

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATRIUM TİPİ BİNALARDA ENERJİ TÜKETİMİNİN
AZALTILMASI ve KULLANICI KONFORUNUN SAĞLANMASI
İÇİN UYGUN CAMLAMA ve DENETİM SİSTEMİ MODELİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mim. Özgür GÖÇER**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : YAPI BİLİMLERİ

ARALIK 2006

**ATRIUM TİPİ BİNALARDA ENERJİ TÜKETİMİNİN
AZALTILMASI ve KULLANICI KONFORUNUN SAĞLANMASI
İÇİN UYGUN CAMLAMA ve DENETİM SİSTEMİ MODELİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mim. Özgür GÖÇER
(502022205)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Eylül 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Aralık 2006**

Tez Danışmanı : Yard. Doç.Dr. Aslıhan TAVİL
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Gül KOÇLAR (İTÜ)
Prof.Dr. Ender AKTULGA (MSGSÜ)
Prof.Dr. Ertan ÖZKAN (BÜ)
Yard. Doç.Dr. Levent KAVURMACIOĞLU(İTÜ)

ARALIK 2006

ÖNSÖZ

Çalışmada, atrium tipi binalarda aşırı enerji tüketildiği ve buna karşın konforlu bir ortam sağlanamadığı saptanmış, geleneksel binalardan daha karmaşık fiziksel olaylar içerdikleri göz önüne alınarak, atrium tipi binaların dış kabuğunda en önemli yeri tutan camlama sisteminin enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanması için uygunluğunun belirlenmesine ve buna ilişkin bir denetim sisteminin geliştirilmesine yönelik bir model oluşturulmuştur.

Öncelikle yenilikçi yaklaşımı ve heyecanı ile çalışmanın uluslararası ortamda değer bulmasını sağlayan danışman hocam sayın Yard. Doç. Dr. Aslıhan Taviş'e, tez süreci boyunca göstermiş olduğu ilgi ve destekten ötürü teşekkürlerimi sunarım. İleri görüşlülüğü ve tecrübesi sayesinde doktora çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen, akademik sorumluluk bilincine erişmemdeki katkılarından dolayı sevgili hocam Prof. Dr. Ertan Özkan'a, camlama sistemlerinin fiziksel ve optik özelliklerindeki teknolojik gelişmeler konusunda çalışmalarını daima yol göstericiliğine başvurduğum sevgili hocam Prof. Dr. Ender Aktulga'ya saygılarımı sunarım. Fluent programını temin eden ve programın kullanımında karşıma çıkan her sorunda desteğini esirgemeyen Anova şirketinden Mustafa Özer Gelişli'ye teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda tez sürecinin her aşamasında göstermiş oldukları anlayış, sabır ve yardımlarından ötürü aileme ve eşim Kenan Göçer'e sevgiler sunarım.

Özgür Göçer

Aralık 2006

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xvi
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı	2
1.2. Çalışmanın Amacı	4
1.3. Çalışmanın Kurgusu ve Yöntemi	5
2. DIŞ ÇEVRE-YAPI KABUĞU-İÇ ORTAM	9
2.1. Tanımlar	9
2.1.1. Dış Çevre	9
2.1.2. Yapı Kabuğu	10
2.2.3. İç Ortam Koşulları ve Konfor	11
2.2. Yaklaşımlar	16
2.2.1. Performans Yaklaşımı	16
2.2.2. Sistemler Yaklaşımı	17
2.3. Performans Yaklaşımı ile Dış Çevre, Yapı Kabuğu ve İç Ortam Etkileşiminin Sistematiği	18
3. ATRIUM TİPİ BİNALAR VE ENERJİ PERFORMANSLARI	20
3.1. Atrium Tipi Binaların Gelişim Süreci	20
3.1.1. Atrium Plan Tipolojisi	24
3.2. Atrium ve Enerji Performansı	26
3.2.1. Atrium Tipi Binalarda İklimsel Konfor Koşullarını Belirleyen Etmenler	27
3.2.1.1. Atrium Performansı	27
3.2.1.2. Atrium Tipi Binalarda Isıtma Stratejileri	34
3.2.1.3. Atrium Tipi Binalarda Soğutma Stratejileri	38
3.2.1.4. Atrium Tipi Binalarda Doğal Havalandırma Stratejileri	43
3.2.2. Atrium Tipi Binalarda Görsel Konfor Koşullarını Belirleyen Etmenler	45
3.2.2.1. Atrium Tipi Binalarda Doğal Aydınlatma Stratejileri	46
3.2.2.2. Doğal Aydınlatmayı Etkileyen Faktörler	47
4. CAMLAMA SİSTEMİ	53
4.1. Camlama Sistem Bileşenleri	53
4.1.1. Camlar	53
4.1.1.1. Cam Tipleri	55
4.1.2. Çerçeveler	60
4.1.2.1. Çerçeve Tipleri	61
4.1.2.2. Birleşim ve Bağlantı Elemanları	63

4.1.3. Gölgeleme Elemanları	64
4.2. Camlama Sisteminin Özellikleri	68
4.2.1. Camlama Sisteminin Performans Özellikleri	69
4.2.1.1. Camlama Sisteminin Enerji Tüketimini Etkileyen Performans Özellikleri	70
4.2.1.2. Camlama Sisteminin Kullanıcı Konforunu Belirleyen Performans Özellikleri	80
4.2.1.3. Camlama Sisteminin Performans Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Standartlar ve Yaklaşımlar	83
5. ATRIUM TİPİ BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSININ VE KULLANICI KONFORUNUN SAĞLANMASI İÇİN UYGUN CAMLAMA VE DENETİM SİSTEMİ MODELİ	87
5.1. Modelin Kurulması	87
5.1.1. Yapma Çevreden Beklenen Performans Gereksinmelerinin Oluşturulması	89
5.1.2. Yapma Çevrenin (Atrium Tipi Binanın) Oluşturulması	89
5.1.3. Değerlendirme Aşamaları	90
5.2. Modelde Kullanılan Veriler ve İlişkileri	95
5.2.1. Fiziksel Çevre Verileri	95
5.2.2. Yapma Çevre Verileri	96
5.3. Modeli Oluşturan Süreçler	98
5.4. Atrium Tipi Binalarda Enerji Performansının ve Kullanıcı Konforunun Sağlanması İçin Uygun Camlama ve Denetim Sistemi Simülasyon Modelinde Kullanılan Araçlar	103
5.4.1. Atrium Tipi Binaların Enerji Tüketiminin ve Kullanıcı Konfor Koşullarının Belirlenmesinde Kullanılan Simülasyon Araçları	106
5.4.1.1. Window 5.2 Programı	106
5.4.1.2. Delight Programı	117
5.4.1.3. COMIS Programı	108
5.4.1.4. EnergyPlus Simülasyon Programı	109
5.4.2. Atrium Tipi Binalarda Hava Tabakalaşmasının Belirlenmesinde Kullanılan Simülasyon Araçları	113
5.4.2.1. Gambit Programı	114
5.4.2.2. FLUENT 6.2 Simülasyon Programı	114
6. MODELİN SINANMASI	117
6.1. Örnek Binanın Genel Özellikleri ve Uygulamada Kullanılan Veriler	118
6.1.1. Fiziksel Çevre Verileri	120
6.1.2. Yapma Çevre Sistemine Ait Veriler	123
6.1.2.1. Bina Bileşenlerine Ait Veriler	123
6.1.2.2. Isıtma ve Soğutma Sistemi	128
6.1.2.3. Havalandırma Sistemi	130
6.1.2.4. Aydınlatma Sistemi	132
6.1.2.5. Kullanıcıya ve Diğer Ekipmanlara Ait Veriler	133
6.2. Örnek Bina Üzerinde Modelin Uygulanması	134
6.3. Örnek Binanın Yıllık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Enerjisi Tüketimi	136
6.4. Örnek Binanın Isıl Bölgelerine Ait İç Ortam Koşulları	141
6.4.1. Görsel Konfor Koşullarına İlişkin İç Ortam Verileri	142
6.4.2. İklimsel Konfor Koşullarına İlişkin İç Ortam Verileri	146

6.5. Örnek Binanın Atrium Hava Tabakalaşma Değeri	152
6.5.1. Gölgeleme Elemanının Hava Tabakalaşmasına Etkisi	153
6.5.2. Cam Tipinin Hava Tabakalaşmasına Etkisi	157
6.6. Bulguların Özetlenmesi ve Uygun Camlama Uygun Camlama Sisteminin Seçimi	158
7. SONUÇLAR	163
7.1. Sınırlamalar ve Karşılaşılan Sorunlar	163
7.2. Sonuçlar	164
KAYNAKLAR	168
ÖZGEÇMİŞ	176

KISALTMALAR

OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
COMIS	: Conjunction of Multizone Infiltration Specialists
DELIGHT	: Daylighting and Electric Lighting Simulation Engine
HVAC	: Heating Ventilation Air Conditioning
IEA	: International Energy Agency
NFRC	: North American Fenestration Council
EN	: European Normalisations
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient
SC	: Shading Coefficient
U	: Isı İletkenlik Katsayısı
R	: Isı İletkenlik Direnci
LNBL	: Lawrence National Berkeley Laboratory
TMY	: Typical Meteorologic Year
CL-CSS	: Comfort Low-E Kaplamalı Camlama Sistem Seçeneği
SL-CSS	: Silver Low-E Kaplamalı Camlama Sistem Seçeneği
DÇ-CSS	: Düz Çift Camlı Camlama Sistem Seçeneği

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Türkiye ve çeşitli Avrupa ülkelerinde kabuk elemanlarına ait ısı... iletkenlik değerleri- W/m^2	10
Tablo 2.2 Ülkelere göre standartlarda belirtilen m^2 'ye düşen ısıtma enerjisi.. tüketimi- GJ/m^2	11
Tablo 2.3 Giysi tipine bağlı olarak oluşan ısı direnç	12
Tablo 2.4 Kullanıcının gerçekleştirdiği eylemlere göre açığa çıkan enerji..... miktarı	13
Tablo 2.5 Hava sıcaklığı, nem oranına ve giysi türüne göre konfor koşulları..	13
Tablo 2.6 Mekanlarda eylemlere bağlı olarak ihtiyaç duyulan aydınlık..... seviyeleri	14
Tablo 2.7 Mekanlarda kabul edilebilir kamaşma indeksi seviyeleri... ..	15
Tablo 3.1 Kullanım amacına uygun olarak atriumda ihtiyaç duyulan ortam.. sıcaklığı	34
Tablo 4.1 Camı oluşturan maddeler ve karışım oranları.....	54
Tablo 4.2 Camın genel fiziksel özellikleri.....	54
Tablo 4.3 Farklı tip, renk ve kalınlıkta camlara ait optik özellikler	56
Tablo 4.4 Düşük yayınlımlı camlara ilişkin optik özellikler	58
a- kaplama dışta, b- kaplama içte.....	58
Tablo 4.5 Farklı çerçevelerle oluşturulan camlama sistemlerine ait ısı..... iletkenlik değeri.....	61
Tablo 4.6 Farklı çerçeve tiplerine ait ısı iletkenlik ve güneş ışınlı kazanç.... katsayısı değerleri.....	63
Tablo 4.7 Ara dolgu gazına ve genişliğine (d) göre camın ısı iletkenlik değeri (w/m^2k).....	74
Tablo 5.1 Yapma çevre sistemini tanımlayan veriler.....	96
Tablo 5.2 Bina bileşenlerine ait veriler	97
Tablo 5.3 Binanın toplam enerji tüketiminin hesaplanması.....	101
Tablo 6.1 İstanbul iline ait fiziksel çevre verileri	121
Tablo 6.2 Bina bileşenlerini oluşturan katmanlar	123
Tablo 6.3 Bina bileşenlerini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri.....	124
Tablo 6.4 Camlama sistemi için seçilen cam tipleri ve ara dolgu ünitesi.....	125
Tablo 6.5 Camlama sistem seçeneklerinin performans özellikleri.....	128
Tablo 6.6 Farklı camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş ısı bölgelere.. ait soğutma ve ısıtma enerjisi tüketimi	137
Tablo 6.7 Farklı camlama seçeneklerinin yıllık aydınlatma, soğutma, ısıtma.. ve toplam enerji tüketim değerleri.....	139
Tablo 6.8 CL-CSS ait kamaşma indeksi değerleri.....	145
Tablo 6.9 SL-CSS ait kamaşma indeksi değerleri.....	145
Tablo 6.10 21 Ocak ve 21 Temmuz'a ait dış iklimsel veriler	146

Tablo 6.11	Camlama sistem seçeneklerine ait enerji tüketim değerlerinin toplam enerji tüketimine oranı.....	160
Tablo 6.12	Camlama sistem seçeneklerine ait optik özelliklerin ve aydınlatma enerjisi tüketim değerlerinin referans (düz çift cam) ile karşılaştırılması	161

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Çalışmanın kurgusu.....	6
Şekil 2.1 : Bağlı nem ve sıcaklığa bağlı konfor koşulları grafiği.....	14
Şekil 2.2 : Fiziksel çevre etkenleri, kullanıcı gereksinimleri ve yapma..... çevre ilişkisi	18
Şekil 2.3 : Performans yaklaşımı ile dış çevre, yapı kabuğu ve iç ortam etkileşimi	19
Şekil 3.1 : Orta avlulu atrium şematik planı ve perspektifi	24
Şekil 3.2 : Üç tarafı çevrili atrium şematik planı ve perspektifi.....	24
Şekil 3.3 : Doğrusal atrium şematik planı ve perspektifi	25
Şekil 3.4 : Plaza tipi atrium şematik planı ve perspektifi	25
Şekil 3.5 : Sera tipi atrium şematik planı ve perspektifi	26
Şekil 3.6 : Sıradan cam bir yüzeyden uzun dalga boylu ışınının geçişi.....	28
Şekil 3.7 : Low-e kaplamalı iki cama ait optik özellikler	29
Şekil 3.8 : Tampon bölge (buffer zone) etkisi	30
Şekil 3.9 : Atriumda hava tabakalaşma olayı.....	31
Şekil 3.10 : İklim bölgelerine göre atrium tipinin belirlenmesi.....	33
Şekil 3.11 : Atriumlarda ısıtma stratejileri.....	36
Şekil 3.12 : Çatıda Bulunan Camlama Sistemlerinde Hareketli Dış..... Gölgeleme Elemanı Kullanımı.....	39
Şekil 3.13 : Güney ve doğu-batı yönlerinde uygulanan iç ve dış gölgeleme... elemanları.....	40
Şekil 3.14 : Atriumlarda soğutma stratejileri.....	41
Şekil 3.15 : Bilim ve teknoloji parkı, Almanya.....	41
Şekil 3.16 : Atriumlarda mevsimsel doğal havalandırma stratejileri.....	44
Şekil 3.17 : Taşıyıcı sistemin doğal aydınlatmaya etkisi.....	48
Şekil 3.18 : Çatıda bulunan camlama sisteminden güneş ışınımının alınması	49
Şekil 3.19 : Atriumu çevreleyen mekanlarda camlama sistemi stratejisi.....	49
Şekil 3.20 : Doğal ışığın mekan içerisine alınması.....	50
Şekil 3.21 : Yatay ve düşey dış gölgeleme elemanı.....	51
Şekil 3.22 : Atriumların saydam üst örtülerinde uygulanan gölgeleme..... elemanları.....	51
Şekil 4.1 : Yalıtımlı cam ünitesi.....	64
Şekil 4.2 : Yatay ve düşey dış gölgeleme elemanları.....	65
Şekil 4.3 : Hem yatay hem düşey dış gölgeleme elemanları.....	65
Şekil 4.4 : Direkt gün ışığının mekan içerisine alınması	66
Şekil 4.5 : Çatı camlama sistemlerinde direkt gün ışığının mekan içerisine..... alınması.....	66
Şekil 4.6 : İç gölgeleme elemanı (stor ve jaluzi uygulaması).....	67
Şekil 4.7 : Çift cam tabakası arasında gölgeleme elemanı kullanımı.....	68
Şekil 4.8 : Camlarda ısı akışı	72

Şekil 4.9	: Camlama sistemine ait farklı u değerleri.....	72
Şekil 4.10	: Camlarda güneş ışıını etkileri.....	75
Şekil 4.11	: Geliş açısına bağlı olarak camlama sisteminin optik özellikleri..	84
Şekil 5.1	: Atrium tipi binalarda enerji tüketimi ve kullanıcı konforuna..... yönelik performans değerlendirme modeli	88
Şekil 5.2	: Performans değerlendirme adımları (bina ve ısı bölge olarak)..	91
Şekil 5.3	: Çalışmanın ana şeması.....	93
Şekil 5.4	: Performans ölçütlerinin saptanması.....	95
Şekil 5.5	: Opak bileşen seçeneklerinin oluşturulması	98
Şekil 5.6	: Saydam bileşen seçeneklerinin oluşturulması.....	98
Şekil 5.7	: Yapma çevre sisteminin oluşturulması.....	99
Şekil 5.8	: Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin saptanması	100
Şekil 5.9	: Isıl bölgelerde konfor koşullarının denetlenmesi ve atriumun..... hava tabakalaşma değerinin hesaplanması.....	102
Şekil 5.10	: Atrium tipi binalarda enerji tüketimi ve kullanıcı konforuna..... yönelik performans değerlendirme simülasyon modeli.....	105
Şekil 5.11	: Energyplus simülasyon modeli.....	112
Şekil 5.12	: Fluent simülasyon modeli.....	116
Şekil 6.1	: Simülasyonu yapılan üç tarafı çevrili örnek atrium tipi bina..... örneği.....	118
Şekil 6.2	: Üç tarafı çevrili örnek atrium tipi ofis binasının planı.....	119
Şekil 6.3	: Atriumu çevreleyen ofis ısı bölgelerinin yerleşim planı.....	120
Şekil 6.4	: Isıtma istenen döneme ait stratejiler.....	130
Şekil 6.5	: Soğutma istenen döneme ait stratejiler.....	131
Şekil 6.6	: Ofis mekanındaki referans noktaları.....	133
Şekil 6.7	: Uygulama modeli akış diyagramı.....	135
Şekil 6.8	: Gölgeleme elemanı ve elemansız düz çift CSS'ine ait enerji..... tüketim değerlerinin karşılaştırılması.....	138
Şekil 6.9	: CSS'lerine ait yıllık aydınlatma, soğutma ısıtma enerji tüketim.. değerlerinin karşılaştırılması.....	140
Şekil 6.10	: Yıllık aydınlatma, soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketimi..... açısından camlama seçeneklerinin karşılaştırılması.....	140
Şekil 6.11	: Camlama seçeneklerine ait m ² başına düşen yıllık enerji..... tüketimi	141
Şekil 6.12	: Isıl bölgelerde doğal aydınlık seviyesi	
	(21 ocak - gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	142
Şekil 6.13	: Isıl bölgelerde doğal aydınlık seviyesi	
	(21 temmuz- gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	143
Şekil 6.14	: Isıl bölgelerde doğal aydınlık seviyesi	
	(21 ocak- gölgeleme elemanlı SL-CSS).....	144
Şekil 6.15	: Isıl bölgelerde doğal aydınlık seviyesi	
	(21 temmuz- gölgeleme elemanlı SL-CSS).....	144
Şekil 6.16	: Isıl bölgelerde ortalama ışıınımsal sıcaklık	
	(21 ocak - gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	147
Şekil 6.17	: Isıl bölgelerde ortalama hava sıcaklığı	
	(21 ocak - gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	147
Şekil 6.18	: Isıl bölgelerde ortalama ışıınımsal sıcaklık	
	(21 temmuz - gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	148
Şekil 6.19	: Isıl bölgelerde ortalama hava sıcaklığı	
	(21 temmuz - gölgeleme elemanlı CL-CSS).....	149

Şekil 6.20 : Isıl bölgelerde ortalama ışınlımsal sıcaklık	
(21 ocak - gölgeleme elemanı SL-CSS).....	150
Şekil 6.21 : Isıl bölgelerde ortalama hava sıcaklığı	
(21 ocak - gölgeleme elemanı SL-CSS).....	151
Şekil 6.22 : Isıl bölgelerde ortalama ışınlımsal sıcaklık	
(21 temmuz - gölgeleme elemanı SL-CSS).....	151
Şekil 6.23 : Isıl bölgelerde ortalama hava sıcaklığı.....	
(21 temmuz - gölgeleme elemanı SL-CSS).....	152
Şekil 6.24 : Örnek atrium tipi ofis binasına ait gambit programı ile.....	
oluşturulmuş sayısal ağ modeli.....	153
Şekil 6.25a : Gölgeleme elemanı CL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00)	154
Şekil 6.25b : Gölgeleme elemanı CL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00).....	154
Şekil 6.26a : Gölgeleme elemansız CL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00).....	155
Şekil 6.26b : Gölgeleme elemansız CL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00).....	156
Şekil 6.27a : Gölgeleme elemansız SL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00).....	157
Şekil 6.27b : Gölgeleme elemansız SL-CSS ile oluşturulan atriumda hava.....	
tabakalaşma değeri (21 temmuz 13.00).....	158

