

AYLIK BAZDA SAATLİK DERECE-SAAT DEĞERLERİNİN TESPİTİNİ MÜMKÜN KILAN YENİ BİR YAKLAŞIM

Can COŞKUN
Mustafa ERTÜRK
Zuhal OKTAY
İbrahim DİNÇER

ÖZET

Bu çalışmada aylık bazda saatlik derece-saat değerlerinin tespitini mümkün kılan yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım kullanılarak istenen herhangi bir ay, herhangi bir saat aralığı ve referans iç ortam sıcaklığı için ortalama derece-saat değerlerine ulaşılabilir. Ortalama derece-saat değerlerine ek olarak maksimum ve minimum derece-saat değerleri de tespit edilebilmektedir. Bu şekilde belirlenen en kötü ve en iyi senaryo için hesaplama yapılabilme imkânı oluşturulmuştur. Bu bağlamda örnek bir çalışma yapılarak Antalya ilinin soğutma sezonundaki aylık bazda saatlik soğutma derece-saat değerleri tespit edilmiştir. Bu değerlerinin Antalya ili için hesaplamalarda referans oluşturması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aylık baz, saatlik derece-saat değerleri, ısıtma, soğutma, Antalya

ABSTRACT

In this study, a novel approach is proposed to determine monthly based hourly degree-hour values. Average degree-hours can be found for chosen any month, time interval and reference indoor temperature by using the approach given in this study. Also, maximum and minimum degree-hour values can be determined. Thus, heating-cooling calculations will have been possible for the worst and the best scenario. In this relation, as an example study is made for Antalya to determine monthly based hourly cooling degree-hour values. These values are aimed to be reference for the calculation of Antalya city.

Key Words: Monthly based hourly degree-hour values, heating, cooling, Antalya

1. GİRİŞ

Derece-saat 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 [1-3] hem de dünyanın birçok ülkesi [4,5] için verilmiştir. Ancak sezonluk derece-saat değerlerinin hangi ayları kapsadığı hiçbir çalışmada verilmediği görülmüştür. İlkbahar ve sonbahara ait bazı ayların alınıp alınmadığı yine aynı şekilde bilinmemektedir. Toplam soğutma derece saatlerinin karşılaştırılabilmesi için ele alınan ayların verilmesi gerekmektedir. Literatürde Türkiye için bu şekilde bir yaklaşım olmaması nedeniyle hem aylık hem de toplamda kapsamlı bir karşılaştırma yapılamamaktadır. Bu konunun aydınlığa kavuşturulabilmesi için tüm Türkiye'yi kapsayan ayrıntılı bir çalışma, bilgisayar

programı oluşturularak büyük ölçüde bitirilmiştir. Tüm bu değerler yakın bir dönemde literatüre kazandırılacaktır.

Daha hassas hesaplamaların yapılabilmesi için aylık hatta saatlik bazda derece-saat değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmada bu yaklaşımdan yola çıkılarak Antalya ilinde soğutmanın yapıldığı dönem için saatlik bazda 18-28 °C referans sıcaklıkları arasındaki ortalama soğutma derece-saat değerleri bulunmuştur. Elde edilen bu değerler hem tablolar halinde hem de grafiksel olarak ortaya konulmuştur. Bu çalışmada; Termodinamik dersinde kullanılan ve her bir maddenin termodinamik özelliklerini ortaya koyan grafik ve tablolara benzer bir yaklaşım oluşturulmaya çalışılmıştır. İç ortam referans sıcaklıklara bağlı aylık ve toplam derece-saat değerlerini bulmamızı mümkün kılan fonksiyonlar çıkarılmıştır. Bu fonksiyonlar sayesinde belirlenen iç ortam referans sıcaklık aralıklarında, hassas bir biçimde ortalama derece-saat değerleri tespit edilebilmektedir. Bulunan ortalama derece-saat değerlerine ek olarak maksimum ve minimum olarak ne kadarlık bir sapmanın olabileceği de tespit edilebilmektedir. Bu şekilde, belirlenen en kötü ve en iyi senaryo için hesaplama yapılabilme imkânı oluşturulmuştur. Belirlenen bir bölge için aylık ve sezonluk Derece-saat değerlerinde maksimum ve minimum ne düzeyde bir farkın oluşabileceğine dair literatürdeki ilk çalışma bu olacaktır.

2. HESAPLAMA YÖNTEMİ VE ANALİZ

Bilindiği üzere her ay veya yıl için sıcaklık dağılımı bir önceki senelere göre farklılık göstermekte ve aynı olmamaktadır. Bunun bir neticesi olarak da belirlenen herhangi bir iç ortam referans sıcaklığı için gerçekleşen ısıtma-soğutma derece-saat değerleri farklı olmaktadır. Bu değerler hiçbir zaman aynı sayısal değere ulaşmamaktadır. Literatürde ortalama ısıtma-soğutma derece-saat değerleri tespit edilerek, çoğunlukla sezonluk olarak verilmektedir. Ortalama derece saat değerleri tespit edilirken iki yaklaşım ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki; ele alınan yılların sıcaklık dağılımına bağlı olarak ortalama dış sıcaklık dağılımının tespit edilmesi ve sonrasında derece-saat değerlerinin bulunmasıdır. İkinci yaklaşım ise ele alınan tüm yıllar veya aylar için derece-saat değerlerinin tespit edilip ortalamasının alınmasıdır. Bu iki yaklaşım arasında Antalya ili toplam derece-saat değeri için %1 ile %3 arasında fark oluşabileceği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ortalama dış sıcaklık dağılımı tespit edilerek sonrasında derece-saat değerleri tespit edilmiştir. 1975-2007 senelerini kapsayan 32 senelik dönem referans alınarak aylık ve o aylara ait saatlik derece-saat değerleri tarafımızdan oluşturulan bir program yardımıyla tespit edilmiştir. Aylık ve sezonluk soğutma derece-saat değerleri Eşitlik 1'de verilen biçimde formülize edilmiştir.

