



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Dış Hava Sıcaklığındaki Değişimin Soğutma Enerji Talebine Ve Küresel Isınmaya Etkisinin Düzce İli İçin Araştırılması

Mustafa ERTÜRK^{a,*}

^a *Elektrik ve Enerji Bölümü İklimlendirme ve Soğutma Programı, Balıkesir MYO, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, TÜRKİYE*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: mustafaerturk65@balikesir.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan temin edilen Düzce'nin son otuz iki yıllık saatlik dış hava sıcaklık verileri Visual Basic tabanlı yazılan programa aktarılmıştır. Bu programla soğutma sezonunun başlangıç ve bitişini veren dış sıcaklık dağılımı, farklı iç ortam temel sıcaklıklarına göre soğutma sezonundaki her ay için soğutma derece-saatleri (SDS) hesaplanmıştır. Ek olarak ilk defa yalıtımsız konutlarda ortam sıcaklığının soğutma enerji talebine etkisi ve soğutma dönemindeki yıllara göre küresel ısınma periyodu Düzce için literatüre kazandırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre referans alınan iç ortam sıcaklığı (RİOS) 25⁰C'den 3⁰C küçük (22⁰C) seçilirse soğutma sisteminin tüketeceği enerji % 59.2 artacağı, 2⁰C büyük (27⁰C) seçildiğinde ise % 109.9 azalacağı ortaya konulmuştur. Ayrıca yıllık ortalama dış hava sıcaklığının 1.78⁰C artması her yıl SDS değerini 28.593 DS artırarak otuz iki yıl sonunda SDS değerinin 915 DS artmasının beklendiği de açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Soğutma sezonu, sezonluk dış sıcaklık dağılımı, aylık soğutma derece saat, sezonluk soğutma derece saat, Düzce küresel ısınma.*

Impacts of Outside Temperature Change in Düzce Province on Cooling Energy Demand and Global Warming

ABSTRACT

In this study, the last thirty-two year hourly outdoor temperature measurements are obtained for Düzce from the Ministry of Forestry and Water. and they are transferred to the Visual Basic program. By means of this the outdoor temperature distribution for identification of seasonal start and end and cooling degree hours (CDH) in the season are obtained according to different indoor medium ambient temperatures. In addition, the effect of the ambient temperature on the cooling energy demand in the uninsulated housing compounds is gained for Düzce province for the first time in the literature according to the global warming period years in the cooling period. According to the study results if the reference indoor temperature (RIT) is selected 30C smaller than basic temperature of 250C. i.e. 220C then the energy consumption by the cooling system is bound to increase by

59.2%, or if the selection is 20C higher than 250C. i.e. 270C. then the energy consumption by the cooling system is expected to decrease by 109.9%. Furthermore, in case of the annual average outdoor temperature increment by 1.780C leads to CPH increment each year by 28.593 PH, and at the end of thirty-two years CDH value might increase by 915 PH.

Keywords: Cooling season, seasonal outdoor temperature distribution, monthly cooling degree hour, seasonal cooling degree hour, Düzce global warming.

I. GİRİŞ

Küresel bazda sürekli artan insan sayısı ve gelir seviyesi, enerji arzını artırmaktadır. Global enerji arzı, çoğunlukla yenilenebilir olmayan kaynaklardan karşılanmaktadır. Enerji arzı, fosil kökenli yakıtların yeniden oluşma süresine göre çok hızlı artması bu yakıt miktarını devamlı olarak azaltmaktadır. Aşırı fosil yakıt kullanımıyla baca gazı salınımları, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınmanın etkisi ve artan küresel refah soğutma amaçlı enerji ihtiyacını sürekli olarak artırmaktadır.