SEMBOL LİSTESİ

h_e	: Dışa ısı aktarım katsayısı
h_t	: Cam sisteminin toplam ısı iletkenliği
h_i	: İçe ısı aktarım katsayısı
h_s	: Her bir gazın ısı iletkenliği
N	: Katman aralıklarının sayısı
M	: Malzeme katmanlarının sayısı
d_j	: Her bir malzeme katmanının kalınlığı
r_j	: Her bir malzemenin ısıl öz direnci
h_g	: Gaz iletkenliği
h_r	: Radyasyon iletkenliği
σ	: Stefan-Boltzmann sabiti
$\varepsilon_{1,2}$	: T_m sıcaklığındaki düzeltilmiş yayma gücü katsayıları
T_m	: Gazın ortalama mutlak sıcaklığı
Nu	: Nusselt sayısı
Λ	: Isı iletkenliği
s	: Katman aralığının genişliği
A	: Sabit
Gr	: Grashof sayısı
Pr	: Prandtl sayısı
n	: Üstel sayı
ΔT	: Gazı sınırlayan cam yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı
ρ	: Gazın yoğunluğu
T_m	: Ortalama sıcaklık
μ	: Dinamik viskozite
c	: Gazın özgül ısı kapasitesi
U_f	: Çerçevenin ısı iletkenliği
U_e	: Kenarın ısı iletkenliği
U_{de}	: Kayıtların ısı iletkenliği
U_c	: Camın ısı iletkenliği
A_f	: Çerçevenin yüzölçümü
A_e	: Kenarların yüzölçümü
A_{de}	: Kayıtların yüzölçümü
A_c	: Camın yüzölçümü
A_{pf}	: Camlams sisteminin toplam yüzölçümü
S_λ	: Güneş ışıınımı bağıl spektral dağılımı
$\Delta(\lambda)$	: Dalga boyu aralığı
$\tau(\lambda)$	: Camın spektral geçirgenliği
$\rho(\lambda)$	: Camın spektral yansıtıcılığı
α_e	: Doğrudan güneş ışığı emiciliği
α_{e1}	: Camın birinci ve ikinci tabakasının güneş enerjisi doğrudan emiciliği
α_{e2}	: Camın ikinci tabakasının güneş enerjisi doğrudan emiciliği
$\alpha_1(\lambda)$	: Dış tabakanın dıştan içe ölçülen doğrudan spektral emiciliği

$\alpha_1'(\lambda)$	: Dış tabakanın içten dışa ölçülen doğrudan spektral emiciliği
$\alpha_2(\lambda)$	: İkinci tabakanın dıştan içe ölçülen doğrudan spektral emiciliği
$SHGC_f$	: Çerçevenin güneş ısısı kazanç katsayısı
$SHGC_e$	: Kenarın güneş ısısı kazanç katsayısı
$SHGC_{de}$	: Kayıtların güneş ısısı kazanç katsayısı
$SHGC_c$	: Camın güneş ısısı kazanç katsayısı
D_λ	: D65 aydınlatıcısının bağıl spektral dağılımı
$V(\lambda)$	: Fotometri için standart gözlemleyiciyi tanımlayan gün ışığı görüşü spektral aydınlatma verimi
$\tau_1(\lambda)$	: Dış tabakanın spektral geçirgenliği
$\tau_2(\lambda)$	: İkinci tabakanın spektral geçirgenliği
$\rho_1'(\lambda)$	: Birinci tabakanın içten dışa yansıtıcılığı
$\rho_2(\lambda)$	: İkinci tabakanın dıştan içe yansıtıcılığı
$\rho_2'(\lambda)$	: İkinci tabakanın içten dışa yansıtıcılığı
$\rho_3(\lambda)$	: Üçüncü tabakanın dıştan içe yansıtıcılığı
V_o	: Hava akışı
V_x	: Hava akışının her kademedeki hava akış ölçmelerinin sonucu
T_x	: Deney sırasındaki gerçek sıcaklık ($^{\circ}C$)
P_x	: Atmosfer basıncı (kPa)

ATRİUM TİPİ BİNALARDA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTI LMASI ve KULLANICI KONFORUNUN SAĞLANMASI İÇİN UYGUN CAMLAMA ve DENETİM SİSTEMİ MODELİ

ÖZET

Bir bina kabuğunun temel işlevi, kullanıcının fiziksel, zihinsel ve işlevsel gereksinmelerini karşılaması için uygun iç ortam koşullarını oluşturmaktır. Dış çevre koşulları etkisi altında yapma çevrede konfor oluşturma isteği, binalarda enerji gereksinimini doğurmaktadır. İhtiyaç duyulan bu enerji pasif sistemlerin yanı sıra ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi aktif sistemlerle sağlanmaktadır.

Konforlu bir iç çevrenin oluşturulması, dış iklimsel etkenler ile kullanıcı arasında dengeyi sağlayan bina kabuğunun performansına bağlıdır. Bu performans, kabuğun dış iklimsel etkenlerden optimum düzeyde yararlanması olarak da nitelendirilebilir.

Enerji performansı açısından atrium tipi binalar ele alındığında, enerji tüketiminin büyük bir kısmının, mekanı oluşturan en önemli yapı elemanı olan camlama sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Enerjinin etkin kullanımının tartışıldığı günümüz koşullarında, modern mimaride sıklıkla kullanılan atrium tipi binalardaki enerji tüketiminin aşırılığı ve aşırı enerji tüketimine rağmen kullanıcı konfor koşullarının yetersizliği irdelenmesi gereken bir sorun olarak görülmüştür. Bu sorunun çözüm üretebilmek amacıyla uygun camlama sisteminin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma, atriumun dış kabuğunu oluşturan camlama sisteminin sürdürülebilirlik, enerji etkinliği ve verimlilik ilkelerinden hareketle binanın enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için istenilen performans kriterlerini karşılayarak biçimde tasarlanmasını öngörmektedir.

Atrium tipi binaların dış kabuğunu oluşturan en önemli alt sistem olan camlama sistemine ait seçeneklerin, binanın enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanması için uygunluğunun belirlenmesi ve buna ilişkin bir denetim sisteminin kurgulanması çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Çalışma sınırları içerisinde atrium tipi binaların camlama sistemine ait ısı ve optik özellikler, hava sızmaları, ısı bölgeler ve atrium arasındaki hava hareketleri, doğal aydınlık seviyesi, hava tabakalaşması, toplam enerji tüketimi ve binanın kullanıcı konfor koşullarına uygunluğu dahil edilmiştir.

Atrium tipi binalarda aşırı enerji tüketimi ve konforsuz kullanıcı koşulları sorununa çözüm geliştirmek üzere öne sürülen çalışmanın amacına uygun olarak, bu tip binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik bir model oluşturulması çalışmanın yöntemi olarak seçilmiştir. Modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesi için bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Simülasyon modelinde, binanın camlama sistem seçeneklerine ait enerji tüketimine ve sistemin kullanıcı konfor koşullarına etkinliğinin belirlenmesine yönelik hesaplamalarda enerji simülasyon programı EnergyPlus, hesaplı akışkanlar dinamiği programı Fluent ve bu

programlarla birlikte çalışan ek programlar olan Window 5.2, Comis, Delight, Gambit kullanılmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünde sorunun belirlenmesi, çalışmanın alanı, amacı, çalışmanın kurgusu ve yönetimine ilişkin ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

2. bölümde çevresel etmenlerin etkilerine bağlı olarak, bina içinde eylemlerin gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan konfor koşullarını en az enerji tüketimiyle sağlayan bir bina kabuğunun tasarımında rol oynayan; dış çevre, yapı kabuğu ve kullanıcı gereksinimleri arasındaki ilişkiler bütünü ve bütünü oluşturan tüm etmenler ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

Çalışmanın 3. bölümünde atrium tipi binalarda enerji performansının belirlenmesinde rol oynayan temel etmenler (sera etkisi, hava tabakalaşması, tampon bölge) tanımlanmıştır. Atrium ve enerji performansı, iklimsel konfor koşullarını ve görsel konfor koşullarını belirleyen etmenler olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Ayrıca atrium tipi binalarda görülen genel problemlerin tespiti, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma stratejilerinin geliştirilmesi, hava tabakalaşması ve etkileri açısından çalışmalar irdelenmiştir.

Enerji etkin ve sürdürülebilir çevre oluşturmak üzere tasarlanan bina kabuğu, geleneksel anlayışın ilerisinde çeşitli fonksiyonlar üstlenmekte ve çevresel etmenlerin süzülerek mekan içerisine alınmasında dinamik ve akıllı filtreler olarak davranmaktadır. Çalışmanın 4. bölümünde farklı anlamlar ve görevler üstlenen bina kabuğunun performansını belirleyen camlama sistemi, sistemi oluşturan bileşenler, sistemin enerji performansını ve kullanıcı konforunu etkileyen özellikleri tanımlanarak, bu özelliklerin saptanmasında geliştirilen hesaplama yöntemleri ve standartlara yer verilmiştir.

Çalışmanın 5. bölümünde süreçlerde yer alan değişkenler arasındaki ilişkileri sistemler yaklaşımı çerçevesinde kavramsal olarak ele alan bir modelin süreçleri, üç aşamalı olarak açıklanmıştır. İlk süreç, seçimi yapılacak sisteme ilişkin hedefler ve zorunlulukların enerji performansı ve kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda tanımlanması, saptanması ve düzenlenmesidir. İkinci süreç farklı sistem seçenekleri arasında en uygun olanın seçimini sağlamak üzere seçeneklerin değerlendirilmesine ve karşılaştırılmasına imkan veren modelin kurulmasıdır. Üçüncü ve son süreç ise değerlendirme, karşılaştırma ve uygun seçeneğin belirlenmesidir. Ayrıca tüm süreçlerde ihtiyaç duyulan veriler ve veriler arasındaki ilişkiler ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik oluşturulan modelin uygulanabilirliğini gösteren simülasyon modelinde kullanılan bilgisayar programları, programların seçim nedenleri ve birbirleriyle olan ilişkileri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Çalışmanın 6. bölümünde önerilen model doğrultusunda, geliştirilen örnek atrium tipi binanın enerji tüketimi ve kullanıcı konforu simülasyon metoduyla analiz edilerek, örnek bina için en uygun camlama sistemi belirlenmiş ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun tespiti için gerekli iç ortam verileri elde edilmiştir. Bu uygulama çalışmasıyla önerilen modelin uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Ayrıca yapma çevre bileşenlerinin seçiminden itibaren başlayan denetim sistemine ilişkin geliştirilen hedefler, zorunluluklar ve ölçütlerin, ulaşılmak istenen amaç doğrultusunda uygunluğu da test edilmiştir.

Uygulama çalışması için tasarlanan bina üç katlı olup, kat yüksekliği 3.50 m olarak kabul edilmiştir. Binanın toplam alanı 2200 m², toplam hacmi ise 11300 m³'tür. Binanın toplam dış yüzeyi 1510 m² olup, taban alanı 1000 m²'dir. Simülasyon sonucunda örnek binaya ait toplam enerji tüketimi hesaplanmış ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanması için gerekli iç ortam verileri toplanmıştır. Ayrıca atriumda görülen hava tabakalaşması ve tabakalaşmayı etkileyen etmenler irdelenerek sonuçları verilmiştir.

Camlama sistem seçenekleri oluşturmak üzere seçilen farklı cam tipleri sırasıyla; “Silver Low-E” kaplamalı cam tipi (güneş kontrol camı), düz çift cam (referans cam) ve “Comfort Low-E” kaplamalı cam tipi (iklim kontrol camı)’dır. Oluşturulan bu seçeneklerle yapılan hesaplamalar sonucunda metrekare başına yıllık toplam enerji tüketimi açısından en iyi performans 40.5 kWh ile gölgeleme elemanlı “Comfort Low-E” kaplamalı camlama sistem seçeneği tarafından gerçekleştirilmiştir. İkinci sırada ise 42.7 kWh ile gölgeleme elemanlı “Silver Low-E” kaplamalı seçenek gelmektedir.

Çalışmanın 7. bölümünde çalışma sırasındaki sınırlamalar ve karşılaşılan sorunlara ilişkin bilgi verilerek, bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan yola çıkarak ileri dönemde gerçekleştirilecek diğer çalışmalara yönelik öneriler geliştirilmiştir.

MODEL OF AN APPROPRIATE GLAZING AND CONTROLLING SYSTEM FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION AND PROVIDING USER COMFORT IN ATRIUM BUILDINGS

SUMMARY

Formation of appropriate indoor environment conditions to meet the requirements of the users' in performing their physical, social and functional activities, is the main function of a building envelope. Under the effects of outdoor environmental factors the desire of forming the indoor comfort conditions, requires the need of energy usage in buildings. The required energy which is used in heating, cooling and ventilation is generally provided by consumption of the unrennewable energy sources.

The consumed energy for obtaining user comfort conditions is related to the performance of the building envelope that balances the relation between the outer climatic factors and user. The performance can be defined as the envelope's optimum benefit from the outer effects. It is understood that the biggest part of the energy consumption in atrium buildings is used by glazing system which is one of the most important building element.

A study has been performed in order to determine appropriate glazing system to solve the problem of excessive energy consumption and insufficient user comfort conditions from the view point of energy efficiency. The study has projected that the glazing system that forms the outer envelope of an atrium has to be designed to solve the problem of meeting the performance criteria to supply the requirements of user comfort and energy protection by the principles of sustainability and energy efficiency.

The model aims to suggest a determination of an appropriate glazing and controlling system to meet energy performance and user comfort conditions in atrium buildings to solve the problems of excessive energy consumption and insufficient user comfort conditions. Thermal and optic properties of the complex glazing system, infiltration, air movements between the adjacent zones and atrium, daylighting has been included in calculations of total energy consumption of the atrium building and evaluations of the indoor environmental conditions according to comfort requirements. Furthermore calculations of the air stratification of atrium have been done. In the study, for performance evaluation of an atrium building, total energy use, air stratification and air flow structure were computed with the interaction of the different simulation programs EnergyPlus and Fluent, as well as the auxiliary tools Window 5.2, Comis, Delight and Gambit that support them.

In the first section of the study, the description of the problem, the limits, the aim and the method of the study have been defined in detail.

In the second section, the relation of the factors; outdoor environment, building envelope and user requirements that play important role on design of the building envelope which supplies required comfort conditions with the lowest energy

consumption have been given. In addition, the approaches in literature developed for the solution of the problems of building envelope have been given in four sections; the general problems seen in atrium buildings, heating and cooling strategies of the atrium building, daylighting strategies of the atrium building, air stratification of the atrium and its impact on energy performance of the whole building.

In the third section of the study, the factors; greenhouse effect, buffer zone effect and air stratification that play an important role in determining energy performance of the atrium buildings have been defined and the energy performance of the atrium has been specified in two sections as the factors that affect climatic and visual comfort conditions of the atrium buildings. The advantages of the atrium buildings have been listed as; an atrium performs impressive spaces, revives the indoor space by admitting daylight, maximizes the benefit from direct solar gain, maintains solutions for natural ventilation and acclimatization, increases interaction and socialization of the people. It acts as a filter of undesirable effects of outdoor environment factors such as rain, snow or wind, and retains the desirable effects of outdoor such as sunshine, fresh air and visual circumstances.

In the fourth section of the study, the glazing system that determines the performance of the building envelope and the components of the system has been investigated by the means of the properties of the system that affect energy performance and user comfort conditions. The related standards and calculation methods have been given in this section.

In the fifth section of the study, the process of the model, the interrelation between the parameters of the process have been evaluated by the system interaction approach in a conceptual framework. The process of the model includes three steps. In the first step, objects, limitations have been defined, determined and reorganized in the direction of energy performance and user comfort conditions. In the second step, the model which includes comparison between different glazing alternatives and the selection of the appropriate alternative has been established. In the third step evaluation, comparison and selection of the optimum alternative has been suggested. And the data required during these steps of the process has been given in detail. The simulation tools that have been needed in order to test the model and the interaction between simulation tools have been recorded in this section.

In the sixth section of the study, an application model has been achieved in order to test the conceptual model by the simulation method. As a result of the application of the prototype atrium building, the optimum glazing alternative has been selected, total energy consumption has been calculated and the indoor environmental factors that affect user comfort conditions have been obtained.

By the help of the application model, the reliability and acceptability of the model have been performed. In addition the proposed objects, limitations and criteria which have been used from the first stage of the selection of the building components have been evaluated and tested.

Three storey office building has been designed for the simulation studies. Three sided atrium office building has been designed in order to consider the effect of the vertical and horizontal surfaces of the atrium on the thermal performance of the building. The atrium space has been assumed only for circulation between the adjacent zones and south external wall has been designed as the entrance of the building. The building had 2200 m² area and 11300 m³ volume.

By the simulations the total energy consumption of the prototype atrium building has been calculated and the indoor environmental data required to meet the needs of user comfort conditions have been collected. And the air stratification of atrium and the factors impact on the stratification have been determined.

According to the simulation results, the optimum glazing system has been chosen from the alternatives which have been; “Silver Low-E”, double glazing, “Comfort Low-E” glazing. The optimum glazing system, “Comfort Low-E” glazing with shading device, has shown the best performance with the total energy consumption of 40.5 kWh per square meter. The second one has been the “Silver Low-E” glazing with shading device with the total energy consumption of 42.7 kWh per square meter.

In the seventh section of the study, the results of the application model which has been applied on a three sided atrium office building in order to test the conceptual performance model have been given. And the limitations and the difficulties met during the study have been recorded in this section. In addition, from the results of the study furthermore works have been drawn.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı ve sanayileşmenin etkisiyle enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Bununla birlikte enerji gereksinimini karşılayan fosil kaynaklı yakıtlar hızla azalmakta, kullanımında ortaya çıkan gazlar ve diğer atıklar küresel ısınmaya neden olmakta ve çevre kirliliği yaratmaktadır. Fosil kaynaklı enerjinin kısıtlı olmasının yanı sıra, çevre sorunlarının endişe verici boyutlara ulaşması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterince yararlanılamaması önemli sorunlardır. Endüstriyel hammadde ve elektrik üretiminde kullanılan enerjinin sınırlandırılmasının zorluğu nedeniyle, enerjinin verimli kullanılması ve çevre sorunlarının giderilmesine yönelik çalışmalar binalar üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Binalarda enerji, kullanıcının fiziksel ve zihinsel performansının istenen düzeyde olması ve sağlığı için, yapma çevrede uygun konfor koşullarını oluşturmak amacıyla gereklidir. Binalarda pasif sistemlerin yanı sıra, ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi aktif sistemler yoluyla kullanıcı konforu sağlanmaktadır. Enerji tüketimi açısından bina tasarımı ele alındığında amaç, konfor gereksinimlerini karşılayarak enerji tüketimini en aza indirmektedir.

Fiziksel çevre koşulları tarafından kuşatılan konforlu bir yapma çevrenin yaratılması; konfor koşulları ile bina ve dış iklimsel etkenler arasındaki ilişkinin, enerji sorununa çözüm getirecek şekilde ele alınmasıyla olanaklıdır. Yapma çevre tasarımında etkili olan değişkenler; fiziksel çevre koşulları, ekonomi, sosyo-kültürel ortam koşulları, fonksiyon ve teknoloji olarak sıralanabilir. Günümüzde bu değişkenler içerisinde ekonomi ve teknolojinin ön plana çıktığı görülmektedir. Özellikle ekonomik yaklaşımlar, enerji korunumu ve sürdürülebilirlik kavramlarıyla birlikte ele alınmaktadır. Mimaride yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji etkin tasarımların yaygınlaşması, sürdürülebilir kalkınma konusunda atılmış önemli bir adımdır. Bu hedefle oluşturulan pasif enerji sistemlerinin amacı; varolan fiziksel çevre koşullarının istenen konfor koşullarına uyarlanması, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak düşük maliyetli ve konforlu mekanlar yaratmaktır.

1.1 Çalışma Alanı

Herhangi bir binada konfor koşullarının oluşturulması için tüketilen enerji miktarı, dış iklimsel etkenler ile kullanıcı arasında dengeyi sağlayan bina kabuğunun performansına bağlıdır. Bu performans, kabuğun dış iklimsel etkenlerden optimum düzeyde yararlanması olarak da nitelendirilebilir. Çevrelediği iç ortamda konforun sağlanması için bina kabuğunun harcanan enerji miktarı üzerinde etkisi dikkate alındığında, kabuğu oluşturan bileşenlerin dış çevre ile olan enerji alışverişi önem kazanmaktadır. Bu nedenle enerjinin verimli biçimde kullanılmasını amaçlayan çalışmalar, bina kabuğunu oluşturan bileşenlerin enerji performansının iyileştirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yapı malzemesi ve bileşenlerinde görülen ve ekonomik tasarımın sınırlarının genişletilmesinde tasarımcıya imkanlar sunan bu çalışmalar, enerji etkin bina kabuğunun oluşturulmasında önemli rol üstlenmektedirler.

Enerji performansı açısından bina kabuğu incelendiğinde, enerji tüketiminin önemli bir kısmının camlama sistemlerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. OECD ülkelerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre konutlarda camlama sistemlerinden ısı kayıpları nedenine bağlı olarak harcanan enerji, toplam enerjinin dörtte birini oluşturmaktadır (**Muneer ve Abodahab, 2000**). Bu nedenle camlama sistemlerinin enerji korunum niteliğinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Camlama sisteminden beklenen performanslar; güneş ışınlamından ısıtma ve doğal aydınlatma için optimum yarar sağlanması, ısı kayıplarının ve soğutma yüklerinin azaltılması, görsel konfor ve gürültü kontrolünün sağlanması, emniyetli ve uzun ömürlü olması gibi özelliklerdir.