$$SDS_{Ay, 0-24} = SDS_{Ay, Toplam} = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3 \text{ (}^\circ\text{C-saat)} \quad (1)$$

Formülde görülen SDS ifadesi soğutma derece-saat değerini göstermektedir. T ise referans iç ortam sıcaklığını ($^\circ\text{C}$) ifade etmektedir. a, b, c ve d ile gösterilen harfler ise model parametreleridir. Alt indiste görülen ve 'Ay' olarak ifade edilen kısma analiz yapılan ay yazılacaktır. Yine aynı şekilde alt indiste görülen rakamlar: saat olarak başlama ve bitiş zamanını göstermektedir. Eğer başlama 0, bitişte 24'ü gösteriyorsa o ay için toplam soğutma derece saat değerini ifade ediyor demektir. Örnek bir gösterim olarak 08:00 ile 18:00 arasındaki soğutma derece-saat değeri SDS_{8-18} şeklinde gösterilmektedir. Model parametrelerinin bilinmesi şartıyla saatlik bazda istenen herhangi bir gün aralığındaki soğutma derece saat değeri bulunabilir. Antalya ili için soğutma sezonunun Mayıs-Ekim arası olduğu yapılan analiz sonrasında görülmüştür. Bu bağlamda Mayıs-Ekim arasındaki tüm aylar ve toplamda sezonluk model parametre değerleri tespit edilerek Tablo 1'de verilmiştir. Soğutma derece-saat değerleri için referans iç ortam sıcaklıkları 18 ile 28 °C arası olarak tespit edilmiş ve tüm hesaplamalar bu sıcaklık aralığı için yapılmıştır.

Tablo 1. Soğutma sezonu için model parametreleri

Aylar	Model Parametreleri			
	a	b	c	d
Mayıs	29317.37	-2765.3017	86.8192	-0.9046
Haziran	21537.23	-964.6823	-4.3896	0.4359
Temmuz	12806.34	601.7640	-73.3527	1.3362
Ağustos	14121.26	413.1257	-66.2936	1.2580
Eylül	27173.39	-1805.4597	34.0501	-0.1278
Ekim	21836.45	-1848.2844	50.3589	-0.4312
Mayıs-Ekim	126773.8	-6367.4596	27.1766	1.5663

Analizi gerçekleştirilen tüm aylar için saatlik bazda ortalama derece-saat değeri dağılımı tespit edilerek Tablo 2-7 arasında Antalya ili için verilmiştir. Tam zamanlı soğutma gerekmeyen binalar için çalışma saatleri arasındaki derece-saat değerleri hesaplamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Örneğin saat 09:00 ile 17:00 arasında çalışan bir binanın soğutma yükleri hesabında saatlik derece-saat değerleri kolaylıkla kullanılabilir.

Beklendiği biçimde en yüksek soğutma derece-saat değerlerine saat 13:00-14:00 aralığında rastlanmaktadır. En düşük değerler ise 04:00-05:00 aralığında tespit edilmiştir. Tüm bu dağılıma ek olarak ele alınan 32 senelik süreçte maksimum ve minimum ne kadarlık bir sapmanın oluşabileceği de bu tablolarda verilmiştir. Bu sapmaları göz önüne alınarak en iyi ve en kötü senaryo içinde hesaplamalar oluşturulabilir. Aylık bazda oluşabilecek sapma değerlerinin pozitif bağlamda daha yüksek olduğu görülmüştür. Referans iç ortam sıcaklık değerinin artmasıyla sapma oranında da artma gözlemlenmiştir. Aylık bazda en yüksek derece-saat değerine Temmuz-Ağustos döneminde birbirine yakın değerlerle ulaşılmıştır. Bu iki ay toplam derece-saat değerinin, referans sıcaklığa bağlı olarak % 50-67'sini elinde bulundurmaktadır.

Tablo 2. Farklı referans sıcaklıkta mayıs ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
00:00-	17.3	9.9	5.6	3.1	1.6	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
01:00-	15.5	9.2	5.4	3.0	1.5	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
03:00-	13.8	8.1	4.7	2.6	1.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00-	13.1	7.9	4.6	2.5	1.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00-	12.9	7.8	4.5	2.3	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00-	22.3	14.4	8.9	5.3	3.0	1.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
07:00-	60.1	43.1	29.9	20.1	13.1	8.1	4.6	2.3	1.0	0.3	0.0
08:00-	119.5	94.0	71.9	53.6	38.7	26.9	18.1	11.6	7.0	4.0	2.0
10:00-	167.2	138.5	111.7	88.0	67.8	50.8	37.1	26.3	18.0	11.9	7.5
11:00-	188.8	159.5	131.4	105.3	82.6	63.4	47.3	34.5	24.7	17.4	11.9
12:00-	199.2	169.6	141.0	114.2	90.2	69.6	52.3	38.2	27.4	19.5	13.7
13:00-	203.1	173.4	144.5	117.3	92.8	71.6	53.8	39.3	28.2	19.9	13.8
14:00-	203.3	173.6	144.8	117.5	92.7	71.1	53.1	38.1	26.8	18.8	13.0
15:00-	200.9	171.1	142.0	114.5	89.8	68.4	50.5	35.9	24.7	16.9	11.4
16:00-	187.2	157.5	128.8	102.1	78.5	58.4	41.9	29.1	19.7	13.0	8.4
17:00-	174.5	145.1	117.1	91.5	69.2	50.6	35.8	24.4	16.0	10.3	6.6
18:00-	156.7	128.0	101.1	77.3	56.9	40.4	27.6	18.3	11.7	7.3	4.4
19:00-	129.6	102.0	77.3	56.5	39.5	26.4	17.0	10.3	6.1	3.5	1.8
21:00-	95.3	70.4	49.8	33.4	21.0	12.4	6.9	3.7	1.8	0.9	0.3
22:00-	69.3	48.4	31.7	19.1	10.5	5.4	2.6	1.1	0.4	0.1	0.0
23:00-	52.9	34.8	20.8	11.1	5.6	2.6	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0
Toplam	2391	1919	1507	1155	865	634	452	314	214	144	95
Fark yüzdeleri	-%56	-%62	-%67	-%71	-%83	-%90	-%95	-%97	-%99	-	-
	%68	%77	%88	%101	%117	%134	%157	%185	%223	%260	%295

