran, eylül, mayıs ve ekim ayı olduğu sezonluk ortalama dış hava sıcaklığı görülme zamanı ise 408,913 saat olarak görülmektedir. Bu yaklaşım soğutma sistemleri imalatçıları ve kullanıcıları için, bu konuda çalışan akademisyenler için önem arz etmektedir.

2.4 Soğutma Dönemindeki Her Ay İçin On bir Farklı İORS göre SDSD Günün Yirmi Dört Saati İçin Ayrı Ayrı Hesaplanması (Separate Calculations for Cooling

Degree Hour Values in Twenty-Four Hours According to Eleven Different Indoor Reference Temperatures For Each Month in The Cooling Period)

Bu bölümde hesaplamalar 11 farklı (18-28°C) İORS'na göre yapıldığı için 1. yazılımla elde edilen dış hava sıcaklık dağılımları kullanılmıştır. Buradaki amaç soğutma döneminde 26°C İORS'nın altındaki sıcaklıklarla ilgili enerji tüketiminin oransal olarak artış

miktarının ayrıntılı olarak gösterilmek istenmesidir. Birinci yazılımla elde edilen dış hava sıcaklık dağılımları üçüncü yazılıma aktarılarak 11 farklı İORS'na göre soğutma mevsimindeki her ay için ve günün her saatinde göre SDSD ve her saat için toplam olarak soğutmada enerji ihtiyacı hesaplamaları için analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları çizelgelere dönüştürülmüştür. Örnek analiz sonuçları Çizelge 2-4'te verilmiştir. Çizelge 2'de soğutma sezonu ayları için ayrı ayrı ve

sezonluk olmak üzere saat 00:00-01:00'den 23:00-24:00' e kadar birer saat aralıklarla soğutma yükleri 20°C İORS'na göre tahmin edilmiştir. Bu yaklaşımla soğutma dönemindeki herhangi bir ayın herhangi bir saatinde, herhangi iki zaman dilimi arasında SDSD tahmin edilmiştir. Ayrıca sezonluk SDSD'de tahmin edilmiştir. Bu tahminler 24°C İORS için Çizelge 3'te, 27°C İORS için Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Sakarya 20°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi her ayı için soğutma derece saat değeri/ (Refrigeration degree hour value for each month of the cooling period according to the indoor reference temperature of 20 °C)

SAKARYA 20°C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE 24 SAAT SDSD							
Bir saat aralıklarla 24 saat	SOĞUTMA SEZONUNDAKİ AYLAR						24 saat sezonluk SDSD [°C saat]
	Mayıs [°C saat]	Haziran [°C saat]	Temmuz [°C saat]	Ağustos [°C saat]	Eylül [°C saat]	Ekim [°C saat]	
00:00-01:00	2,8	12,7	33,2	30,6	7,2	3,6	90,1
01:00-02:00	3,5	7,8	25,8	24,7	4,8	3,2	69,7
02:00-03:00	3,5	6,1	20,9	22,2	3,6	3,5	59,9
03:00-04:00	2,8	6,0	16,4	17,4	2,6	1,7	47,0
04:00-05:00	1,3	6,2	17,4	18,3	3,8	3,7	50,7
05:00-06:00	3,3	6,5	18,4	16,2	3,2	3,0	50,7
06:00-07:00	5,7	13,7	32,0	23,6	3,6	0,9	79,5
07:00-08:00	15,3	42,7	69,9	53,1	10,8	4,7	196,6
08:00-09:00	30,0	82,2	124,9	110,1	37,8	31,5	416,5
09:00-10:00	45,6	116,6	165,7	153,1	71,2	36,3	588,5
10:00-11:00	83,4	153,4	205,9	191,2	112,6	46,7	793,2
11:00-12:00	89,8	174,7	230,6	220,0	140,9	54,8	910,8
12:00-13:00	100,1	193,5	250,5	240,8	164,0	66,1	1015,2
13:00-14:00	107,5	202,3	258,8	248,5	175,7	74,5	1067,3
14:00-15:00	100,1	196,0	257,4	243,7	166,0	67,6	1030,8
15:00-16:00	85,8	180,5	240,0	223,1	140,0	50,3	919,8
16:00-17:00	67,1	161,6	218,0	196,3	106,7	51,2	775,5
17:00-18:00	47,2	133,8	187,8	162,9	68,5	25,8	611,7
18:00-19:00	28,8	97,6	148,8	125,3	43,9	11,6	495,5
19:00-20:00	16,9	63,5	109,4	97,2	51,9	1,0	339,8
20:00-21:00	10,0	42,2	89,8	83,7	18,4	2,8	246,9
21:00-22:00	5,5	29,5	65,8	58,8	14,0	1,8	175,4
22:00-23:00	4,7	19,5	50,9	47,8	9,2	1,3	133,4
23:00-24:00	4,0	13,0	38,7	36,9	5,7	2,3	100,6
24 saatlik toplam	864,9	1961,5	2877,3	2645,4	1366,1	549,9	10265,1