Güneşli ve iklim kontrolünün daha iyi sağlandığı ve gelişen teknolojiler doğrultusunda üretilen sistemler olan yüksek performanslı camlama sistemlerinin kullanımı, kullanıcıların konfor ve performansının artışı, enerji tüketiminin indirgenmesine, fosil yakıt kaynaklı atıkların ve küresel ısınmaya neden olan zararlı gazların daha az salınmasına imkan vermektedir. Yapı bileşenleri alanında yüksek performanslı camlama sistemlerinin kullanım alanı giderek yaygınlaşmaktadır. Giydirmeye cam cephelerle veya büyük cam yüzeylerle oluşturulan mekanlar camlama sistemlerinde görülen teknolojik gelişmelerin mimarideki izdüşümü olarak nitelendirilebilirler. Büyük cam yüzeyli binalarda plan tipi olarak karşılaşılan ve günümüzdeki anlamıyla çok katlı, çatısı camla örtülü atrium tipi binalar yaygın olarak görülmektedir. Camlama sistem teknolojisindeki gelişmelerin bir sonucu

olarak modern mimaride sıkça örneklerine rastlanılan atriumlar, mekanlara görsel bir zenginlik ve prestij katmaktadırlar.

Atriumlar, etrafında yer alan mekanların da çevresel etkilerden faydalanmasını sağlayarak dış mekanın iç mekanın içine alınması, güneşiğinden yararlanma, havalandırma ve benzer sorunların çözümünde önemli bir rol oynarken, büyük alışveriş merkezlerinde farklı kotlardaki restoran, mağaza ve eğlence mekanlarını birleştirerek kitlelerin ilgisini çeker. Atriumların binalarda kullanılma sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- çarpıcı ve çekici giriş veya merkezi mekanlar oluşturmak,
- prestijli ve gösterişli bina yaratmak,
- bina kullanıcıları için sosyal ve ferah ortamlar yaratmak,
- sirkülasyonu kolaylaştırmak,
- büyük kullanıcı kitleleri için mekanlar üretmek

Atriumların yukarıda sözü edilen yararlarına karşılık, fiziksel özelliklerinden ötürü bazı olumsuzlukları da vardır. T. Farrell ve R. Lebens (**Saxon, 1986**) tarafından ortaya atılan ilk modern atrium yaklaşımı, mekanın dış çevre ile iç çevre arasında tampon bir bölge oluşturması temeline dayanmaktaydı. Bu bölgeler sirkülasyon gibi süreklilik taşımayan eylemler için tasarlandıklarından, şartlandırılmış iç çevre koşullarına göre yazın daha sıcak, kışın ise daha soğuk olarak düşünülmüşlerdi.

Ancak bu yaklaşım, zamanla yerini yeme, içme, dinlenme gibi daha uzun süreli eylemlere bırakmış ve geliştirilen yeni eylemlere göre bu mekanlar şartlandırılmıştır. Kullanım amacının zenginleşmesiyle birlikte artan kullanıcı isteklerinin karşılanmasında, atriumların fiziksel karakterinden ötürü ısıtma, soğutma, havalandırma, hava tabakalaşması, hava kalitesinin sağlanması, akustik ve çevresel sistemlerin kontrolü gibi sorunlar yaşanmaktadır.

Enerjinin etkin biçimde kullanılmasının tartışıldığı günümüz koşullarında, modern mimaride sıklıkla kullanılan atrium tipi binalardaki enerji tüketiminin aşırılığı ve buna rağmen kullanıcı konfor koşullarının yetersizliği sorunlar olarak ele alınmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Çalışmada atrium tipi binalarda tüketilen enerji miktarının fazla olması ve bina kabuğunun çevrelediği hacimlerdeki iç ortam koşullarının, kullanıcı gereksinmelerini karşılamaması önemli sorunlar olarak saptanmıştır.

Enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için istenilen performans kriterlerinin karşılanması, atriumun dış kabuğunu oluşturan camlama sisteminin soruna çözüm getirecek biçimde tasarlanmasıyla sağlanabilmektedir.

Atrium tipi binaların dış kabuğunu oluşturan en önemli alt sistem olan camlama sistemine ait seçeneklerin, binanın enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanması için uygunluğunun belirlenmesi ve buna ilişkin bir denetim sisteminin kurgulanması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaca yönelik bir performans değerlendirme modeli ve modelin uygulanabilirliğini sağlamak için bir simülasyon modeli önerilmiştir.

Çalışmanın amacına bağlı olarak, sera etkisi, hava tabakalaşması gibi karakteristik özelliklere sahip atrium tipi binaların enerji performansını etkileyen değişkenler ele alınmıştır. Bu nedenle, atrium tipi binaların camlama sistemine ait ısı ve optik özellikler, hava sızmaları, ısı bölgeleri ve atrium arasındaki hava hareketleri, doğal aydınlık seviyesi, hava tabakalaşması, toplam enerji tüketimi ve binanın kullanıcı konfor koşullarına uygunluğu göz önüne alınmıştır.

Bu hedefler doğrultusunda atrium tipi binalarda uygun camlama sisteminin seçimine yönelik önerilen modelin süreçleri şu şekilde sıralanabilir:

- Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma stratejilerin geliştirilmesinde göz önüne alınan kriterlerin belirlenmesi
- Seçilen stratejilere bağlı olarak camlama sistem seçeneklerine ait enerji tüketiminin belirlenmesi, ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimlerinin birbirleriyle olan etkileşiminin saptanması ve enerji tüketiminin hesaplanmasına ilişkin bir simülasyon modelinin oluşturulması,
 - Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimine ilişkin hesaplamalara, camlama sistemine ait ısı özelliklerinin, atrium ve birden fazla ısı

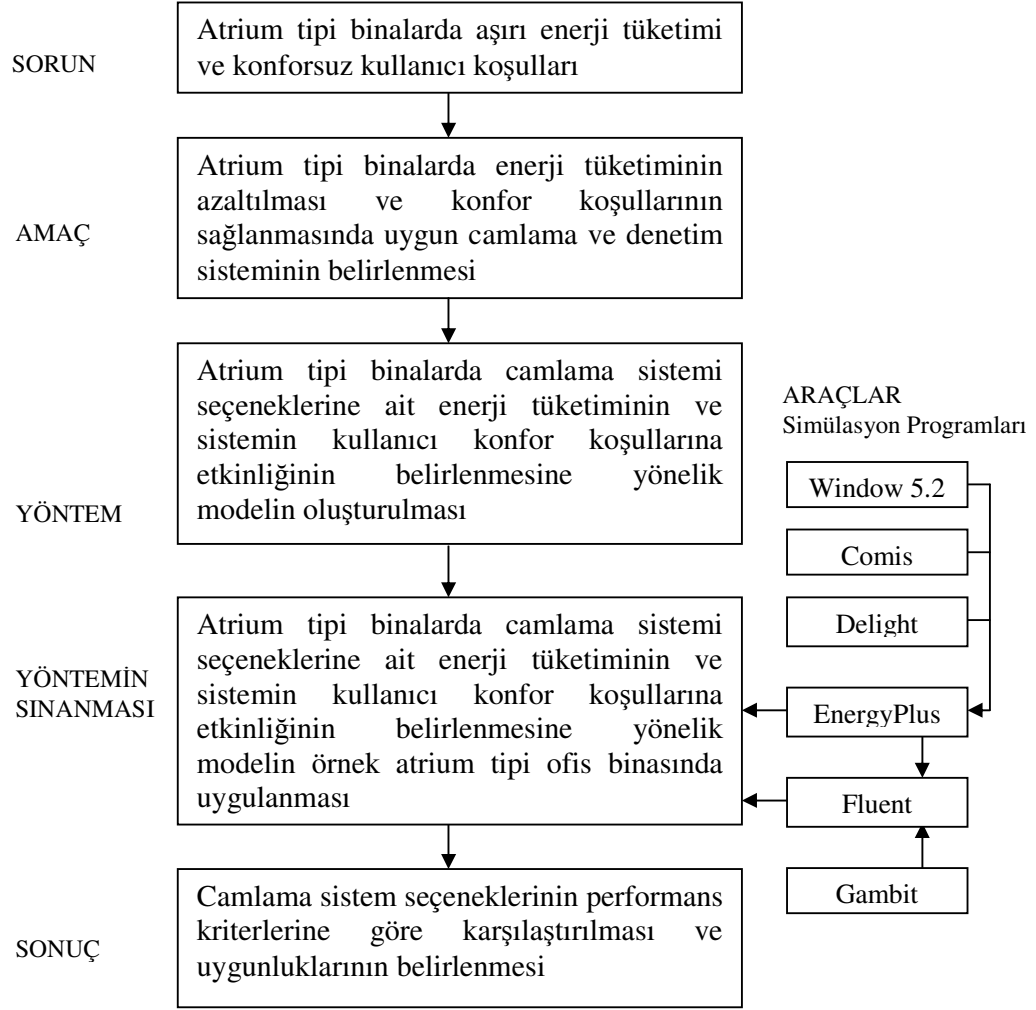
bölge arasındaki rüzgar, infiltrasyon ve ısıl farklılıklar etkisiyle oluşan hava hareketlerinin dahil edilmesi

- Aydınlatma enerjisi tüketimine ilişkin hesaplamalara, camlama sistemine ait optik özelliklerin, direkt ve yaygın olarak mekan içerisine alınan, mekanda farklı yüzeylere çarparak yansıyan güneş ışınımının etkilerinin ve doğal aydınlatma seviyesinin dahil edilmesi
- Atrium ve ısıl bölgelerdeki iç ortam koşullarının irdelenmesi ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenmesi
- Atrium hava tabakalaşmasının ve tabakalaşmayı etkileyen değişkenlerin irdelenmesi
- Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanmasında uygun camlama sistem seçeneğinin bulunması

1.3 Çalışmanın Kurgusu ve Yöntemi

Atrium tipi binalarda aşırı enerji tüketimi ve konforsuz iç ortam koşullarına ilişkin sorununun çözümü için öne sürülen çalışmanın amacına uygun olarak, bu tip binalarda enerji performansının ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik bir model oluşturulması çalışmanın yöntemi olarak seçilmiştir.

Yöntemin uygulanabilirliğinin tespiti için önerilen simülasyon modelinin kurulabilmesi, atrium tipi binaların enerji performansının ve kullanıcı konfor koşullarının belirlenmesi sera etkisi, tampon bölge ve hava tabakalaşması gibi özellikler içermesi bakımından oldukça güçtür. Geleneksel binalardan daha karmaşık özellikler içerdiği için enerji performansı bakımından ayrılan atrium tipi binalarda, geleneksel binalarda kullanılan enerji simülasyon programları bu binaların performansının belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır (**Laouadi ve Atıf, 1999**). Bu nedenle modelin uygulanabilirliğini sağlamak için atrium tipi binada karşılaşılan karmaşık olaylar ve bu olayların birbirlerine olan etkilerini simüle edebilecek pek çok programın kullanıldığı bir simülasyon modeli oluşturulmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Çalışmanın Kurgusu

Simülasyon araçlarının seçiminde, atrium tipi binalarda gerçekleşen karmaşık olayların modellenebilmesine olanak sağlayan etkenleri değerlendirebilmek üzere; camlama sistemine ait ısı ve optik özellikler, hava sızmaları, ısı bölgeleri ve atrium arasındaki hava hareketleri, doğal aydınlık seviyesi ve hava tabakalaşması hesaplamalara dahil edilmiştir.

Atrium tipi binada karşılaşılan karmaşık olaylar ve bu olayların birbirlerine olan etkilerini simüle edebilecek pek çok programın kullanıldığı simülasyon modelinde hesaplamalar binanın enerji tüketimi, iç ortam verilerinin elde edilmesi ve hava tabakalaşmasının belirlenmesi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Atrium tipi binalarda enerji tüketimini ve kullanıcı konfor koşullarını belirleyen iç ortam verilerini değerlendirebilmek üzere, enerji simülasyon programı EnergyPlus,

hesaplı akışkanlar dinamiği programlarından Fluent ve bu programlarla birlikte çalışan ek programlar olan Window 5.2, Comis, Delight, Gambit kullanılmıştır.

Window 5.2, atriumun dış yüzeyini oluşturan ve ısı bölgelerinde bulunan camlama sistem seçeneklerine ait açısız geçirgenliğe bağlı ısı ve optik özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Programın sonuç dosyalarından elde edilen veriler, EnergyPlus ve Fluent programlarında camlama sistem seçeneklerine ait girdilerin oluşturulmasında kullanılmaktadır.

EnergyPlus programı altında çalıştırılan Comis programı, atrium ile çevresindeki mekanlar arasında hava akışının ve camlama sistemine ait hava sızmalarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Böylelikle camlama sistemindeki hava sızmalarından kaynaklanan mevsimsel enerji kayıp ve kazançları, binanın ısıtma ve soğutma stratejilerine bağlı olarak ısı bölgeleri ve atrium üzerindeki etkileri belirlenmektedir.

EnergyPlus programı altında çalıştırılan Delight programı, atrium gibi camlama sistemleriyle oluşturulan bir mekanda, direkt ve yaygın olarak mekan içerisine alınan, farklı yüzeylere çarparak yansıyan güneş ışınımının etkilerinin, doğal aydınlatma seviyesinin ve aydınlatmanın yetersiz olduğu durumlarda devreye giren yapay aydınlatmanın kontrolünde ve aydınlatma enerjisinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Comis ve Delight programlarını içeren ve Window 5.2 programıyla veri alışverişi yapabilen EnergyPlus simülasyon programı ise binanın toplam enerji tüketiminde ve konfor koşullarını belirleyen iç ortam verilerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Atriumlarda görülen hava tabakalaşmasının etkisi Fluent programı ile hesaplanmaktadır. Fluent programında kullanılan verilerin girilmesinde EnergyPlus simülasyon programının çıktılarından yararlanılmaktadır. Fluent programına veri teşkil eden diğer bir program olan Gambit, binanın geometrik modelinin ve sayısal ağının oluşturulmasında kullanılmaktadır.

Atrium tipi binalarda camlama sistem seçeneklerine ait enerji tüketiminin ve sistemin kullanıcı konfor koşullarına etkinliğinin belirlenmesine yönelik olarak önerilen modelin irdelenen sorunların çözümünde yeterliliğini sınamak ve uygulanabilirliğini kanıtlamak üzere bir uygulama çalışması yapılmıştır.

Uygulama çalışması için önerilen örnek bina, üç tarafı çevrili atrium tipi ofis binasıdır. Farklı camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş örnek atrium tipi ofis binasının enerji tüketimi ve iç ortam koşullarına ait değerler, belirlenen performans ölçütleriyle karşılaştırılmış, istenilen ölçütleri karşılayan camlama seçenekleri arasında uygun camlama sisteminin seçimi yapılmıştır. Camlama sistem seçenekleri oluşturmak üzere seçilen farklı cam tipleri sırasıyla; “Silver Low-E” kaplamalı cam tipi (güneş kontrol camı), düz çift cam (referans cam) ve “Comfort Low-E” kaplamalı cam tipi (iklim kontrol camı)’dır. Oluşturulan bu seçeneklerle yapılan hesaplamalar sonucunda metrekare başına yıllık toplam enerji tüketimi açısından en iyi performans 40.5 kwh ile gölgeleme elemanlı “Comfort Low-E” kaplamalı camlama sistem seçeneği tarafından gerçekleştirilmiştir. İkinci sırada ise 42.7 kwh ile gölgeleme elemanlı “Silver Low-E” kaplamalı seçenek gelmektedir.

Çalışma sırasındaki sınırlamalar ve karşılaşılan sorunlara ilişkin bilgi verilerek, bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan yola çıkarak ileri dönemde gerçekleştirilecek diğer çalışmalara yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2. DIŞ ÇEVRE-YAPI KABUĞU-İÇ ORTAM

2.1 Tanımlar

Bina içinde eylemlerin gerçekleştirilmesinde, konfor koşullarını en az enerji tüketimiyle sağlayan ve dış etmenlere karşı filtre görevini yerine getiren bir yapı kabuğunun tasarımı;

- Dış çevre,
- Yapı kabuğu ve
- Kullanıcı gereksinimleri

arasındaki ilişkiler bütününde yer alan tüm etmenler ve etkileşimlerinin ayrıntılı olarak tanımlanmasına bağlıdır.

2.1.1 Dış Çevre

Dış çevresel etmenleri oluşturan elemanlar; yükler ve kuvvetler, su ve rutubet, ısı, yangın, hava, elektrik, ses, radyasyon, malzemeler ve ürünler, insanlar, canlılar, makine ve haberleşme araçları, döşem ve aygıtlar şeklinde sıralanabilmektedir (**Özkan, 1976**). Kullanıcı konforu açısından dış çevreyi oluşturan etmenler sınıflandırıldığında, iklimsel konfor, görsel konfor ve işitsel konfor koşullarını etkileyen dış çevre etmenleri olmak üzere incelenebilmektedir.

İklimsel konfor koşullarının belirlenmesinde etkili olan başlıca iklim elemanları:

- Güneş ışıınımı
- Dış hava sıcaklığı
- Dış hava nemliliği
- Rüzgar

Görsel konfor koşullarının belirlenmesinde etkili olan başlıca dış etmenler:

- Doğal ışık kaynağı olan güneş ve göğün, ışıklılık dağılımı
- Yapı dışı engellerin, konum, boyut vb. özellikleri
- Camlama sisteminin boyut, yön vb. özellikleri
- Hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma özellikleri (**Ünver ve Yener, 2000**)

2.1.2 Yapı Kabuğu

Tasarlanan mimari çevrede gerekli ve yeterli ortamı kurmak için oluşturulan yapı kabuğu, çevresel etmenleri içe ve dışa filtreleyerek, kullanıcılar için yaşanabilir, sağlıklı ve konforlu mekanlar yaratır. Bir yapı kabuğunun dış çevresel etkenler altında oluşturduğu yapma çevrenin temel kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilmesi için üstlendiği görev, iklimsel, görsel ve işitsel konfor koşullarına uygun iç ortam koşullarını oluşturmaktır.

Dış çevresel etkiler altında oluşan iç çevre koşullarının, pasif sistemlerin yanı sıra aktif sistemler aracılığıyla istenilen konfor koşullarına uyarlanması gerekmektedir. İç ortam koşullarının uyarlanması için gerekli enerji tüketimi açısından bina tasarımı ele alındığında, amaç enerji tüketimini en aza indirgerken, kullanıcı konfor gereksinimlerini karşılamak olmalıdır. Bu amaç doğrultusunda binaların enerji tüketimi, enerji verimliliği ile belirlenmekte ve enerji korunumu hedeflenmektedir. Enerji tüketiminin belirli sınırlar içerisinde tutulması, öncelikli olarak yapı kabuğunun enerji yüklerini azaltacak biçimde tasarlanmasıyla olanaklıdır.

Ülkemizde binalarda enerji yüklerinin hesaplanması ve bina bileşenlerine ait sınır değerler **TS 825 (1998)** standardı ile belirlenmiştir. Diğer Avrupa ülkelerinde bu hususta çeşitli standartlar geliştirilerek, yapı kabuğu elemanları ile ilgili ısı iletkenlik değerleri sınırlandırılmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Türkiye ve Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Kabuk Elemanlarına Ait Isı İletkenlik Değerleri-W/m²K (**Olivier, 1992; * TS 825, 1998**)

Ülkeler	KABUK ELEMANLAR		
	Çatı	Zemin Döşemesi	Dış Duvar
Türkiye*	0.4	0.6	0.6
Hollanda	0.3	0.5	0.4
İsviçre	0.25	0.35	0.38
Almanya	0.35	0.5	0.4

Yapı kabuğu bileşenlerinin enerji performansının çeşitli standartlara uygun olarak sağlanmasıyla, binanın enerji yüklerinin yine standartlarla belirlenen seviyelerde tutulması mümkün olmaktadır. Bu sınırlandırma m² başına düşen enerji tüketimi olarak verilmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Ülkelere Göre Standartlarda Belirtilen m²'ye Düşen Isıtma Enerjisi Tüketimi -GJ/m² (Olivier, 1992)

Ülke	m ² Başına Düşen Isıtma Enerjisi Tüketimi
İngiltere	0.41 GJ/ m ²
Hollanda	0.32 GJ/ m ²
Almanya	0.31 GJ/ m ²
İsviçre	0.21 GJ/ m ²
İsveç	0.16 GJ/ m ²

Enerji tüketiminin sınırlandırılmasında sadece yapı kabuğunun enerji verimliliğinin artırılması yeterli değildir, aynı zamanda dikkatli bir planlama, tasarım ve uygun malzeme seçimiyle binalar kullanıcı konforu için istenilen seviyelere oldukça yakın iç mekan koşulları oluşturabilmektedirler (Oral ve diğ., 2004).

2.2.3 İç Ortam Koşulları ve Konfor

Bina tasarımında ve malzeme seçiminde, dış çevre koşulları ve kullanıcı gereksinimleri etkin rol oynarlar. Kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesinde;

- Isıl ve nemsel gereksinimler
- Görsel gereksinimler
- İşitsel gereksinimler rol oynar.

Kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak sağlanacak koşullar,

- İklimsel (ısı) konfor koşulları
- Görsel konfor koşulları
- İşitsel konfor koşulları olmak üzere üç başlık altında incelenebilir.

Binalarda enerji tüketimi kullanıcının yukarıda sıralanan gereksinimlerine bağlı olarak fiziksel ve zihinsel performansının istenen düzeyde olması için uygun konfor koşullarını (iklimsel, görsel ve işitsel) oluşturma çabasından kaynaklanmaktadır.

İklimsel konfor koşulları **Olgay'a (1973:14)** göre şu şekilde tanımlanmıştır; fiziksel çevre etkenleri ve insan vücudu arasında gerçekleşen biyolojik denge savaşı sonucunda fiziksel ve psikolojik tepkiler oluşur. İnsanlar kendilerini çevresine adapte edebilmek için mümkün olduğunca az miktarda enerji harcamak isterler. Bunu başarabildiği koşullar “konfor koşulları” olarak adlandırılır.