Tablo 3. Farklı referans sıcaklıkta haziran ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
00:00-	97.0	72.2	51.0	34.4	22.3	14.0	8.5	5.0	2.8	1.5	0.8
01:00-	91.0	67.4	47.5	32.0	21.0	13.4	8.3	4.9	2.6	1.3	0.6
03:00-	86.0	63.4	44.8	30.5	20.1	12.8	8.0	4.7	2.6	1.3	0.5
04:00-	82.8	61.3	43.8	30.2	20.1	12.8	7.7	4.4	2.2	0.9	0.3
05:00-	83.8	62.4	44.8	30.9	20.3	13.0	8.0	4.5	2.3	1.0	0.3
06:00-	121.7	95.6	72.7	53.4	37.7	25.2	15.9	9.5	5.2	2.7	1.1
07:00-	207.6	178.1	149.2	121.6	96.1	73.5	54.1	38.1	25.6	15.9	9.0
08:00-	273.0	243.2	213.5	184.3	155.7	128.2	102.4	79.3	59.5	43.2	30.0
10:00-	315.3	285.4	255.6	226.0	196.7	167.8	140.0	114.0	90.5	70.0	52.3
11:00-	338.0	308.1	278.3	248.5	218.8	189.5	160.9	133.7	108.5	86.1	66.5
12:00-	348.0	318.1	288.2	258.3	228.6	199.2	170.3	142.7	116.8	93.5	73.3
13:00-	350.6	320.6	290.8	261.0	231.2	201.8	172.9	145.0	118.8	95.1	74.5
14:00-	346.5	316.6	286.6	256.7	227.0	197.7	168.8	141.0	114.9	91.2	70.7
15:00-	341.5	311.6	281.7	251.8	222.2	192.8	164.2	136.7	110.8	87.3	66.8
16:00-	329.8	299.8	269.9	240.1	210.5	181.5	153.1	125.9	100.4	77.9	58.9
17:00-	317.1	287.2	257.3	227.5	198.0	169.0	140.9	114.1	89.4	68.1	50.4
18:00-	298.3	268.4	238.7	209.1	180.0	151.5	123.9	98.1	75.2	55.8	40.1
19:00-	272.9	243.0	213.3	183.8	155.0	127.0	100.6	76.8	56.6	40.4	27.8
21:00-	234.6	204.8	175.2	146.1	118.0	91.5	67.8	48.1	32.6	21.3	13.6
22:00-	197.1	167.5	138.3	110.0	83.3	59.7	40.3	25.5	15.5	9.3	5.4
23:00-	170.9	141.5	112.9	85.6	61.2	41.0	25.6	15.0	8.4	4.7	2.7
Toplam	5288	4618	3979	3380	2828	2327	1880	1488	1153	875	649
Fark yüzdeleri	-%29 %31	-%32 %34	-%36 %38	-%40 %43	-%44 %48	-%50 %55	-%53 %69	-%61 %73	-%68 %84	-%75 %96	-%82 %111

Tablo 4. Farklı referans sıcaklıkta temmuz ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
00:00-	195.4	164.5	134.2	104.9	77.8	54.1	35.4	21.9	13.0	7.4	4.2
01:00-	186.2	155.6	125.6	97.1	71.2	49.4	32.4	20.3	12.3	7.2	4.0
03:00-	179.2	148.9	119.4	91.5	66.9	46.6	30.7	19.3	11.7	6.7	3.5
04:00-	174.4	144.2	115.0	88.0	64.6	45.5	30.4	19.1	11.3	6.2	3.0
05:00-	174.8	144.7	115.6	88.9	65.4	46.0	30.7	19.0	11.1	6.0	2.9
06:00-	207.5	176.8	146.7	117.7	91.0	67.5	47.8	32.0	20.3	11.8	6.1
07:00-	293.9	262.9	232.0	201.0	170.2	139.9	110.7	84.1	61.4	42.9	28.1
08:00-	368.0	337.0	306.0	275.0	244.1	213.2	182.4	151.9	122.5	95.6	72.1
10:00-	414.8	383.8	352.9	321.9	290.9	260.0	229.1	198.2	167.6	138.0	110.3
11:00-	436.9	405.9	375.0	344.1	313.3	282.4	251.6	220.9	190.2	160.0	131.1
12:00-	446.6	415.9	385.2	354.6	324.0	293.4	262.8	232.3	201.8	171.5	142.1
13:00-	452.3	421.7	391.1	360.5	330.0	299.5	268.9	238.4	208.0	177.8	148.3
14:00-	453.0	422.5	392.0	361.4	330.9	300.4	270.0	239.6	209.3	179.2	149.6
15:00-	444.3	413.9	383.6	353.2	322.9	292.6	262.3	232.1	201.9	171.8	142.3
16:00-	433.8	403.3	372.8	342.4	311.9	281.5	251.0	220.7	190.4	160.3	131.1
17:00-	422.1	391.4	360.7	330.1	299.4	268.8	238.1	207.6	177.1	147.1	118.2
18:00-	403.9	373.1	342.4	311.7	281.0	250.3	219.7	189.1	158.7	129.2	101.5
19:00-	377.7	346.8	315.9	285.1	254.2	223.4	192.6	161.9	131.9	103.3	77.7
21:00-	340.1	309.1	278.1	247.1	216.2	185.2	154.4	124.0	95.1	69.1	47.9
22:00-	301.1	270.1	239.1	208.1	177.2	146.4	116.0	86.7	60.3	38.8	23.4
23:00-	273.9	242.9	211.9	180.9	150.1	119.5	89.9	62.6	39.6	22.9	12.5
Toplam	7663	6926	6193	5471	4770	4099	3467	2883	2355	1885	1477
Fark yüzdeleri	-%20 %20	-%22 %22	-%25 %25	-%27 %27	-%30 %31	-%34 %34	-%37 %38	-%42 %42	-%47 %47	-%52 %52	-%58 %59

