

127114

**KONUT DIŞI BİNALARDA DEĞİŞKEN HAVA
DEBİLİ İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN
BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Hamdi İlker TÜRKMEN
503001107

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02 Ekim 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Kasım 2002

İT. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOĞRULAMA MERKEZİ

Tez Danışmanı :

Doç.Dr. Nurdil ESKİN

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Feridun ÖZGÜÇ

Prof.Dr. Zerrin YILMAZ (Enerji Enst.)

Kasım 2002

127114

ÖNSÖZ

Çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle bana her türlü desteği veren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Nurdil ESKİN' e, tezin ilerleyişinde değerli fikirleri ile yön veren Sayın Omar ve Sayın Khalid'e, bu tezin hazırlanması esnasında uzaklardan da olsa maddi ve manevi desteğini hep yanımda hissettiğim aileme, değerli arkadaşlarım Bil. Müh. Arzucan Özgür, Araş.Gör. Y. Mak.Müh. Afşin Güngör ve Mak.Müh. Cemil Öztürk'e Teşekkür Ederim.

Mak.Müh.H. İlker TÜRKMEN

EYLÜL 2002

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	IV
TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI-VII
SEMBOL LİSTESİ	VIII-XI
ÖZET	XII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
3. KONUT DIŞI BİNALARDA ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİNİN HESAPLANMASI	4
3.1 Giriş	4
3.2 Dış Ortam Verileri	4
3.2.1 ASHRAE Dış Sıcaklık Tespit Metodu	5
3.2.2 Tipik Referans Yıl İçin Saatlik Sıcaklık Verisi	7
3.2.3 Uzun Yıllar Ortalaması	7
3.3 Soğutma ve Isıtma Yüklerine Tesir Eden Parametreler	7
3.3.1 İç Ortam Tasarım Değerleri	8
3.3.2 Havalandırma Debileri	9
3.3.3 Cihazlara Ait Veriler	12
3.3.4 Aydınlatma Verileri	15
3.3.5 İnsanlara Ait Veriler	18
3.4 Konut Dışı Binalarda Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Metodlar	19
3.4.1 Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Katsayılar	19
3.4.1.1 İletimle Isı Geçiş Katsayıları (CTF)	19
3.4.1.2 Salon Geçiş Fonksiyonları (RTF)	20
3.4.1.3 Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Katsayısı (CLTD)	21
3.4.1.4 Soğutma Yükü Faktörü (CLF) Kullanımının Mümkün Olmadığı Haller	22
3.4.1.5 Güneş Enerjisi Isı Kazancı Katsayıları	22
3.4.2 Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Metodlar	23
3.4.2.1 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı Metodu- TETD Metodu	23

3.4.2.2 Geçiş Fonksiyonu Metodu	24
3.4.2.3 Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı / Güneş Enerjisi Soğutma Yüğü Faktörü / Soğutma Yüğü Faktörü Metodu	29
3.4.2.4 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zamana Göre Ortalama Metodu	31
3.5 Metodların Karşılaştırılması ve Birbirlerine Göre Üstünlükleri	34
3.5.1 Hesapların Kesinliği	35
3.5.2 Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı/Güneş Enerjisi Soğutma Yüğü Faktörü/Soğutma Yüğü Faktörü Metotlarının Uygulanmasındaki Sınırlamalar	36
4. KLİMA SİSTEMLERİ	38
4.1 Sistem Seçim Esasları	38
4.1.1 Sistem Maliyeti	38
4.1.2 Bina Özellikleri	39
4.1.3 Sistem Tipleri	39
4.1.4 ZON Kavramı	40
4. 2 Tam Havalı Sistemler	41
4.2.1 Tek Kanallı Sistemler Genel Tanıtımı	41
4.2.2 Çift Kanallı Sistemler Genel Tanıtımı	42
4.2.3 Tam Havalı Sistemlerin Tatbikat Alanları	42
4.2.4 Tam Havalı Sistemlerin Avantajları	42
4.2.5 Tam Havalı Sistemlerin Dezavantajları	43
4.3 Tek Kanallı Sistemler	43
4.3.1 Sabit Hava Debili Sistemler	43
4.3.1.1 Tek Zonlu Sistemler	43
4.3.2 Değişken Hava Debili (VAV) Sistemler	45
4.3.2.1 VAV Sisteminin Avantajları	47
4.3.2.2 VAV Sisteminin Dezavantajları	47
4.3.3 Kısmalı VAV	47
4.3.3.1 Tekrar Isıtmalı Sistemler (Reheat Sistemler)(VAV-RH)	48
4.3.4 Sabit Hava Debili Sistem (CAV) İle Değişken Hava Debili (VAV) Sistemin Karşılaştırılması	48
4.3.5 VAV Çevresel Isıtıcı Sistem (VAV-PH)	49
4.3.6 Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Sistemler(VVT)	49

4.3.6.1 Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Sistemlerin Avantajları	50
5. ISIL YÜKLERİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ HESAPLAMASI	51
5.1 Giriş	51
5.2 Hesaplama Yapılan Kabuller	51
5.3 Bina Tasarım Değerleri	52
5.4 Güneş Işınımının Hesaplanması: Açık Gökyüzü Modeli	53
5.4.1 Güneş Isı Kazancı	56
5.5 SİMÜLASYON Programı	58
5.5.1 Simülasyon Programının Akış Diyagramı	58
5.5.2 Isıl Yüklerin İncelenmesinde Göz önüne Alınan Değişkenler	60
5.6 Programın Yapabildikleri	65
5.7 Programın Geçerliliğinin İrdelenmesi	66
6. BULUNAN DEĞERLER VE İRDELEME	77
6.1 Bina Parametrelerinin Küçük Binalar için Duyulur Isı Kazançları Üzerindeki Etkisi	77
6.1.1 Pencere ve Duvar Oranlarının Değişiminin Etkisi	77
6.1.2 Farklı Pencere Tiplerinin Duyulur Soğutma Yükü Üzerindeki Etkisi	81
6.1.3 Farklı Cam Tiplerinin Duyulur Soğutma Yükü Üzerindeki Etkisi	82
6.1.4 Gri Yüzey Kaplamalı Cam İle İç Gölgeleme Elemanının Soğutma Yükleri Üzerindeki Etkisi	84
6.2 Bina Parametrelerinin Orta Bina için Duyulur Isı Kazançları Üzerindeki Etkisi	86
6.2.1 Pencere ve Duvar Oranlarının Değişiminin Etkisi	87
6.2.2 Farklı Pencere Tiplerinin Duyulur Soğutma Yükü Üzerindeki Etkisi	90
6.2.3 Perde Etkisinin Duyulur Soğutma Yükleri Üzerindeki Etkisi	92
6.2.4 Ayrı Gölgeleme Katsayısına Sahip Orta Büyüklükteki Binanın Toplam Soğutma Yüklerinin Pencere/Duvar Oranına Göre Değişimi	94
6.3 Bina Büyüklük Etkisinin Duyulur Soğutma Yükü Üzerindeki Etkisi	95
6.4 Sistemlerin Mukayesesi	96
7. SONUÇLAR	104
KAYNAKLAR	106
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ	116

KISALTMALAR

ASHG	: Yutulan güneş ısı kazancı
ASHGF	: Yutulan güneş ısı kazanç faktörü
CAV	: Sabit hava debili sistem
CLF	: Soğutma yükü faktörü
CLTD	: Soğutma yükü sıcaklık farkı
COP	: Performans katsayısı
E.o.t	: Equation of time
FP	: Fan destekli
KT	: Kuru termometre sıcaklığı
Met	: Metabolik hız
OPD	: Oran pencere duvar
PH	: Çevresel ısıtıcı
RH	: Son ısıtıcı
SC	: Gölgeleme katsayısı
SCL	: Güneş soğutma yükü
SHG	: Güneş ısı kazancı
SHGF	: Güneş ısı kazanç faktörü
TSHG	: Geçen güneş ısı kazancı
TSHGF	: Geçen güneş ısı kazanç faktörü
VAV	: Değişken hava debili sistem
VVT	: Değişken sıcaklık ve hava debili sistemler
YT	: Yaş termometre sıcaklığı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 İç Ortam Sıcaklık Değerleri	8
Tablo 3.2 Konfor İklimlendirmesi İç Tasarım Şartları Dış Ortam Sıcaklığına Göre Değişimi.....	9
Tablo 3.3 Minimum Havalandırma Debilerinin Yıllara Göre Değişimi	12
Tablo 3.4 Konut Dışı Binalarda Kullanılan Bazı Cihazlardan Olan Isı Kazancı.....	14
Tablo 3.5 Farklı Büro İşleri Sırasındaki Metabolik Isı Üretimi.....	18
Tablo 3.6 Salon Geçiş Fonksiyonları, w	21
Tablo 3.7 Salon Geçiş Fonksiyonları: v_0 , v_1 Katsayıları	21
Tablo 3.8 Saatlik Ortalama İçin Toplam Duyulur Isı Kazancının Taşınım ve Işınım Yüzdeleri.....	28
Tablo 5.1 Atmosfer dışı güneş ışıınımı yoğunluğu ve ilgili veriler.....	55
Tablo 5.2 DSA Tipi pencere için geçen ve yutulan ışıınımı hesaplamak için katsayılar	57
Tablo 5.3 Program Giriş Verileri.....	60
Tablo 5.4 İllere Göre İklim Verileri.....	61-62
Tablo 5.5 Bina Büyüklük Verileri.....	63
Tablo 5.6 Zonların Kullanım Amaçları.....	64
Tablo 5.7 ASHRAE Değerleri ile Simülasyon Programının Sonuçları.....	74-76
Tablo 6.1 Serpantin Kapasitesini Belirlemede Kullanılan Veriler.....	97
Tablo 6.2 İstanbul ve Antalya İçin Değişken Hava Debili Sistemin Sonuçları	99
Tablo 6.3 İstanbul ve Antalya İçin Sabit Hava Debili Sistemin Sonuçları.....	100
Tablo 6.4 İstanbul ve Antalya İçin Sabit Hava Debili Sistemin Fiyat Analizi	102
Tablo 6.5 İstanbul ve Antalya İçin Değişken Hava Debili Sistemin Fiyat Analizi	103
Tablo A.1 Çatı ve Duvar Tiplerinde Kullanılan Tabakaların Kod Numaraları ve Isıl Özellikleri	109
Tablo A.2 Çatı için iletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları	110-112
Tablo A.3 Duvar için İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları	113-115

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : Standart etkin sıcaklık ve ASHRAE konfor bölgeleri	8
Şekil 3.2 : Minimum havalandırma debisinin (ft ³ /dak.kişi) zaman içindeki değişimi	11
Şekil 3.3 : Aydınlatmanın soğutma yüküne ısı depolama etkisi	16
Şekil 4.1 : Zon Kavramı	40
Şekil 4.2 : Sabit havalı tek zonlu sistem	44
Şekil 4.3 : Sabit hava debili ve Değişken hava debili sistemlerin şematik diyagramı	46
Şekil 4.4 : Çevresel ısıtıcı değişken hava debili sistem (VAV-PH)	49
Şekil 4.5 : Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Havalı Sistemlerin Şematik Diyagramı	50
Şekil 5.1 : Gökküre Üzerindeki Önemli Güneş Açıları	53
Şekil 5.2 : Programın akış şeması	59
Şekil 5.3 : Hesaplaması Yapılan Binada Zonların Dağılımı	63
Şekil 5.4 : ASHRAE Hesaplamalarında Kullanılan Tek Katlı Ofis Binasının Planı	66
Şekil 5.5 : Anlık duyulur Isı Kazancı, W	67
Şekil 5.6 : Gizli Isı Kazancı, W	67
Şekil 5.7 : Taşınım Isı Kazancından Kaynaklanan Duyulur Soğutma Yüğü	68
Şekil 5.8 : Işınım Isı Kazancından Kaynaklanan Duyulur Soğutma Yüğü	69
Şekil 5.9 : Simulasyon programından elde edilen anlık duyulur ısı kazancı değerlerinin karşılaştırılması	69
Şekil 5.10 : Simulasyon programından elde edilen anlık duyulur soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması	70
Şekil 5.11 : Düşey bir duvar için simulasyon programından elde edilen anlık duyulur ısı kazancı değerlerinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması	71
Şekil 5.12 : Düşey bir duvar için simulasyon programından elde edilen anlık soğutma yükü değerlerinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması	72
Şekil 5.13 : Oda geçiş katsayılarının anlık soğutma yükü üzerindeki etkisinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması	73
Şekil 6.1 : Küçük bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında (OPD) değişimi	78-79
Şekil 6.2 : Küçük bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki (OPD=0.4) değişimi	81

Şekil 6.3	: Farklı cam tiplerinin etkisi $OPD=0.4$	83
Şekil 6.4	: Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir illerindeki küçük bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarına göre değişimi	84
Şekil 6.5	: Ankara ilindeki küçük ölçekli ofis binasında $OPD=0.4$ olması halinde duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün aynı gölgeleme katsayısı kullanılması halindeki değişimi	85
Şekil 6.6	: Antalya ilindeki küçük ölçekli ofis binasında $OPD=0.4$ olması halinde duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün aynı gölgeleme elemanları kullanılması halindeki değişimi	85
Şekil 6.7	: Orta bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında (OPD) değişimi ($SC=0.64$)	87-89
Şekil 6.8	: Orta bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki ($OPD=0.4$) değişimi	90-91
Şekil 6.9	: Ankara ilindeki orta bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki ($OPD=0.4$) değişimi	92
Şekil 6.10	: Antalya ilindeki orta büyüklükteki bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki ($OPD=0.4$) değişimi	93
Şekil 6.11	: Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir illerindeki orta bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında değişimi ($SC=0.64$)	94
Şekil 6.12	: Ankara ili $OPD= 0.4$ $SC= 0.81$ için bina büyüklüğüne göre duyulur soğutma yüklerinin değişimi	95
Şekil 6.13	: İllere göre toplam soğutma yükü değerlerinin $OPD=0.4$ ve $OPD=0.8$ e göre değişimi ($SC=0.64$)	96
Şekil 6.14	: Bina kanal dağılımı	97
Şekil 6.15	: Değişken hava debili sistem	98
Şekil.6.16	: Sabit hava debili sistem	98
Şekil 6.17	: Performans katsayısının Antalya ve İstanbul da bulunan SHD ve DHDS göre değişimi	101

SEMBOL LİSTESİ

A	: Alan
a_j, t_j	: Geçen ve yutulan ışınlımı hesaplamak için katsayılar
$b_n, d_n, \Sigma c_n$	: İletimle ısı geçişi fonksiyonu katsayıları
d	: Deklinasyon açısı
e	: Çatı ve duvarda analizi yapılan tabaka
F	: Faktör
H	: Saat açısı
h	: Isı taşınım katsayısı
h	: Havanın entalpisi
I	: Güneş ışınlım şiddeti
L	: Enlem
N	: Ortamda bulunan insan sayısı
N_i	: Tek camda yutulan güneş enerjisinin ortama geçirilen kısma oranı
Q	: Isıl yük
rf_1	: Yük elemanı 1,...,n için saatlik duyulur ısı kazancı ışınlım oranı
s	: Duyulur ısı kazancı ortalama ışınlım oranının bulunduğu saat sayısı
T	: Sıcaklık
tc	: Yerel saat
ts	: Güneş saati
U	: Toplam ısı geçiş katsayısı
$\dot{V}$	: Havalandırma debisi
V	: Özgül hacim
v_0, v_L, w	: Salon geçiş katsayıları
W	: Güç
w	: Özgül nem
X	: Mutlak nem miktarı
Y	: Düşey yüzeydeki gökyüzü yayılı ışınlımın yatay yüzey üzerindeki gökyüzü yayılı ışınlıma oranı,

ALT İNDİS LİSTESİ

θ, i	: θ anı için
arf	: n yük elemanı için saatlik duyulur ısı kazancı ortalama ısıtım oranı
b	: Bitişik ortam
c	: Sadece taşınım ile ısı kazancı sağlayan j yapı elemanından olan
cf	: n yük elemanı için hesapların yapıldığı saat için duyulur taşınım
d	: Yayılı
D	: Doğrudan
Dn	: Doğrudan dik
DT	: Toplam günlük
ea	: Günlük ortalama güneş-hava
el	: Aydınlatma
FL	: Yakacak kayıp
i	: İç ortam
il	: Cihaz toplam etiket veya katalog gizli ısı
ilk	: İnsanlardan gizli ısı
infd	: İnfiltrasyondan duyulur
infg	: İnfiltrasyondan gizli
inftot	: İnfiltrasyondan toplam
is	: Cihaz toplam etiket veya katalog duyulur
isk.	: İnsanlardan duyulur
L	: Yük
l	: Gizli
loc	: Yerel
ml	: Cihazlar gizli
ms	: Cihazlar duyulur
n	: b ve d değerlerinin alındığı saat sayısı
o	: Dış ortam
oa	: Günlük ortalama dış hava

r	: Yansıyan
RA	: Cihaz ışıını
rc	: Sabit zon
s	: Duyulur
s,l	: 1,...n yük bileşenlerinden olan saatlik duyulur
sa	: Aydınlatma armatür
sc	: Sadece taşınım la ısı kazancı sağlayan yapı elemanlarından olan
std	: Standart
t	: Yer yüzeyine ulaşan toplam kısa dalga boylu ışıını
tf	: Işıını ve taşınım
UA	: Cihaz kullanma
ul	: Aydınlatma kullanma



YUNAN HARFLERİ

ε	: Yüzeyin yarı küresel ışınlm yayma katsayısı
δ	: Zaman adımı
θ	: Yık hesaplarının yapıldığı saat
λ	: Etken azaltma faktörü
β	: Güneş yükseklik açısı
φ	: Güneş azimut açısı
γ	: Yüzey-güneş azimut açısı;
θ	: Geliş açısı
ϕ	: Bağlı nem,
Σ	: Yüzey eğim açısı
ψ	: Yüzey azimut açısı
ρ_g	: Yeryüzü yansıtma katsayısı
ΔR	: Gökyüzü ve çevredeki cisimlerden yüzey üzerine düşen uzun-dalga ışınlmı ile dış hava sıcaklığındaki siyah cismin yaydığı ısı ışınlmı arasındaki fark

KONUT DIŞI BİNALARDA DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Türkiye de bulunan bir ofis binasında ASHRAE'nin Geçiş Fonksiyonu Metodunu kullanarak çeşitli parametrelere bağılı olarak soğutma yükünü elde edilmesi ve sabit hava debili sistem ile değışken hava debili sistemin performans ve maliyet açısından karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla İstanbul, İzmir, Antalya ve Ankara illerinde bir ofis binası ele alınmıştır. İncelemeler esnasında binanın dış kabuk yapısı optimum düzeyde alınarak bütün illerde aynı kabul edilmiş olup buna bağılı olarak binanın bulunduğu yerin iklim şartları, binanın büyüklüğü, Pencere/ Duvar Oranı, pencere tipi, pencere gölgeleme elemanı tipi gibi parametreler doğrultusunda ısı kazançlarının ve soğutma yüklerini oluşturan bileşenlerin tespiti yapılmış, ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda Değışken hava debili sistem ile Sabit hava debili sistem mukayese edilmiştir. Teorik ve sayısal çalışma bölümünde, Geçiş fonksiyonu metodu ve ASHRAE'nin açık gökyüzü modeli ile ilgili hesaplama yöntemi ve denklemleri verilmiştir. Bunun yanı sıra, çalışmada kullanılan pencere tipleri , pencere gölgeleme elemanları, cihazlar, insanlar, aydınlatma gibi ısı kazancında etkili olan elemanlar detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Tezin uygulama aşamasında, hesaplamaların doğru ve çabuk elde edilmesi için de bilgisayar programı yazılmış olup elde edilen sonuçlar ASHRAE ve Omar ile Khalid'in çalışmalarının sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçların ASHRAE nin verileri ile uyumlu oldukları ve maksimum hatanın kabul edilebilir düzeyde sonuçların elde edilebildiğı saptanmıştır. Dolayısıyla program verilen koşullarda doğru çalışmaktadır. Bu saptamanın ardından söz konusu olan parametreler incelenmiş ve soğutma yüklerinin ofis binalarında azaltılması yönünde bazı sonuçlar elde edilerek tez kapsamında bunların detaylı izahı yapılmıştır.

Ele alınan küçük bina tipinden elde edilen sonuçları incelendiğinde,

OPD'ın %20 dan başlayarak her %20 oranında artışından iller sırasıyla; İzmir'de; %25,76; %20,48; %17 , İstanbul'da; %23,12; %18,78; %15,99, Antalya'da; %20,35; %17,89; %14,9 oranında maksimum duyulur soğutma yükünde artış olmaktadır.

Binada sade cam giydirme cephe çerçeve tipi yerine Alüminyum çerçeveli pencere tipi kullanılmasıyla duyulur soğutma yükünde Ankara için ; %17,2, Antalya için ; %16,86; İstanbul için ; %18,1; ve İzmir için ; %16,56 oranında azalma olmaktadır

Binada cam tipi olarak düşük neşretme katsayılı gri cam tipi kullanılması halinde maksimum duyulur soğutma yükünde Ankara için %15.1; Antalya için ; %13.5, İstanbul için ; %14.21, İzmir için ; %15.94 oranında azalma sağlamak mümkündür.

İç gölgeleme elemanı olarak açık renkli sık dokuma perde kullanılmasına rağmen cam tipi olarak düşük neşretme katsayılı gri cam tipine göre, en düşük soğutma yüküne sahip saatte, gri yüzey kaplamalı cam tipine göre Ankara ilinde %4.25, Antalya ilinde %4.46, saat 17:00 itibari ile de Ankara ilinde %6.41, Antalya ilinde %5.84 oranında bir artış meydana gelmektedir. Ayrıca orta ve büyük bina tipleri için yapılan incelemelerin sonuçları verilmektedir.

Sonuç olarak; bu tez çalışmasında ele alınan sistemlerde Değişken hava debili sistemin Sabit hava debili sisteme göre daha iyi performansa sahip olmakla birlikte fiyat analizi neticesinde değişken hava debili sistemin, diğer sisteme göre ilk yatırım maliyetinin daha fazla olduğu görülmüştür.

SIMULATION ANALYSIS OF CONSTANT AIR VOLUME AND VARIABLE AIR VOLUME HVAC SYSTEMS FOR NON-RESIDENTIAL BUILDINGS

ABSTRACT

This study aims to examine the cooling loads according to ASHRAE Transfer Function Method in commercial building in Turkey and compare the Variable Air Volume and Constant Air Volume due to the performance and cost. This office building is founded in Istanbul, Izmir, Antalya and Ankara. During the calculation, the outer shell of the building is taken at optimum rate for all the cities. Parameters like the climatic conditions, size of the building, glazing wall ratio, glazing type, shading element type data are obtained from the standards and due to these parameters cooling loads are compared. In the part of the critical and numerical study, Transfer Function Method and ASHRAE Clear Sky Model equations are given. Also the affective component of the heat gains such as glazing type, shading elements, machines, humans, and lighting are explained in details. In the application part of the thesis, a computer program was developed and the results are compared with ASHRAE and Omar study. The results are in harmony with ASHRAE.

As the results obtained for the small building, it was observed that;

For the increase rate of %20 of the glazing wall ratio from %20 to %80;

The sensible cooling load increase for Izmir; %25,76; %20,48; %17, for Istanbul; %23,12; %18,78; %15,99, for Antalya; %20,35; %17,89; %14,9.

In the building, when aliminyum framed double glass is used instead of transparent air tight glass, the sensible cooling load rate decreases at a rate of %17,2 for Ankara, %16,86 for Antalya, %18,1for Istanbul, %16,56 for Izmir.

When low e type glass is used, the sensible cooling load rate decreases at a rate of %15.1 for Ankara, %13.5 for Antalya, %14.21for İstanbul, %15.94 for İzmir .

When curtain is used as a shading element instead of low e double glass, at the lowest sensible cooling load time, the sensible cooling load rate increases at a rate of %4.25 for Ankara, %4.46 for Antalya, at 17:00 %6.41 for Ankara, %5.84 for Antalya. Also the results of the cooling loads for the medium and large sized building are given.

Finally, it is observed that variable air volume has more efficient than the constant air volume system due to the high initial cost.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Konut dışı binalar iklimlendirme sistemlerinin tasarımında önemli bir yer tutar. Bu grup içinde ofisler, hastaneler, büyük alışveriş merkezleri, okullar, toplum hayatına yönelik çalışan binalar(tiyatrolar, sinemalar, konser ve konferans salonları, kütüphaneler ve sergi salonları ve müzeler gibi toplum hayatına açık merkezler) yer almaktadır. Bu geniş kullanım alanı içinde günlük çalışma hayatının geçtiği ofis binaları insan hayatında önemli bir yer kapsamaktadır.

Sistemlere etki eden pek çok tasarım ve bina parametreleri olmakla beraber bu çalışmada bu değişkenler arasında en önemli oranda ısıll yüklerle etki eden ve değişkenlik seviyesi en fazla karşılaşılan parametreler ele alınmıştır. Bu parametreler; binanın bulunduğu yerin iklim şartları; binanın büyüklüğü, Pencere/ Duvar Oranı, pencere tipi, pencere gölgeleme elemanı tipi olarak seçilmiştir. Bu parametreler doğrultusunda ısı kazançlarının ve soğutma yüklerini oluşturan bileşenlerin tespiti yapılmıştır. Bölüm 3 de dış ortam verileri, iç ortam sıcaklık değerleri, havalandırma debileri, cihazlara ait veriler, aydınlatma verileri, insanlara ait veriler, konut dışı binalarda ısıll yüklerin hesaplanmasında kullanılan metotlar, metotların karşılaştırılması ve birbirlerine göre üstünlükleri, Bölüm 4’de sistem seçim esaslar, Tam havall sistemler, Tek kanallı sistemler, Sabit hava debili sistemler (CAV), Değişken hava debili (VAV) sistemler, Sabit hava debili sistem (CAV) ile Değişken hava debili (VAV) sistemin karşılaştırılması, Değişken sıcaklık ve hava debili sistemler(VVT) anlatılmıştır. Bölüm 5’de ısıll yüklerin hesaplanması ve bu yüklerin hesaplanıp soğutma yüküne dönüştürülmesi için simülasyon programını yazılmış olup, içeriği, programın akış diyagramı, ve programın geçerliliği ASHRAE nin ve Omar ile Khalid’in yapmış olduğu çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra ki Bölüm 6’da da belirlenen parametrelere göre İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya için sonuçlar elde edilmiş olup, bu sonuçlardan İstanbul ve Antalya ilinde bulunan Pencere/ Duvar Oranı=0.4, perdeli cam özelliklerine sahip küçük bina parametreleri doğrultusunda elde edilen soğutma yüküne bağlı olarak “ Sabit Hava Debili Sistem (SHDS) ile Değişken Hava Debili Sistem (DHDS)” mukayesesi ele alınmıştır.

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Konut dışı binaların iklimlendirme sistem tasarımı, iklim verilerinin tespiti, tasarım şartlarının belirlenmesi, ısıtma ve soğutma yüklerinin hesabı ve sistem tasarımı olmak üzere temel olarak dört ana kategoride inceleme gerektirir. Bu konuda ulusal ve uluslararası pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmalar uluslararası çeşitli makalelerde yayınlanmakta ve yaygın uygulamalar ve elde edilen sonuçlar ise standartların oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın hazırlanmasında kullanılan kaynaklar temel olarak standartlar ve son gelişmelerin ve metotların açıklandığı makaleler olmuştur. Bu kaynaklar arasında en temel kaynak ASHRAE tarafından yayınlanan kaynaklardır.

ASHRAE, ilk defa 1972 yılında çalışmasını desteklemiş olduğu Mitalas G.P tarafından geliştirilen geçiş fonksiyonu yöntemini, konut olarak kullanılan binalar dışındaki yapıların, hava şartlandırma sisteminin soğutma yükünün hesaplanmasında kullanmıştır[1]. ASHRAE yapmış olduğu uygulamada; Amerika da 40° kuzey enlemde bulunan tek zonlu bir ofis binasını ele alarak geçiş fonksiyonu metodunu uygulamıştır[1]. Yapılan bu uygulamada değişken dış ortam sıcaklığını uygulayarak saatlik olarak soğutma yüklerini bulmuştur. Yalnız bu uygulamada cihazlardan olan ısı kazancı dikkate alınmamış ve kişi başına havalandırma debisi olarak da 7 L/s almıştır. ASHRAE'nin TFM metodunun geçerliliğini gösterebilmek için bir çalışmada, Omar ve Khalid, tarafından yapılmıştır[1,24]. Bu makalede duvar, çatı ve pencerelerden olan saatlik soğutma yükünü hesaplayan bilgisayar programı yazılmış ASHRAE sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ancak karşılaştırılan duvarlar, pencereler ve çatıdaki değerler arasında ortalama %5 oranında farklar bulunmaktadır. Ayrıca insanlar, aydınlatma, infiltrasyon gibi ısı kazancı elemanlarının hesaplaması da yapılmamaktadır.

Spitler ve Mcquiston, makalesinde insanlar, ve diğer ekipmanlara bağlı ışıınım ve konveksiyonla olan ısı kazançlarının yüzdelerinde farklılık göstermesi üzerine soğutma yükünün elde edilmesinde kullanılan oda geçiş katsayılarının modifiye edilmesi gerektiğini bildirmektedir[25]. Sistemlerle ilgili çalışmalarda ise Uddin Zaheer ve Zheng yapmış olduğu çalışmada iki zonlu bir ofis binasının, kütle, momentum ve enerji dengesine bağlı olarak azalan sıralı bir model geliştirmiştir[26].

Ele alınan VAV'lı sistemde geceleri(18:00 den sonra) sadece fan enerjisi kullanarak dış havadan yararlanarak, gündüzleri (7:00-18:00) ise damperlerde PI kontroller aracılığıyla ortam da istenilen sıcaklığın Chillerin açık ve kapalı kalması durumuna göre simüle etmiştir.

Morteza ve Theodore, Iowa da bulunan eski tip yani yalıtımı daha az olan ofis binasını 5 zon üzerinden alarak, soğutma ve ısıtma yüklerini bulurken Trane Company nin TRACE adlı programını kullanmıştır[27]. Yalnız hesaplamalar esnasında kişi başına 9.33 L/s almıştır. Sonuçta VVT sistemleri ile VAV ve CAV sistemlerini; enerji tüketimlerine, ilk yıl kullanım maliyeti, çalışma ömründeki maliyetine göre mukayese yapmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda Türkiye'de Geçiş Fonksiyonu metodunu kullanarak ofis binası için uygulamasına rastlanamamıştır. Dolayısıyla yapılan bu çalışmada Türkiye şartlarına uygun dış sıcaklıklar kullanılarak bir ofis binasının ısı yükleri geçiş fonksiyonu metoduna göre bulunmaktadır. Ayrıca bu çalışmada pencere ve cam yapısının soğutma ve ısı kazancı üzerindeki etkisi de irdelenmiştir. İşlemlerin çabuk ve daha fazla simule çalışmasının yapılması için geçiş fonksiyonu metoduna uygun Simülasyon programı da Qbasic dilinde yazılmıştır. Program geçerliliğini göstermek için yapılan çalışmada herhangi bir hatayla karşılaşmamak için ASHRAE'nin verilerinde öncelikle ASHRAE'nin değerleri elde edilmiş olup bu sonuçlar İngiliz birimli (IP) değerlerden SI birim dönüşümü ile tekrar elde edilen değerlerle mukayese edilmiştir. Sonuçta elde edilen değerler ile ASHRAE'nin verileri büyük oranda uyuşmaktadır ve hata yüzdeleri Omar ve Khalid tarafından verilen değerlerden daha düşük olmaktadır.

BÖLÜM 3

KONUT DIŞI BİNALARDA ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİNİN HESAPLANMASI

3.1 Giriş

Konut dışı olarak kullanılan binalarda , soğutma ekipmanlarının kapasitelerini belirlemek amacıyla, hava şartlandırma sisteminin soğutma yükünün hesaplanmasında kullanılan üç metod vardır. Bu bölümde konut dışı binaların ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılan metodlar kısaca özetlenerek, bu metodlardan Geçiş fonksiyonu yöntemi izah edilmektedir. Bu yöntemin uygulanmasında kullanılacak giriş verileri verilmektedir.

3.2 Dış Ortam Verileri

Konut dışı binaların ısıtma ve soğutma sistemlerinin uygunluğu, sistem kapasitesinin belirlenmesi ve toplam enerji tüketim miktarı iklimsel tasarım şartlarına bağlıdır. İklimsel tasarım şartları, belirli bir bölge veya yerdeki dış ortam hava özelliklerini gösteren tasarım amaçlı iklim verilerini içerir. İklimsel tasarım değerleri, ölçölmüş uzun dönem meteorolojik verilerin istatistiksel analizi sonucu belirlenir. Genelde iklim verileri, ısıtma sistemleri için kış tasarım şartları ve soğutma sistemleri için yaz tasarım şartları olarak verilir. Kış tasarım şartları için kuru termometre sıcaklık değerı tek parametre olduğu için enerji analizi basittir. Fakat yaz tasarım şartları için sıcaklık ile birlikte nem ve güneş verileri gerektiğinden enerji analizi karmaőık hale gelmektedir. Isıtıcı ekipman seçimi ve hesabı için kış maksimum kuru termometre sıcaklıkları, klima cihazlarının seçiminde yaz maksimum kuru termometre sıcaklıkları kullanılmalıdır. Yaş termometre ise entalpinin maksimum değerini ifade etmektedir. Soğutma kuleleri, buharlaőtırmalı soğutucular ve taze hava ile havalandırma sistem tasarımında yaş termometre maksimum değerleri kullanılır. Çiğ noktası sıcaklığu maksimumları ise nem oranının en üst değerlerini verir. Benzer şekilde nem kontrolü işlemlerinde de bu değer kullanılır. Yıllık aşırı soğuk ve aşırı sıcak günlere ait değerler ise cihazların dayanabileceğu őartların belirlenmesi açısından önemlidir.

Tasarım sıcaklıklarının seçimi, yapılan projeye, tasarıma ve alınacak risk faktörüne göre farklılık gösterebilir. Dış ortam tasarım değerleri binanın ısı yüklerini ve ekonomik tasarımı etkiler. Dış tasarım şartlarının yanlış seçimi yanlış sonuçlar doğurur. Şayet çok katı ve en uç değerler esas alınır, ekonomik olmayan ve aşırı büyük kapasitede sistem tasarımı yapılacaktır. İyimser dış ortam şartları ise düşük kapasitede tasarım sağlar, ancak konforda olumsuzluklara yol açar. Dış ortam tasarım değerlerini belirlemek için kullanılan metotlar temel prensipte benzerlikler gösterir. Ancak saatlik ısı kazancı ve ısı kaybı değerlerinin hesaplanması için yıl boyunca saatlik dış tasarım değerlerine ihtiyaç vardır. Bu değerlerin tespitinde kullanılan iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar ASHRAE standartlarında belirlenen ASHRAE dış sıcaklık tespit yöntemi ile iklimlendirme sisteminin yapılacağı yere ait seçilen tipik bir yıla ait sıcaklık verilerinin tespiti yöntemleridir.

3.2.1 ASHRAE Dış Sıcaklık Tespit Metodu

Yaz ve kış tasarım şartları olarak sıcaklık değerleri sırasıyla belirli bir tekrar frekansına karşılık gelen maksimum ve minimum sıcaklıklar olarak tespit edilir

1-Isıtma ve soğutma sistemlerinin ısı hesaplamalarında farklı iklim verilerine olan ihtiyaca yönelik olmak üzere ASHRAE, 1997 yılında yürüttüğü bir proje ile, yeni iklimsel tasarım şartlarını geliştirmiş ve sonuçları yayınlamıştır [2]. Böylelikle daha önce verilen sıcaklık tasarım değerleri güncelleştirilmiştir[3]. Daha önce sadece yaz ayları boyunca tespit edilen %1, %2.5 ve %5 frekans değerleri [4], yıllık %0.4, %1 ve %2 frekans değerleri ile değiştirilmiştir[3]. Kış aylarında tespit edilen %99 ve %97.5 frekans değerlerinin yerini, yıllık %99.6 ve %99 değerleri almıştır. Böylelikle yaz ve kış ayları bölgeden bölgeye değiştiğinden, yıllık tekrar etme olasılığı ile bütün şehirler arasında homojenlik sağlanmıştır. Dolayısıyla ASHRAE'nin yeni önerdiği iklim verileri, mevsimsel veya aylık değerlerden ziyade yıllık uç değerlere dayanmaktadır. Bu yaptığı çalışmayı esas alarak ASHRAE, başta Amerika ve Kanada olmak üzere dünyadaki bir çok yerleşim yerleri için yeni iklimsel tasarım değerlerini frekans değerlerini kullanarak belirlemiştir. Isıtma için, %99.6 ve %99 yıllık frekans değerlerine karşılık gelen kuru termometre sıcaklık değerlerini tasarım şartı olarak önermekte ve bu şart ile yıllık 8760 saat içinde %99.6 frekans değeri için 35 saat, %99 frekans değeri için ise 88 saat tasarım değerinin altında kalacaktır. Yıllık %0.4, %1 ve %2 frekans değerlerine karşı gelen kuru termometre sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen ortalama yaş termometre sıcaklıkları ise soğutma ve

iklimlendirme sistemleri için tasarım şartları olarak önerilmektedir. Dolayısıyla, bu yöntem ile yıllık 8760 saat içinde %0.4 frekans değeri için 35 saat, %1 frekans değeri için 88 saat ve %2 frekans değeri için 175 saat tasarım şartı sıcaklıklarından büyük olacaktır [2].

ASHRAE yeni önerdiği iklim verileri formatında yıllık minimum ve maksimum kuru termometre sıcaklıklarının ortalama ve standart sapma değerleri de mevcuttur. Yıllık uç değerlerin verilmesi, ısıtma ve soğutma yüklerinin karşılamasından ziyade cihazın sürekli çalışması açısından tasarım için gerekli olabilir. Ayrıca soğutma tasarım değerleri olarak ortalama günlük sıcaklık farkı değerleri de tablolarda verilmektedir. Ortalama günlük sıcaklık farkı değerleri en sıcak aydaki günlük minimum ve maksimum kuru termometre sıcaklık değerleri arasındaki farkların ortalamasıdır.

Daha önceki çalışmalarda verilmeyen yaş termometre ve çığ noktası sıcaklığı hesap değerleri ile bunlara karşılık gelen ortalama kuru termometre ve nem oranı değerleri de ASHRAE' nin yayınladığı son çalışmada mevcuttur[3].

ASHRAE dış sıcaklık tasarım yönteminin bilhassa iklimlendirme sistemlerinde kullanılması için, söz konusu coğrafi bölgede en az 12 yıl süreyle, uzun dönem saatlik gözlem değerleri olan meteoroloji verilerin kaydedilmesi zorunluluğu vardır.

Genel olarak bu tarz bir iklim verisi tablosunda aşağıdaki değerler bulunmalıdır.

- 1- İstasyonun, bulunduğu yer ve enlem
- 2- Ölçülen dış ortam sıcaklık verilerinden, yıllık %99 ve %99.6 olarak aşılacak kuru termometre sıcaklıkları
- 3- Rüzgar hızları ve yönleri
- 4-Yıllık en yüksek ve en düşük kuru termometre sıcaklıklarının ortalaması ve standart sapmalar
- 5- Ölçülen dış ortam sıcaklık verilerinden, yıllık %0.4, %1 ve %2 olarak aşılacak kuru termometre sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen yaş termometre sıcaklıkları
- 6- Ölçülen dış ortam sıcaklık verilerinden, yıllık %0.4, %1, ve %2 olarak aşılacak yaş termometre sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen ortalama kuru termometre sıcaklıkları
- 7- Ölçülen dış ortam sıcaklık verilerinden, yıllık %0.4, %1, ve %2 olarak aşılacak çığ noktası sıcaklıkları ve bunlara karşı gelen ortalama kuru termometre sıcaklıkları ve nem oranları
- 8- En sıcak aydaki günlük en yüksek ve en düşük sıcaklık farklarının ortalaması

3.2.2 Tipik Referans Yıl İçin Saatlik Sıcaklık Verisi

Saatlik çalışma yapan altı meteorolojik istasyondaki iklim istatistiklerinden yola çıkılarak her il için ayrı ayrı Tipik Referans Yıl (TRY) tespit edilmiştir. TRY Ankara için 1990, İstanbul için 1988, İzmir için 1993 ve Antalya için 1995 olarak belirlenmiştir. Her bir merkezde yıl boyunca her saat için ölçülen kuru termometre sıcaklığı, yaş termometre sıcaklığı, saatlik ortalama yataya gelen güneş ışınımı şiddeti ve güneşlenme süresi verileri doğrultusunda elde edilen rapor sonucu olarak disketlerde verilmektedir.[2]

İstasyonlardan elde edilen yaş termometre sıcaklıkları saat 7, 14, ve 21 de ölçülmekte olduğundan verilerin 24 saate göre uyarlanması için, kuru termometre sıcaklıkları serisi ile ölçülmüş olan üç yaş termometre değeri arasında paralellik kurularak bir eğri uydurulması sureti ile diğer saatlerdeki yaş termometre sıcaklıkları hesaplanmıştır. Dolayısıyla herhangi bir saatteki yaş termometre sıcaklığı ölçümlere dayanarak tahmin edilen bir değer olmaktadır[2].

3.2.3 Uzun Yıllar Ortalaması

Bir binanın, zamana bağlı olarak değişen dıştan iletim ve sızma ile olan ısı kazançlarını hesaplamak için maksimum dış sıcaklık değerlerinin zamana bağlı olarak gereksinim vardır. Bu amaçla 6 istasyonda her ayın ortalama değerleriyle belirlenen tipik günde, gün boyunca her saatte ölçülen maksimum dış kuru termometre sıcaklığı ve buna karşı gelen tasarım yaş termometre sıcaklığı değişiminin aynı aydaki uzun yıllar ortalaması elde edilebilir. [2]

3.3 Soğutma ve Isıtma Yüklerine Tesir Eden Parametreler

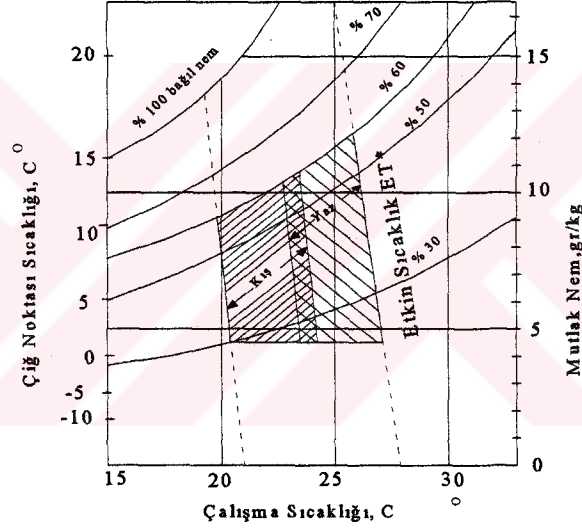
Binaların kullanımları esnasında çeşitli değişkenler binanın soğutma ve ısıtma yüklerine tesir eder. Bu değişkenler temel olarak bina konstrüksiyonuna ait veriler, tasarım şartları ve bina kullanımına bağlı değişkenler olarak üç ana grupta incelenebilir. Bu değişkenlerden bina konstrüksiyonuna ait veriler hesaplar ile tespit edilen sabit değerlerdir. Ancak bina kullanımına bağlı değişkenler; cihazlar, insanlar, havalandırma miktarı, vb. standartlarla belirlenen aralıklarda ve toleranslarla hesaplamalara dahil edilir.