Bu tanım **Berköz'e (1983:9)** göre ise şu şekilde yapılmıştır; çevresel koşulların ulaştığı değerlere bağlı olarak insan, iklimsel çevreye karşı fizyolojik (metabolizma miktarı, cilt sıcaklığı, kalp atışı, terleme artışı) ve duygusal tepkimeler

göstermektedir. Fiziksel çevre etmenlerinin çeşitli kombinasyonlarına göre oluşan çok fazla sayıda durum için, insana ilişkin bu faktörlerin ölçülmesi sonucunda;

- İnsan sağlığı açısından fizyolojik tepkilerin uygun değerlerde olmasını olanaklı kılan
- İnsanın duygusal olarak iklimsel çevreden hoşnut olması durumunun sağlandığı ve
- İnsan performansının maksimize edildiği iklimsel kombinasyonlar

insan sistemi için optimal iklimsel girdiler olmaları nedeniyle optimal iç iklimsel koşullar veya “iklimsel konfor koşulları” olarak belirlenirler.

Diğer bir tanımlamaya göre “bir hacim içerisinde belirli bir eylem yapmakta olan insanın iklimsel konforu, iç çevre iklimini oluşturan iç iklim elemanlarının yanı sıra, insanın yaşı, cinsiyeti, yaptığı eylem ve giysilerinin türü gibi insanla ilişkili faktörlere de bağlıdır. Bir hacim içerisinde belirli bir eylemi yapmakta olan insanın, bedensel ve zihinsel performansının istenen düzeyde gerçekleşebilmesi, söz konusu iç iklim elemanlarının sahip oldukları değerlerle doğrudan ilgilidir. Bu elemanların, insanla ilişkili diğer faktörlere bağlı olarak, iklimsel konforu gerçekleştiren değerleri, “iklimsel konfor koşulları” olarak değerlendirilir (Yılmaz, 1983:6).”

İklimsel konfor kullanıcının kıyafetine, aktivite seviyesine, hava sıcaklığına, bağlı neme, hava akış hızına, ortalama ışıınım sıcaklığına ve direkt güneş ışıınımına göre belirlenmektedir (Berköz ve Küçükdoğu, 1983; Olgyay, 1973; Yılmaz, 1983).

Isıl konforu oluşturan koşullardan biri olan giysi türü etkeni, giysilerin oluşturduğu yalıtım etkisi olarak açıklanmaktadır. Bu etken, kumaşın türüne ve aynı zamanda vücuda oturuşuna bağlıdır. Giysilerin oluşturduğu ısı dirence “clo” adı verilir. Tablo 2.3’te giysi türlerine göre oluşan ısı direnç değerleri görülmektedir.

Tablo 2.3: Giysi Tipine Bağlı Olarak Oluşan Isıl Direnç (Bansal, 1994:15)

Giysi Tipi	Clo	m ² K/W
Çıplak	0	0
Hafif yazlık giysiler	0.3	45
İç ortamda giyilen kışlık giysiler	1	155
Dış ortamda giyilen kışlık giysiler	1.5	230

1 Clo = 155 Km²/W olarak tanımlanmaktadır (Givoni, 1976).

İnsan vücudunun gerçekleştirdiği eyleme bağlı olarak açığa çıkan enerji Tablo 2.4’te yer almaktadır.

Tablo 2.4: Kullanıcının Gerçekleştirdiği Eylemlere Göre Açığa Çıkan Enerji Miktarı (Bansal, 1994:11)

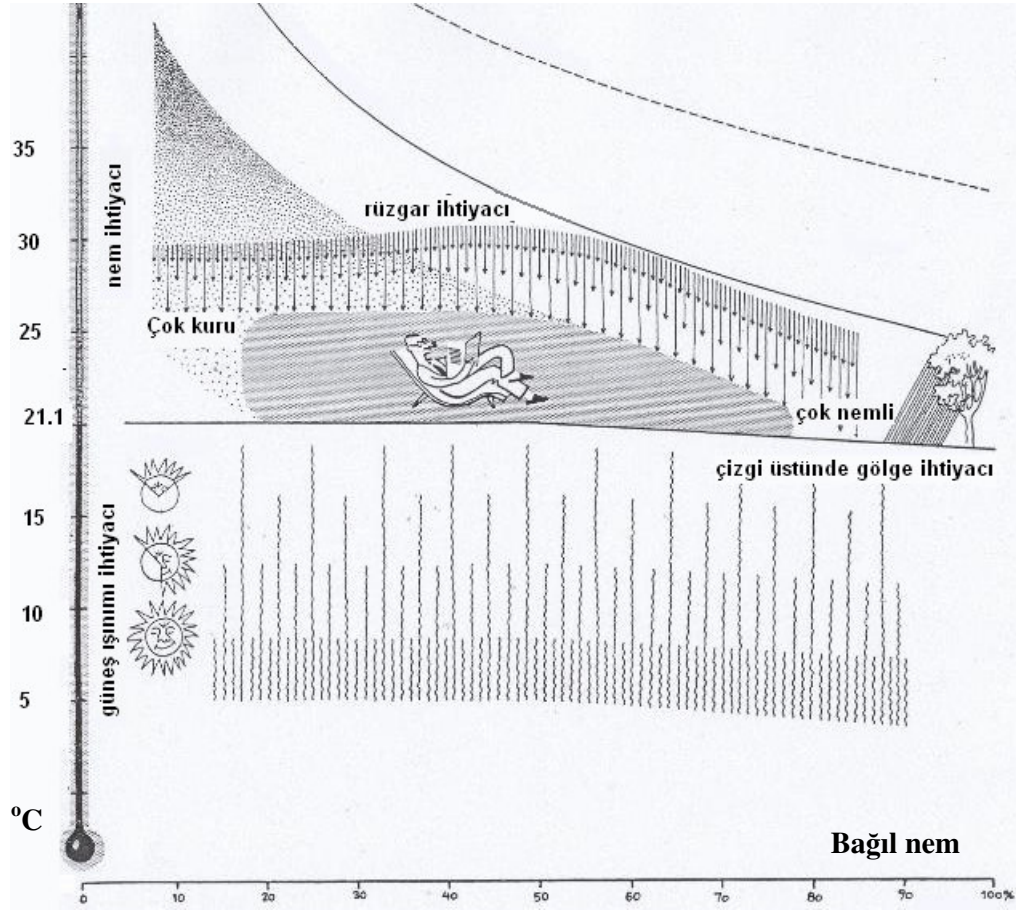
Eylem	W	Eylem Seviyesi	W/m ²
Uyuma	60	-	35
Dinlenme	80	-	45
Normal Ofis Çalışması	100	1	55
Yavaş Tempoda Yürüyüş (3 km/h)	200	3	110
Hızlı Tempoda Yürüyüş (6 km/h)	250	4	140
Ağır iş gücü gerektiren eylemler	300 +	5	170+

Hava sıcaklığı, nem gibi çevresel etkilerin ısı konfor üzerindeki etkileri kullanıcının yaz ve kış dönemlerindeki giysi türüne bağlı olarak Tablo 2.5'te verilmiştir. Tabloda yer alan sıcaklık değeri ortamın hava sıcaklığı ile ortalama ışımsal sıcaklığın ağırlıklı ortalaması alınmasıyla elde edilen değerlerdir. Yaz dönemine ait giysinin ısı direnç değeri 0.5 clo, kış dönemine ait giysi ısı direnci ise 1.0 clo düzeyinde alınmıştır (EnergyPlus Input Output Reference, 2005).

Tablo 2.5: Hava Sıcaklığına, Nem Oranına ve Giysi Türüne Göre Konfor Koşulları (ASHRAE Standard 55,1992)

	Ortam sıcaklığı (°C)	Nem Oranı(kg/kg)
Kış	19.6/23.9	0.012
	26.3/21.7	0
Yaz	23.6/26.8	0.012
	28.3/25.1	0

Şekil 2.1'de bağıl nem ve sıcaklığa bağlı konfor koşulları grafiğine yer verilmiştir. Bu grafiğe göre kullanıcının konforlu hissettiği dış iklimsel koşullar; 21°C – 25 °C hava sıcaklığına bağlı olarak %20 - %80 bağıl nem oranı şeklinde belirtilmiştir. 21°C'nin altında güneş ışıınımı ihtiyacı oluşurken, 25 °C'nin üstüne çıkıldığında nem ihtiyacı gözlenmektedir. Nem oranı arttıkça, konforda hissedilen sıcaklık seviyesinde de düşüş yaşanmaktadır. 25°C – 30 °C arasında ise rüzgar ihtiyacı sıcaklık arttıkça fazlalaşmaktadır.



Şekil 2.1: Bağlı Nem ve Sıcaklığa Bağlı Konfor Koşulları Grafiği (Olgyay, 1973:23)

Görsel konfor koşulları ise iç ortamın aydınlık seviyesine ve kamaşmaya bağlıdır. Aydınlık düzeyi açısından konforunun sağlanmasında mekanlarda gerçekleştirilen eylemler ve ortamın aydınlık düzeyinin tespiti gerekli olmaktadır. Aydınlık düzeyi ülke standartlarına göre değişkenlik göstermekle birlikte Türkiye’de eylemlere bağlı olarak ihtiyaç duyulan aydınlık seviyeleri Tablo 2.6’da yer almaktadır.

Tablo 2.6: Mekanlarda Eylemlere Bağlı Olarak İhtiyaç Duyulan Aydınlık Seviyeleri (Berköz ve Küçükdoğu, 1983:32)

Mekanlar	Eylemler	Aydınlık Seviyesi (lux)
Konut	Genel	100
	Mutfak	200
Oteller	Genel	100
	Lobi	200
Bürolar	Genel Bürolar	400
	Bilgisayar ortamında yapılan işler	600
Okullar	Genel	200
	Sınıflar	300

Mekan içerisinde alınan gün ışığı, camlama sistemin alanının binanın toplam dış yüzey alanıyla oranına (saydamlık oranı), sistemin gün ışığı geçirgenlik değerine ve mekansal düzenlemelere bağlıdır.

Mekansal düzenlemeler örneğin; açık renk kullanımı, ışık rafları vb. gün ışığının mekan içerisinde düzgün bir şekilde dağılmasına imkan verecek şekilde tasarlanabilir. Böylelikle mekanın derinliklerine kadar gün ışığı ulaştırılarak düzgün dağılmış doğal aydınlatma seviyesi oluşturulabilir.

Mekan içerisindeki aydınlık seviyesinin ihtiyaç duyulan değerlerden fazla olması, özellikle ofis, kütüphane, okul gibi çalışma mekanlarında kamaşmaya neden olduğu için kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemektedir.

Kamaşma nedeniyle göz, odaklandığı nokta ile çevresindeki kontrastlığa uyum sağlamakta zorlanır. Nesnelerin parlaklık seviyesi aydınlatmaya ve yansımaya bağlı olduğu için iyi bir tasarımla bu sorun giderilebilmektedir. Bu nedenle gün ışığının direkt olarak mekana alınması yerine, dolaylı gün ışığıyla aydınlatılmış mekanlar oluşturulmalıdır.

Ortamin doğal aydınlık seviyesinin belirlenmesi, konforlu koşulların oluşturulması için yeterli olmamaktadır. Kullanıcı konforunun sağlandığı aydınlık seviyesinin zamanın ne kadarlık diliminde gerçekleştiği de kontrol edilmelidir.

Ortamdaki kamaşma seviyesi de kamaşma indeksi değişkeniyle ölçülmektedir. Kamaşma indeksi 10 değerini aldığı anda algılanabilir kamaşma, 16 değerini aldığı anda kabul edilebilir kamaşma, 22'nin üstünde ise konforsuzluk kamaşma seviyesini ifade etmektedir. Tablo 2.7'de mekanlarda kullanıcı konforu için kabul edilebilir kamaşma indeksi seviyeleri verilmiştir.

Tablo 2.7: Mekanlarda Kabul Edilebilir Kamaşma İndeksi Seviyeleri (EnergyPlus Input Output Reference, 2005)

Mekanlar	Kabul Edilebilir Kamaşma İndeksi Seviyeleri
Hastane	18
Büro	22
Müze	20
Sınıf	20
Laboratuvar	22

2.2 Yaklaşımlar

Atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama sistemi seçiminde belirlenen hedefler doğrultusunda ve oluşturulan sınırlar çerçevesinde çözümlere ulaşmak için performans yaklaşımı ve sistemler yaklaşımı gibi genel, yapı kabuğu ile ilgili sorunların çözümü için yapılan özel yaklaşımlar göz önüne alınmıştır.

2.2.1 Performans Yaklaşımı

Performans kavramı, sonuçta başarıyı sağlamada kullanılan özel bir araç olarak göz önünde tutulmadan, bilinen kullanıcının gereksinmelerini karşılamak üzere, içinde malzeme, bileşen veya sistemin istenen özelliklerinin yer aldığı düzenlenmiş bir iskelet veya işlemler dizisidir. Kavramda, bir nesne veya olgunun nasıl olacağı değil, çözüm içinde nasıl davranması gerektiği veya işlevini nasıl yerine getireceği önemli görülmektedir (Özkan, 1976:148).

Yapı için performans, bir sistemi meydana getiren çeşitli parçaların kullanılma sırasında, doğal ya da yapay olayların etkileri altında, özelliklerine bağlı olarak zaman içinde gösterdiği davranış olarak nitelendirilmektedir (Gür, 2001:39).

Performans yaklaşımından yola çıkarak, enerji performansı kavramı, binanın enerji tüketimi ve kullanıcılarının isteklerini sağlanması biçiminde tanımlanabilir. Bir binanın enerji performansı, enerji tüketim kaynakları ve alternatif çözüm önerileri hakkında fikir yürütülmesine ve önerilen çözüm seçeneklerinin performansları arasında karşılaştırma yapılmasına olanak vermektedir.

Farklı seçenekler arasında karşılaştırma yapmak için gerekli veriler kullanıcı gereksinmelerine bağlı olarak ürün veya sistemde, istenilen performans gereksinmeleridir. Bu gereksinmelerin karşılanıp karşılanmadığının belirlenmesi için ise performans gereksinmeleri arasından seçilen performans ölçütlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Belirlenen bu ölçütlere göre geliştirilen kriterleri sağlayan seçeneğin seçimine ilişkin bir değerlendirme yapılabilmektedir.

Performans değerlendirmesinde kullanılan tekniklerden birisi olan simülasyon, benzeri üzerinde sınaama tekniği, çalışmada kurulan modelin uygulanmasında kullanılmıştır.

2.2.2 Sistemler Yaklaşımı

Sistem, birbirleri ile etkileşim içinde olan bileşenlerin (alt sistemler) oluşturduğu bir bütündür. Bu tanıma göre sistemin iki özelliği ortaya çıkar:

- Bütünseldir
- Birbirleriyle etkileşim içinde olan parçalardan oluşur.

Bu bütünlük çerçevesinde yer alan paralel sistemlerle enerji alışverişi içindedir. Üst sistemler alt sistemleri etkiler ve onları besler. Sistemin bileşenleri sistemin bir parçası olarak davranır. Diğer bileşenlerle etkileşmeyen bileşenler sistemin dışında kalır.

Sistem kendisini oluşturan alt sistemlere, bu alt sistemler de başka alt sistemlere ayrılarak incelenebilmektedir. Sistemin en temel özelliği bütünsel olmasıdır ve sistem bir bütün olarak bileşenlerinin toplamından, bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimi de içerdiği için daha büyüktür.

Yapı Sistemi; binanın dış ve iç ortamlarıyla etkileşim içinde bulunan, fiziksel boyutta bir bütündür. Yapı sistemi kendisini oluşturan ve karşılıklı etkileşim içinde oluşan alt sistemler ile tanımlanabilir. Yapı sistemini oluşturan alt sistemler:

- Taşıyıcı Sistemler
- Yapı Elemanlarını Oluşturan Sistemler (Yapı kabuğu, iç bölmeler, düşey sirkülasyon vb oluşturduğu sistemdir)
- Servis Sistemleri (Isıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, akustik, elektrik, su, kanalizasyon, kominikasyon, vb sistemlerdir.)

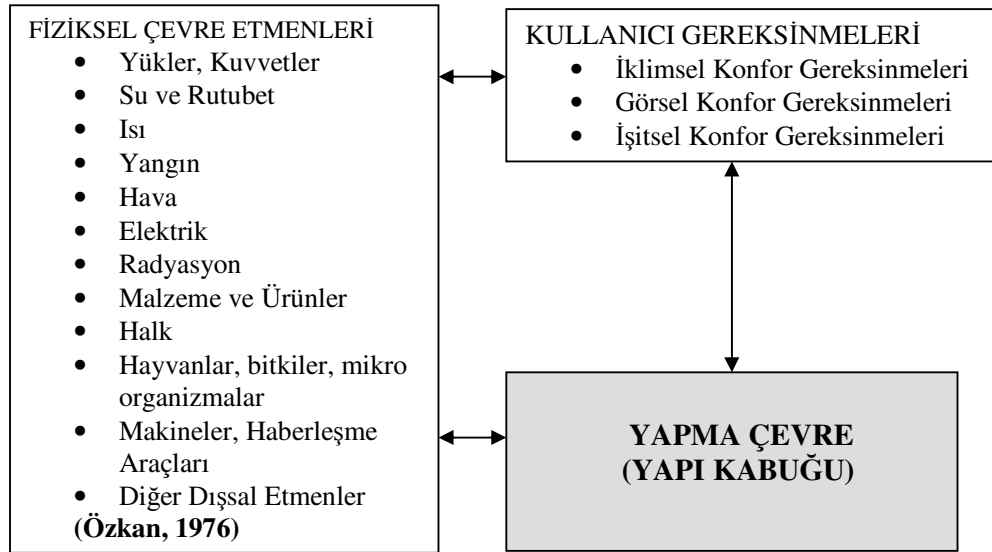
“Sistemler yaklaşımı çerçevesinde sistem tanımı ve gösterdiği özellikler, sistemin öğeleri ile daha açık ve özel bir biçimde anlatılabilmektedir. Sistemin tanımı düşünülürken göz önünde bulundurulması gerekli öğeleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Sistem Hedefleri
- Sistem Kaynakları
- Sistem Bileşenleri
- Sistem Çevresi
- Sistem Yönetimi

Sistemler yaklaşımı çerçevesinde bir sistem kurulurken saptanan hedefler, sistemin düzenlenme nedeni olarak ulaşılmak istenen sonuç veya sonuçlardır. Burada sistemi yürütenlerin amaçları ile sistemin kendi hedeflerinin birbirlerinden ayrı düşünülmesi gereklidir, çünkü kişinin amaçları gerçek hedefler ile çelişki içinde bulunabilir (Özkan, 1976:5).”

2.3 Performans Yaklaşımı ile Dış Çevre, Yapı Kabuğu ve İç Ortam Etkileşim Sistemi

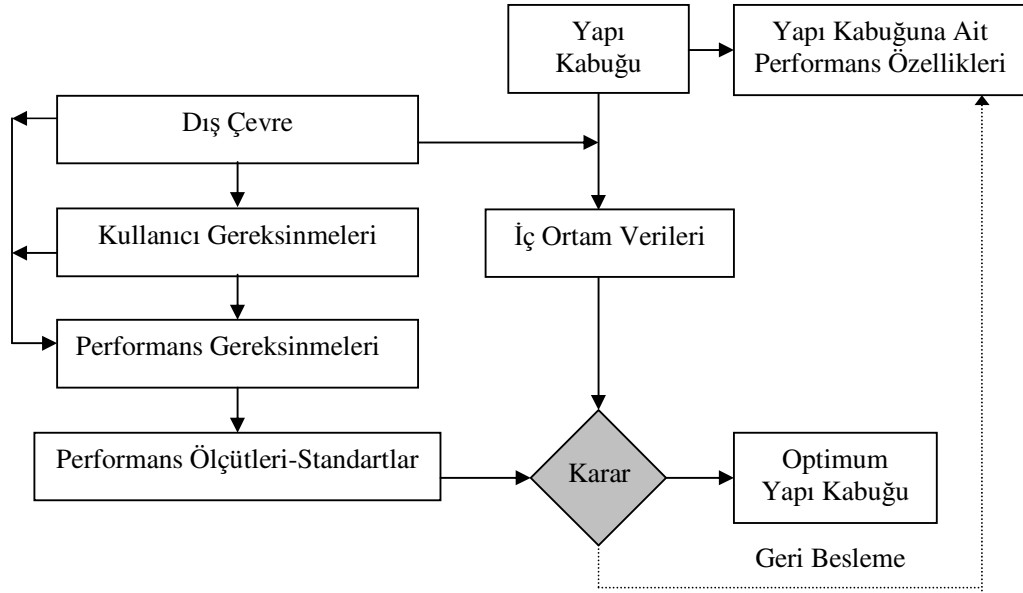
Bina, kullanıcı için dış etkenleri denetleyen bir kabuk olarak düşünüldüğünde, kullanıcı gereksinimlerini karşılamak üzere, fiziksel çevre etkenlerinin yaşanabilir çevre koşullarına uyarlanabilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak yapma çevre, bir diğer deyişle yapı kabuğu, kullanıcı konforuna uygunluğuna göre çevresel etmenlerden gerektiğinde yararlanılmasını sağlar veya iç çevreyi bu etkilerden korur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Fiziksel Çevre Etmenleri, Kullanıcı Gereksinimleri ve Yapma Çevre İlişkisi

Şekil 2.3'te performans yaklaşımı çerçevesinde dış çevre, yapı kabuğu ve iç ortam etkileşimleri görülmektedir. Dış çevre etkenleri altında, kullanıcı ayırıcı özellikleri (fizyolojik, psikolojik, sosyolojik) ve gerçekleştirilen eylemlere göre kullanıcı gereksinimleri açığa çıkar. Kullanıcı gereksinimleri temel alınarak yapı kabuğundan beklenen performans gereksinimleri saptanabilmektedir. Bu nedenle kullanıcı

gereksinmelerinin performans gereksinmelerine dönüştürülmesinde ve kullanıcı gereksinmelerin sağlanmasında sınırlar ve olanaklar belirlenmelidir.