Tablo 5. Farklı referans sıcaklıkta ağustos ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)											
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
00:00-	185.7	154.8	124.3	94.8	67.6	44.5	26.8	14.6	7.3	3.5	1.5	
01:00-	177.2	146.5	116.3	87.3	61.4	40.0	23.9	13.1	6.6	3.2	1.6	
03:00-	169.8	139.1	109.1	81.1	56.5	36.7	22.0	12.2	6.4	3.2	1.4	
04:00-	162.9	132.4	102.8	75.5	52.3	33.9	20.3	11.4	6.1	3.2	1.5	
05:00-	158.2	128.0	99.2	72.8	50.5	32.8	19.9	11.5	6.5	3.5	1.7	
06:00-	172.8	142.4	113.2	85.8	61.6	41.8	26.6	16.0	9.1	4.6	2.0	
07:00-	252.8	221.8	190.9	160.3	130.3	101.6	75.2	52.6	35.0	21.9	12.4	
08:00-	344.4	313.4	282.4	251.4	220.4	189.5	158.7	128.5	99.5	73.5	52.0	
10:00-	404.9	373.9	342.9	311.9	280.9	249.9	218.9	188.0	157.1	126.8	98.1	
11:00-	437.3	406.3	375.3	344.3	313.3	282.3	251.3	220.3	189.4	158.4	128.0	
12:00-	451.7	420.8	389.9	359.0	328.2	297.3	266.4	235.5	204.7	173.8	143.2	
13:00-	454.6	423.9	393.3	362.7	332.1	301.4	270.8	240.2	209.6	179.0	148.4	
14:00-	452.3	421.7	391.1	360.5	329.9	299.3	268.7	238.1	207.5	177.0	146.5	
15:00-	448.3	417.6	387.0	356.3	325.7	295.0	264.4	233.7	203.0	172.4	141.8	
16:00-	434.0	403.3	372.6	341.9	311.2	280.5	249.7	219.0	188.3	157.7	127.2	
17:00-	418.7	387.8	357.0	326.2	295.4	264.6	233.8	203.0	172.3	141.5	111.3	
18:00-	397.4	366.5	335.5	304.6	273.7	242.7	211.8	180.9	150.0	119.4	90.0	
19:00-	363.9	332.9	302.0	271.0	240.0	209.1	178.2	147.4	116.8	87.1	60.4	
21:00-	321.7	290.7	259.7	228.7	197.8	166.9	136.1	105.5	75.9	49.2	28.6	
22:00-	287.7	256.7	225.7	194.7	163.8	133.0	102.5	73.1	46.7	25.9	12.7	
23:00-	262.8	231.8	200.8	169.8	139.0	108.5	79.0	52.1	29.9	14.6	6.5	
Toplam	7410	6671	5937	5215	4517	3854	3237	2673	2167	1717	1324	
Fark yüzdeleri	-%18 %27	-%20 %30	-%22 %34	-%25 %38	-%28 %43	-%32 %48	-%37 %54	-%41 %60	-%47 %68	-%53 %78	-%61 %91	