3.3.1 İç Ortam Tasarım Değerleri

Konut dışı binalar grubundaki ofis binalarının iç tasarım değerlerinin seçiminde sıcaklık parametreleri farklı kullanım alanlarına göre uluslararası standartlarla belirlenmiş olup, temel olarak Fanger konfor modellerine dayanılarak elde edilirler. Bu modele dayanılarak verilen yaz ve kış konfor alanı Şekil 3.1 de görülmektedir[7]. Buna göre Tablo(3.1) de verilen değerler esas alınarak yapılan iklimlendirme sistemleri ile 100 kişiden 80 kadar yeterli konfor ortamında olduğunu hissedecektir.

Tablo 3.1 İç Ortam Sıcaklık Değerleri

	Kış	Yaz	Hava Hareketi	Hava Değişimi
Ofis Binası	21-23 °C	23-26 °C	0.13-0.23 m/s	4-10
	20-30% φ	50-60% φ		



Şekil 3.1 Standart etkin sıcaklık ve ASHRAE konfor bölgeleri [7]

Bir diğer iç tasarım değerlerinin tespiti, ülkemizde 3419 numaralı TSE standardı ile sağlanabilir[5]. Bu standarda göre dış sıcaklığa bağlı olarak insan sağlığı için uygun iç ortam tasarım şartları verilmektedir. Tablo 3.2 de bu değerler gösterilmektedir.[5]

Tablo3.2 Konfor İklimlendirmesi İç Tasarım Şartları Dış Ortam Sıcaklığına Göre Değişimi

	Kış			Yaz		
Dış sıcaklık	≤ 20	20	25	30	32	37
İç ortam sıcaklığı	22	22	23	25	26	28
ϕ en az	35	-	-	-	-	-
ϕ en çok	65	65	65	60	55	50

Bu çalışmada Fanger konfor modeline dayanılarak elde edilen yaz konfor alanından, 24 °C tasarım sıcaklığı ve %50 bağıl nem alınmıştır.

3.3.2 Havalandırma Debileri

İç ortam hava kalitesi, günümüzde dünya genelinde HVAC endüstrisinin üzerinde çalıştığı, en önemli konulardan biridir. İç ortam hava kalitesi binanın kalitesini etkilemesi nedeniyle, büyük önem taşımaktadır. ASHRAE' in iç ortam hava kalitesi üzerine yaptığı araştırmalarla da bu konunun önemi açığa çıkmaktadır[8]. Bu yapılan araştırmaların sonuçları, ASHRAE Standart 62 adı ile standart haline dönüştürülmüş ve iç hava kalitesine yönelik yapılan her yeni araştırmaların sonuçları ile de güncellenerek geçerliliği sürdürülmüştür. Bu standart ve zaman içinde yapılan iyileştirmeler aşağıda sırasıyla bahsedilmektedir.

1973 de kabul edilen bu standart, kullanıcı sağlığının, konforunun ve güvenliğinin sağlanması için, yeterli havalandırma düzeyine, diğer bir deyişle yetersiz havalandırmanın sağlığa zararlı etkilerinin azaltılmasına yönelik havalandırma oranlarını içermektedir. ASHRAE Standart 62 -1973 ,1981 yılında kabul edilen revizyonda önerilen hava düzeyleri, iç ortam hava kalitesinin kullanıcı sağlığı açısından kabul edilebilir değerlerini içermektedir. Standart, doksan farklı koşul için ,iç ortam hava kalitesinin sağlanması amacıyla, havadaki zehirli maddeleri seyreltme ve temizlemeye yönelik olarak; gereken dış hava miktarını tanımlayan havalandırma düzeyini ve ayrıca mekandaki bağıl nem yüzdesinin %30-60 arasında tutularak hava kalitesini arttırmayı hedeflemiştir. Daha sonra 1989 yılında yeniden düzenlenmiş ve bu düzenlemede ise iç hava kalitesinin arttırılmasına yönelik iki yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada amaç, insan sağlığı üzerindeki istenmeyen etkilerin

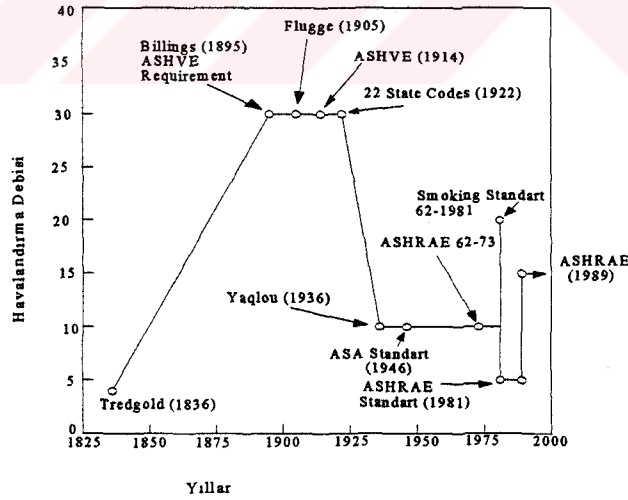
minimize edilmesi, yani zehirli maddelere yol açan kaynakların havalandırılma ve havanın temizlenmesi yöntemleri ile azaltılması ya da tamamen ortadan yok edilmesi; ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemleri için gerekli havalandırma miktarlarının tespiti ile insanlarla ilişkili kaynaklara ait veya insanlardan kaynaklanan koku, virüs gibi sorunları giderici farklı havalandırma tekniklerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca iç ortam hava kalitesinin, bina ömrü boyunca sürdürülmesine yönelik, detaylı bakım onarım programlarının geliştirilmesi de öngörülmektedir. Bu yeni düzenlemeyle Standart 62-1989 iki bölüme ayrılmıştır. Bunlar Standart 62.1P ve Standart 62.2P'dir. ASHRAE Standart 62.1P tüm ticari binalar ve iki kattan yüksek konut binaları için, Standart 62.2P, iki veya daha az katlı konut binalarına uygulanmaktadır. Standardın son hali ise, 1999 yılın da yeniden ele alınmıştır. Yapılan tüm değişiklikler dört ek halindedir. Standarttaki en önemli değişiklik, önceden mekanlarda makul oranlarda sigara içilmesine izin veren bir dipnotun, sigara dumanının, içmeyen insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, revizyon çalışmasında standarttan kaldırılmasıdır. Bu dipnot kalktığı için, Standart 62 sigara kullanımına izin veren alanları kapsamaz durumdadır. Mekanlarda sigara kullanılması halinde, uygulamaya yönelik bir bilgi sunulmamaktadır. Standart 62-1999 da, yer alan bir diğer ekte ise, iç ortam hava kalitesi açısından, mekandaki kullanıcılar tarafından solunum esnasında iç ortam havasına verilen CO₂ gazı düzeyleri belirtilmektedir. Üçüncü ek, daha önce yer verilen, ısı konfor kavramını standardın dışına çıkarmaktadır. Standart 62'deki ek dört, standarda uygunluğun iç ortam hava kalitesinin sağlanması için kesin bir garanti oluşturmadığını belirtmekte, sakınılması gerekli hususları ayrıca belirtmektedir.[8]

Havalandırma Miktarı: ASHRAE Standart 62 mekanlarda gerekli havalandırma miktarının belirlenmesine yönelik iki yöntem sunmaktadır. Birinci yöntem havalandırma hızlarına dayalı yöntem olup, tarifleyici yaklaşımla mekanlardaki kişi sayısı baz alınarak, gerekli havalandırma oranları belirlenmektedir.

İkinci yöntem olan iç ortam hava kalitesi yöntemi ise, performans tabanlı yaklaşımı kullanmaktadır. Bu yöntem iç ortam hava kalitesi açısından uygun havalandırma hızlarını, kirleticiler ve kirletici kaynakların etkisine, mekan havasında sağlık açısından riskleri minimize etmek ve koku denetimi yapmak amacıyla bu maddelerin, kabul edilebilir sınır değerlerini parametre olarak alan denklemler yardımıyla belirlenmektedir.

Havalandırma hızlarına dayalı yöntem, var olan binalardaki havalandırma miktarlarını esas almakta olup en başarılı yöntemdir. Uygulama alanındaki deneyim ve yeni araştırmalar, havalandırma hızlarına dayalı yöntemin, değişen koşullara göre revizyonu gerektirmiş olup, bu revizyon ilk kamuoyu incelemesi 1999 yılı Ağustos ayında tamamlanan ve standartta Ek-62n'de yer almaktadır. Standart-1989'da, gerekli havalandırma miktarı, mekanlardaki kişi sayısını baz alan havalandırma hızlarına dayalı yöntemle göre belirlenmektedir. Havalandırma hızlarının, kirlетici maddelerin temizlenmesi açısından yeterliliğinin saptanması için, Ek-62n'de kullanıcılar, yapı bileşenleri ve mekandaki aktiviteler sonucu oluşan kirlетici maddeleri de göz önünde alan, havalandırma oranlarının hesaplanmasına ilişkin bir yöntem içermektedir. Ek ayrıca, konferans salonları gibi yoğun kullanıma sahip mekanlarda iç ortam hava kalitesinin sağlanması, aşırı havalandırmanın kontrolüne yönelik bilgileri de içermektedir. Bilindiği gibi, gereğinden fazla havalandırma, enerji tüketimi ve maliyet artışına neden olmaktadır.

Ayrıca 18. yy dan itibaren, mevcut olan veriler doğrultusunda, olması gereken minimum havalandırma debisinin değişimi Şekil (3.2) ve Tablo (3.3) de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Minimum havalandırma debisinin (ft³/dak.kişi) zaman içindeki değişimi[9]

Tablo 3.3 Minimum Havalandırma Debilerinin Yıllara Göre Değişimi

	Yıl	ft ³ /dak.kişi	L/s
T.Tredgold [9]	1836	4	2
Billings,ASHVE Requirement	1895	30	14
Flugge [9]	1905	30	14
ASHVE[9]	1914	30	14
22 State codes	1922	30	14
Yaglou	1936	10	4.7
ASA(Amerikan Standartları)	1946	10	4.7
ASHRAE 62	1973	10	4.7
ASHRAE 62	1981	Sigara İçilen	20
		Sigara içilmeyen	5
ASHRAE 62	1989	15	7.5
ASHRAE 62 (ofis) [10]	1989		10

Ayrıca İtalyanın Napoli kentinde “Clima 2000” adı altında yapılan son toplantıda ise; havalandırma miktarlarının belirlenmesinde tek bir ortak değer öne sürülemediği [11]. Bütün ulusal standartlar farklı rakamlar vermiş olup, ancak kişi başına 25 L/s hava debisinden az havalandırma miktarları insan sağlığı açısından riski arttırdığından, çok sayıda çalışmanın da ortaya koyduğu genel olarak 25 L/s emniyetli bir değer olarak sayılmıştır.

Bu çalışmada son gelişmeler göz önünde bulundurularak kişi başına düşen havalandırma miktarı olarak 25 L/s alınmıştır.

3.3.3 Cihazlara Ait Veriler

Soğutma yükü hesabında, bütün cihazlardan (elektrikli, gazlı veya buharlı) olan ısı kazancı göz önüne alınmalıdır. Cihazların uygulama şekillerinin, kullanma programlarının ve tesis montajının farklılıkları nedeniyle bu kazanç miktarı oldukça subjektiftir.

Yiyecek hazırlama cihazları; iklimlendirme yapılan ortamlarda en yaygın olarak karşılaşılan ısı üreten cihazlardır. Marn yaptığı araştırmada, endüstriyel mutfaklarda açığa çıkan ısıнын büyük bölümünün cihazların yüzeylerinden kaynaklandığını

belirtmiş ve bu cihazların emme verimi yüksek etkin bir davlumbaz altına yerleştirilmesi halinde, soğutma yükünün harcanan yakacak miktarından veya aynı işi yapan benzer cihazların harcadığı enerji miktarından bağımsız olduğunu tespit etmiştir[12]. Marn'ın deneyleri ısının, pişirme esnasında ve cihaz yüzeyinden öncelikle ısınımla, daha sonra taşınım ile geçtiğini ve gizli ısının ise ihmal edilebileceğini göstermiştir.

Isı kazancı değerini tespit etmek için, cihaz üzerinde belirtilen etiket gücü uygun kullanma faktörleri, cihaza ait verim değerleri veya uzun süreli mühendislik tecrübelerine dayanan diğer çarpanlar ile beraber kullanılmalıdır. Diğer bir hesap yolu olarak veya cihazlara ait güç verileri mevcut değilse (cihaz etiket gücü değerleri kayıp, ekipman henüz satın alınmamış, vb.), yaygın olarak karşılaşılan cihazlardan olan ısı kazançları için tablolar kullanılabilir[1]. Cihaz yükünün tespitinde, cihazların aynı anda kullanılma ihtimali ve aynı ortama yerleştirilmiş farklı cihazların çalışması göz önüne alınmalıdır.

Davlumbaz yerleştirilmiş cihazlardan bir saatte olan maksimum ısı kazancının % 32'si ısınıma tekabül etmektedir. Mutfaklarda açığa çıkan ısı miktarının tespitinde ısınım faktörü olarak $F_{RA}=0,32$ değerini önerilmektedir[13]. Elektrikli ve buharlı cihazlardan ısı kazancı; bu tip cihazlardan olan ısı kazancının hesaplanmasında kullanılan maksimum güç değeri, cihazın toplam etiket veya katalog Q_{is} gücünün %50'si alınarak hesaplanabilir. Bunun sebebi, cihazın değişik kullanma ve termostat kontrolleri nedeniyle, kullanma faktörünün $F_{UA}= 0,50$ olarak verilmesidir. Bu yüzden bir davlumbaz altına yerleştirilmiş genel tipten elektrikli ve buharlı cihazlar için maksimum saatlik ısı kazancı Q_{ms}

$$Q_{ms}=Q_{is} F_{UA} F_{RA} \quad (3.1)$$

veya sadece elektrikli veya buharlı cihazlar için,

$$Q_{ms}= 0.16 Q_{is} \quad (3.2)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir.[1]

Gaz yakacakla çalışan cihazlardan olan ısı kazancı; doğrudan yakacağın yakılması ile çalışan pişirme cihazları, aynı büyüklük ve tipteki elektrikli veya buharlı ekipmanlardan daha fazla ısı güce ihtiyaç gösterir. American Gas Association (1948,

1950) gaz yakacak kullanıldığında ihtiyaç duyulan ısıl gücün, yaklaşık %60 daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Cihazlar iyi çalışan bir davlumbazın altına yerleştirilirse, sadece ısıyla ısı enerjisinin soğutma yüküne ilave olduğu gösterilmiştir [12]. Davlumbazın kullanımı ile pişirme esnasında ve yakacağın yanmasından kaynaklanan yanma sonu ürünleri ile taşınım ve gizli ısı kazançları şeklinde ortama dahil olan ısı kazançları dışarı atılmakta ve mutfığa dahil olmamaktadır. Doğrudan yakacağın yakılması ile çalışan pişirme cihazları, aynı büyüklük ve tipteki elektrikli veya buharlı cihazlardan, yüzey sıcaklığı için %60 daha fazla güce ihtiyaç duyması ve kullanılan davlumbaz ile yanma sonu ürünlerinin ortamdan dışarı atılması nedeniyle, doğrudan yakacağın yakılması ile çalışan cihazlar için Denk. (3.1-2)'in yeniden düzenlenmesi gerekir. Bu düzeltme 1,60 yakacak kayıp faktörünün (F_{FL}) formülde yerine konulması ile

$$\dot{Q}_{ms} = [\dot{Q}_{is} F_{UA} F_{RA}] / F_{FL} \quad (3.3)$$

veya doğrudan yakacak kullanan cihazlar için

$$\dot{Q}_{ms} = 0.10 \dot{Q}_{is} \quad (3.4)$$

eşitliği ile sağlanır.

Cihazlardan olan gizli ısı kazancı; herhangi bir cihazdan olan gizli ısı kazancı anlıktır ve kullanım faktörü ile anlık gizli ısı kazancı çarpımına eşittir.

$$\dot{Q}_{ml} = \dot{Q}_{il} F_{UA} \quad (3.5)$$

Tablo 3.4 de ofislerde kullanılan bazı büro makinalarından olan ısı kazancı verilmiş olup geniş hali ve farklı tip cihazların verileri ASHRAE El Kitabında mevcuttur.[1]

Tablo 3.4 Konut Dışı Binalarda Kullanılan Bazı Cihazlardan Olan Isı Kazancı

Cihaz	Maksimum Gücü, W	Boşta Gücü, W	Önerilen Isı Kazancı, W
Düşük hızlı yazıcı	450	225	376
Fotokopi makinası, küçük	460-1700	300-900	460-1700
Kaset çalar	60	-	60
Zarflama makinası	600-3300	-	390-2150
Daktilo	80	-	67
Sıcak içecek makinası	1725	-	862
Yazar kasa	60	-	48
Kahve makinası	1500	-	1050 duy, 450 gizli

İklimlendirilen bir ortamda bulunan bütün pişirme cihazlarından olan ısı kazancı, cihazlar eğer bir davlumbazın altına monte edilmemiş ise veya doğrudan baca hattına bağlı değilse, kullandığı enerji veya yakıta bakılmaksızın saatlik kurulu gücünün %50'si ($F_{UA} = 0,5$) olarak alınmalıdır. Ortalama bir değer olarak bu ısı kazancının %66'sı duyulur, %34'ü gizli ısı olarak kabul edilebilir.[1]

Cihazlardan kaynaklanan ısı kazancının bulunmasında önerilen bir başka yöntem ise, tipik ticari pişirme cihazlarından olan anlık ısı kazancı miktarlarının kullanılmasıdır[1].

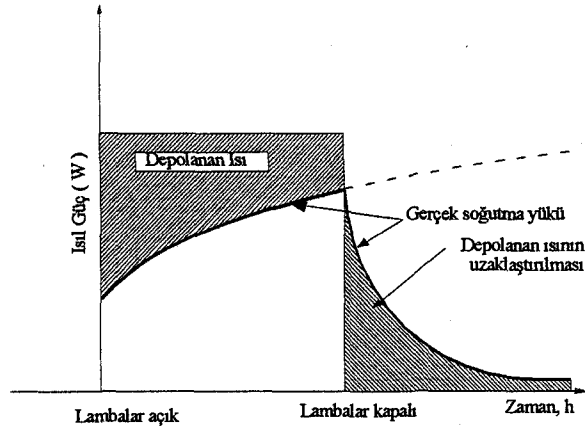
Bu çalışmada bilgisayar donanımlı ve diğer elektronik cihazlara sahip zonlar için; 50 ile 110 W/m² lik değerler kullanılabilir [6].Yapılan çalışmada ki binada; bilgisayarla çalışma alanlarında ki ısı kazancı: 50 W/m², daha az cihazların kullanıldığı konferans ve müdür odası gibi bireysel çalışma alanlarına sahip yerlerde ise: 30 W/m² alındı.

3.3.4 Aydınlatma Verileri

Aydınlatma, ortam soğutma yüklerinin önemli bir bölümünü kapsadığından, bunun ortam ısı kazancına olan etkisinin doğru olarak tespiti gereklidir. Bu yükün hesabı diğerlerinde olduğu gibi çok açık değildir; verilen herhangi bir anda, anlık ısı kazancı anlık aydınlatma gücüne eşdeğer ısı miktarından oldukça farklı olabilir.

Aydınlatmadan gelen enerjinin sadece bir kısmı taşınım ile ısı geçişi şeklindedir ve iklimlendirme cihazları tarafından anında uzaklaştırılır. Geriye kalan kısmı ise ışınlama ile ısı geçişi şeklindedir ve bu ısı iklimlendirilen ortamı ancak duvarlar, döşeme, mobilyalar vb. tarafından yutulup tekrar serbest kalması ile etkiler.

Yutulan bu enerji bir süre sonra ortam soğutma yüküne çevrilir ve bu enerjinin bir kısmı ışıklar söndürüldükten sonra da varlığını korur (Şek.3.3).[1]



Şekil 3.3 Aydınlatmanın soğutma yüküne ısı depolama etkisi

Işıkların yakılması ile anlık depolanan enerjinin, ısıyla geçen aydınlatma enerjisine eşit olduğu an yani denge noktası arasında genellikle önemli bir zaman farkı vardır. Zaman farkının etkisi, soğutma yükü hesaplarında göz önüne alınmalıdır; zira ortam tarafından algılanan yük, üretilen anlık ısı kazancından önemli oranda düşük olabilir ve ortam için pik yük önemli oranda etkilenebilir.

Ayrıca aydınlatmadan olan anlık ısı kazancında, bağlantı armatürlerinden ilave ısı üretilse de, asıl ısı üretimi ışık veren elemanlar veya lambalardan dolayı açığa çıkmaktadır. Çoğunlukla elektrik aydınlatmasından olan anlık ısı kazancı miktarı

$$Q_{el} = W F_{ul} F_{sa} \quad (3.6)$$

bağıntısı ile bulunur.

Bu ifadedeki toplam aydınlatma gücü; W , hem genel aydınlatma ve hem de teşhir amacıyla yapılan aydınlatma için yerleştirilen bütün lambaların gücünün toplamıdır. Kullanma faktörü; F_{ul} soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır. Mağaza gibi ticari uygulamaların soğutma yükü hesaplarında kullanma faktörü genellikle bir değerindedir.

Armatür faktörü; F_{sa} , ürettikleri ısıya sadece bir kısmını havalandırılan veya şartlandırılan ortama veren floresan gibi aydınlatma cihazları için kullanılır. Floresan armatürler için armatür faktörü öncelikle balast kayıpları için kullanılır ve 277 V gerilim, 32 W gücündeki tek lambası olan devrelerde bu faktör en fazla 2,19 alınabilir. Hızlı-devreye giren tip 40 W lamba armatürlerinin armatür faktörü ise, 277 V gerilimde iki lamba için 1,18 minimum değerinden, 118 V gerilimde tek lamba için

1,30 maksimum değerine kadar değişir. Sodyum lambaları gibi floresan dışındaki endüstriyel armatürler için armatür faktörleri, lamba üretici firmalarına göre 1,04 ile 1,37 arasında farklılık gösterir.

Havalandırılmalı veya kanallı aydınlatma armatürleri için şartlandırılan ortama doğrudan (ve zaman farkı etkisi ile) girmesi beklenen toplam gücün, dönüş havası ile veya uygun bir başka şekilde çekilen anlık ısı miktarına oranının bulunması için bu armatürleri üreten firma verilerine veya benzer diğer verilere başvurulmalıdır.

Aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazancı bileşenleri; tavanda hazırlanmış kasetlere gömülü havalandırılmalı aydınlatma armatürlerinden kaynaklanan soğutma yükü iki kısımdan meydana gelir. Aydınlatmadan gelen bir kısım ısı kazancı doğrudan ortama dahil olur; geri kalan miktarı ise asma tavanda bulunan kanala verilir. Tavanda bulunan kanal, bir dönüş havası kanalı olarak kullanılıyorsa, bu ısı miktarı hiçbir şekilde şartlandırılan ortama ısı kazancı olarak dahil edilemez. Ancak bu ısı miktarı, toplam soğutma yüküne ilave edilir ve yük hesaplarını önemli oranda etkiler.

Bu iki ısı kazancı bileşeninden soğutucu serpantine gelen toplam soğutma yükü aynı olmasına rağmen, dönüş havası ile ne kadar fazla oranda ısı çekilirse ortam soğutma yükü o oranda azalır. Şartlandırılan ortam için gerekli minimum hava debisi, ortam soğutma yükü azaldıkça düşeceği için besleme vantilatörünün gücü azalır, dolayısıyla sistemin enerji sarfiyatı ve ekipman boyutları küçülür. Bir ofis binasında kullanılan aydınlatma armatürlerinin kullanım şekline göre, uygun ısı kazancı hesaplanmalıdır.

Tasarım ısıl yükünün bulunmasında, aydınlatmanın her bölümünden gelen ısı kazancı, toplam aydınlatma yükünün ortama ve dönüş kanallarına giden kısmının oranının seçilmesi ile hesaplanabilir [14].

Dönüş havası ile soğutulan aydınlatma armatürleri; lambanın etrafında dönüş havasının sirküle ettiği ve etmediği modeller olmak üzere, iki tip dönüş havası ile soğutulan aydınlatma armatürü mevcuttur. İlk grup bazen aydınlatma-armatürü ısısı olarak adlandırılır. Çeşitli havalandırılmalı armatürlerin yaydıkları ısının hava dağıtım kutusu tarafından uzaklaştırılan ısı miktarına oranı, aydınlatma armatürü imalatçı firmalarından temin edilir. Bazı veriler için yapılan çeşitli çalışmalardan yararlanılabilir[1]. Bazen havalandırmasız armatürler de, dönüş kanallarına bir miktar ısı enerjisini bırakır; bununla beraber, serbest kalan ısının çoğu hemen şartlandırılan ortama veya tavan dönüş hava kanalı menfezlerinden dönüş havasına dahil olur.

Dönüş havası ile soğutulan havalandırılmalı armatürler, ürettikleri ısının %40 ila %60 kadarını, havalandırmaz armatürler ise %15 ila %25 kadarını dönüş havasına bırakır.

3.3.5 İnsanlara Ait Veriler

Bürolarda çalışan insanlardan kaynaklanan ısı kazançları yapılmış çalışmalar sonucunda, farklı aktivitelerde yayılan metabolik ısı miktarları Tablo 3.5 de verilmektedir.[7]

Tablo 3.5 Farklı Büro İşleri Sırasındaki Metabolik Isı Üretimi

Büro işleri	W/m ²	Metabolik hız
Okuma, Oturma	55	1.0
Yazma	60	1.0
Daktilo yazma	65	1.1
Dosyalama, oturarak	70	1.2
Dosyalama, ayakta	80	1.4
Gezinme	100	1.7
Kaldırma, paketlenme	120	2.1

1 met=58.2 W/m²= 50 kcal/ h.m²

Bu tabloda yetişkin bir insanın birim vücut alanı başına olan metabolik ısı üretimi sürekli yapılan işler için verilmektedir. Yetişkin bir insanın yüzeyinin hesabı için çeşitli metotlar kullanılmakla beraber bunun en yaygın olanı Dubois tarafından verilen denklemdir. Dubois, bir insanın farklı aktiviteler sırasında bulunduğu ortama yaydığı ısı miktarını, dinlenme halinde yaydığı ısı miktarın esas alarak tanımlamış ve bu hesaplarında yetişkin (1.73m ve 70kg) bir insanın dış ortamla temasta olan yüzeyi ise $A_{hb}= 1.8 \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır. İnsanlar normal olarak birçok işi artarda yapar veya sıra ile çalışma veya dinlenme durumunda olurlar. Yapılan işler sıkça tekrarlandığı sürece (saatte birkaç kez), ağırlıklı bir ortalama metabolik hız genellikle yeterli olur. Örneğin zamanının % 50' sinde daktilo yazan, % 25' inde oturarak dosyalama yapan ve % 25' inde odada gezinen bir kişinin ortalama metabolik hızı;

$$0.50 \times 65 + 0.25 \times 70 + 0.25 \times 100 = 75 \text{ W/m}^2 \text{ olarak hesaplanabilir.}[8]$$

Tablo 3.5 de verilen değerler kuru-termometre sıcaklığını 24 °C olarak almaktadır. Daha üst tasarım sıcaklık değerleri için toplam ısı kazancı aynı kalırken, duyulur ısı değerleri azaltılırsa, gizli ısı değerleri de toplam aynı kalacak şekilde artırılarak, insanların bulunduğu ortam sıcaklığına bağlı olarak anlık ısı kazancı miktarları

bulunur. Örneğin, 24 °C sıcaklıkta orta derecede büro işi yapan insanlardan; duyulur ısı kazancı 75 W/ kişi, gizli ısı kazancını da 55 W/ kişi olarak verilmektedir.[1]

İnsanlardan kaynaklanan duyulur ısı kazancının, ortamın soğutma yüküne katkısı, o ortamın ısı depolama karakteristiklerine bağlı olduğundan, uygun salon geçiş fonksiyonlarının uygulanması gerekir. Gizli ısı kazançları ise anlaktır. Çalışmada bu esaslar temel alınarak insanlardan olan ısı kazançları dahil edilmektedir.

3.4 Konut Dışı Binalarda Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Metodlar

Konut dışı binaların soğutma ve ısıtma yüklerinin hesaplanmasında çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Bunlar

- 1- Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı (TETD) Metodu
- 2- Geçiş Fonksiyonu (TFM) Metodu
- 3- Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/ Güneş Enerjisi Soğutma Yükü Faktörü/ Soğutma Yükü Faktörü(CLTD/ SCL/ CLF) Metodu
- 4- Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı / Zamana Göre Ortalama (TETD/TA) Metodu

olarak sıralanabilir. Bu metotlara geçmeden önce metotların içinde bahsedilen bazı katsayıların da tanımlanması gerekir.

3.4.1 Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Katsayılar

3.4.1.1 İletimle Isı Geçiş Katsayıları (CTF)

İletimle ısı geçişi katsayıları dış ortam ısı taşınım katsayısı $h_o=17 \text{ W/ m}^2.\text{K}$,iç ortam ısı taşınım katsayısı $h_i=8.3 \text{ W/ m}^2.\text{K}$, ve duvar veya çatı konstrüksiyonunun katsayıları bir arada kullanılarak hesap edilir. Bu katsayılar uluslararası literatürde Conduction Transfer Function ifadesinin kısaltılması olan CTF katsayıları olarak bilinir ve ilk defa farklı konstrüksiyonlar için bu katsayılar, Mitalas ve Arseneault çalışmasında bahsedilmiştir[15]. Katsayıların hesaplanması ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve hesaplamada kullanılan bilgisayar programı ve yöntemi Cooling Load and Heating Load Calculation Manual kitabında verilmektedir.[16]

Tablo A.1 de farklı çatı tipleri ve farklı duvar tiplerini oluşturan çeşitli yapı tabakalarının fiziksel ve ısı özellikleri verilmiştir[1]. Yapı tabakalarının yerleştiriliş sırasına ve farklı yalıtım R direnç değerine göre oluşturulan çeşitli düzenlemelerin grup sayıları, çatılar ve duvarlar için verilmiştir.[1]. Bu tablolardan elde edilen veriler, tipik çatı veya duvarlara ait CTF değerlerinin bulunmasında kullanılır.

İletimle ısı geçişi katsayılarının söz konusu bina için geçerli olan düzeltilmiş değerlerinin hesaplanmasında ise metot şu şekilde açıklanabilir. Önce ele alınan çatı veya duvara benzer tipik çatı veya duvarlar, sırasıyla Tablo A.2 den veya Tablo A.3 den seçilir. Daha sonra bu veri grubu içindeki b_n , d_n ve $\sum c_n$ değerleri ele alınan çatı veya duvarın hesaplanan toplam ısı geçiş katsayısı " $U_{gerçek}$ " değerinin, tipik çatı veya duvarın U_{tablo} değerine bölünmesi ile bulunan oran ile çarpılarak, katsayıların söz konusu bina özelliklerine göre uyarlanmış değerleri bulunur.

3.4.1.2 Salon Geçiş Fonksiyonları (RTF)

Salon geçiş fonksiyonu binaların soğutma yükü değerlerinin hesaplanmasında kullanılan ve ısı kazancının niteliğine ve ortamın ısı depolama özelliklerine (ortamı çevreleyen duvarlar, döşeme vb. ile ortam içindeki cisimler) bağlı olarak; ısı kazancına karşılık gelen soğutma yükünün hesaplanmasını sağlayan katsayılardır. [1]

Bu katsayılar RTF ile gösterilir ve "Room Transfer Function" ifadesinin kısaltılmış halidir. Katsayıların değerleri;

- i) Birbirini takip eden ısı kazanç ve soğutma yükü değerleri arasındaki δ zaman aralığının büyüklüğüne,
- ii) Isı kazancının niteliğine, ısı kazancının ışınlama olan miktarına ve ışınlamanın nerede yutulduğuna; yani salon ve içindekilerin ısı depolama kapasitesine bağlıdır.

Tablo 3.6 Salon Geçiş Fonksiyonları, w

Salon Dış Kabuk Konstrüksiyonu					
Salon Havası Dolaşımı ve S/ R Tipi	50 mm Ahşap Döşeme	75 mm Beton Döşeme	150 mm Beton Döşeme	200 mm Beton Döşeme	300 mm Beton Döşeme
	Birim Döşeme Alanı başına Özgül Kütle, kg/ m ²				
	50	200	370	590	780
Düşük	-0.88	-0.92	-0.95	-0.97	-0.98
Orta	-0.84	-0.90	-0.94	-0.96	-0.97
Yüksek	-0.81	-0.88	-0.93	-0.95	-0.97
Çok yüksek	-0.77	-0.85	-0.92	-0.95	-0.97
	-0.73	-0.83	-0.91	-0.94	-0.96

Bu nedenle farklı RTF değerleri, birbirinden ayrı her ısı kazancı bileşeninden kaynaklanan soğutma yükünü hesaplamakta kullanılır. Bu değerlerin salon dış kabuk konstrüksiyonu ve ısı kazancı bileşenine göre olan değişimleri w , v_0 , v_1 katsayıları Tablo(3.6) ve Tablo 3.7 de verilmektedir.[1]

Tablo 3.7 Salon Geçiş Fonksiyonları: v_0 , v_1 Katsayıları

Isı Kazancı Bileşeni	Salon Dış Kabuk Konstrüksiyonu	v_0 (-)	v_1 (-)
İç gölgeleme olmaksızın camlardan güneş ısı kazancı; insanlar ve ekipmanlardan ışınlama ısı kazancı	Düşük	0.224	$I + w_I - v_0$
	Orta	0.197	$I + w_I - v_0$
	Ağır	0.187	$I + w_I - v_0$
Dış duvarlar, çatılar, ayırıcı panolar, duvarlar, perdeli veya tül perde örtülü pencerelerden iletimle ısı kazancı	Düşük	0.703	$I + w_I - v_0$
	Orta	0.681	$I + w_I - v_0$
	Ağır	0.676	$I + w_I - v_0$
Cihazlardan ve insanlardan üretilen ve havalandırma ve enfiltrasyon havasından taşınım ile olan ısı kazancı	Düşük	1.00	0.0
	Orta	1.00	0.0
	Ağır	1.00	0.0

3.4.1.3 Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı Katsayısı (CLTD)

Soğutma yüğü sıcaklık farkı (CLTD) verileri, 13 farklı düz çatı tipi binanın (tavanlı ve tavansız olmak üzere 26 farklı durum) ve 7 farklı duvar grubu olarak göz önüne alınarak 26 çatı tipi ve 7 duvar grubunun her biri için 24 adet saatlik CLTD değerleri, tablolar halinde verilmektedir [1]. Kuzey enlemi ve hesaplamaların yapıldığı aya göre ayarlamalar yapılmış olup bu ayarlamaların güvenilirliği, yaz ayları boyunca

oldukça doğru olmakla beraber, soğutma olmayan aylara ait çok erken ve çok geç saatlerdeki değerler daha az gerçekçidir.

3.4.1.4 Soğutma Yüğü Faktörü (CLF,Cooling Load Factor) Kullanımının Mümkün Olmadığı Haller

Soğutma Yüğü Faktörü (CLF); CLTD/SCL/CLF Metodunda farklı enlemlerde ve aylarda, pencerelerden geçen güneş ışınlamından kaynaklanan soğutma yükünü daha iyi bir yaklaşımla tespiti için yöntemine dahil edilmektedir.

Ortam sıcaklığı 24 saatlik periyot boyunca sabit tutulamıyorsa, örneğin geceleri soğutma sistemi kapatılıyorsa, bu durumda yapıda depolanan duyulur ısıнын büyük bir kısmı ortamdan uzaklaştırılmayacağı için "kapatma yükü" meydana gelir. Bu yük, sistem ertesi gün tekrar çalışmaya başladığında soğutma yükü olarak ortamda belirir. Bu durumda CLF değeri bire eşit alınmalıdır.

Tiyatro ve konser salonları gibi insanların yoğun olduğu yerlerde, duvarlara ve mobilyalara ışınlama ısı geçişi oranı oransal olarak azalır. Bu gibi durumlarda yine CLF değeri bire eşit alınmalıdır.

3.4.1.5 Güneş Enerjisi Isı Kazancı Katsayıları

Camlardan gelen güneş enerjisi ile olan ısı kazancında da belirli şartları sağlaması amacıyla veriler, gruplar halinde toplanmıştır. Güneşten maksimum ısı kazancı faktörü (SHGF, Solar Heat Gain Factor) yatay düzleme ve 16 farklı yöne göre ve 4° lik enlem farkı ile 0° ila 64° arasında kuzey enlemleri için hesaplanmış olup aylık tablolar halinde Tablo 12'den Tablo 18'e kadar listelenmiştir[17]. SHGF verilerinin ondalık çarpanı olan, soğutma yükü faktörleri (CLF); pencerelerin gölgeliksiz, döşemesi halı kaplı olan ve olmayan mahaller ile camları içerden gölgelikli odalar için Tablolar halinde çeşitli kaynaklarda sıralanmıştır [1].

Pencerelerinde gölgeğinin bulunmadığı ortamların CLF değeri, her 24 saat için 8 farklı yön ile yatay düzlem için verilmektedir. Bunlara ilaveten hafif, orta ve ağır bina konstrüksiyonları için de bu değerler listelenmiştir. Gölgeğiklerin içerde olduğu uygulamalarda, yatay ve 16 farklı yön için CLF değeri de listelerde mevcuttur. Seçilen CLTD ve CLF değerilerinin çarpımı o işlem için birim alanda olan soğutma yükünü ifade eder. CLF değeri, Mayıs'tan Eylül'e kadar yük hesaplamaları için normal olarak en sıcak ayları kapsayan zaman dilimi için türetilmiştir. CLTD değeriğinde olduğu gibi, CLF verilerinin güvenilirliği de "soğutma olmayan"

aylarda, çok erken ve çok geç saatlerde olan uygulamalarda aşırı sapmalar göstermektedir.

3.4.2 Isıl Yüklerin Hesaplanmasında Kullanılan Metodlar

3.4.2.1 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı Metodu- TETD Metodu

Bu metodda ortam ısı kazancını teşkil eden her ısı kazancı bileşeni, ilgili toplam eşdeğer sıcaklık farkı değerleri kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar birbirine eklenerek ortamın anlık ısı kazancı bulunur. Buradaki toplam eşdeğer sıcaklık farkları (TETD değerleri), güneş-hava sıcaklığı ve ortam sıcaklığının fonksiyonu olarak bulunabilir. [1]

Buna göre,

$$TETD = T_{ea} - T_i + \lambda(T_{es} - T_{ea}) \quad (3.7)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Burada, T_{ea} ,yüzey rengi göz önüne alınarak tespit edilen günlük ortalama güneş-hava sıcaklığı, (°C) olup,

$$T_{ea} = T_{oa} + \alpha / [h_0 (I_{DT} / 24)] - (\epsilon \Delta R / h_0) \quad (3.8)$$

formülü ile hesaplanır.

TETD metodunda elde edile soğutma yüküne, zamana göre değişiminin etkisi ilave edilerek bir adım geliştirilmiş hali Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı / Zamana Göre Ortalama (TETD/TA) metodu olarak ifade edilir.

Toplam eşdeğer sıcaklık farkının zamana göre ortalaması olduğu için öncelikle Toplam eşdeğer sıcaklık farkı metoduyla ortam ısı kazancını teşkil eden her ısı kazancı bileşeni, ilgili toplam eşdeğer sıcaklık farkı (TETD) değerleri kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar birbirine eklenerek ortamın anlık ısı kazancı bulunur. Bu ısı kazancı zamana göre ortalama alınarak anlık soğutma yükü değerlerine dönüştürülür. Zamana göre ortalama tekniğinde, söz konusu zaman adımındaki ısı kazançlarının ışıyım bileşenlerinin değerleri, bir sonraki zaman adımındaki tahmini değerler ile ortalaması alınarak hesaplanır. Zamana göre ortalama tekniği, ortamın ısı depolama özeliğinin hesaplara dahil edilmesinde oransal bir etki sağlar; ancak karmaşıklığı nedeniyle en iyi sonuçlar bilgisayar çözümlemesi ile sağlanır.

3.4.2.2 Geçiş Fonksiyonu Metodu

Geçiş fonksiyonu metodu, TFM (Transfer Function Method) , iki kademedede bilgisayarla hesaplanan bir yöntemdir. Prensip olarak önce bütün ısı kaynaklarından olan kazançlar tespit edilir, daha sonra bu ısı kazançlarının soğutma yüküne çevrilmesi sağlanır.

Pencerelerden veya benzer yerlerden giren güneş ışınlamı ile olan iç ısı kazançları, doğrudan ısı yükün hesaplandığı saat için bulunur. Daha sonra hesaplanan ısı kazançlarına salon geçiş fonksiyonu (RTF, Room Transfer Function) katsayıları uygulanarak saatlik ve toplam soğutma yükü değerleri bulunur. Böylece ışınlam etkisi olan bütün yüklerden meydana gelen ısı kazancından soğutma yüküne dönüşümü esnasında uygulanmış. Bu metotta, soğutma yükü hem hesabın yapıldığı ve hem de daha önceki saate ait ısı kazançlarını göz önüne alır. Geçiş fonksiyonu metodu, iklimlendirilen bir ortamın saatlik soğutma yükünün hesaplanmasını, ortamda uygulanacak farklı sistem tipleri, kontrol stratejileri ve işletme şekilleri için, ortamın nihai iç ortam şartlarının tespit edilebilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu metodun hesaplama adımları şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Günlük yük: Geçiş Fonksiyonu Metodu ile hesaplanan saatlik ısı yükler 24 saat günlük çevrim için hesaplanır.
- 2- Saatlik ısı kazancı bileşenleri: İletimle ısı geçiş fonksiyonu (CTF) katsayıları kullanan metod, duvarlar ve çatıdan olan ısı kazanç bileşenlerini hesaplamada kullanılır.
- 3- Isıl depolama: Bina ve içindekilerin ısı depolama etkisi salon geçiş fonksiyonu (RTF) katsayıları ile göz önüne alınır.
- 4- Salon sıcaklığı ve salondan çekilen ısı: Geçiş Fonksiyonu Metodu termostat ayar sıcaklıkları ve/veya soğutma ünitesi işletme programına uygun olarak iç ortam sıcaklığı ve ortamdaki uzaklaştırılan ısı miktarını hesaplar. Bu hesaplar yapılırken duyulur soğutma yüküne ortam havası geçiş fonksiyonları (SATF, Space Air Transfer Function) katsayılarını uygular ve çevreye olan ısı kaybını da göz önüne alır. Bu sayede soğutma ekipmanının tipi, büyüklüğü, kontrol sisteminin şekli ve salon sıcaklıklarının istenen aralıkta kalmasını sağlayan kontrol sistemi programı tespit edilir.

3.4.2.2.1 Geçiş Fonksiyonu Metodunda Kullanılan Formüller Ve Hesap Adımları

a) Zamana bağlı olarak dış ortam kuru termometre sıcaklıkları ve bağıl nem değerleri (veya yaş termometre sıcaklıkları) binanın bulunduğu coğrafi konuma göre daha önce belirlenen metodlardan biri ile saatlik, günlük ve aylık değerler bulunur.

b) Güneşten olan ısı kazancı faktörlerinin hesaplanmasında yatay düzlem ve yönler göre opak yüzeylerden olan ısı kazancı, için Güneş Isı Kazancı Faktörü değerleri hesaplanır. [17]

c) Güneş -hava sıcaklıkları, T_e

$$T_e = T_o + \alpha I_t / h_o - \epsilon \delta R / h_o \quad (3.9)$$

dan bulunur.

d) Anlık duyulur ısı kazancı; çatıdan, duvarlardan, pencere ve benzeri şeffaf yüzeylerden olan duyulur ısı kazançları ile aydınlatmadan, insanlardan ve cihazlardan olan duyulur ısı kazançları ve açılabilir pencere ve kapılardan olan sızan hava (enfiltasyon) ile olan ısı kazançları ile havalandırmadan kaynaklanan anlık duyulur ısı kazancı değerlerinin toplamıdır.