Şekil 2.3: Performans Yaklaşımı İle Dış Çevre, Yapı Kabuğu ve İç Ortam Etkileşimi

Dış çevresel etkiler sonucu oluşan yapı kabuğuna ait iç ortam verilerinin performans ölçütleri ve standartlarına uygunluğu test edilir. Sağlanan gereksinmeler ile istenen gereksinmeler arasında bir denge kurulduğunda optimum yapı kabuğu tanımlanmış olur.

Eğer optimum seçenek bulunamıyor ise, yapı kabuğunun performans özellikleri, saptanan performans ölçütlerine uygunluğunun sağlanması için yeniden gözden geçirilerek süreç tekrarlanır ve uygun seçenek bulununcaya dek bu süreç devam eder.

3. ATRIUM TİPİ BİNALAR VE ENERJİ PERFORMANSLARI

3.1 Atrium Tipi Binaların Gelişim Süreci

Atrium, sözlük anlamı ve geleneksel kullanımı itibarıyla üç veya daha fazla kenarı galerilerle çevrili, üstü açık avlu veya üstten aydınlatılan, alt katlardan veya diğer katlardan odalara açılan mekan olarak tanımlanmaktadır (**Saxon, 1993**). Günümüzde ve çalışma içerisinde kullanılan anlamı ise dış çevre koşullarından korunmuş, doğal ışık alan ve binanın sosyal merkezini oluşturan bir iç mekan ögesi şeklinde tarif edilmiştir. İngilizce literatürde “atrium building” olarak adı geçen terim, çalışma içerisinde mimaride bir plan tipini simgelediği düşünülerek “Atrium Tipi Bina” olarak tarif edilmiştir.

Modern atrium plan tipi, inşa edilebilirliğini sağlayan cam ve çelik birlikteliği ve İslam dünyasının Avrupa mimarlığı üzerindeki etkileri ile eski Roma’dan beri kullanıla gelen orta avlulu bina tasarımının birleşiminden doğmuştur (**Saxon, 1993**). Atriumlar; insanların gelip geçtiği, toplandığı, konuştuğu, beklediği halka açık alanlardır. Binaların sosyal merkezleri olmakla birlikte, iklimsel ve coğrafi verilerle, bina kullanımı ve kullanıcı gereksinmelerine uygun bir biçimde tasarlandıklarında pasif sistemin önemli bir elemanıdır.

Üstlendiği mekansal rol nedeniyle binaların merkezini oluşturan atriumlar, katlar arasında düşey ve yatay sirkülasyonu sağlarken, bina ile dış çevre arasında konforlu bir ara bölge oluştururlar. Atriumlar çok katlı ticari ve kurumsal binalarda çeşitli amaçlar için örneğin fuayeler, bina girişleri, sergi holleri gibi ihtiyaç duyulan büyük mekanların çözümlenmesinde önemli bir rol üstlenirler.

Atriumlar, çarpıcı ve prestijli mekanlar oluşturması, bina kullanıcıları için sosyal ve ferah ortamlar yaratması, gün ışığından doğal aydınlatma ve ısıtma için maksimum fayda sağlaması, doğal havalandırma ve iklimlendirme gibi sorunları çözmesi nedeniyle tüm dünyada ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılan bir plan tipidir.

Çalışma içerisinde kullanılan anlamıyla modern atrium tipi binaların ilk örnekleri, Endüstriyel devrimin prefabrikasyon dökme demir ve cam kullanımının

yaygınlaşmasıyla ortaya çıkmıştır. “Tarihsel üslupların özellikle kamu binalarının yapımına yönelik ihtiyaca cevap verememesi, inşaat süresinin dönemin hızına yetişememesi nedeniyle yeni bir strüktür ve yapım tekniği ihtiyacı doğmuştur. Camın ve dökme demirin yaygınlaşması gelişen mekan ihtiyacının çözümlenmesinde önemli rol oynamıştır. Bu durum, ilk olarak uluslararası bir sanayi sergisi düzenlenmesi sırasında yaşanmıştır. 1851 yılında yapımına karar verilen dünya fuarı için getirilen teklifler hem tatmin edici bulunmamış, hem de yapım süresinin uzunluğu nedeniyle kabul görmemiştir. Sorun bahçeci ve sera yapıcısı olan Joseph Paxton tarafından çözülmüştür. Paxton hemen hemen bütünüyle standart cam levhalardan ve modüler dökme demir kolon ve kirişlerden oluşan strüktürüyle dev bir serayı andıran binasını önermiştir. Bu bina dönemin cam ve dökme demir birlikteliğinin ilk örneği sayılan Crystal Palace binasıdır **(Roth, 2000:578).**”

Cam ve çelik birlikteliğinin doğması, bu teknolojiyle geleneksel bina teknolojisini birleştiren uygulamalar yapılmasına imkan vermiştir. Bu birleşimden yeni bir plan tipi ortaya çıkmıştır; atrium. Bu plan tipinde atrium, sirkülasyon alanlarını ve halka açık mekanları örtecek şekilde kullanılmıştır **(Mills, 1994).**

Hızla gelişen sanayileşme, şehirlerin aşırı kalabalıklaşması, hiçbir özelliği olmayan çalışma koşullarının yarattığı gerilimle toplumda çok büyük değişimlerin yaşanması, özgürlük, eşitlik, kardeşlik gibi düşüncelerin gelişmesi, insan yapımı doğal ortamların oluşturulduğu, insanların bir araya gelerek sosyalleşebileceği mekan ihtiyacını doğurmuş ve bu dönemde atrium tipi binalar bu ihtiyacın giderilmesinde önemli rol üstlenmiştir **(Bryn, 1995).**

Bilinen ilk atrium tipi bina örneği Londra’da 1837-1841 yılları arasında inşa edilmiş Reform Kulübü’dür. Barry, kulübün planını ve genel formunu oluştururken Pallazzo Farnese’yi kendine model olarak almıştır. Kulübün zemin katında yer alan orta bahçenin üstü metal bir tonozla örtülmüştür. Böylelikle ilk defa bir bahçe dış hava şartlarından korunmuş ama doğal ışık kaynağıyla aydınlatılabilen bir iç mekan ögesi haline gelmiştir **(Aizlewood, 1995).**

“Bir diğer örnek ise İngiltere’de 1846- 1899 tarihleri arasında JB Burning tarafından inşa edilen Kömür Deposu binasıdır. İki kütle arasındaki bağlantı noktasında atrium yer almaktadır. Çelik strüktürle oluşturulan 4 katlı dairesel planlı atriumun çatısı cam bir kubbeye örtülmüştür. Fransa’da o dönemde mekansal organizasyonu

değiştirilerek kullanılan atrium plan şeması pek çok bina tipinde kullanılmıştır; örneğin otel, ofis, müze, apartman, kütüphane vb (**Bednar, 1986:10**).”

“Amerika’da da, Avrupa’daki gelişmelere paralel olarak atrium tipi binalar inşa edilmiştir. Bu binaların ortak özelliği kare veya dikdörtgen plan şemalı ve çok katlı olmalarıdır. Genellikle orta mekanda yer alan atriumların çatısı cam ve çelik bir taşıyıcı sistemle örtülüdür. Amerika’da görülen ilk atrium binası anıtsal büyüklüğüyle diğer binalardan ayrılmaktadır. Washington’da yer alan ve General Montgomery Meigs tarafından tasarlanan Emekli Sandığı binası 1882-1887 tarihleri arasında inşa edilmiştir. Binanın zemin katında kullanıcılarının bir araya gelip sosyalleşebileceği bir meydan ve çeşme bulunmaktadır. Bina daha sonraki yıllarda işlevini yitirerek müze olarak kullanılmıştır. Tepe ışıklıkları vasıtasıyla mekan içerisine alınan doğal ışığın ofis içlerine kadar erişebilmesi amacıyla, ofisler arasında bağlantıyı sağlayan koridor oldukça dar yapılmıştır. Ağır tuğla duvarlar ısı depolayıcı bir özelliğe sahip olmalarından dolayı mevsimsel ve günlük ısı değişim etkilerini en aza indirmektedir. Binada kullanılan tüm camlar çift katmanlı olarak kullanılmıştır. Ancak atriumun üzerini örten çatı örtüsü özel yalıtımlı kiremitten yapılmıştır. Mekan içerisine doğal ışık tepede bulunan camlama sistemi vasıtasıyla alınmıştır. Doğal havalandırma her bir ofis odasındaki camlama sisteminin altında yer alan hava oluklarıyla, her iki dakikada bir hava değişimiyle sağlanmıştır. Camlama sistemi altlarındaki oluklardan alınan taze hava radyatörlerden geçirilerek ısıtılıp, doğal havalandırma yoluyla atrium mekanına geçmektedir. Ofisler ile atrium mekanı arasında kapı tasarlanmamıştır. Böylelikle ısınan havanın yükselerek, tepede bulunan açılabilir camlama sisteminden kirli hava olarak dışarı atılmasıyla sürekli taze hava akışı sağlanmıştır (**Bednar, 1986:12**).”

Geleneksel binalara yapılan eklerle veya yeni tasarımlarda karşımıza çıkan atrium binalarının temel prensibini, pasif sistem kazançlarından olabildiğince fayda sağlayıp, enerji tüketimini en aza indirme çabası oluşturmaktadır. Bu nedenle o yıllarda yapılan binalarda yer alan atriumlar, çevreledikleri hacimlerde gerçekleştirilen eylemler doğrultusunda koşullandırılmış, dış mekanın etkilerinden korunmuş ara mekanlar olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. “Bu yaklaşımla oluşturulmuş bir diğer örnek ise 1957 yılında yapılan Wright’ın Kaliforniya’daki Devlet Dairesi binasıdır. Dönemin bir diğer en iyi bilinen atrium tasarımı Pennsylvania Üniversitesi Kız Yurdu binasıdır. Bu bina Philadelphia’da 1961 yılında

inşa edilmiştir. Öğrenci odalarının caddeye, koridor, servis mekanlarının ve lobinin atriuma baktığı yurt binasında, birinci katta yer alan sirkülasyon ve toplanma mekanları, alt kattaki yemek salonunu görecektir şekilde tasarlanmıştır. Atriumun çatısı opak bir malzemeyle örtülmüş, doğal ışık mekan içerisinde çatıda bulunan camlama sistemleri vasıtasıyla alınmıştır **(Bednar, 1986:15)**”

Türkiye’de yaşanan sürece göz atacak olursak, avlulu plan tipinin geleneksel mimaride farklı fonksiyonlara yönelik bina tiplerinde kullanıldığı bilinmektedir. Konya, Kayseri, Diyarbakır vb bölgelerde oldukça yaygın biçimde konutlarda kullanılmıştır. Ticari mekanlarda (hanlar, çarşılar), saraylarda, askeri ve dini binalarda karşılaşılan bu plan tipi, 19 yy.dan sonra Avrupa’da geliştirilen cam ve çelik teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte atrium plan tipine evrilmiştir. Bunun en güzel örneği geçmişte üstü açık avlu iken, 19.yy hanlarının avlularının üstünün cam bir örtüyle kapatılmasıdır. Gelişen teknolojinin ilk örneklerinden bir diğeri de saraylarda görülen seralardır. Osmanlı saray bahçeleri, bitkilerin ve sebze meyvenin yetiştirildiği seralara sahiptir. Özellikle Aynalıkavak Sahil Sarayı’nda, Dolmabahçe ve Yıldız Saraylarında döneminin sera örneklerine rastlamak mümkündür **(Sezgin, 1998)**.

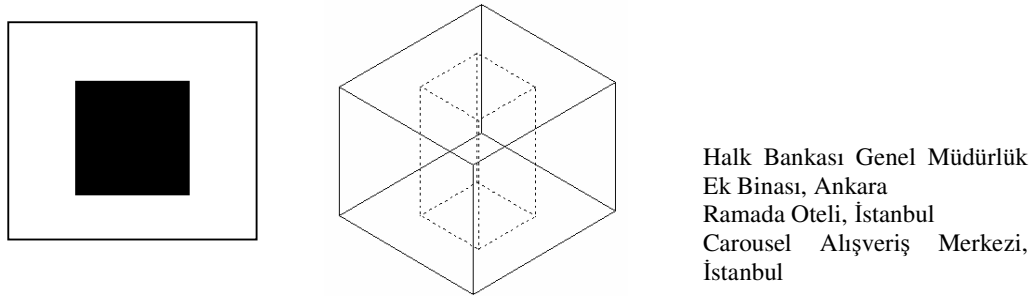
Günümüzde karşılaşılan örnekler bakıldığında ise, atriumun enerji potansiyeli düşünülmezsizin sağladığı görsel zenginlik ve prestij ön planda tutulmaktadır. Oysa, atrium tipi binalar enerji korunumu ve potansiyeli göz önüne alınarak tasarlandığında enerji performansı açısından bir başarı sağlanabilir. Değişen kullanıcı isteklerine bağlı olarak farklı işlevler üstlenen atriumlar, kullanıcı konforunun oluşturulabilmesi için binanın ana mekanları ile aynı şartlarda koşullandırılmışlardır. Yapı kabuğuyla kıyaslandığında daha düşük enerji performansına sahip bu bölgeler, binanın enerji tüketimini büyük oranda arttırmaktadır.

F.A. Mills’in (1994) de belirttiği gibi; atriumların pasif enerji kaynağı olarak düşünülmesinde ve enerji stratejisinin belirlenmesinde, binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminin bir parçası olarak düşünülmemesi ve ana mekanlarla aynı şartlarda koşullandırılması, aşırı miktarda enerji tüketilmesine neden olmaktadır. Büyük düşey ve eğimli cam yüzeylerle çevrelenmiş, günışığı alan mekanlar olan atriumlarda yukarıda sıralanan olumlu özelliklerinin yanı sıra, ısıtma, soğutma, havalandırma, hava tabakalaşması, iç ortam hava kalitesi, akustik ve çevresel sistemlerin kontrolü gibi karmaşık sorunlar da yaşanmaktadır.

3.1.1 Atrium Plan Tipolojisi

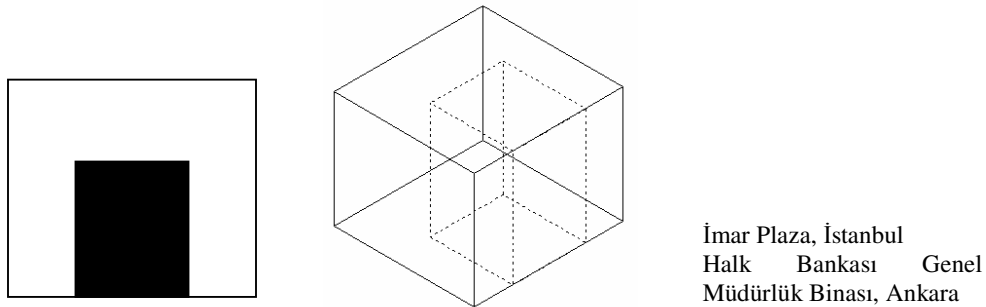
Atriumlar bina içerisindeki konumlarına göre çeşitli isimler almaktadır. Bundan sonraki bölümlerde bu isimlerle anılacak olan atriumlar; orta avlulu, üç tarafı çevrili, doğrusal, plaza ve sera tipi olmak üzere 5 bölümde incelenebilirler. Ancak plaza tipi atrium, üstlendiği mekansal rol (iki kütle arasında bağlantı amaçlı) nedeniyle çalışma sınırlarına dahil edilmemiştir.

Orta Avlulu Atrium; binanın merkezinde yer alan, çatısı saydam bir örtüyle kaplı klasik atrium tipidir. Atriumun dış kabuğu çatı yüzey alanıyla sınırlandırılmıştır. Türkiye’de 1980li yıllardan günümüze kadar yapılan ve çeşitli fonksiyonları içeren binalar incelendiğinde (ofis, alışveriş merkezi, otel, iş merkezi, okul vb.) genel olarak orta hacimde kullanılan atrium tipine rastlanmaktadır (Şekil 3.1). Alışveriş merkezlerinin ilk dönem örneklerinden olan Galleria Alışveriş Merkezi orta avlulu atrium plan tipine sahiptir.



Şekil 3.1: Orta Avlulu Atrium Şematik Planı ve Perspektifi

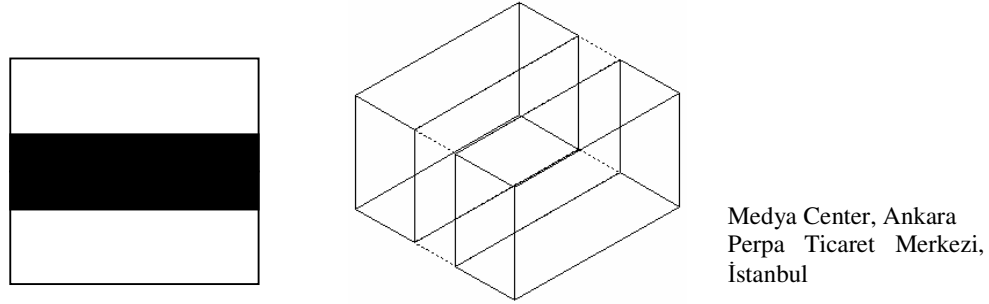
Üç Tarafı Çevrili Atrium; atriumun bir kenarını tanımlayan yüzey, aynı zamanda ana binanın dış yüzeyini oluştururken, atriumun diğer 3 tarafı ana bina ile çevrilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Üç Tarafı Çevrili Atrium Şematik Planı ve Perspektifi

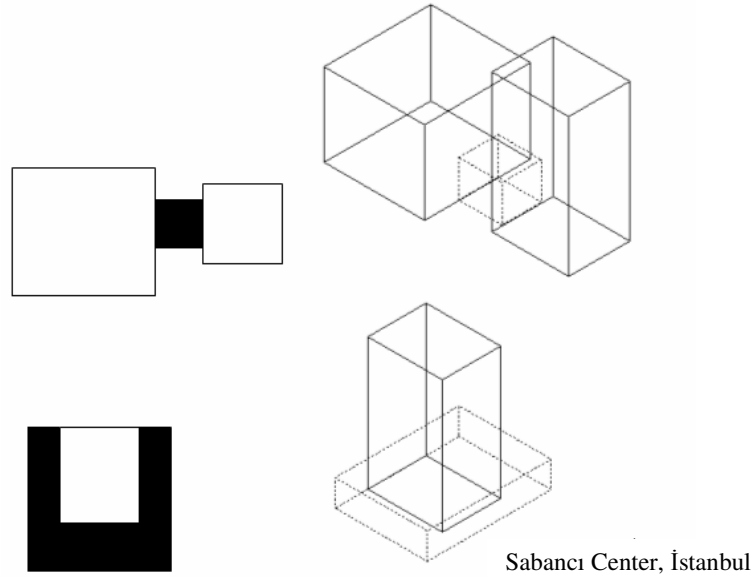
Ancak özellikle 1995’li yıllardan sonra yapılan örneklerde (iş merkezleri, genel müdürlükler, bankalar vb.) üç tarafı çevrili atrium tiplerinin ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Doğrusal Atrium; birbirine paralel iki ana mekan arasında yer alan atrium tipidir. Doğrusal atrium tipine ise birkaç binada, örneğin kültür ve ticaret merkezlerinde rastlamak mümkündür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Doğrusal Atrium Şematik Planı ve Perspektifi

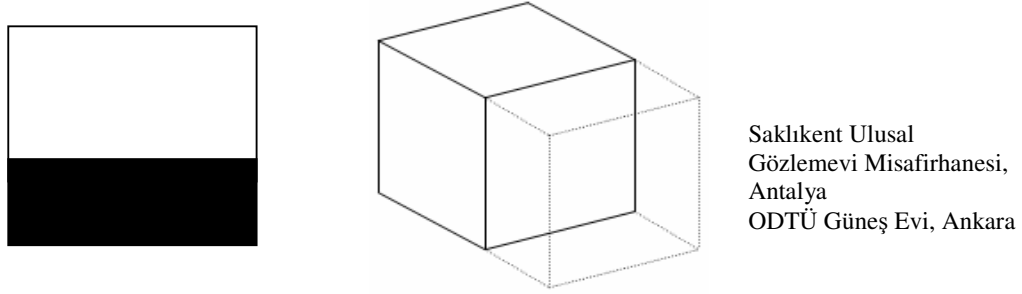
Plaza Tipi Atrium; çok katlı plazaların genellikle girişini veya farklı kütleleri arasındaki bağlantıyı sağlamak üzere geliştirilmiş plan tipidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Plaza Tipi Atrium Şematik Planı ve Perspektifi

Bir sınıflandırma yapacak olursak; alışveriş merkezi, okul gibi yoğun sirkülasyon ve kullanıcı trafiğinin bulunduğu binalarda orta hacimde yer alan atriumlar çoğunluktadır. Çok katlı ofis binalarında ve iş merkezlerinde ise daha çok plaza tipi atrium örneklerine rastlanmaktadır.