Küresel ısınmayla ilgili çalışma sonuçlarına göre; yerkürenin ısınması küresel ve bölgesel bazda iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Örneğin, 1900-2005 döneminde çok büyük bölgeler ve kıtaların yağış miktarlarında azalma, artma eğilimleri tespit edilmiştir[1]. Buna göre, Kuzey ve Güney Amerika'nın doğu bölümleri, kuzey Avrupa ve Asya'nın orta kesimleri ile kuzeyinde yağış miktarında artış eğilimleri gözlenirken, Türkiye'yi de kapsayan Akdeniz havzası, Güney Asya'nın bir bölümü ile Afrika'nın güneyinde azalış eğilimleri gözlemlenmiştir[2]. Türkiye'nin birçok yöresinde 2007 yılı kış, ilkbahar ve yaz aylarındaki yağış miktarı uzun süreli ortalamaların altında kalması tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıklara neden olmuştur. İstanbul ve özellikle Ankara gibi bazı büyük kentlerde içme suyu sıkıntısı ve su kesintilerinin yaşanmasına neden olmuştur. Aralık 2006-Ağustos 2007 döneminde oluşan son kuraklık olayları, Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri ile Batı Akdeniz ve Batı-Orta Karadeniz bölümlerinde etkili oldu[3]. Bartın, Zonguldak ve Düzce İlleri için yapılan çalışma sonuçlarına göre; 1980-1999 ve 2000-2015 yılları arasındaki periyotlarda aylık ve yıllık ortalama yağış verilerinde, özellikle yaz aylarında (haziran, temmuz ve ağustos) azalış eğilimi ortaya çıkmıştır. İklim değişikliklerine karşı gerekli önlemler alınmaz ise, iklim değişikliğinin ülkemizdeki doğal ekolojik sistemlerin bileşimini ve üretkenliğini bozması ve biyolojik çeşitliliği azaltması kaçınılmaz olacaktır[4]. Küresel ısınma Türkiye'nin bütün bölgelerini etkilemesine rağmen, yükselti, denizellik gibi coğrafi etkenlere bağlı olarak etkilenme her bölgede aynı oranda değildir. Seyhan havzasında yapılan bir araştırma sonucuna göre; yakın gelecekte yağışın %25 azalacağı, potansiyel evapotransprasyonun %14 artacağı, yer altı su rezervinin %30 azalacağı ve tarımsal su ihtiyacında artış olacağı ortaya konulmuştur[5]. Küresel ısınma değişimi devam ederse, yaz aylarında Türkiye'nin batısındaki sıcaklıklar 5-6 °C, Orta ve Doğu Anadolu ile Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise 3-4 °C yükselecektir. Kış aylarında da sıcaklıklar 2-3 °C yükselecektir. Karadeniz Bölgesi'nde yağışlar %10-20 artış gösterecek, güneyde ise % 30 azalacaktır[6]. 1990'lı yıllarda Doğu Akdeniz ve Türkiye'de, don ve kar yağışlı gün sayılarının azalması[7], sıcak gün ve gece sayılarındaki artış[8], en düşük ve en yüksek hava sıcaklıklarının artması başka bir ifadeyle sıcak hava dalgaları sıklığı ve şiddetinin artması Türkiye'nin küresel ısınma eğiliminde olduğunu göstermektedir[9].

Isıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerjiyi azaltma çalışmaları, konfor şartlarını değiştirmeden kanun ve yönetmeliklerle kademeli olarak başlamıştır. Isıtma ve soğutma amaçlı yüke göre kapasite kontrolü yapan yüksek verimli sistemler yada cihazlar üretilmektedir. Küresel nüfus artış hızı yakıtların yeniden oluşma süresi ile kıyaslandığında çok yüksek olması yakın gelecekte enerji krizlerine neden olacaktır.

Kapalı hacimlerdeki enerji arzının kısıtlamak için alınması gereken tedbirler; ısıtma-soğutma amaçlı enerji tüketimini düşürmek için fertlerin bu konuda bilinçlendirilmesi, izolasyon yapılması, binalarda akıllı bina yönetim sistemleri kullanılması, yoğunlaşma ve kapasite kontrollü ısıtma sistemlerinin teşvik edilmesi, binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması etkili olacaktır [10].

Literatür’de yalıtımsız binalarda SDS değerleri sezonluk ve aylık olarak 25⁰C iç ortam referans sıcaklığına göre verilmekte olup[11], soğutma döneminde geçmişten günümüze Düzce için küresel ısınma miktarı bulunmamaktadır.

