

SICAK İKLİM BÖLGELERİNDE SOĞUTMA YÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF COOLING LOADS IN HOT CLIMATES

F. İlgın ERKMEN^a, Gülay Zorer GEDİK^b, Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN^b

^a İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, İstanbul, Türkiye
ierkmen@iticu.edu.tr

^b Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
ggedik@yildiz.edu.tr, serefhan@yildiz.edu.tr

(Makale geliş tarihi / Article arrival date: 20.02.2006, Yayına kabul tarihi / Acceptance date: 03.05.2006)

ÖZET

Sıcak iklim bölgelerinde sıcak dönem soğuk dönemden daha uzun sürmektedir. Bu nedenle bu bölgeler için baskın olan sıcak dönem şartları soğutma yükü açısından önem taşımaktadır. Son yıllarda çevre kirliliği nedeniyle yaşanan iklimsel değişimler (sera etkisi, küresel ısınma gibi) enerji harcamalarını ve soğutma konusunu ön plana çıkarmaktadır. Bu çalışma kapsamında, sıcak iklim bölgelerinde yapıların soğutma yüklerinin karşılaştırılması ele alınmıştır. Sıcak nemli iklim tipi için Antalya, sıcak kuru iklim tipi için Diyarbakır illeri seçilerek, verileri ve fiziksel özellikleri belirlenen örnek bir yapı ele alınmış ve belirlenen 21 Temmuz tasarım günü için Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi ile (Cooling Load Temperature Difference-CLTD) soğutma yükü hesapları yapılmıştır. İki ayrı sıcak iklim tipi için soğutma yükü sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Soğutma yükü, iklimsel analiz, ısısal konfor, sıcaklık farkı yöntemi, bağıl nem

ABSTRACT

In hot climates, the hot period is longer than the cold period. Therefore, in hot zones, the dominant hot period conditions are critical for the cooling load. Recently, climatic changes due to environmental pollution problems, such as heat effect and global warming, have given primary signifiacnce to energy consumption issues and cooling. This reserch aims to compare the cooling load of a building in hot climate: The city of Antalya for the hot humid and the city of Diyarbakır for hot dry climatic types are chosen as sample cases. The calculation of cooling load is based on the Cooling Load Temperature Difference (CLTD) method, which is operated on a simple building for the day of design, 21 July. The cooling load calculations are evaluated by compare the results of the two different climate types.

Key Words : Cooling load, climatic analysis, thermal comfort, temperature difference method, relative humidity

1. GİRİŞ

Son yıllarda, hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliği dünyanın ekolojisini olumsuz olarak etkilemektedir. Atmosferdeki belirli gazların artmasına bağlı olarak sıcaklıkların da arttığı görülmektedir. Günümüzde dünyadaki ortalama hava sıcaklıklarındaki artış ve çevre sorunları nedeniyle yaşanan iklimsel değişimler (sera etkisi, küresel ısınma gibi) enerji harcamalarını ve soğutma konusunu ön plana çıkarmaktadır.

İklim, yerleşim ve yapı tasarımını etkileyen fiziksel etkenlerin başında gelir. İklimi oluşturan hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar, güneş ışınimleri ve yağışlar kişilerin açık mekanlarda ısısal konfor duygusunu doğrudan etkilediği gibi kapalı hacimlerde de dolaylı olarak etkiler [1].

Yapı kabuğu, sürekli olarak dış havanın sıcaklığı, nem, rüzgarlar ve güneşin ışınım etkisi altındadır. Bu etkenler sıcak hava ve soğuk hava koşullarında ayrı ayrı değerlendirilir. Özellikle güneşin ışınım etkisi ve hava sıcaklığı her iki hava koşulunda da yapı içi ısısal konfor açısından önemlidir. Isı bir hacimde insanın konfor duygusunu sağlayan en önemli fiziksel ortam öğelerinden birisidir.

Yapılarda ısısal konforu ve enerji korunumunu sağlamaya yönelik çalışmalar, ağırlıklı olarak soğuk dönemde ısıtma enerjisini içermektedir. Ancak konu ısıtma ile sınırlı olmayıp havalandırma ve soğutma unsurlarının bir arada ele alınıp, değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bilindiği gibi sıcak iklim bölgelerinde, uzun süren sıcak dönemde ısı kazançlarının fazla oluşu nedeniyle mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise enerji kullanımını yönünden çok daha fazla giderlere neden olmaktadır.

Ayrıca sıcak-nemli iklim bölgelerinde, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk

yaratmakta ve bağıl neme bağlı olarak hissedilir sıcaklık artış görülmektedir (Çizelge 1). Sıcak hava ve yüksek nem oranının yarattığı olumsuz koşullar nedeniyle bu bölgelerde baskın olan sıcak dönem şartları soğutma yükü açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada sıcak nemli (Antalya) ve sıcak kuru (Diyarbakır) iklim koşullarının, belirlenen bir örnek yapı üzerinde toplam soğutma yükü açısından irdelenerek değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Çizelge 1. Bağıl neme bağlı hissedilir sıcaklık [2]

		BAĞIL NEM, (%)										
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
S I C A K L I K , ° C	43	58										
	42	54	58									
	41	51	54	58								
	40	48	51	54	58							
	39	46	48	51	55	58						
	38	43	46	48	51	54	58					
	37	41	43	46	48	51	54	59				
	36	38	41	43	45	47	51	54	58			
	34	36	38	39	41	43	46	48	51	54	57	
	33	34	36	37	38	41	42	44	47	39	52	55
	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50
	31	31	32	33	34	35	37	38	39	41	43	45
	30	29	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41
29	28	29	29	30	31	32	32	33	34	36	37	
28	27	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	
27	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	30	

2. SICAK İKLİM BÖLGELERİNDE SOĞUTMA DÖNEMLERİNİN BELİRLENMESİ

Tasarım gereksinimleri açısından sıcak iklim tipleri, sıcak-nemli ve sıcak-kuru olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

Bu çalışmada örnekleme amacıyla sıcak nemli iklim tipi için Antalya (36° 06' ve 37° 27' kuzey enlemleri ve 29° 14' ve 32° 27' doğu boylamaları), sıcak kuru iklim tipi için Diyarbakır (37° 55' kuzey enlemi ve 40° 12' doğu boylamı) illeri seçilmiştir. Örnek olarak seçilen bu illerin soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada; Antalya ve Diyarbakır'ın 10 yıllık dış hava sıcaklıkları, meteorolojik verilerden incelenerek, 21 Temmuz, soğutma yükü hesabı için yıl boyunca max sıcaklığa ulaşılan dönemi temsil eden gün olarak seçilmiştir (Çizelge 2).