Çizelge 3. Sakarya 24°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi her ayı için soğutma derece saat değeri/ (Refrigeration degree hour value for each month of the cooling period according to the indoor reference temperature of 24°C)

SAKARYA 24°C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE 24 SAAT SDSD							
Bir saat aralıklarla 24 saat	SOĞUTMA SEZONUNDAKİ AYLAR						24 saat sezonluk SDSD [°C saat]]
	Mayıs [°C saat]	Haziran °C saat]	Temmuz [°C saat]	Ağustos [°C saat]	Eylül [°C saat]	Ekim [°C saat]	
00:00-01:00	0,5	2,7	3,0	0,7	0,9	0,7	8,4
01:00-02:00	0,9	1,4	1,9	0,4	0,4	0,8	5,8
02:00-03:00	1,2	0,9	1,3	1,2	0,1	0,9	5,5
03:00-04:00	1,0	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1	3,1
04:00-05:00	0,2	1,1	1,4	2,0	0,3	1,2	6,3
05:00-06:00	0,9	1,2	1,7	1,0	0,4	0,9	6,2
06:00-07:00	1,5	1,4	2,4	1,1	0,3	0,0	6,6
07:00-08:00	2,9	6,4	6,3	3,2	1,4	1,5	21,7
08:00-09:00	5,6	14,0	18,7	15,9	5,6	17,2	77,0
9:00-10:00	8,5	24,7	37,3	32,6	10,5	14,5	128,1
10:00-11:00	28,3	44,6	67,1	58,1	23,6	15,0	236,6
11:00-12:00	25,1	58,0	89,6	83,9	35,2	14,4	306,1
12:00-13:00	27,2	73,5	107,2	103,6	49,6	18,0	379,1
13:00-14:00	31,3	81,4	115,1	110,7	58,9	22,2	419,5
14:00-15:00	28,3	76,4	114,0	105,8	52,8	19,0	396,4
15:00-16:00	22,6	65,1	97,8	87,1	36,5	11,7	320,7
16:00-17:00	15,0	51,7	77,7	64,2	20,1	31,8	230,9
17:00-18:00	8,8	35,0	53,1	38,8	7,2	2,1	143,2
18:00-19:00	4,3	19,1	28,8	18,9	3,2	0,3	106,2
19:00-20:00	2,2	7,9	12,3	10,2	33,5	0,1	66,2
20:00-21:00	1,1	3,8	10,7	9,3	0,7	0,4	26,1
21:00-22:00	0,3	2,7	5,1	2,5	1,0	0,2	11,9
22:00-23:00	0,7	1,4	2,8	2,1	0,6	0,1	7,7
23:00-24:00	0,9	0,8	1,1	0,6	0,2	0,6	4,1
24 saatlik toplam	219,3	575,8	856,9	754,2	343,2	173,8	2923,3

Çizelge 4. Sakarya 27°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi her ayı için soğutma derece saat değeri/ (Refrigeration degree hour value for each month of the cooling period according to the indoor reference temperature of 27 °C)