Bu araştırmada son otuz iki yıllık dış hava sıcaklığındaki değişime bağlı olarak soğutma döneminde geçmişten günümüze yıllık bazda küresel ısınma miktarı, küresel ısınmaya bağlı SDS değerleri ve on bir farklı iç ortam referans sıcaklığına bağlı olarak soğutma enerjisindeki değişim Düzce ili için ilk defa ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

II. DERECE ZAMAN YÖNTEMLERİNİN AÇIKLANMASI

Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin tüketeceği enerji miktarı dış hava şartlarına bağlıdır. Bu sistemlerin tasarım ve performans simülasyonları hesaplamalarında, geçmişe yönelik en az on yıllık iklim verilerinin kullanılması, sonuçların ileriye dönük enerji tahmininin DZ yöntemiyle daha hassas olarak yapılmasını sağlamaktadır[11]. DZ yöntemleriyle ilgili literatür özeti bu bölümde verilmiştir. Isıtma enerji ihtiyacı ve yakıt tüketimi saatlik hava değişim sayısı, apartmandaki insan sayısı ve şehrin nüfusu ve derece saat gibi temel parametreler kullanılarak İstanbul için yapılan çalışmada; ısıtma periyodu yılın 292. günü 19 Ekim’de başlamakta ve 127 günü 7 Mayıs’ta sona erdiği açıklanmıştır[12]. Türkiye’de en fazla nüfusa sahip beş büyük şehir (İstanbul, Ankara, Adana, Bursa, Konya) için bir binadaki mevsimsel olarak enerji gereksinimi ve yakıt tüketimi derece saat metodu kullanılarak tahmin edilmiştir[13]. Türkiye’de konutsal ısıtmaya yönelik doğal gaz tüketimini belirlemek için ısıtma derece gün yöntemi kullanılan çalışmada; 15⁰C denge sıcaklığı için konutların ısıtılmasında % 100 doğalgaz kullanılması durumunda 2023’ te 14.92 Gm³ doğalgaz ihtiyacının olacağını tahmin edilmiştir[14]. Farklı denge sıcaklıkları temel alınarak Türkiyenin derece gün haritaları çıkartılmıştır[15]. Başlangıçta aylık verilere dayalı yıllık bazda yağmur indeksi hesaplanarak Türkiye’nin yağmur haritası oluşturulmuş, daha sonra nüfus ağırlıklı derece gün değerleri oluşturulmuştur. Ayrıca yağmur indeksi ve nüfus ağırlıklı ısıtma derece gün değerleri, üç iklim bölgesi olarak belirlenmiştir[16]. Enerji üretim, tüketim tahmini ve modellenmesi devletlerin yakın, orta ve daha sonraki vadede enerjiye olan arzın tespiti ve bu konuda yapılacak işletme planları için önem arz etmektedir. Kısa vadeli (aylık, günlük, saatlik) enerji tahmini imalatın planlanmasında ve enerji arzı sentezinde de giriş parametresidir[17]. Herhangi bir zaman, iki zaman dilimi, ay arasında ve sezonluk olarak kapalı hacimlerde ısıtma ve soğutma amaçlı enerji talepleri Derece Zaman (DZ) metotlarıyla tahmin edilmektedir[18]. DZ metotlarıyla kapalı hacimlerin; ısıtma ve soğutma amaçlı enerji talepleri, il bazında ısıtma-soğutma sezonlarının hangi aylarda başlayıp biteceği, ulusal, bölgesel, il bazında doğalgaz taşıma boru hattı çapları ve güzergahları belirlenebilmektedir. Ayrıca ülke bazında ısıtma

soğutma sistemlerindeki toplam yakıt tüketimi, bina dış duvarlarında ve borularda yalıtım malzemesi cinsine göre optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmaktadır[19]. Derece zaman yöntemiyle ilgili literatürde üç farklı (bin, derece gün, derece saat yöntemi) statik yöntem ve binanın dinamik davranışına göre yapılan hesaplamalarda kullanılan dinamik yöntemler mevcuttur[20]. Bu çalışmada hesaplama sonuçları için hassas olan Derece Saat (DS) yöntemi kullanılarak Düzce ili soğutma sezonunun başlangıç ve bitişini veren dış sıcaklık dağılımı, farklı iç ortam referans sıcaklıklarına göre soğutma sezonundaki her ay için SDS'leri, ilk defa yalıtımsız konutlarda ortam sıcaklığının soğutma enerji talebine etkisi ve soğutma dönemindeki yıllara göre küresel ısınma periyodu Düzce için ayrıntılı olarak literatüre kazandırılmıştır.