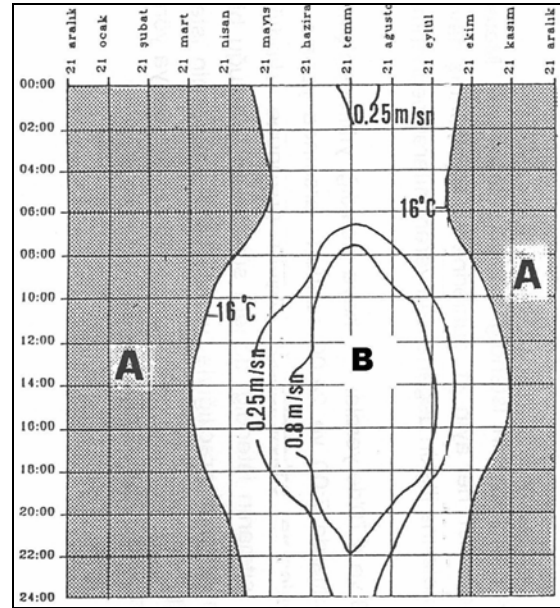
Çizelge 2. 21 Temmuz günü Antalya ve Diyarbakır saatlik dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri [3]

Saatler	Antalya		Diyarbakır	
	Dış Hava Sıcaklığı °C	Dış Hava Nemliliği %	Dış Hava Sıcaklığı °C	Dış Hava Nemliliği %
01.00	24	76	26,5	34
02.00	24	75	25,5	38
03.00	24	70	24	40
04.00	24	69	23,5	41
05.00	24	69	23	42
06.00	25	69	24	40
07.00	27	67	28	37
08.00	30	60	31	33
09.00	31,5	54	33	30
10.00	32,5	46	35	28
11.00	33	48	36,5	25
12.00	33	49	37,5	24
13.00	33	49	38,5	22
14.00	33	47	39	21
15.00	33	46	39	21
16.00	32,5	52	39	21
17.00	31,5	54	39	21
18.00	30,5	58	38	21
19.00	29	64	36	22
20.00	27,5	70	34	24
21.00	27	73	32	26
22.00	26	76	31	29
23.00	25	77	29,5	30

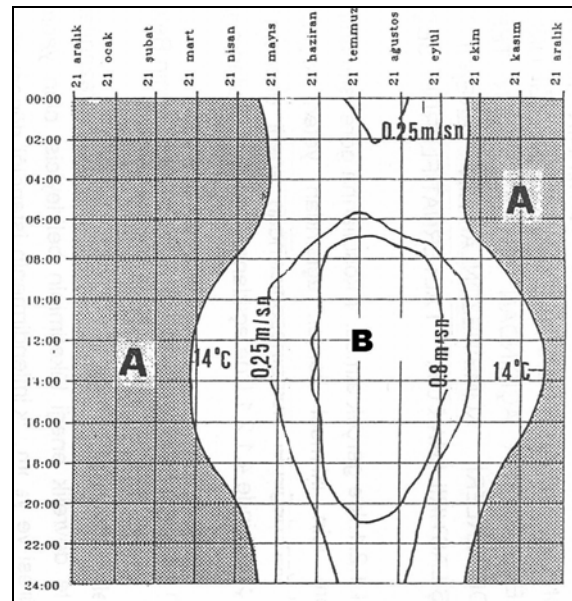
• Soğutma Dönemlerinin Belirlenmesi

İklimsel konfor grafiklerinden yararlanarak Antalya ve Diyarbakır illeri için soğutma istenilen dönem süreleri belirlenmiştir [4]. Şekil 1'de ve Şekil 2'de de görüldüğü gibi, yapma ısıtmanın istenmediği dönem (sıcak dönem) soğuk dönemden daha uzun (Antalya için 8 ay, Diyarbakır için 8.5 ay) sürmektedir. Soğutmanın istendiği, mekanik sisteme ihtiyaç duyulan dönem ise Antalya ve Diyarbakır için 3.5 ay olarak görülmektedir. Soğutma istenen dönem açısından sürelerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle her iki il

için de baskın olan sıcak dönem şartları, soğutma yükü açısından önem taşımaktadır.



Şekil 1. Antalya'da soğutma istenilen dönem [4]



Şekil 2. Diyarbakır'da soğutma istenilen dönem [4]

- Yapma ısıtmanın istendiği dönem
- Yapma ısıtmanın istenmediği dönem
- Yapma iklimlendirmenin (soğutmanın) istendiği dönem

Yapma ısıtmanın istendiği dönem taralı alan (A) ve istenmediği dönem beyaz bölge olarak Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. B ile gösterilen alan yapma soğutma

sistemlerine ihtiyaç duyulan dönem olarak belirlenmiştir.

3. YAPILARDA SOĞUTMA YÜKÜ HESABI SOĞUTMA YÜKÜNÜN TANIMI VE BİLEŞENLERİ

Soğutma yükü, bir ortamı sabit sıcaklıkta tutmak için atılması gerekli ısı miktarıdır [5]. Soğutma yükü hesaplarına etki eden değişkenlerin sayısı çok fazladır ve genellikle bu değişkenlerin kesin olarak tanımlanması zor olup, bunların daima birbirleriyle karmaşık bir ilişkisi vardır. Soğutma yükünü meydana getiren pek çok bileşenin değeri, 24 saatlik zaman dilimi içinde önemli seviyede değişir.

Soğutma yükü hesaplarında;

- **yapı bileşenlerinden,**
- **sızma ve havalandırmadan,**
- **insan ve cihazlardan ,**

kaynaklanan ısı kazançlarının oluşturduğu soğutma yükü belirlenir [6]. Isı kazancı yapının iletim, taşınım ve/veya ışınım yoluyla kazandığı ısı enerjisidir. Ayrıca soğutma yükünün gizli ısı ile ilişkili bölümü hesaplanır. Gizli ısı kazancı ortama nem ilave edildiğinde yayılan nemden meydana gelir.

Ortamdaki soğutma yükünün hesaplanabilmesi için; mekanların yapı elemanlarının yapısı, kesit özellikleri ve iklim bilgilerinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla:

- Yapı yada hacme ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler, binanın konumu ve yönleri belirlenir.
- Hesaplama yapılacak ay ve gün belirlenerek, soğutma yükü hesaplarının yapılacağı günün, dış iklimsel verileri elde edilir.
- İç aydınlatma aygıtları, o mekanda yaşayan kişi sayısı, iç donanım, aletler vb. iç ısı yüküne etki edecek elemanlar belirlenir.
- İç ortam konfor koşullarına ilişkin değerler belirlenir [3].

Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi (Cooling Load Temperature Difference-CLTD)

Soğutma ve ısıtma yükü hesapları, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) tarafından önerilen yöntemle hesaplanabilmektedir.

ASHRAE, Toplam Eşitlik Sıcaklık Farkı (TETD-Total Equivalent Temperature Difference) ile Transfer Fonksiyonu (TFM-Transfer Function Method) yöntemlerinin karşılaştırmasını içeren bir araştırma yaptırmıştır. Bu araştırmanın bir parçası olarak pratikte kullanılan sistemlere TMF yöntemi uygulanarak elde edilen veriler, güneş gören duvarlardan, çatılardan ve pencerelerden iletimle olan ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükünün doğrudan hesaplanmasını sağlayacak soğutma yükü sıcaklık farkı (Cooling Load Temperature Difference-CLTD) değerlerinin bulunmasında kullanılmıştır. CLTD yöntemi, hesapların el ile yapılabilirdiği bir yöntem olup, geçiş fonksiyonu yöntemine dayanmaktadır.

Güneş alan dış yüzeyler ışınım yoluyla doğrudan güneşten ısı alırlar. Bu nedenle sıcak yaz koşullarında soğutma yükü hesaplarında güneşin etkisi önemli bir faktördür. Enerjinin bir kısmı doğrudan yaşanan hacimlere gelir. Işık geçirmeyen opak duvar yüzeylerine gelen ısı enerjisinin bir kısmı duvar tarafından yutulur ve daha sonra iletimle iç hacimlere geçer.

Soğutma yükü; her odanın duvar, döşeme, kapı ve tavanlarından olan ısı kazancına bağlı olarak yaz koşulları için uygun CLTD değerleri ve U toplam ısı geçiş katsayısı kullanılarak hesaplanır.

CLTD değerleri yapı bileşenleri için, hem güneş enerjisinden olan ısı kazancını, hem de sıcaklık farkından dolayı iletimle olan ısı geçişini içerdiği için, tek adımda yapı

bileşenlerinden kaynaklanan soğutma yükü hesabı yapılabilmektedir. Bu çalışmada, ASHRAE tarafından tek ayrı evler için ortalama alma yöntemiyle oluşturulan CLTD tabloları kullanılmıştır.

Bunun yanı sıra camdan güneş etkisi ile iç ortamda oluşan yüklerin hesaplanabilmesi için Pencere Camı Soğutma Yükü Faktörü (Glass Load Factor-GLF) değerleri geliştirilmiştir. Pencerenin net cam alanı ve pencerenin yönüne ve dış sıcaklığa bağlı olarak seçilen GLF faktörü ile birlikte

saydam alanlardaki soğutma yükü bulunur [6]. Bir sonraki adımda ise; iç ısı kaynakları olarak nitelenen insanlar, cihazlar ve sızmadan oluşan soğutma yükleri hesaplanır. Son olarak, ilk adımda hesaplanan soğutma yükü ile gizli soğutma yükü çarpılarak toplam soğutma yükü bulunur.

Soğutma yükü sıcaklık farkı değerleri yöntemiyle soğutma yükü hesabı için aşağıdaki adımlar izlenir.

Çizelge 3. Soğutma yükü sıcaklık farkı yöntemi hesap basamakları [6]

Yükün kaynağı		Denklem	Açıklamalar
A	<u>Yapı Bileşenleri</u>	$q_1=UA(CLTD)$ q_1 :Soğutma yükü, kW U: Isı geçiş katsayısı, W/m ² K A:Yapı elemanlarının yüzey alanı, m ² CLTD:soğutma yükü sıcaklık farkı, °C	Tüm yapının dış duvarlarından, döşeme , tavan, kapı ve çatıdan olan ısı kazancına bağlı olarak soğutma yükü, (yönlerine ve dış tasarım sıcaklığına bağlı olarak) sıcaklık farkı CLTD değeri (Çizelge 5), tüm yapı elemanlarının toplam ısı iletkenlik katsayısı (U) (Çizelge 4) ve yapı elemanlarının ısı kaybedilen yüzey alanları (A) kullanılarak hesaplanır
	<u>Saydam Alanlar</u> Pencereler	$q_2=(GLF)A$ GLF:Cam yükü faktörü, W/m ² A:Pencere yüzey alanı, m ²	Pencerenin yönüne, türüne ve dış tasarım sıcaklığına göre GLF değerleri Çizelge 7’ den bulunur ve binanın pencere yüzeyi (A-m ²) hesaplanır.
B	<u>Sızma</u>	$q_3= 1,23.Q.\Delta t$ $Q=ACH.(V).1000/3600$ Q:Hacimsel hava debisi, L/s ACH:bir saatteki hava değişimi, l/h Δt : dış-tiç:İç ve dış ortam arasında tasarım sıcaklık farkı, °C V : Odanın hacmi, m ³	Hava sızması için soğutma yükü (q_3) hesabında hacimsel hava debisinin (Q) bulunabilmesi için bir saatteki hava değişimleri (ACH) Çizelge 10’dan alınır. İç ve dış tasarım sıcaklık farkı (Δt) değeri ve binanın hacmi hesaplanır.
C	<u>İç Yükler</u>	İnsanlardan q_4 Cihazlardan q_5	İnsan için 67W alınır. Cihazlar ve aydınlatma için yaklaşık 470W alınır.
D	<u>Soğutma Yükü</u>	$\Sigma q=q_1+q_2+q_3+q_4+q_5$	Tüm yapı bileşenleri, sızma ve iç yüklerden kazanılan ısının toplanmasıyla soğutma yükü hesaplanır.
E	<u>Gizli Yük</u>	LF: Gizli ısı yükü çarpanı	Yük faktörleri (LF), tasarım dış nem oranı ve sızdırmazlık sınıfına göre Şekil 4 ve Şekil 5’den bulunur.
F	<u>Toplam Soğutma Yükü</u>	$q_{toplam}=(LF) \Sigma q$	Gizli ısı yükü çarpanı ve soğutma yükü değerinin çarpımı toplam soğutma yükünü verir.

