



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

## Enlem-Rakım-Boylam İlişkisinin Soğutma Yüküne Etkisinin Ege Bölgesi İlleri İçin Araştırılması

Sinan TUNA, Kemal ERMİŞ<sup>b</sup>, Mustafa ERTÜRK<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Lisansüstü Eğitim Ens., Teknoloji Fak., Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni., Sakarya, TÜRKİYE  
<sup>b</sup> Makina Mühendisliği Böl., Teknoloji Fak., Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni., Sakarya, TÜRKİYE  
\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: sinantuna98@hotmail.com

DOI:10.29130/dubited.1095493

### Öz

Konutların enerji ihtiyacını tahmin etmek, iklimlendirmeye bağlı uygulamalarda talep edilen enerjinin karşılanması ve gerekli konfor şartlarının sağlanabilmesi adına gerçekleştirilecek hesaplarda en pratik yollardan birisi derece saat yöntemidir. Ege Bölgesine ait olan bu çalışmada; bölgede bulunan Afyon, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Uşak ve Muğla illerinin farklı İç Ortam Referans Sıcaklığına (İORS) göre Soğutma Derece Saat (SDS) değerleri üzerine rakım, enlem ve boylam etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; SDS değerlerinin İzmir ve Afyon illeri hariç rakımla ters orantılı olduğu saptanmıştır. Rakım arttıkça SDS değerleri düşmektedir. İzmir ve Afyon illerinde bu orantıdan sapmalar söz konusudur. Ayrıca SDS-rakım grafiğinin ters orantı içerisinde olduğunu gösteren doğru denklemi Origin 2019 yazılımıyla elde edilmiştir. Bu doğrunun 18 °C, 22 °C ve 26 °C referans sıcaklıkları için ayrı ayrı determinasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarına göre determinasyon katsayıları sırasıyla 0,9291, 0,9219 ve 0,8612 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Soğutma derece saat, Rakım, Boylam, Enlem, Enerji ihtiyacı

## Research of the effect of the Latitude-Altitude-Longitude relationship on the Cooling Load for the Aegean Region

### ABSTRACT

One of the most practical ways of estimating the energy needs of houses, meeting the demanded energy in air-conditioning applications, and providing the necessary comfort conditions is the degree hour method. In this study, which belongs to the Aegean Region; the effects of altitude, latitude, and longitude on the Cooling Degree hour (SDS) values of Afyon, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, and Uşak provinces in the region according to different Indoor Reference Temperature (İORS) were investigated. According to the results of the research, SDS values were found to be inversely proportional to altitude, except for İzmir and Afyon provinces. SDS values decrease as the altitude increases. There are deviations from this ratio in İzmir and Afyon provinces. In addition, the line equation showing that the SDS-altitude graph is in inverse proportion was obtained with the Origin 2019 software. The determination coefficients of this line were calculated separately for the reference temperatures of 18 °C, 22 °C, and 26 °C. According to the calculation results, the determination coefficients were found to be 0.9291, 0.9219, and 0.8612, respectively.

**Keywords:** Cooling degree hour, Latitude, Longitude, Altitude Energy needs

# I.GİRİŞ

Soğutma ve iklimlendirme projeleri tasarımında maksimum verime ulaşmak için dış hava verileri önemli parametreleri oluşturmaktadır [1]. Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarım, performans simülasyonları yapılırken rastgele seçilen aylar ve yıllar yerine performansın maksimum düzeyde istenilen dönemleri için uzunca ve geniş aralıklarla iklim bilgilerinin girilmesi ileriye dönük daha gerçekçi ve spesifik sonuçlar alınmasına imkân sağlar. Bu sebeple enerji analizleri için farklı ve geniş kapsamlı iklim verileri dikkate alınmalıdır [2], [3], [4]. Çalışmanın yapılacağı şartlardaki iklim verilerinin doğruluğu ve ulaşılabilir olması, çalışmanın güvenilirliği ve enerji verimi açısından oldukça yüksek öneme sahiptir. Değişik enerji analizleri ve çalışmanın özgün olarak kabul görebilmesi için farklı iklim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır [5]. Enerji üretim, tüketim tahminleri ve planlaması ülkelerin kısa, orta, uzun dönem enerji planlaması ve tesis yatırımları için çok önem arz etmektedir [6]. Derece zaman değerleri ısıtma-soğutma enerji gereksiniminden, optimum izolasyon kalınlığının tespitine kadar birçok alanda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında derece saat değerleri sezonluk olarak (ısıtma veya soğutma) farklı iç ortam referans sıcaklıklarında hem Türkiye hem de dünyanın birçok ülkesi için verilmiştir.[7], [8], [9], [10]. Sıcak iklim bölgesinde bulunan Antalya ili için güneş radyasyonu etkisini de hesaba katarak ısıtma ve soğutma yüklerine göre optimum yalıtım kalınlıklarını, ısıtma ve soğutma yükleri belirli bir denge sıcaklığında derece saat yöntemine göre hesaplanmıştır [11]. Balıkesir ili için on bir farklı iç ortam sıcaklığına göre IDS değerleri hesaplanıp ısıtma ihtiyacının karşılanmasında en yaygın biçimde kullanılan üç yakıt tipi göz önüne alınarak biri yalıtımlı diğeri yalıtımsız olmak üzere iki bina incelemeye tabi tutmuşlardır. İç ortam sıcaklığının 22°C' den 21°C' ye düşürülmesi ile toplamda enerji, maliyet ve emisyon açısından %7'lik bir azalma olabileceği hesaplanmıştır [12]. Binalarda ısıtma enerji ihtiyacı bir bölge için güvenilir meteoroloji kayıtlarıyla ve temel insan konforu şartlarına göre derece saat yöntemlerine göre İstanbul'un enerji ihtiyacı ve yakıt tüketimini pratik olarak detaylı enerji ihtiyacını tahmin edilmiştir [13]. Bu tahmin metodunun dünyanın her bir boşluğu için ender uygulamalarda kolaylıkla kullanılabileceğini açıklamışlardır. Konutların enerji ihtiyacını karşılama ve insanların konfor şartları altında yaşayabilmesi adına yapılan analizlerin temelini iklim verileri oluşturur. Konfor şartlarını sağlamak için gerekli enerji analizleri ancak iklim verileri ışığında gerçek değerlere yakınsar. Derece zaman değerleri iklim verileri kullanılarak elde edilir. Buna bağlı olarak yaşam alanlarının soğutma, iklimlendirme amaçlı saatlik, aylık, sezonluk ve yıllık enerji gereksinimi, gerekli konfor şartı verileri hesaplanabilmektedir [14]. Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin (Kocaeli, Yalova, Çanakkale, İstanbul, Sakarya, Balıkesir, Kırklareli, Bursa, Bilecik, Tekirdağ, Edirne) ısıtma derece saat (IDS) ve soğutma derece saat (SDS) değerleri baz alınarak enlem, boylam ve rakım ilişkisi nümerik yöntemlerle analiz edilmiştir [15]. Gelecek 10, 20 ve 30 yıl sonraki küresel ısınmaya bağlı ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimi Karabük ili için tahmin edilmiştir [16].Termal sistem tasarımında kullanılan meteorolojik verilerin tüm Türkiye'yi temsil edecek şekilde elli il için tahmini yapılmıştır [17]. Türkiye için nem, sıcaklık, güneş radyasyonu haritaları oluşturulmuştur. Bu haritaların Meteoroloji Genel Müdürlüğü haritalarıyla uyumlu olduğu açıklanmıştır [18]. Isıtma derece-gün değeri yöntemi kullanılarak yalıtım kalınlığının ekonomik analizi için yapay sinir ağları yöntemiyle literatüre farklı bir yaklaşım sunmuşlardır [19].