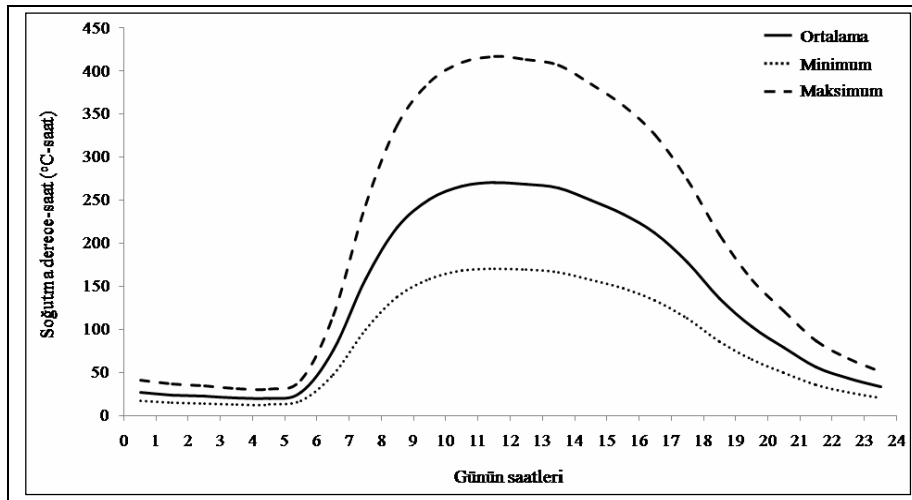
Tablo 6. Farklı referans sıcaklıklarında eylül ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)											
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
00:00-	87.6	62.6	41.1	24.4	13.1	6.5	3.1	1.5	0.8	0.4	0.2	
01:00-	81.4	57.2	36.9	21.6	11.6	5.9	2.8	1.2	0.5	0.2	0.2	
03:00-	75.8	52.6	33.6	19.9	11.2	6.0	3.1	1.5	0.7	0.3	0.0	
04:00-	71.4	49.2	31.5	18.8	10.6	5.6	2.7	1.1	0.4	0.2	0.0	
05:00-	67.2	46.0	29.4	17.5	9.9	5.5	2.8	1.2	0.5	0.2	0.0	
06:00-	68.4	47.4	30.9	19.1	11.3	6.6	3.6	1.6	0.6	0.2	0.1	
07:00-	115.9	89.1	64.9	44.6	28.7	17.4	10.0	5.4	2.8	1.3	0.4	
08:00-	217.8	187.9	158.2	129.0	101.3	75.6	53.1	35.1	22.0	13.1	7.2	
10:00-	294.9	265.0	235.0	205.1	175.3	145.8	117.1	89.9	65.2	44.8	29.5	
11:00-	336.6	306.6	276.6	246.7	216.8	187.0	157.4	128.3	100.1	74.2	52.1	
12:00-	359.2	329.2	299.2	269.2	239.2	209.3	179.6	150.0	120.9	93.2	68.0	
13:00-	368.1	338.2	308.2	278.2	248.3	218.4	188.6	158.9	129.6	101.2	74.8	
14:00-	368.3	338.3	308.3	278.3	248.4	218.5	188.7	159.0	129.7	101.2	74.7	
15:00-	361.8	331.8	301.9	272.0	242.1	212.3	182.6	153.2	124.0	95.8	69.9	
16:00-	343.4	313.4	283.4	253.5	223.6	193.8	164.2	134.8	106.1	79.2	55.5	
17:00-	323.3	293.3	263.4	233.5	203.6	173.9	144.4	115.3	87.3	61.8	40.6	
18:00-	295.0	265.1	235.1	205.3	175.4	145.7	116.4	87.9	61.9	40.1	24.1	
19:00-	253.8	223.9	194.0	164.1	134.5	105.3	77.4	51.9	31.1	16.8	8.8	
21:00-	208.8	178.9	149.1	119.8	91.3	64.6	41.3	23.0	11.0	4.9	2.1	
22:00-	175.9	146.1	116.7	88.3	62.0	39.3	21.6	10.3	4.5	1.8	0.7	
23:00-	151.4	122.2	94.0	67.8	44.8	26.3	13.5	6.2	2.7	1.1	0.4	
Toplam	4957	4293	3667	3089	2568	2104	1690	1325	1006	733	510	
Fark yüzdeleri	-%21 %27	-%22 %30	-%23 %33	-%25 %36	-%28 %39	-%31 %43	-%35 %47	-%41 %53	-%47 %61	-%55 %74	-%65 %90	

Tablo 7. Farklı referans sıcaklıklarda ekim ayı için saatlik ve toplam soğutma derece saat değerleri

Saat Aralığı	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
00:00-	17.6	9.9	5.1	2.5	1.1	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
01:00-	15.5	8.5	4.4	2.1	1.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
03:00-	13.7	7.5	3.9	2.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00-	12.7	7.0	3.8	2.0	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00-	12.7	6.9	3.5	1.8	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00-	11.8	6.5	3.3	1.6	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00-	19.0	11.3	6.4	3.4	1.7	0.7	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
08:00-	68.0	48.3	32.4	20.6	12.8	7.6	4.0	1.8	0.8	0.3	0.2
10:00-	140.0	113.7	89.6	67.9	49.1	33.7	22.2	14.1	8.5	4.9	2.6
11:00-	193.8	165.3	138.0	112.4	89.0	67.9	49.5	34.3	22.5	14.0	8.3
12:00-	227.4	198.3	169.9	142.5	116.4	92.3	70.7	51.7	36.1	24.0	15.2
13:00-	242.3	212.8	183.9	155.7	128.6	103.0	79.6	59.1	41.9	28.5	18.6
14:00-	243.1	213.5	184.4	156.1	129.0	103.3	79.4	58.6	41.5	28.1	18.3
15:00-	239.6	209.9	180.8	152.6	125.5	99.9	76.2	55.3	38.3	25.4	16.2
16:00-	220.4	191.0	162.4	134.7	108.3	83.6	61.3	42.5	27.8	17.5	10.8
17:00-	194.8	165.9	137.9	111.0	85.6	62.7	43.1	27.7	17.2	10.3	5.9
18:00-	157.2	129.3	102.9	78.6	56.9	38.3	23.8	13.9	7.6	4.0	2.1
19:00-	108.5	83.4	61.0	41.7	25.9	14.3	7.1	3.3	1.5	0.8	0.4
21:00-	74.6	53.0	35.0	20.8	11.0	5.0	2.1	0.9	0.4	0.2	0.1
22:00-	52.1	34.4	20.7	11.3	5.5	2.3	0.9	0.4	0.2	0.1	0.0
23:00-	38.1	23.4	13.1	6.7	3.2	1.3	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
Toplam	2370	1939	1563	1238	958	720	522	364	244	158	99
Fark yüzdeleri	-%41	-%44	-%49	-%56	-%65	-%74	-%85	-%93	-%97	-%99	-
	%39	%42	%49	%58	%69	%83	%102	%125	%154	%189	%231

Tablo 2'den 7'ye kadar olan kısımda en alt bölümde yer alan fark yüzdeleri, tablolarda üst kısımda verilen saatlik bazda ortalama derece-saat değerlerinin ne ölçüde bir dalgalanma gösterebileceğini ifade etmektedir. Artı değerler artışı, negatif değerlerse azalışı göstermektedir. Örneğin Ağustos ayı 24 C iç ortam referans sıcaklığı için pozitif ve negatif fark değerleri %54 ve -%37 olarak görülmektedir. Bu değerler saatlik bazda maksimum ve minimum derece-saat değerlerinin izleyeceği yolu belirlememizde bize yardımcı olmaktadır. Pozitif bağlamda her değere %54 ilave ederek maksimum derece-saat değerinin saatlik izleyeceği yol bulunur. Aynı işlem negatif kısım içinde yapılır ve minimum dağılım bulunur. Ağustos ayı için ortalama, maksimum ve minimum derece-saat değerlerinin günün saatlerine bağlı dağılımı Şekil 1'de verilmektedir.