A. DERECE SAAT METODU

Kapalı hacimlerde saatlik bazda ısıtma ve soğutmaya yönelik enerji ihtiyacı, Derece Saat (DS) yöntemi ile tahmin edilebilmektedir. DS metodunda, en az on yıl geçmişe yönelik yıllık 8760 saatlik dış hava kuru termometre sıcaklıkları çok önemli parametrelerdir. Bu metotta, kapalı hacimlerin enerji arzı referans alınan iç ortam referans sıcaklığı (İORS) ve dış ortam referans sıcaklığı (DORS) (yalıtımsız binalarda 15⁰C, yalıtımlı binalarda 18⁰C) arasındaki farkın düşük olduğu saatlere göre hesaplamalar yapılmaktadır[20].

Soğutma derece saat (SDS) değerleri Eşitlik 1'den, Soğutma enerjisi gereksinimi (Q_s), kWh olarak Denklem 2'den hesaplanabilir[20].

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

T_{DORS} : Saatlik İORS [°C]

$T_{İORS}$: Saatlik DORS [°C]

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

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

Q_s : Soğutma enerji talebi [kWh]

K_{top} : Binanın toplam ısı transfer katsayısı [W/m²°C]

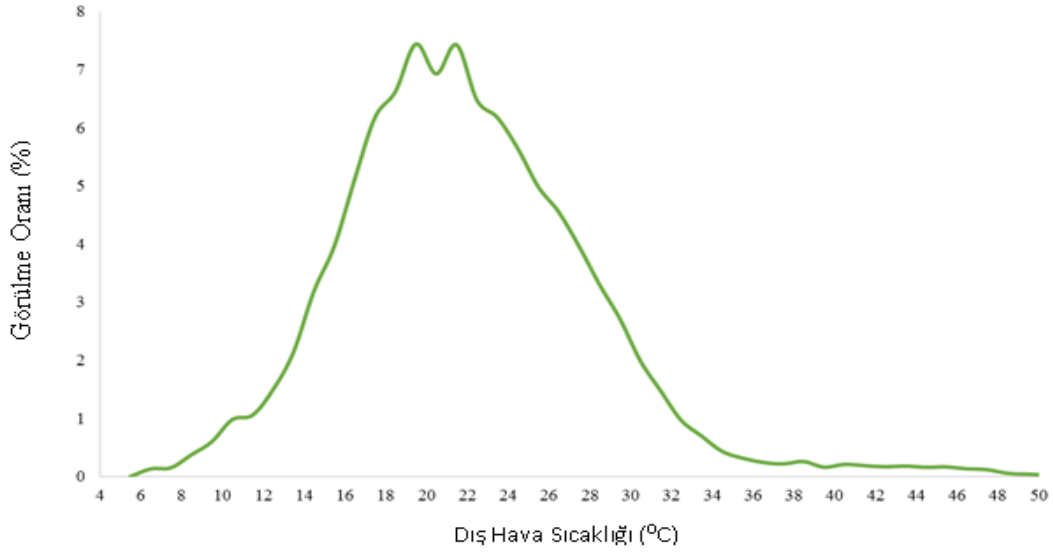
COP : Binada kullanılan soğutma sisteminin etkinlik katsayısı

III. HESAPLAMA METODU VE SENTEZ

Bu çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığında Düzce için kayıt altına alınan son 32 senelik dış hava sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu veriler, geliştirilen visual basic tabanlı programa aktarılmıştır. Bu programla Düzce'nin soğutma dönemindeki aylar için analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre en yüksek, en düşük sıcaklıklar ve ikisi arasında tespit edilen sıcaklıkların toplamdaki (8760 saat) yüzde olarak sayısı 1°C farkla hesaplanmaktadır. Ek olarak on iki ayın ortalaması alınarak yıllık sıcaklık dağılıma göre Düzce ilinin soğutma dönemindeki SDS değerleri her ay için ve sezonluk olarak belirlenmiştir.