Bu çalışmada, Ege bölgesindeki illerin soğutma derece saat değerlerine meteorolojik verilerin etkisinin incelenmesi adına rakım, enlem ve boylam ilişkisi araştırılmıştır. Origin (2019) yazılım programı yardımıyla yapılan çalışmada nümerik modelleme yapılmıştır. Yapılan nümerik modelleme yönteminde sonuçların yakınsaması ve uzaksamasına neden olan etkenler incelenerek sonuçlar ortaya koyulmuştur.

Bu makalenin diğer çalışmalardan farkı;

- I. Ege Bölgesindeki soğutma sezonundaki ayların SDS değerleri oransal olarak değil her ay için sayısal değer olarak verilmiştir.

- II. On bir farklı iç ortam referans sıcaklığına bağlı SDS değerlerinin değişimi 11 il için toplu olarak bir grafik halinde verilmiştir.
- III. Literatürde Ege Bölgesi Enlem-Rakım-Boylam İlişkisinin Soğutma Yüküne Etkisi konusunda bir çalışma yoktur.
- IV. Literatürde rakım arttıkça SDS değerleri artış eğiliminde olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada bu teoriye aykırı olan Afyon ve İzmir illeri için durum tespiti yapılmıştır.
- V. Literatürde Akdeniz bölgesi SDS değerleri rakım ilişkisinde denklemin uygunluğunu veren belirleme katsayısı  $R^2$  değeri 0,59 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada  $R^2$  değeri 0,86 olarak bulunmuştur.

## A. MATERYAL VE YÖNTEM

Seksen bir il için 2012 yılında yapılan bir çalışmada, her il için on bir farklı iç ortam sıcaklığına göre aylık ve toplam sezonluk olarak dış sıcaklık dağılımının ortalama değerleri hesaplanmıştır [20]. Bu çalışmada Ege bölgesindeki illerin derece saat değerlerine enlem, boylam ve rakım ilişkisi Origin 2019 yazılımı yardımıyla analiz edilip matematiksel olarak modellenmiştir. Matematik modelleme esnasında hedeflenen sonuçtan sapmaya sebep olan faktörler incelenmiştir.

### A.1. Derece Zaman Yöntemi

Derece zaman yöntemi; konutların ve iklimlendirme sistemlerinin soğutma yükleri hesaplanmasında, her il için ayrı ayrı soğutma sezonları belirlenmesinde, iklimlendirme sistemleri için boru hatları boyutlandırılmasında, konutların veya illerin soğutma amaçlı enerji gereksinimi hesaplanmasında, tarım faaliyetlerinin yüksek verimde gerçekleşeceği dönemin belirlenmesinde, hangi ürünün nasıl ve nerede yetiştirileceğinin belirlenmesinde, toprak kirliliğine karşı mücadelenin hangi günlerde olacağı tahmin edilmesinde ve gübreleme dönemlerinin tayininde kullanılmaktadır [20]. Literatürde derece zaman yöntemi; bin, derece-gün veya derece saat yöntemi olarak da tanımlanmaktadır. Derece gün ve bin metotları, yerini saatlik simülasyon hesaplarına bırakmakta ve saatlik hassas iklim verileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada derece saat yöntemi kullanılmış olup yöntem detaylı olarak açıklanmıştır.

### A.2. Derece Saat Yöntemi

Derece saat yönteminde, öncelikle belirli bir denge noktasına göre derece saat değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun içinde bir yıl içerisinde toplam 8760 saatlik ölçüm değerlerinin olması gerekir. Denge noktası sıcaklığı, bir binada ısıtmaya veya soğutmaya ihtiyaç duyulmadığı durumdaki dış ortam sıcaklığıdır. Enerji hesaplamaları, dış ortam sıcaklığının, denge sıcaklığından daha düşük olduğu sürelerde gerçekleştirilir. Yalıtımsız binalarda derece saat değerleri; ısıtma amaçlı 18 °C, soğutma amaçlı 22 °C denge sıcaklığı için hesaplanır [5].

.

### A.3. Soğutma Derece Saat (SDS) Yöntemi

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 fark ile orantılı olduğu kabul edilir. SDS yönteminde, en az on yıl geçmişe yönelik yıllık 8760 saatlik ortalama ölçüm değerlerinin olması gereklidir [3]. Denge noktası sıcaklığı, bir binada soğutmaya ihtiyaç duyulmadığı durumdaki dış ortam sıcaklığıdır[1]. Genelde, yalıtımsız bir bina için derece saat değerleri soğutmada Dış Ortam Referans Sıcaklığı (DORS) 25 °C için hesaplanır. SDS hesaplamaları için Eşitlik 1 kullanılmıştır [21].

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

Burada; M Soğutma dönemindeki toplam gün sayısıdır. Soğutma gerektirmeyen günler bu sayılara dahil edilmemektedir. Eşitlikte ayraçın üstündeki + sembolü hesaplamalarda yalnızca pozitif sayıların dikkate alınacağını ifade etmektedir.  $T_{DORS}$  saatlik dış ortam referans sıcaklığı (°C),  $T_{İORS}$  saatlik iç ortam referans sıcaklığı (İORS) göstermektedir. Soğutma enerjisi gereksinimi (QS) Eşitlik 2'den hesaplanabilir [1].

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

Burada; QS Soğutma enerjisi gereksinimi (kWh),  $K_{top}$  Binanın toplam ısı transfer katsayısı ( $W/m^2$ ), COP Binada kullanılan soğutma sisteminin etkinlik katsayısını göstermektedir.