4.ÖRNEK BİR YAPININ SOĞUTMA YÜKÜ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Örnek olarak ele alınan yapı 3 kişilik bir aile için kompakt, kare tabanlı (10m.x10m.) tek katlı ayrı ev olarak tasarlanmıştır. Özellikle güneye ve güney doğuya bakan yaşama haciminde kışın güneş ışığından yararlanmak ve dışarıyla görsel bağlantıyı sağlamak açısından geniş ve büyük cam yüzeyler, kuzeye bakan hacimlerde ise küçük açıklıklar kullanılmıştır. Yaz güneşi etkisini azaltmak için yatak odalarının batıya bakan cephesinde ise, pencere açılmamıştır.

Yapıya ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler aşağıda sıralanmıştır.

Taban alanı : 100 m²

Kat yüksekliği : 2.70 m.

Kat adedi : Tek kat

Çatı türü ve eğimi : %33 eğimli çatı

Hacim : 280 m³

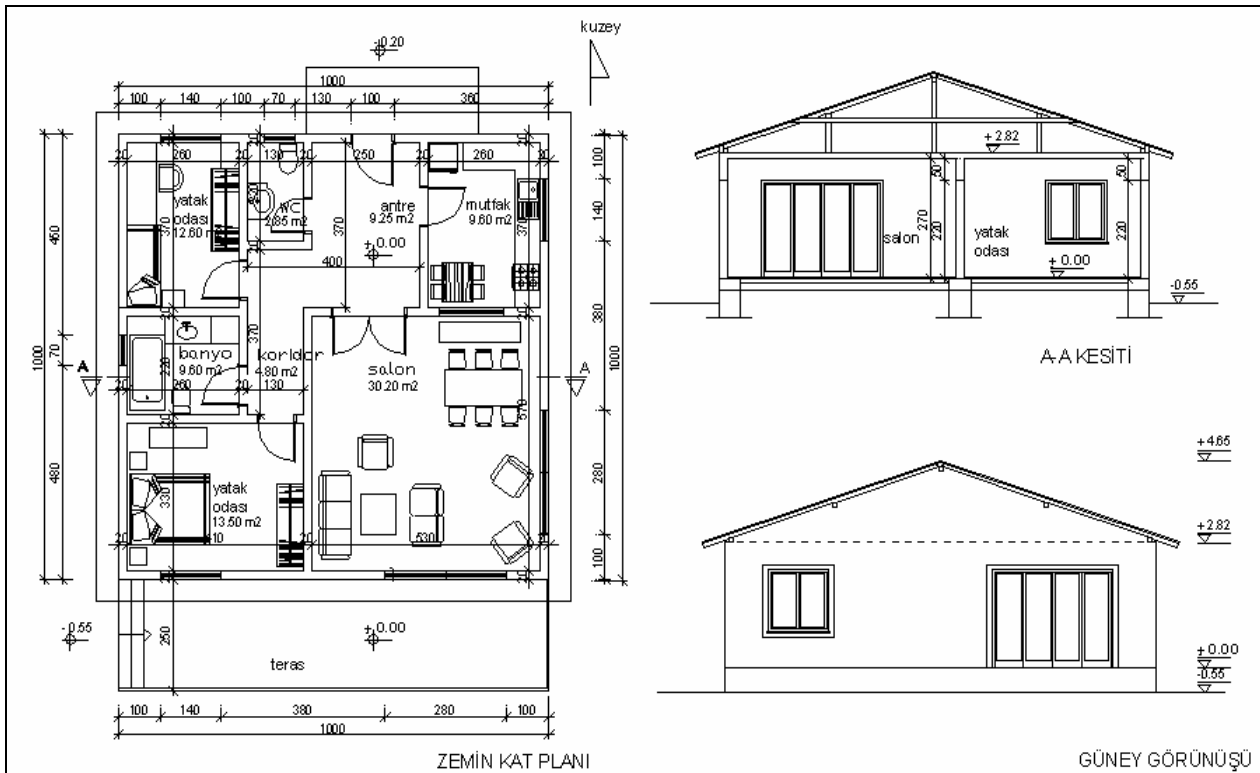
İç ortam koşulları : 24°C kurutermometre sıcaklığı, %50 bağıl nem

Kullanıcı sayısı : 3 kişi

Ayrı tek ev olarak seçilen örnek yapının (Şekil 3), pencere, kapı, tavan , döşeme ve duvarlarının yapısı aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler

Yapı Elemanı		Kalınlık d cm	Isı İletkenlik Katsayısı U , W/m ² K
Duvar	Dış sıva	3	0.53
	Polistren	5	
	Tuğla duvar	19	
	İç sıva	2	
Tavan (çatılı)	Şap	4	0.46
	Polistren köpük	5	
	Donatılı döşeme	12	
	İç sıva	2	
Zemin	Toprak-blokaj	15	0.29
	Beton plaka	10	
	Yalıtım	0.05	
	Seramik kaplama	1.2	
Dış kapı	Masif ahşap	4	3.5
Pencere	Çift cam, ahşap doğrama		2.9



Şekil 3. Örnek yapının plan, kesit ve görünüşü

4.1. Örnek Yapının Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Yöntemiyle (Cooling Load Temperature Difference-CLTD) Soğutma Yüğü Hesabı

Bu bölümde, soğutma yüklerinin hesaplanmasında, ASHRAE tarafından konutlar için geliştirilen yöntemle, örnek bir yapı için sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgelerinden örnek olarak seçilen Antalya ve Diyarbakır illeri için, hesaplar yapılmıştır.

Hesaplamalarda, yapı bileşenlerinden oluşan ısı kazancına bağlı soğutma yüğü dolu alanlar ve saydam alanlar olmak üzere iki aşamada ele alınmıştır. Bu çalışmada her odanın iklimlendirilmiş hava gereksinimini belirlemek amacıyla her mekan ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha sonra hava sızdırması ve iç ısı kazançlarından oluşan soğutma yükleri hesapları yapılmıştır. Tüm hesaplamalar sonucunda örnek yapının her bir birimi için soğutma yükleri elde edilmiştir. Ayrıca soğutma yükünün gizli ısı ile ilişkili bölümü hesaplanmış ve toplam soğutma yüğü bulunmuştur.

Aşağıdaki adımlarda, toplam soğutma yükünün hesaplanmasındaki tüm aşamalar gösterilmiştir.

A- Yapı Bileşenlerinden Oluşan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü Hesapları

Soğutma yükleri hesabında 21 Temmuz günü 8.00-20.00 saatleri arasında Antalya ve Diyarbakır illerinin dış hava sıcaklığı ve dış hava nemliliği değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak,

Antalya dış hava sıcaklığı 32°C
Diyarbakır dış hava sıcaklığı 38 °C
Antalya dış hava nemliliği %56
Diyarbakır dış hava nemliliği % 26 olarak hesaplara katılmıştır [3].