SAKARYA 27°C İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE 24 SAAT SDSD							
Bir saat aralıklarla 24 saat	SOĞUTMA SEZONUNDAKİ AYLAR						24 saat sezonluk SDSD [°Csaat]
	Mayıs [°C saat]	Haziran °C saat]	Temmuz [°C saat]	Ağustos [°C saat]	Eylül [°C saat]	Ekim [°C saat]	
00:00-01:00	0,2	1,4	1,8	0,2	0,1	0,3	4,0
01:00-02:00	0,4	0,7	1,1	0,1	0,0	0,4	2,7
02:00-03:00	0,6	0,3	0,6	0,4	0,0	0,3	2,2
03:00-04:00	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	1,4
04:00-05:00	0,0	0,3	0,6	1,1	0,0	0,7	2,7
05:00-06:00	0,4	0,5	1,0	0,5	0,0	0,5	2,9
06:00-07:00	0,9	0,8	1,6	0,5	0,0	0,0	3,7
07:00-08:00	1,5	3,6	3,3	1,3	0,6	0,8	11,2
08:00-09:00	2,9	6,5	7,8	6,8	3,3	13,6	40,9
09:00-10:00	3,6	11,1	13,9	12,5	4,4	11,1	56,6
10:00-11:00	18,0	22,6	30,5	24,5	11,5	10,0	117,0
11:00-12:00	13,8	30,6	46,3	42,3	16,5	8,1	157,7
12:00-13:00	14,1	41,8	60,6	58,4	24,8	9,8	209,3
13:00-14:00	17,2	48,0	67,1	64,7	31,9	12,8	241,8
14:00-15:00	15,5	44,9	67,1	60,9	27,9	10,5	226,9
15:00-16:00	12,0	36,2	53,2	45,0	17,5	5,9	169,8
16:00-17:00	7,1	26,9	38,3	28,7	8,0	26,0	109,6
17:00-18:00	4,0	16,7	22,6	13,6	2,0	0,6	58,8
18:00-19:00	1,9	8,7	11,5	6,4	1,2	0,0	55,6
19:00-20:00	1,0	3,1	4,4	3,8	27,3	0,0	39,6
20:00-21:00	0,6	1,5	5,4	4,9	0,3	0,2	12,7
21:00-22:00	0,1	1,1	2,5	0,8	0,3	0,1	4,9
22:00-23:00	0,4	0,6	1,3	1,1	0,2	0,0	3,5
23:00-24:00	0,4	0,4	0,4	0,2	0,0	0,4	1,8
24 saatlik toplam	117,1	308,7	443,1	378,5	177,8	112,1	1537,4

3. ANALİZ SONUÇLARININ AÇIKLANMASI (DISCLOSURE OF ANALYSIS RESULTS)

Sakarya ili için yapılan bu çalışmayla; son otuz sekiz yılın her ayı, günün 24 saati, yılın 8760 saati ve 38 yıllık 332880 saatlik dış hava kuru termometre sıcaklık veri seti ile visual basic tabanlı geliştirilen üç adet yazılımla analizler yapılmıştır. Birinci yazılımla 24 analiz çalışması yapılarak yılın on iki ayı ve yıllık 24 saatlik ortalama dış ortam sıcaklıkları o ay içerisinde toplamda görülen sıcaklıkların yüzde olarak sayısı 1°C farkla tespit edilmesi sağlanmıştır. İkinci yazılımla günün. 8760 saat içerisinde dış hava sıcaklığı 25°C'den büyük (26-42°C)olan dış hava sıcaklıklarının saatlik görülme sıklıkları günün her saati için 24 farklı analiz yapılarak Sakarya soğutma sezonu başlangıç ve bitiş ayları tespit edilmiştir. Temmuz ayı soğutma sezonu 610,848 saat,