Derece gün yöntemine benzer olarak, derece saat yönteminde de bir binanın soğutulması için gerekli olan enerjinin, dış ortam sıcaklığı ve denge noktası sıcaklığı arasındaki farkla doğru orantılı olduğu kabul edilir. Böylelikle binaların soğutulması için gerekli enerji, kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Eşitlik 1'de denge noktası sıcaklığı ile dış ortam sıcaklık farkı saatlik olarak SDS değerleri hesaplanmaktadır [20].

## **II. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **B. EGE BÖLGESİNDEKİ SEKİZ İLİN FARKLI İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE SOĞUTMA DERECE SAAT DEĞERLERİ**

Ege bölgesindeki iller için on bir farklı iç ortam referans sıcaklığına göre soğutma derece saat değerleri sezonlardaki aylara göre ve toplam sezonluk olarak Tablolar halinde verilmiştir. Bu Tablolardaki hesaplamalar, bölgedeki tüm binaların yalıtımsız olduğu varsayılarak, 22 °C dış ortam sıcaklığının üstündeki dış hava sıcaklıkları temel alınarak soğutma derece saat değerleri hesaplanmıştır. Ege bölgesindeki tüm illerde soğutma sezonu Mayıs ayında başlayıp Ekim ayında sona erdiği, aylık ve sezonluk on bir farklı İç Ortam Referans Sıcaklığında (İORS) ayrıntılı SDS değerleri 8 il için Tablo 1'den 8'e kadar verilmiştir.

Bu Tablolarda soğutma sezonundaki her ay için SDS değeri sezonluk SDS değerine göre oransal olarak verilmiştir. Bu Tabloların kullanımıyla ilgili açıklama Tablo 1'deki Afyon ili için açıklanmıştır. Afyon ili için on bir farklı İORS'na göre en yüksek SDS değerinin Ağustos ayında, en düşük SDS değerinin Ekim ayında olacağı görülmektedir.

Tablo 1'de 24 °C İORS'na göre sezonluk SDS değeri 3430 derece saat olarak görülmektedir. Soğutma sezonundaki her ay için SDS değeri de Denklem 3'te verilmiştir.

$$SDS_{Aylık} = SDS_{Sezonluk} \times SDS_{oransal} \quad (3)$$

Burada;  $SDS_{Aylık}$  Soğutma dönemi aylık SDS değerini,  $SDS_{Sezonluk}$  Sezonluk SDS değerini ve  $SDS_{oransal}$  Oransal aylık SDS değerini göstermektedir.

Örnek olarak; 24°C İORS'na göre Ağustos ayı SDS değeri Denklem (3) ile hesaplanarak aşağıda verilmiştir.

Ağustos ayı SDS değeri:  $(3430 \times 0,418) = 1391,94$  (°C -saat)

Ekim ayı SDS değeri :  $(3430 \times 1,3) = 44,59$  (°C-saat) olarak en yüksek ve en düşük SDS değerleri Afyon ili 24 °C sıcaklık için bulunmaktadır.

**Tablo 1.** Afyon İlinin Soğutma Sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

AFYON							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdeler (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	6,2	15,9	27,4	33,4	13,4	3,7	12410
19	5,6	15,5	28,0	34,6	13,0	3,3	10388
20	5,0	15,1	28,6	35,9	12,6	2,9	8588
21	4,3	14,6	29,3	37,2	12,1	2,5	7004
22	3,7	14,0	30,1	38,6	11,5	2,1	5626
23	3,1	13,3	30,9	40,1	10,8	1,7	4439
24	2,5	12,5	31,8	41,8	10,0	1,3	3430
25	2,0	11,6	32,8	43,5	9,1	1,0	2582
26	1,5	10,5	34,0	45,2	8,1	0,7	1887
27	1,1	9,3	35,2	47,0	6,9	0,4	1332
28	0,8	8,1	36,5	48,7	5,7	0,2	901

**Tablo 2.** Aydın ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

AYDIN							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdeler (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	9,8	20,0	25,7	23,4	14,6	6,5	27986
19	9,4	20,1	26,4	23,7	14,3	6,1	24601
20	8,9	20,2	27,1	24,1	14,1	5,6	21430
21	8,5	20,3	27,7	24,4	13,8	5,2	18501
22	8,0	20,5	28,4	24,7	13,6	4,8	15833
23	7,5	20,6	29,2	25,1	13,3	4,3	13429
24	7,0	20,7	30,0	25,5	13,0	3,8	11278
25	6,4	20,8	30,9	25,9	12,6	3,3	9365
26	5,8	20,8	31,9	26,4	12,2	2,9	7679
27	5,2	20,8	33,1	26,9	11,6	2,4	6199
28	4,5	20,8	34,4	27,5	10,8	2,0	4907

**Tablo 3.** Denizli ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

DENİZLİ							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdeler (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	0,8	21,1	29,3	27,7	15,6	5,4	22772
19	0,6	21,0	30,0	28,2	15,2	4,9	19882
20	0,4	21,0	30,8	28,8	14,7	4,4	17181
21	0,3	20,9	31,5	29,2	14,2	3,9	14686
22	0,2	20,8	32,2	29,7	13,7	3,4	12415
23	0,1	20,6	32,9	30,2	13,2	3,0	10372
24	0,1	20,5	33,7	30,7	12,6	2,5	8559
25	0,0	20,2	34,6	31,2	11,9	2,1	6966
26	0,0	19,9	35,5	31,8	11,2	1,7	5584
27	0,0	19,5	36,5	32,4	10,3	1,3	4398
28	0,0	19,0	37,7	33,0	9,3	1,0	3392

**Tablo 4.** İzmir ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

İZMİR							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdelik dağılımı (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	8,8	19,7	25,9	24,6	15,0	5,9	27555
19	8,2	19,9	26,8	25,4	14,5	5,2	23918
20	7,5	20,0	27,9	26,1	14,0	4,5	20474
21	6,9	20,0	28,9	26,9	13,4	3,9	17256
22	6,2	20,1	30,1	27,7	12,7	3,9	14296
23	5,5	20,1	31,2	28,4	12,0	3,9	11621
24	4,9	20,1	32,4	29,2	11,2	3,9	9255
25	4,2	20,0	33,7	29,9	10,4	3,9	7211
26	3,6	19,9	35,0	30,6	9,5	3,9	5489
27	3,0	19,7	36,4	31,3	8,5	3,9	4072
28	2,4	19,4	37,9	31,9	7,5	3,9	2929