Dolu ve Saydam Alanlar:

Çizelge 3'de yapı bileşenlerinin dolu ve saydam alanlarından oluşan soğutma yüklerinin hesap basamakları gösterilmiştir. Örnek yapının dolu alanlardan oluşan soğutma yüklerinin hesaplarında Çizelge 5'de gösterilen CLTD değerleri kullanılmış ve hesaplanan soğutma yükleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Ayrı tek evler için ortalama yöntemiyle bulunan CLTD (cooling load temperature difference-soğutma yüğü sıcaklık farkı) değerleri [6]

	Hesap Sıcaklığı, °C											
	29		32			35			38		41	42
Günlük Sıcaklık Aralığı, °C	L	M	L	M	H	L	M	H	M	H	M	H
Tüm duvarlar ve kapılar												
Kuzey	4	2	7	4	2	10	7	4	10	7	10	13
Kuzeydoğu ve Kuzeybatı	8	5	11	8	5	13	11	8	13	11	13	16
Doğu ve Batı	10	7	13	10	7	16	13	10	16	13	16	18
Güneydoğu ve Güneybatı	9	6	12	9	6	14	12	9	14	12	14	17
Güney	6	3	9	6	3	12	9	6	12	9	12	14
Çatılar ve Tavanlar												
Tavanarası veya çatı katı	23	21	26	23	21	28	26	23	28	26	28	31
Döşeme ve Tavanlar												
İklimlendirilmiş bölge altında	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
Bölmeler												
İç veya gölgelenmiş	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
Günlük değişim (tasarım için seçilen günde dış hava sıcaklığının değişimi) eş değer sıcaklık farkını önemli ölçüde etkiler. Günlük sıcaklık aralıkları H, M ve L olarak sınıflandırılmıştır H:Yüksek : 14 °C değerinin üzerinde büyük sıcaklık değişimini M:Orta : 9 °C ile 14 °C arasındaki orta sıcaklık değişimini L:Düşük:9 °C değerinin altında küçük sıcaklık değişimini göstermektedir.												

Çizelge 6. Antalya ve Diyarbakır yapı elemanlarından (dolu alanlar) oluşan soğutma yükü hesapları

				ANTALYA		DİYARBAKIR	
Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı Geçiş Katsayısı U (W/m ² k)	Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı CLTD, (°C)	Soğutma Yükü q ₁ :U.A.CLTD, (W)	Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı CLTD, (°C)	Soğutma Yükü q ₁ :U.A.CLTD, (W)
SALON	Güney Duvarı	8.66	0.53	6	27.53	9	41.31
	Doğu Duvarı	9.77	0.53	10	51.78	13	67.91
	Tavan	33.8	0.46	23	357.60	26	404.25
	Zemin	33.8	0.29	5	49.01	7	68.61
						485.92	
MUTFAK	Doğu Duvarı	8.6	0.53	10	45.58	13	59.25
	Kuzey Duvarı	7.93	0.53	4	16.81	7	29.42
	Tavan	13.8	0.46	23	146	26	165.05
	Zemin	13.8	0.29	5	20.01	7	28.01
						228.4	
ANTRE	Kuzey Duvarı	4.3	0.53	4	9.21	7	15.95
	Kuzey Dış Kapı	2.2	3.50	4	30.8	7	53.9
	Tavan	9.9	0.46	23	104.74	26	118.4
	Zemin	9.9	0.29	5	14.35	7	20.1
						159.01	
WC	Kuzey Duvarı	3.71	0.53	4	7.86	7	13.76
	Tavan	3.9	0.46	23	41.26	26	46.64
	Zemin	3.9	0.29	5	5.65	7	7.9
						54.77	
ÇOCUK YATAK ODASI	Kuzey Duvarı	5.84	0.53	4	12.38	7	21.67
	Batı Duvarı	10.27	0.53	10	54.43	13	70.8
	Tavan	11.7	0.46	23	123.79	26	140
	Zemin	11.7	0.29	5	16.97	7	23.75
						207.57	
BANYO	Batı Duvarı	5.75	0.53	10	30.48	13	39.62
	Tavan	10.8	0.46	23	114.26	26	129.2
	Zemin	10.8	0.29	5	15.66	7	21.9
						160.4	
EBEVEYN YATAK ODASI	Batı Duvarı	9.63	0.53	10	51.04	13	66.35
	Güney Duvarı	9.22	0.53	6	29.32	9	43.98
	Tavan	16.1	0.46	23	170.34	26	192.5
	Zemin	16.1	0.29	5	23.35	7	32.68
						274.05	
TOPLAM DOLU ALANLAR SOĞUTMA YÜKÜ					1570.12		1922.89

Örnek yapıda cam yüzeyler normal çift cam olarak düşünülmüştür. Pencere soğutma yükü faktörlerinde Antalya için 32°C ve Diyarbakır için 38°C dış hesap sıcaklığında, Çizelge 7'nin normal çift cam değerleri sütunundan GLF değerleri alınarak yapının

saydam alanlarından oluşan soğutma yükleri aşağıda hesaplanmıştır (Çizelge 8). Çizelge 9'da Antalya ve Diyarbakır illeri için hesaplanan örnek yapının yapı elemanlarından oluşan soğutma yükleri özetlenmiştir.

Çizelge 7. Ayrı tek evler için GLF (glass load factor-pencere camı yük faktörü) değerleri [6]

Hesap Sıcaklığı, °C	Normal tek cam						Normal çift cam					
	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43
İç gölgeleme olmadan												
Kuzey	107	114	129	148	151	158	95	95	107	117	120	129
Kuzeydoğu ve Kuzeybatı	199	205	221	237	243	262	173	177	186	196	199	208
Doğu ve Batı	278	284	300	315	322	337	243	246	255	265	268	278
Güneydoğu ve Güneybatı	249	255	271	287	290	309	218	221	230	240	243	252
Güney	167	173	189	205	211	227	145	148	158	167	170	180
Yatay güneşiği	492	492	508	524	527	539	432	435	442	451	454	464

Çizelge 8. Antalya ve Diyarbakır yapı elemanlarından (saydam alanlar) oluşan soğutma yükü hesapları