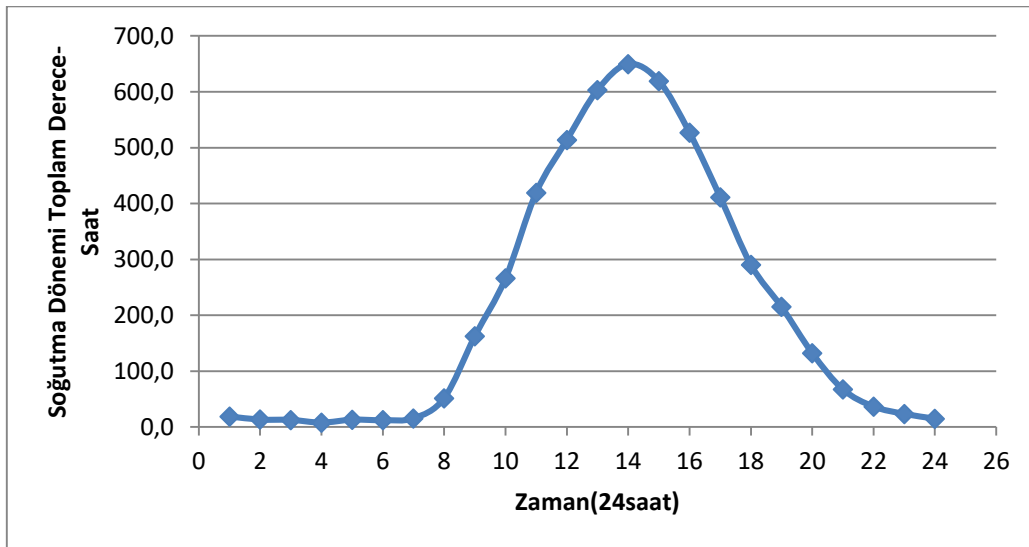
ekim ayı soğutma sezonunda 144,36 saat olacağı tahmin edilmiştir. Temmuz ayı soğutma sezonu süresi en fazla olmasına rağmen ağustos ayında 29-32°C sıcaklık aralıklarında soğutma zamanı saat olarak yaklaşık % 10 daha fazla olacağı tespit edilmiştir. Bu çalışmayla iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin soğutma mevsimindeki her ayın 24 saati için çalışma süreleri ve sezonluk çalışma süreleri Sakarya ili için ilk defa literatüre kazandırılmıştır. Üçüncü yazılımla Çizelge 2-4'te görüleceği üzere 20, 24 ve 27°C İORS'na göre 24 saatlik olmak üzere aylık ve sezonluk SDSD tahmin edilmiştir. Bu üç İORS'na göre en fazla soğutma enerjisi ihtiyacının 13:00-14:00 saatleri arasında olacağı tahmin edilmiştir. Bu tahminler Çizelge 5'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. Soğutma dönemi 13:00-14:00 saatleri arasında üç farklı İORS'na göre SDSD (Cooling period between 13: 00-14: 00 hours according to three different indoor reference temperature cooling degree hour value)

İORS [°C]	Mayıs [°Csaat]	Haziran [°Csaat]	Temmuz [°Csaat]	Ağustos [°Csaat]	Eylül [°Csaat]	Ekim [°Csaat]	Sezonluk SDSD [°Csaat]
20	107,5	202,3	258,8	248,5	175,7	74,5	1067,3
24	31,3	81,4	115,1	110,7	58,9	22,2	419,5
27	17,2	48,0	67,1	64,7	31,9	12,8	241,8

Çizelge 5'te en yüksek soğutma enerji ihtiyacı üç farklı İORS içinde 13:00-14:00 saatleri arasında temmuz ayında olduğu görülmektedir. Sakaryadaki bir binada temmuz ayında 20 °C İORS için SDSD 258,8°C-saat, İORS 24°C seçildiğinde SDSD 2.25 kat azalmakta, 27°C seçildiğinde ise SDSD 3,86 kat azalmaktadır. Bu azalmanın nedeni İORS ile dış ortam sıcaklığı arasındaki farkın küçülmesinden dolayıdır. Getirilen bu yaklaşımla