**Tablo 5.** Manisa ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

MANİSA							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdelik dağılımı (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	9,1	19,8	26,2	25,0	14,6	5,3	27648
19	8,6	19,9	27,0	25,5	14,2	4,8	24263
20	8,1	20,0	27,7	26,1	13,8	4,3	21074
21	7,6	20,0	28,5	26,6	13,4	3,8	18100
22	7,2	20,1	29,2	27,1	13,0	3,4	15363
23	6,7	20,2	30,0	27,7	12,5	3,0	12882
24	6,1	20,3	30,7	28,2	12,1	2,6	10662
25	5,6	20,3	31,6	28,7	11,5	2,2	8706
26	5,0	20,4	32,6	29,3	10,9	1,8	7013
27	4,4	20,3	33,6	29,9	10,2	1,5	5562
28	3,8	20,2	34,8	30,6	9,4	1,1	4330

**Tablo 6.** Muğla ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

MUĞLA							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdelik dağılımı (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	7,2	18,0	27,9	26,8	14,9	5,1	21742
19	6,7	17,9	28,7	27,4	14,6	4,7	18793
20	6,2	17,8	29,4	28,0	14,3	4,3	16065
21	5,8	17,6	30,2	28,6	14,0	3,9	13575
22	5,3	17,4	31,0	29,2	13,6	3,5	11337
23	4,7	17,2	31,8	29,9	13,3	3,0	9348
24	4,2	16,9	32,8	30,7	12,8	2,6	7602
25	3,6	16,6	33,8	31,5	12,2	2,2	6088
26	3,1	16,1	35,0	32,5	11,5	1,8	4793
27	2,6	15,5	36,4	33,5	10,6	1,4	3700
28	2,1	14,8	37,8	34,6	9,6	1,1	2786

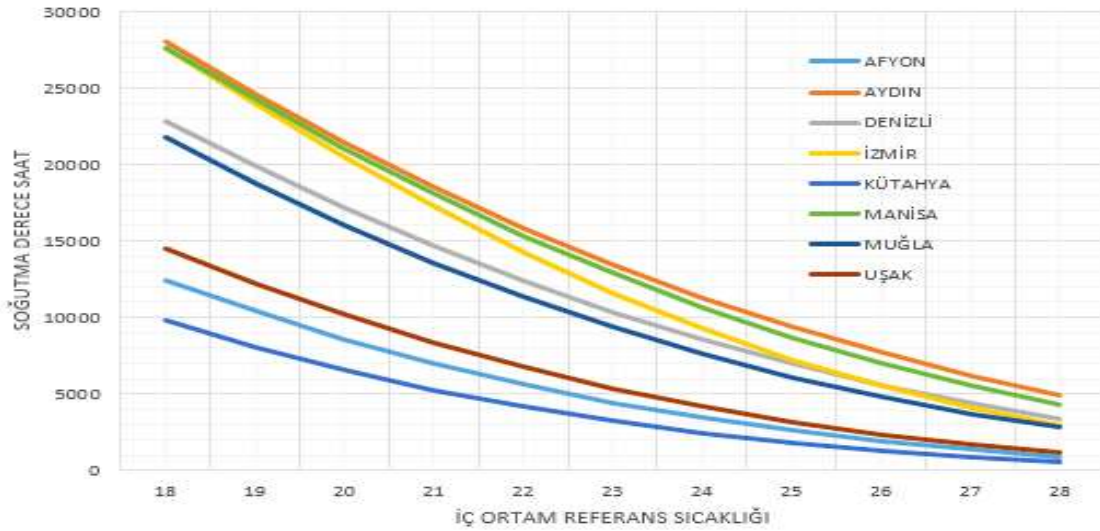
**Tablo 7.** Kütahya ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

KÜTAHYA							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdeler (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	7,6	17,9	28,3	27,9	14,0	4,4	9766
19	7,0	17,7	29,0	28,6	13,8	4,0	8052
20	6,4	17,4	29,7	29,4	13,5	3,6	6553
21	5,7	17,1	30,5	30,3	13,2	3,2	5257
22	5,1	16,6	31,5	31,4	12,8	2,7	4151
23	4,4	16,0	32,5	32,5	12,3	2,3	3212
24	3,7	15,4	33,6	33,7	11,7	1,9	2429
25	3,0	14,5	34,8	35,1	10,9	1,6	1788
26	2,5	13,5	36,2	36,5	10,1	1,2	1279
27	2,0	12,4	37,7	37,8	9,1	0,9	885
28	1,4	11,1	39,5	39,4	7,9	0,6	588

**Tablo 8.** Uşak ilinin soğutma sezonundaki aylara göre, sezonluk SDS değerleri.

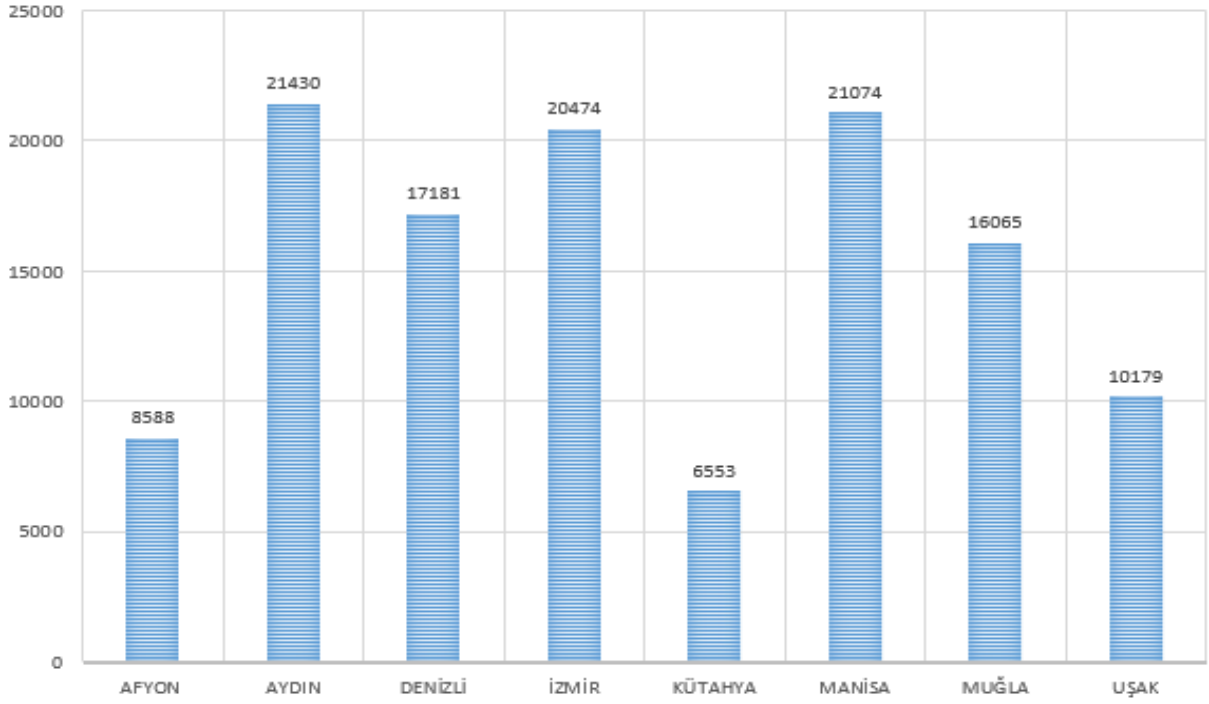
UŞAK							
İORS (°C)	Ayların toplam içindeki yüzdeler (%)						SDS [°C -saat]
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
18	6,5	17,1	28,9	28,6	14,5	4,4	14523
19	5,9	16,9	29,7	29,3	14,2	4,0	12233
20	5,3	16,6	30,6	30,1	13,9	3,6	10179
21	4,6	16,2	31,6	31,0	13,4	3,1	8354
22	4,0	15,8	32,7	31,9	12,9	2,7	6757
23	3,4	15,3	33,8	32,9	12,3	2,2	5374
24	2,8	14,7	35,1	34,0	11,6	1,8	4190
25	2,2	13,9	36,4	35,2	10,7	1,5	3188
26	1,7	13,0	37,9	36,5	9,7	1,1	2359
27	1,2	11,9	39,6	37,8	8,6	0,8	1687
28	0,8	10,7	41,4	39,2	7,4	0,6	1156