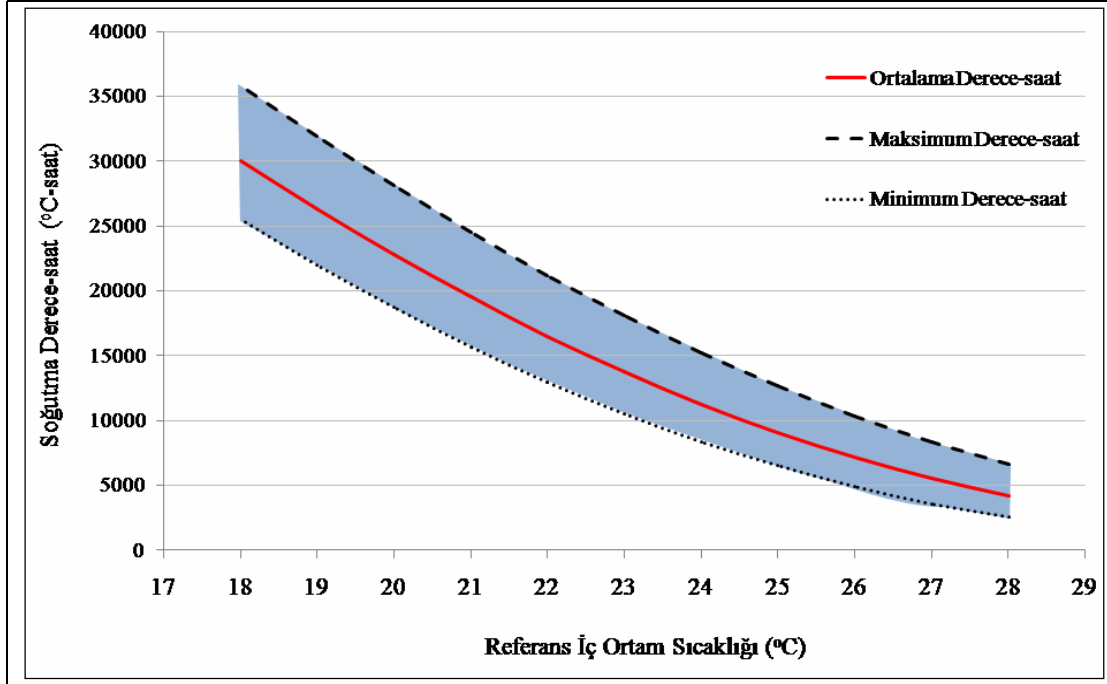


Şekil 1. Ağustos ayı için maksimum, minimum ve ortalama soğutma derece-saat değerlerinin saatlik bazda dağılımı

18-28 °C referans iç sıcaklık aralığında aylık bazda oluşabilecek ortalama derece-saat değerleri ve sezonluk oluşabilecek fark yüzdeleri Tablo 8'de verilmektedir. Soğutma sezonu için maksimum, minimum ve ortalama soğutma derece-saat değerlerinin değişimi gösteren grafik Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den fark edileceği üzere fark değerleri 5715 ile 1620 °C-saat arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 8. Aylık soğutma derece-saat değerleri ve sezonluk oluşabilecek fark yüzdeleri

Aylar	Referans İç Ortam Sıcaklık Değeri (°C)										
	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
Mayıs	95	144	214	314	452	634	865	1155	1507	1919	2391
Haziran	649	875	1153	1488	1880	2327	2828	3380	3979	4618	5288
Temmuz	1477	1885	2355	2883	3467	4099	4770	5471	6193	6926	7663
Ağustos	1324	1717	2167	2673	3237	3854	4517	5215	5937	6671	7410
Eylül	510	733	1006	1325	1690	2104	2568	3089	3667	4293	4957
Ekim	99	158	244	364	522	720	958	1238	1563	1939	2370
Mayıs-	4154	5512	7139	9047	1124	1373	1650	1954	2284	2636	3007
Sezonluk	%59	%51	%45	%40	%35	%32	%28	%26	%23	%21	%19
Fark (%)	-%39	-%35	-%31	-%28	-%26	-%24	-%22	-%20	-%18	-%17	-%15



Şekil 2. Antalya ili soğutma sezonu için maksimum, minimum ve ortalama derece-saat değerleri

Soğutma sezonu için negatif ve pozitif bağlamda oluşacak maksimum farklar bu çalışmada formülize edilerek Eşitlik 2 ve 3 ile verilmiştir.

$$SDS_{Mak.-Min.} = (a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3) \cdot \left[1 + \left(\frac{f}{1 + g \cdot 2.718^{-h \cdot T}} \right) \right] \quad (^\circ\text{C-saat}) \quad (2)$$

$$SDS_{Mak.-Min.} = SDS_{Ort.} \cdot \left[1 + \left(\frac{f}{1 + g \cdot 2.718^{-h \cdot T}} \right) \right] \quad (^\circ\text{C-saat}) \quad (3)$$