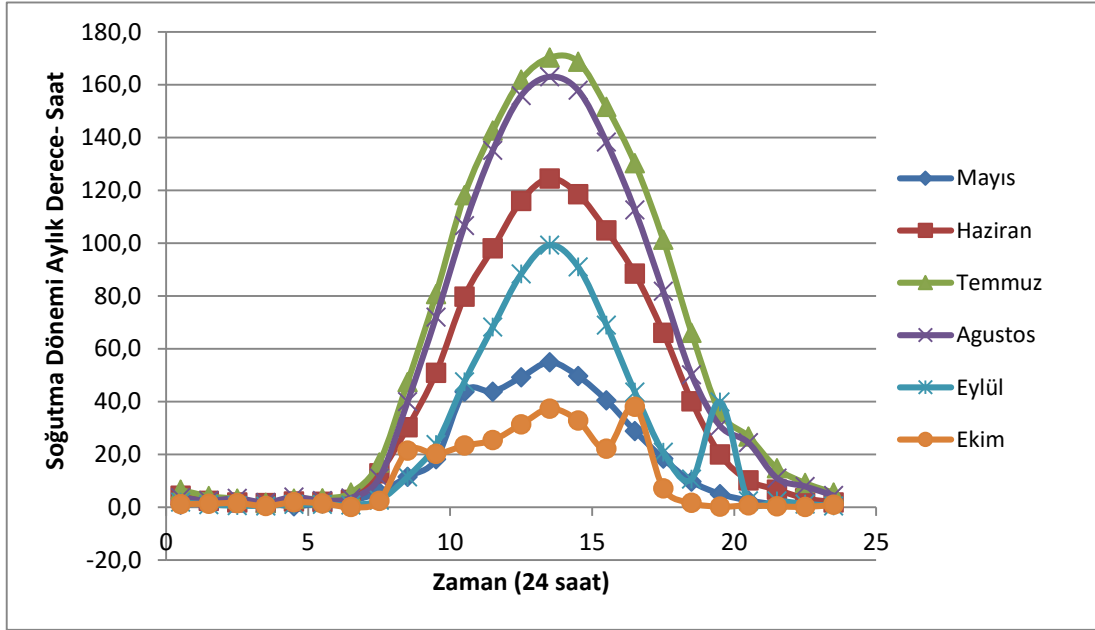
soğutma dönemindeki her ayın 24 saati için 11 farklı İORS'na göre ısıtma enerji ihtiyacı tahmin edilebilecektir. Şekil 2'de 23°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi DSD verilmiştir. Bu şekilde sezon gününün her saati için soğutma enerji ihtiyacındaki değişim görülmektedir. Bu yaklaşımla Sakarya ilinin saatlik bazda soğutma sistemlerinin sezonluk tüketeceği enerji tahmini yapılabilir.



Şekil 2. 23°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi toplam derece saat değeri. (Total degree hour value of the cooling period according to the indoor reference temperature of 23 °C)

Şekil 3'te 23°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemindeki her bir ay için DSD verilmiştir. Bu şekilde sezonun her saati için soğutma enerji ihtiyacındaki değişim görülmektedir. Bu yaklaşımla

Sakarya ilinin saatlik bazda soğutma sistemlerinin sezondaki her ay için sezonluk tüketeceği enerji tahmini yapılabilir.



Şekil 3. 23°C iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma dönemi her ayı için DSD (Degree hour value for each month of the cooling period according to 23 °C indoor reference temperature)

Şekil 2 ve 3'teki yaklaşımlar soğutma dönemindeki toplam ve dönemdeki her ay için 24 saatlik enerji talebi tahmini için önem arz etmektedir.

Bu çalışmayla Çizelge 1,...,5 ve Şekil 1-2 ilk defa Sakarya için literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışma soğutma sistemi kullanıcıları, üreticileri, yerel yönetimler ve elektrik dağıtım firmaları için önem arz etmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada dış hava sıcaklığı 25°C üzerinde olan her ay ve günün yirmi dört saati için aylık ve sezonluk görülme sıklıkları tespit edilerek soğutma sezonu (mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim) belirlenmiştir. 26-46 °C arasında ortalama dış hava sıcaklığı görülme sıklıkları mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim ayları için sırasıyla 232.786, 460.368, 610.848, 601.272, 403.848, 144.36 saat olacağı sezonluk ise ortalama 408,913 saat olacağı tespit edilmiştir. On bir farklı (18-28°C) İORS'na göre soğutma dönemindeki herhangi bir ayın herhangi bir saatinde, herhangi iki zaman dilimi arasında, aylık veya istenilen ayların istenilen saatlerinde veya iki zaman dilimi arasında Soğutma Derece-Saat Değeri (SDSD) tahmin edilmiştir. En yüksek soğutma enerji ihtiyacı on bir farklı İORS içinde 12:00-13:00 saatleri arasında temmuz ayında olacağı tahmin edilmiştir. Sakarya'daki bir binada soğutma dönemi için seçilen İORS 27, 25, 23, 21 ve 19 °C seçildiğinde SDSD'nin sırasıyla 1537, 2923, 5093, 8251, ve 12578 SDS olacağı tahmin edilmiştir. Bu sıcaklıklar arasındaki