On bir farklı İORS'nın sezonluk SDS değerlerine etkisi Şekil 1'de sekiz il için verilmiştir.



**Şekil 1.** On bir farklı iç ortam sıcaklığına göre sezonluk SDS değerlerinin değişimi.

Şekil 1’de İORS (İç Ortam Referans Sıcaklığı) düşükçe SDS değerinin tüm illerde arttığı, 25 °C İORS için İzmir ve Denizli için aynı olduğu, 18-19 °C’de İORS içinde İzmir, Aydın ve Muğla illeri için eğrilerin birbirini kestiği görülmektedir. Şekil 2’ de 20 °C’de İORS’na göre SDS değerleri verilmiştir.



Şekil 2. 20 °C iç ortam sıcaklığına göre Ege Bölgesi illeri SDS değerleri.

### B.1. Ege Bölgesindeki İllerin SDS Değerlerine Etkisinin Rakım, Enlem, Boylam İlişkisi Analizi

Ege bölgesindeki sekiz ilin sezonluk SDS değerleriyle rakım, enlem, boylam ilişkisi analiz edilmiştir. Analiz sonuçları tablo ve grafikler haline getirilmiştir. Ege Bölgesinde bulunan illere ait on bir farklı İORS’na göre toplam SDS değerleri, rakım, enlem ve boylamları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Farklı denge sıcaklığına göre sezonluk SDS değerleri.

11 FARKLI İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞINA GÖRE SOĞUTMA DERECE SAAT [°C -saat]														
İL	Enlem	Boylam	Rakım	İÇ ORTAM REFERANS SICAKLIĞI [°C]										
				18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
AFYON	38 45	30 33	1025	12410	10388	8588	7004	5626	4439	3430	2582	1887	1332	901
AYDIN	37 51	27 51	71	27986	24601	21430	18501	15833	13429	11278	9365	7679	6199	4907
DENİZLİ	37 46	29 06	391	22772	19882	17181	14686	12415	10372	8559	6966	5584	4398	3392
İZMİR	38 25	27 09	10	27555	23918	20474	17256	14296	11621	9255	7211	5489	4072	2929
KÜTAHYA	39 25	29 59	957	9766	8052	6553	5257	4151	3212	2429	1788	1279	885	588
MANİSA	38 36	27 26	78	27648	24263	21074	18100	15363	12882	10662	8706	7013	5562	4330
MUĞLA	37 12	38 22	658	21742	18793	16065	13575	11337	9348	7602	6088	4793	3700	2786
UŞAK	38 41	29 25	911	14523	12233	10179	8354	6757	5374	4190	3188	2359	1687	1156

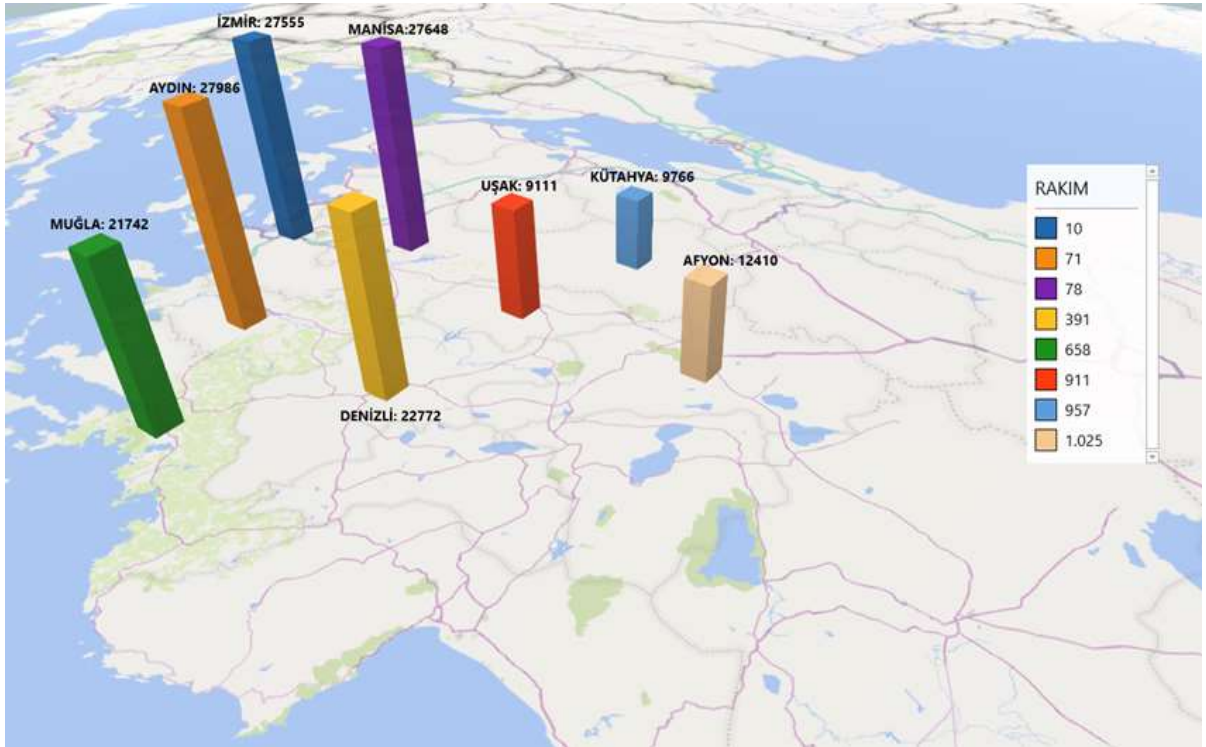


Bölge içerisindeki tüm illerin derece saat değerlerinin farklı olduğu, Kütahya en küçük SDS değerlerine, Aydın'ın ise en büyük SDS değerlerine sahip olduğu görülmektedir. 20°C iç ortam referans sıcaklığı (İORS) göz önüne alındığında illerin SDS değerleri Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 3'te Türkiye haritası üzerinde Ege bölgesindeki sekiz ilin rakım değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Türkiye Haritası üzerinde Ege Bölgesinin Rakımları (m).