Eşitlik 2-3'de verilen f, g ve h oluşabilecek sapmanın tespiti için belirlenmiş model parametrelerini ifade etmektedir. Maksimum ve minimum bağlamda oluşabilecek fark için bu parametreler ayrı olarak tespit edilmektedir. Antalya ili için bu üç model parametresi Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Maksimum ve minimum derece-saat değerleri için model parametreleri

	Model Parametreleri		
	f	g	h
Maksimum	-0.7439	-20.07	0.07788
Minimum	1.2947	-38.89	0.07816

3. ÖRNEK HESAPLAMA

Hesaplama yönteminin daha iyi anlaşılabilmesi için örnek iki çözümlenme bu bölümde gerçekleştirilecektir. 23.5 °C iç ortam referans sıcaklığı için Antalya ili soğutma sezonu ortalama, maksimum ve minimum oluşacak derece-saat değerleri aşağıdaki biçimde elde edebiliriz.

$$SDS_{Ort.} = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3$$

$$SDS_{Ort.} = (126773.8 - 6367.4596 \cdot (23.5) + 27.1766 \cdot (23.5)^2 + 1.5663 \cdot (23.5)^3)$$

$$SDS_{Ort.} = 12474 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{saat}$$

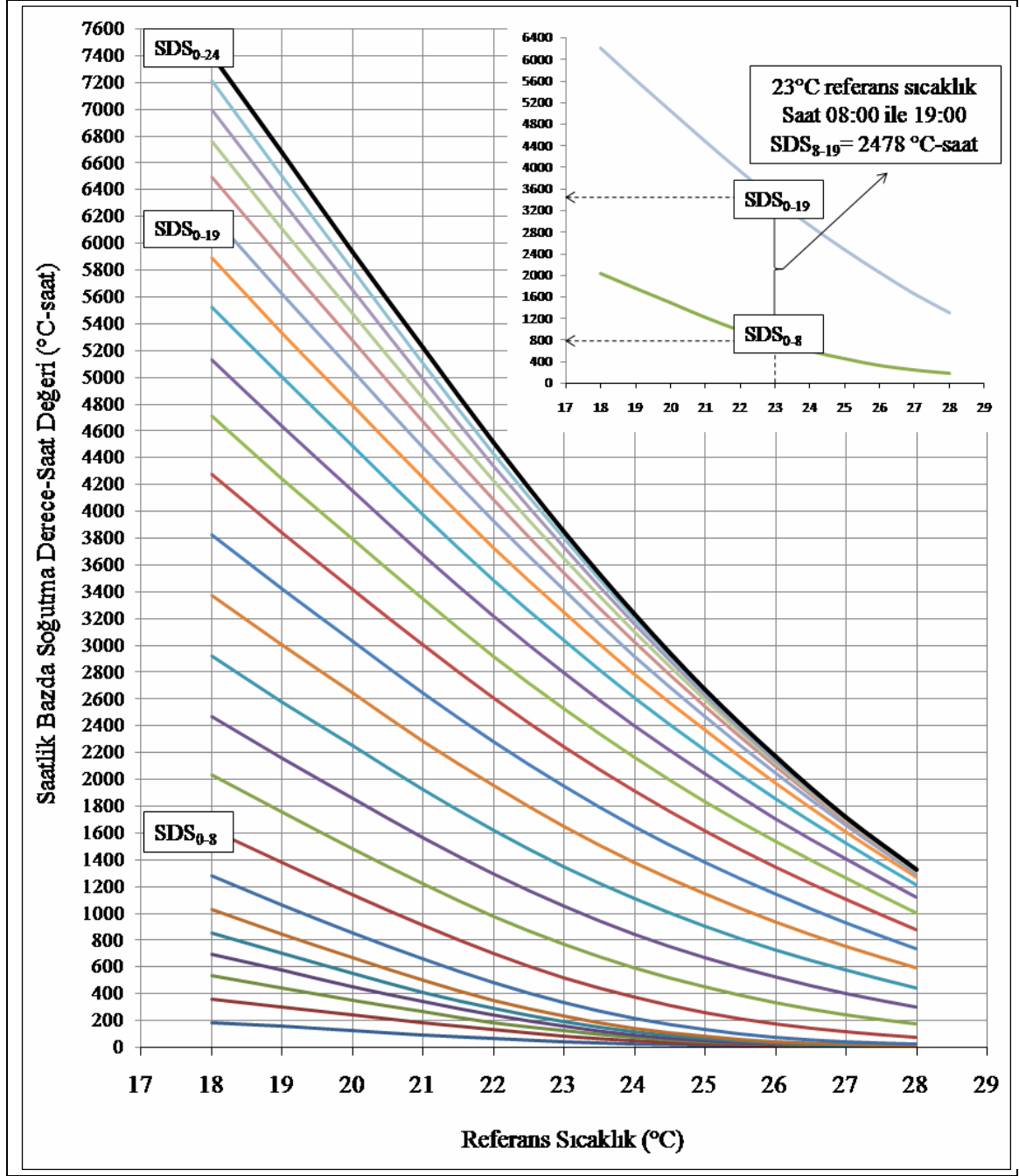
$$SDS_{Mak.-Min.} = SDS_{Ort.} \cdot \left[1 + \left(\frac{f}{1 + g \cdot 2.718^{-h \cdot T}} \right) \right]$$

$$SDS_{Mak.} = (12474) \cdot \left[1 + \left(\frac{-0.7439}{1 - 20.07 \cdot 2.718^{-0.07788 \cdot (23.5)}} \right) \right] = 16655 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{saat}$$

$$SDS_{Min.} = (12474) \cdot \left[1 + \left(\frac{1.2947}{1 - 38.89 \cdot 2.718^{-0.07816 \cdot (23.5)}} \right) \right] = 9367 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{saat}$$

23.5 °C iç ortam referans sıcaklığı için Antalya ili soğutma sezonu ortalama, maksimum ve minimum oluşacak derece-saat değerleri sırasıyla şu şekilde bulunmuştur; 12474, 16655 ve 9367 °C-saat.