Yükün Kaynağı	Alan A, m ²	ANTALYA		DİYARBAKIR	
		Pencere Camı SoğutmaYükü Faktörü, GLF	Soğutma Yükü q ₂ :GLF.A, W	Pencere Camı SoğutmaYükü Faktörü, GLF	Soğutma Yükü Q ₂ :GLF.A, W
SALON	Güney Pencere	6.16	148	167	1028.7
	Doğu Pencere	6.16	246	265	1632.4
			2427.04		2661.1
MUTFAK	Doğu Pencere	1.54	246	265	408.1
WC	Kuzey Pencere	0.49	95	117	57.33
ÇOCUK Y. OD.	Kuzey Pencere	1.96	95	117	229.32
BANYO	Batı Pencere	0.49	246	265	129.85
EBEVEYN Y. OD.	Güney Pencere	1.96	148	167	327.32
TOPLAM SAYDAM ALANLAR SOĞUTMA YÜKÜ			3449.25		3813.02

Çizelge 9. Antalya ve Diyarbakır toplam yapı elemanlarından oluşan soğutma yükleri

	ANTALYA			DİYARBAKIR		
	Yapı elemanlarından oluşan s.yükü		Toplam yapı elemanlarından oluşan s.yükü (kW)	Yapı elemanlarından oluşan s. yükü		Toplam yapı elemanlarından oluşan s.yükü (kW)
	Dolu A. (kW)	Saydam A. (kW)		Dolu A. (kW)	Saydam A. (kW)	
SALON	0.49	2.42	2.91	0.58	2.66	3.24
MUTFAK	0.23	0.38	0.61	0.28	0.41	0.69
ANTRE	0.16	-	0.16	0.20	-	0.20
WC	0.06	0.047	0.11	0.07	0.057	0.13
ÇOCUK YAT. OD.	0.20	0.19	0.39	0.26	0.23	0.49
BANYO	0.16	0.12	0.28	0.19	0.13	0.32
EBEVEYN Y. OD.	0.27	0.29	0.56	0.34	0.33	0.67
TOPLAM	1.57	3.45	5.02	1.92	3.81	5.73

B- Hava Sızdırmasından Oluşan Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Dış hava belli bir miktar iç ortama girmek zorundadır. Çünkü ortamda minimum düzeyde dış hava bulunmalıdır. En azından 0.472 L/s'lik dış havanın kişi başına sağlanması gereklidir [6].

Konutlarda doğal hava sızmaları, kışa oranla yaz aylarında daha azdır. Bunun nedeni rüzgar hızının bir çok yerde düşük olmasıdır. Doğal hava sızması saatte 0,5 hava değişiminden daha az ise havalandırma yapılması düşünülmelidir [6].

Çizelge 10'da verilen saatlik hava değişimi değerleri (ACH) tek evlerde yapılan ölçümlere dayanmaktadır. Bu ölçümlerde yapılar sıkı, orta, ve gevşek olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Sızma hesabı yapılacak proje için sıkı sınıf seçilmiştir.

Çizelge 10. Sızma-Bir saatteki hava değişimleri [6]

Sınıf	Dış hesap sıcaklığı °C					
	29	32	35	38	41	43
Sıkı	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
Orta	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56
Gevşek	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78

- Sıkı–Yerlerine iyi oturan kapılar, pencereler ve sızdırmaz duvarlardan oluşan ve 140 m² değerinin altında döşeme alanına sahip evler bu sınıfa girer.
- Orta–Yeni iki katlı evler veya on yaşını aşmış, bakımı orta derecede yapılmış, 140 m² oturma alanından büyük evler orta sayılan yapılar sınıfına girer.
- Gevşek–20 yılı aşmış, bakımsız, orta düzeyde evler bu sınıfa girer.

ACH değerindeki hava sızması için Çizelge 3'de belirtilen adımlar izlenerek hesaplar yapılmıştır (Çizelge 11).

Çizelge 11. Sızma Hesapları

Denklem	ANTALYA	DİYARBAKIR
Q:ACH(V)1000/3600	Q: 0.34x280x1000/3600	Q: 0.36x280x1000/3600
	Q:26.44 L/SQ: 28 L/S	Q: 28 L/S
	tdış- t iç: 32-24:8°C	tdış- t iç: 38-14 °C
q ₃ : 1.23 Q (tdış-tiç)	q ₃ : 1.23x26.44x8	q ₃ : 1.23x28x8
	q₃:0.26 kW	q₃:0.48 kW

C- İç ısı kazançlarından (iç yüklerden) oluşan soğutma yüklerinin hesaplanması:

İnsanlar: İnsanlar buldukları farklı etkinlikler, giysilerinin yalıtım düzeylerine ve rengine ve çevresel koşullara bağlı olarak çevreye ısı yayarlar. İnsan yoğunluğunun az olduğu durumlarda bile insanlardan kaynaklanan yük göz önüne alınmalıdır.

Dinlenme durumunda bir kişi için duyulur ısı kazancı kişi başına 67 W varsayılır. Son nüfus sayımı çalışmalarına dayanılarak evdeki toplam kişi sayısının, bir yatak odası için iki kişi, diğer yatak odaları için ise birer kişi gözönüne alınarak bulunabileceği önerilmiştir [6]. Bu öneri dikkate alınarak ;

3 kişilik bir aile için : 3 x 67 : 201 W soğutma yükü (q₄) hesaplanmıştır.

Cihazlar: Soğutma yükü hesaplarında, ısı üreten tüm cihazlardan olan ısı kazancı hesaba katılmak zorundadır. Bu tür cihazlar genellikle mutfak ve banyoda bulunur. Aynı tek evlerde 470 W (q_5) değerinde duyulur ısı yükü mutfak, banyo ve yakın odalar arasında bölüştürülmelidir [6].

D- Soğutma Yükü

Antalya ve Diyarbakır illeri örnek olarak seçilen yapının tüm yapı elemanlarından, sızma ve iç yüklerden oluşan soğutma yükleri Çizelge 12’de özetlenmiştir.