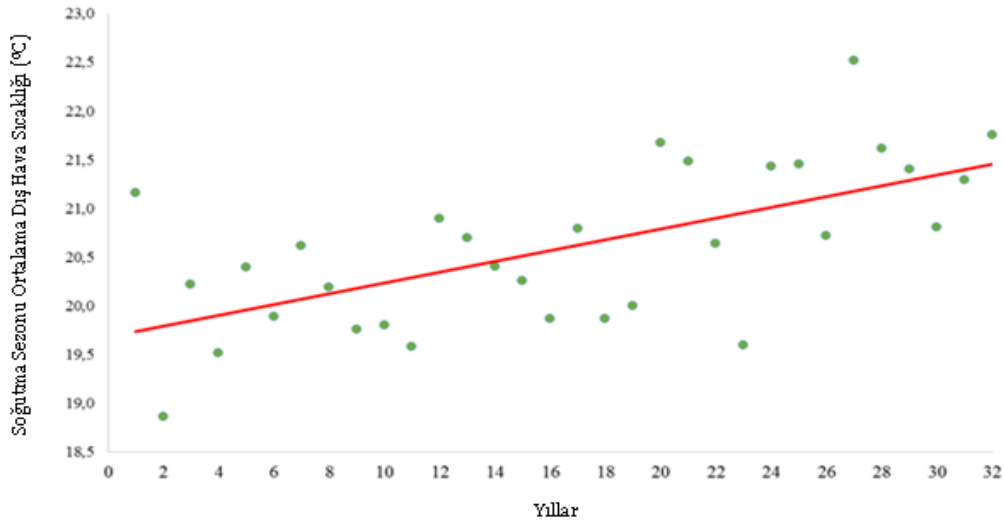
A. DÜZCE İLİ SOĞUTMA SEZONUNDAKI DIŞ SICAKLIK DAĞILIMI

Düzce'nin SDS değerleri soğutma sezonundaki her ay için dış sıcaklık dağılımları tespit edilmiştir. Soğutma sezonu dış hava sıcaklık dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Bu şekilde düşey eksen yıllık (bir yıldaki saat 8760 saat) görülme oranını, yatay eksen dış hava sıcaklığını göstermektedir.



Şekil.1 Düzce için soğutma sezonu dış hava sıcaklık dağılımı

Şekil 2'de son 32 yıllık soğutma sezonundaki dış sıcaklık dağılımı verilmiştir. Dağılıma göre soğutma dönemi ortalama dış hava sıcaklık değeri 19.68°C değerinden 21.46°C değerine yükselmiştir. Soğutma dönemi için sıcaklık artışı oldukça yüksek bir seviyede olup 1.78°C olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Soğutma sezonu için yıllara bağlı ortalama sıcaklık değişimi

B. DÜZCE İLİ SDS DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Düzce meteorolojik veri seti ve geliştirilen yazılımla On bir farklı (18-28°C) iç ortam referans sıcaklığına göre SDS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Bu tabloda soğutma sezonunun mayıs ayında başlayıp ekim ayında sona erdiği, onbir farklı (18-28°C) İORS’na göre mevsimlik toplam SDS değerleri, aylık bazda SDS değerleri sezonluk SDS değerlerine göre oranları verilmiştir. Bu yakınsama, Düzce ilinde klima kullanan bireylerin iç ortam sıcaklığına bağlı ödeyeceği elektrik faturası konusunda bilinçlendirilmesini sağlayacaktır. Bu tablonun daha iyi anlaşılabilmesi için Tablo 2 türetilmiştir. Tablo 2’nin birinci sütununda referans alınacak iç ortam sıcaklığı (RİOS), son sütunda SDS değerleri, diğer sütunlar ise değiştirilmesi istenen iç ortam referans sıcaklığı (DİİOS) verilmiştir.