Çatılar ve Duvarlar

$$\dot{Q}_{e,\theta} = A \left[\sum_{n=0} b_n (T_{e,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1} d_n \{ (\dot{Q}_{e,\theta-n\delta}) / A \} - T_{rc} \sum_{n=0} c_n \right] \quad (3.10)$$

Pencereler ve Şeffaf Yüzeyler

Bu yüzeylerden olan taşınım ve ışınlama olan ısı geçişi sırasıyla

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_o - T_i) \quad (3.11)$$

$$\dot{Q} = A \cdot SC \cdot SHGF \quad (3.12)$$

$$\text{Ayrılcı Panolar, Tavanlar, Döşemeler} \quad \dot{Q} = UA(T_b - T_i) \quad (3.13)$$

İnsanlar

$$\dot{Q}_{isk} = N \cdot \text{Duyulur Isı Kazancı} \quad (3.14)$$

Aydınlatma

$$\dot{Q}_{el} = W F_{ul} F_{sa} \quad (3.15)$$

Cihazlar

$$\dot{Q}_{ms} = \dot{Q}_{is} F_{UA} F_{RA} \quad (3.1)$$

Havalandırma ve Sızma (İnfiltrasyon) Havası

$$\dot{Q}_{inf d} = 1,2(1,006 + 1.84w) \dot{V}(T_0 - T_i)$$

ifadesi ile hesaplanır. 1,2 kg/m³ değeri, 101,325kPa basınçta 21 °C kuru hava 16 °C doyma sıcaklığına karşı gelen standart kuru havanın yoğunluğudur. Çoğu iklimlendirme yapılan mahalde, sıcaklık 24 °C civarında olduğundan, nem oranı 0,01 değeri eşittir. Dolayısıyla, duyulur ısı değişimi;

$$\dot{Q}_{inf d} = 1.23 \times \dot{V} \times (T_0 - T_i) \quad (3.16)$$

bağıntısından da bulunabilir.

e) Anlık Gizli Isı Kazancı ise insanlardan, cihazlardan, sızan havadan, havalandırmadan, olan anlık gizli ısı kazancı değerleri toplamıdır.

$$\text{İnsanlar: } \dot{Q}_{ilk} = N * \text{Gizli Isı Kazancı} \quad (3.17)$$

Havalandırma ve Sızma (İnfiltrasyon) Havası

$$\dot{Q}_{inf g} = 1,2 * 2500 * \dot{V} * (w_0 - w_i) = 3010 * \dot{V} * (w_0 - w_i) \quad (3.18)$$

Bu bağıntıda 2500 kJ/kg değeri, 24 °C sıcaklıkta %50 bağıl nemdeki su buharının entalpisi ile 10 °C sıcaklıktaki suyun entalpisinin arasındaki farktır.

f) Bulunan anlık duyulur ve gizli ısı kazançları toplanarak anlık toplam ısı kazancı hesap edilir.

Havalandırma ve Sızma (İnfiltrasyon) Havası

$$\dot{Q}_{inf tot} = 1,20 * \dot{V} * (h_0 - h_i) \quad (3.19)$$

g) Anlık ısı kazançlarından yararlanılarak soğutma yükleri hesaplanır. Burada RTF katsayıları kullanılarak gerekli dönüşüm sağlanır.

i)Taşınım ile duyulur ısı kazancı bileşenlerinden kaynaklanan soğutma yükü;

Pencerelerden, havadan havaya ısı kazancı,sızan hava ve havalandırmadan meydana gelen anlık ısı kazançlarının taşınım bileşenleri ile tungsten ve floresan aydınlatması ile ,insanlardan kaynaklanan ısı kazançlarının sırasıyla %20, %50 ,%67 oranındaki değerlerinin toplamından bulunur.

$$Q_{sc} = \sum_{i=1}^N (q_{c,i}) \quad (3.20)$$

ii)Taşınım ve ısıtım duyulur ısı kazancı bileşenlerinden olan soğutma yükü;

Pencereler, duvarlar, kapılar ve çatıdan güneş ısıtımını ile olan ve ortamda belirli bir zaman farkı ile soğutma yükü olarak hissedilen anlık ısı kazancı değerlerinin toplamıyla bulunur.

$$\dot{Q}_{tf} = \sum_{i=1}^N (\dot{v}_0 \dot{Q}_{\theta,i} + \dot{v}_1 \dot{Q}_{\theta,i-\delta} + \dot{v}_2 \dot{Q}_{\theta,i-2\delta} + \dots) - (\dot{w}_1 \dot{Q}_{\theta-\delta} + \dot{w}_2 \dot{Q}_{\theta-2\delta} + \dots) \quad (3.21)$$

İnsanlardan ve aydınlatmadan olan ısı kazancı, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 den salon geçiş fonksiyonu (RTF) katsayıları kullanılarak denklem (3.21) dan hesaplanarak elde edilen değerlerin floresan için %50 , insanlardan elde edilen değerlerinde %33 ü alınarak ısıtım ile duyulur ısı kazancı bileşenlerinden kaynaklanan soğutma yükü elde edilir.

Bu ifadeler kullanılarak toplam duyulur soğutma yükü;

$$\dot{Q}_{\theta i} = \dot{Q}_{tf} + \dot{Q}_{sc} \quad (3.22)$$

hesaplanır. Benzer şekilde,gizli soğutma yükü de

$$\dot{Q}_l = \sum_{i=1}^N q_{c,n} \quad (3.23)$$

bağıntısı ile bulunur.

ASHRAE de verilen zamana göre ortalama veriler ampiriktir ve bu tekniğin uygulanmasında bu ortalama veriler sadece kullanıcılar tarafından doğru bulunuyorsa kullanılması gerekli bilgiler olarak önerilmiştir [1]. Çeşitli kaynaklardan olan ısıtım ile ısı kazancı yüzdelere ait temel kabuller, transfer katsayılarının ve salon

transfer katsayılarının tespitinde TFM metodu tarafından hatalı değerler olarak alınırlar. TETD/TA metodu ise hangi değerın zamana göre ortalamasının alınacağını kullanıcı tarafından tespitini gerektirir. Tablo 3.8 de bu amaçla kullanılabilecek yüzdeler önerilmektedir.

Tablo 3.8 Saatlik Ortalama İçin Toplam Duyulur Isı Kazancının Taşınım ve Işınım Yüzdeleri

Isı kazancı kaynağı	Işınım%	Taşınım%
Pencere, iç gölgeleme yok	100	-
Pencere, iç gölgeleme var	58	42
Floresan ile aydınlatma	50	50
Normal ampul ile aydınlatma	80	20
İnsanlar	33	67
Dış çatı ve duvarlardan ısı kazancı	60	40
Sızma ve havalandırma	-	100
Makina ve cihazlar*	20-80	80-20

* Makina veya cihazlardan olan ısı kazancı yüzey sıcaklığına bağlı olarak değişir. Yüzey sıcaklığı arttıkça ışınlımla ısı kazancı yüzdesi de artar.

Isı kazancının taşınım yüzdesi, anlık soğutma yükü olarak ele alınır. Anlık ısı kazancının ışınlım yüzdesi ise binanın ve içindekilerin ısıl depolama özeliğine göre zamana göre ortalaması alınarak veya zamanla azaldığı göz önüne alınarak hesaplara dahil edilmelidir. Hafif konstrüksiyona sahip binalar için anlık soğutma yükü, ışınlımla olan anlık ısı kazancının, hesapların yapıldığı saat de dahil olmak üzere 1 saat ile 3 saatlik zaman dilimlerindeki ortalama değeri ile; o saatteki ısı kazancının ışınlım dışındaki bileşenlerinin toplamından hesaplanabilir. Çok ağır konstrüksiyona sahip binalar için ise, ortalamanın hesaplandığı zaman süresi, hesapların yapıldığı saati de içine alacak şekilde 6 saat ila 8 saatlik bir periyodu gerektirir. Bu tekniği kullanan pek çok uygulayıcı, nadiren 5 saatten daha uzun süreleri almakla beraber, ticari binalar için genel uygulama 3 saat civarındadır.

h) Mahallin toplam duyulur soğutma yükü, mahaldeki toplam duyulur soğutma yüküdür ve soğutma cihazının seçiminde kullanılır.

i) Toplam gizli ısı kazancı ,Toplam Gizli Soğutma Yüğü olarak bütün anlık ısı kazancı bileşenlerinin toplamından bulunur.

j) Toplam gizli soğutma yükü ve Toplam duyulur soğutma yükü değeriinin toplamı ile toplam soğutma yükü bulunur.

3.4.2.3 Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı / Güneş Enerjisi Soğutma Yüğü Faktörü / Soğutma Yüğü Faktörü Metodu (CLTD/SCL/CLF Metodu)

ASHRAE tarafından desteklenen ve TETD/TA ile TFM Metotlarının karşılaştırılmasını içeren çalışma sonucunda yeni bir metod ortaya çıkmıştır[18]. Bu çalışmanın bir parçası olarak, pratikte kullanılan sistemlere Geçiş Fonksiyonu Metodu (TFM) uygulanarak elde edilen veriler, güneş gören duvarlardan, çatılardan ve pencerelerden iletimle olan ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükünün doğrudan hesaplanmasını sağlayacak soğutma yüğü sıcaklık farkı (CLTD) verilerinin bulunmasında kullanılmıştır. Pencerelerden olan güneş ısı kazancının benzer şekilde hesaplanması ve iç ısı kaynaklarından olan yükler için soğutma yüğü faktörleri (CLF) de geliştirilmiştir. Son yıllardaki araştırmalar, pencerelerden olan güneş yüğü için daha büyük bir doğrulukla değişkenlerin etkisinin ilavesine imkan veren güneş enerjisi soğutma yüğü (SCL) faktörünün geliştirilmesini sağlamıştır.[16]

CLTD, SCL ve CLF faktörlerinin hepsi, zaman farkının opak dış yüzeylerden iletimle ısı kazancına etkisini, ve ışınlama ısı kazancının, soğutma yüküne dönüşmesinde ısı depolama kabiliyetinin etkisini kapsar.

Bu sadeleştirmeler, soğutma yükünün elle hesaplanmasına müsaade eder niteliktedir. Dolayısıyla veriler mevcut olduğunda ve doğru kullanıldığında bulunan sonuçlar TFM metodu kullanılarak bilgisayarla bulunanlar ile uyumlu olmaktadır.

3.4.2.3.1 CLTD/SCL/CLF Metodu Hesaplama Adımları

CLTD/SCL/CLF metodu kullanılarak ortam soğutma yükünü hesaplamak için, bir önceki bölümde detaylı açıklanan Geçiş Fonksiyonu Metodunda belirtilen işlemlerin aynısı uygulanır. Benzer şekilde, güneşten olan ısı kazancı hesapları, dış duvar ve çatılardan olan toplam ısı kazancı, iç yüzeylerden olan ısı kazancı, sızma (enfiltasyon) ve havalandırma ile olan ısı kazancı da bulunur.

CLTD/SCL/CLF metodu, tek adımlı hesapların elle yapılabilirdiği bir metod olup, esas olarak geçiş fonksiyonu metodunun kabullerine dayanmaktadır. Bu metod, ısı kazancının ilk üç şekline (pencere, duvar ve çatı gibi yüzeylerden olan iletimle ısı kazancı; camlardan güneş ışınlama ile olan ısı kazancı; ve aydınlatma, insanlar ve makinalardan iç ısı kazancı) karşılık gelen soğutma yükünün hesabında kullanılır.

a) Zamana bağılı olarak dış ortam kuru termometre sıcaklıkları ve bağıl nem değerleri (veya yaş termometre sıcaklıkları) binanın bulunduğu coğrafi konuma göre uzun yıllar ortalaması meteorolojik verilerinden elde edilir.

b) Bu metodda ısı kazançları “Dış Isı kazançları” ve “İç Isı Kazançları” olarak ikiye ayrılmış ve bunlardan kaynaklanan soğutma yükleri de Dış ve İç Soğutma Yükleri olarak adlandırılmıştır.

b) Buradaki dış soğutma yükü; dış ısı kazançlarından kaynaklanır ve bu soğutma yükü miktarı,

-Çatılar ,duvarlar ve camlardan ısı iletimi ile olan;

-Camlardan güneş ışıınımı ile olan ısı kazancı ile olan;

-Ayrıncı panolar ,tavan ve döşemelerden olan ısı kazançlarını esas almaktadır.

Burada çatılar ,duvarlar ve camlardan ısı iletimi ile olan ısı kazancı,

$$\dot{Q} = UA(CLTD) \quad (3.24)$$

camlardan güneş ışıınımı ile olan ısı kazancı ise

$$\dot{Q} = A(SC)(SCL) \quad (3.25)$$

Ayrıncı panolar,tavanlar,döşemelerden olansa

$$\dot{Q} = UA(T_b - T_i) \quad (3.13)$$

denklemleri ile dış soğutma yükü hesaplanır.

c) İç Soğutma Yüğü

İnsanlardan kaynaklanan toplam duyulur ısı kazancı; hemen soğutma yüküne dönüşmez. Isı kazancının ışıınım bileşeni önce iç ortam tarafından yutulur, belirli bir süre sonra odanın ısıl yüküne de bağılı olarak ortam havasına taşıınım ile verilir.

Anlık duyulur soğutma yükü; ortamda bulunan kişi sayısına bağılı olan duyulur ısı kazancının, binanın kullanma süresine bağılı olarak soğutma yükü faktörü (CLF) ile çarpımıyla bulunur.

$$\dot{Q}_{soğ} = N * \text{Duyulur Isı Kazancı} * CLF \quad (3.26)$$

Gizli soğutma yükü ise; ortamda bulunan kişi sayısına bağılı olan gizli ısı kazancıdır.

Denklem (3.17) eşitliklerinden bulunur.

-Aydınlatmadan gelen soğutma yükü

Geçiş fonksiyonu yönteminde irdelendiği gibi, aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yükü, aydınlatma gücünü hemen yansıtmaz, Kimura ve Stephenson, Mitalas ve Kimura ile Mitalas aydınlatma armatürü tipinin, besleme ve dönüş havası tipinin, ortamın dekorasyonunun ve ısı karakteristiklerinin soğutma yükü üzerindeki etkisini vermektedir[14,19]. Heating and Cooling Calculation Manual'da bu parametrelerin etkisi ile aydınlatma için CLF değerleri ve Tablo 35' de tanımlanan bölge seçimi ile bağdaştırılmıştır[1,16]. Verilen herhangi bir anda aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazancı sonucu olan soğutma yükü;

$$Q_{el} = W F_{ul} F_{sa} (CLF_{el}) \quad (3.27)$$

veya denklem (3.6) eşitliğinden hesaplanır.

CLF_{el} verileri; (1) iklimlendirilen ortam sıcaklığı sürekli olarak sabit bir değerde tutulur ve (2) lambalara verilen güç ve soğutma yükü eğer lambalar uzun süre açık kalırsa birbirine eşit olur, kabullerini esas almaktadır.[1]

Eğer soğutma sistemi sadece binanın kullanıldığı saatlerde açık kalıyorsa, CLF_{el} değeri 1,0 alınmalıdır. Eğer ortam içindeki lambaların bir kısmı bir işletme programına, diğer kısmı başka bir işletme programına göre yakılıyorsa, her kısım ayrı ayrı incelenmelidir. Lambalar gün boyunca 24 saat açık ise CLF_{el} değeri yine 1,0 olarak alınmalıdır

-Havalandırma ve enfiltrasyon havasından kaynaklanan duyulur ve gizli ısı kazançları daha önce izah edildiği şekilde, aynı denklemler kullanılarak hesaplanır Denklem (3.16)-(3.18)-(3.19)).

d) Toplam Ortam Soğutma Yüğü ise her soğutma yükü bileşeninin, o saat için hesaplanan değerlerinin toplamından bulunur.

3.4.2.4 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zamana Göre Ortalama Metodu (TETD/TA Metodu)

Pek çok kullanıcı, Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı/Güneş Enerjisi Soğutma Yüğü Faktörü/ Soğutma Yüğü Faktörü Hesaplama Metodu tekniği kullanmadan önce, başarısı kanıtlanmış, zamana göre ortalama tekniğinin bilgisayar destekli versiyonlarını kullanırdı. Bununla beraber bu bilgisayar yöntemleri içinde pek çoğu, ısı kazancına sebep olan birçok faktör içinde ışınlama ısı geçişi miktarının etkisinin ve bu tip yüklerin ortalama değerinin oldukça subjektif bir şekilde tespitine dayanmaktaydı. Bu iki önemli hususun uygulanması, araştırmalar veya bilimsel

kaynaklardan çok daha ziyade kullanıcının bireysel tecrübesine dayanmaktadır. Harris ve McQuiston yapmış olduğu çalışmada, azaltma faktörlerini ve zaman aralığı değerlerini geliştirmişlerdir[20]. Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zamana Göre Ortalama Metodu, anlık soğutma yükünün hesaplanmasını sağlayan bir metod olup, esas olarak ortam soğutma yükünün hesabı için, Geçiş Fonksiyonu metodunda uygulanan aynı veri toplama ve ön hesap analiz tekniklerine dayanır.

Anlık ısı kazancı ile anlık soğutma yükü arasındaki ilişkiyi veren "zamana göre ortalama tekniği", iki adımda dönüşümün yapılmasını sağlayan TFM metodunun yaklaşık bir şeklidir. Bu teknik, herhangi bir anda bir ortama ısıyla giren ısı kazancının, bina ve içinde barındırdığı eşyalarda depolanması ve depolanan bu enerjinin bir süre sonra ortama geri verilmesini de göz önüne almaktadır. Bu tekniğe göre, belirli bir saatteki soğutma yükü sadece iletimle olan ısı kazançları ve daha önceki saatlerde depolanan ısıyla ısı kazancının hesaplanan saatte açığa çıkan miktarının toplamına eşittir. Bu metotta sırasıyla,

- 1- Güneş ışınmından ısı kazancı hesapları (pencerelerden, güneş ve iletimle ısı kazancı, soğutma yükünün bulunması).
- 2- Dış duvar ve çatıdan toplam ısı kazancı (güneş-hava sıcaklığı, dış yüzeylerden ısı kazancı sıcaklık değerleri, yüzey renkleri, hava sıcaklığının günlük değişimi ve düzenlemeleri, ortalama güneş-hava sıcaklığı, saatlik hava sıcaklıkları ve verilerdeki sınırlamalar).
- 3- İç yüzeylerden ısı kazançları (bitişik mahaller, ara döşemeler)
- 4- Havalandırma ve sızma (enfiltasyon) ile ısı kazancı.

Hesaplamalar geçiş fonksiyonu metodu ile aynı yöntemlerle hesaplanır. Bu metoda bağlı hesaplama adımları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

3.4.2.4.1. Ortalama Soğutma Yüğü Hesaplama Adımları

Tipik bir duvar veya çatıdan (ısıl kütlesi ve U-katsayısı benzer olan) ısı geçiş miktarı, tablolar halinde verilen λ etken azaltma faktörü, δ zaman aralığı, eşdeğer sıcaklık diferansiyeli ve güneş hava sıcaklıklarına bağlı olarak bulunan veya tablolar halinde 1967 yılında yayınlanan ASHRAE Temel el kitabında verilen TETD değerleri ile ele alınan duvar veya çatının U katsayısının çarpımından bulunabilir.

$$\dot{Q} = UA(TETD) \quad (3.28)$$

TETD değeri denklem (3.7) yardımı ile hesaplanır.

Bu yöntem ile yapılan herhangi bir hata ele alınan bina elemanı konstrüksiyonu ile (elemanlar, büyüklük, renk ve şekil) TETD değerlerinin bulunmasında kullanılan model konstrüksiyon arasındaki farklılığa bağlıdır.

Belirli bir saatteki duyulur soğutma yüğü, bu ortama taşınım ve ışıınım bileşeni hariç bütün iletimle olan ısı kazançları ile, daha önceki saatlerde depolanan ışıınım bileşeninin hesap saatinde açığa çıkan miktarlarının toplamına eşittir.

$$\dot{Q}_s = (\dot{Q}_{cf} + \dot{Q}_{arf} + \dot{Q}_c) \quad (3.29)$$

$$\dot{Q}_{cf} = [\dot{Q}_{s,1}(1-rf_1)] + [\dot{Q}_{s,2}(1-rf_2)] + \dots + [\dot{Q}_{s,n}(1-rf_n)] \quad (3.30)$$

$$\dot{Q}_{arf} = \sum_{\gamma=h_a+1-0} [(Q_{s,i} \times rf_1) + (Q_{s,2} \times rf_2) + \dots + rf_n]_\gamma / s \quad (3.31)$$

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_{sc,1} + \dot{Q}_{sc,2} + \dot{Q}_{sc,\beta} \quad (3.32)$$

Gizli soğutma yüğü ise,

$$\dot{Q}_l = (\dot{Q}_{l,1} + \dot{Q}_{l,2} + \dot{Q}_{l,\beta}) \quad (3.33)$$

denklemleri yardımı ile bulunur.

3.5 Metodların Karşılaştırılması Ve Birbirlerine Göre Üstünlükleri

Şimdiye kadar açıklanan bütün hesaplama metodlarında (TFM, CLTD/SCL/CLF ve TETD/TA) her ne kadar metodlar birbirinden amaç, yaklaşım ve matematiksel metod açısından büyük oranda farklı olsa da, sonuçlar pek çok benzerlik göstermektedir.

TETD/TA İki adımda uygulanıyor olması, dışarıdan gölgeleme elemanına sahip binalardaki soğutma yükü hesabında bir kolaylığı da beraberinde getirir. Dışarıdan gölgeleme elemanı ile ısı kazancı değiştirilen pencerelerin saatlik ısı kazancı değerleri, doğrudan kullanılabilir. Dolayısıyla mühendis metod üzerinde mükemmel bir kontrole sahip olur ve iklimlendirilen ortamdaki soğutma yükü üzerinde gölgeleme elemanlarının etkisini değerlendirebilir.

TETD/TA da sonuçlar TFM metoduna göre daha kısa sürede elde edilebiliyor.

TFM ile TETD/TA bulunan anlık duyulur ısı kazancı hemen hemen eşittir. Bununla beraber farklı genliklerde olmakla beraber, soğutma yükü aynı saatte maksimum değere ulaşmaktadır. Maksimum TETD/TA soğutma yükü, bir saat sonra aynı maksimum ısı kazancına ulaşır.

CLTD/SCL/CLF metodu 24 saat boyunca her saat için, bu metod ile soğutma yükü hesaplanabilir yalnız bu metod ile ısı kazancı değerleri hesaplanamamaktadır.

TFM metodu ile üretilen soğutma yükü profilleri, ışınlama ısı kazancının hesap saatinden bir önceki ile yedi veya sekiz saat önceki değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunan miktarın, toplam taşınım ısı kazancı miktarı ile toplamı kullanılarak oldukça iyi bir yaklaşımla bulunabilir. Elde edilen sonuçlar daha külfetli olan TFM analizi ile elde edilen sonuçlarla uyumlu ise de TETD/TA metodu ile sonuçlar daha da kısa hesaplama süresinde elde edilir. Ortalama değerlerin alındığı zaman diliminin istendiği gibi değiştirilebilmesi (tecrübeye bağlı olarak her binanın mümkün olan ısı performansına göre), sonuçlar üzerinde profesyonel yargının gösterilmesini sağlayan önemli bir etkidir.

TETD/TA metodunun başarısı, belirlenen ısı kazancı bileşenleri taşınım ve ışınlama yüzdelерinin doğruluğunun yanı sıra, ortalamanın alındığı periyodun süresine de bağlıdır. Metodun zayıf tarafı ise, teknik kaynaklarda üretilen verilerin eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

TFM veya TETD/TA metotlarından birinden elde edilen ısı kaybı değerleri, bütün yük bileşenleri için aynıdır. Yöntem ne olursa olsun iç ısı kazançlarından gerçekçi soğutma yükü değerlerinin bulunması için mühendislik yönünden iyi bir irdeleme gereklidir.

1-Geçiş fonksiyonu metodu (TFM, Transfer Function Method), bilgisayar esaslı bir metod olup iki kademede uygulanır. Önce bütün ısı kaynaklarından olan kazançlar tespit edilir; daha sonra bu ısı kazançlarının soğutma yüküne çevrilmesi sağlanır. Yıllık enerji ihtiyacının simülasyonu amacı ile geliştirilen saat-saat hesaplama özeliği, bu uygulama için bu metodun uygun olmasını sağlamaktadır.

2-Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı(CLTD, Cooling Load Temperature Difference) /Güneş Enerjisi Soğutma Yükü Faktörü(SCL,Solar Cooling Load Factor)/Soğutma Yükü Faktörü(CLF,Cooling Load Factor) Metodu Geçiş fonksiyonu metodunun (TFM) basitleştirilmiş bir şekli olup , tek adımlı bir işlemdir. Bu methodda soğutma yükü sıcaklık farklarını (CLTD, Cooling Load Temperature Difference), güneş enerjisi soğutma yükü faktörlerini (SCL, Solar Cooling Load Factor), ve iç soğutma yükü faktörlerini (CLF, Internal Cooling Load Factor) kullanarak, TFM metodunun bir yaklaşımı olarak soğutma yükünü hesaplar. Uygulanabildiği zaman bu metod el ile hesaplamalar için de uygun olabilir.

3- Toplam eşdeğer sıcaklık farkı / Zamana göre ortalama metodu; ısı dengesi tekniğinin bir alternatifi olup , toplam eşdeğer sıcaklık farkı değerlerini kullanır ve zamana göre ortalama hesap ederek (TETD/TA, Total Equivalent Temperature Differential/Time Averaging) soğutma yüklerini hesaplar. Yine bilgisayar destekli ve iki adımlı metoddur. Bu metod tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta geçerli olan sonuçlar verebilmektedir.

3.5.1 Hesapların Kesinliği.

Ele alınan bir binanın soğutma yükünün doğru olarak bulunması her zaman göz önünde tutulmalıdır. Uygun bir soğutma yükü hesabı, uygun bir performans için geçerli olan değerleri verir. Bina malzemelerinin ve bu malzemelerden meydana getirilen yapı elemanlarının ısı geçiş katsayılarındaki değişimler, binanın fiziksel yapısını teşkil eden bina elemanlarının özelliklerinin ve mevcudiyet sebeplerinin değiştirilmesi, ve binanın gerçek kullanımı ile tasarım sırasında göz önüne alınan kullanım amacının farklı olması, kesin sonuçların elde edilmesini engelleyen

değişkenlerden bazılarıdır. Tasarımcı bu faktörlerin hesaba katılmasını sağlayacak uygun bir hesaplama metodu kullansa da hesap sonuçları, hiçbir zaman gerçek soğutma yükünün iyi bir tahmininden öteye gidememektedir.[1]

3.5.2 Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Enerjisi Soğutma Yükü Faktörü/Soğutma Yükü Faktörü Metotlarının Uygulanmasındaki Sınırlamalar

CLTD/CLF verilerinin kullanılması ile elde edilen sonuçlar, ortam karakteristiklerine ve bu faktörlerin türetilmesinde kullanılan karakteristiklerden ne oranda sapmalar gösterdiğine bağlıdır. Karakteristiklerin büyüklüğünde sapmalar meydana gelebilir ve ışınlama ısı kazancı bileşenleri soğutma yüküne dönüştüğünde ortam içindeki saatlik soğutma yüklerine etki edebilir. Bu metod içinde iki tip hata mümkündür.

1. TFM metodu kullanarak, çeşitli ısı kazancını esas alan soğutma yükünü tespit etmek için CLTD/SCL/CLF tablolarını üretmede kullanılan bilgisayar programlarıyla her ısı kazancı bileşeninden kaynaklanan soğutma yükü, CLTD, SCL veya CLF değerlerini elde etmek için boyutsuzlaştırılır. Yalnız bu tablolarla beraber kullanılan CLTD/SCL/CLF metodu, TFM metodu ile aynı sonucu verecektir. TFM metodunda saklı olan üç hata CLTD/SCL/CLF verileri vasıtasıyla taşınır.

a. Her ağırlıklı faktör grubu veya iletimle ısı geçişi fonksiyonu katsayıları, benzer ısı karakteristiklere sahip duvar, çatı veya zonlar için kullanılır. Veri grupları hatanın minimum olması sağlanacak şekilde seçilmelidir [20]

b. Ağırlıklı faktörleri hesaplamada kullanılan plan, dikdörtgen bir salona uygulanan 14 farklı değişkene dayanır. Bir ortam nadiren bu değişkenlere tamamıyla uyar. Bu nedenle, bir ortamı en doğru şekilde temsil edecek parametrelerin seçiminde mühendislik yargısı önemli rol oynar. Bu salon parametrelerinden olan sapmalar kolaylıkla miktarı tespit edilemeyen hatalar ile sonuçlanabilir.

c. TFM metodunun temel kabullerinden biri ise bir zonun toplam soğutma yükünün zona ait her bileşenin ayrı ayrı toplanması ile hesaplanabileceğidir. Örneğin, her duvar ve çatıdan ışınlama ısı geçişi diğer yüzeylerden bağımsız kabul edilmiştir.

2. CLTD, SCL ve CLF değerlerini veren tabloların daha ileri seviyede sınıflandırılması gerekmektedir. Maksimum potansiyel hatalar incelenerek, tablo halinde verilmiştir[1]. TFM metodunda bu hatalar mevcuttur.

Özet olarak CLTD/SCL/CLF metodu, uygulamada mühendislik yargısına ve tecrübesine ihtiyaç gösterir. Metod uygun bilgisayar yazılım programları Mcquiston ve Spitler tarafından üretilmiş tablolar ile ve dış gölgeleme elemanı etkisiz olan binalar için kullanılırsa, sonuçların TFM metodu ile bulunan sonuçlara çok yakın değerler olması beklenebilir[16]. Yayınlanmış tablolar kullanıldığında bazı ilave hatalar da meydana gelebilmektedir. Ancak her durumda sonuçlarda elde edilen hassasiyet yeterli olmaktadır.



BÖLÜM 4

KLİMA SİSTEMLERİ

4.1 SİSTEM SEÇİM ESASLARI

Tatbik edilecek klima sisteminin seçimi, tasarımcının en önemli ve en kritik kararıdır. Bu kararı verirken pek çok faktör incelenmelidir. Bu faktörler içinde de en önemlileri ilk tesis maliyeti ve işletme giderleridir.

Sistem veya sistemlerin seçiminde duyulur ısı yüklerinin, gizli ısı yüklerinin oranları, klima edilen alanlarda metre kare başına düşen miktarları ve yükün binada nasıl dağıldığının tespiti çok önemlidir. Bu faktörler kısmi yüklerde binada istenilen konfor şartlarının temini için, tek zonlu sistemlerin mi yoksa çok zonlu sistemlerin mi seçilmesi gerektiğini belirtecektir. Kısacası bina muhtelif mevsim ve saatlerde etüt edilmesi gerekir.

Ayrıca binanın, yeni yapılan bir yapımı yoksa, eski bir yapımı olduğu, eski yapıların getireceği kısıtlamaların neler olabileceği, bunların nasıl aşılacağı çok iyi araştırılmalıdır. Sistem seçimi aşağıdaki faktörlerden pek çoğuna bağlıdır[21]:

4.1.1 Sistem Maliyeti

Sistem seçiminde en önemli husus sistem maliyetidir. Mal sahipleri genellikle en ucuz tesis gideriyle, en ucuz işletme gideriyle, en mükemmel ve devasa bir tesis isterler. Sistem seçimi, işin sadece mühendislik yönü dikkate alınarak değil, mal sahibinin yatırım yapmaktaki temayüllerine göre olmalıdır.

Sistem maliyeti olarak ilk tesis maliyeti, işletme maliyeti ve ayrıca yapılan yatırımın geri dönüşü olarak sayılabilir. İlk tesis maliyeti iyi değerlendirilmelidir. Ayrıca, bazı malzemelerin imalatı ve emre amade olma tarihlerinin inşaat programına uygunluğunda dikkate alınmalıdır. İşletme giderleri, sarf edilen enerjinin parası, bakım personelinin ücretlerini, sarf parça giderlerini, malzemenin hakiki amortismanını da kapsar. Gider, sırf enerji gideri olarak alınmamalıdır. Tasarımcının tesisi mükemmelleştirmek için yatırımcıya teklif edeceği ilave paranın, ne kadar zamanda geri alınacağı da göz önünde bulundurulmalıdır. Aslında bu işin takdirini en iyi, gene yatırımcı yapmaktadır. Projejinin vazifesi biraz daha bitaraf davranıp, işi mal sahibine

götürmeden evvel kendi inisiyatifiyle, pek verimli gözükmeyen bazı tatbikatları ve ilaveleri peşinen diskalifiye etmesidir.

4.1.2 Bina Özellikleri

Sistem seçiminde bir diğer önemli unsurda binaya ait olan fiziksel özelliklerdir. Bunlardan binanın bulunduğu yer, binanın kullanım amacı, iç yüklerin eşzamanlığı, binanın tipi ve sahip olunan enerji gibi bileşenler ön plandadır. Binanın bulunduğu yerde ise coğrafik koşullar, binanın yönü ve şekli sayılabilir.

4.1.3 Sistem Tipleri

Tasarımcı, olabilecek tüm sistemleri dikkate alıp, mal sahibi isteklerini teknik olarak da karşılayan bir veya iki sistemi mal sahibine sunmalı ve onunla birlikte çalışarak, seçeceği sistemi daha belirgin hale getirmelidir. Bunu yaparken bir kere daha dikkate alacağı kriterler şu şekilde sıralanabilir.

1. Talep edilen sıcaklık, nem, mahal basınç değerleri
2. Kapasite
3. Yedeklilik
4. Mahale ait istenilen özel hususlar (ses seviyesi, vs.)
5. İlk tesis maliyeti
6. İşletme maliyeti
7. Güvenirlilik
8. Esneklik
9. Seçilen sistemin ömrü

Sistem seçiminin son adımı olarak, projenin ve seçim kriterlerinin bir özetini veren, mukayeseli bir rapor tasarımcı tarafından hazırlanıp mal sahibinin tasvibine sunulur. Bu raporda tasarımcının, seçilmesini tavsiye ettiği sistem ve bunun için geçerli nedenleri belirtilmelidir.

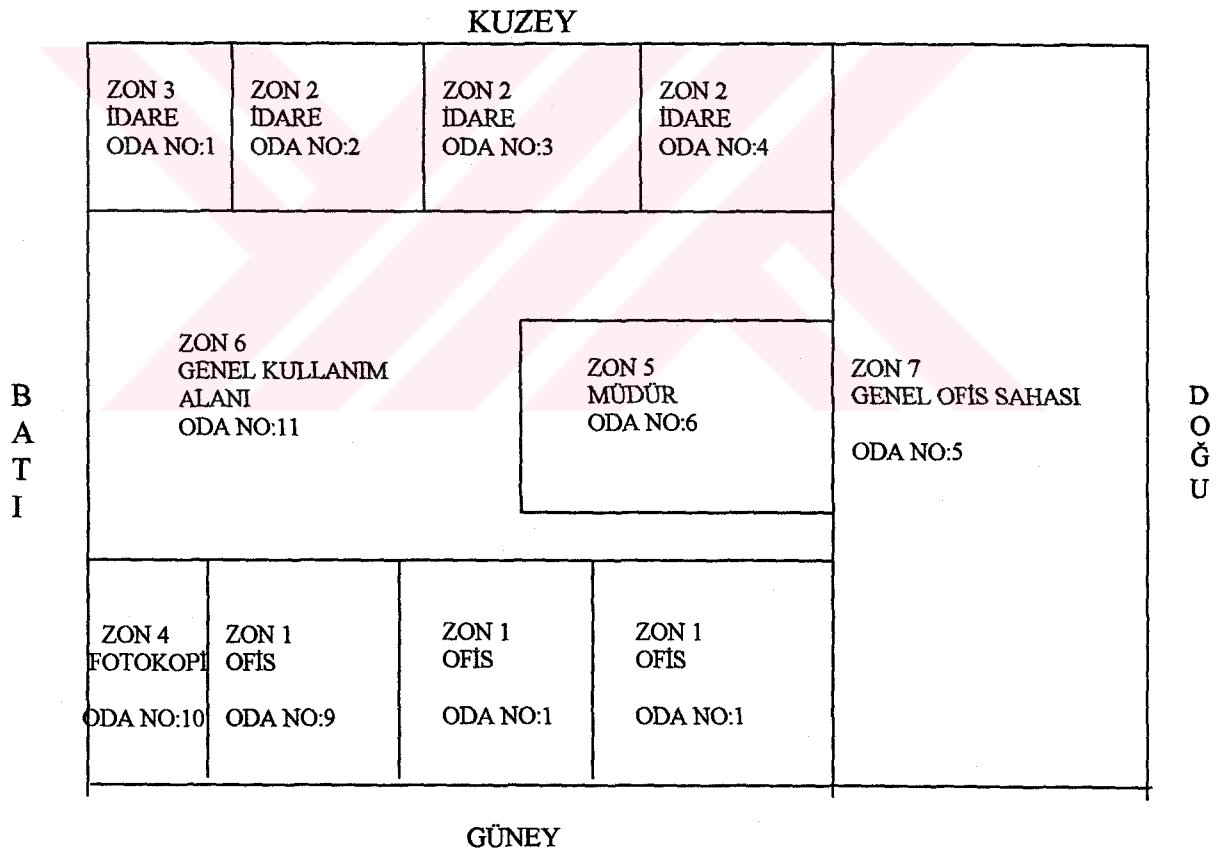
- a) Havalı sistemler
- b) Sulu sistemler
- c) Paket cihazlar

4.1.4 ZON Kavramı

Isı kazancı ve ısı kaybının, diğer mahallere göre farklı zamanlaması olan her alan farklı bir zon olup, iç hava kontrolünün bağımsız olarak sağlanması gerekir. Buna ilaveten insan yükünün değiştiği mahallin, kullanım maksadının değiştiği, bina kullanım zamanının değiştiği her alanın, ayrı zon olarak değerlendirilmesi gerekir. Genel olarak en önemli ayırım iç zonlar ve çevre zonları şeklindedir.[22]

İç zonlar, dış havaya veya diğer mekanlara, ısı kaybı veya ısı kazancı olmayan, iç bölgelerde bulunan mahallerdir. Çevre zonları ise bina çevresinde ve çatıda olan mahallerdir.

Aynı yöne bakan dış zonlar, örneğin Şekil 4.1' de gösterilen 7, 8 ve 9 Nolu ofis alanları tek bir zon, 2, 3,4 No'lu odalar ikinci bir zon, 1 No'lu odanın başka cephesi olduğu için üçüncü bir zon, aynı şekilde 10 No'lu oda da dördüncü zon olarak, müdür odası beşinci zon, genel kullanım alanı altıncı zon, genel ofis sahası da yedinci zon olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.1 Zon Kavramı[22]

Genelde tek bir hacim bile olsa, farklı cepheleri veya kullanım profili bulunan geniş alanlar birden fazla zonlu olarak değerlendirilmelidir. Şekil 4.1 deki (genel ofis sahası) yedinci zonu aslında birden fazla zonlu olarak ele alınabilir. 300 kişilik bir toplantı salonu tek bir zon olabilir fakat 2000 kişilik bir toplantı salonu mutlaka çok zonlu olmalıdır. Çünkü böyle

bir salonda, sahneye yakın olan koltuklar öncelikle dolacak, salonun bazı kısımları ise bazen boş kalabilecektir. Zonlamanın doğru yapılması, gerek yük hesabı yaparken, gerekse sistemi seçerken tasarımcının en önemli becerilerinden birisidir.

4.2 TAM HAVALI SİSTEMLER

Tam Havalı Sistemler, tatbik edildikleri mahalde tüm duyular ısı, gizli ısı yüklerini, ön ısıtma, nemlendirme nem alma işlemlerini hava ile karşılayıp, bu alanların klimatize edilmesini sağlar. Zonlarda ilave soğutma, nemlendirme gibi işlemlere gerek yoktur. Isıtma ise, merkezi veya belirli zonlarla yapılır. Zon tabirinden maksat, müstakil bir kontrol elemanı bulunan sistem, mahal kelimesi ise, bölme duvarları bulunan, müstakil kontrole ihtiyacı olan veya olmayan alan demektir.

Tam havalı sistemler iki ana kategoride sınıflandırılabilir;

- a) Tek kanallı sistemler
- b) Çift kanallı sistemler.

4.2.1 Tek Kanallı Sistemler Genel Tanıtımı

Isıtıcı ve soğutucu serpantin seri olarak hava akım yönünde olup tek bir dağıtıcı ana kanal sistemi sabit hacimde değişken sıcaklıkta havayı veya sabit sıcaklıkta değişken miktarda havayı (VAV) mahallere taşır.

Tek Kanallı Sistemin Alt Sınıflandırması:

Sabit Hava Debili Sistemler

- Tek Zonlu Sistemler
- Çok Zonlu Sistemler
- By-pass VAV Sistemleri

Değişken Hava Debili (VAV) Sistem

- Hava miktarının kısılarak ayarlandığı sistemler
- Hat ısıtıcılı (Reheat) sistemler
- Fanlı sistemler
- İndüksiyon sistemleri

4.2.2 Çift Kanallı Sistemler Genel Tanıtımı

Çift kanallı sistemlerde ısıtıcı ve soğutucu serpantinler paralel pozisyonda veya seri paralel hava akımı şeklinde konumlandırılmış olurlar. Sıcak ve soğuk hava ya iki ayrı kanal ile zonlara iletilip zon girişlerindeki terminal kutuda karıştırılır veya karışım merkezi santralde yapıp her zona ayrı ayrı kanallarla (Multizon) gidilir.

Çift Kanallı Sistemin Alt Sınıflandırılması:

- Sabit Hava Debili Çift Kanal Sistemleri
- Değişken Hava Debili Çift Kanal Sistemleri (VAV)
- Bağımsız Çift Kanallı Sistemler

Çok Zonlu Sistemler

- Sabit Hava Debili Çok Zonlu Sistemler
- Değişken Hava Debili Çok Zonlu Sistemler

4.2.3 Tam Havalı Sistemlerin Tatbikat Alanları:

Tam havalı sistemlerin, konfor ve proses klimasında pek çok tatbikat alanları mevcuttur. Ofis binalarında, okul, üniversite binalarında, laboratuvar, hastane, dükkan, otel, temiz oda, ameliyathane, araştırma binaları ve fabrika binalarında tatbikatları bulunmaktadır.

4.2.4 Tam Havalı Sistemlerin Avantajları

- 1- Merkezi klima cihazının, yerleşim alanları dışında makine dairesinde tesis edilmesini ve filtrasyon, koku, ses kontrollerinin ve ısı, nem kontrollerinin istendiği şekilde daha rahat yapılmasını sağlar.
- 2- Boru bağlantılarının, drenaj borularının, elektrik hatlarının, filtrelerin klimatize saha dışında olması, bunların bakımının kolaylaştırmasının yanında, bunların ayak altından uzaklaşmasından dolayı hasar görmelerini de önler.
- 3- Dış havanın, oda sıcaklıklarından düşük olduğu zamanlarda, soğutucu cihazların devre dışı bırakılarak, dış hava ile soğutma yapılma olanağı vardır.
- 4- Mevsimsel change-over yapılması ve otomatik kontrole uygulanması çok kolaydır.