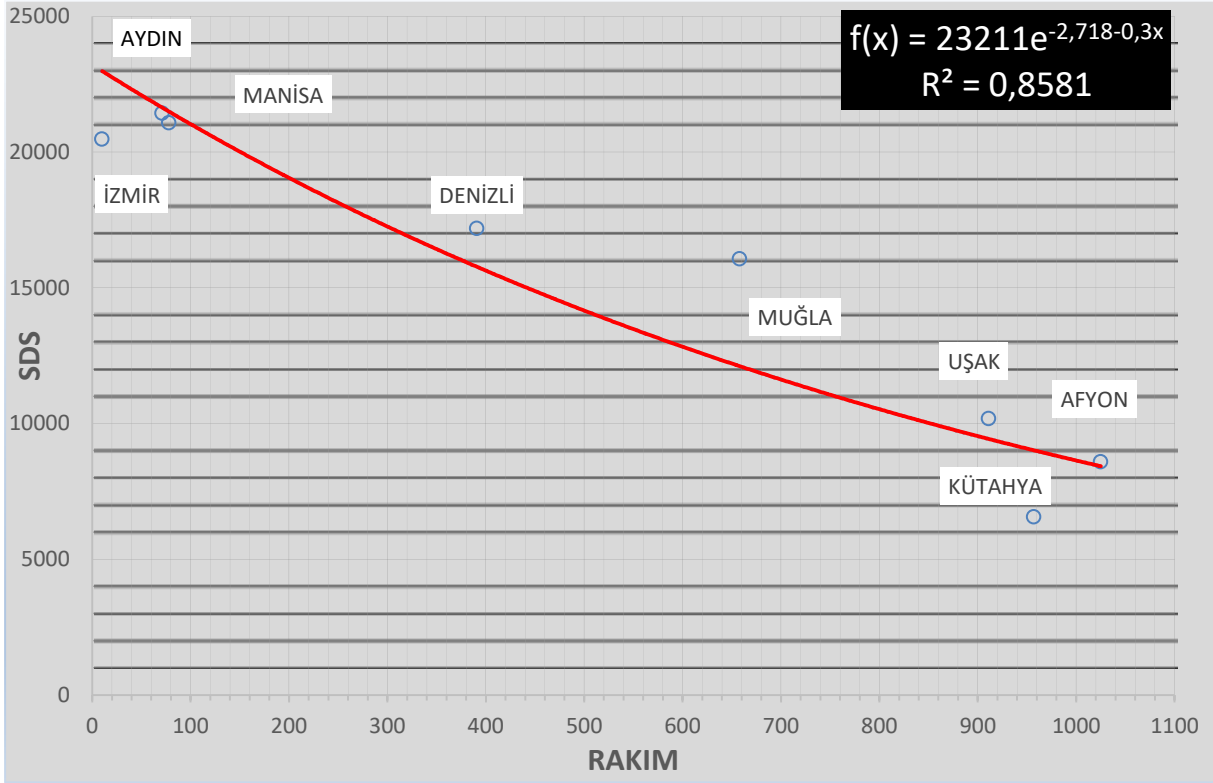
Şekil 4'te Ege bölgesi üzerinde sekiz ilin SDS değerleri verilmiştir. Şekil 4'te Rakımın SDS değerine etkisi görülmektedir.



Şekil 4. Ege bölge haritası üzerinde SDS-Rakım ilişkisinin gösterilmesi.

Şekil 4'te görüldüğü üzere rakım arttıkça SDS değerinin azaldığı görülmektedir. Tablo 9'da Afyon ve İzmir ili hariç bu durum açıkça görülmektedir. 20°C İORS için rakım SDS değeri ilişkisi Şekil 5'te verilmiştir. Bu şekilde yapılan eğri uyarlanan ve matematik modelleme işlemi sonucu Denklem 4 elde edilmiştir.

$$f(x) = 23211e^{-2,718-0,3x} \quad (4)$$



Şekil 5. Ege Bölgesi illeri için SDS rakım ilişkisi.