Tablo 1. Aylık ve mevsimlik bazda SDS değerleri

DÜZCE							
RİOS [°C]	Soğutma Sezonundaki Ayların SDS Değerleri						Sezonluk SDS
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
18	521	2293	3324	3213	1597	521	11470
19	395	1871	2764	2659	1262	395	9346
20	294	1505	2258	2165	982	294	7497
21	213	1192	1812	1735	749	213	5914
22	151	928	1429	1366	560	151	4585
23	105	708	1105	1054	408	105	3485
24	71	529	835	794	289	71	2589
25	46	385	614	581	200	46	1872
26	29	272	439	411	134	29	1314
27	18	186	303	280	87	18	892
28	11	122	201	183	54	11	582

Tablo 2. RİOS’na göre SDS değerinin yüzde olarak değişimi

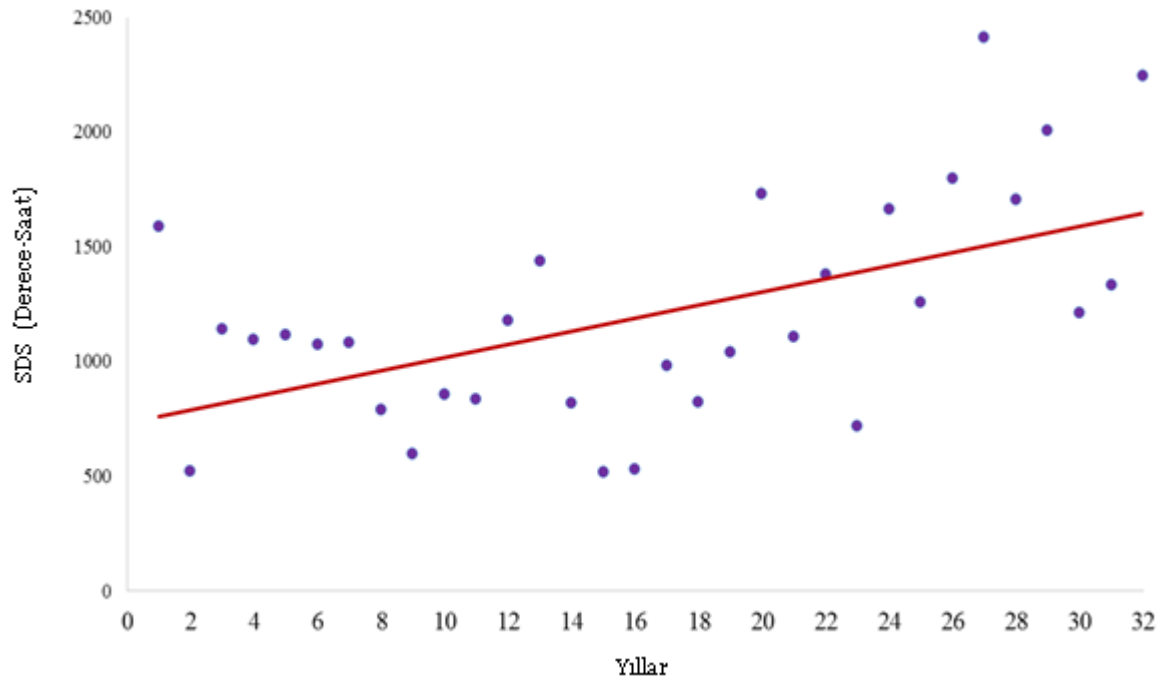
DÜZCE												
RİOS [°C]	DİİOS [°C]											SDS [DS]
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
18	0,0	-22,7	-53,0	-93,9	-150,2	-229,1	-343,0	-512,7	-772,9	-1185,9	-1870,8	11470
19	18,5	0,0	-24,7	-58,0	-103,8	-168,2	-261,0	-399,3	-611,3	-947,8	-1505,8	9346
20	34,6	19,8	0,0	-26,8	-63,5	-115,1	-189,6	-300,5	-470,5	-740,5	-1188,1	7497
21	48,4	36,7	21,1	0,0	-29,0	-69,7	-128,4	-215,9	-350,1	-563,0	-916,2	5914
22	60,0	50,9	38,8	22,5	0,0	-31,6	-77,1	-144,9	-248,9	-414,0	-687,8	4585
23	69,6	62,7	53,5	41,1	24,0	0,0	-34,6	-86,2	-165,2	-290,7	-498,8	3485
24	77,4	72,3	65,5	56,2	43,5	25,7	0,0	-38,3	-97,0	-190,2	-344,8	2589
25	83,7	80,0	75,0	68,3	59,2	46,3	27,7	0,0	-42,5	-109,9	-221,6	1872
26	88,5	85,9	82,5	77,8	71,3	62,3	49,2	29,8	0,0	-47,3	-125,8	1314
27	92,2	90,5	88,1	84,9	80,5	74,4	65,5	52,4	32,1	0,0	-53,3	892
28	94,9	93,8	92,2	90,2	87,3	83,3	77,5	68,9	55,7	34,8	0,0	582