Bu çalışma, analizler sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda herhangi bir ay için farklı referans sıcaklık aralıklarında saatlik veya aylık toplam soğutma derece-saat değerlerini basit bir biçimde grafik üzerinden bulmamızı sağlayan bir gösterim şekli geliştirilmiştir. Bu gösterim şeklinde x eksenini referans iç ortam sıcaklığını göstermektedir. Y ekseninde ise saatlik bazda soğutma derece-saat değerleri gösterilmektedir. Gösterim şeklinde her bir parabol 00:00 ile belirlenen bir saat aralığındaki değerleri göstermektedir. Antalya Ağustos ayı saatlik ve aylık toplam soğutma derece-saat değerleri gösterimi Şekil 3'de verilmiştir. 23 °C iç ortam referans sıcaklığı için 08:00 ile 19:00 arasındaki derece-saat değerini bulmak için izlenecek prosedür şu şekildedir: SDS_{0-19} ifadesi; 00:00 ile 19:00 arasında oluşabilecek soğutma derece-saat değerini göstermektedir. Eğer 08:00 ile 19:00 arasındaki derece-saat değerin bulmak istersek SDS_{0-19} 'dan SDS_{0-8} değerini çıkarmamız gerekir. Şekil 3'den görüleceği üzere bu iki parabol arasındaki fark 08:00 ile 19:00 arasındaki derece-saat değerini vermektedir. Bu değerde Şekilden tespit edileceği üzere 2478 °C-saat'dir.



Şekil 3. Antalya Ağustos ayı saatlik ve aylık toplam soğutma derece-saat değerleri gösterimi

SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca maddeler halinde verilmiştir:

- Literatürde ilk kez, bir bölge için belirlenen bir iç ortam referans sıcaklığı aralığında ne düzeyde bir sapma olacağına dair bir çalışma ortaya konulmuştur. Ortaya konan fonksiyonlar sayesinde maksimum, minimum ve ortalama derece-saat değerleri kolayca tespit edilebilmektedir.

- Soğutma sezonundaki her ay için saatlik derece-saat değerlerini bulmamızı mümkün kılan bir yaklaşım literatürde ikinci kez bu çalışmayla ortaya konmuştur.
- Saatlik ve aylık toplam soğutma derece-saat değerlerini bulmamızı kolaylaştıran yeni bir grafiksel gösterim şekli orta konulmuştur. Bu sayede istenen saat aralıklarında derece-saat değerleri kolayca tespit edilebilmektedir.
- Bu çalışmada ayrıca aylık bazda saatlik derece-saat değerlerinin tespit edilerek soğutma maliyet hesaplarında kullanılması özendirilmeye çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] SATMAN, A., YALCINKAYA, N. Heating and cooling degree-hours for Turkey. Energy 24, 10, 833-40, 1999
- [2] COSKUN, C. A novel approach to degree-hour calculation: Indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation. Energy 35, 2455-60, 2010
- [3] OKTAY, Z., COSKUN, C., DİNCER, I. A new approach for predicting cooling degree hours and energy requirements in buildings. Energy, In Press, 2011
- [4] PAPAİKOSTAS, K., KYRIAKIS, N. Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece. Renewable Energy 30, 12, 1873-1880, 2005
- [5] 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.

ÖZGEÇMİŞ

Can COŞKUN

Erzincan doğumludur. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bölüm birinciliği ile bitirmiştir ve onur sertifikasına layık görülmüştür. Balıkesir Üniversitesinden sırasıyla 2007 ve 2011 yılları itibarıyla Yüksek Mühendis ve Doktor unvanını almıştır. İklimlendirme, yenilenebilir enerji ve ısı transferi konularında çalışmaktadır.

Mustafa ERTÜRK

1965 Afyon doğumludur. 1987 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tesisat Ana Bilim Dalından mezun olmuştur. 1998 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümünden yüksek lisans derecesini aldı. 2007 yılında Balıkesir Üniversitesi makine mühendisliği enerji anabilim dalında doktora eğitimine başlamıştır. 1998 yılından bu yana Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Soğutma, Havalandırma, İklimlendirme, Isıtma, Güneş enerjisi, Doğal gaz, Yenilenebilir enerji alanında çalışmaktadır.

Zuhal OKTAY

1991 yılında Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü dönem birincisi olarak bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1994 yılında Yüksek Mühendis ve 1999 yılında Doktor unvanını almıştır. 1994-1999 yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000-2006 yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2006 yılından bu yana aynı üniversitede Doçent olarak görev yapmaktadır. 2002 yılından bu yana EİE tarafından verilen Sertifikalı Enerji Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Isıl sistemlerin enerjetik ve ekserjetik analizi konusunda yurtdışında birçok projede görev almıştır. Yenilenebilir enerji, yakma sistemleri, enerji-ekserji analizi ve kurutma konularında çalışmaktadır.

İbrahim DİNÇER

İbrahim Dinçer Kanada UOIT üniversitesi mühendislik ve uygulamalı bilimler fakültesinde profesör olarak görev yapmaktadır. Yazar olarak yer aldığı birçok kitap, kitap bölümü, uluslar arası makale, konferans ve teknik raporlar bulunmaktadır. Birçok ulusal ve uluslar arası konferans, sempozyum, çalıştay ve teknik toplantıda düzenleyici olarak katkı koymuştur. Uluslar arası birçok farklı bilimsel organizasyon ve kuruluşun aktif üyesidir. Prestijli birçok uluslararası dergide editörlük, yardımcı editörlük ve editörlük kurul üyesi yapmaktadır. Birçok araştırma, eğitim ve hizmet ödülü sahibidir.