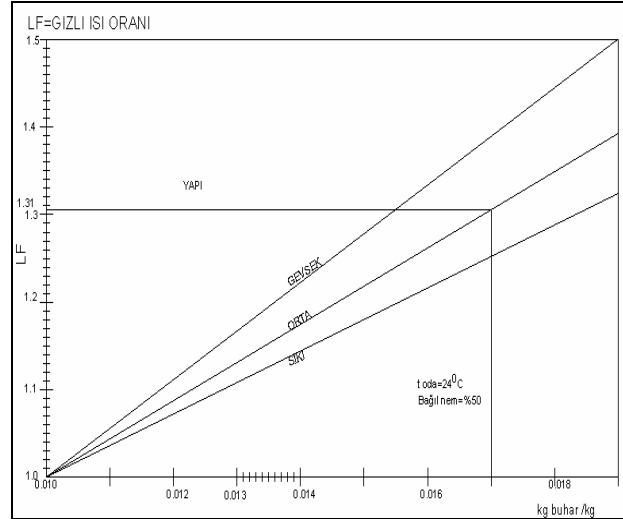
Çizelge 12. Soğutma yükü özeti

	Antalya soğutma yükü, (kW)	Diyarbakır soğutma yükü, (kW)
Dolu alanlar	1.57	1.92
Saydam alanlar	3.45	3.81
Sızma	0.26	0.48
İnsanlar	0.20	0.20
Cihazlar	0.47	0.47
Toplam (Σq)	5.95	6.88

E- Gizli ısı nedeniyle oluşan soğutma yükünün hesaplanması

Bu aşamada dış havanın bağıl neminin neden olduğu gizli ısı yükü hesaplanmıştır.

Mc Quinstan’ın (1984) transfer fonksiyonu yöntemi kullanılarak, çok kuru ile çok ıslak arasında değişen coğrafi bölgelerde bulunan konutlarda, gizli yük oranlarının (LF) belirlenmesinde kullanılan Şekil 4’deki grafikten yararlanılmıştır [6].



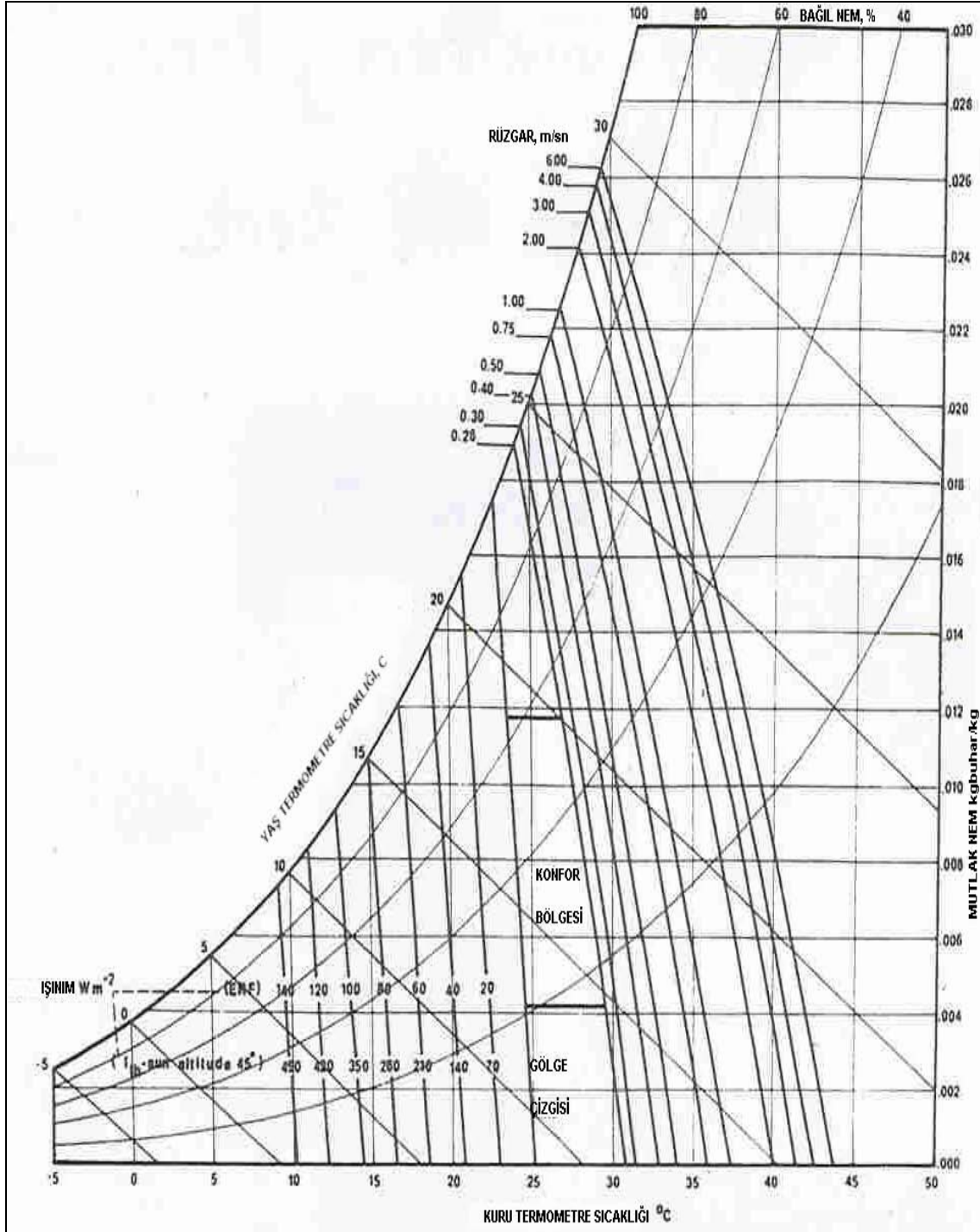
Şekil 4. Sızmanın gizli ısı oranına etkisi [6]

Mutlak nem oranına bağlı olarak LF değerini belirleyebilmek için, sıcaklık, bağıl nem ve mutlak nem arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 5.’den dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerine bağlı olarak kgbuhar/kg cinsinden mutlak nem değeri belirlenmiştir.

Nem oranı 0,010’dan küçük ise LF =1.0 alınmalıdır

Toplam soğutma yükü, LF değeri tasarım nem oranı ve hava sızdırmazlığının fonksiyonu olarak Şekil 4’den seçilerek hesaplanmıştır.

- Antalya’da % 56 bağıl nem değeri ve 32⁰C kuru termometre sıcaklığında, mutlak nem 0.017 kgbuhar/kg olarak ve gizli ısı yükü çarpanı değeri 1.31 LF,
- Diyarbakır’da %26 bağıl nem değeri ve 38⁰C kuru termometre sıcaklığında, mutlak nem 0.010 kgbuhar/kg ve gizli ısı yükü çarpanı değeri 1LF olarak bulunmuştur.