Tablo2’de Düzce SDS değerlerine göre iç ortam sıcaklığındaki $\pm 1^{\circ}\text{C}$ farkın soğutma enerjisine oransal olarak etkisi görülmektedir. Tabloda; RİOS ile DİİOS’in aynı sütun ve satırdaki rakamlarının kesiştiği kısmın sıfır olduğu görülmektedir. 0.0 değerinin sağ ve sol kısmında enerji talebindeki azalma ve yükselme oransal olarak görülmektedir. Mevcut İORS’na göre alınacak sıcaklık büyük seçildiğinde oransal değişimin negatif sayı olarak düştüğü, İORS’na göre alınacak sıcaklık küçük seçildiğinde değişimin yüzdesel olarak yükseldiği pozitif sayı olarak görülmektedir.

Soğutma döneminde DİİOS’lığı 24°C ’den RİOS 27°C ’ye yükseltildiğinde % 190.2 enerji ihtiyacının düştüğü, 24°C ’den 21°C ’ye düşürüldüğünde % 56.2 enerji ihtiyacının yükseleceği Tablo 2’de belirtilmiştir. Bu tabloya göre soğutma sezonunda Düzce’de RİOS 24°C ve daha yüksek olması halinde soğutma amaçlı yüzdelik enerji tasarrufu artışı çok önem arz etmektedir.

C. SDS DEĞERİNDEKİ TRENDİN TESPİTİ

Düzce ili için 32 yıllık dış sıcaklık dağılımı incelenerek yıllara bağlı SDS değerlerindeki değişim Şekil 2’de verilmiştir. Düzce ili soğutma sezonu için son otuz iki yıllık ortalama dış hava sıcaklık artışı 1.78°C olarak gerçekleşmesi SDS değerini 915 DS artırmıştır. Bu artış 32 yıl önceki ortalama düşünüldüğünde %125 anlamına gelmektedir. Bu artış yıllık bağlamda %3.9 bir artışa tekabül etmektedir.



Şekil 3. SDS değerinin yıllara bağlı değişimi

IV. SONUÇ

Bu çalışmada Düzce için soğutma dönemine ait otuz iki yıl önceki ortalama dış hava sıcaklığı 19.68°C ’den otuz iki yıl sonra 21.46°C ’ye yükselmesi bu ilin küresel olarak ortalama dış hava sıcaklığının 1.78°C arttığının göstergesidir. Bu artış baz alınarak on bir farklı RİOS’na göre soğutma

sezonundaki her ay için ayrı ayrı ve sezonluk SDS değerleri hesaplanmıştır. RİOS 24⁰C'den 2⁰C küçük (22⁰C) seçildiğinde soğutma sisteminin tüketeceği enerji ihtiyacının % 43.5 artacağı. 2⁰C büyük (26⁰C) seçildiğinde soğutma sisteminin tüketeceği enerji ihtiyacının % 97 azalacağı literatüre Düzce için ilk defa literatüre kazandırılmıştır. Ayrıca yıllık ortalama dış hava sıcaklığının 1.78⁰C artması her yıl SDS değerini 28.593 DS artırarak otuz iki yıl sonunda SDS değerinin 915 DS artırmakta olduğu da ilk defa literatüre kazandırılmıştır.