- 5- Çok rahat zonlama yapılması, fleksibilite ve nem kontrolü sağlaması her mevsim geçerlidir.
- 6- Isı geri kazanım olanaklarının kullanılmasına imkan sağlar.
- 7- İyi hava dağılımı yapılmasına imkan sağlar.
- 8- Büyük miktarda egzost gerektiren dizaynlarda, çok rahatlıkla dış hava temini imkanı getirir.
- 9- Kışın nemlendirme yapılmasına uygundur.

4.2.5 Tam Havalı Sistemlerin Dezavantajları

- 1- Kanal için ilave bir yükseklik gerektirdiği için, binanın yükselmesine neden olur.
- 2- Çevre zonların ısıtılmasında kullanıldığı zaman kullanım saatleri dışında da fanların çalışmasını gerektirir.
- 3- Kanallarda hava balansının yapılması zor bir işlemdir.
- 4- İnşaat esnasında, çevresel zonlardaki ısıtma, hava ile yapılması halinde, sulu sistemlere nazaran daha geç tarihlerde gerçekleşir.
- 5- Uç elemanlara ulaşmak için bakılacak müdahale kapakları, mimari, dekorasyon sorunu yaratır.
- 6- İç soğutma yükünün fazla olması, daha büyük hava miktarları gerektirecektir. Neticede mimarla birlikte fazlaca çalışmak gerekecektir.

4.3. TEK KANALLI SİSTEMLER

4.3.1 Sabit Hava Debili Sistemler

4.3.1.1 Tek Zonlu Sistemler

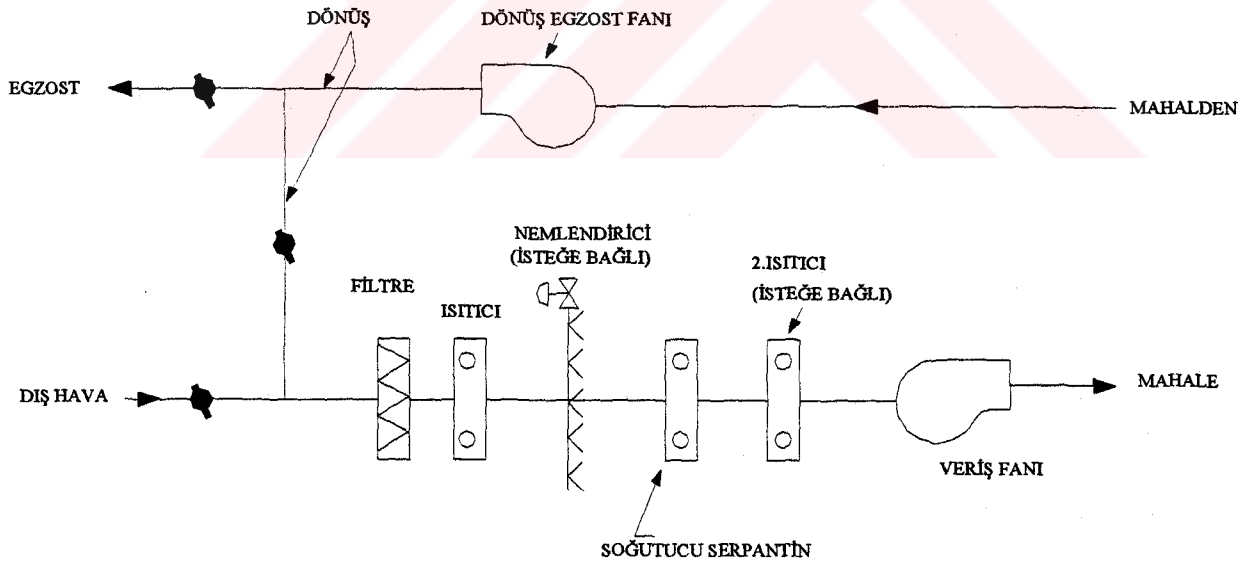
En basit, tek bir zona hitap eden, sıcaklık kontrollü bir sistemdir. Dikkatli bir dizayn ile, sistemin hitap ettiği hacmin sıcaklık ve nem kontrolü çok güzel yapılabilir (Şekil 4.2). Sistem istenildiğinde, komşu sistemlere zarar vermeden durdurulabilir. **Sisteme Dönüş** - Egzost fanı ilavesiyle uygun dış sıcaklıklarda, dış hava ile soğutma yapmak

mümkündür (Dönüş Egzost fanı kullanılmazsa sabit dış hava çalışma durumu tatbikinde bu olanaktan yararlanılamaz).

Sabit havalı tek zonlu sistemlerin kontrol şekli, üflenlen havanın sıcaklığını değiştirerek, yani serpantin çıkış sıcaklıklarını değiştirerek tekrar ısıtma (reheat) yapılarak veya soğutucu serpantin üzerine alın bypass damperi koyup yaz mevsiminde, yük azaldığında karışım havasını soğutucu üzerinden geçirmeyip (bypass ederek) soğutucu çıkış sıcaklığı değiştirilerek yapılabilir.

Tek zonlu sistemler, küçük mağaza katlarında, alışveriş merkezlerindeki küçük mağazalarda, sınıf, bilgisayar odalarında, ameliyathanelerde, jimnastik salonu gibi geniş sahalarda, orta boy toplantı salonlarında ve sinemalarda, kısaca zon kavramı bölümünde de anlatılan, müstakil, bütün tek zonlarda tatbik edilir.

Hava miktarı çok zonlu olması halinde her odanın maksimum hava debileri toplanarak bulunur. Soğutma yükü ise blok yüküdür. Yani, maksimum yük saatinde oluşan her odaya ait , o saatteki yükler toplamıdır.



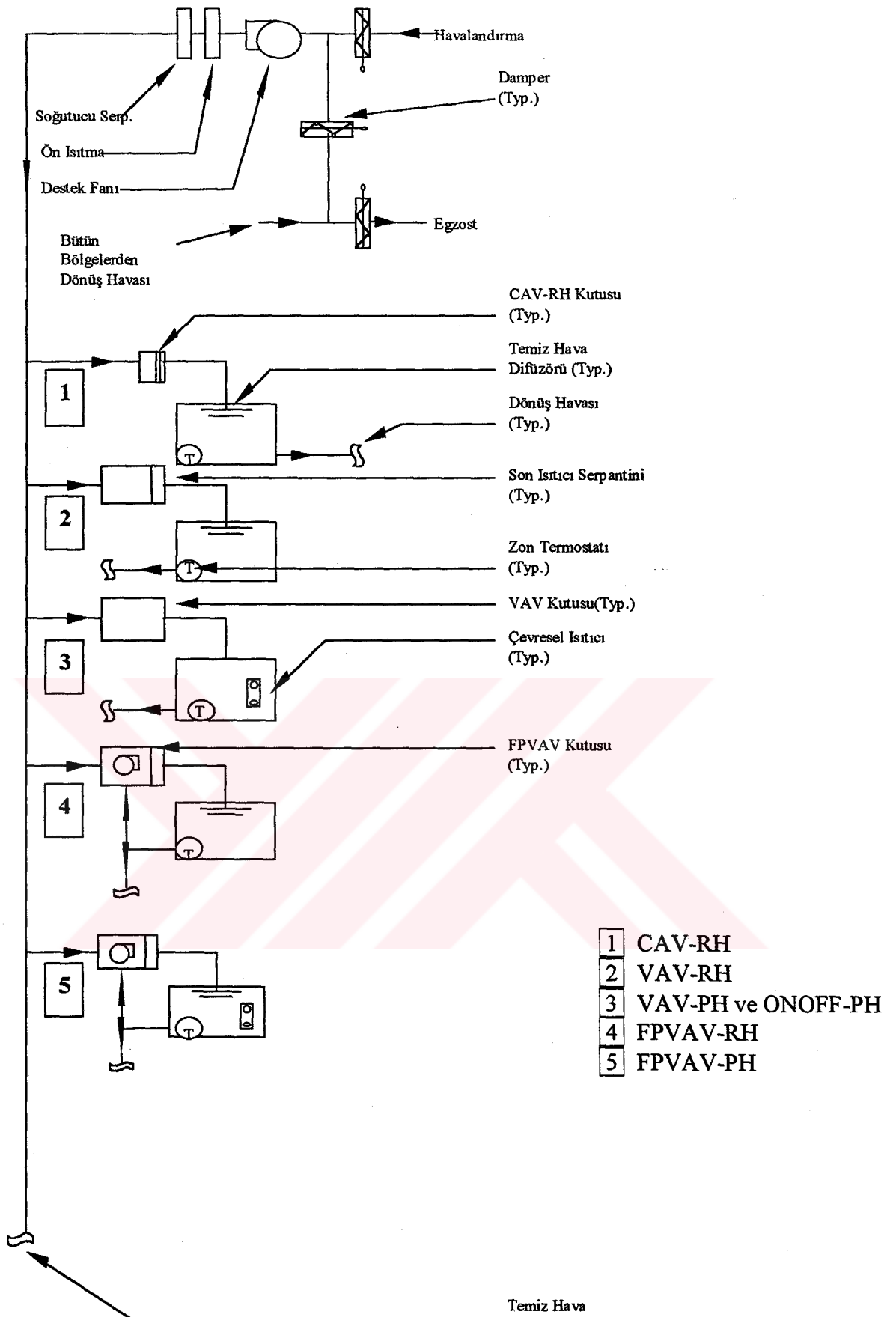
Şekil 4.2 Sabit havalı tek zonlu sistem

4.3.2.Değişken Hava Debili (VAV) Sistemler

Değişken hava debili sistemler (VAV) mahal şartlarını, üflenen hava sıcaklığının değiştirilmesi yerine üflenen hava debisini değiştirerek sağlamaktadır. Veriş havası genelde sabit olup, mevsime göre sabit üfleme sıcaklığı kaydırılmalıdır. Ancak her durumda, üflenen hava sıcaklığı, maksimum yük gösteren zona ait şartları sağlayabilmelidir. Hava miktarlarının azaltılması, fan enerji ihtiyacını kısacağı için sistem enerji tasarrufu sağlayacaktır. VAV sistemleri çevre zonlara veya iç zonlara yardımcı ilave ısıtıcı veya ısıtıcısız olarak tatbik edilir. Dış çevre zonlarda soğutma yükü fazlaca değişken olduğundan, maksimum enerji tasarrufu da çevre zonlarda olmaktadır.

Isı kazancı hesapları yapılırken, emniyetli hava miktarı tespit edilirse, VAV sistemleri, kısmi yüklerde havayı fazlaca kısararak ses problemi yaratacaklardır. Bu hususa dikkat etmek gerekmektedir. VAV sistemlerinde nem kontrolü genelde problem olmaktadır. Nem kontrolünün hassas olduğu, laboratuvar veya proses tatbikatlarında, sistem sabit havalı olarak dizayn edilmelidir. Konferans salonları, restoran gibi hacimlerde olduğu gibi duyular ısı oranı ($\text{Duyulur ısı/Toplam ısı}$) düşük ise VAV kutularının, üflenen havayı %50 miktarı altına kısmasına müsaade edilmemeli ve nem kontrolünün sağlanması için tekrar ısıtma (Reheat) düzeni ilave edilmelidir.

Hava hareketinin düşük olduğu yerlerde, insan vücudu mahal sıcaklık artışlarına daha çok hassasiyet gösterir. Mahal konfor seviyesini yükseltmek için maksimum hava hareketi temininde fayda vardır. Bunun için üfleme havası sıcaklığı arttırılabilir veya zon bazında tekrar ısıtma yapılabilir. Hacimlerde, hava sisteminden ayrı, ısıtma sistemi ile ilave ısıtma yapılır, fan kutulu sistem veya endüksiyon sistemi ile oda havası sabit tutulabilir. Şekil 4.3'de muhtelif VAV sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Sabit hava debili ve Değişken hava debili sistemlerin şematik diyagramı

4.3.2.1. VAV Sisteminin Avantajları

- 1-İşletme maliyeti ve enerji gideri sabit debili konveksiyonel sisteme göre daha azdır.
- 2-Yüksek ısı konfor sağlar.
- 3-Çok zonlu sistemlerde başarı ile kullanılır.
- 4-Kullanılabilir döşeme alanı oranı daha yüksektir.
- 5-Sistem hava dengelemesini kendi kendine yapabilmektedir.
- 6-Esnik uygulanabilme ve yerleştirilebilme kabiliyeti vardır.
- 7-Değişen yüklere etkin bir şekilde cevap verir.
- 8-Bina otomasyon sistemine bağlanabilir.
- 9-Sistem sessizdir.

4.3.2.2. VAV Sisteminin Dezavantajları

- 1-Yatırım maliyeti daha yüksektir.
- 2-Değişen yüke bağlı olarak dış hava oranı değiştirilmediğinden ,düşük yüklere taze hava beslenmesi problemi olmaktadır.
- 3-Belirli bir asma tavan yüksekliğine ihtiyaç vardır.

4.3.3 Kısmalı VAV

Hakiki VAV diye de adlandırılan en basit VAV sistemi olup en fazla kullanılan ve üflenlen hava miktarının VAV kutusunda kısılarak azaltıldığı dolayısıyla fan hava miktarının da aynı şekilde azaltıldığı bir sistemdir.

VAV sisteminin en bariz özelliği soğutmada çalışmasıdır. Isıtma için ise ek düzenler gerekmektedir. İç zonlarda, insan, aydınlatma, ekipman soğutma yüklerindeki değişikliği karşılamak için, tüm yıl boyunca sıkça kullanılır. Geceleyin kullanılmayan hacimlerin çok az bir soğutma yükü olup, hava kısma oranı % 100'den %25'e kadar düşebilir.

Kış mevsiminde, havalandırma santralına konulan ısıtıcı ile, sabahları kısa bir müddet için ısıtma yapıp, aydınlatma ve insan yükleri ortaya çıkana kadar, ön ısıtma ihtiyacı temin edilir. Çevre zonlarda kış ısıtmasını temin için, radyatör, fan coil, sabit havalı sistem ile ilave ısıtma düzenleri temin edilmelidir.

4.3.3.1 Tekrar Isıtmalı Sistemler (Reheat Sistemler)(VAV-RH)

Bu sistemler, bundan evvel izah edilen, Kısmalı VAV tatbikatının, VAV kutusuna ısıtıcı ilave edilmiş şeklidir (Şekil 4.3).

Tekrar ısıtmalı sistemler, gereğinde soğutma ve ısıtma yüklerini karşılamak üzere iç ve çevre zonlarda kullanılabilirler. VAV kutusu minimum üfleme hava miktarı tespit edilirken,

- 1- Isıtma yükünü karşılayacak,
- 2- Maksimum nem oranını geçmeyecek,
- 3- Hacim içinde gerekli hava hareketini sağlayacak,
- 4-Minimum dış hava miktarını temin edecek tarzda olmasına dikkat etmek gerekir.

Tekrar ısıtmalı VAV sisteminde, ısıtma işlemi yapılırken üflenene hava önce kutuda hesap edilen alt limit miktarına düşer, bundan sonra sistem sabit hava üflerken ısıtıcı serpantin vasıtasıyla, hava sıcaklığı gerekli miktara yükseltilir (Şekil 4.3).

Yaz mevsiminde tekrar ısıtma sistemi kullanılmayacaktır. Yalnız toplantı odaları benzeri mahallerde, düşük yüklerde nem çok artarsa, o zaman tekrar ısıtma düşünülmelidir.

4.3.4.Sabit Hava Debili Sistem (CAV) İle Değişken Hava Debili (VAV) Sistemin Karşılaştırılması

CAV sistemi sürekli sabit pik kapasitede çalışır ve ortama sabit debide hava gönderilir, VAV sisteminde ise ortama gönderilen hava debisi değişkendir.

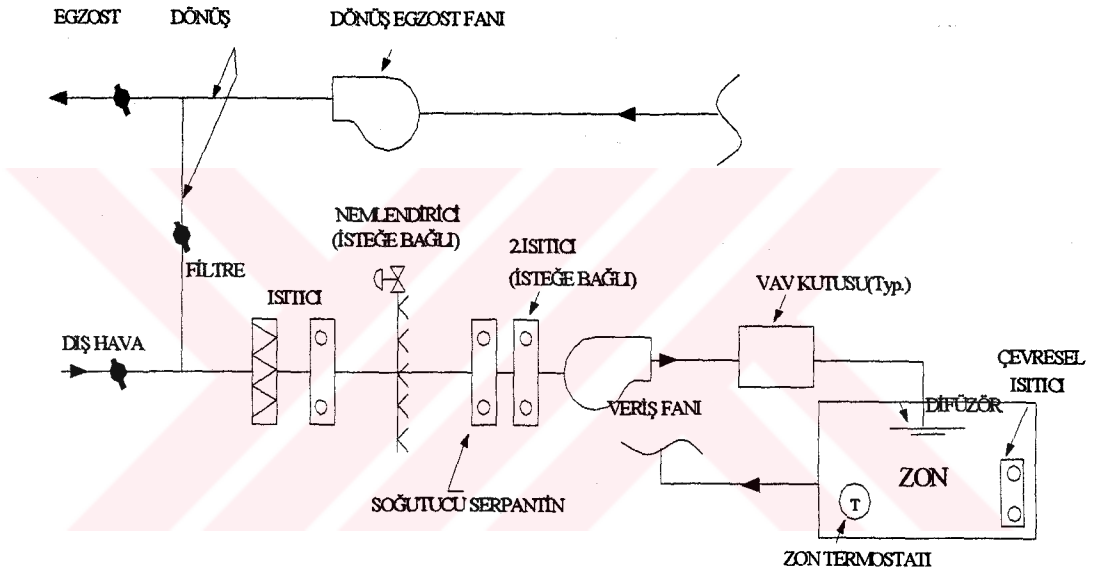
Çok zonlu binalarda CAV-RH sisteminde hava miktarı maksimum soğutma yükünü karşılanmasına göre seçilir. Soğutma yükünün azalması halinde, azalan yük miktarı kadar ısı, terminal reheat ünitesi tarafından eklenerek, oda sıcaklığının aşırı soğuması engellenmiş olur.

VAV sistemi ise konfor şartlarını sağlamak için ortama gönderilen hava debisini değiştirerek ortama gerekli kısmi yük şartlarını karşılar.

VAV sisteminin özelliğinden dolayı talep edilen hava miktarına göre fan gücünü ayarlama imkanı vardır ve dolayısıyla CAV Sistemine göre daha ekonomiktir.

4.3.5.VAV Çevresel Isıtıcı Sistem (VAV-PH)

VAV-PH sistemi çalışma sistemi bakımından VAV-RH ile benzerdir, ama VAV-PH sisteminde binanın çevresine ısıtma amaçlı yerleştirilmiş ayrıca ikinci bir sistem vardır. Çevresel ısıtma sisteminin kapasitesi, binanın çevresinden olan ısı kaybına ve gerektiğinde, terminal damper veya VAV kutusunun minimum ayarına bağlı olarak, ortama giren soğuk havanın tekrar ısıtmasına göre belirlenir. VAV-PH ısıyı ısıtma ve konveksiyon yoluyla ortama verir ve dolayısıyla ortam havası yayılım zorluğundan kaçınılmış olur



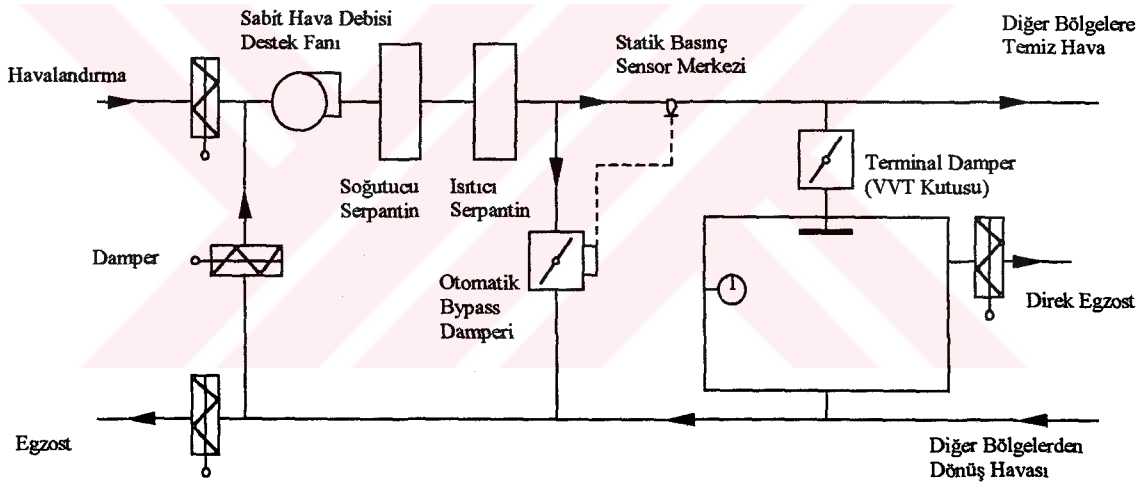
Şekil 4.4 Çevresel ısıtıcı değişken hava debili sistem (VAV-PH)

4.3.6.Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Sistemler(VVT)

VVT sistemi, CAV sistemi gibi aynı hava taraflı ekipmanı kullandığı ve VAV sisteminin verim esasına dayandığı için CAV ve VAV sistemleri ile benzerlikler göstermektedir.

VVT sisteminde destek fanı tarafından sağlanan toplam havanın debisi sabittir. Bununla birlikte her zona gönderilen hava debisi farklılık gösterebilir.

VVT sistemi sabit debili fan, otomatik bypass damperi, ve terminal damperden(VAV kutuları) oluşmaktadır. Bu sistem birçok zona gerekli değişik konfor şartlarını sunma kapasitesine sahiptir. Eğer bütün zonların soğutulması gerekiyorsa, ana ünite soğutma modunda durur ve terminal damperler her zonanın termostatının ayarlanmış olduğu sıcaklık değerine göre modüle edilir. Isıtma için ise, bütün zonların ısıtılması gerekiyorsa, ana ünite ısıtma modunda durur ve soğutmadaki gibi benzer işlemler yapılır. 1 saat içerisinde değişik talepler ortaya çıkarsa , bir zonda ısıtma yapılması gerekirken diğer zonda soğutma yapılması gerekebilir. Merkezi ünite soğutma modundayken, bir zonda ısıtma ihtiyacı doğduğunda,merkezi ünite ısıtma moduna geçerek mahallin ısı ihtiyacı karşılanır bu esnada soğutma yapılan zonlarda ise damperler geçici olarak kapanırlar. Soğutma modunda iken, fandan gelen toplam hava ortam şartlarını sağlayan terminal damperlerin ihtiyacından fazla ise fazla hava tekrar bypass damperi üzerinden ana üniteye gönderilir.



Şekil 4.5 Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Havalı Sistemlerin Şematik Diyagramı

4.3.6.1. .Değişken Sıcaklık ve Hava Debili Sistemlerin Avantajları

- Varolan CAV sistemine uyarlanabilir.
- Yeni projelerde, ısıtmak için gerekli olan sıcak sulu sistemi ve maliyetini elemine eder.

BÖLÜM 5

ISIL YÜKLERİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ HESAPLAMASI

5.1 Giriş

Bu bölümde ele alınan tipik bir ofis binasının Geçiş Fonksiyonu metoduna dayanılarak soğutma yüklerinin hesaplanmasında yapılan kabuller, alınan standartlar ve elde edilen sonuçlar verilmektedir. Soğutma yükleri; farklı büyüklükteki ofis binalarının ülkemizdeki farklı iklim bölgelerinde bulunan dört farklı ilde, farklı gölgeleme faktörü ve pencere tipi için elde edilmiştir.

5.2 Hesaplama Yapılan Kabuller

Bilgisayar modellemesi yapılan ofis binasının soğutma yükü hesabında genel olarak aşağıdaki kabuller kullanılmıştır:

1-Ofis binaları iki zon olarak alınmıştır. Dış zon dış ortam etkenlerine; güneş ışınlamına, iklim değişikliklerine maruzdur. Dış zonlar bina dış kabuğundan 5m içeriye doğru olan alanı kapsar. İç zon olarak ise dış etkenlerin etkisi altında olmayan yalnızca iç elemanlardan kaynaklanan ısı kazancına sahip bölgelerdir. Brüt kat yüksekliği 3.66 m alınmıştır.

2-Binanın konum olarak serbest konumlandığı kabul edilmiştir. Etrafında yüksek bina veya ağaç gibi dış gölgeleme etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

3-Binada çalışma saatleri 08:00-18:00 arası alınmıştır. İnsanların, cihazların ve aydınlatmanın bu aralıkta çalıştığı kabul edilmiştir.

4-Binaların giriş kat altında toprak teması olduğu kabul edilmiştir.

5-Bina iç dekorasyonu, çalışan insan sayıları, aydınlatma ve cihazlardan olan ısı yükleri bina büyüklüğü ile orantılı olarak değişken alınmıştır.

6-Binanın, dış duvar, çatı ve ara kat yapı elemanları aynı kabul edilmiştir. Dış duvar ve çatıdaki yalıtım kalınlığı, Ankara ilinde bulunan binanın TS 825 yalıtım esaslarına göre olması gereken kalınlıkta alınmıştır.

7-Binanın çatısının, koyu renkli teras çatı olduğu, dış duvarların ise açık renk olduğu kabul edilmiştir.

5.3 Bina Tasarım Değerleri

Dış ortam temaslı duvarlarda yapı malzemesi olarak $U=0.446 \text{ W/m}^2\text{K}$ toplam ısı geçirme katsayısına sahip, 150 mm düşük yoğunlukta beton, 50 mm yalıtım, 20 mm sıva olan ve tipik duvar sınıflandırmasına göre 10 grup numaralı olan duvar yapısı esas alınmıştır.

Pencere için, giydirme cepheli binalarda kullanılan çerçevesiz şeffaf çift cam tipi, alüminyum çerçeveli şeffaf çift cam, perde uygulamalı alüminyum çerçeveli şeffaf düz cam, çift camlı ancak düşük neşretme katsayılı ($\epsilon=0.1$) gri renkli şeffaf malzeme ile yüzeyi kaplanmış camlar kullanılmaktadır.

Çatı için ise toplam ısı geçirme katsayısı, $U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan, çatı yapı elemanları; 115 mm (nominal) metal çatı iskeleti üzerine 50 mm alçı panolardan meydana getirilen düz çatı, 50 mm esnemez çatı yalıtım malzemesi, iki kat su sızdırmaz çatı malzemesi ile kaplanmış teras çatı ve koyu renkli çakıllı çatı kaplaması olan 5 grup numaralı çatıdan meydana gelmektedir.

Cihazlar, bilgisayar donanımlı ve diğer elektronik cihazlara sahip zonlar için 50 ile 110 W/m^2 arasında değişen değerler kullanılabilir [6]. Yapılan çalışmada bilgisayarla çalışma alanlarındaki ısı kazanç 50 W/m^2 , daha az sayıda cihazların kullanıldığı konferans ve müdür odası gibi bireysel çalışma alanlarına sahip yerlerde ise 30 W/m^2 alındı. Elde edilen toplam ısı kazancının %75 i duyulur, %25 ise gizli ısı olarak kabul edildi.

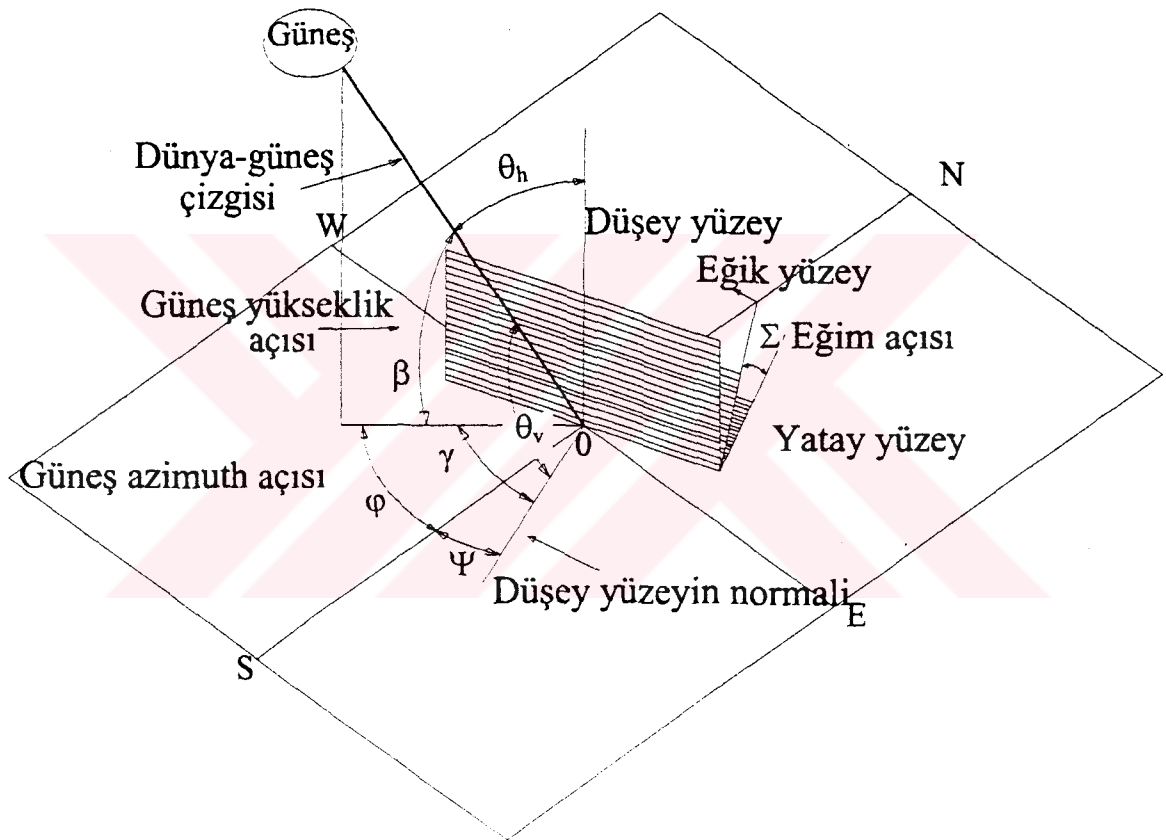
Soğutma yükünün tespitinde önemli bir yere sahip olan aydınlatma için ısı kazancı, ortalama olarak; 10 ile 50 W/m^2 arasında değişmektedir [6]. Yapılan çalışmada, dış zonlar için 20 W/m^2 , iç zonlar için ise 25 W/m^2 kabul edildi. Ayrıca kullanma faktörü 1, armatür faktörü floresan lambalar için 1.2, ve tungsten lambalar için 1 olarak alınmıştır.

Her işyerinin kendine göre çalışan sayısı değişebilmektedir. Yapılan çalışmada, binada muhasebe, gibi yoğun çalışan bulunan alanlarda 7 m^2 'ye 1 kişi, konferans, toplantı alanlarında 2 m^2 'ye 1 kişi ve müdür odası gibi bireysel çalışma alanlarına sahip yerlerde ise 19 m^2 'ye 1 kişi olacak şekilde bir zonda kaç kişi olacağı tespit edildi. Bulunan kişi sayısına göre ortam sıcaklığında vücut ısısının çarpımından, o zon için insanlardan gelen toplam duyulur ve gizli ısılar bulunmuştur.

5.4 Güneş Işınımının Hesaplanması: Açık Gökyüzü Modeli

Güneş ışınımına maruz kalan duvarlar ve çatılar, yüzeye düşen enerjiyi önce depolar ve daha sonra ortama verirler. Burada pencerelerden olan ışımla olan ısı kazancı da güneş ışınımının bir fonksiyonudur. Güneş ışınımının, soğutma yükü hesabında önemli bir yer tutmasından dolayı, ışımla ısı kazancının hesaplanması için uygun denklemlere ihtiyaç vardır.

Şekil 5.1 de gök küre üzerinde ki önemli güneş açılarını göstermektedir



Şekil 5.1 Gökküre Üzerindeki Önemli Güneş Açıları

β burada güneş yükseklik açısı olup; direkt güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır.

$$\sin \beta = \cos L \cdot \cos d \cdot \cos H + \sin L \cdot \sin d \quad (5.1)$$

Deklinasyon açısı, d ise, 1 Ocak tarihinden itibaren gün sayısı n olmak üzere ampirik Cooper formülü ile bulunabilir.

$$d=23.45 \sin (360*(n+284)/365) \quad (5.2)$$

Yine hesaplamalarda kullanılan saat açısı, H ;

$$H=(t_s-12)*15 \quad (5.3)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada t_s güneş saati olup programda yerel saat t_c cinsinden

$$t_s=t_c + E.o.t/ 60 \pm 4*(L_{loc}-L_{std})/60 \quad (5.4)$$

bulunabilir.

Diğer taraftan güneş azimut açısı ϕ , güneyden doğuya doğru +, batıya doğru – olup,

$$\cos\phi=(\sin(\beta)*\sin(L)-\sin(d))/(\cos\beta*\cos L). \quad (5.5)$$

ile bulunabilir

Yüzey-güneş azimut açısı; $\gamma = \phi - \Psi$ şeklinde tanımlanır. Herhangi bir yüzey için θ geliş açısı, gelen güneş ışınlarıyla o yüzeyin normali arasındaki açı olarak tanımlanır.

$$\cos(\theta) = \cos(\beta)*\cos(\gamma)*\sin(\Sigma)+\sin\beta*\cos(\Sigma) \quad (5.6)$$

Burada $\Sigma=0$ yatay yüzeyler için, $\Sigma=90$ düşey yüzeyler içindir.

Yüzeye gelen ışınlam şiddeti, A ve B sabitleri cinsinden

$$I_{Dn} = A * \exp(-B / \sin\beta) \quad (5.7)$$

hesaplanabilir. Tablo 5.1 de A ve B sabitleri verilmektedir.

Tablo 5.1 Atmosfer Dışı Güneş Işınımı Yoğunluğu ve İlgili Veriler

Aylar	Gün Sayısı	A (W/m ²)	B (-)	C (-)
01	021	1230.0	0.142	0.058
02	052	1214.0	0.144	0.060
03	080	1185.0	0.156	0.071
04	111	1135.0	0.180	0.097
05	141	1103.0	0.196	0.121
06	172	1088.0	0.205	0.134
07	202	1085.0	0.207	0.136
08	233	1107.0	0.201	0.122
09	264	1151.0	0.177	0.092
10	294	1192.0	0.160	0.073
11	325	1220.0	0.149	0.063
12	355	1223.0	0.142	0.057

Bir yüzeye gelen ışınım şiddeti, yüzeye dik olarak gelen ışınım şiddetinin θ geliş açısı ile çarpılması ile bulunur.

$$I_D = I_{Dn} \cdot \cos\theta, \quad \cos(\theta) > 0 \quad (5.8)$$

$$I_D = 0 \quad \text{diğer hallerde}$$

Düşey yüzeydeki gökyüzü yayılı ışınımın yatay yüzey üzerindeki gökyüzü yayılı ışınımına oranı, Y, geliş açısına bağlı olarak hesaplanabilir.

$$Y = 0.55 + 0.437 \cdot \cos\theta + 0.313 \cdot \cos^2\theta \quad \text{dan} \quad \cos\theta > -0.2 \quad (5.9)$$

$$Y = 0.45 \quad \text{olarak} \quad \text{diğer hallerde}$$

Bu durumda, düşey yüzeyler için yayılı ışınım

$$I_d = C \cdot Y \cdot I_{Dn} \quad C \cdot Y \cdot I_{Dn} > 0, \text{ değilse } I_d = 0 \quad (5.10)$$

bulunur. Tablo 5.1 de C sabiti değerleri verilmektedir.

Düşey yüzeyler dışındaki yüzeyler ise

$$I_d = C \cdot I_{Dn} (1 + \cos(\Sigma)) / 2 \quad (5.11)$$

Düşey yüzeyler için yansıyan ışınım

$$I_r = I_{Dn} * (C + \sin\beta) * \rho_g / 2 \quad (5.12)$$

Düşey yüzeyler dışındaki yüzeyler ise

$$I_r = I_{Dn} * (C + \sin\beta) * \rho_g * (1 - \cos\Sigma) / 2 \quad (5.13)$$

Yer yüzeyine ulaşan I_t toplam kısa dalga boylu ışınım, I_D doğrudan güneş ışınımı, I_d yayılı gökyüzü ışınımı ve I_r çevre yüzeylerden yansıyan güneş ışınımının toplamından meydana gelir. Işınımın doğrudan olan bileşeni, I_{Dn} doğrudan olan dik ışınım şiddeti ile gelen güneş ışınlarıyla yüzeyin normali arasındaki θ açısının kosinüsü ile çarpımından bulunur

$$I_t = I_D + I_d + I_r \quad (5.14)$$

5.4.1 Güneş Isı Kazancı

Bir binaya güneş ışınimleri ile olan ısı kazancı, .

Camdan içeri giren toplam ısı	=	Camdan ışınım ile giren ısı	+	Yutulan güneş ışınımının içeri doğru akışı	+	İç ve dış sıcaklık farkı nedeniyle ısı akışı
-------------------------------------	---	-----------------------------------	---	--	---	--

Güneş Isı Kazancı= Ortama giren güneş enerjisi + Yutulan güneş enerjisi

Pencerelerden olan, geçen ışınlama (TSHG) ve yutulan (ASHG) olan ısı kazancı; hesaplarla elde edilen, geçen ışınlama bileşeni faktörü (TSHGF) ve yutulan ışınlama bileşenini faktörünün (ASHGF) gölgeleme katsayısı ile çarpılması ile bulunur.

$$TSHG = TSHGF * SC * A \quad (5.15)$$

Gölgeleme katsayısı(SC) ASHRAE Temel El kitabında verilen değerlerden seçilmektedir.[17]

Yutulan güneş ısı(ASHG) ise;

$$ASHG = ASHGF * SC * N_i * A \quad (5.16)$$

Burada N_i tek camlı bir pencerede yutulan güneş enerjisinin ortama geçirilen kısmına oranıdır.

$$TSHGF = \text{Geçen bileşen} = I_D \sum_{j=0}^5 t_j \cos^j \theta + 2I_d \sum_{j=0}^5 t_j / (j+2) \quad (5.17)$$

$$ASHGF = \text{Yutulan bileşen} = I_D \sum_{j=0}^5 a_j \cos^j \theta + 2I_d \sum_{j=0}^5 a_j / (j+2) \quad (5.18)$$

Buradaki a_j Tablo 5.2 de verilmektedir.

Tablo 5.2 DSA Tipi Pencere İçin Geçen ve Yutulan Işınımı Hesaplamak İçin Katsayılar

i	a_j	t_j
0	0.01154	-0.00885
1	0.77674	2.71235
2	-3.94657	-0.52062
3	8.57881	-7.07329
4	-8.38135	9.75995
5	3.01188	-3.89922

Cam için toplam ısı transfer katsayısı;

Camların kalınlığı çok ince olduğundan dolayı iletimle olan ısı transfer katsayısı ihmal edilmiştir.

$$U = (h_i + h_o) / h_i \cdot h_o \quad (5.19)$$

$$N_i = U / h_o \text{ olarak elde edilir.} \quad (5.20)$$

Sonuç olarak güneşten olan ısı kazancı

$$SHG = TSHG + ASHG \quad (5.21)$$

bağıntısı ile elde edilir.

5.5 SİMÜLASYON Programı

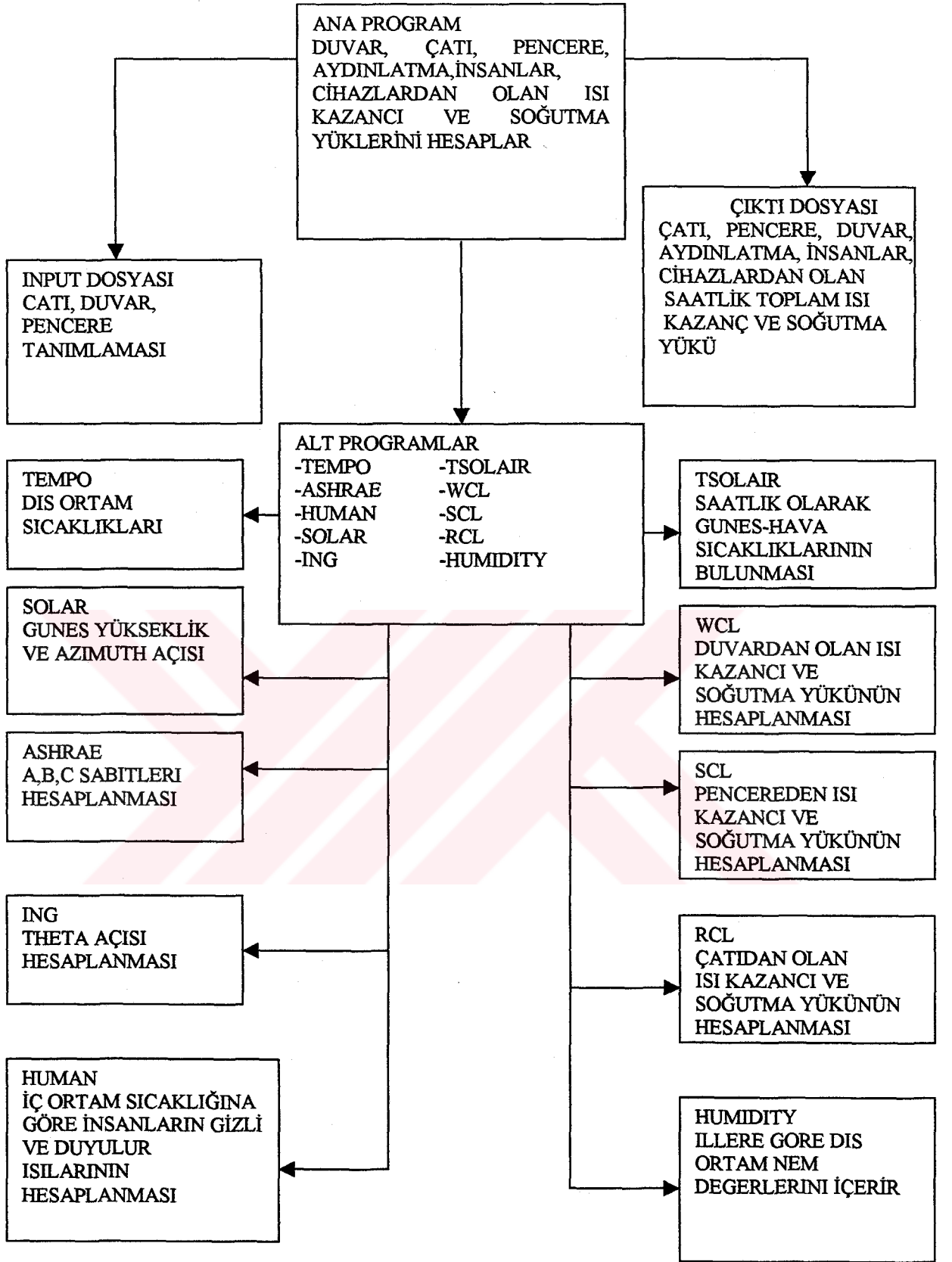
Bu çalışmada ele alınan ofis binaları için soğutma ve ısıtma yüklerinin hesaplanması bir simülasyon programı ile yapılmıştır. Programlama dili olarak Qbasic kullanılan bu program, verilerin girildiği (input file), çıktıların alındığı dosya (output file) ile 10 adet alt program ile çalışan bir ana programdan oluşmaktadır.