orsansal artış; 27-25 °C İORS için 1,90 kat, 25-23 °C İORS için 1.74 kat, 23-21 °C İORS için 1.62 kat, 21-19 °C İORS için 1.52 kat SDSD artacağı tahmin edilmiştir. Sakarya ili için ilk defa literatüre kazandırılan bu yaklaşımla 11 farklı iç ortam sıcaklığına göre soğutma dönemindeki her ay ve sezonluk soğutma amaçlı enerji tüketimi, kullanımı basit çizelgeler halinde ortaya konulmuştur. Bu çizelgelerle konfor ortamını bozmadan soğutma amaçlı enerji tüketimi konusunda farkındalık oluşturulacağı düşünülmektedir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Mustafa ERTÜRK: Deneyle yapılmış ve sonuçlarını analiz etmiştir. / Performed the experiments and analyse the results.

Yusuf ÇAY: Deneyle yapılmış ve sonuçlarını analiz etmiştir. / Performed the experiments and analyse the results.

Mustafa ERTÜRK ve Yusuf ÇAY: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir. / Wrote the manuscript.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Dilmaç Kesen., “A comparison of new turkish thermal insulation in building”, *Energy & Building*, 35 (2) :161-174, (2003).
- [2] Bulut, H., Büyükalaca O., Yılmaz T., Aktacir M. A., “GAP bölgesi için detaylı iklim verileri”, *GAP IV. Mühendislik Kongresi*, Harran Üniversitesi, 183-191,(2002).
- [3] Büyükalaca O., Bulut H., Yılmaz T., “Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey”, *Applied Energy*, 69(4): 269-283, (2001).
- [4] Bulut H., Büyükalaca O., Yılmaz T., “New Outdoor Cooling Design Data for Turkey”, *Energy*, 27(10): 923-946 (2002).
- [5] Coşkun C., Oktay Z., Ertürk M., “Konutların ısıtma sezonunda seçilen iç ortama sıcaklık parametresinin enerji-maliyet-çevre açısından değerlendirilmesi ve bir uygulama örneği”, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 529-538, (2009).
- [6] Satman A., Yalcinkaya N., “Heating and cooling degree-hours for Turkey”, *Energy*, 24(10): 833–40, (1999).
- [7] Coskun C., “A novel approach to degree-hour calculation: Indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation” *Energy*, 35(6): 2455-2460, (2010).
- [8] Oktay Z., Coskun C., Dincer I., “A new approach for predicting cooling degree hours and energy requirements in buildings”, *Energy*, 36(8): 4855-4863, (2011).
- [9] Papakostas, K., Kyriakis, N. “Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece”, *Renewable Energy*, 30(12): 1873-1880, (2005).
- [10] Badescu V., Zamfir E., “Degree-days, degree-hours and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures (Romania)”, *Energy Conversion and Management*, 40 (8): 885-900, (1999).
- [11] Ertürk M., “Isıtma ve soğutma derece saat hesaplamalarında farklı bir yöntemin araştırılması ve geliştirilmesi”. *Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği*, (2012).
- [12] Coskun C., Ertürk M., Oktay Z., Dinçer İ., “Aylık bazda saatlik derece-saat değerlerinin tespitini mümkün kılan yeni bir yaklaşım”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 31: 28- (2012).
- [13] 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).
- [14] Büyükalaca, O. ve Bulut, H., “Detailed weather data for the provinces covered by the Southeastern Anatolia Project(GAP) of Turkey”, *Applied Energy*, 77(2):187–204, (2003).
- [15] Bulut, H., Buyukalaca, O. and Yılmaz, T., “Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul”, *Proceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium*, İstanbul, 1-11, (2002).
- [16] Bulut H., Büyükalaca O., Yılmaz T., “Türkiye için ısıtma ve soğutma derece gün bölgeleri”, *16 Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Kayseri, 1-6, (2007).