V. KAYNAKLAR

- [1] M. Turkes, “Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey,” *International Journal of Climatology*, vol.16, no. 9, pp.1057-1076, 1996.
- [2] M. Turkes, “Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey,” *International Journal of Climatology*, vol.18, no.6, pp. 649–680, 1998.
- [3] M. Türkes, “İnsanın küresel iklim üzerindeki etkileri, gözlenen ve öngörülen iklim değişkenliği ve değişiklikleri ile sonuçları,” *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 2007, ss. 55-62, 2007.
- [4] I. Bolat, O. Kaya, E. Tok, “Global Warming and Climate Change: A Practical Study on Bartın. Zonguldak and Düzce,” *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, vol.20. no.1, pp.116-127, 2018.
- [5] R. Kanber, B. Kapur, M. Ünlü, S. Tekin ve D.L. Koç, “İklim değişiminin tarımsal üretim sistemleri üzerine etkisinin değerlendirilmesine yönelik yeni bir yaklaşım,” *ICCAP Projesi TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, İstanbul, ss.83-94, 2007..
- [6] Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, (26 Eylül 2018). [Online] Erişim: https://climatechange.boun.edu.tr/?page_id=1633
- [7] E. Erlat, M. Turkes, “Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010,” *International Journal of Climatology*, vol.32. no.12, pp. 1889–189, 2012.
- [8] E. Erlat, M. Turkes, “Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey,” *International Journal of Climatology*, vol.33, no.8, pp. 1898 – 1908, 2013.
- [9] M. Turkes, U.M. Sumer ,and D. Demir, “Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999,” *International Journal of Climatology*, vol.22, no.8, pp. 947-977.
- [10] C. Coşkun, Z. Oktay, M. Ertürk, “ Konutların ısıtma sezonunda seçilen iç ortama sıcaklık parameteresinin enerji-maliyet-çevre açısından değerlendirilmesi ve bir uygulama örneği”, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye*, 2009, ss, 529-538.
- [11] O. Büyükalaca, H. Bulut, T. Yılmaz, “ Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey” *Applied Energy*, vol.69, no.4, pp. 269-283, 2001.
- [12] A. Durmazayaz, M. Kadioğlu and Z. Şen, “An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul” *Energy*, vol.25, no.12, pp.1245-1256, 2000.

- [13] A. Durmayaz, M. Kadioğlu, "Heating Energy Requirements and Fuel Consumptions in The Biggest City Centers of Turkey," *Energy Conversion and Management*, vol. 44, no. 7, pp. 1177-1192, 2003.
- [14] H. Sarak, A. Satman, "The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: a case study," *Energy*, vol. 28, no.9, pp. 929-939, 2003.
- [15] A. Dombayci, "Degree-days maps of Turkey for various base temperatures," *Energy*, vol.34, no.1, pp.1807-1812, 2009.
- [16] N. Sahal, "Proposed approach for defining climate regions for Turkey based on annual driving rain index and heating degree-days for building envelope design," *Building and Environment*, vol. 41, no.4, pp. 520–526, 2006.
- [17] N. Nakicenovic, A. Gröbler, A. McDonald, *Global Energy Perspectives*, 1st., vol.7, Cambridge, Britain: Cambridge University Press, 1998, pp.141-23.
- [18] M. Ertürk, "Isıtma ve soğutma derece saat hesaplamalarında farklı bir yöntemin araştırılması ve geliştirilmesi", Doktora Tezi, Makina Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Türkiye, 2012.
- [19] A. Durmayaz, M. Kadioğlu, "Heating Energy Requirements and Fuel Consumptions in The Biggest City Centers of Turkey", *Energy Conversion and Management*, vol. 44, no.7, pp. 1177-1192, 2003.
- [20] O. Büyükcalaca, H. Bulut, "Detailed weather data for the provinces covered by the Southeastern Anatolia Project(GAP) of Turkey", *Applied Energy*, vol. 7, no.2, pp.187–204, 2003.