Sera Tipi Atrium; ana binanın herhangi bir yöne bakan dış yüzeyini oluşturacak şekilde üstü camla da örtülü olabilen atrium tipidir. 2-3 kat yüksekliğinde rüzgarlık veya sera olarak kullanılan atrium tiplerine ilişkin örneklere de rastlamak mümkündür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Sera Tipi Atrium Şematik Planı ve Perspektifi

3.2 Atriumların Enerji Performansı

Yapı kabuğu olarak ele alınan atrium tipi bir binanın önemli bir ögesi olan atrium, konfor koşullarının sağlanmasında ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi gereksinimlerin karşılanmasına katkıda bulunurken, çevresindeki mekanların güneşten faydalanmasını sağlayarak enerji tüketiminin azaltılmasına olanak vermektedir. Atriumun tüm bina sisteminin enerji tüketiminin azaltılmasını sağlayabilmesi ve kullanıcı konforuna katkıda bulunabilmesi aşağıda yer alan başlıklar göz önünde bulundurularak yapılacak bir tasarımla gerçekleştirilebilir:

- Pasif ısıtma; direkt kazanım ve ısıнын depolanması,
- Pasif soğutma; atrium ve çevresindeki mekanların atriuma komşu yüzeylerinin direkt gün ışığına karşı gölgeleme önlemlerinin alınması,
- Aydınlatma; doğal ışığın etkin bir biçimde geçirilmesi ve atriumu çevreleyen mekanlara dağıtılması,
- Havalandırma; doğal havalandırma sağlayarak ısıtma istenen dönemde ısıнын ana mekanlara aktarılması, ısıtmanın istenmediği dönemde direkt güneş ışınımı etkisiyle oluşan aşırı ısıнын dışarıya atılması,
- Mikro klima; nemin ve taze havanın sağlanmasında bitki ve su ögesinin kullanılması.

Çalışmada kullanıcı konfor koşullarının sağlanmasında iklimsel ve görsel konfor koşulları dikkate alınmıştır. Bu nedenle atrium tipi binalarda kullanıcı konfor koşullarının belirleyen etmenler iklimsel ve görsel konfor koşullarına göre düzenlenmiştir.

3.2.1 Atrium Tipi Binalarda İklimsel Konfor Koşullarını Belirleyen Etmenler

İçerisinde belirli eylemler gerçekleştirilen hacmin enerji performansının ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun tespitinde, atriumun performansının ve etkilerinin belirlenmesi önemlidir. Atrium tipi binalarda iklimsel konfor koşullarının sağlanması iç çevre iklimini oluşturan etkenlere bağlıdır. Geleneksel bina tiplerine göre oluşturduğu iç çevre iklimi nedeniyle oldukça farklı özellikler gösteren atrium tipi binalarda, iç çevre ikliminin oluşmasında rol oynayan fiziksel olayların irdelenmesi, iklimsel konfor koşullarının belirleyen değişkenlerin tanımlanması açısından gereklidir.

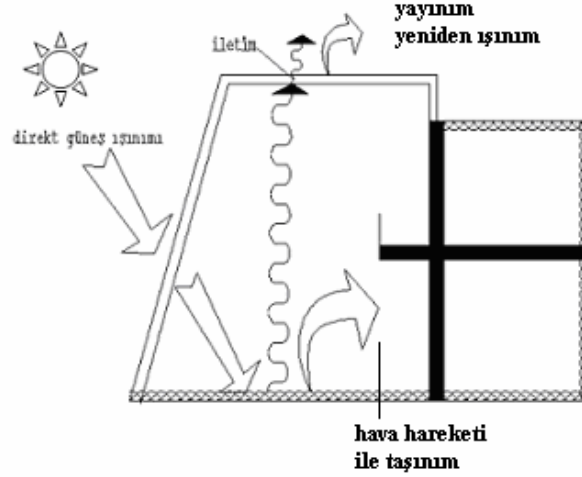
3.2.1.1 Atrium Performansını Belirleyen Etmenler

Atrium performansının belirlenmesinde iç çevre iklimini oluşturan etkenler sırasıyla; sera etkisi, tampon bölge etkisi ve hava tabakalaşması olarak adlandırılabilir.

Sera Etkisi

Atriumun önemli ölçüde dış kabuğunu oluşturan camlama sistemi pasif güneş ısısı kazancı sağlayarak, atriumun iç ortam sıcaklığının dış çevre sıcaklığından daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle atriumlarda pasif güneş ısısı kazancının anlaşılması için sera etkisinin, “greenhouse effect” irdelenmesi gerekmektedir.

Camın geçirgenlik değerine bağlı olarak camdan geçen güneş ışıınımı, zemin, duvarlar ve mekanda bulunan diğer objeler tarafından emilir. Objeler ve yüzeyler tarafından emilen bu enerji, uzun dalga boylu ışıınım olarak geri yayınlanır. Yayınlanan bu enerjinin, camın uzun dalga boylu ışıınım geçirgenliğinin neredeyse yok sayılması, opak olması nedeniyle mekan içerisinde hapsolmesi ve buna bağlı olarak mekan içerisindeki sıcaklığın sürekli artması “sera etkisi” olarak tanımlanmaktadır (Markus ve Morris, 1980) (Şekil 3.6).

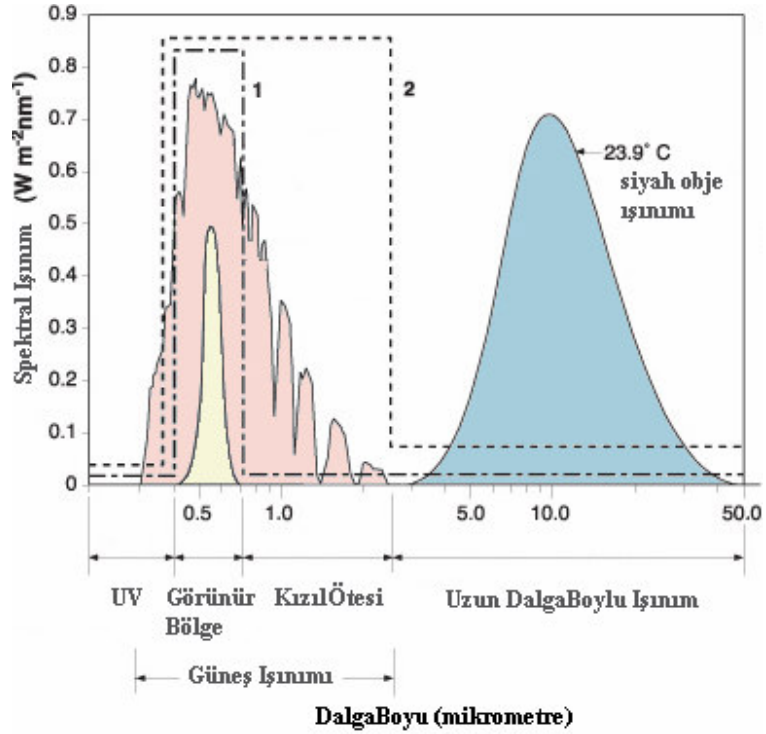


Şekil 3.6: Sıradan Cam Bir Yüzeyden Uzun Dalga Boylu Işıının Geçışı

Yapılan bu tanımlama **Johnson (1991)** tarafından eleştirilmiş ve sera etkisine farklı bir açıklama geliştirilmiştir. Johnson'a göre, sıradan bir camın uzun dalga boylu ışıınma karşı tamamen opak olduğu görüşü aslında doğru olmamakla birlikte; tüm maddeler, parlak, cilalı metaller ve düşük yayınlı (Low-E) kaplamalar dışında, uzun dalga boylu ışıınma karşı yüksek emicilik özelliğine sahiptir. Camlar uzun dalga boylu ışıınma karşı geçirgenliklerini kısmen yitirmelerine rağmen, emiciliklerini artırarak siyah bir obje gibi davranırlar. Yani camlar, objeler ve yüzeyler tarafından geri yayınlanan uzun dalga boylu ışıının varlığına karşı tamamen opak (geçirimsiz) değil, ışıınım süngerı gibi davranırlar.

Düz camın geçirgenlik değeri, dalga boyu artışından çok fazla etkilenmemektedir. Ancak Low-E kaplamalı camın geçirgenlik değeri yakın ve uzak kızıl ötesi ışıının için azalmaktadır. Uzun dalga boylu ışıınım seralarda, geçen güneş ışıınının herhangi bir yüzeye çarpması sonucu oluşur. Yüzey kısa dalga boylu ışıını emer ve bu süreç gelen enerji, verilen enerjiye eşit oluncaya dek devam eder. Emici yüzeylerden yayınlanan enerjinin önemli bir bölümü uzun dalga boylu ışıınım şeklindedir. Diğer taraftan sıcak yüzeylere temas eden hava ısınarak taşınım yoluyla ortama yayılır ve ortam sıcaklığının yükselmesine neden olur. Ilık sera havasından cama taşınım yoluyla iletilen enerji, camın özelliklerine bağlı olarak dış ortama doğru geçer. Uzun dalga boylu ışıınım, öncelikle cam yüzey tarafından yüksek emicilik özelliği nedeniyle emilir ve sonra camın yayınına bağlı olarak serayı terk eder.

Şekil 3.7’de iki tip Low-E kaplamalı camın güneş ışınımı karşısında gösterdiği performans yer almaktadır.



Şekil 3.7: Low-E Kaplamalı İki Cama Ait Optik Özellikler (Carmody ve diğ., 2004:19)

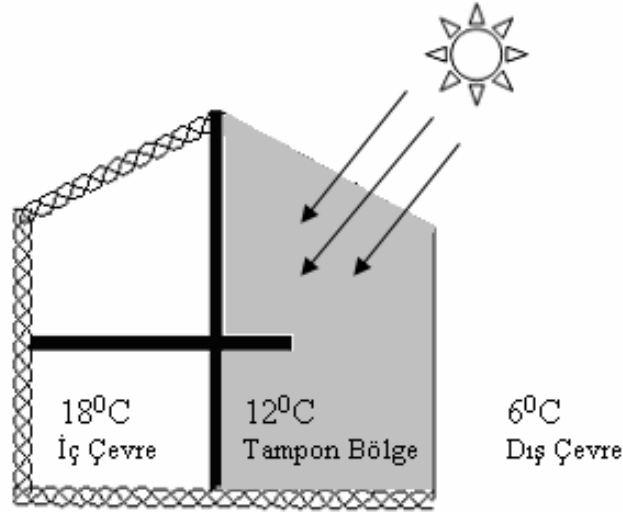
1 nolu Low-E kaplamalı cam tipinde, yüksek görünür bölge geçirgenliğine rağmen kırmızı ötesi ışınım ve uzun dalga boylu ışınım geçirgenliği oldukça düşüktür. 2 nolu cam tipinde ise yüksek güneş enerjisi kazancı söz konusudur.

Low-E kaplamalı camlar uzun dalga boylu ışınım yayılımını önemli ölçüde engellediği için, camdaki enerji birikimi yeniden iç ortama yayınlanır. Daha az ışınım dışarı verildiği için kazanılan net ışınım, ortamın sıcaklığını ayrıca artırır (Johnson, 1991).

Tampon Bölge Etkisi

Güneş enerjisi kazancına bağlı olarak gerçekleşen sera etkisi, bu tür mekanların binanın dış çevre ile ilişkisinde geçiş bölgesi-ara bölge olarak kullanılması fikrini doğurmuştur. Böylelikle atrium tipi binaların pasif sistem kazancının temelini oluşturan Buffer Zone (Tampon Bölge) düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu düşünce 1980 yılında Terry Farrel ve Ralph Lebens tarafından geliştirilmiştir. Tampon bölge prensibi, havayı hapsedip, havanın iyi yalıtım özelliğini binanın ısı kayıplarını

azaltmak için kullanmak düşüncesi üzerine kurulmuştur. Hafif taşıyıcı sistemlerle oluşturulan bu mekanlar, dış hava koşullarına karşı korudukları, tamamen şartlandırılmış mekanlardan yazın daha sıcak, kışın ise daha soğukturlar. Isıtılmayan veya kısmen ısıtılan bu tampon mekanlara komşu olan ana bina yüzeylerinin özel bir yalıtıma ihtiyacı yoktur. Isıtılmayan mekan yüzeylerinin ise dış ortama karşı yalıtılmaları gerekmez. Bu nedenle bu mekanları aslında birer iç mekan ögesi olarak görmek yerine, dış mekanın bir ögesi olarak düşünmek ve içerisinde gerçekleşen eylemlerin ihtiyaç duyduğu iç ortam koşullarına göre kullanım amacını doğru belirlemek gerekir (Saxon, 1986). Şekil 3.8’de görüldüğü gibi, dış ortam koşullarına göre yalıtılmış binanın, sera mekanına bitişik yüzeyinde herhangi bir önlem alınmamıştır.



Şekil 3.8: Tampon Bölge (Buffer Zone) Etkisi

Herhangi bir ısıtma sistemi olmaksızın direkt güneş enerjisi kazancıyla dış ortam sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa sahip tampon bölge, ana mekanla dış ortamı birbirinden ayırmaktadır. Böylelikle konfor sıcaklığını sağlamak için tüketilen enerji azaltılmaktadır.

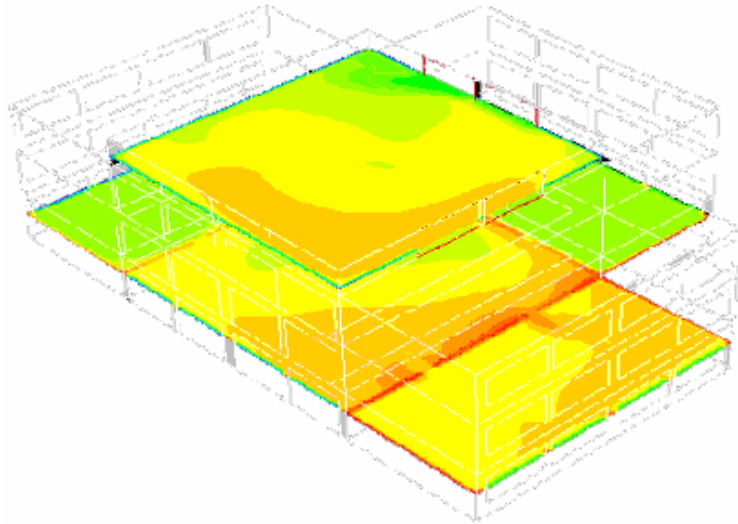
Atrium da binanın ana mekanları ile dış ortam arasında oluşturulmuş bir tampon bölge olarak kabul edilebilir. Bu düşünceye göre belirli bir ortam sıcaklığına göre şartlandırılmış ana mekanları dış ortamdan ayıran atriumların ortam sıcaklığı, dış hava sıcaklığıyla ana mekanın ortam sıcaklığı arasında bir değere sahip olmalıdır. Atrium hava kütesinin sıcaklığı, dış ortam ve ana mekan sıcaklığı arasında bir

değere sahip ise duvarın iki yüzeyi arasındaki ısı farklılıklarından kaynaklanan ısı akışı az olur. Bu etkiye “Buffering Effect”, Tamponlama Etkisi denir. Atrium, tampon olarak görev yapan büyük hava kütlesi oluşturarak ana mekanlar üzerindeki güneş ışınımının, ısı farklılıklarının, kış rüzgarlarının ve hava sızmalarının soğutucu etkilerini emerek azaltır (Bednar, 1986).

Mills’e (1994) göre, enerji korunumu stratejileri geliştirilirken tampon bölge olarak düşünülen atrium, bina ile dış çevre arasında bir yalıtım tabakası vazifesini görmektedir. Tamponlama etkisi, bu mekanların kış döneminde ısı kazanç kapanları olacak, yaz döneminde ise ısı kütlesi ve doğal havalandırma ile binanın soğutma yükünü azaltacak şekilde geliştirilmesine olanak vermektedir.

Hava Tabakalaşması Etkisi

Atriumlarda görülen bir diğer fiziksel olgu ise hava tabakalaşmasıdır. Atriumu dolduran hava, atriuma bitişik bina yüzeylerinden ısı kayıpları ve atrium mekanına camlama sisteminden (camın özelliklerine bağlı olarak) geçirilen güneş enerjisi kazancı nedeniyle ısınmaktadır. Isınan hava yükselerek, atriumun tepe noktalarında yoğunlaşmakta ve atriumun alt kotları ile üst kotları arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan bu tabakalaşmaya hava tabakalaşması denmektedir (Şekil 3.9) (Kainlauri ve Vilmain, 1995). Şekil 3.9’de atriumdaki farklı yüksekliklerdeki sıcaklık dağılımı görülmektedir.



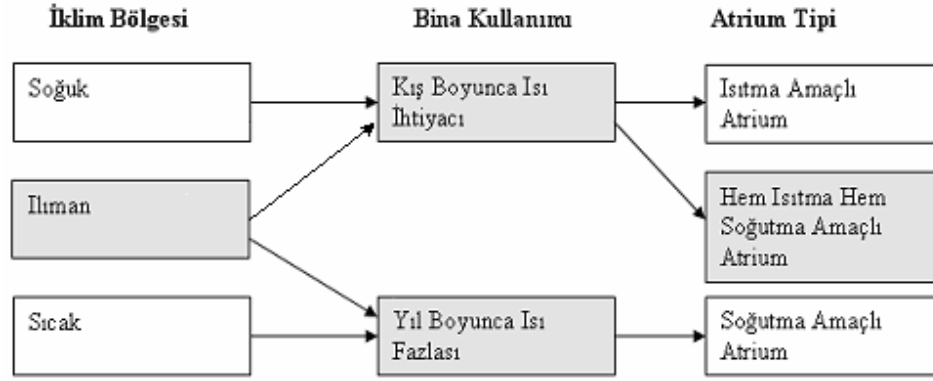
Şekil 3.9: Atriumda Hava Tabakalaşma Olayı

Hava tabakalaşması ve tabakalaşmaya neden olan etkenlerin araştırıldığı **Jones ve Luther (1993)** tarafından yürütülen çalışmada, bu mekanlarda görülen termodinamik davranışları anlayabilmek üzere varolan iki bina üzerinde incelemeler yapılmıştır. Eğitim amaçlı kullanılmakta olan binalardan birincisi uzun, dar ve yüksek kesit oranına sahip 4 katlı atriumlu bir binadır. Diğeri ise kare planlı ve 4 katlıdır. Çalışmada çıkan sonuçlar; her iki mekanda da ölçülen hava tabakalaşması değerinin dış hava sıcaklığıyla direkt ilişkili olduğu görülmüştür (hava tabakalaşması ise en fazla temmuz ayında ölçülmüştür). Güneşin zenit açısı arttıkça, yani güneş öğlesinden uzaklaştıkça, katlar arasındaki sıcaklık farkında düşüşler tespit edilmiştir. Benzer iklim koşulları altında yüksek kesit oranına sahip birinci tip binada, hava tabakalaşması daha fazla görülmüştür (yüksek kesit oranına sahip ilk binada üst kotlarla alt kotlar arasında ölçülen sıcaklık farkı yazın 15°C civarındadır. Diğer binada ise bu fark 8.9 °C olarak ölçülmüştür). Kapalı gökyüzü koşullarında ve dış hava sıcaklığının oldukça düşük olduğu durumlarda, her iki atriumun tepe noktalarında ölçülen sıcaklık alt kotlarda ölçülen değerlerden daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni çatı yüzeyinden gökyüzüne ısınım yoluyla ısı transferine bağlı olarak aşırı ısı kayıplarıyla açıklanmıştır. Bu olay soğuk çatı yüzeyinde yoğunlaşmalara ve konforsuz koşulların oluşmasına neden olmaktadır.

Hava tabakalaşması ve tabakalaşmaya neden olan etkenlerin araştırıldığı diğer bir çalışma ise **Yoshino ve diğ. (1995)** tarafından yapılmıştır. 14 atrium tipi binaya ait hava tabakalaşma değerleri gün boyunca ölçülmüş ve ölçülen bu değerler karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen bu alan çalışmasında, yaz döneminde pek çok binada soğutma yapılmasına rağmen üst kotlarda 50°C varan sıcaklıklar ölçülmüştür.

Atriumun İklim Bölgelerine Göre Tipleştirilmesi

Atriumda görülen fiziksel olaylar (sera etkisi ve hava tabakalaşması), bu mekanların kullanım amacına bağlı olarak uygun bir biçimde şartlandırılmasını, enerji tüketiminin kontrolünü ve performansının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Atriumda görülen bu fiziksel olayların yanı sıra atrium tipi binaların ısıtma ve soğutma stratejilerinin belirlenmesinde, binanın bulunduğu iklim bölgesi de önemli bir etkindir. İklim bölgesi verileri, ısıtma veya soğutma enerjisi tüketiminin ağırlığına göre atrium tipinin seçimini etkilemektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: İklim Bölgelerine Göre Atrium Tipinin Belirlenmesi (Saxon, 1986:85)

Isıtma amaçlı atrium soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü, genellikle kapalı gökyüzü koşullarının geçerli olduğu bölgelerde uygulanmaktadır. Bu tür atriumlarda, atrium iç duvarının ve döşemesinin ısı depolama kapasitesinin yüksek olmasıyla, güneşlenme saatlerinde ısı depolanması, atrium hava sıcaklığının gün boyu dengeli olmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca çatı yüzeylerinde ısı yalıtımı yoluyla ısı kayıplarının engellenmesi, ısı korunumu açısından önemlidir. Bu durumda atriumu binanın ısıtma sisteminin bir parçası olarak düşünmek, enerji sakınımı açısından iyi sonuçlar vermektedir.