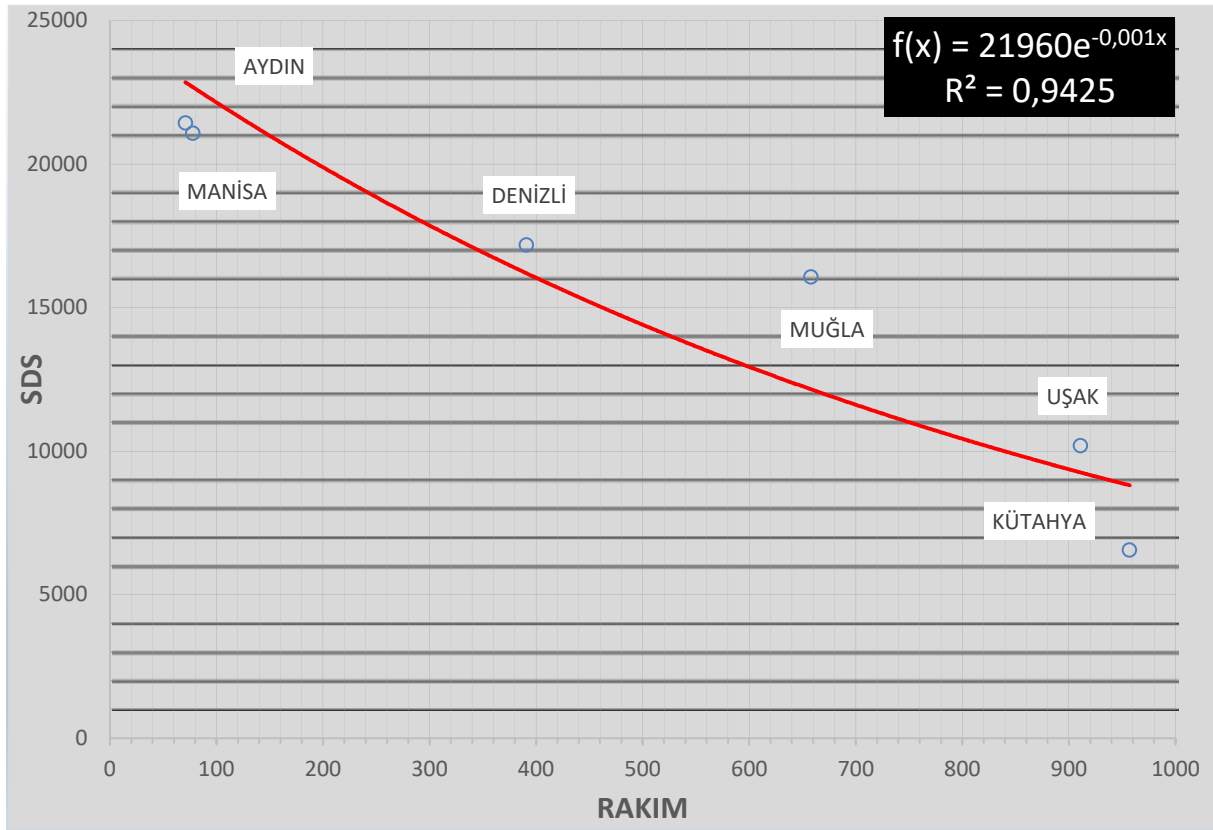
Şekil 5'te görüleceği üzere rakım arttıkça SDS değeri Denklem 4'teki gibi bir fonksiyon karakterinde yükselme-düşme davranışı göstermektedir. Uyarlanan eğri ve denklemin gerçek değerlere yakınlık ölçütü olan determinasyon katsayısı  $R^2$  değeri 0,8581 olarak bulunmuştur. Gerçeğe yakınlık değerinin düşük çıkmasına sebep olan İzmir ve Afyon illerinin rakıma bağlı SDS davranışının Ege Bölgesindeki diğer illerin davranışlarından farklı olduğu tespit edilmiştir. İzmir ve Afyon illerine ait SDS değerleri çıkartılarak SDS ve rakım arasındaki ilişki Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6'ya uyarlanan eğriyle Denklem 5 elde edilmiştir.

$$f(x) = 21960e^{-0,001x} \quad (5)$$

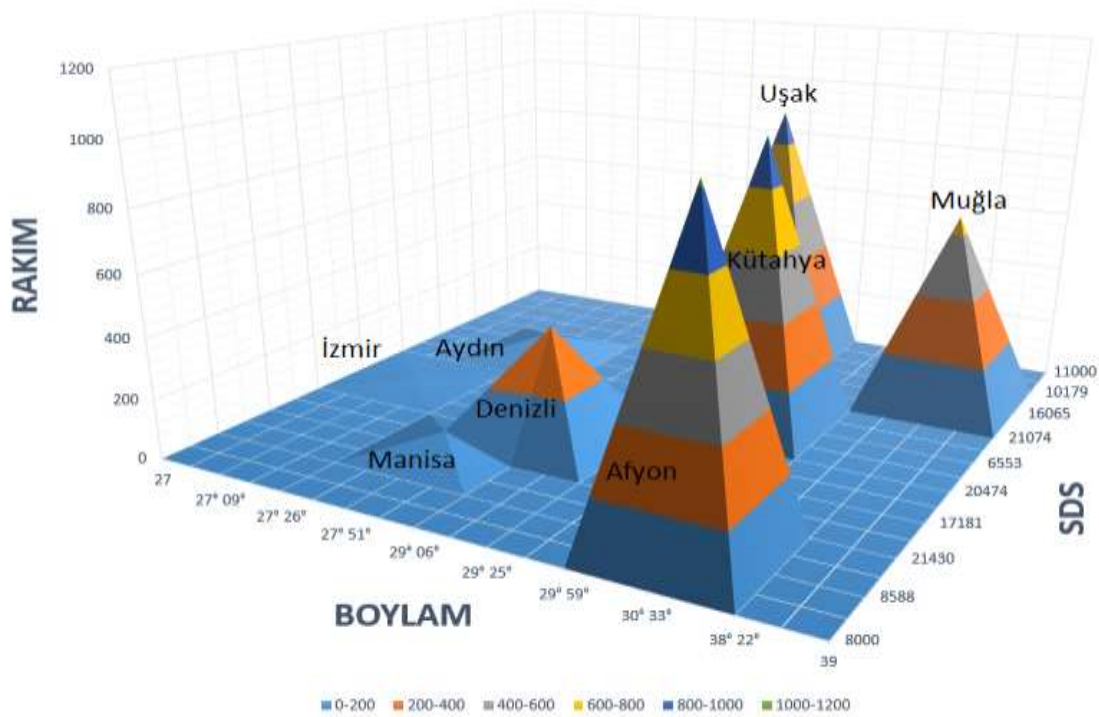
İzmir ve Afyon illerinin çıkarılmasının ardından yapılan modelleme sonucu uyarlanan eğrinin  $R^2$  determinasyon katsayısı 0,9425 olarak belirlenmiştir. Alınan dataların gerçek zamanlı ve filtresiz datalar olduğu göz önünde bulundurulduğunda yapılan analizin gerçeğe yakın olduğu görülmektedir.

İzmir ve Afyon illerine ait SDS değerlerinin rakım ile değişim davranışı, diğer illerden farklı olduğu ve rakımına göre beklenenden yüksek olduğu görülmüştür. Karşılaşılan bu durumun İzmir için nem, Kütahya için beklenenden küçük çıkmasının nedeninin bakı etkisinden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. İzmir ve Afyon değerleri çıkarılmış olarak SDS rakım ilişkisi.

Ege bölgesindeki 8 ilin SDS değeri rakım, boylam ilişkisinin daha iyi anlaşılması için Şekil 7 oluşturulmuştur.



Şekil 7. Ege Bölgesinde bulunan illerin SDS-Rakım-Boylam ilişkisi.

Şekil 7’de Ege Bölgesinde bulunan 8 farklı il için SDS değerlerinin rakım ve enleme bağlı değişimi gösterilmiştir. Grafikte X eksenini Rakım değerlerini, Y eksenini Boylam değerlerini, Z eksenini ise SDS değerlerini göstermektedir. X eksenine bağlı olarak rakım değerleri her piramit için farklı renklere ulaşmaktadır. Grafikteki her bir renk belirli rakım aralığını temsil eder. 8 il olduğundan 8 ayrı piramit elde edilmiştir. Rakım arttıkça piramit yüksekliği artmış ve renkleri iller bazında değişmiştir. Grafikteki piramitler okunacak olursa en küçük rakım İzmir iline ait olduğu en fazla rakımın ise Afyon iline ait olduğu görülmektedir. Bununla birlikte piramitlerin en uç noktası ait olduğu rakım, SDS ve enlem değerlerinin çakışma noktasıdır. Örnek olarak Afyon ili için değerler okunacak olursa; X ekseninde piramit renginden de belli olacağı üzere 1025 yüksek rakım değeri, piramit uç noktasının kestiği Y değeri 30° 33’ boylam değerini, Z eksenini kesen piramit uç değeri ise 8588 SDS değeri okunmaktadır.