Bu programın yazılmasıyla duvarlardan, çatıdan, pencerelerden, cihazlardan, insanlardan, aydınlatmadan olan ısı kazançlarını ve soğutma yüküne dönüştürülmesi işlemlerinin geçiş fonksiyonu yöntemi ile daha çabuk ve doğru bir şekilde elde edilir. Çatıdan, duvardan, kapıdan, pencerelerden havadan havaya, aydınlatma armatürlerinden, insanlardan, havalandırmadan, sızan hava gibi bileşenlerden olan anlık duyulur ısı kazancı, ve insanlardan, sızan havadan, ve havalandırmadan olan gizli ısı kazancı, aydınlatmadan insanlardan, pencereden, sızan hava, ve havalandırmadan taşınım ile olan duyulur soğutma yükü, aydınlatma armatürlerinden, insanlardan ışınila olan ısı kazancından kaynaklanan duyulur soğutma yükü, pencerelerden, çatıdan, duvarlardan, kapıdan olan taşınım ve ışınila ısı kazancından kaynaklanan duyulur soğutma yükü elde edilir. Bütün bileşenlerden olan kazançlar ve soğutma yükleri toplanarak, toplam duyulur soğutma yükü ve toplam duyulur + gizli soğutma yükü elde edilir.

Program ile aşağıda verilen değişkenlerin yükler üzerindeki etkisi incelenebilmektedir. Yüzeyler üzerine düşen güneş ışınilm miktarının hesaplanmasında, verilen yere ve yüzeyin eğim açlarına göre ışınilm şiddeti ASHRAE tarafından verilen Açık Gökyüzü Modeli kullanılmıştır.

5.5.1 Simülasyon Programının Akış Diyagramı

Programda iki ana iterasyon vardır, bunlardan ilki, ısı kazançlarını hesaplayan bölüm, diğeri ise saatlik soğutma yükü değerlerini verilen ay ve günlere göre hesaplayan kısımdır. İterasyon ardışık iki 24 saatlik periyodun her saatteki yük değerlerinin arasındaki fark bir öncekinin %1 i oluncaya değin devam etmektedir. Programın akış diyagramı Şekil 5.2 de, programa verilen giriş verileri ise Tablo 5.3 de verilmektedir.



Şekil 5.2 Programın akış şeması

Tablo 5.3 Program Giriş Verileri

Program Giriş Verileri	
İklim ve mahal verileri	• Şehrin Adı • Yerin enlemi(L) • İç ortam iklim verileri(T, ϕ)
Geçiş Fonksiyonu Verileri	• Salon geçiş katsayısı(v_o, w) • Duvar grubu numarası(w_{no}) • Çatı grubu numarası (r_{no})
Bina Giriş Verileri	• Bina boyutları • Gölgeleme katsayısı (SC) • Duvar ve pencere yüzey azimut açısı • Duvar, çatı ve pencere için yüzey eğim açısı() • Zone sayısı ve alanları • Pencere/duvar oranı

İlk değerler okutulduktan sonra program kullanıcıdan aşağıdaki verileri istemektedir.

- Pencere duvar oranı
- Ortamda çatı bulunup bulunmadığı
- Zonun kullanım amacı
- Zona giren insan sayısı
- Zonun kapısının iç veya dış ortama açılıp açılmadığı
- Cihaz parametreleri
- Aydınlatma parametreleri

5.5.2 Isıl Yüklerin İncelenmesinde Göz önüne Alınan Değişkenler

1. İklim Şartları; Hesaplamalarda baz alınan illerin farklı İklim Şartları Tablo 5.4 de verilmektedir.

Tablo 5.4 İllere Göre İklim Verileri

İstanbul ili Göztepe semti için soğutma tasarımı (hesap) sıcaklıkları													
Saat→	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
KT/YT	20.4/17.4	20.1/17.3	19.8/17.1	19.6/16.9	19.5/16.9	20.2/17.6	21.8/19.3	23/20.5	24.1/20.7	25/20.7	25.6/20.5	26.2/20.2	
X(kg/kg)	0.0112	0.0112	0.0111	0.011	0.011	0.0115	0.013	0.014	0.014	0.0135	0.013	0.0124	
V(m ³ /kg)	0.847	0.846	0.845	0.844	0.844	0.847	0.853	0.8585	0.8615	0.8636	0.8646	0.865	
Saat→	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
KT/YT	26.6/19.7	26.9/20.1	26.8/20	26.5/20.3	25.9/20.5	25.1/20.5	23.9/20	22.9/19.7	22.2/19	21.6/18.4	21.1/18.1	20.8/17.8	
X	0.0115	0.012	0.012	0.0124	0.013	0.0132	0.013	0.013	0.0124	0.012	0.0117	0.0115	
V(m ³ /kg)	0.865	0.08669	0.8665	0.8663	0.865	0.8634	0.8597	0.8569	0.854	0.85	0.85	0.8487	
Ankara ili için soğutma tasarımı(hesap) sıcaklıkları													
Saat→	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
KT/YT	18.6/12.1	17.9/11.8	17.2/11.6	16.7/11.4	16.2/11.4	16.6/12.2	18.2/13.8	20.4/16	22.3/16.5	23.9/16.7	25.3/16.7	26.4/16.4	
X(kg/kg)	0.006	0.006	0.006	0.0062	0.0064	0.007	0.008	0.0095	0.0093	0.009	0.0083	0.0075	
V(m ³ /kg)	0.835	0.833	0.831	0.8298	0.8287	0.83	0.8365	0.8449	0.85	0.854	0.8573	0.859	
Saat→	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
KT/YT	27.3/15.9	27.9/16.5	28.4/17	28.3/17.6	27.9/17.9	27/17.8	25.5/17	23.8/16.1	22.6/14.8	21.2/13.5	20.3/13	19.4/12.5	
X(kg/kg)	0.0066	0.007	0.0074	0.0082	0.0087	0.009	0.0086	0.0082	0.0073	0.0064	0.0063	0.0062	
V(m ³ /kg)	0.861	0.863	0.865	0.865	0.865	0.863	0.8583	0.8529	0.8482	0.843	0.84	0.8375	
İzmir için soğutma tasarımı(hesap) sıcaklıkları													
Saat→	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
KT/YT	24.5/18.1	24/17.9	23.5/17.6	23.1/17.5	22.7/17.3	22.9/17.7	24.5/19.4	25.6/20.5	27.2/21.1	28.7/21.7	30/22	30.9/21.9	
X(kg/kg)	0.0103	0.0103	0.0101	0.0102	0.0101	0.0105	0.012	0.013	0.0132	0.0134	0.0133	0.0128	
V(m ³ /kg)	0.8578	0.8563	0.8546	0.8535	0.8523	0.8534	0.86	0.8646	0.8695	0.874	0.877	0.8796	
Saat→	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
KT/YT	31.5/21.5	31.8/21.9	31.7/21.8	31.4/22.1	30.8/22	29.9/21.6	28.7/21	27.8/20.7	27/19.9	26.4/19.3	25.8/18.9	25.2/18.6	
X(kg/kg)	0.012	0.0125	0.0123	0.0129	0.013	0.0128	0.0125	0.0124	0.0116	0.0111	0.0108	0.0107	
V(m ³ /kg)	0.88	0.881	0.881	0.881	0.879	0.8767	0.8727	0.87	0.8667	0.8643	0.8622	0.86	

Tablo 5.4 İllere Göre İklim Verileri

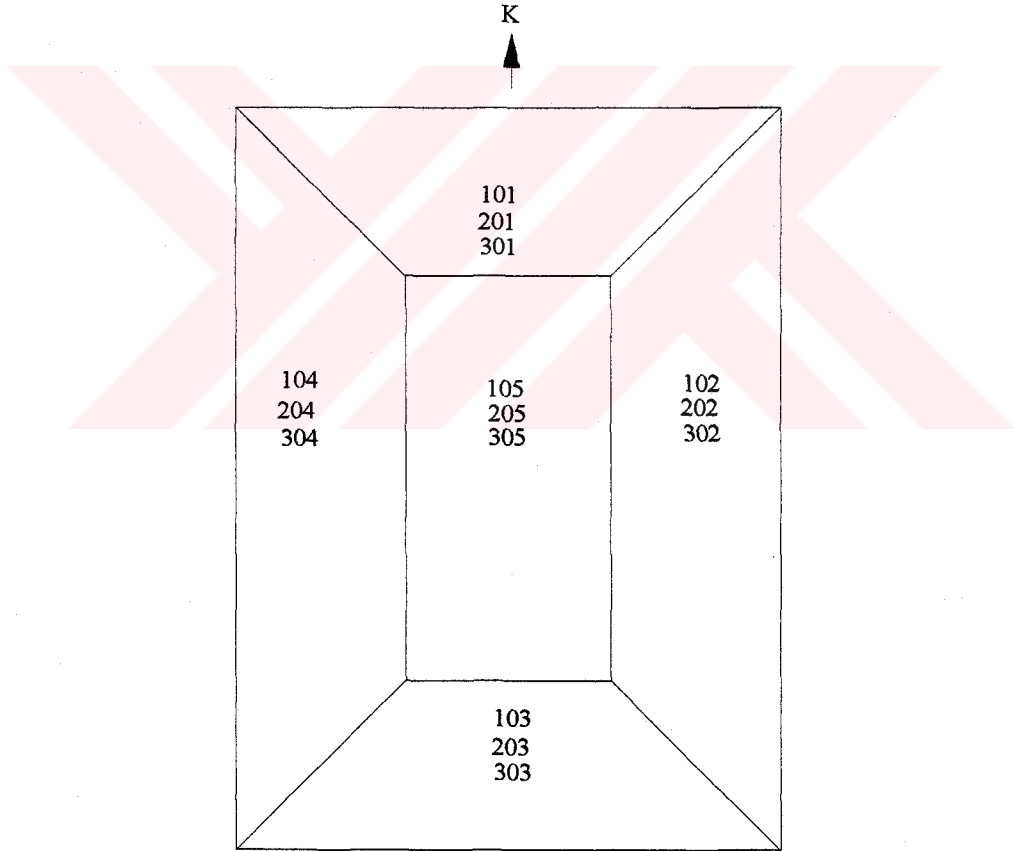
Antalya için soğutma tasarımı(hesap) sıcaklıkları													
Saat→	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
KT/YT	26.8/21.3	29.2/21.1	30.7/20.9	31.4/20.6	31.9/20.4	32.1/20.2	32.2/19.9	32.2/20.3	31.7/20.7	31.2/21	30.5/21.4	29.6/21.8	
X(kg/kg)	0.0136	0.0123	0.0115	0.0108	0.0105	0.01	0.0095	0.01	0.0108	0.0115	0.0123	0.0132	
V(m ³ /kg)	0.869	0.874	0.877	0.8782	0.879	0.879	0.8787	0.8795	0.879	0.8785	0.877	0.8764	
Saat→	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
KT/YT	28.3/22.1	27.1/22.5	26.2/22.5	25.3/22.4	24.6/22.4	24/22.4	23.5/22.3	23.2/22.3	23/22.3	22.8/22	22.8/21.8	24.1/21.6	
X(kg/kg)	0.0142	0.0153	0.0157	0.016	0.0162	0.0165	0.0165	0.0166	0.0167	0.0163	0.016	0.0152	
V(m ³ /kg)	0.874	0.872	0.87	0.8676	0.866	0.8646	0.8632	0.8625	0.862	0.816	0.86	0.8632	

2. Bina Büyüklüğü

Bütün binalarda uzunluk/ genişlik oranı yaklaşık olarak 1.5 alınmıştır. Bilgisayar programında kullanılan, ticari amaçlı ofis binalarında sıkça rastlanan kat sayısı ve zemin alanlarına göre bina büyüklük değerleri Tablo 5.5 de verilmektedir.[23]

Tablo 5.5 Bina Büyüklük Verileri

Ölçek	Standart Alan(m ²)	Alınan Alan(m ²)	Kat Sayısı
Büyük	10000	7650	9
Orta	5000	4250	5
Küçük	2500	1760	5



Şekil 5.3 Hesaplaması yapılan binada zonların dağılımı

Hesaplama ele alınan binada giriş katı toprak teması olup, 3. iklim bölgesinde olması gereken toplam ısı transfer katsayısı $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve toprak sıcaklığı 10°C sabit sıcaklıkta kabul edilmiştir.

Tablo 5.6.Zonların Kullanım Amaçları

Zon No	Zon Kullanım Amacı	Zon No	Zon Kullanım Amacı
101 (Giriş Katı)	Çalışılan ortam	301(2.Kat)	Çalışılan ortam
102	Çalışılan ortam	302	Çalışılan ortam
103	Çalışılan ortam	303	Çalışılan ortam
104	Bekleme yeri	304	Çalışılan ortam
105	Çalışılan ortam	305	Çalışılan ortam
201(1.Kat)	Çalışılan ortam	401(Çatı K.)	Çalışılan ortam
202	Çalışılan ortam	402	Özel ofis
203	Çalışılan ortam	403	Çalışılan ortam
204	Konferans salonu	404	Özel ofis
205	Çalışılan ortam	405	Çalışılan ortam

Şekil 5.3 de zon dağılımı verilen ofis binasında, bazı katlardaki kullanım amaçları aynı olmasından dolayı , istenilen kat sayısına ulaşmak için aynı kullanım amaçlı katlar çoğaltılarak istenilen parametrelere bağlı saatlik ve günlük toplam yükler elde edilmiştir.Bütün binaların 102 no'lu zonda saatte 20 kişinin kullandığı bir dış kapı mevcuttur.

Küçük ve orta binanın zonlama dağılımları aynı alınmış olup; elde edilen verilere göre 3.kat ve 4.kat aynı alınarak 5 kat sayısı elde edilmektedir.

Orta bina oturum alanına sahip binanın kat sayısı artırılarak 9 kat ve 7650 m² kullanım alanlı büyük bina elde edilmektedir. Buna göre, giriş katı aynı kalarak, 1.kat 3 kat olarak, 2.kat ise 4 kat ve çatı katı da ilave edilerek toplam giriş katı ile beraber 9 kat elde edilmektedir.

3. Pencere/ Duvar Oranı

Pencere/ Duvar oranının %20, % 40, %60, %80 gibi oranlarda alarak ısı kazancının değişimi hesaplanmıştır.

4. Pencere Tipi

Hesaplamalarda kullanılan pencereler;

- Sıkı kapalı ve açılmayan pencereler

5. Pencere Gölgeleme Elemanı Tipi

6. Sistemler

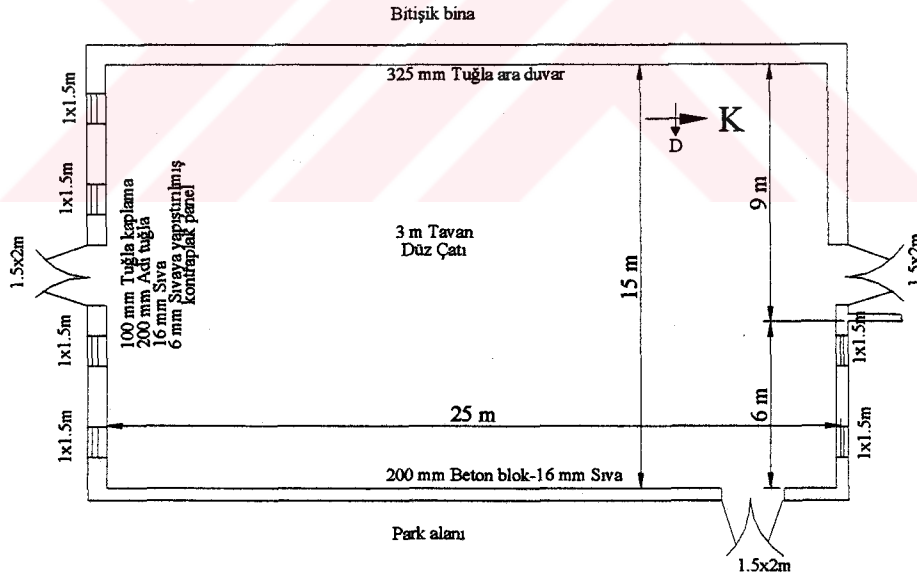
- Sabit Hava Debili
- Değişken Hava Debili

5.6 Programın Yapabildikleri

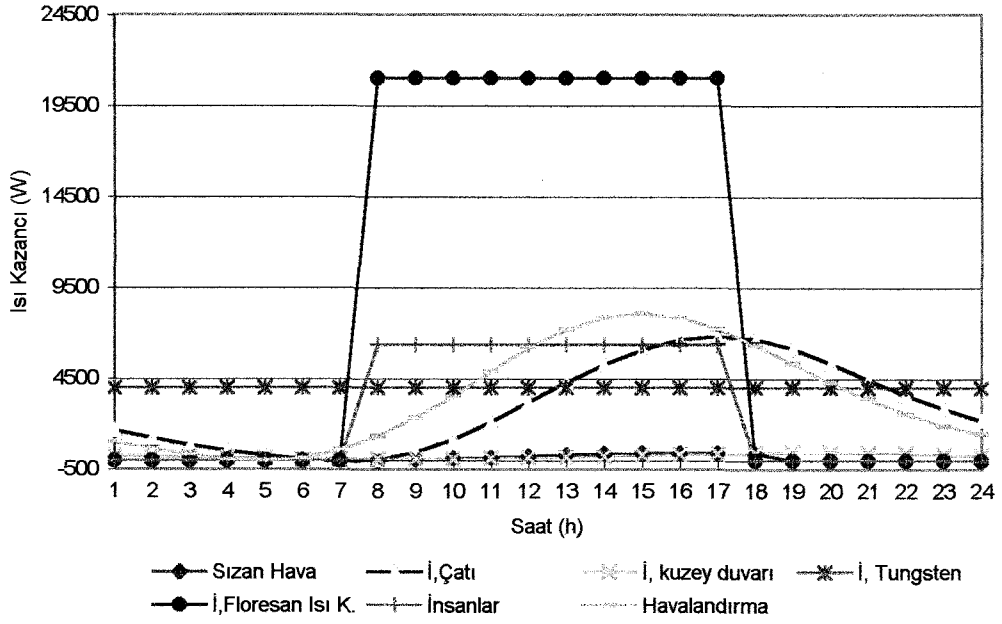
- Input Verilerini “inp34h.dat” dosyasından okur.
- Duvar ve pencere alanları hesaplanır.
- Hesaplaması yapılan aya göre gerekli katsayılar “ASH.DAT” dosyasından okur.
- Güneş yükseklik açısı ve azimut açısı 24 saatlik olarak hesaplanır.
- Her bir yöndeki duvar için ayrı ayrı toplam ısıtım miktarı, t_o sıcaklıkları ve bunlara bağlı olarak duvarlardan olan ısı kazancı ve input dosyasındaki duvar için verilmiş olan salon geçiş fonksiyonları ile soğutma yükü hesaplanır.
- Her bir yöndeki pencere için ayrı ayrı güneş ısı kazanç faktörleri ve bunlara bağlı olarak pencerelerden olan ısı kazancı ve input dosyasındaki pencere için verilmiş olan salon geçiş fonksiyonları ile soğutma yükü hesaplanır.
- Çatıdan olan hesaplamada duvardaki hesaplama yöntemi gibidir ve çatının bulunduğu her bir zon için ayrı ayrı hesaplama yapılır.
- Toprak temaslı tabanın bulunduğu zonlarda tabandan olan ısı kazancı hesaplanır.
- Pencerelerde havadan havaya olan ısı geçişi hesaplanır.
- Tungsten ve Floresan gibi aydınlatma elemanından olan toplam ısı kazancını, konveksiyonla ve ışıma ile ısı kazancı bileşenine ayrılabilir.
- Ortamda bulunması olası maksimum insan sayısı ASHRAE standardına göre tespit edilip insanlardan olan duyulur ve gizli ısı kazancıda ortam sıcaklığına bağlı olarak “human.dat” dosyasından alınarak hesap edilir.
- Dış veya iç kapılardan kullanan insan sayısına bağlı olarak enfiltrasyonla olan gizli ve duyulur ısı kazancı hesap edilir.
- Makinalardan olan gizli ve duyulur ısı kazancı isteğe bağlı olarak ASHRAE standardına göre veya kullanıcı tarafından da veriler girilebilir.
- Toplam duyulur ve gizli soğutma yükü bulunur.

5.7 PROGRAMIN GEÇERLİLİĞİNİN İRDELENMESİ

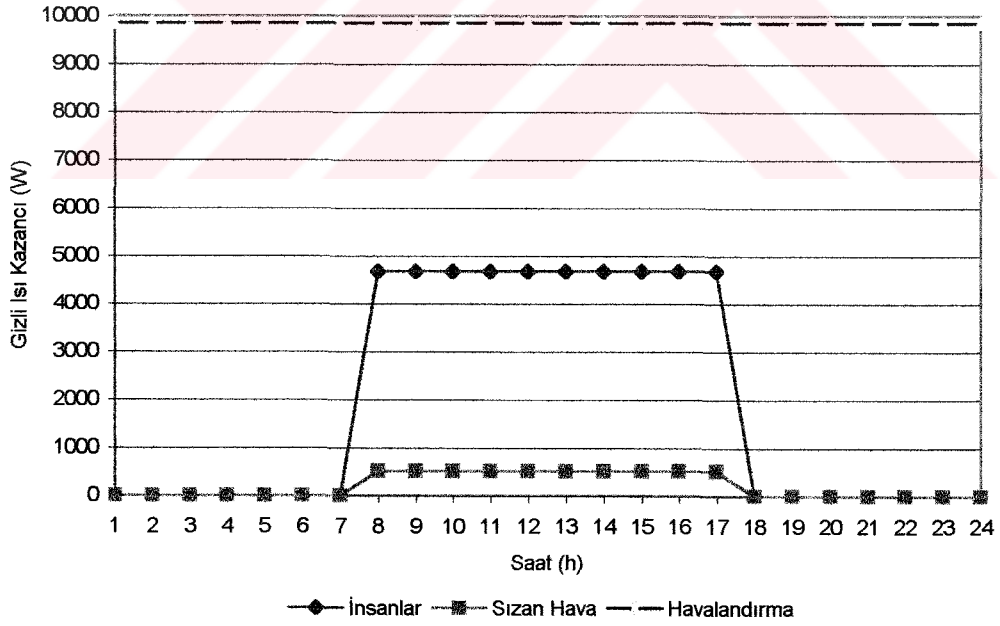
Oluşturulan programın geçerliliği öncelikle ASHRAE ve Omar ile Khalid in yapmış olduğu çalışmalar ile mukayese edilmiştir. Şekil 5.4 de planı verilen, toplam ısı geçirme katsayısı yaz $U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve 375m^2 yüzey alanına sahip, çatı yapı elemanları; 115 mm (nominal) metal çatı iskelet üzerine 50 mm alçı panolardan meydana getirilen düz çatı, 50 mm esnemez çatı yalıtım malzemesi, iki kat su sızdırmaz çatı malzemesi ile kaplanmış teras çatı ve koyu renkli çakıllı çatı kaplaması olan 5 grup numaralı çatıdan, toplam ısı geçirme katsayısı yaz $U = 2,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve 15 m^2 yüzey alanına sahip 200 mm ağır konstrüksiyon beton blok, 16 mm sıradan meydana gelen kuzey duvarından, aydınlatma ekipmanları için kullanma faktörü 1, floresan için armatür faktörü 1.2, tungsten lambalar içinse armatür faktörü 1 alınarak, orta seviyede büro işi yapan insanlardan olan anlık duyulur ısı kazançları Şekil 5.5 de verilmektedir. Simülasyon sonuçları ile ASHRAE' nin hesapları arasındaki farklar, çatı için %3, duvardan %0.99, aydınlatma %0, insanlar %0, sızan hava %0.17, havalandırma %0.25 olmaktadır.[1]



Şekil 5.4 ASHRAE hesaplamalarında kullanılan tek katlı ofis binasının planı

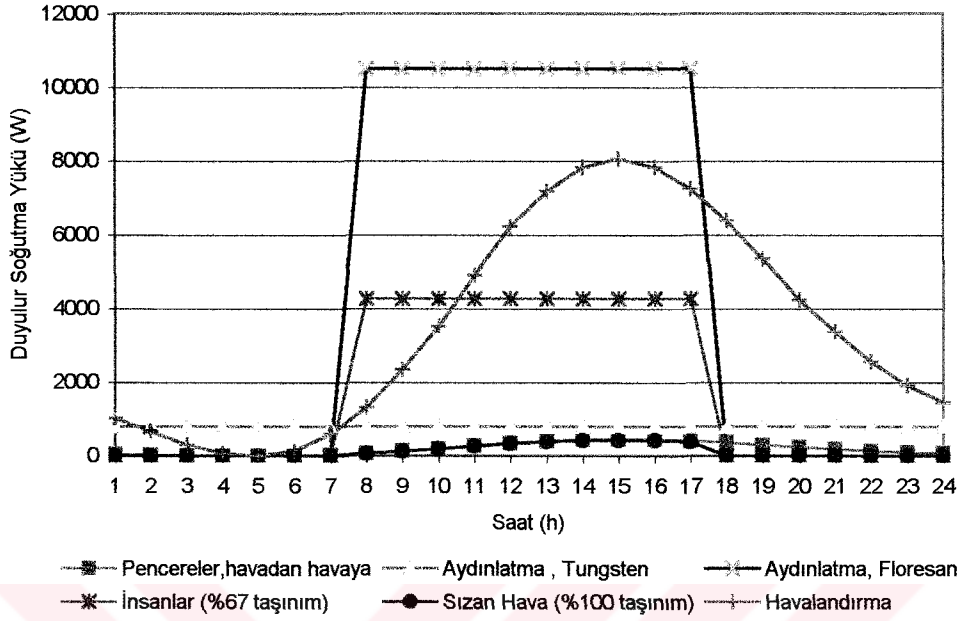


Şekil 5.5 Anlık duyulur ısı kazancı, W



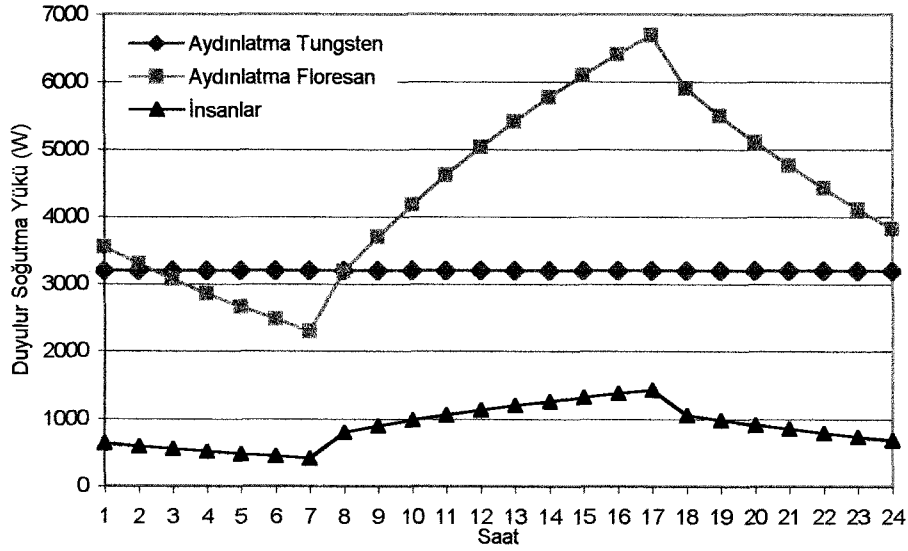
Şekil 5.6 Gizli ısı kazancı, W

Isı kazançlarını oluşturan, insanlar, sızan hava ve havalandırma gibi bileşenlerin ortama nem kazancından dolayı gizli ısı kazancı meydana gelmektedir. Simülasyon sonuçları ile ASHRAE' nin hesapları %100 olarak uyumaktadır.[1]



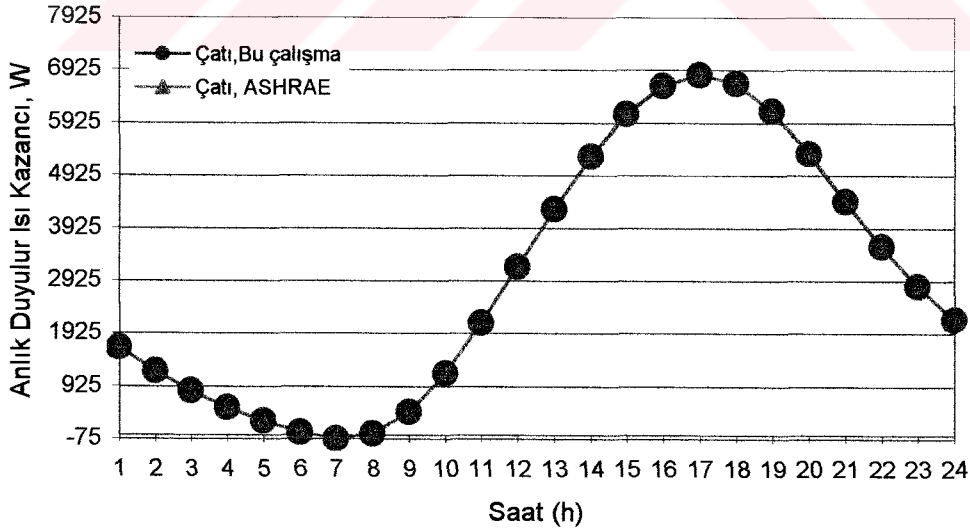
Şekil 5.7 Taşınım ile ısı kazancısından kaynaklanan duyulur soğutma yükü, W

İç ortam sıcaklığı (24°C) ile dış ortam sıcaklık farkından dolayı, pencerelerden havadan havaya, sızan hava ve havalandırmadan olan anlık ısı kazancının taşınım bileşenleri ile, tungsten aydınlatmanın %20, floresan aydınlatmanın %50, insanlardan olan ısı kayıplarının %67 oranındaki değerlerinden elde edilen taşınım ile ısı kazancısından kaynaklanan duyulur soğutma yükü sonuçları; ASHRAE' nin hesapları ile büyük oranda uyumaktadır[1]. Bu veriler arasındaki farklar, havadan havaya %2.58, aydınlatmalar için %0, insanlar için %0, sızan havadan %0.17, havalandırma için de %0.25 oranında olmaktadır.



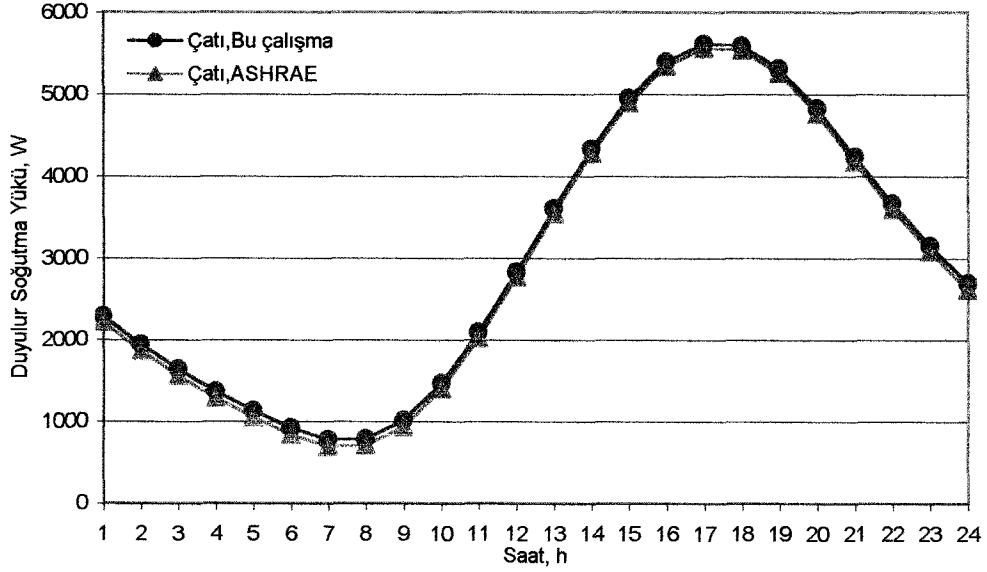
Şekil 5.8 Işınım ile ısı kazancısından kaynaklanan duyulur soğutma yükü

İnsanlardan ve aydınlatmalardan olan ısı kazancı, $w_I=-0.93$, $v_0=0.55$, $v_I=-0.48$ salon geçiş katsayıları ile Denklem (3.21) kullanarak soğutma yüküne dönüştürülmüştür. Simülasyon sonuçları ile Ashrae sonuçları karşılaştırıldığında insanlardan olan ısı kazançlarında en fazla %0.14 oranında sapma tesbit edilirken, aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazançlarında tungsten ve floresan için olan değerler örtüşmektedir.



Şekil 5.9 Simülasyon programından elde edilen anlık duyulur ısı kazancı değerlerinin karşılaştırılması

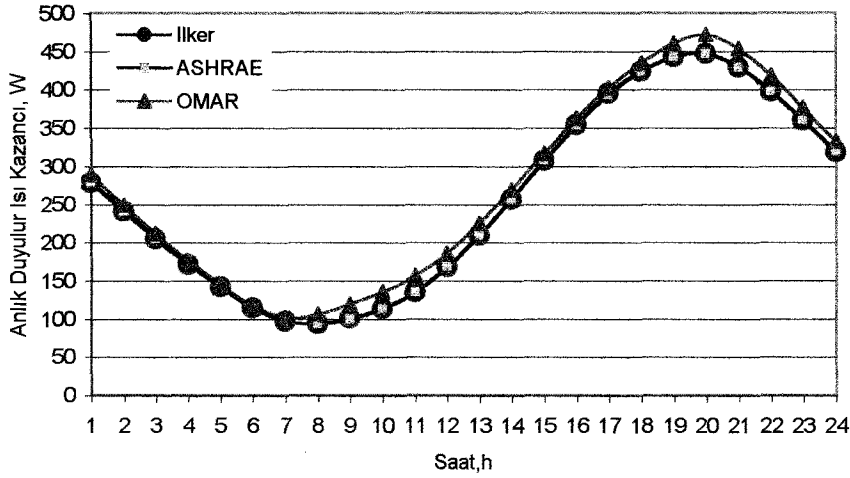
Örnek yapıya ait çatıdan olan ısı kazancı ve bu ısı kazancına bağlı soğutma yükü sırasıyla Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 da verilmektedir. Görüldüğü gibi hazırlanan



Şekil 5.10 Simülasyon programından elde edilen anlık duyulur soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması

bilgisayar programı ile aynı özelliklere sahip çatıdan olan ısı kazancı hatasız hesaplanabilmekte, soğutma yükünün gün boyunca olan değişimi ise bilhassa sabah saatlerinde görülen ve en fazla 82 W a karşılık gelen ve % 10 fazla hesaplama ile bulunabilmektedir. Bu metod ile yapılan soğutma yükünün hesaplanmasında, sadece ısı kazancının olduğu saat değil, o saate kadar olan ısı kazançlarının etkisi de hesaplara dahil edildiğinden değişkenlerin hesaplanmasındaki en küçük bir yuvarlatma dahi üstüste katlanarak soğutma yükünde fark ortaya çıkarmaktadır. Programın geçerliliğinin incelenmesi, bilhassa düşey yüzeylere gelen güneş ışınımının ve bağlı olarak ısı kazançlarının doğru hesaplanıp hesaplanmadığını irdelemek gayesiyle aynı örnek kapsamındaki kuzey dış duvarı alınarak simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Bu duvarın seçilmesinin nedeni aynı duvarın, bir başka araştırmacı tarafından da ele alınarak ısı kazancı ve soğutma yükü hesaplarının yapılmasıdır. Bu duvar Şekil.5.4.den de anlaşılacağı üzere 15 m² yüzey alanına sahiptir ve toplam ısı geçirme katsayısı 2.73 W/m² K olup Ashrae tablolarına göre 5 numaralı duvar grubuna karşılık gelen malzeme ile yapılmıştır. Şekil 5.11 de bu duvara ait gün boyu ısı kazancının değişimi verilmektedir. Görüldüğü gibi hazırlanan bilgisayar programı Ashrae sonuçları birebir örtüşmekte ve program vasıtasıyla aynı

sonuçlar elde edilmektedir. Diğer araştırmacının geliştirdiği program ise maksimum %20 lik (saat 10 da) bir hata ile çalışmaktadır.

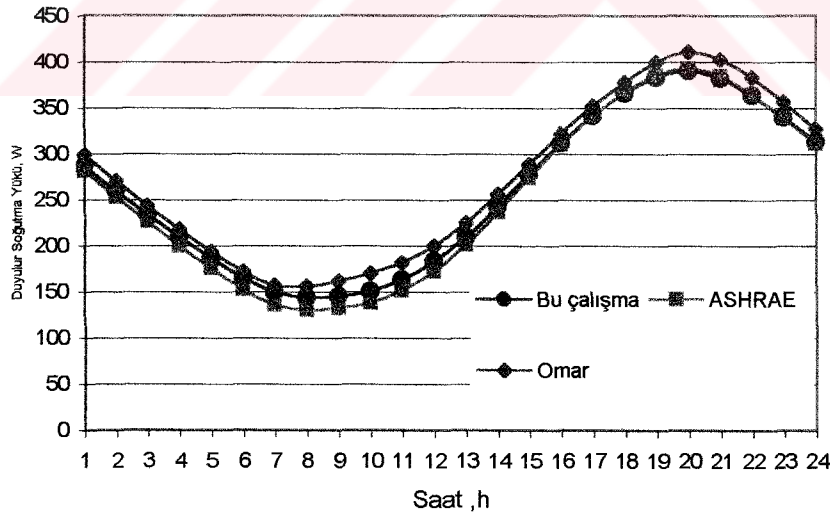


Şekil 5.11 Düşey bir duvar için simülasyon programından elde edilen anlık duyulur ısı kazancı değerlerinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması

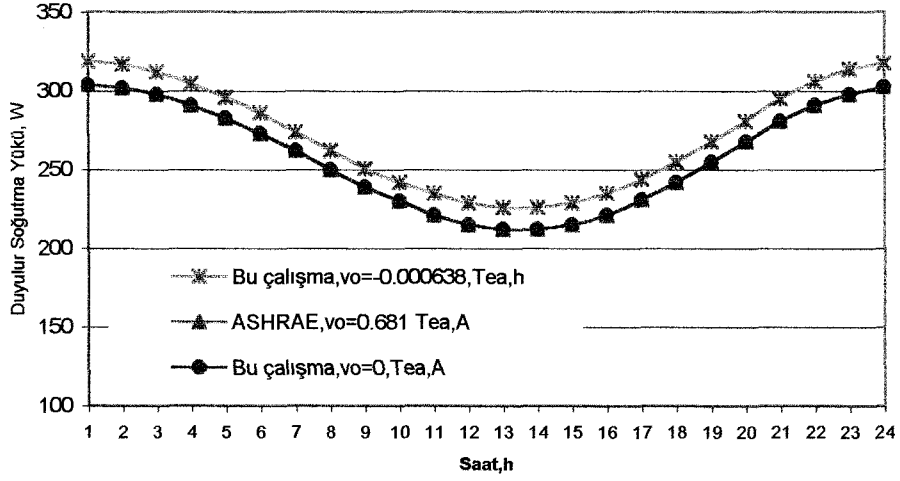
Şekil 5.12 de bu çalışmada geliştirilen program sonuçlarının diğer araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 5.12 de görüldüğü gibi simülasyon sonuçları ile Ashrae ve diğer araştırmacıların çalışmaları karşılaştırılmış ve hazırlanan simülasyon programının diğer programlardan daha doğru olarak Ashrae sonuçlarını elde ettiği saptanmıştır. Omar ve ç.a.'nın yaptıkları çalışmada en fazla hata oranı ortalama %6.67 iken, bu çalışmada önerilen program ile bu hata %3.65 e kadar azalmaktadır. Bu hata oranının sebebi, soğutma yükünün hesaplanmasında kullanılan oda geçiş katsayılarının seçim kriterlerinin yeteri kadar açık olmaması ve her saat hesaplanan ortalama güneş-hava sıcaklıklarının hesaplanmasındaki farklılıklardır. Isı kazançlarının hesaplanmasında sıcaklık değerleri o saat için alınırken, soğutma yükü hesaplamalarında o saate kadar olan ısı kazançlarının ortamda depolanma etkileri de oda geçiş katsayıları vasıtasıyla hesaba katıldığı için ortalama güneş-hava sıcaklıklarında olan en ufak yuvarlatma hataları katlanarak hata oranlarının büyümesine neden olmaktadır. Bu iki faktörden hangisinin daha dominant olduğunu tesbit etmek amacıyla aynı duvar için hem güneş-hava sıcaklıkları ve hem de oda geçiş katsayıları değiştirilerek incelemiştir (Şekil 5.13).

Oda geçiş fonksiyonlarının soğutma yükü üzerindeki etkisini görmek amacıyla aynı duvar için Omar tarafından önerilen $w_1 = -0.93$, $v_0 = -0.000638$, $v_1 = 0.0698$ değerleri ve program açık gökyüzü modeli kullanılarak hesaplanan T_{ea} değerleri

kullanılarak program çalıştırılmış ve Şekil 5.13 de görülen soğutma yükü değerleri elde edilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi aynı duvar üzerinde daha önceki araştırmacıların önerdiği değerler kullanıldığı takdirde Ashrae tarafından hesaplanan T_{ea} ve önerilen ($w_1 = -0.93$, $v_0 = 0.681$, $v_1 = -0.611$) değerleri kullanıldığında bulunan sonuçlardan %9.66 fazla hata ile soğutma yükleri elde edilmektedir. Bu iki parametreden ortalama güneş-hava sıcaklığı Ashrae değerlerinin aynısı alındığında ise oda geçiş katsayısı $v_0 = 0$ olarak aldığımız takdirde dahi Ashrae sonuçları sıfır hata ile elde edilmektedir. Bu karşılaştırmadan da görüleceği gibi güneş-hava sıcaklıkları soğutma yüklerinin hesaplanmasında oldukça dominant rol oynamakta ve bu değerlerdeki en ufak oynamalar sonuçları şaşırtıcı şekilde değiştirebilmektedir. Bu nedenle, bu model kullanılarak soğutma yükünün hesaplanması için hazırlanan her simülasyon programında en dikkat edilmesi gereken noktalardan biri güneş-hava sıcaklıklarının en üst hassasiyetle bulunması olmalıdır. Yine bu çalışmadan elde edilen sonuçlar açısından Omar ve ç.a.'nın ileri sürdükleri oda geçiş katsayıları değerleri gerçekte soğutma yükleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmayan değerlerdir. Bilhassa bu araştırmacılar tarafından önerilen v_0 değerinin 0.000638 değeri yerine 0 veya 0.681 gibi en uç değerler dahi konulsa doğru güneş-hava sıcaklıkları bulunduğu takdirde soğutma yükleri hiç farklılık göstermemektedir.



Şekil 5.12 Düşey bir duvar için simülasyon programından elde edilen anlık soğutma yükü değerlerinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması



Şekil 5.13 Oda geçiş katsayılarının anlık soğutma yükü üzerindeki etkilerinin diğer çalışmalar ile karşılaştırılması

Ayrıca Ashrae'nin yayımlamış olduğu Ashrae Temel El Kitaplarının İngiliz birim sistemi ve SI birim sisteminde yayınlanan baskıları arasında aynı örnekte dahi büyük farklılıklar olduğu tesbit edilmiştir. Şekil 5.12 de verilen ve aynı duvara ait olan soğutma yükü değeri İngiliz birim sisteminden dönüşüm katsayıları kullanılarak çevrilen değer olup Şekil 5.13 de verilen ve bu duvarın SI birim sistemi için olan baskısından elde edilen sonuçlardan farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bu farklılığın nedeni tam anlaşılamamakla beraber araştırmacıların dikkatli olmaları gerekmektedir.