Hem ısıtma, hem soğutma amaçlı atrium, ılıman iklim bölgelerinde uygulanmaktadır. Bu tip atriumlarda soğutma enerjisi tüketiminin toplam maliyeti daha fazla etkilediği göz önüne alınarak, daha çok soğutma stratejileri açısından binanın tasarlanması uygun görülmektedir.

Soğutma amaçlı atrium sıcak iklim bölgelerinde uygulanmaktadır. Yüksek hava sıcaklığı, nem ve direkt güneş ışınlamalarına karşı alınacak önlemler enerji tüketiminin azaltılması açısından önem kazanmaktadır. Bu tür atriumlarda alınacak önlemler ısıtma amaçlı atriumlarda alınan önlemlerin tam tersidir. Güneşin etkisinden olabildiğince korunmak amaçlanmaktadır.

Atriumun enerji stratejisinin belirlenmesinde binanın konumlandığı iklim bölgesinin yanı sıra, atriumun kullanım amacının da doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Aşağıda atriumun kullanım amacı ve istenilen konfor sıcaklıklarına ilişkin veriler yer almaktadır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Kullanım Amacına Uygun Olarak Atriumda İhtiyaç Duyulan Ortam Sıcaklığı (Bryn, 1995; IEA, 1995)

Kullanım Amacı	Tanım	Minimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Sirkülasyon	Kullanıcılar atriumda uzun süreli vakit geçirmezler ancak bir yerden başka bir yere gitmek için kullanırlar	10-14
Aktif Kullanım	Lobby, Spor salonu, Sergi Alanı	12-18
Dinlenme Mekanı	Uzun süreli kullanımlar içindir. Restoran, Ofis vb.	20
Bitki Yetiştirme	Sera veya bahçe	5

Tablo 3.1’de de görüldüğü gibi, içerisinde gerçekleştirilecek eyleme göre atriumun belirli bir ortam sıcaklığında olması gerekmektedir. Ancak atriumun bir iç mekan ögesi olarak düşünülmesi, içerisinde gerçekleştirilen eylemler için ihtiyaç duyulan ortam sıcaklıklarının sağlanması için ısıtılıp, soğutulması anlamına gelmektedir. Uzun süreli kullanımlar için tasarlanan atriumlarda ihtiyaç duyulan sıcaklık, kısa süreli kullanıma göre oldukça fazladır.

Oysa saydam bir kabuğa sahip bu mekanlarda hem ısıtma, hem de soğutma ihtiyacı için sarf edilen enerji, binanın ana mekanları için sarf edilen enerjiden daha fazla olabilmektedir (Landsberg, 1986). Kışın camlama sisteminde görülen ısı kayıpları nedeniyle oluşacak ısıtma enerjisi ihtiyacının yanı sıra, yazın aşırı sıcaklıkların düşürülmesi için harcanacak soğutma enerjisi miktarı, binanın toplam enerji tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Pasif enerji sisteminin bir parçası olarak binanın enerji yükünü azaltmak yerine, atriumların iç mekan ögesi olarak düşünülmesinden kaynaklanan aşırı enerji tüketimi çözülmesi gereken bir sorun olarak görülmektedir.

3.2.1.2 Atrium Tipi Binalarda Isıtma Stratejileri

Binanın konumlandığı iklim bölgesine göre atriumun tipine ve kullanım amacına karar verildikten sonra, atrium ile ana mekanlar arasında kurulacak ilişki tipinin de belirlenmesi gerekmektedir. Atrium ve binanın ana mekanları:

- Birbirlerinden tamamen ayrı aktif sistemlere sahip olabilirler
- Atrium mekanı taze hava ünitesi olarak kullanılabilir
- Atrium mekanı geri dönüşüm ünitesi olarak kullanılabilir.

Atrium ile binanın ayrı ısıtma, havalandırma, soğutma (HVAC) sistemlere sahip olması durumunda, binanın HVAC sistemiyle atrium arasında herhangi bir alışveriş yoktur. Ana mekanla atriumu ayıran duvarlar, eğer atrium ısıtılmıyorsa, yalıtım ve sızdırmazlık açısından, dış duvar gibi tasarlanabilmektedir.

Atrium taze hava dönüşüm ünitesi olarak tasarlandığında; ısıtma sistemi için gerekli taze hava, binanın yüzeylerinden kaybedilen ısı ve güneş enerjisi kazanımı sebebiyle bir miktar ısınmış olarak atriumdan alınır. Böylelikle dışarıdakine oranla daha sıcak olan havayı sistem sıcaklığına getirmek daha düşük maliyetli olabilmektedir.

Geri dönüşüm ünitesi olarak tasarlandığında ise, mekanlardan alınan kirli hava atriuma verilerek atriumun bu hava ile belli bir oranda ısıtılması sağlanarak, atriumu çevreleyen yüzeylerden ısı kayıpları azaltılmaktadır. Herhangi bir aktif sistemin bulunmadığı atriumlarda kışın, yüzeylerin enerji korunum niteliği iyileştirilerek, güneş enerjisi kazancıyla alınan enerjinin geri verilmesi engellenebilmektedir. Yazın ise güneş ışınlamından korunmuş, doğal havalandırma ile soğutulan bir pasif enerji sistem elemanı gibi davranabilir.

Atrium hacmini geri dönüşüm ünitesi olarak değerlendirmek, ısıtma stratejisi açısından oldukça elverişlidir. Binanın ana mekanlarını ısıtmak için kullanılan hava, atriumu ısıtmak için yeniden kullanılabilir. Atriuma geri dönen hava, burada atriumun cam yüzeylerinden geçen güney ışınlamıyla tekrar ısıtılarak ve belli bir oranda taze havayla karıştırılarak ana mekanlara gönderilir.

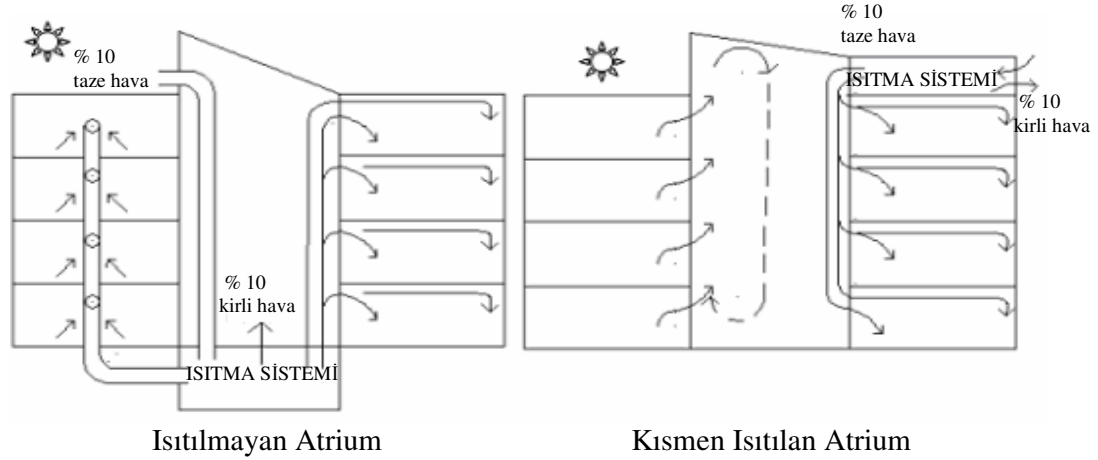
Kainlauri ve Vilmain'in (1995) yapmış olduğu çalışmada atrium tipi binalarda görülen problemler, bina yönelişi, aydınlatma, hava tabakalaşması, HVAC sistemler ve kontrolü, iç ortam kalitesi, akustik gibi başlıklar altında irdelenmektedir. Binanın yönünün belirlenmesinde bina kullanımının, aydınlatma açısından gölgeleme elemanı tespitinin, hava tabakalaşmasının olumsuz sonuçlarını gidermek üzere aktif sistemlerin veya doğal havalandırmanın gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Bu çalışmaya göre, atrium hacmini binanın ısıtma sisteminin geri dönüşüm ünitesi olarak düşünmenin bazı sakıncaları bulunmaktadır. Atriumu çevreleyen mekanlardan havanın geri dönmesi bir problem olarak ele alınmaktadır. Ayrıca, yangına karşı önlem olarak açılan havalandırma deliklerinden ısı kayıpları söz konusu olmaktadır. Bu deliklerin yazın aşırı ısınma etkisini önlediği düşünülürse, kışın ısı kayıplarının önüne geçmek için yapılacak müdahale hem soğutma enerjisi tüketimini artırıp, hem

de yangın esnasında dumanın atılmasını zorlaştırmaktadır. Atrium hacminde görülen hava tabakalaşması nedeniyle, mekanlara gönderilen hava, her katta sıcaklık bakımından aynı seviyede olmadığından, iç mekan hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yukarıdaki ilişki tipine göre:

- Ana mekanla atrium arasında herhangi bir hava alışverişi olmayan atriumlar
- Ana mekanla atrium arasında hava alışverişinin bulunduğu ancak ısıtılmayan atriumlar
- Ana mekanla atrium arasında hava alışverişinin bulunduğu ve 7-13 °C 'ye kadar ısıtılan atriumlar
- Ana mekanla atrium arasında sürekli olarak hava alışverişi bulunan ve ortam sıcaklıkları ve iklimlendirme açısından herhangi bir fark bulunmayan atriumlar tasarlanabilir (Saxon, 1986; Mills, 1994).

Şekil 3.11'de görüldüğü gibi ısıtma amaçlı atriumda kış koşulları altında yukarıda açıklanan iki prensibe (ısıtılmayan ve kısmen ısıtılan) ait ısıtma sistemine yer verilmiştir. İlk sistemde atrium, ısıtma sisteminden gelen % 10 kirli havayla ısınmaktadır. İkinci sistemde ise atrium ısıtma sistemi ile belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır.



Şekil 3.11: Atriumlarda Isıtma Stratejileri (Saxon, 1986:86)

Jones ve Luther'e göre (1993), atriumlarda gerçekleşen eylemler için ihtiyaç duyulan konfor sıcaklığı daha düşük olduğu için, atrium binanın ısıtma sisteminden ayrı olarak düşünülmelidir. Atrium, ortam sıcaklığının ani değişimlerine uyum sağlayabilecek esnek ve iki parçalı bir HVAC sistemine sahip olmalıdır. Isıtma

sisteminin iki parçalı olarak düşünülmesi enerji tüketimini azaltılması açısından daha uygundur. Örneğin açık gökyüzü koşullarında, yoğun güneş ışıınımı etkisiyle oluşan hava tabakalaşması sonucu üst kotlarda toplanan sıcak hava buradan alınarak, ihtiyaç duyulan alt kotlara gönderilebilir. Aynı şekilde kapalı gökyüzü koşullarında, çatı yüzeyinden göğe doğru ışıınım yoluyla enerji kaybı nedeniyle atriumun üst kotlarında hava sıcaklığı, alt kotlardan daha düşüktür. Bu kotta kullanıcı memnuniyeti bir kriter olarak ele alınmadığından, cam yüzeyinde yoğunlaşmayı önleyecek kadar enerji takviyesi yeterli olmaktadır.

Atriumu binanın ısıtma sisteminin bir parçası olarak düşünmek, enerjinin etkin bir biçimde kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle atriumlarda ısı korunumu önem kazanmaktadır. Atriumun dış kabuğunu oluşturan cam yüzeylerden ısı kaybını engellemek için, yalıtımlı veya Low-E camlar kullanılmalıdır. Opak çatı yüzeylerinde ve cephe elemanlarında yüksek yalıtım yapılmalı, çerçevelerde oluşacak ısı köprüleri ve hava sızdırmaları engellenmelidir.

Atrium tipi binalarda ısıtma enerjisi stratejilerinin belirlenmesinde bir diğer etken atrium plan tipolojisiidir. Atriumun dış çevreye bakan yüzeyleri arttıkça enerji performansı değişmektedir. Örneğin orta avlulu atrium plan tipi üç tarafı çevrili plan tipine göre dış çevre etkilerinden daha fazla korunaklıdır. Atrium plan tipolojisinin binanın enerji performansına etkilerinin araştırıldığı çalışmalardan biri de **Bryn (1995)** tarafından yürütülmüştür. Yürütülen bu çalışmada doğrusal ve sera tipi atriumlar karşılaştırılmış ve karşılaştırmada ortalama hava sıcaklığı bir değişken olarak alınmıştır. Basit bir hesaplama yöntemi geliştirilerek bu atriumların iç ortam sıcaklığı ve enerji tüketimine ilişkin bir değerlendirme çalışması yapılmıştır. Doğrusal atrium tipinde atriuma bitişik yüzeyler, sera tipi atriumdan daha fazla olduğu için, ana binadan atriuma ısı kayıpları daha fazla olmakta, buna karşılık sera tipi atriumda üç tarafı camlama sistemi ile oluşturulduğu için ısı depolama kapasitesi daha az olduğundan, günlük sıcaklık değişimleri daha fazla olmaktadır. Elde edilen bu sonuçlarla enerji kayıpları ve güneş enerjisi kazancına göre farklı iki tipte atriumun ısıtma enerjisi stratejilerinin belirlenmesine ilişkin saptamalar yapılmıştır.

Enerji korunumunun sağlanması için ele alınması gereken bir diğer faktör ise yönlenmedir. Bütün gün ve mevsimler boyunca atriumlar yöne bağlı olarak direkt güneş ışıınımını çok farklı miktarlarda ve doğrultuda alırlar. Atriumun duvar ve döşeme yüzeylerinin maruz kaldığı direkt güneş ışıınımı, gökyüzü koşullarıyla

doğrudan ilişkilidir. Değişken gökyüzü koşulları, mevsimsel etkiler atrium iç mekanında oluşan pasif enerjinin ve ortam sıcaklığındaki anlık değişimlerin önceden belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Atriumun baktığı yön ve manzara güneş kontrolü açısından önem taşımaktadır. Binanın manzara yönü doğu veya batıya yönelmemişse, düşük açılı güneş ışınlarının kontrolünün zorluğu nedeniyle bu yönlerden kaçınmak gerekmektedir. Seçilecek olan enerji stratejisine bağlı olarak kuzey ve güney yön tercih edilebilir.

3.2.1.3 Atrium Tipi Binalarda Soğutma Stratejileri

Yukarıda sıralanan ısıtma stratejilerinin yanı sıra pek çok atrium binası yüksek iç kazançların bulunduğu ve genellikle günün en sıcak saatlerinde kullanılan binalar olduğundan, soğutma da önemli bir enerji stratejisi olarak ele alınmaktadır. Sıcak ve sıcak nemli iklim bölgelerinde, soğutma öncelikli bir sorun olarak görülürken, soğuk iklim bölgelerinde bile pasif enerji kazancına bağlı olarak soğutmanın gerekli olabildiği görülmektedir. Atriumun pasif olarak soğutulmasında 4 teknikten söz edilmektedir.

- Güneş enerjisi kazançlarının kontrolü
- Isıl kütlelerin kullanımı
- Işınım yoluyla soğuma
- Taşınım yoluyla soğuma

Yaz dönemlerinde sadece bu teknikler, atrium ortam sıcaklığının kullanıcı konfor sıcaklığına indirilmesi için yeterli olmayabilir; ancak aktif soğutma sistemine yardımcı olabilmektedir.

Güneş enerjisi kazançlarının kontrolü, güneş ışımasını mekan içerisine alınmasını engellediği için etkili bir yöntemdir. Güneş enerjisi kazançlarının kontrolü, uygun yön seçimi, biçim ve boyut tasarımı, bitki kullanımı ve gölgeleme elemanları ile sağlanabilmektedir.

Sıcak iklim bölgelerinde güneş enerjisi kazancının azaltılmasında atriumun baktığı yönün doğru tespit edilmesi önemlidir. Ilıman iklim bölgelerinde kuzeye yönelmek soğutma enerjisi tüketiminin daha az olması ve kamaşma etkisi oluşturmeyen yaygın ışığın alınması nedenleriyle tercih edilmektedir. Soğuk iklimlerde ise güneye yönelmiş atrium cam yüzeyinde, yazın dik gelen güneş ışınlarından koruyan, kışın

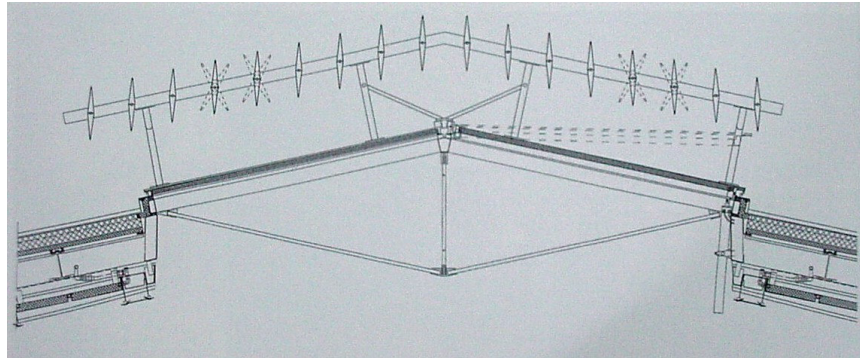
ise eğik gelen güneş ışınlarının alınmasına imkan veren bir gölge elemanı kullanımı uygundur.

Atrium tasarımında en, boy ve yükseklik boyutlarının birbirleriyle oranları önem kazanmaktadır. Bu oran atrium yüzeyleri üzerindeki güneş ışıını miktarını etkilemektedir. Bu oran doğal aydınlatmayı, pasif ısıtmayı ve soğutmayı etkiler. Yüksek ve ensiz bir atrium, güneş ışıınının alt kotlardaki iç yüzeylere ulaşmasını zorlaştırırken, buna karşıt olarak üst kotlarda ısı taşınım akımları oluşturarak yoğunlaşmış güneş ışıınının tepe noktalarda kalmasını sağlayarak pasif soğutmaya katkıda bulunmaktadır. Ancak yükseklik fazla miktarda hava tabakalaşmasına neden olacaktır. Her iklim tipi ve bina kullanımı için plan kesit oranı ilgili ölçütler göz önüne alınarak tasarlanmalıdır.

Bitkilerle gölgeleme metodu, binaların büyüklüğü göz önüne alınırsa, oldukça düşük bir etki yaratmakla birlikte, uzun süreli kullanılan atrium zemininde kullanıcıları güneş ışıını etkisinden koruyacak biçimde gölgeli alanlar elde edilmesine olanak vermektedir.

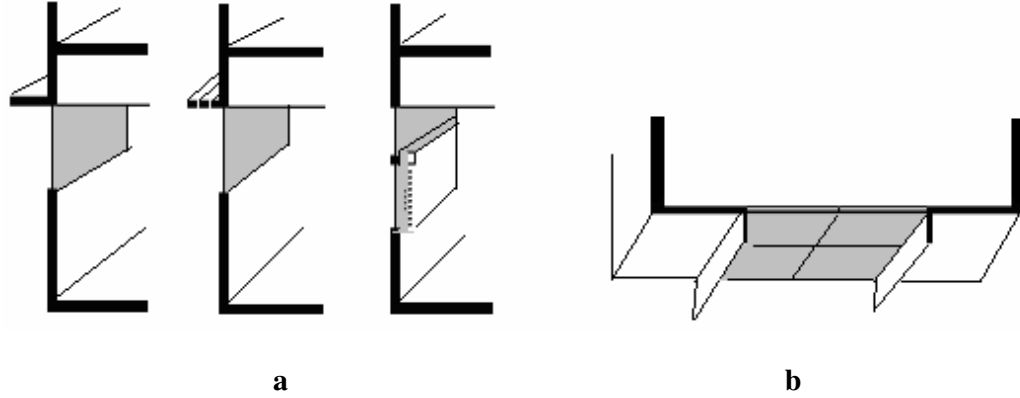
Güneş ışıınının kontrolünde gölgeleme elemanları önemli bir rol üstlenirler. Örneğin, güneye yönelmiş atrium cam yüzeyinde, yazın dik gelen güneş ışıınlarını kesecek, kışın ise eğik gelen güneş ışıınlarının alınmasına imkan verecek bir gölge elemanı kullanımıyla hem ısıtma, hem de soğutma enerjisi giderleri azaltılabilir (Şekil 3.12).

Özellikle çatı yüzeylerinin yaz boyunca dik gelen güneş ışıını geçirmesini önlemek üzere sabit veya hareketli gölgeleme elemanları kullanılması, soğutma stratejisi açısından oldukça önemlidir.



Şekil 3.12: Çatıda Bulunan Camlama Sistemlerinde Hareketli Dış Gölgeleme Elemanı Kullanımı (Herzog ve diğ., 1996)

Şekil 3.13'te de görüldüğü gibi güney yönünde yatay (a), doğu ve batı yönlerinde ise dikey (b) gölgeleme elemanı, güneş ışınımının bina içerisine alınmasını önlemek üzere etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır. İç gölgeleme elemanları güneş ışınımının mekan içerisine alınmasına engel olmakla birlikte, gölgeleme elemanı ve camlama sistemi arasında sıcak hava yükselerek birikmekte ve taşınım yoluyla iç ortam sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle dış gölgeleme elemanları soğutma enerjisi tüketiminin azaltılmasında daha etkin rol oynamaktadır.