Şekil 5. Sıcaklık-bağıl nem-mutlak nem ilişkisi [7]

Bu doğrultuda; Antalya ve Diyarbakır illerinin daha önceki bölümde bulunmuş olan soğutma yüklerine, LF değerinin gizli ısı yükü olarak eklenmesiyle oluşan toplam soğutma yükleri belirlenmiştir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Antalya ve Diyarbakır toplam soğutma yükleri

Toplam soğutma yükü	Antalya	Diyarbakır
q toplam: LF x Σ q	1.31 x 5.95 7.79 kW	1 x 6.88 6.88 kW

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Sıcak-nemli iklime sahip Antalya yöresinin ve sıcak-kuru iklime sahip Diyarbakır yöresinin 21 temmuz gününe ait soğutma yükü hesapları bu çalışmada karşılaştırılmıştır (Çizelge 14). Isıtmanın istenmediği, soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemde ısı kazancı miktarlarının fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 14. Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması

	Antalya	Diyarbakır
SONUÇ		
Soğutma yükü	Σq : 5.95 kW	Σq : 6.88 kW
Toplam soğutma yükü	q_{toplam} : 7.79 kW	q_{toplam} : 6.88 kW

Sıcak dönemin soğuk döneme oranla daha uzun olduğu bu iki iklim bölgesinde de iklimlendirme enerjisine ihtiyaç duyulmakta ve bu gereksinim belirli dönemlerde doğal yollardan karşılanamamaktadır. Bu durumda iklimlendirme enerjisinin birim maliyetinin yüksek olduğu göz önüne alınırsa örnek konutun kabuğunda uygun yalıtımın yapılması gerekir. Bu ayrı bir çalışma konusu olarak araştırılabilir.

Antalya ve Diyarbakır'da, örnek tasarım günü seçilen 21 Temmuz döneminde mekanik soğutmaya ihtiyaç vardır. Her iki iklim bölgesinde de, sıcak dönem şartları soğutma yükü açısından önem taşımaktadır.

İlk aşamada; sıcaklık farkı (CLTD) yöntemiyle hesaplanan soğutma yükleri iki bölgede de farklı bulunmuştur. Sıcak-nemli iklime sahip Antalya'nın soğutma yükü değerleri, sıcak-kuru iklime sahip Diyarbakır'dan daha düşük çıkmıştır.

Diyarbakır'da sıcak dönem (ısıtmanın istenmediği) (Şekil 2), Antalya'nın sıcak döneminden (Şekil 1) daha uzun

sürmektedir. Soğutma yükü hesaplarının yapılması için seçilen en sıcak dönem olan 21 Temmuz döneminde Diyarbakır'ın dış hava sıcaklığı (38°C), Antalya'nın dış hava sıcaklığından (32°C) daha fazladır. Her iki il için yapılan soğutma yükü hesaplarında da bu farklılık ortaya çıkmıştır. Sadece dış hava sıcaklığına bağlı olarak yapılan hesaplarda Diyarbakır'ın soğutma yükü hesapları doğal olarak Antalya'nın hesaplarından daha fazla bulunmuştur.

Her iki il için de, örnek yapıdaki mekanların buldukları yönlere ve mekanların organizasyonuna göre soğutma yüklerinde azalma ve artma gözlemlenmektedir.

Örneğin; güneye ve batıya bakan salon ile doğuya ve batıya bakan çocuk yatak odası arasında soğutma yükü açısından belirgin farklılıklar görülmektedir. 21 Temmuz günü salon hacminde Antalya'da 2.91 kW ve Diyarbakır'da 3.24 kW soğutma yüküne ihtiyaç duyulurken, çocuk yatak odasında bu değer Antalya'da 0.39 kW'a ve Diyarbakır'da 0.49 kW'a kadar düşmektedir.

Dış cepheye bakan duvarların alanlarına bağlı olarak mekanlarda soğutma yükü değerlerinde farklılıklar oluşmaktadır. Kuzey yönüne en az cephesi olan ve m² olarak en küçük hacimli olan WC'nin soğutma yükü çok düşük ve dış cepheye en fazla yüzeyi bulunan salon hacminin soğutma yükü değeri fazla bulunmuştur.

Ancak, ikinci aşamada ASHRAE tarafından geliştirilen Sıcaklık Farkı yönteminde sıcaklık ve nem arasındaki bağlantı hesaplamalarda ortaya çıkmaktadır. Sıcak nemli iklime sahip Antalya'da nem ögesi gizli ısı kaynağı olarak soğutma yüklerine etki etmekte ve toplam soğutma yükünde artış gözlemlenmektedir. Antalya'da, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk yaratmakta ve bağıl neme bağlı olarak hissedilir sıcaklıkta artış görülmektedir. Antalya için %58 olan bağıl nem gizli ısı

kaynağı olarak toplam duyulur soğutma yükü hesabına katıldığında Antalya'nın (q:7.79 kW), Diyarbakır ilinden (q: 6.88 kW) daha fazla toplam soğutma yükü değerlerine ulaştığı görülmektedir.

Sonuç olarak iki farklı sıcak iklim özelliğine sahip Antalya ve Diyarbakır illerinde, Antalya'daki yüksek bağıl nem oranının Diyarbakır'a oranla fazla oluşu nedeniyle, sıcak-nemli iklimde 21 Temmuz günü daha düşük dış hava sıcaklığı olmasına rağmen, yüksek sıcaklığa sahip kuru sıcak iklimden fazla soğutma yüküne ihtiyaç duyulduğu gözlenmektedir.

Ancak dış hava nemliliğinin yapı soğutma yüküne etkisinin belirlenmesinde daha detaylı yöntemler kullanılarak, çok sayıda alternatif için hesaplamaların yapılması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] Gedik Z. G., (1992), Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, YTÜ, İstanbul.
- [2] Dinler, A., (2000), "Hızlı Gelişme ve Şehirleşmenin Kuşadası İklimi Üzerine Etkileri", Geçmişten Geleceğe Kuşadası Sempozyumu, 23-26 Şubat 2000, Kuşadası.
- [3] Erkmen, F. İ., (2005) Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya, Diyarbakır Örneği), Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- [4] Berköz, E., Aygün, Y. Z., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, F., Küçükdoğu, M., Enarun, D., Ünver, R., Yener, K. A. ve Yıldız, D., (1995), Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak ProjeNo: İntag 201, İstanbul.
- [5] Altıparmak, Ö. D., (1999), Binalarda Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükünün Bilgisayarla Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Anon., (1998), Konutlarda Isıtma ve Soğutma Yükü Hesapları, Bölüm 25, ASHRAE Temel El Kitabı, İstanbul.
- [7] Watson, D., Labs, K. (1983), Climatic Buildig Design, Mc Gram-Hill Book Company