Tablo 5.7 ASHRAE Değerleri ile Simülasyon Programının Sonuçları

Saat,h	SHGF,W/m ²		Anlık Duyulur Isı Kazancı , W									
	Kuzey	Çati	Kuzey Duvarı		Tungsten	Floresan		İnsanlar		Sızan Hava		Havalandırma
1	0*	0**	1655,37*	1656**	279*	279**	4000*	4000**	0*	0**	0*	1024,59*
2	0	0	1208,437	1209	241	240	4000	4000	0	0	0	658,66
3	0	0	835,44	836	205	205	4000	4000	0	0	0	292,74
4	0	0	523,34	524	172	172	4000	4000	0	0	0	73,19
5	3,753	3	261,39	262	142	142	4000	4000	0	0	0	0
6	114,923	116	46,4	47	115	115	4000	4000	0	0	0	146,37
7	92,812	95	-75,86	-75	97	97	4000	4000	0	0	0	585,48
8	89,379	90	22,31	23	94	94	4000	4000	68,88	69	1317,33	1317
9	101,562	102	438,98	440	101	100	4000	4000	122,45	122	2341,92	2342
10	109,9	110	1164,626	1165	114	113	4000	4000	183,68	184	3512,88	3513
11	117,03	117	2118,251	2119	136	136	4000	4000	256,39	256	4903,4	4903
12	119,43	120	3195,545	3196	168	168	4000	4000	325,27	325	6220,73	6221
13	117,03	117	4288,54	4289	209	209	4000	4000	375,01	375	7172,13	7172
14	109,9	110	5289	5290	257	257	4000	4000	409,45	409	7830,8	7831
15	101,56	102	6097,2	6099	307	307	4000	4000	420,93	421	8050,35	8050
16	89,379	90	6631,4	6633	354	354	4000	4000	409,45	409	7830,8	7831
17	92,812	95	6833,13	6835	395	394	4000	4000	378,84	379	7245,32	7245
18	114,923	116	6670	6672	424	424	4000	4000	0	0	6367,1	6367
19	3,753	3	6147,19	6149	443	443	4000	4000	0	0	5342,5	5343
20	0	0	5344,48	5346	447	447	4000	4000	0	0	4244,73	4245
21	0	0	4434,61	4436	430	430	4000	4000	0	0	3366,51	3367
22	0	0	3576,82	3578	398	398	4000	4000	0	0	2561,48	2561
23	0	0	2828,17	2829	360	360	4000	4000	0	0	1902,81	1903
24	0	0	2191,132	2192	319	319	4000	4000	0	0	1463,7	1464
Max.Hata	2,30%		3%		0,99%		0%		0%	0,17%		0,25%

Tablo 5.7 ASHRAE Değerleri ile Simülasyon Programının Sonuçları

Saat,h	Gizli Isı Kazancı / Soğutma Yüğü, W				Taşınım İle Kazancıdan Kaynaklanan Soğutma Yüğü, W									
	İnsanlar	Sızan Hava	Havalandırma	Havalandırma	Havadan Havaya	Tungsten	Floresan	İnsanlar	Sızan Hava	Havalandırma				
1	0*	0**	9850*	9850**	57,96*	800*	800**	0*	0**	0*	0**	0*	0**	1024,59*
2	0	0	9850	9850	37,26	800	800	0	0	0	0	0	0	658,66
3	0	0	9850	9850	16,56	800	800	0	0	0	0	0	0	292,74
4	0	0	9850	9850	4,14	800	800	0	0	0	0	0	0	73,19
5	0	0	9850	9850	0	800	800	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	9850	9850	8,28	800	800	0	0	0	0	0	0	146,37
7	0	0	9850	9850	33,12	800	800	0	0	0	0	0	0	585,48
8	4675	4675	9850	9850	74,52	800	800	10500	10500	4271,5	4271	68,88	69	1317,3
9	4675	4675	9850	9850	132,48	800	800	10500	10500	4271,5	4271	122,45	122	2341,9
10	4675	4675	9850	9850	198,72	800	800	10500	10500	4271,5	4271	183,68	184	3512,9
11	4675	4675	9850	9850	277,38	800	800	10500	10500	4271,5	4271	256,39	256	4903,4
12	4675	4675	9850	9850	351,9	800	800	10500	10500	4271,5	4271	325,27	325	6220,7
13	4675	4675	9850	9850	405,72	800	800	10500	10500	4271,5	4271	375,01	375	7172,1
14	4675	4675	9850	9850	442,98	800	800	10500	10500	4271,5	4271	409,45	409	7830,8
15	4675	4675	9850	9850	455,4	800	800	10500	10500	4271,5	4271	420,93	421	8050,4
16	4675	4675	9850	9850	442,98	800	800	10500	10500	4271,5	4271	409,45	409	7830,8
17	4675	4675	9850	9850	409,86	800	800	10500	10500	4271,5	4271	378,84	379	7245,3
18	0	0	9850	9850	360,18	800	800	0	0	0	0	0	0	6367,1
19	0	0	9850	9850	302,22	800	800	0	0	0	0	0	0	5342,5
20	0	0	9850	9850	240,12	800	800	0	0	0	0	0	0	4244,7
21	0	0	9850	9850	190,44	800	800	0	0	0	0	0	0	3366,5
22	0	0	9850	9850	144,9	800	800	0	0	0	0	0	0	2561,5
23	0	0	9850	9850	107,64	800	800	0	0	0	0	0	0	1902,8
24	0	0	9850	9850	82,8	800	800	0	0	0	0	0	0	1463,7
Max.HATA	0%	0%	0%	0%	2,58%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,17%	0%	0,25%

• * Bilgisayar Programı Sonuçları, ** ASHRAE Sonuçları

Tablo 5.7 ASHRAE Değerleri ile Simülasyon Programının Sonuçları

		İşinimla Isı Kazancından Kaynaklanan Duyulur Soğutma Yükü, W				Taş ve İşinimla Isı Kaz. Kay. Duy. Soğ. Yüğü, W				
Saat,h	Tungsten	Floresan		İnsanlar (%33)İşinim		Çatıdan Isı Kazancı		Kuzey Duvarı Isı Kaz.		
1	3200*	3200**	3556,8*	3554**	635,94*	635**	2294,91*	2221**	287*	282**
2	3200	3200	3307,9	3305	591,42	591	1945,78	1869,5	260	254
3	3200	3200	3076,3	3074	550	550	1640,23	1562,36	234	227
4	3200	3200	2860,99	2859	511,5	511	1371,3	1292,15	210	200
5	3200	3200	2660,72	2659	475,7	475	1133,5	1053	187	176
6	3200	3200	2474,47	2473	442,4	442	926,09	844,63	165	153
7	3200	3200	2301,2	2299	411,44	411	781,25	699	150	136
8	3200	3200	3190,1	3189	797	797	788,11	708,64	144	131
9	3200	3200	3701,86	3700	888,55	888	1018,2	939,3	145	132
10	3200	3200	4177,7	4176	973,6	973	1471,87	1396,77	151	138
11	3200	3200	4620,3	4619	1052,72	1053	2099,78	2028,6	163	151
12	3200	3200	5031,8	5031	1126,3	1126	2834,7	2767,17	183	172
13	3200	3200	5414,6	5413	1194,7	1195	3604,3	3542	210	201
14	3200	3200	5770,6	5770	1258,35	1258	4333,63	4277,6	243	237
15	3200	3200	6101,6	6101	1317,52	1317	4950,6	4897,5	278	275
16	3200	3200	6409,55	6409	1372,56	1373	5394,87	5341,2	312	310
17	3200	3200	6695,88	6695	1423,74	1424	5618,76	5565,42	342	342
18	3200	3200	5912,1	5911	1056,9	1057	5592,9	5538,45	366	367
19	3200	3200	5498,3	5498	982,9	983	5312,06	5254,178	383	385
20	3200	3200	5113,4	5113	914,12	914	4823,87	4763	390	393
21	3200	3200	4755,5	4755	850,12	850	4240,7	4175,97	382	385
22	3200	3200	4422,6	4422	790,6	791	3670,1	3601,5	364	365
23	3200	3200	4113,03	4112	735,2	735	3153,75	3082,5	340	339
24	3200	3200	3825,12	3825	683,8	684	2697,14	2623	314	312
Max.HATA	0%		0%		0,14%		10%		10,30%	

BÖLÜM 6

BULUNAN DEĞERLER VE İRDELEME

Bu bölümde TFM metodu uygulanarak geliştirilen ve Bölüm 5 de geçerliliği gösterilen yazılım programı kullanılarak farklı büyüklüklerdeki ve değişik iklim şartlarında bulunan ofis binalarının soğutma yüklerine tesir eden değişkenlerden bazıları irdelenerek sonuçları verilmektedir. Soğutma yükü hesaplamalarında , binalar aynı yerleşim şekli kullanılarak sadece boyutları değiştirilmek suretiyle üç sınıflamada ele alınmıştır. Binaların kullanım alanları değiştirilerek binanın toplam alanları büyütülmüş ve sırasıyla “küçük, orta ve büyük bina “ olarak ele alınmıştır. Bu binaların üç farklı iklim şartında soğutma yüklerindeki değişim incelenmiştir. İklim şartlarına temel olan şehirler İstanbul (Marmara Bölgesi- 2. İklim Bölgesi), İzmir (Ege Bölgesi-1.İklim Bölgesi), Antalya (Akdeniz Bölgesi-1.İklim Bölgesi) ve Ankara(İç Anadolu Bölgesi-3.iklim Bölgesi) olarak seçilmiştir.

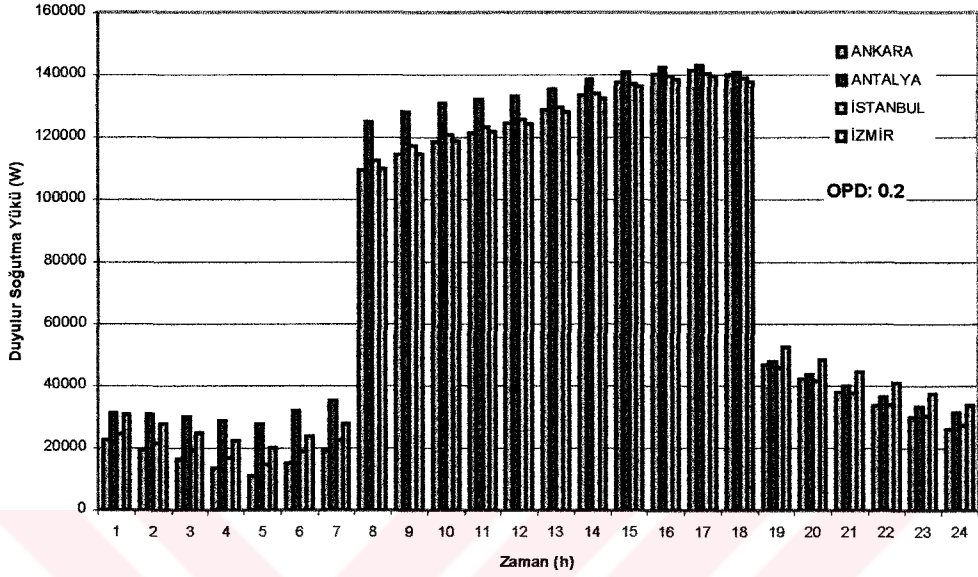
Binaların soğutma yüklerinde en büyük rolü binaların dış kabuk bölgesinde bulunan şeffaf yüzeylerden olan ısı kazançları oynamaktadır. Bu etkiyi incelemek amacıyla binaların diğer parametreleri sabit tutularak pencere duvar oranları(OPD) ve gölgeleme faktörleri (SC) değiştirilerek duyulur ve toplam soğutma yükü değerleri incelenmiştir.

6.1 Bina Parametrelerinin Küçük Binalar için Duyulur Isı Kazançları Üzerindeki Etkisi

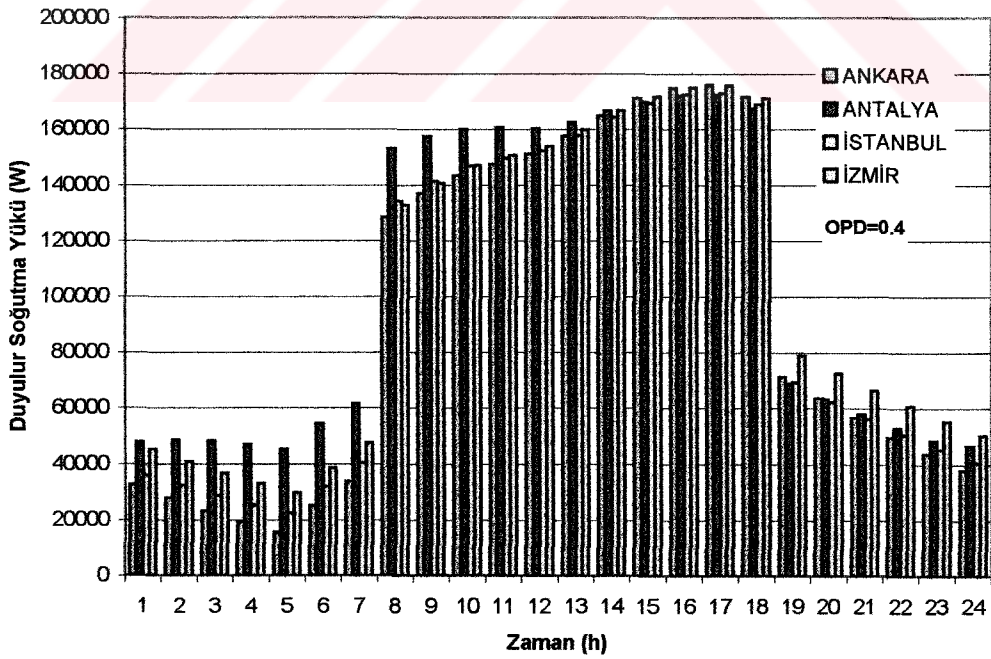
6.1.1 Pencere ve Duvar Oranlarının Değişiminin Etkisi

Duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün gün içinde değişimi her il için iklim şartları ne olursa olsun benzer değişimi göstermektedir. Yalnız Antalya ilinin iklim değerleri sabah saatlerinde daha yüksek olup, havadan havaya ısı geçişinin önemli rol oynamasından dolayı, duyulur soğutma yükü belirgin olarak diğer illerden yüksek çıkmaktadır. Hesaplaması yapılan küçük binada pencere tipi olarak çift camlı alüminyum çerçeveli sabit kanatlı seçildiğinde belirlenen dört ildeki (Ankara ,Antalya , İzmir , İstanbul), Pencere/ Duvar oranı değeri sırasıyla %20,

%40, %60, %80 değerine çıkartıldığında değişimler Şekil 6.1 a-d aralığındaki dört şekilde gösterilmektedir.

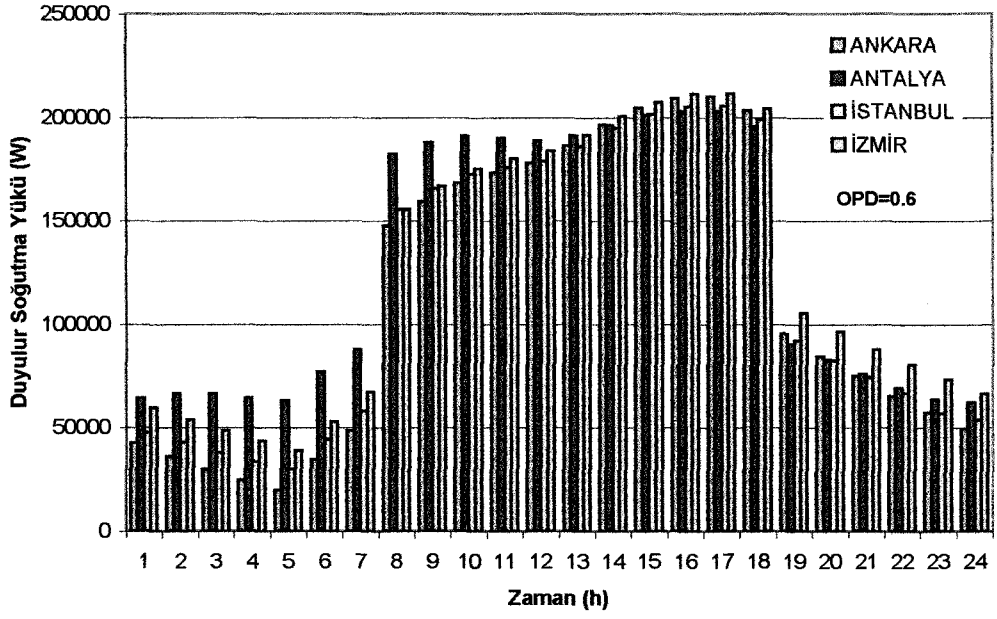


(a)

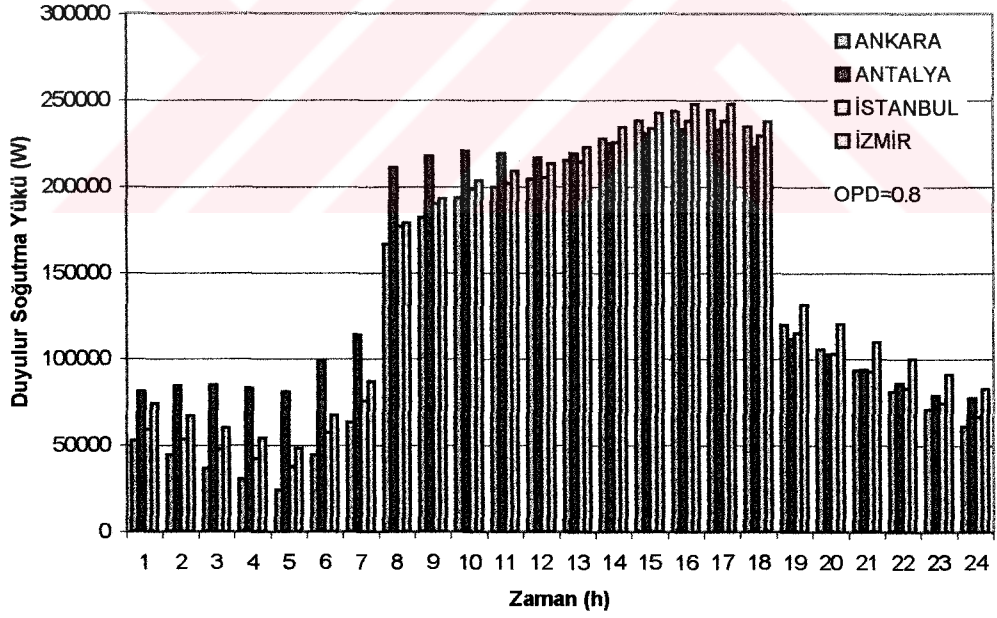


(b)

Şekil 6.1 Küçük bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında (OPD) değişimi(devam)



(c)



(d)

Şekil 6.1 Küçük bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında (OPD) değişimi

1. Pencere/ Duvar oranı %20 den %40 a arttırıldığında maksimum duyulur soğutma yükü veren saat 17 deki değerler ;

- Ankara için ; %24,2
- Antalya için ; %20,35
- İstanbul için ; %23,12
- İzmir için ; %25,76 oranında artış göstermektedir.

Pencere duvar yüzey alanları oranındaki artış aynı kalmak şartıyla %60 oranında bina dış kabuğunda pencere yüzeylerini arttırdığımızda ise Antalya ilindeki duyulur soğutma yükünün saat 16:00 da maksimum olduğu, diğer illerde ise duyulur soğutma yükünün maksimum değerinin saat 17:00 de kaldığı görülmektedir. Bu durumda illere göre soğutma yüklerindeki artış değerleri

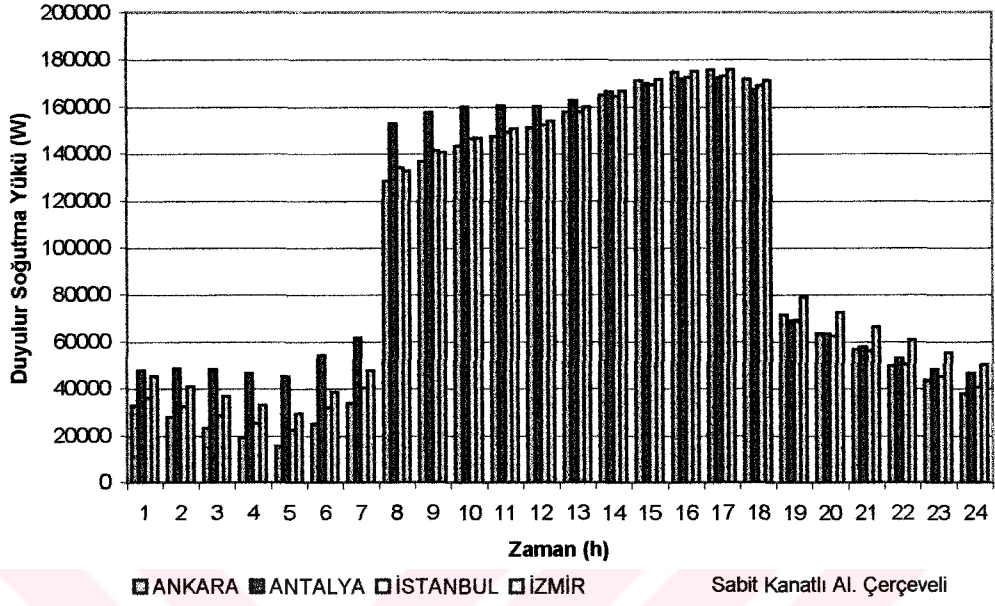
- Ankara için ; %19,47
- Antalya için ; %17,89
- İstanbul için ; %18,78
- İzmir için ; %20,48 oranındadır.

Pencere duvar yüzey alanlarının oranının %80 olması, dış cephenin şeffaf yüzeylerle giydirildiği binalardaki oranlardır. Bu durumda ise iklim verilerine göre maksimum soğutma yükünün erişildiği saat İstanbul ve Antalya için 16:00 ya kaymaktadır. Bu durumda illere göre soğutma yüklerinde

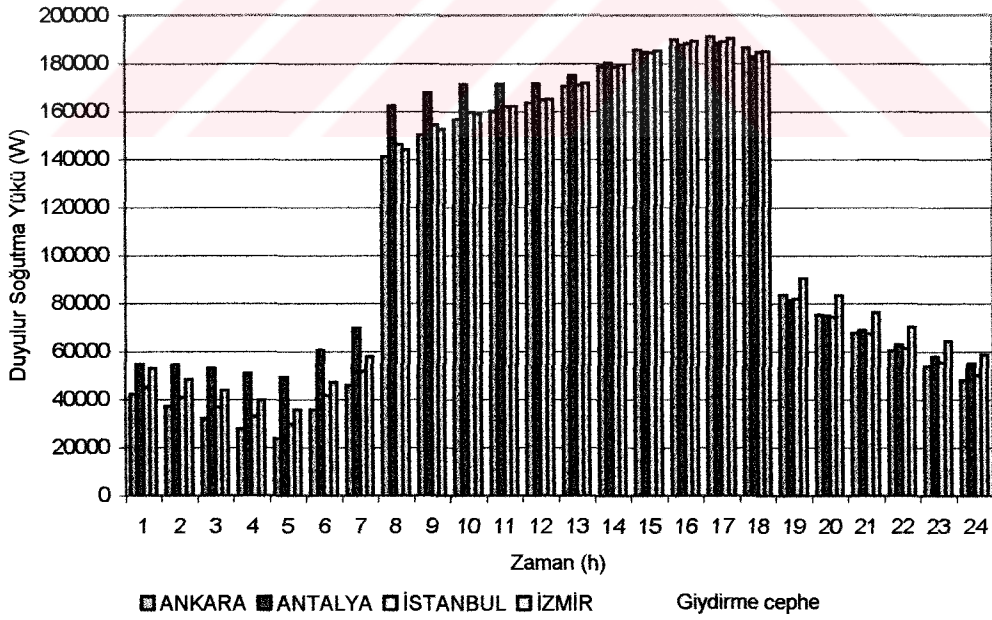
- Ankara için ; %16,29
- Antalya için ; %14,9
- İstanbul için ; %15,99
- İzmir için ; %17 oranında artış göstermektedir.

Pencere tasarımı, ısı geçişi, güneşten olan ısı kazançları, hava sızıntısı, ve gün ışığı şekillerinde olmak üzere dört temel mekanizma ile binanın enerji kullanımına tesir eder. Bina toplam enerji gereksinimini binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi dahil göz önüne alındığında bir pencere sisteminin net etkisi (1) pencere tasarımının karakteristiğine ve yönüne (2) hava durumuna ve güneş ısınım şiddetine (3) binanın ısıl sisteminin işletmesine bağlıdır. Binaların ısı kazançlarının hesaplanmasında, pencere tasarımının dikkatli bir şekilde yapılması, enerji kullanımını optimum değerlere çekebilir. Çalışmada farklı pencere tasarımları ele alınarak dört illerdeki duyulur ısı kazançlarındaki ve bağlı olarak soğutma yüklerindeki etkileşim incelenmiştir.

6.1.2 Farklı Pencere Tiplerinin Duyulur Soğutma Yüğü Üzerindeki Etkisi



(a)



(b)

Şekil 6.2 Küçük bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki (OPD=0.4) değişimi

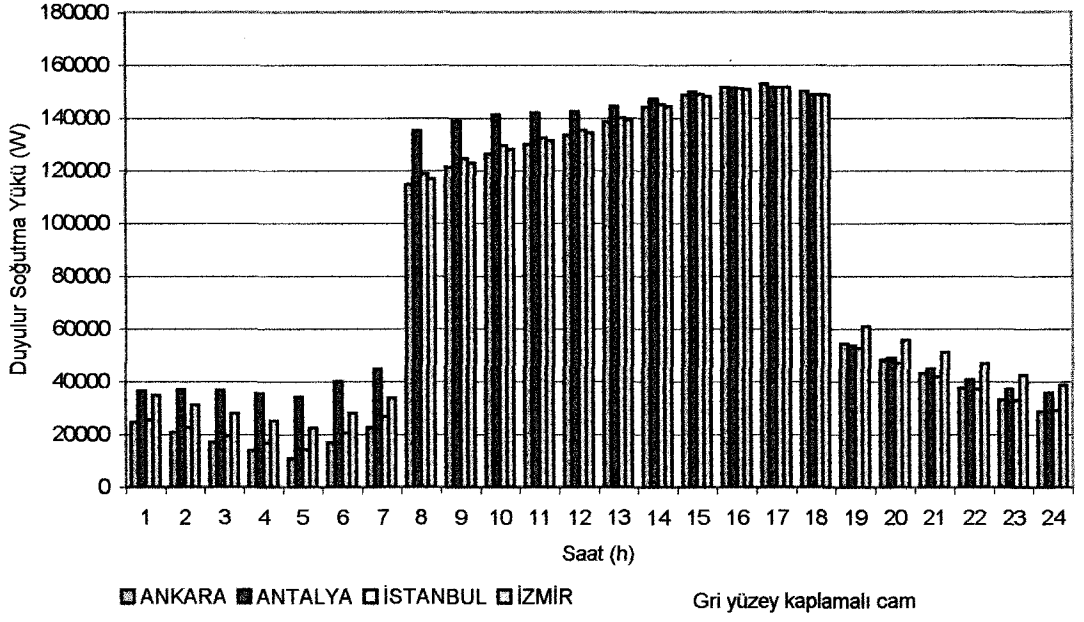
Hesaplaması yapılan küçük binada, pencere duvar oranı % 40 sabit tutularak çerçevesiz giydirme çift camlı pencereler ile alüminyum sabit çerçeveli pencerelerin kullanıldığı binalar karşılaştırılarak duyulur ısı kazançları üzerindeki etkisi incelenmiş ve sonuçlar Şekil 6.2 (a) ve Şekil 6.2 (b) de verilmiştir.

Görüldüğü gibi sadece alüminyum sabit çerçeveli pencere tipinin kullanılması durumunda maksimum duyulur soğutma yüküne yine öğleden sonra saat 17 de ulaşmakla beraber duyulur soğutma yükünde en fazla Ankara için ; %17,2, Antalya için ; %16,86; İstanbul için ; %18,1; ve İzmir için ; %16,56 oranında azalma olmaktadır. Kullanılan alüminyum çerçeve ısı köprüsü olmadığı hale göre tasarlanmış olup ağırlıklı olarak ısı kazançlarındaki azalmanın nedeni çerçevenin gölgeleme elemanı gibi davranmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla güneş ışınlamından olan ısı kazançları, bağlı olarak soğutma yükleri giydirme cephe yüzeylere kıyasla daha azdır.

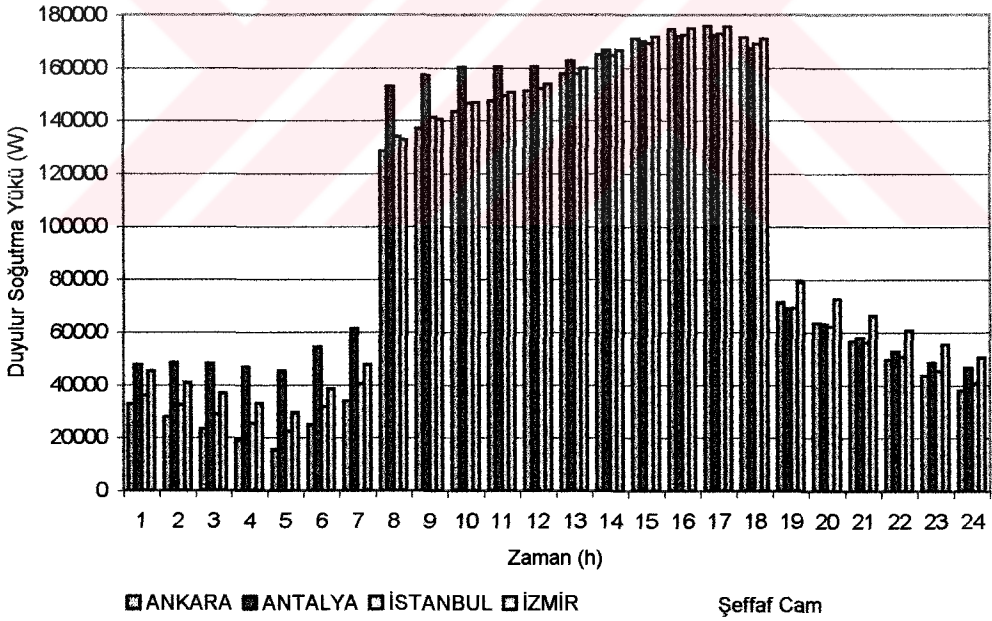
6.1.3 Farklı Cam Tiplerinin Duyulur Soğutma Yüğü Üzerindeki Etkisi

Yine aynı binada farklı camların kullanılması durumunda duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan duyulur soğutma yükleri değişimleri Şekil 6.3 (a-b) aralığındaki şekillerde gösterilmektedir. Şekil 6.3 (a) cam tipi $\varepsilon = 0.1$, 3.2 mm kalınlığında gri yüzey kaplamalı $U=2.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ısı geçirme katsayısına sahip kaplamalı çift cam, Şekil 6.3(b) deki cam tipi ise çift camlı $U=3.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ ısı geçirme katsayısına sahip şeffaf çift camdır.

Sabit kanatlı, ısı köprüsü bulunmayan alüminyum çerçeveli pencere konstrüksiyonu kullanılarak cam tiplerinin değiştirilmesi durumunda duyulur ısı kazançlarında ve bağlı olarak soğutma yüklerinde yine fark edilir oranda azalma sağlamak mümkün olduğu simülasyon sonuçlarından görülmektedir.



(a)

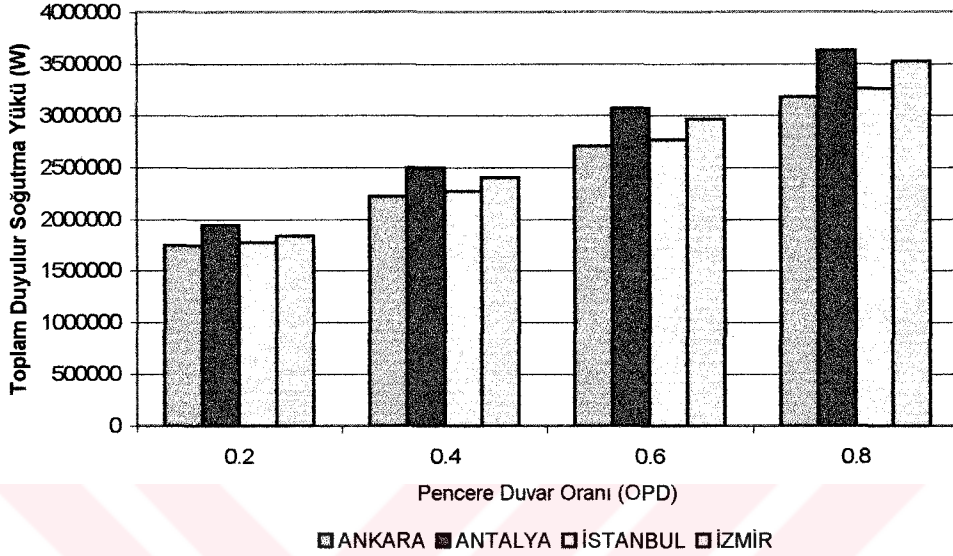


(b)

Şekil 6.3 Farklı cam tiplerinin etkisi OPD=0.4

Çift camlı ancak düşük geçirgenlik katsayılı ($\epsilon=0.1$) gri renkli şeffaf malzeme kullanılarak yüzeyi kaplanmış camlar kullanıldığında maksimum duyulur soğutma yükündeki değer Ankara için %15.1; Antalya için ; %13.5, İstanbul için ; %14.21,

İzmir için ; %15.94 oranında azalma sağlamak mümkündür. Bu azalma güneşten olan ısıtım ve taşınım ile olan ısı kazancısındaki azalmadan kaynaklanmaktadır.

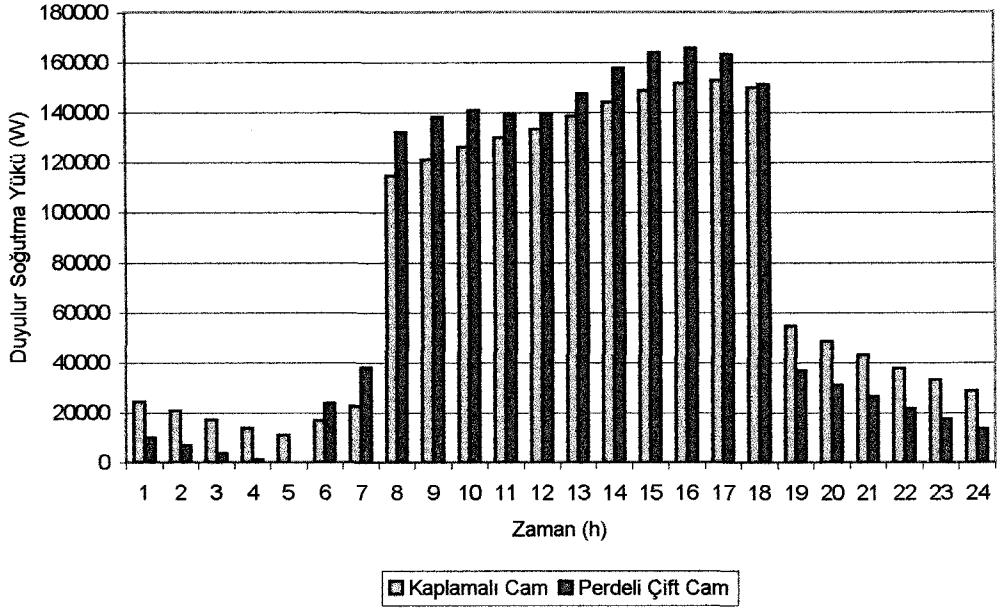


Şekil 6.4 Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir illerindeki küçük bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarına göre değişimi

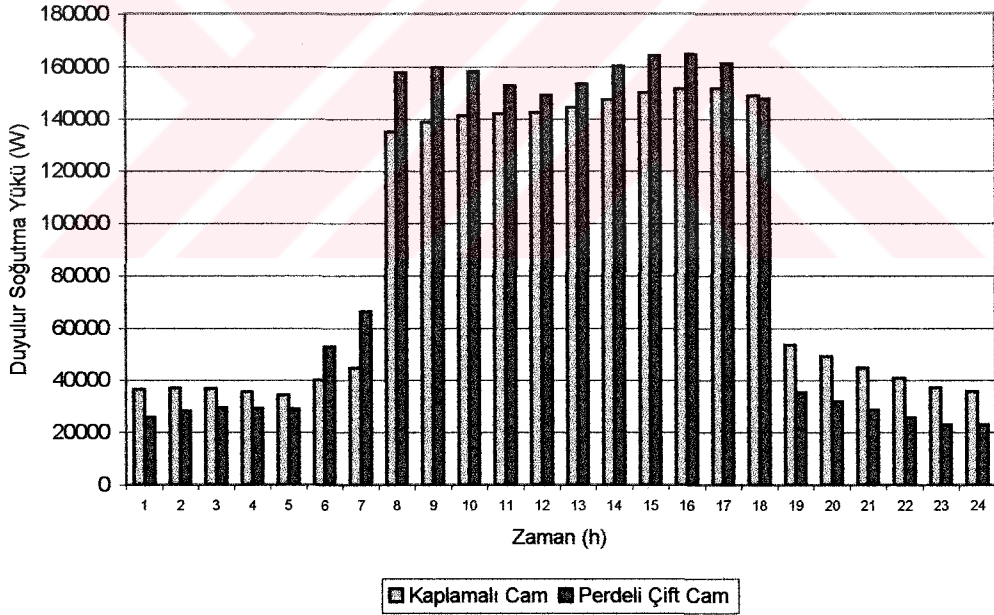
Sabit çerçeveli şeffaf çift cam kullanıldığı takdirde farklı pencere/duvar oranlarında illere göre günlük toplam duyulur soğutma yüklerinin değişimi incelendiğinde illerin birbirlerine göre sıralaması değişmemekle beraber İzmir ilindeki değişim pencere duvar oranından daha fazla etkilendiğini göstermektedir (Şekil 6.4). Bilhassa pencere alanlarının en yüksek değere ulaştığı Pencere/ Duvar oranı=0.8 de İzmir ve Antalya toplam soğutma yükleri birbirine oldukça yaklaşmaktadır.

6.1.4 Gri Yüzey Kaplamalı Cam ile İç Gölgeleme Elemanının Soğutma Yükleri Üzerindeki Etkisi

Gri yüzey kaplamalı çift cam kullanılan bir ofis binası ile iç gölgeleme elemanı kullanılması halinde soğutma yüklerinin azalması incelenmiştir. Gri yüzey kaplamalı cam tipi ile açık renkli sık dokuma özelliklerinde perdelerin iç yüzeylerde kullanılması halinde önemli seviyede tasarruf imkanı vermektedir. Bu etki simülasyon programı kullanılarak iki farklı iklim şartında irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 de verilmiştir.



Şekil 6.5 Ankara ilindeki küçük ölçekli ofis binasında OPD=0.4 olması halinde duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün aynı gölgeleme katsayısı kullanılması halinde değişimi



Şekil 6.6 Antalya ilindeki küçük ölçekli ofis binasında OPD=0.4 olması halinde duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün aynı gölgeleme elemanları kullanılması halinde değişimi

Hesaplama da kullanılan perde sık dokumalı ve açık renkli bölgeden seçilmiş olup , 13 mm hava boşluğu olan içte ve dışta şeffaf cam ünite için gölgeleme katsayısı(SC)= 0.42 elde edilir.[17]

Kaplamalı cam ünite ile iç gölgeleme elemanına sahip pencere tiplerinin duyulur soğutma yükleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, Şekil 6.5 deki bina saatlik duyulur soğutma yükündeki dağılımdan görüldüğü üzere aynı gölgeleme katsayısına (SC=0.42) sahip olan kaplamalı cam ile açık renk, sık dokumalı perdeye göre daha düşük duyulur soğutma yükü değerlerine sahiptir. Burada en büyük faktör hesaplamalarda oda transfer katsayılarının iç gölgeleme elemanın olması veya olmaması gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermesidir.

Saat 9:00 dan sonra çift camlı alüminyum çerçeveli pencere tipinde perdeli camın güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazancının etkisini azaltıcı yönde ki etkisini göstermesine rağmen en düşük soğutma yüküne sahip saat 12:00 de , gri yüzey kaplamalı cam tipine göre Ankara ilinde %4.25, Antalya ilinde %4.46 , saat 17:00 itibari ile de Ankara ilinde %6.41, Antalya ilinde %5.84 oranında bir artış meydana getirmektedir.

Aynı etki Antalya ili gibi dış ortam sıcaklığının daha fazla olduğu yerlerde daha yüksek olduğu simülasyon sonuçlarından görülmektedir. Bilhassa gün içinde saat 9:00 dan sonra çift camlı alüminyum çerçeveli perdeli pencerelerde, perdeli camın güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazancının etkisini azaltıcı yönde ki etkisi etki etmekle beraber duyulur soğutma yükünde saat 12:00 de % 4.46 , saat 17:00 itibari ile de %5.84 oranında bir artış meydana getirmektedir.