### **III. SONUÇ**

SDS Analiz çalışmaları sonucunda; SDS ile Rakım arasındaki ilişki İzmir ve Afyon illerinin etkisi olmadan Eşitlik 5’teki karakterde değiştiği görülmektedir. Bu illerin karakteristiğini bozan davranışının İzmir’de bağıl nemden kaynaklandığı, Afyon’da ise enlem ve rüzgâr etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. SDS ile rakım boylam ilişkisinin karakteristik olarak gösterdiği bir davranış tespit edilememiştir.

Sonuç olarak, yeryüzündeki sıcaklık dağılımını etkileyen önemli parametrelerden olan rakım ve enlem etkisinin yanında; bakı, nem, rüzgâr ve güneş şiddeti gibi etkilerinde dağılıma etki ettiği bilinmektedir. Enerji tüketim haritaları belirlenmesinde ve bölgelerin sınıflandırılmasında bu etkilerinde göz önünde bulundurulmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Nitekim Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının esas alındığı TS825’te 1.Bölgede gösterilen İzmir ve 3.Bölgede gösterilen Afyon illerinin, Ege Bölgesindeki illerden daha farklı davranışlar gösterdiği saptanmıştır.

Ayrıca Ege Bölgesi için yapılan çalışmada elde edilen formülde gerçeğe yakınsama olarak bilinen determinasyon katsayısının %94 olduğu ortaya koyulmuştur. Formülde bulunan ve rakım değerini belirten x parametresi ile birlikte rakımı bilinen herhangi bir yerleşim biriminin SDS değerini bulmak mümkün olacaktır. Elde edilebilecek SDS değerinin gerçek SDS değerine yakınsaması %94 olarak tespit edilmiştir.

## **IV.KAYNAKLAR**

- [1] H. Bulut, O. Büyükalaca ve T. Yılmaz, “Türkiye için ısıtma ve soğutma derece gün bölgeleri,” *16.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Kayseri, Türkiye, 2007, ss.1-6.
- [2] K. Papakostas and N. Kyriakis, “Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki,” *Greece Renewable Energy*, vol. 30, pp. 1873-1880, 2005.
- [3] H. Bulut, O. Buyukalaca and T. Yılmaz, “Determination and application of the data used in energy estimation methods for Istanbul,” *Proceedings of 5th International HVAC&R Technology Symposium*, İstanbul, Türkiye, pp.1-11, 2002.
- [4] H. Bulut, O. Büyükalaca and T. Yılmaz, “New Outdoor Cooling Design Data for Turkey,” *Energy*, vol. 27, no.10, 2002, pp. 923-946.
- [5] H. Bulut, O. Büyükalaca and T. Yılmaz, “New Outdoor Cooling Design Data for Turkey,” *Energy*, vol. 27, no.10, pp. 923-946, 2002.
- [6] N. Nakicenovic, A. Grübler, A. McDonald, (Eds.). *Global Energy Perspectives*. Cambridge University. 299, (1998).
- [7] Z. Oktay, C. Coskun, I. Dincer, “A new approach for predicting cooling degree hours and energy requirements in buildings,” *Energy, Elsevier*, vol. 36(8), pages 4855-4863 (2011).
- [8] C. Coskun, “A novel approach to degree-hour calculation: Indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation,” *Energy* 35, pp. 2455-60,2010.
- [9] A. Satman and N. Yalçinkaya “Heating and cooling degree-hours for Turkey. *Petroleum and Natural Gas Engineering Department, Istanbul Technical University,*” *Istanbul, Turkey*, 24, 833–840, (1999).
- [10] V. Badescu and E. Zamfir, “Degree-days, degree-hours and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures. Elsevier Energy Conversion And Management Journal,” 40(8), 885-900, (1999).
- [11] A. Bolattürk, ve C. Dağdır, “Güneşlenme şiddeti dikkate alınarak sıcak iklim bölgelerindeki binalarda optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi,” *Ulusal İklimlendirme Kongresi ve Fuarı*, Antalya, (2011).
- [12] C. Coşkun, Z. Oktay, M. Ertürk, “Konutların Isıtma Sezonunda Seçilen İç Ortam Sıcaklık Parametresinin Enerji-Maliyet-Çevre Açısından Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama Örneği,” *Tesisat Mühendisliği*, 10(22), 11-18, (2011).
- [13] A. Durmazayaz, M. Kadioğlu, Z. Şen, “An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul,” *Energy, Elsevier*, 25, 12, 1245-1256(12), (2000).
- [14] A. Durmayaz, M. Kadioğlu, “Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey,” *Energy Conversion and Management*, (2003).
- [15] M. Ertürk, H.A. Kurt, A. Kılıç, S. Kaya, “Isıtma ve Soğutma Derece Saat Hesaplamalarında Enlem-Boylam-Rakım İlişkisinin Marmara Bölgesi İçin Araştırılması,” *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, s150,ss.36-52, 2015.

- [16] C. Coşkun, M. Ertürk, K. Balcı, Z. O. Coşkun, “Isıtma ve Soğutma Yüklerindeki Değişimin Uzun Dönemli tahmini: Karabük Örneği,” *1st International Conference on Energy Systems Engineering (ICESE'17)*, . Karabük, Türkiye,2017, ss. 60-65
- [17] E. Işık & M. İnallı, “Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems approaches to forecast the meteorological data for HVAC: The case of cities for Turkey,” *Energy*, 154, 7-16. (2003).
- [18] E. Işık, M. İnallı, E. Celik, “ANN and ANFIS approaches to calculate the heating and cooling degree day values: The case of provinces in Turkey,” *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(9), 7581-7597, (2019).
- [19] E. Işık, M. İnallı, “An artificial neural network-based approach for economic analysis of insulation thickness using heating degree-day value. *Fresenius Environmental Bulletin*,” 29 (09/2020), 7412-7424, (2020).
- [20] M. Ertürk, “Isıtma ve Soğutma Derece Saat Hesaplamalarında Farklı Bir Yöntemin Araştırılması ve Geliştirilmesi,” Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye, 2012.
- [21] H. Bulut O, Büyükalaca, T. Yılmaz ve M.A. Aktacir, “GAP bölgesi için detaylı iklim verileri,” *Harran Üniversitesi GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, Şanlıurfa, Türkiye, 2002c, ss. 183-191.