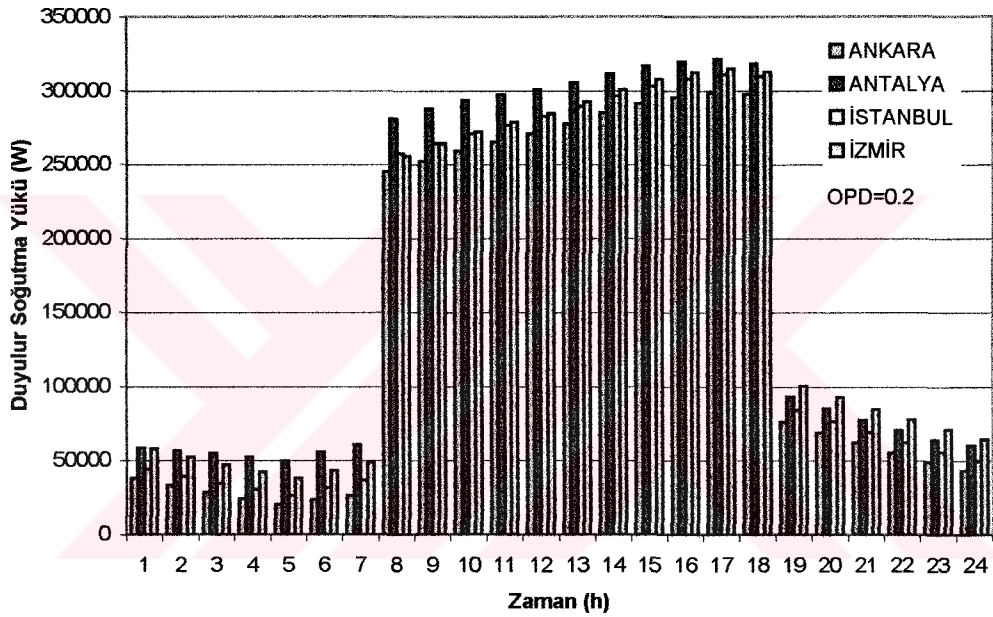
6.2 Bina Parametrelerinin Orta Bina için Duyulur Isı Kazançları Üzerindeki Etkisi

Bina toplam kullanım alanı arttıkça soğutma yüklerinin artması doğaldır. Ancak artan kullanım alanlarının binanın dış duvar alanlarına ve kat sayısına bağlı olarak değişimi soğutma yükleri üzerinde farklı etkide bulunabilir. Bir binanın toplam alanındaki artışa rağmen yüksekliği sabit tutulduğunda dış taşınım katsayılarında önemli bir fark olmayacağından soğutma yüklerindeki artış pencere duvar alanlarının ışınlam, taşınım ve iletimle olan ısı geçişleri ve depolama etkilerinin fonksiyonu olacaktır. Bu etkilerin gözlenmesi amacıyla küçük binanın kısa/uzun kenarları arasındaki oran sabit tutularak büyütülmüş ancak kat yüksekliği sabit tutularak

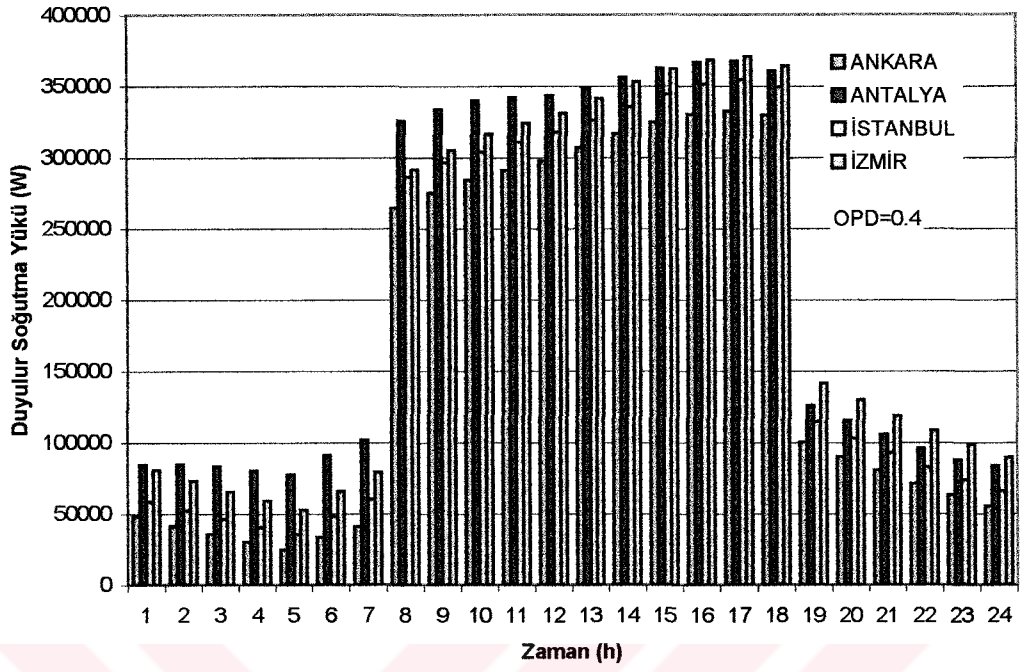
850 m² oturma alanlı toplam 4250 m² alana haiz ve literatürdeki sıralamaya göre orta büyüklükte olan bina elde edilmiş ve program kullanılarak bu binaya ait soğutma yüklerindeki değişim irdelenmiştir.

6.2.1 Pencere ve Duvar Oranlarının Değişiminin Etkisi

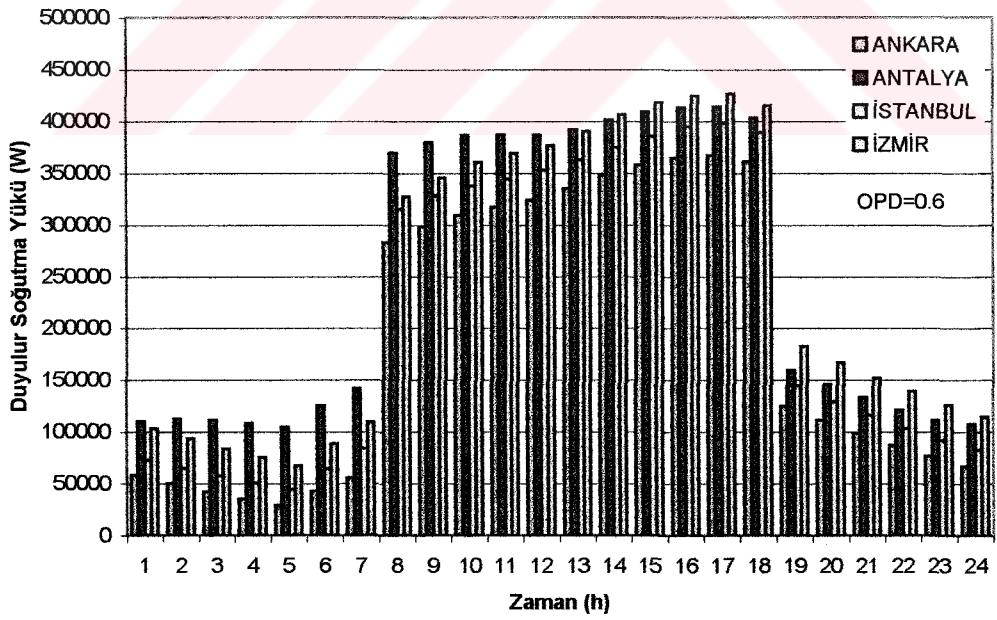
Sabit pencereli Alüminyum çerçeveli cam tipine sahip binanın farklı illere göre ve farklı Pencere/ Duvar oranlarına bağlı duyulur soğutma yükü değerlerinin değişimi Şekil.6.7 (a),(b),(c),(d) de gösterilmektedir.



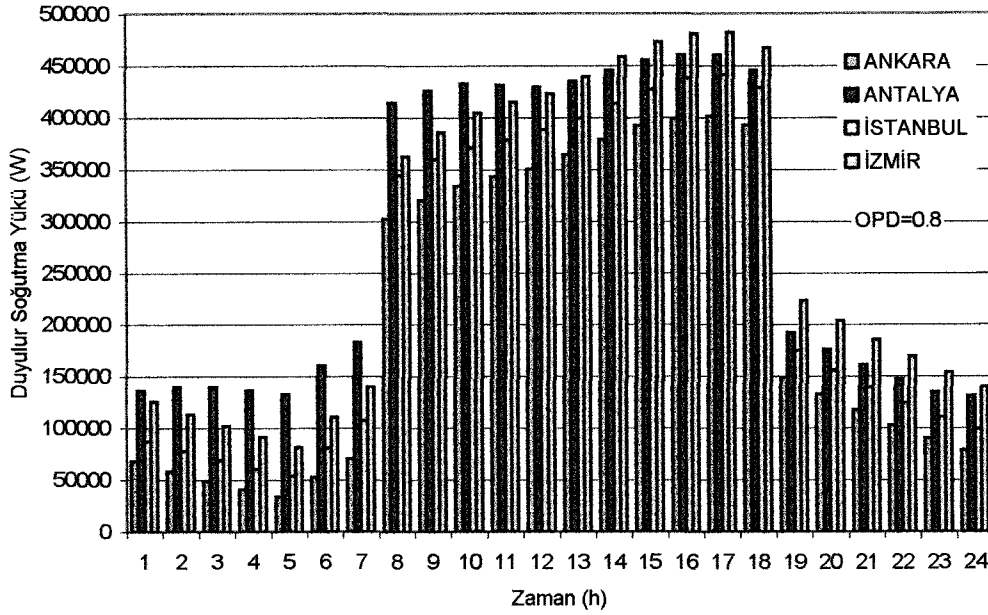
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6.7 Orta bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında (OPD) değişimi (SC=0.64)

Duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün gün içindeki dağılımı küçük binada olduğu gibi orta binada da benzer değişimi göstermektedir.

Hesaplaması yapılan orta binada pencere tipi olarak çift camlı alüminyum çerçeveli sabit kanatlı seçildiğinde (SC=0.64) belirlenen dört ildeki (Ankara ,Antalya , İzmir , İstanbul), Pencere/ Duvar oranı değeri sırasıyla %20, %40, %60, %80 değerine çıkartıldığındaki duyulur soğutma yükündeki değişimler Şekil a, b, c,d de gösterilmektedir.

1. Şekil 6.7 (a)ve Şekil 6.7 (b) de Pencere/ Duvar oranı =0.2 ve Pencere/ Duvar oranı =0.4 değerlerinden elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Şekillerden görüldüğü üzere pencere/ duvar oranının %20 ve %40 olması durumunda maksimum duyulur soğutma yükü saat 17 de elde edilmektedir.Pencere/ Duvar oranındaki artıştan dolayı soğutma yükündeki değerler ;

- Ankara için ; %11,47
- Antalya için ; %14,44
- İstanbul için ; %13,93
- İzmir için ; %17,72 oranında artış göstermektedir.

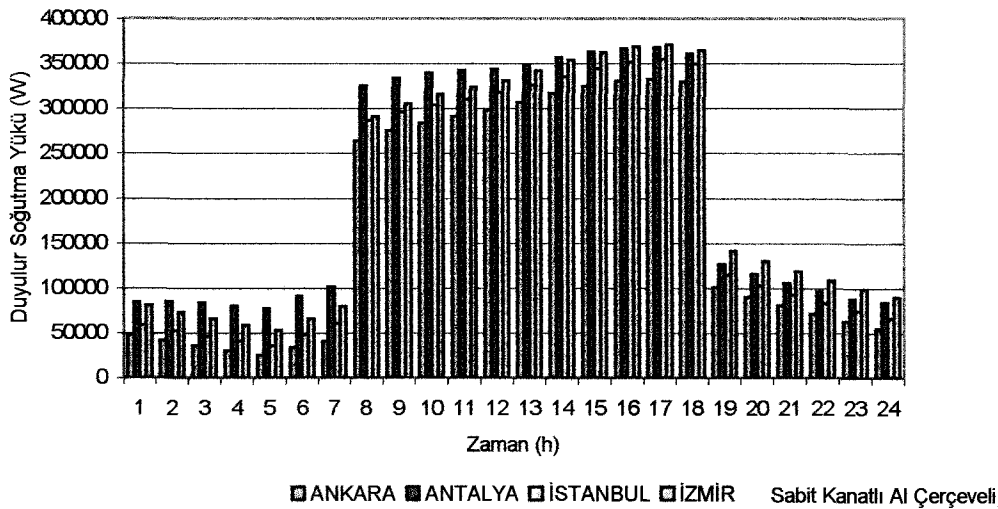
2. Şekil 6.7 (c) de Pencere/ Duvar oranı=0.60 değerinden elde edilen sonuç gösterilmektedir. Pencere/ Duvar oranının %40 dan %60 oranına çıktığında maksimum duyulur soğutma yükü saat 17 de elde edilmektedir. Pencere/ Duvar oranındaki artıştan dolayı soğutma yükündeki değerler ;

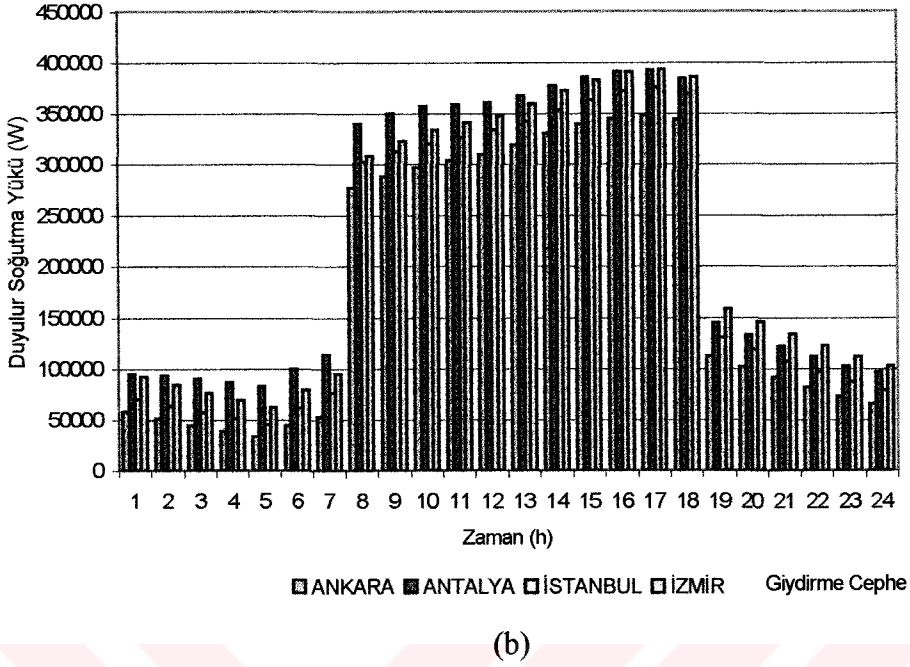
- Ankara için ; %10,29
- Antalya için ; %12,61
- İstanbul için ; %12,23
- İzmir için ; %15,05 oranında artış göstermektedir.

3. Pencere/ Duvar oranının %60 olması halinden %80 e çıkardığımızda ise; Duyulur soğutma yükünün maksimum olduğu saat bütün illerde 17:00 olarak devam etmektedir ve değerler;

- Ankara için ; %9,33
- Antalya için ; %11,2
- İstanbul için ; %10,89
- İzmir için ; %13,08 oranında artış göstermektedir.

6.2.2 Farklı Pencere Tiplerinin Duyulur Soğutma Yükü Üzerindeki Etkisi





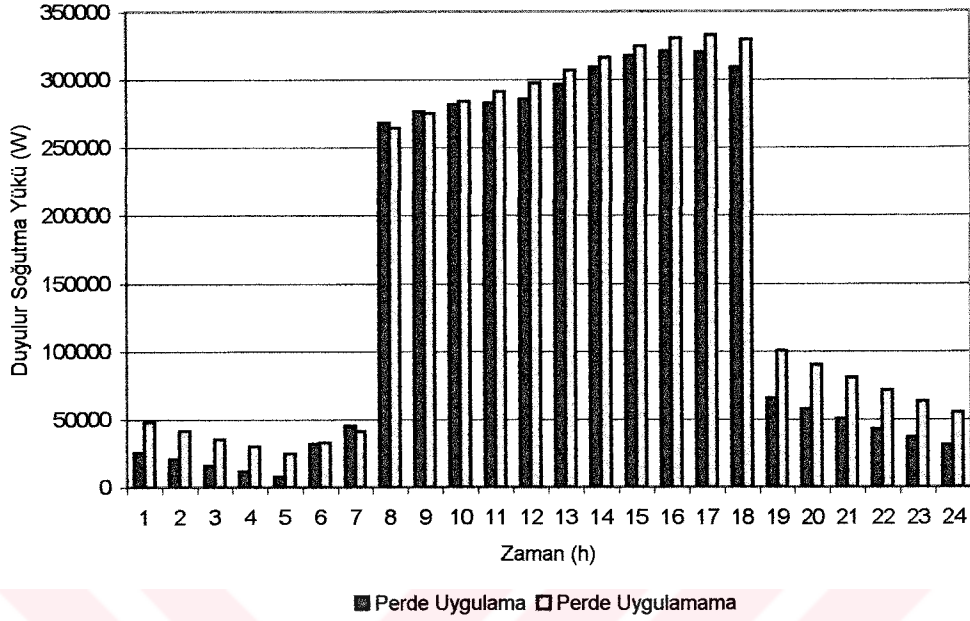
Şekil 6.8 Orta bina için dört farklı ildeki duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki (OPD=0.4) değişimi

Hesaplaması yapılan orta binada, Pencere/ Duvar oranı=0,4 , pencere tipi olarak çift camlı alüminyum çerçeveli sabit kanatlı ($SC=0,64$ $U=3,22$ W/m^2K) ve $U=3.22$ W/m^2K), giydirme cepheli bina tipi ($SC=0,81$ $U=2,73$ W/m^2K), seçildiğinde belirlenen dört ildeki (Ankara ,Antalya , İzmir , İstanbul), SC değeri sırasıyla 0,64 , 0,81 değerine çıkartıldığındaki değişimler Şekil 6.8 .(a) ve Şekil 6.8 (b).de gösterilmektedir.

1. Alüminyum çerçeveli çift cam pencere tipi ($SC=0,64$) ile giydirme cepheli bina tipinde uygulanan çift tabakalı düz camı karşılaştırdığımızda ($SC=0,81$) maksimum duyulur soğutma yükünü veren saat 17 olarak kalmaktadır. Saat 17 de duyulur soğutma yükü ;

- Ankara için ; %4,65
- Antalya için ; %6,78
- İstanbul için ; %5,99
- İzmir için ; % 6,08 oranında artış göstermektedir.

6.2.3 Perde Etkisinin Duyulur Soğutma Yükleri Üzerindeki Etkisi

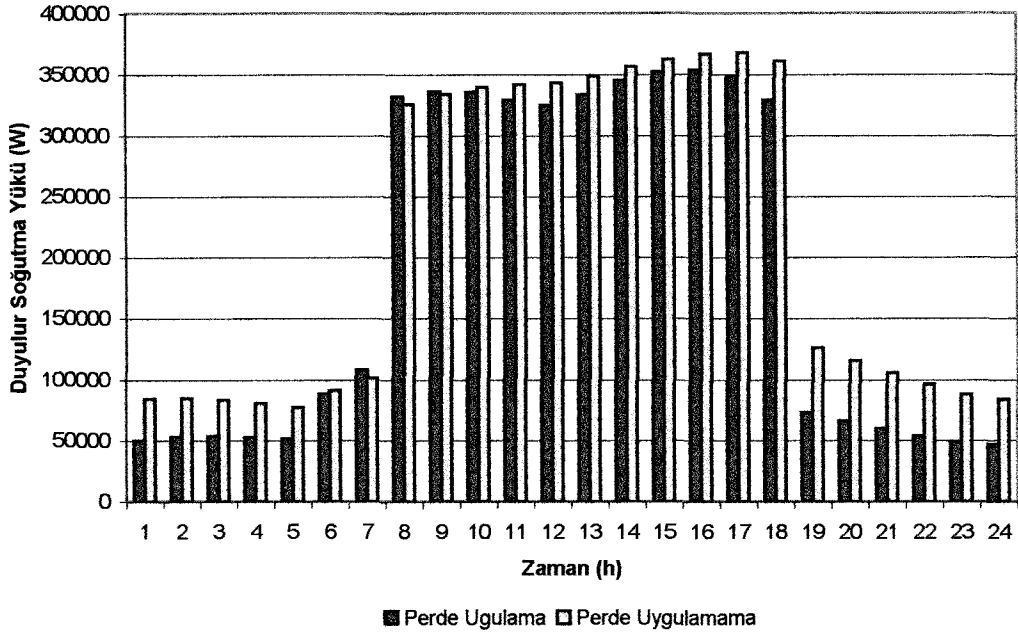


Şekil 6.9 Ankara ilindeki orta bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki (OPD=0.4) değişimi

Pencere/ Duvar oranı=0.4 alınarak gölgeleme katsayısını değiştirirsek;

Şekil 6.9 da ki duyulur soğutma yükündeki dağılımdan görüldüğü üzere gölgeleme katsayısının soğutma yükü üzerindeki etkisi görülmektedir. Buna göre en düşük gölgeleme katsayısına sahip olan perdeli çift camın en düşük , sonra alüminyum çerçeveveli çift camda (SC=0.64) meydana gelmektedir.

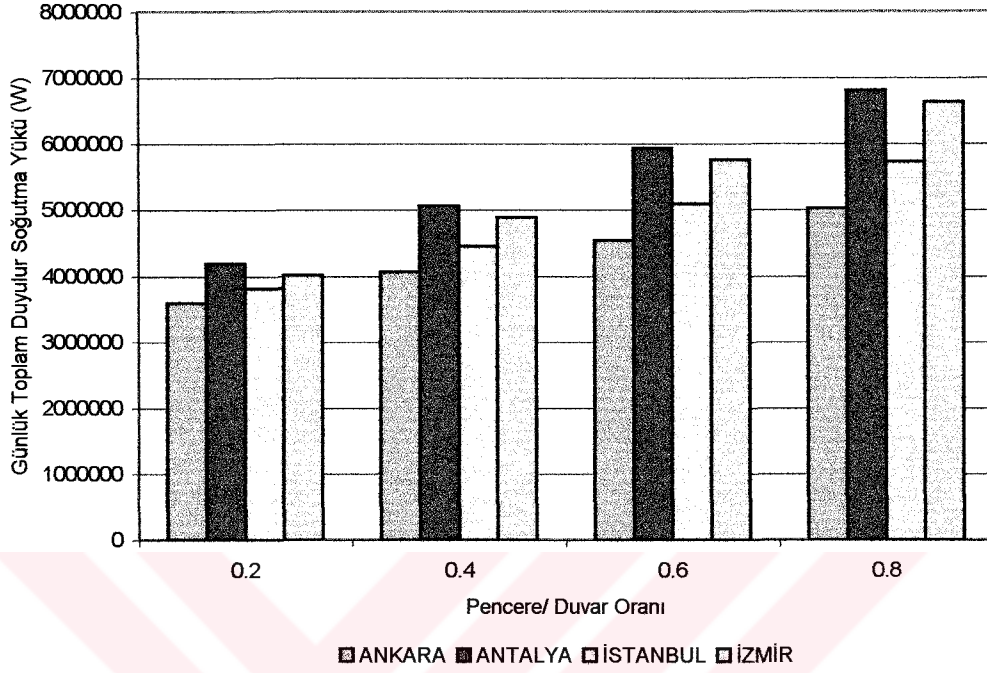
Saat 10:00 dan sonra çift camlı alüminyum çerçeveveli pencere tipinde perdeli camın güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazancının etkisini azaltıcı yönde ki etkisi olmadığından dolayı soğutma yükünde saat 13:00 de %3,39 , saat 17:00 itibari ile de %3,94 oranında bir artış meydana getirmektedir.



Şekil 6.10 Antalya ilindeki orta büyüklükteki bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı gölgeleme elemanlarındaki (OPD=0.4) değişimi

Farklı bir iklim yapısına sahip olan Antalya ili içinse tıpkı Ankara da olduğu gibi saat 10:00 dan sonra çift camlı alüminyum çerçeveli pencere tipinde perdeli camın güneş ısınımından kaynaklanan ısı kazancının etkisini azaltıcı yönde ki etkisi olmadığından dolayı soğutma yükünde saat 12:00 de %5,72 , saat 17:00 itibari ile de %5,29 oranında bir artış meydana getirmektedir.

6.2.4 Aynı Gölgeleme Katsayısına Sahip Orta Büyüklükteki Binanın Toplam Soğutma Yüklerinin Pencere/Duvar Oranına Göre Değişimi

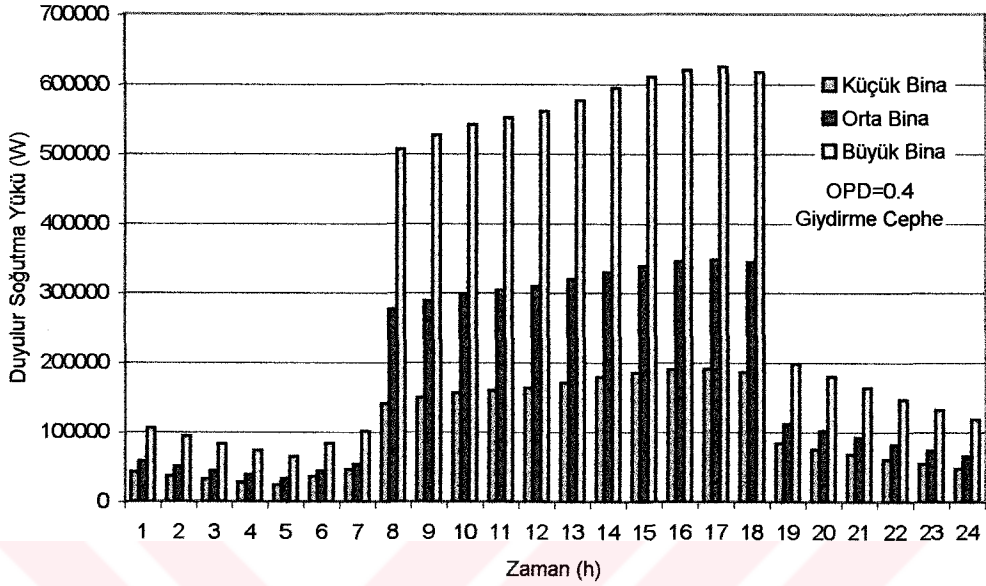


Şekil 6.11 Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir illerindeki orta bina için duyulur ısı kazançlarından kaynaklanan soğutma yükünün farklı pencere duvar oranlarında değişimi (SC=0.64)

Pencere tipinin alüminyum çerçeveli çift cama sahip binanın Pencere/ Duvar oranı değerini, 0,2 , 0,4 , 0,6 , 0,8 ve Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir illerine göre toplam duyulur soğutma yükünü incelediğimizde ; bütün Pencere/ Duvar oranı değerlerinde Ankara ili minimum günlük toplam duyulur soğutma yükü değerlerine sahiptir. Buna göre ;

1. Pencere/ Duvar oranı=0.2 olduğunda Antalya %16.84, İstanbul %6.18, İzmir %11.97 oranında
2. Pencere/ Duvar oranı=0.4 olduğunda Antalya %24.56, İstanbul %9.44, İzmir %20.25 oranında
3. Pencere/ Duvar oranı=0.6 olduğunda Antalya %30.65, İstanbul %12.02, İzmir %26.78 oranında
4. Pencere/ Duvar oranı=0.8 olduğunda Antalya %35.59, İstanbul %14.11, İzmir %32.08 oranında her Pencere/ Duvar oranı değerindeki Ankara iline göre günlük toplam duyulur soğutma yükü değerleri büyüktür.

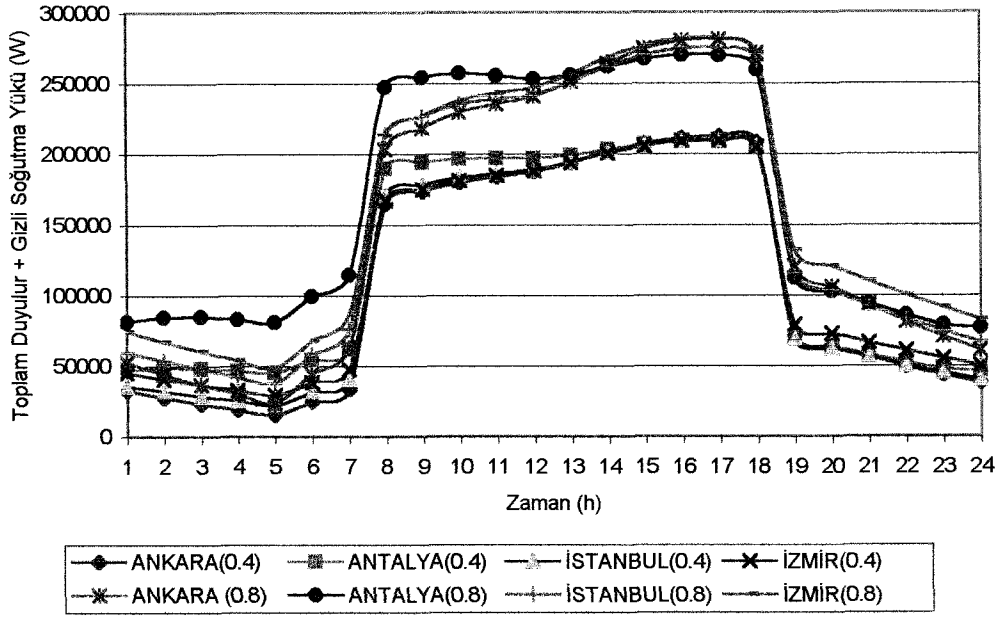
6.3 Bina Büyüklük Etkisinin Duyulur Soğutma Yüğü Üzerindeki Etkisi



Şekil 6.12 Ankara ili OPD= 0.4 SC= 0.81 için bina büyüklüğüne göre duyulur soğutma yüklerinin değişimi

Orta binanın oturma alanı sabit tutularak kat sayısı 9 a çıkartıldığında elde edilen sonuçlar. Dış ortamda ki rüzgar etkisi ihmal edilerek sadece zon sayısının artışının toplam duyulur soğutma yüküne etkisi farklı bina boyutları incelenerek sonuçlar Şekil 6.12 de gösterilmektedir.

Çift tabakalı düz cam ve Pencere/ Duvar oranı=0.4 değerine sahip ; küçük, orta, büyük binalarda duyulur soğutma yükünü incelediğimizde saat 17:00 itibari ile ; küçük bina ile orta binayı ele aldığımızda %81,92 orta bina ile büyük binayı ele aldığımızda %79,44 küçük bina ile büyük binayı ele aldığımızda %226,45 lik bir artış olduğu ortaya çıkmıştır.

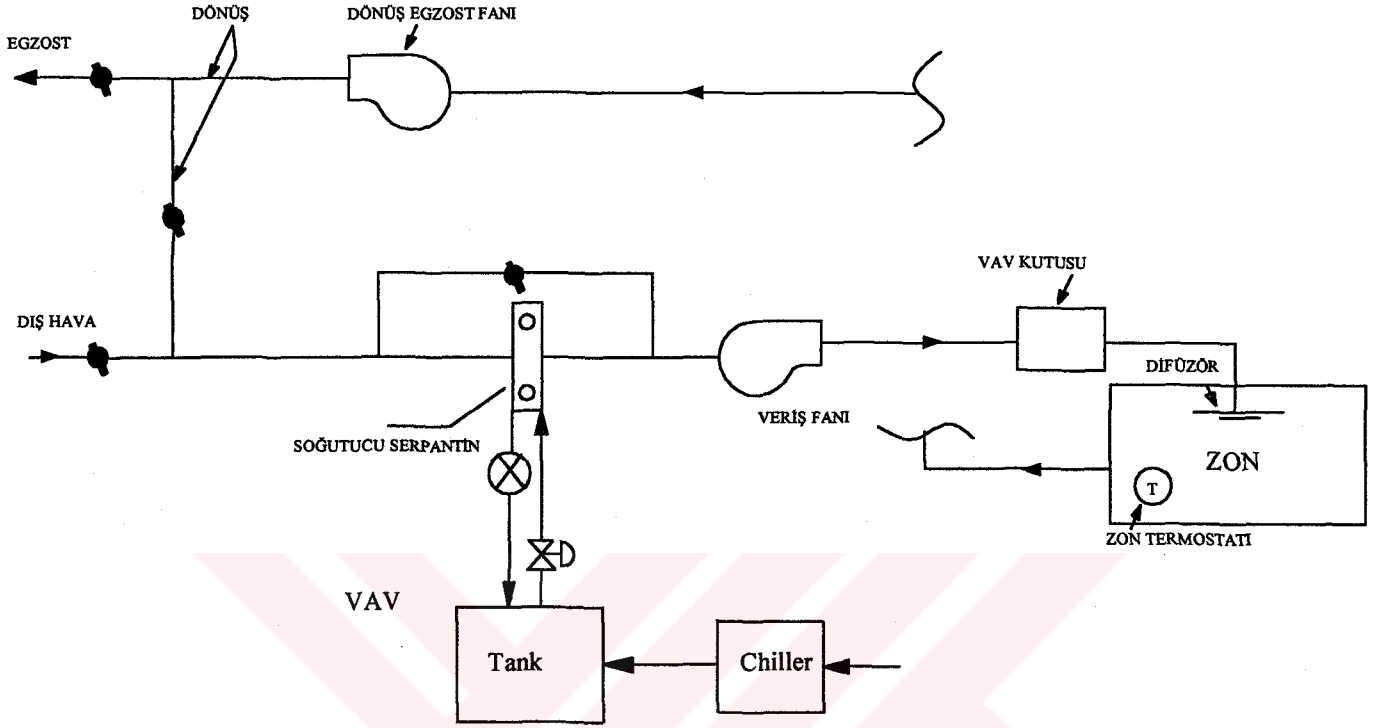


Şekil 6.13 İllere göre toplam soğutma yükü değerlerinin OPD=0.4 ve OPD=0.8 e göre değişimi (SC=0.64)

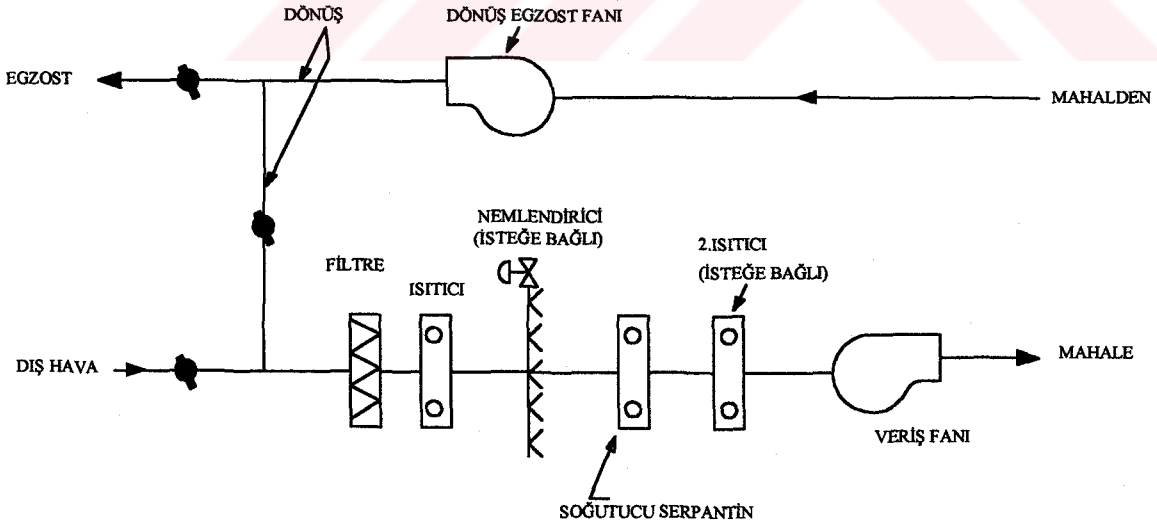
Küçük binada, Pencere / Duvar oranının 0.4 ve 0.8, sabit Alüminyum çerçeveli şeffaf çift cam olması durumunda elde duyulur soğutma yükü değerlerine , dış kapının kullanılmasıyla iç ortam ($w=0.0093$ kg/kg kuru hava) ve değişken dış ortam nem farkından olan gizli ısı kazancı, cihazlardan elde edilen toplam ısı kazancının %25 oranında gizli ısı kazançları, insanlardan olan gizli ısı kazançları değerleri ilave edildiğinde elde edilen değerler Şekil 6.13 de gösterilmektedir.

6.4 Sistemlerin Mukayesesi

İstanbul ve Antalya ilinde bulunan PDO=0.4, SC=0.42 özelliklerine sahip küçük bina parametreleri doğrultusunda elde edilen soğutma yüküne bağlı olarak “ Sabit Hava Debili Sistem (SHDS) ile Değişken Hava Debili Sistem (DHDS)” mukayesesi yapılmıştır. Hesaplamalar sırasında SHD sistem için değerler maksimum soğutma yüküne sahip saat 16:00, DHDS içinse çalışma saati (8:00-18:00)arasındaki değişken soğutma yüküne bağlı olarak alınmıştır.Buna göre;



Şekil 6.15 Değişken hava debili sistem



Şekil 6.16 Sabit hava debili sistem

Tablo 6.2 İstanbul ve Antalya İçin Değişken Hava Debili Sistemin Sonuçları

VAV	Oran	DP	KG/S	m3/h	Pfan(kw)	PfanMotor	PaspMotor	Sog Kap	Ppompa	PfanChiller	PcompChiller	COP
İSTANBUL												
8	137648	0,844088	1095	32834,1	12,9198	18,5428	16,4139	233,3904	3,3764	7,0903	92,8497	1,6879
9	142614	0,874541	1117	34018,7	13,6549	19,5978	17,3477	241,8105	3,4982	7,3461	96,1995	1,6794
10	144026	0,8832	1097	34355,5	13,5432	19,4374	17,2058	244,2047	3,5328	7,4189	97,1520	1,6871
11	141183	0,865766	1050	33677,3	12,7070	18,2374	16,1435	239,3842	3,4631	7,2724	95,2342	1,7056
12	140351	0,860664	1026	33478,8	12,3434	17,7155	15,6816	237,9735	3,4427	7,2296	94,6730	1,7152
13	147707	0,905772	1062	35233,5	13,4462	19,2982	17,0826	250,4460	3,6231	7,6085	99,6349	1,7009
14	157087	0,963293	1110	37471,0	14,9464	21,4514	18,9885	266,3504	3,8532	8,0917	105,9622	1,6821
15	162039	0,993659	1140	38652,2	15,8342	22,7256	20,1165	274,7468	3,9746	8,3467	109,3025	1,6705
16	163073	1	1140	38898,9	15,9353	22,8200	20,2	276,5000	4,0000	8,4000	110,0000	1,6715
17	160164	0,982161	1124	38205,0	15,4314	22,1474	19,6046	271,5676	3,9286	8,2502	108,0377	1,6767
18	148830	0,912659	1071	35501,4	13,6632	19,6097	17,3583	252,3501	3,6506	7,6663	100,3925	1,6973
ANTALYA												
8	132117	0,797726	1095	31514,7	12,1956	17,8794	15,7079	255,2723	5,9829	6,7009	97,3226	1,7777
9	138247	0,834739	1117	32977,0	13,0178	19,0848	16,7669	267,1165	6,2605	7,0118	101,8382	1,7694
10	140700	0,84955	1097	33562,1	13,0116	19,0757	16,7589	271,8562	6,3716	7,1362	103,6452	1,7770
11	139186	0,840409	1050	33201,0	12,3201	18,0619	15,8682	268,9308	6,3031	7,0594	102,5299	1,7950
12	139238	0,840723	1026	33213,4	12,0430	17,6557	15,5113	269,0313	6,3054	7,0621	102,5682	1,8043
13	147564	0,890995	1062	35199,4	13,2110	19,3680	17,0157	285,1186	6,6825	7,4844	108,7014	1,7904
14	157643	0,951853	1110	37603,6	14,7512	21,8483	19,1948	304,5929	7,1389	7,9956	116,1260	1,7678
15	163932	0,989826	1140	39103,8	15,7543	23,0966	20,2914	316,7443	7,4237	8,3145	120,7588	1,7608
16	165617	1	1140	39505,7	15,9162	23,3340	20,5000	320,0000	7,5000	8,4000	122,0000	1,7608
17	163229	0,985581	1124	38936,1	15,4666	22,6748	19,9208	315,3860	7,3919	8,2789	120,2409	1,7668
18	151395	0,914127	1071	36113,2	13,6688	20,0392	17,6054	292,5207	6,8560	7,6787	111,5235	1,7869

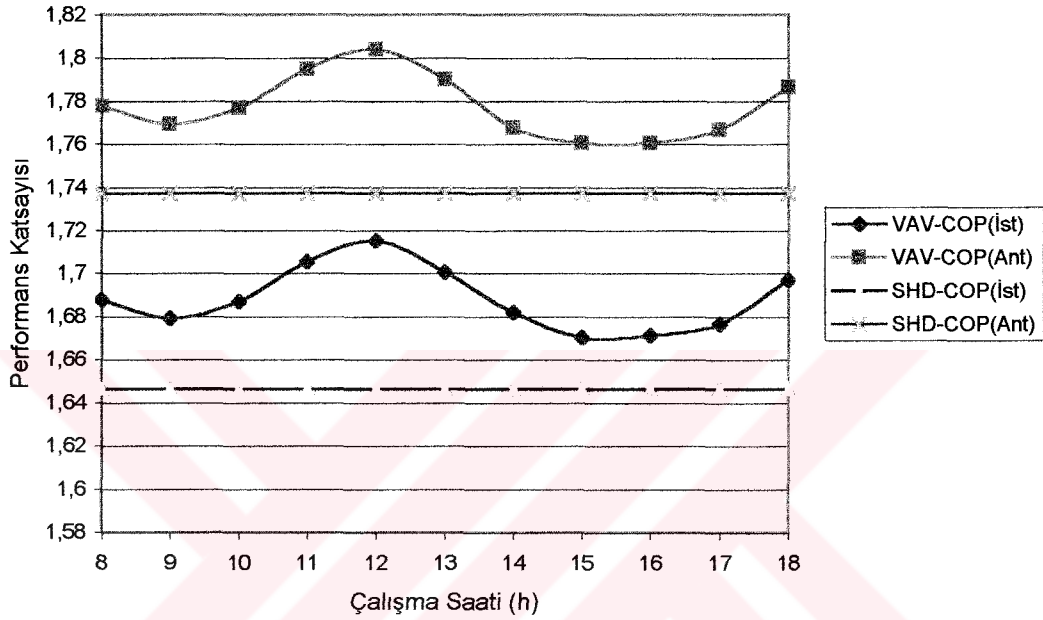
Tablo 6.3 İstanbul ve Antalya İçin Sabit Hava Debili Sistemin Sonuçları

CAV	Q(w)	DP	m3/h	PfanMotor	Sog Kap	Ppompa	Pfanchill	PaspMotor	PComChil	COP
IST	163073	1285	38898	25,34	276,5	4	8,4	20,2	110	1,6464
ANT										
16	165617	1285	39505	25,79	320	7,5	8,4	20,5	122	1,73733

Sistemlerin birbirlerine göre karşılaştırılmasının daha iyi değerlendirilmesi için performans katsayısı (COP) kullanılmaktadır. Burada;

$$COP = \frac{\text{Serpantin Kapasitesi}}{P_{fanMotor} + P_{aspMotor} + P_{pompa} + P_{fanChiller} + P_{kompresor}} \quad (6.1)$$

olarak ele alınmıştır.



Şekil 6.17 Performans katsayısının Antalya ve İstanbul da bulunan SHD ve DHDS göre değişimi

Şekil 6.17 de görüldüğü üzere çalışma saati içerisinde DHDS ile SHDS'lerin performans değerleri verilmiştir. Sabit hava debili sistemde; performans değerlerinin bulunmasında kullanılan parametreler saatlik olarak sabit olmasından dolayı performans eğrisi doğrusallık göstermektedir. Değişken hava debili sistemlerde ise; performans değerinin elde edilmesinde kullanılan veriler soğutma yüküne bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin fan gücü, sabit hava debilide olduğu gibi sürekli aynı debide çalışmamasından dolayı, çektiği güç de debiye bağlı olarak değişmektedir. Böylece Değişken debili sistemlerde elde edilen performans katsayısı saatlik olarak değişim göstermektedir. Sonuç olarak verileri incelediğimizde değişken hava debili sistemler, sabit hava debili sistemlere göre daha iyi performansa sahip olmakla birlikte Tablo 6.4 ve Tablo 6.5 de verilen fiyat analizinin neticesinde değişken hava debili sistemin, diğer sisteme göre daha pahalı olduğu görülmektedir.

Tablo 6.4 İstanbul ve Antalya İçin Sabit Hava Debili Sistemin Fiyat Analizi

İl	Sistem	Kullanılan Ekipman	Model	Adet	Fiyat
İstanbul	Sabit Hava Debili	Aspiratör Hücresi		1	1293 Euro
		Vantilatör Hücresi		1	1293 Euro
		Karışım+Egzost+Filtre		1	1868 Euro
		Soğutucu Batarya	8 Sıra	1	8273 Euro
		Aspiratör+ Vantilatör	RDN 900K	2	4759 Euro
		Elektrik Motoru	30 kW	2	1864 Euro
		Menfez+Damper	50x30	115	2697 Euro
		Kanal	40x40	65m ²	650 Euro
		Kanal İzolasyon	2,5 cm	656m ²	2220 Euro
		Çelik Boru+İzolasyon	2 ^{1/2}	5m	25 Euro
		Hava Soğutma Chiller	297 kW	1	91500 Euro
		TOPLAM			116442 Euro
Antalya	Sabit Hava Debili	Aspiratör Hücresi		1	1293 Euro
		Vantilatör Hücresi		1	1293 Euro
		Karışım+Egzost+Filtre		1	1868 Euro
		Soğutucu Batarya	8 Sıra	1	8273 Euro
		Aspiratör+ Vantilatör	RDN 900K	2	4759 Euro
		Elektrik Motoru	30 kW	2	1864 Euro
		Menfez+Damper	50x30	115	2697 Euro
		Kanal	40x40	65m ²	650 Euro
		Kanal İzolasyon	2,5 cm	656m ²	2220 Euro
		Çelik Boru+İzolasyon	2 ^{1/2}	5m	25 Euro
		Hava Soğutma Chiller	350kW	1	110000 Euro
		TOPLAM			135000 Euro

Tablo 6.5 İstanbul ve Antalya İçin Değişken Hava Debili Sistemin Fiyat Analizi

İl	Sistem	Kullanılan Ekipman	Model	Adet	Fiyat
İstanbul	Değişken Hava Debili	Aspiratör Hücresi		1	1293 Euro
		Vantilatör Hücresi		1	1293 Euro
		Karışım+Egzost+Filtre		1	1868 Euro
		Soğutucu Batarya	8 Sıra	1	8273 Euro
		Aspiratör	RDN 800K	1	1890 Euro
		Vantilatör	RDN 900K	1	2379
		Asp.Elektrik Motoru	22 kW	1	735 Euro
		Elektrik Motoru	30 kW	2	932 Euro
		Menfez	50x30	115	1561 Euro
		VAV Kutusu+işçilik	2000m ³ /h	25	20500 Euro
		Termostat		25	875 Euro
		Kanal	40x40	65m ²	650 Euro
		Kanal İzolasyon	2,5 cm	656m ²	2220 Euro
		Çelik Boru+İzolasyon	2 ^{1/2}	5m	25 Euro
		Hava Soğutma Chiller	297 kW	1	91500 Euro
		TOPLAM			136000 Euro
Antalya	Değişken Hava Debili	Aspiratör Hücresi		1	1293 Euro
		Vantilatör Hücresi		1	1293 Euro
		Karışım+Egzost+Filtre		1	1868 Euro
		Soğutucu Batarya	8 Sıra	1	8273 Euro
		Aspiratör	RDN 800K	1	1890 Euro
		Vantilatör	RDN 900K	1	2379
		Asp.Elektrik Motoru	22 kW	1	735 Euro
		Elektrik Motoru	30 kW	2	932 Euro
		Menfez	50x30	115	1561 Euro
		VAV Kutusu+işçilik	2000m ³ /h	25	20500 Euro
		Termostat		25	875 Euro
		Kanal	40x40	65m ²	650 Euro
		Kanal İzolasyon	2,5 cm	656m ²	2220 Euro
		Çelik Boru+İzolasyon	2 ^{1/2}	5m	25 Euro
		Hava Soğutma Chiller	350kW	1	110000 Euro
		TOPLAM			155000Euro

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Bu çalışmada konut dışı amaçla kullanılan ofisler, kütüphaneler, vb. binaların yıl boyunca saatlik ısı kazancı (ısı kaybı) ve bağlı olarak soğutma yükünü (ısıtma yükünü) Ashrae Geçiş Fonksiyonu Metodu (TFM) esas alınarak hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirilmiş ve bu program geçerliliği program çıktılarının yine Ashrae Temel El kitabında verilen örneklerle karşılaştırılması suretiyle gösterilmiştir. Program tüm bina elemanlarından olan soğutma (veya ısıtma) yüklerinde en fazla %1 hata ile sonuçları bulabilmektedir. Bu program konut haricinde her tip ve amaç için kullanılan binalar için geçerli olup kolaylıkla uygulanabilir.

Program sonuçları saatlik, günlük aylık ve/ veya yıllık olarak o binanın toplam ısıtma ve soğutma yüklerini ve bağlı olarak hazırlanan bir ilave program ile iklimlendirme sistemlerinden sabit debili ve değişken debili iklimlendirme sistemlerinin sistem analizi, sistemi meydana getiren cihaz kapasiteleri, ele alınan binaya ait kanal dağılımı ve kanal basınç kaybı hesaplanabilmekte, böylece her tip bina için mukayese de yapılabilmektedir.

Program binayı dört dış zon ve bir iç zon olmak üzere beş zonlu olarak ele almakta, ayrıca ısı kazançlarında önemli yer tutan insan sayıları, cihaz , aydınlatma armatürleri miktarları da zon içindeki kullanım şekline göre değişken alınabilmektedir. Program iç dağılımı ve dış kabuk boyutları bilinen her tip bina için kolaylıkla uygulanabilir. Sadece yüksek bina kategorisine giren ve on kat üzeri binalarda rüzgar etkisi ilave olarak göz önüne alınması yararlı olacaktır.

Program ofis binaları esas alınarak çalıştırılması sonucunda, uluslararası standartlara göre belirlenmiş bina boyutlarının değiştirilmesi de aynı ilde soğutma yükünde çift tabakalı düz cam ve Pencere/ Duvar oranı=0.4 değerine sahip ; küçük, orta, büyük binalarda maksimum duyulur soğutma yükünü incelediğimizde küçük bina ile orta binayı ele aldığımızda %81,92 orta bina ile büyük binayı ele aldığımızda %79,44 küçük bina ile büyük binayı ele aldığımızda %226,45 lik bir artış olduğu fark yarattığı gözlenmiştir. Yine ülkemizde iklim bölgelerine göre yapılan incelemede diğer bütün parametreler sabit tutulduğunda orta bina boyutunda,pencere duvar oranı 0.6, alüminyum çerçeveli şeffaf çift camlı bir binada Ankara ilini baz aldığımızda

günlük toplam duyulur soğutma yükü; Antalya %30.65, İzmir %26.78, İstanbul %12 oranında yüksek olduğu tesbit edilmiştir.

Yapılan incelemede ofis binalarının soğutma yüklerinin (ısıtma yüklerinin) ve bağlı olarak sistem kapasitesine pencere alanının duvar alanına olan oranı olarak ifade edilen pencere duvar oranının etkisi de incelenmiş ve giydirmeye şeffaf çift camlı binaların hangi iklim bölgesinde olursa olsun en fazla soğutma yüküne haiz olduğu, dolayısıyla kurulacak iklimlendirme sisteminin de yüksek kapasitesi de olacağı görülmüştür.

Sistem performansları açısından yapılan çalışmada değişken hav debili sistemin daha iyi olduğu görülmekle beraber ilk yatırım maliyetinin de sabit debili sistemlerden daha yüksek olduğu tesbit edilmiştir.

Bu çalışmada, bu konuda ilerde yapılacak çalışmalara esas teşkil etmesi ve farklı sistem analizleri ile bilhassa ülkemizde enerji tasarrufuna ve daha ilk tesis aşamasında doğru cam tipi ve cam alanı seçilerek kurulacak iklimlendirme sistemlerinin gereksiz yere yüksek maliyette ve büyük kapasitede seçilmesini engelleyecek potansiyele sahip olması nedeniyle, kullanıcılara yararlı olacak bir araştırmadır.

Enerjinin, bir sistemin henüz tesis aşamasında dikkatli harcanması, enerji kaynakları sınırlı olan ülkemiz açısından son derece önemli olduğundan, yapılan çalışmanın bilhassa ilk tesis aşamasında mühendislere ve konuda çalışacak araştırmacılara kaynak teşkil etmesini dilerim.

KAYNAKLAR

- [1] **ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm No: 26**, 1993. Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar: 2, Ankara.
- [2] **Türk Tesisat Mühendisleri Derneği**, 2000. Türkiye İklim Verileri
- [3] **ASHRAE Fundamentals Handbook Chapter 26**, 1997. Weather Data
- [4] **ASHRAE Fundamentals Handbook Chapter 24**, 1993. Weather Data
- [5] **TS-3419**, 1979. Havalandırma ve iklimlendirme tesislerinin projelendirilmesi kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [6] **ASHRAE Fundamentals Handbook Chapter 3**, 1993. Commercial and Public Buildings
- [7] **ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm No: 8**, 1993. Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar: 2, Ankara.
- [8] **Wolf, J.E**, 2002. İç ortam hava kalitesinin sağlanmasına yönelik ASHRAE araştırması, *TTM Derneği Dergisi*, 17, 29-32.
- [9] **Janssen, J.E**, 1999. The history of ventilation and temperature control, *ASHRAE Journal*, 10, 48-70
- [10] **Olesen, B.W.**, 1997. International Development of standards for ventilation of buildings
- [11] **Arısoy, A. Prof Dr.**, 2000. Clima 2000 Raporu, *TTM Derneği Dergisi*, 16, 43-44.
- [12] **Marn, W.L**, 1962. Commercial gas kitchen ventilation studies, Research bulletin No.90,3. Gas Association Laboratories, Cleveland, OH
- [13] **Talbert, S.G.**, Carnigan L.J ve Eibling J.A, 1973. An experimental study of ventilation requirements of commercial electric kitchens. *ASHRAE Transactions* 79,1,34.
- [14] **Mitalas, G.P. ve Kimura K**, 1971. A calorimeter to determine cooling load caused by lights. *ASHRAE Transactions* 77,2,65

- [15] **Mitalas, G.P. ve Arsenault , J.G,** 1971.Fortran IV program to calculate Z transfer functions for the calculation of transient heat transfer through walls and roof. Proceedings of the conference Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, NBS Building Science Series 39, October, Gaithersburg MD.
- [16] **McQuiston, F.C. ve Spitler, J.D,** 1992. Cooling and heating load calculation manual, 2nd ed. ASHRAE
- [17] **ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm No: 27,** 1993. Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar: 2, Ankara.
- [18] **Rudoy, W ve Duran, F,** 1975. Development of an improved cooling load calculation method. AHRAE Transactions 81,2,19-69
- [19] **Mitalas, G.P.** 1973 Calculating cooling load caused by lights. AHRAE Journal 15,6:7
- [20] **Harris, S.M. ve McQuiston F.C,** 1988. A study catogerize walls and roofs on the basis of thermal response. ASHRAE Transactions 94(2):688-715
- [21] **Isısan Çalışmaları,** 2001. No: 305, Klima Tesisatı
- [22] **Carrier,** 1965. System Design Manual. McGraw Hill Book Co.,10.17-10.19
- [23] **Eskin, N ,**1996. Değişken hava debili sistemler, fan-coil sistemleri ve su kaynaklı ısı pompalarında enerji kullanımı, Tesisat Dergisi, **22**, 191-197
- [24] **Al-Rabghi Omar , M.A. and Al-Johani Khalid,M.,** 1997. Utilizing transfer function method for hourly cooling load calculations, Energy conversion and Management Vol.38, No: 4, 319-332
- [25] **Spitler, J.D and Mcquiston, F.C.,** 1993. Development of a revised cooling load and heating load calculation manual, ASHRAE Transactions , **99(1)**,175-182
- [26] **Uddin Zaheer, M. and Zheng,1994. G.R.,** A VAV system model for simulation of energy management control functions: off normal operation and duty cycling, Energy conversion and Management Vol.35,No:11, 917-931

- [27] **Ardehali Morteza M and Smith Theodore F**, 1996, Evaluation of variable volume and temperature HVAC system for commercial and residential buildings, *Energy conversion and Management* Vol.37, No:9, 1469-1479



Tablo A.1 Çatı ve Duvar Tiplerinde Kullanılan Tabakaların Kod Numaraları ve Isıl Özellikleri

Kod Sayısı	Tabakanın tanımı	Kalınlık ve ısı özellikler					
		L(mm)	k(W/mK)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg.K)	R(m ² .K)/W	Kütle(kg/m ²)
A0	Dış yüzey direnci	0	0.000	0	0.00	0.059	0.00
A1	25 mm kaba sıva	25	0.692	1858	0.84	0.037	47.34
A2	100 mm Tuğla	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.50
A3	Celik yüzey kaplama	2	44.998	7689	0.42	0.000	11.71
A4	12 mm Çüruf	13	0.190	1121	1.67	0.067	10.74
A5	Dış yüzey	0	0.000	0	0.00	0.059	0.00
A6	Kaplama	13	0.415	1249	1.09	0.031	16.10
A7	100 mm Kaplama tuğla	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.50
B1	Hava boşluğu	0	0.000	0	0.00	0.160	0.00
B2	25 mm Yalıtım	25	0.043	32	0.84	0.587	0.98
B3	50 mm Yalıtım	51	0.043	32	0.84	1.173	1.46
B4	75 mm Yalıtım	76	0.043	32	0.84	1.760	2.44
B5	25 mm Yalıtım	25	0.043	91	0.84	0.587	2.44
B6	50 mm Yalıtım	51	0.043	91	0.84	1.173	4.88
B7	25 mm Tahta	25	0.121	593	2.51	1.760	15.13
B8	62 mm Tahta	63	0.121	593	2.51	0.524	37.58
B9	100 mm Tahta	101	0.121	593	2.51	0.837	60.02
B10	50 mm Tahta	51	0.121	593	2.51	0.420	30.26
B11	75 mm Tahta	76	0.121	593	2.51	0.628	45.38
B12	75 mm Yalıtım	76	0.043	91	0.84	1.760	6.83
B13	100 mm Yalıtım	100	0.043	91	0.84	2.347	9.27
B14	125 mm Yalıtım	125	0.043	91	0.84	2.933	11.71
B15	150 mm Yalıtım	150	0.043	91	0.84	3.520	14.15
B16	4 mm Yalıtım	4	0.043	91	0.84	0.088	0.49
B17	8 mm Yalıtım	8	0.043	91	0.84	0.176	0.49
B18	12 mm Yalıtım	12	0.043	91	0.84	0.264	0.98
B19	15 mm Yalıtım	15	0.043	91	0.84	0.352	1.46
B20	20 mm Yalıtım	20	0.043	91	0.84	0.440	1.95
B21	35 mm Yalıtım	35	0.043	91	0.84	0.792	2.93
B22	42 mm Yalıtım	42	0.043	91	0.84	0.968	3.90
B23	60 mm Yalıtım	62	0.043	91	0.84	1.408	5.86
B24	70 mm Yalıtım	70	0.043	91	0.84	1.584	6.34
B25	85 mm Yalıtım	85	0.043	91	0.84	1.936	7.81
B26	92 mm Yalıtım	92	0.043	91	0.84	2.112	8.30
B27	115 mm Yalıtım	115	0.043	91	0.84	2.640	10.74
C1	100 mm Kiremit	100	0.571	1121	0.84	0.178	113.70
C2	100 mm düşük yoğunlukta beton	100	0.381	609	0.84	0.266	61.98
C3	100 mm yüksek yoğunlukta beton	100	0.813	977	0.84	0.125	99.06
C4	100 mm adi tuğla	100	0.727	1922	0.84	0.140	195.20
C5	100 mm yüksek yoğunlukta beton	100	1.731	2243	0.84	0.059	227.90
C6	200 mm kiremit	200	0.571	1121	0.84	0.352	227.90
C7	200 mm düşük yoğunlukta beton	200	0.571	609	0.84	0.352	123.46
C8	200mm yüksek yoğunlukta beton blok	200	1.038	977	0.84	0.196	198.62
C9	200 mm adi tuğla	200	0.727	1922	0.84	0.279	390.40
C10	200 mm yüksek yoğunlukta beton	200	1.731	2243	0.84	0.117	455.79
C11	300 mm yüksek yoğunlukta beton	300	1.731	2243	0.84	0.176	683.20
C12	50 mm yüksek yoğunlukta beton	50	1.731	2243	0.84	0.929	113.70
C13	150 mm yüksek yoğunlukta beton	150	1.731	2243	0.84	0.088	341.60
C14	100 mm düşük yoğunlukta beton	100	0.173	641	0.84	0.587	64.90
C15	150 mm düşük yoğunlukta beton	150	0.173	641	0.84	0.860	97.60
C16	200 mm düşük yoğunlukta beton	200	0.173	641	0.84	1.173	130.30
C17	200 mm düşük yoğunlukta beton blok (dolu)	200	0.138	288	0.84	1.467	58.56
C18	200 mm yüksek yoğunlukta beton blok (dolu)	200	0.588	849	0.84	0.345	172.75
C19	300 mm düşük yoğunlukta beton blok (dolu)	300	0.138	304	0.84	2.200	92.75
C20	300mm yüksek yoğunlukta beton blok (dolu)	300	0.675	897	0.84	0.451	273.28
E0	İç yüzey direnci	0	0.000	0	0.00	0.121	0.00
E1	20 mm Sıva veya alçı	20	0.727	1602	0.84	0.026	30.74
E2	12 mm Çüruf veya tas	12	1.436	881	1.67	0.009	11.22
E3	10 mm Keçe ve membran	10	1.190	1121	1.67	0.050	10.74
E4	Tavan hava boşluğu	0	0.000	0	0.00	0.176	0.00
E5	Akustik kaplama	19	0.061	481	0.84	0.314	9.27

Tablo A.2 Çatı için iletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Çatı	Grubu	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣCn,	U faktörü
1	E0 A3 B25 E3 E2 A0 Tabakalar	0.02766	0.19724	0.07752	0.00203	0.00000	0.00000	0.00000		
	Çelik Kons. W/85 mm yalıtım	1.00000	-0.35451	0.02267	-0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	0.304451	0.455689
2	E0 A3 B 14 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00316	0.06827	0.07278	0.00814	0.00007	0.00000	0.00000		
	Çelik kons. W/125 mm yalıtım	1.00000	-0.60064	0.08602	-0.00135	0.00000	0.00000	0.00000	0.152411	0.314886
3	E0 E5 E4 C12 E3 E2 A0 Tabakaları	0.03483	0.22616	0.07810	0.00141	0.00000	0.00000	0.00000		
	50 mm h.w. beton w/asma tavan	1.00000	-0.75615	0.01439	-0.00006	0.00000	0.00000	0.00000	0.340508	1.318848
4	E0 E1 B15 E4 B7 A0 Tabakaları	0.00002	0.00371	0.01923	0.01361	0.00164	0.00003	0.00000		
	Çatı arası dam w/150 mm yalıtım	1.00000	-1.34660	0.59384	-0.09295	0.00296	-0.00001	0.00000	0.038233	0.243113
5	E0 A3 B 14 C12 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00032	0.01451	0.02711	0.00568	0.00012	0.00000	0.00000		
	125 mm yalıtım w/50 mm h. w. Beton	1.00000	-1.10400	0.26169	-0.00475	0.00002	0.00000	0.00000	0.047747	0.312003
6	E0 C5 B17 E3 E2 A0 Tabakaları	0.01647	0.17849	0.12003	0.00682	0.00001	0.00000	0.00000		
	100 mm h.w. beton w/8 mm yalıtım	1.00000	-0.97905	0.13444	-0.00272	0.00000	0.00000	0.00000	0.321826	2.107929
7	E0 B22 C12 E3 E2 A0 Tabakalar	0.00336	0.04925	0.03905	0.00213	0.00000	0.00000	0.00000		
	40 mm yalıtım w/50 mm h.w. beton RTS	1.00000	-1.11770	0.23731	-0.00008	0.00000	0.00000	0.00000	0.093798	0.784431
8	E0 B16 C13 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00559	0.11007	0.11826	0.01243	0.00008	0.00000	0.00000		
	4 mm yalıtım w/150 mm h.w. beton	1.00000	-1.10230	0.20750	-0.00287	0.00000	0.00000	0.00000	0.246431	2.409346
9	E0 E5 E4 B 12 C14 E3 E2 A0	0.00000	0.00139	0.01234	0.01424	0.00315	0.00013	0.00000		
	75 mm yal. w/100 mm l.w. bet ve asma tav.	1.00000	-1.40600	0.58814	-0.09034	0.00444	-0.00006	0.00000	0.031255	0.325063
10	E0 E5 E4 C15 B 16 E3 E2 A0	0.00000	0.00142	0.01368	0.01723	0.00420	0.00020	0.00000		
	150 mm l.w. bet w/4 mm yal.ve asma tav.	1.00000	-1.55700	0.73120	-0.11774	0.00600	-0.00008	0.00000	0.036731	0.588889
11	E0 C5 B 15 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00071	0.00553	0.00378	0.00112	0.00004	0.00000		
	100 mm h. w. beton w/150 mm yalıtım	1.00000	-1.61470	0.79142	-0.13242	0.00611	-0.00008	0.00000	0.013186	0.261845
12	E0 C13 B16 E3 C12 A0 Tabakaları	0.00027	0.02019	0.06007	0.02296	0.00107	0.00000	0.00000		
	150mm h.w. bet 4mm yal 50mm h. w. Beton	1.00000	-1.59270	0.72160	-0.08275	0.00029	0.00000	0.00000	0.104562	2.249912
13	E0 C 13 B6 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00011	0.00773	0.02115	0.00733	0.00031	0.00000	0.00000		
	150 mm h. w. beton w/50 mm yalıtım	1.00000	-1.34450	0.44285	-0.04344	0.00016	0.00000	0.00000	0.036643	0.665471
14	E0 E5 E4 C12 B13 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00003	0.00262	0.00813	0.00322	0.00017	0.00000	0.00000		
	50 mm h.w. bet. W/100 mm yal. ve asma tav.	1.00000	-1.33740	0.41454	-0.03346	0.00031	0.00000	0.00000	0.014170	0.322167

Tablo A.2 Çatı için İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Çatı	Grubu	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣCn	U faktörü
15	E0 E5 E4 C5 B6 E3 E2 A0 Tabakaları	b _n 0.00006	0.00376	0.00924	0.00277	0.00011	0.00000	0.00000		
	100 mm h. w. beton w/50 mm yalıtım ve asma tavan	d _n 1.00000	-1.24350	0.28741	-0.01274	0.00009	0.00000	0.00000	0.015936	0.509198
16	E0 E5 E4 C13 B20 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00003	0.00339	0.01120	0.00489	0.00031	0.00000	0.00000		
	150 mm h. w. beton w/20 mm yalıtım ve asma tavan	1.00000	-1.39180	0.46336	-0.04714	0.00058	0.00000	0.00000	0.019817	0.792784
17	E0 E5 E4 B15 C 14 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00004	0.00121	0.00418	0.00302	0.00055	0.00002		
	150mm yal. w/100mm l. w. bet ve asma tavan	1.00000	-1.87320	1.20950	-0.32904	0.03799	-0.00169	0.00002	0.009015	0.206721
18	E0 C12 B15 E3 E2 C5 A0 Tabakaları	0.00000	0.00010	0.00154	0.00293	0.00111	0.00009	0.00000		
	50 mm h. w. bet 150 mm yal 100mm h. w. bet RTS	1.00000	-2.10930	1.50840	-0.40880	0.03249	-0.00068	0.00000	0.005760	0.259845
19	E0 C5 B27 E3 E2 C12 A0 Tabakaları	0.00000	0.00052	0.00417	0.00442	0.00084	0.00003	0.00000		
	100mm h. w. bet. 115mm yal. 50mm h. w. Bet. RTS	1.00000	-1.82850	1.02860	-0.17574	0.00556	-0.00003	0.00000	0.009974	0.334085
20	E0 B21 C16 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00012	0.00247	0.00582	0.00276	0.00029	0.00001		
	35 mm yalıtım w/200 l.w. beton	1.00000	-1.92000	1.21970	-0.30000	0.02630	-0.00061	0.00000	0.011476	0.451853
21	E0 C13 B12 E3 E2 C12 A0 Tabakaları	0.00000	0.00050	0.00410	0.00438	0.00084	0.00003	0.00000		
	150mm h. w. beton 75mm yal 50mm h. w. bet RTS	1.00000	-1.84580	1.03240	-0.17182	0.00617	-0.00003	0.00000	0.009854	0.260000
22	E0 B22 C5 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00078	0.00567	0.00532	0.00085	0.00002	0.00000		
	40mm yalıtım 100mm h. w. bet 150mm h. w. bet RTS	1.00000	-1.79980	0.94786	-0.13443	0.00360	-0.00001	0.00000	0.012630	0.733844
23	E0 E5 E4 C12 B14 E3 E2 C12 A0 Tabakaları	0.00000	0.00012	0.00126	0.00175	0.00047	0.00002	0.00000		
	50mm h. w. bet 125mm yal. 50mm h. w. bet. RTS w/as. tav	1.00000	-1.89900	1.13580	-0.23586	0.01276	-0.00015	0.00000	0.003621	2.684500
24	E0 E5 E4 C5 E3 E2 B6 B1 C12 A0 Tabakaları	0.00000	0.00043	0.00269	0.00223	0.00032	0.00001	0.00000		
	100mm h. w. bet 125mm yal. 50mm h. w. bet RTS w/as. Tav	1.00000	-1.73080	0.85681	-0.11614	0.00239	-0.00001	0.00000	0.005678	0.464352
25	E0 E5 E4 C13 B 13 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00010	0.00119	0.00176	0.00052	0.00003	0.00000		
	50 mm h. w. beton w/100 mm yalıtım ve asma tavan	1.00000	-1.63450	0.78078	-0.14422	0.00940	-0.00011	0.00000	0.003602	0.316192
26	E0 E5 E4 B15 C15 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00010	0.00081	0.00137	0.00063	0.00009		
	50 mm yalıtım w/1 50 mm l.w. beton ve asma tavan	1.00000	-2.29460	1.93690	-0.75741	0.14252	-0.01251	0.00046	0.002996	0.194878
27	E0 C13 B15 E3 E2 C 12 A0 Tabakaları	0.00000	0.00001	0.00042	0.00136	0.00091	0.00014	0.00001		
	40 mm h. w. bet 150 mm yal 50 mm h. w. beton RTS	1.00000	-2.27810	1.82160	-0.60696	0.07696	-0.00246	0.00001	0.002851	0.257876
28	E0 B9 B 14 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00006	0.00054	0.00098	0.00049	0.00007		
	100 mm alşıp w/125mm yalıtım	1.00000	-2.41920	2.17930	0.93062	0.19840	-0.02012	0.00081	0.002157	0.249163

Tablo A.2 Çatı için İletimle Isı Geçişi Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Çatı	Grubu	n= 0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣC_n	U faktörü
29	E0 E5 E4 C12 B13 E3 E2 C5 A0 Tabakaları	b _n 0.00000	0.00009	0.00101	0.00149	0.00042	0.00002	0.00000		
	50 mm h. w. bet 100 mm yal. 100 mm h.w.bet. RTS w/as. Tav	d _n 1.00000	-1.99410	1.20220	-0.20898	0.01058	-0.00010	0.00000	0.003022	0.316192
30	E0 E5 E4 B9 B6 E3 E2 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00016	0.00088	0.00102	0.00031	0.00003		
	100 mm alçap w/50 mm yalıtım	1.00000	-2.29660	1.86390	-0.65737	0.10295	-0.00631	0.00012	0.002403	0.364565
31	E0 B27 C13 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00017	0.00079	0.00078	0.00019	0.00001		
	115 mm yal.150 mm h. w. beton 150 mm h. w. beton RTS	1.00000	-2.29880	1.85730	-0.64691	0.10024	-0.00593	0.00006	0.001943	0.324533
32	E0 E5 E4 C5 B20 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00011	0.00134	0.00211	0.00064	0.00004	0.00000		
	100mm h. w. Bet. 20mm yal. 150mm h. w. Bet. RTS w/as. tav.	1.00000	-2.09340	1.35120	-0.26478	0.01281	-0.00018	0.00000	0.004239	0.757560
33	E0 E5 E4 C5 B13 E3 E2 C5 A0 Tabakaları	0.00000	0.00001	0.00029	0.00074	0.00038	0.00005	0.00000		
	100mm h.w. bet.100mm yal. 100 mm h.w. bet. RTS w/as. Tav	1.00000	-2.07860	1.33960	-0.27670	0.02089	-0.00058	0.00000	0.001468	0.313296
34	E0 E5 E4 C13 B23 E3 E2 C5 A0 Tabakaları	0.00000	0.00001	0.00029	0.00074	0.00038	0.00004	0.00000		
	150mm h.w. beton 60mm yal. 100 mm h.w. bet. RTS w/as. tav.	1.00000	-2.13240	1.43450	-0.32023	0.02188	-0.00038	0.00000	0.001475	0.435203
35	E0 C5 B 15 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00010	0.00055	0.00062	0.00018	0.00001		
	100 mm h. w. beton 150 mm yal. 150 mm h. w. beton RTS	1.00000	-2.51230	2.25820	-0.87306	0.14066	-0.00785	0.00016	0.001469	0.255946
36	E0 C13 B27 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00009	0.00051	0.00060	0.00018	0.00002		
	50 mm h.w. beton 115 mm yal. 150 mm h.w.beton RTS	1.00000	-2.50270	2.23940	-0.88012	0.15928	-0.01176	0.00018	0.001406	0.324533
37	E0 E5 E4 B15 C13E3E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00001	0.00011	0.00029	0.00021	0.00005		
	150 mm h.w. bet 150 mm yal. 150mm h. w. bet RTS w/as. Tav	1.00000	-2.75540	2.88190	-1.44620	0.36631	-0.04636	0.00269	0.000668	0.225882
38	E0 E5 E4 B9 B 1 5 E2 A0 Tabakalar	0.00000	0.00000	0.00000	0.00005	0.00017	0.00017	0.00006		
	100 mm alçap w/150 mm yalıtım ve asma tavan	1.00000	-2.81430	3.05060	-1.62770	0.45499	-0.06569	0.00455	0.000453	0.196512
39	E0 E5 E4 C 13 B20 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00002	0.00039	0.00109	0.00063	0.00008	0.00000		
	150 mm h.w. bet 20 mm yal.150 mm h.w.bet RTS w/as. tav.	1.00000	-2.30710	1.77590	-0.52057	0.05597	-0.00118	0.00001	0.002214	0.741055
40	E0 E5 E4 C5 B26 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00010	0.00040	0.00032	0.00006	0.00000		
	100 mm h. w. bet 90 mm yal.150mm h. w. bet. RTS w/as. tav	1.00000	-2.26980	1.68340	-0.45628	0.04712	-0.00180	0.00002	0.000895	0.332306
41	E0E5E4C13B6E3E2C13A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00011	0.00042	0.00033	0.00006	0.00000		
	150 mm h.w.bet 50mm yal. 150mm h.w. beton RTS w/as.tav.	1.00000	-2.35840	1.86630	-0.56900	0.06466	-0.00157	0.00001	0.000927	0.480459
42	E0 E5 E4 C13 B14 E3 E2 C13 A0 Tabakaları	0.00000	0.00000	0.00001	0.00006	0.00012	0.00007	0.00001		
	150 mm h. w.bet 125mm yal.150mm h.w. beton RTS w/as. tav.	1.00000	-2.68630	2.63090	-1.16850	0.24692	-0.02269	0.00062	0.000264	0.260255

Tablo A.3 Duvar için İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Duvar	Grubu	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣC_n	U faktörü
1	E0A3B1B13A3A0 Tabakaları	b _n 0.04361	0.19862	0.04083	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000		
	Çelik İskelet, 100mm yalıtım	d _n 1.00000	-0.24072	0.00168	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.283372	0.372389
2	E0E1B14A1A0	0.00089	0.03097	0.05456	0.01224	0.00029	0.00000	0.00000		
	Çerçeve duvar, 13 mm yalıtım	1.00000	-0.93389	0.27396	-0.02561	0.00014	0.00000	0.00000	0.098947	0.314501
3	E0C3B5A6A0	0.02332	0.18344	0.08372	0.00264	0.00000	0.00000	0.00000		
	100mm h. w. beton blok, 25mm yalıtım	1.00000	-0.76963	0.04014	-0.00042	0.00000	0.00000	0.00000	0.293120	1.085249
4	E0E1B6C12A0	0.00006	0.00613	0.02181	0.01063	0.00076	0.00000	0.00000		
	50mm yalıtım, 50mm h. w. beton	1.00000	1.37580	0.61544	-0.09389	0.00221	0.00000	0.00000	0.039388	0.266166
5	E0A6B21C7A0	0.00046	0.02519	0.05782	0.01681	0.00059	0.00000	0.00000		
	35mm yalıtım, 200mm l. w. beton blok	1.00000	-1.16040	0.32547	-0.02746	0.00021	0.00000	0.00000	0.100859	0.732027
6	E0E1B2C5A1A0	0.00287	0.05327	0.06003	0.00723	0.00005	0.00000	0.00000		
	25mm yalıtım, 100mm h. w. beton	1.00000	-1.17580	0.30071	-0.01561	0.00001	0.00000	0.00000	0.123446	1.129325
7	E0A6C5B3A3A0	0.00561	0.04748	0.02052	0.00039	0.00000	0.00000	0.00000		
	100mm h. w. beton, 50 mm yalıtım	1.00000	-0.93970	0.04664	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.074007	0.692064
8	E0A2C12B5A6A0	0.00082	0.02611	0.04162	0.00768	0.00014	0.00000	0.00000		
	Duvar tuğlası, 50mm h. w. beton 25mm yalıtım	1.00000	-1.20010	0.27937	-0.01039	0.00005	0.00000	0.00000	0.076379	1.108347
9	E0A6B15B10A0	0.00000	0.00036	0.00488	0.00832	0.00288	0.00021	0.00000		
	150mm yalıtım, 50mm ahşap	1.00000	-1.63350	0.86971	-0.18121	0.01445	-0.00031	0.00000	0.016649	0.240835
10	E0E1C2B5A2A0	0.00004	0.00578	0.02505	0.01476	0.00136	0.00001	0.00000		
	100mm l. w. beton blok, 25mm yalıtım, duv. tuğ.	1.00000	-1.66360	0.82440	-0.11098	0.00351	0.00000	0.00000	0.047003	0.881051
11	E0E1C8B6A1A0	0.00002	0.00349	0.01641	0.01038	0.00105	0.00001	0.00000		
	200mm h. w. beton blok, 50mm yalıtım	1.00000	-1.52480	0.67146	-0.09844	0.00239	0.00000	0.00000	0.031356	0.619445
12	E0E1B1C10A1A0	0.00009	0.01125	0.04635	0.02654	0.00249	0.00003	0.00000		
	200mm h. w. beton	1.00000	-1.51660	0.64261	-0.08382	0.00289	-0.00001	0.00000	0.086751	1.923511
13	E0A2C5B19A6A0	0.00015	0.01152	0.03411	0.01326	0.00074	0.00000	0.00000		
	Duvar tuğlası, 100mm h. w. beton, 16mm yalıtım	1.00000	-1.41350	0.48697	-0.03218	0.00057	0.00000	0.00000	0.059779	1.427707
14	E0A2A2B6A6A0	0.00001	0.00170	0.00949	0.00701	0.00088	0.00002	0.00000		
	Duvar tuğlası, duvar tuğ., 50 mm yalıtım	1.00000	-1.52990	0.62059	-0.06329	0.00196	-0.00001	0.00000	0.019110	0.649938

Tablo A.3 Duvar için İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Duvar	Grubu	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣC_n	U faktörü
15	E0A6C17B1A7A0	b _n 0.00000	0.0018	0.00342	0.00824	0.00418	0.00050	0.00001		
	200mm l.w.beton blok (dolu),duvar tuğlası	d _n 1.00000	-2.00000	1.36800	-0.37388	0.3885	-0.00140	0.00001	0.016530	0.522302
16	E0A6C18B1A7A0	0.00000	0.00080	0.00959	0.01534	0.00491	0.00032	0.00000		
	200mm h.w.beton blok (dolu),duvar tuğlası	1.00000	-2.00260	1.32890	-0.32486	0.2361	-0.00052	0.00000	0.030959	1.262973
17	E0A2C2B15A0	0.00000	0.00003	0.00076	0.00248	0.00170	0.00029	0.00001		
	Duvar tuğlası, 100mm l.w.beton,150 mm yalıtım	1.00000	-2.00870	1.37120	-0.37897	0.03962	-0.00165	0.00002	0.005274	0.245415
18	E0A6B25C9A0	0.00000	0.00007	0.00150	0.00401	0.00226	0.00031	0.00001		
	85mm yalıtım,200mm adi tuğla	1.00000	-1.92910	1.24410	-0.33029	0.03663	-0.00147	0.00002	0.008163	0.408868
19	E0C9B6A6A0	0.00000	0.00030	0.00362	0.00561	0.00170	0.00011	0.00000		
	200mm adi tuğla,50mm yalıtım	1.00000	-1.78160	0.96017	-0.16904	0.00958	-0.00016	0.00000	0.011343	0.600253
20	E0C11B19A6A0	0.00000	0.00070	0.00677	0.00873	0.00218	0.00011	0.00000		
	300mm h.w.beton,15 mm yalıtım	1.00000	-1.86030	1.05930	-0.19508	0.01002	-0.00016	0.00000	0.018504	1.348205
21	E0C11B6A1A0	0.00000	0.00006	0.00107	0.00253	0.00124	0.00014	0.00000		
	300mm h.w.beton, 50mm yalıtım	1.00000	-2.12810	1.53970	-0.45512	0.05298	-0.00158	0.00001	0.005040	0.637365
22	E0C14B15A2A0	0.00000	0.00001	0.00033	0.00150	0.00143	0.00035	0.00002		
	100mm l.w.beton, 150mm yalıtım,duvar tuğ	1.00000	-2.28710	1.85460	-0.63564	0.08859	-0.00463	0.00009	0.003633	0.229144
23	E0E1B15C7A2A0	0.00000	0.00000	0.00009	0.00066	0.00107	0.00048	0.00006		
	150mm yalıtım,200mm l.w.beton blok	1.00000	-2.54230	2.43770	-1.10740	0.24599	-0.02510	0.00101	0.002359	0.240399
24	E0A6C20B1A7A0	0.00000	0.00002	0.00086	0.00375	0.00351	0.00084	0.00005		
	300mm h.w.beton blok (dolu) duvar tuğlası	1.00000	-2.48000	2.22600	-0.87231	0.14275	-0.00850	0.00018	0.009034	1.113760
25	E0A2C15B12A6A0	0.00000	0.00000	0.00021	0.00109	0.00122	0.00036	0.00003		
	Duvar tuğlası, 150mm l.w.beton,75mm yalıtım	1.00000	-2.28570	1.80760	-0.58999	0.08155	-0.00500	0.00013	0.002914	0.341568
26	E0A2C6B6A0	0.00000	0.00002	0.00057	0.00202	0.00151	0.00028	0.00001		
	Duvar tuğlası,200mm yassı tuğla,50mm yalıtım	1.00000	-2.18780	1.60930	-0.46185	0.05051	-0.00218	0.00003	0.004416	0.549936
27	E0E1B14C11A1A0	0.00000	0.00000	0.00004	0.00036	0.00062	0.00029	0.00004		
	125mm yalıtım,300mm h.w.beton	1.00000	-2.55940	2.45940	-1.12550	0.25621	0.02721	0.00107	0.001356	0.297997

Tablo A.3 Duvar için İletimle Isı Geçiş Fonksiyonu (CTF) Katsayıları

Duvar	Grubu	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	ΣC_n	Ufaktörü
28	E0E1C11B13A1A0	0.00000	0.00000	0.00010	0.00059	0.00071	0.00023	0.00002		
	300mm h.w. beton, 100mm yalıtım	1.00000	-2.37670	2.04310	-0.79860	0.14868	-0.01231	0.00037	0.001646	0.361789
29	E0A2C11B5A6A0	0.00000	0.00001	0.00024	0.00117	0.00119	0.00032	0.00002		
	Duvar tuğlası, 300mm hw beton, 25mm yalıtım	1.00000	-2.42900	2.08180	-0.75768	0.11461	-0.00674	0.00015	0.002952	0.953342
30	E0E1B19C19A2A0	0.00000	0.00000	0.00003	0.00035	0.00084	0.00057	0.00012		
	15mm yal. 300mm l.w. bet blok (dolu), w/duv. tuğlası	1.00000	-2.83630	3.10380	-1.65730	0.45360	-0.06212	0.00393	0.001911	0.352274
31	E0E1B15C15A2A0	0.00000	0.00000	0.00001	0.00013	0.00039	0.00034	0.00009		
	150mm yalıtım, 150mm l.w. beton, 75mm yalıtım	1.00000	-2.90290	3.28970	-1.85450	0.55033	-0.08384	0.00599	0.000964	0.213478
32	E0E1B23B9A2A0	0.00000	0.00000	0.00002	0.00027	0.00063	0.00041	0.00008		
	60mm yalıtım, duvar tuğlası	1.00000	-2.82270	3.04540	-1.58410	0.41423	-0.05186	0.00273	0.001425	0.393442
33	E0A2C6B15A6A0	0.00000	0.00000	0.00001	0.00014	0.00036	0.00026	0.00006		
	Duvar tuğlası, 200mm yassı tuğla, 150mm yalıtım	1.00000	-2.68950	2.71280	-1.28870	0.30051	-0.03338	0.00175	0.000826	0.240141
34	E0C11B21A2A0	0.00000	0.00000	0.00018	0.00082	0.00079	0.00019	0.00001		
	300mm h.w. beton, 35mm yalıtım, duvar tuğlası	1.00000	-2.67080	2.58090	-1.07970	0.18237	-0.01057	0.00021	0.001993	0.811826
35	E0E1C11A2A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00006	0.00019	0.00019	0.00006		
	125mm yal. 300mm h.w. beton, duvar tuğlası	1.00000	-2.96850	3.45610	-2.02880	0.64302	-0.10884	0.00906	0.000510	0.294532
36	E0A2C11B25A6A0	0.00000	0.00000	0.00002	0.00021	0.00040	0.00022	0.00004		
	Duvar tuğlası, 300mm h.w. beton, 85mm yalıtım	1.00000	-2.55130	2.36600	-0.99023	0.19505	-0.01814	0.00075	0.000889	0.413500
37	E0E15B25C19A2A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00015	0.00020	0.00009		
	85mm yalıtım, 300mm l.w. bet blok (dolu), w/duv. tuğla	1.00000	-3.17760	4.00460	-2.56330	0.89048	-0.16764	0.01638	0.000460	0.225264
38	E0E1B15C20A2A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00014	0.00019	0.00008		
	150mm yal., 300mm h.w. bet blok (dolu), w/duv. tuğlası	1.00000	-3.14990	3.95120	-2.53790	0.89438	-0.17209	0.01706	0.000447	0.234999
39	E0A2C16B14A6A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00014	0.00017	0.00007		
	Duvar tuğlası, 300mm l.w. beton, 175mm yalıtım	1.00000	-2.99390	3.45880	-1.95830	0.57704	-0.08844	0.00687	0.000416	0.227365
40	E0A2C20B15A6A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00013	0.00016	0.00006		
	Duvar tuğ., 300mm h.w. bet blok (dolu), w/duv. tuğlası	1.00000	-2.97580	3.42240	-1.93320	0.56765	-0.08568	0.00652	0.000390	0.234753
41	E0E1C11B14A2A0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00004	0.00012	0.00011	0.00003		
	300mm h.w. beton, 125 mm yal. duvar tuğlası	1.00000	-3.08300	3.66620	-2.11990	0.62142	-0.08917	0.00561	0.000296	0.294532

TC FENİKLİK BAKANLIĞI
MİMARLIK BAKANLIĞI

ÖZGEÇMİŞ

Hamdi İlker Türkmen, 1978 yılında Adana’da doğdu. İlköğrenimini 1989 yılında Tarsus’da, orta ve lise öğrenimini ise 1996 yılında Adana Kurttepe Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Isı ve Proses Bölümünden mezun olarak aynı yıl içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Programında yüksek lisans öğrenimine başladı.