Şekil 3.13: Güney ve Doğu-Batı Yönlerinde Uygulanan İç ve Dış / Yatay ve Dikey Gölgeleme Elemanları

Herhangi bir gölgeleme elemanı kullanılmaksızın atriumun çatısını oluşturan camlama sisteminin binanın enerji performansına olan etkisi **Laouadi ve diğ. (2003)** tarafından yapılan çalışmada irdelenmiştir. Bu çalışma için orta avlulu, üç tarafı çevrili ve doğrusal plan tipine sahip atriumlar önerilmiştir. Bu tiplerde atriumla çevresindeki mekanlar arasında camlama sistemindeki infiltrasyon dışında herhangi bir hava hareketi göz önüne alınmamıştır. Atriumun çatısını oluşturan camlama sistemine ilişkin üç farklı seçenek oluşturulmuştur; düz, piramit ve beşik çatı. Camlama seçenekleri ise farklı ısı iletkenlik ve optik değerlere sahip 5 çeşit camdan oluşturulmuştur.

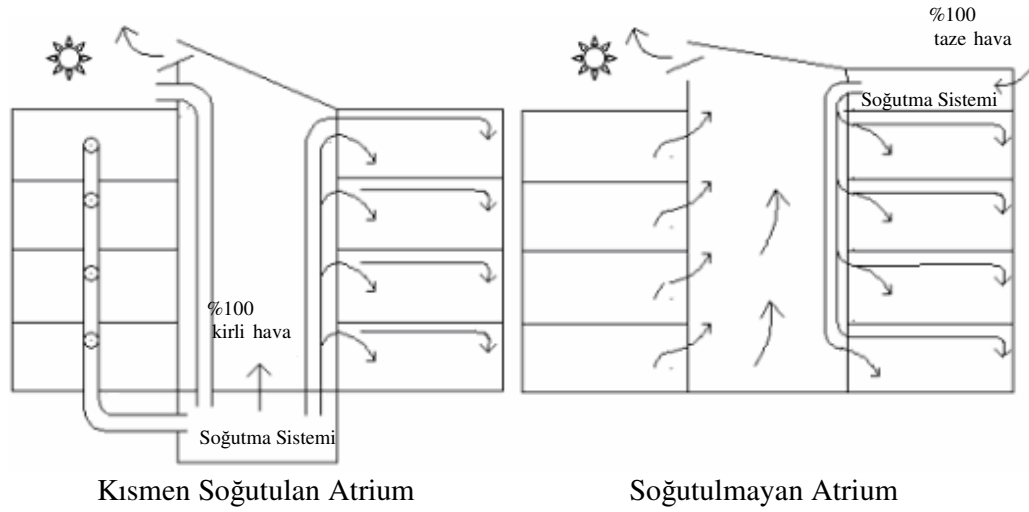
Yapılan çalışma sonucunda referans camlama sistemi ile en fazla ısıtma enerjisi doğrusal atrium plan tipinde, en fazla soğutma enerjisi ise üç tarafı çevrili atrium tipinde görülmüştür. Toplam enerji tüketimi açısından en yüksek değer üç tarafı çevrili atrium tipine aittir. Soğutma enerjisi tüketimi en fazla görülen üç tarafı çevrili atrium tipinde çatı örtüsünün enerji tüketimine etkisine bakıldığında, piramit şeklinde çatı örtüsü en fazla enerji tüketiminin görüldüğü tip olmuştur.

Bir diğ er soğutma stratejisi de ısı k t lelerin kullanımıdır. Isı depolama kapasitesinin yüksek olması, güneşlenme saatlerinde ısının depolanması ve ihtiyaç duyulduğu saatlerde veya güneşlenme imkanı olmayan zamanlarda kullanılması açısından bir soğutma stratejisi olarak kullanılmaktadır. Atrium i  duvarının ve döşemesinin ısı depolama kapasitesinin yüksek olması, zaman geciktirme etkisi nedeniyle güneşlenme saatlerinde ısının depolanmasını ve direkt güneş ışıını se ep olduğu anlık sıcaklık artışının yarattığı konforsuz koşulların giderilmesini sağlamaktadır.

İşınım yoluyla atriumların soğutulması, genellikle sıcak iklim bölgelerinde ve özellikle gece ve gündüz sıcaklık farklarının fazla olduğu yerlerde kullanılabilir. Yatay yüzeylerin gece boyunca gökyüzüne işınım yoluyla yayınladıkları enerji, gün boyunca ısınan bina bileşenlerinin soğumasına neden olmaktadır (**Sayigh, 1979**). Bu prensipten yola çıkılarak, atriumun saydam çatı yüzeyinden gece boyunca işınım yoluyla yayınlanan enerji, gün boyunca güneş işınımına maruz kalan yüzeylerin soğumasına ve böylelikle binanın soğutma enerjisinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Ancak atriumun bu dönemde güneş işınımlarını doğrudan alması durumunda atriumun gündüz soğutma yükünü arttırıcı özellik taşıyacaktır.

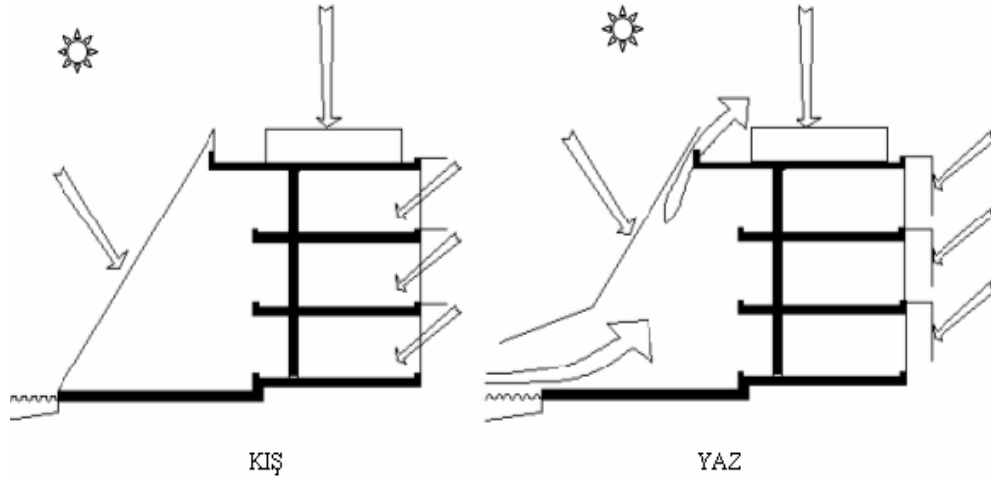
Taşınım yoluyla soğutmada, baca etkisiyle atriumlarda oluşan aşırı sıcaklığın dışarıya atılması mümkündür. Atrium mekanlarında karşılaşılan bir başka sorun ise, ısınan havanın yükselmesiyle, üst seviyelerde biriken sıcak havanın oluşturduğu hava tabakalaşmasıdır. Soğuk havaya göre yoğunluğu daha az olan sıcak hava yükselir. İç hava ile dış hava birbirlerinden farklı sıcaklıklara ve yoğunluklara sahiptir. Bina üzerinde farklı kotlardaki açıklıklar vasıtasıyla, hava yoğunlukları arasındaki bu farklar nedeniyle hava hareketleri oluşur. Sıcaklık farkı nedeniyle oluşan hava akımı etkisi (baca etkisi-stack effect) sayesinde atriumda yazın aşırı ısınma giderilebilmektedir. Atriumlar binanın soğutma sistemi ile birlikte düőünüldüklerinde baca etkisiyle hem binada, hem de atriumda oluşan sıcak havanın dışarı atılması taşınım ile mümkün olmaktadır (**Markus ve Morris, 1980**).

şekil 3.14'te görülen ilk kesit kısmen soğutulan, ikincisi ise soğutulmayan atriuma aittir. G r ld ğu gibi baca etkisi kullanılarak tüm mekanlardan dönen kirli ve sıcak hava atriuma verilerek, tepe noktasından açılan camlama sistemi vasıtasıyla bina soğutulmaktadır.



Şekil 3.14: Atriumlarda Soğutma Stratejileri (Saxon, 1986:86)

Şekil 3.15'te görülen kesitler, Almanya'da Bilim ve Teknoloji Parkı'ndan bir örnektir. 300 m uzunluğunda güneye bakan cam cephesi bulunan binanın önünde yer alan büyük havuz, yaz günlerinde buharlaşma ve taşınım yoluyla soğutma etkisi yapmaktadır.



Şekil 3.15: Bilim ve Teknoloji Parkı, Almanya (Herzog ve diğ., 1996)

Bu örnekte yazın gölgeleme elemanlarıyla güneş ışıını kontrol altına alınmaktadır. Pasif soğutma için sıralanan yöntemler hem kış, hem de yaz koşullarında binanın aktif sistemlerini destekleyecek şekilde kullanılma olasılığı vardır.

3.2.1.4 Atrium Tipi Binalarda Doğal Havalandırma Stratejileri

Pek çok modern bina tasarımında atriumlar doğal havalandırma açısından önemli roller üstlenmektedirler. Bina ana mekanlarına komşu yüzeylerden ısı kayıpları ve direkt güneş ışınlamı nedeniyle sıcak hava kütesine sahip atriumların, yaz ve kış dönemlerinde uygun bir strateji geliştirilerek havalandırılması, enerji tüketiminin kontrolü ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanabilmesi açısından önemlidir (Holford ve Hunt, 2003).

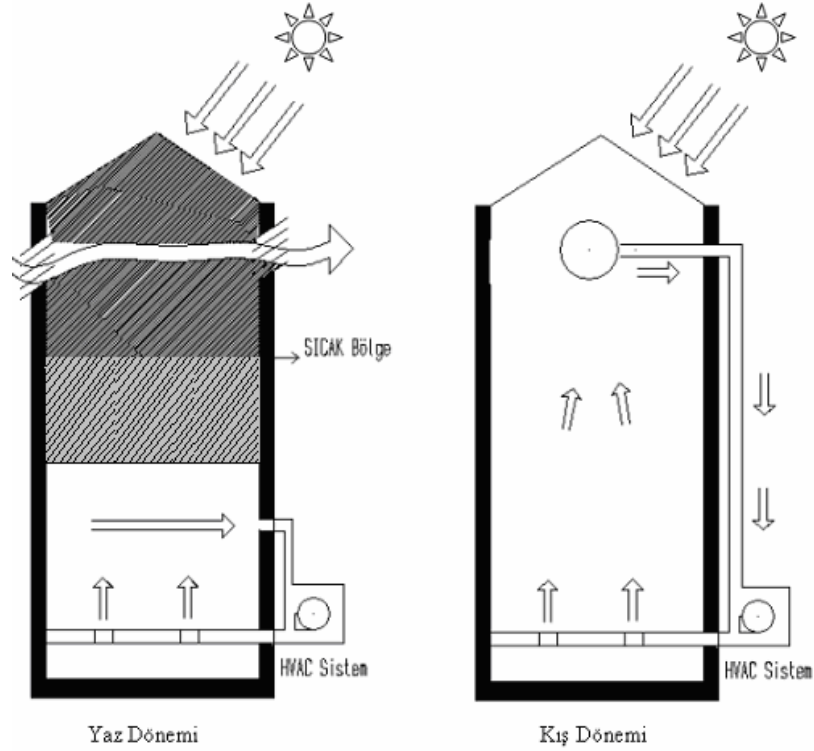
Doğal havalandırma sisteminin temel bileşenleri;

- Dış hava girişini sağlayacak biçimde yerleştirilmiş ve şekillendirilmiş, uygun bir bina formu,
- Uygun biçimde boyutlandırılmış hava giriş ve çıkış ünitelerinin yeteri kadar kirli havayı dışarı atması ve temiz havayı dışarıdan alabilmesi,
- Doğal havalandırma yöntemlerinden dış iklimsel koşullar için elverişli olanının belirlenerek, uygulanması (Mansouri ve diğ., 2003)

İhtiyaç duyulan havalandırma oranını ve kapasitesini karşılamak için gerekli geometrik düzenlemeler ve açıklık boyutu doğru bir biçimde tasarlandığında, atriumların doğal havalandırması ısı farklılıklar ve rüzgarla sağlanabilmektedir. Atriumun havalandırma sisteminin amacı; yaz döneminde mümkün olduğunca düşük iç ortam sıcaklığı elde etmek, kış döneminde ise atriumun üst seviyelerinde biriken sıcak havayı mekanlara iletmek, en az enerji harcayarak nemi ve hava kirliliğini uzaklaştırmak olmalıdır. Bu kabuller minimum ve maksimum havalandırma kapasitesinin belirlenmesiyle olanaklıdır (Andersen, 1995).

Simmonds (1994) tarafından yapılan ve doğal havalandırma stratejilerinin atriumda görülen hava tabakalaşmasına etkisini irdelemektedir. Bu çalışmaya göre havalandırma yapıldığı sırada haziran ayında yapılan ölçümlerde atriumun en alt kotunda ölçülen değer 26°C'dir. Temmuzda ise en yüksek sıcaklık 32°C olarak kaydedilmiştir. Temmuz ayında havalandırma olmadan yapılan ölçümlerde dış hava sıcaklığı 25°C civarındayken, 38°C iç ortam sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Havalandırma yapılmayan ortamlar, yapılan ortam arasında 6°C civarında sıcaklık farkı ölçülmüştür. Mayıs ayında havalandırma olmadan yapılan ölçümlerde dış hava sıcaklığı 10°C, iken, atriumda ölçülen sıcaklık değeri 22°C'dir.

Şekil 3.16’da görüldüğü gibi ısınan havanın yükselmesi nedeniyle atriumun üst kotlarında biriken sıcak hava, karşılıklı olarak yerleştirilen açıklıklarla mekandan uzaklaştırılarak atriumun havalandırılmasını sağlarken, soğutma enerjisinin azaltılmasına da katkıda bulunmaktadır. Kış döneminde ise yine üst kotlarda biriken sıcak hava, fanlar yardımıyla emilerek ısıtma sistemine aktarılmaktadır. Böylelikle atriumda belirli bir sıcaklığa sahip hava kütesinin, istenilen sistem sıcaklığına getirilmesi için harcanan enerji de azaltılabilmektedir.



Şekil 3.16: Atriumlarda Doğal Havalandırma Stratejileri (Jones veLuther, 1993)

Atriumların havalandırılmasında iki temel prensip bulunmaktadır. Birincisi yaz döneminde hava tabakalaşmasına bağlı olarak üst kotlarda toplanan sıcak havanın baca etkisi kullanılarak dışarı atılmasını sağlamak, ikincisi ise kış döneminde üst kotlarda biriken sıcak havanın basit fanlar yardımıyla alınarak, alt kotlara verilmesini sağlamak. Bu iki yöntem ısıtma ve soğutmada enerji sakınımına yardımcı olmaktadır (Jones ve Luther, 1993; Simmonds, 1994).

Tüm bu beklentilerin gerçekleştirebilmesi, havalandırma sisteminin doğru konumlandırılmasına, hava giriş ve çıkışlarının doğru bir biçimde boyutlandırılmasına da bağlıdır.

Atriumun enerji etkinliğini belirleyen diğer bir faktör ise hava sızdırmazlıktır. İç ortamla dış ortam arasındaki hava basınç farklılıkları, camlama sistemindeki birleşim noktalarından veya derzlerden hava akışı meydana getirebilmektedir.

Dışarıdan alınan havanın soğutulması veya ısıtılması gerektiğinde bu olay, binanın ısıtma ve soğutma yüklerini de etkileyecektir. Bu nedenle cam ve çerçeve, kayıtlı cam, kayıtlı çerçeve, çerçeve duvar arası birleşim noktalarının sızdırmazlığı önem taşımaktadır. Sabit camlama sistemlerinde hava sızdırmazlığını kontrol altına almak daha kolay iken, açılır kanatlarda sızdırmazlık önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Hava sızdırmazlığı, bina çevresinde oluşan mikro klimaya ve binanın bulunduğu yerin iklimsel özelliklerine de bağlıdır (Carmody ve diğ., 2004).

3.2.2 Atrium Tipi Binalarda Görsel Konfor Koşullarını Belirleyen Etmenler

Görsel açıdan sağlıklı ve konforlu olan veya görsel ihtiyaçlara cevap veren yapma çevre oluşturmak;

- Gerçekleştirilecek eylemler için gerekli aydınlık seviyelerinin sağlanması ve
- Parıltı değerlerinin kontrol altına alınarak, kamaşma olayının önlenmesiyle olanaklıdır.

Aydınlatma enerjisi, direkt olarak toplam enerji tüketim maliyetini, dolaylı olarak ise aydınlatma elemanlarının ürettiği ısı nedeniyle soğutma ve ısıtma enerjisi tüketimini etkilemektedir. Atriumlarda doğal ışığın düzenlenmesi için yapılacak analizlerde, doğal ışığın bina içerisine nasıl alınacağı, düzgün bir biçimde nasıl dağıtılacağı ve çalışma mekanlarında nasıl kullanılacağı çözümlenmesi gereken sorunlar arasında yer almaktadır.

Doğal ışığın bina içerisine kontrollü bir biçimde alınmasında camlama sisteminin tasarımı önem kazanmaktadır. Camlama sisteminin performansını belirleyen değişkenler; toplam camlama alanının cam yüzey alanına oranı, kullanılan cam tipi, cam tipine bağlı olarak güneş ışığı geçirgenlik değeri, gölgeleme elemanı tipidir. Camlama sisteminin ısı kayıp ve kazançları göz önüne alınarak tasarlanması, istenilen düzeyde aydınlık seviyesinin oluşmasını sağlaması nedeniyle binanın aydınlatma enerjisi tüketimini doğrudan etkilemektedir.

3.2.2.1 Atrium Tipi Binalarda Doğal Aydınlatma Stratejileri

Gün boyunca ve mevsimsel etkilere bağlı olarak değişkenlik gösteren gün ışığını, kullanıcı konforu için gerekli aydınlık düzeyini oluşturmak üzere kontrollü olarak mekan içerisine almak, atriumun tasarımında etkili faktörlerden birisidir. Atriumda doğal aydınlatma stratejisini belirleyen faktörler;

- Gölgeleme elemanına bağlı olarak kontrolsüz olarak mekan içerisine alınan doğal ışığın dağılımındaki olumsuzluklar,
- Direkt gün ışığının atriumu çevreleyen mekanlarda daha karanlık hissi vermesi ve bu nedenle oluşan farklılığın giderilmesinde daha fazla yapay aydınlatma enerjisinin kullanılması,
- Kamaşma sorunu,
- Direkt gün ışığı ve yapay aydınlatma nedeniyle artan soğutma enerjisi yükleri şeklinde sıralanabilir (**Fanchiotti ve Amorim, 2001**)

Atrium tipi binalarda doğal aydınlatmayı olumsuz yönde etkileyen koşulların giderilmesinde alınacak önlemler, atrium ve çevresinde yer alan mekanlara bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Atrium tipi binanın tasarımında mekanlarda yeterli gün ışığının elde edilmesi için dikkat edilecek unsurlar, binanın yer aldığı iklim bölgesi ve gökyüzü koşullarına göre şekillenmektedir. Sıcak iklim bölgelerinde güneş ışıınımı kazancı ve kamaşma etkilerini olabildiğince azaltmak için ışığın mekan içerisine dolaylı olarak alınması gerekmektedir. Özellikle doğu ve batı yönlerinde güneş kontrol elemanları kullanılmalıdır. Ilıman iklim bölgelerinde ise mevsimsel etkilere bağlı olarak güneş ışıınımı kazancı çeşitli gölgeleme elemanları yardımıyla kontrollü olarak sağlanmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde, kuzey yönünde camlama alanı azaltılmalı ve direkt güneş ışıınımı kazancı hedeflenirken, kamaşma etkileri dikkate alınmalıdır.

Kapalı gökyüzü koşullarında yaygın ışığı alabilecek tepe ışııklıkları ve atriumun çatı örtüsü olarak camlama sisteminin kullanılması yaygın ışığın alınmasını sağlamaktadır. Güneşli gökyüzü koşullarında ise atrium içerisine alınan doğal ışığın seviyesini düşürse de, genel olarak yansıtıcı veya yarı saydam renkli camlar kullanılmaktadır. Tepe ışııklıkları veya saydam çatı yüzeylerinden alınan güneş ışığının açık gökyüzü koşulları altında kontrolü de yapılmalıdır.

3.2.2.2 Doğal Aydınlatmayı Etkileyen Faktörler

Atriumların binalarda enerji korunumuna en büyük katkılardan birisi de mekanların doğal ışık almalarını sağlayarak, aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yardımcı olmalarıdır. Atrium tipi binalarda doğal aydınlatma seviyesi, atriumun çatı örtüsünün geçirgenliğine, şekline, yanal yüzeylerinin yansıtıcılığına ve atriumu çevreleyen mekanların camlama sistemine göre belirlenmektedir (**Aizlewood, 1995**).

Atriuma komşu mekandaki doğal aydınlık seviyesinin kullanıcı konforunu sağlayacak şekilde ayarlanması için, gün ışığı geçirgenlik değerinin denetlenmesinin yanı sıra doğal ışığın mekanın derinliklerine kadar ulaştırılmasını ve mekanda düzgün dağılmasını sağlayacak önlemler almak tasarımın önemli unsurlarındandır. Atriuma komşu bir mekanın doğal aydınlık seviyesinin belirlenmesinde;

- atriumun yüksekliğinin enine oranı,
- atriumu oluşturan camlama sistemine ait ışık geçirgenlik değeri,
- atrium ve komşu mekanlar arasındaki yüzeylerin yansıtıcılık değerleri,
- atrium döşemesine ait yansıtıcılık değeri,
- atrium ve komşu mekanlar arasındaki camlama sisteminin fiziksel ve optik özellikleri,
- mekanı oluşturan yüzeylere (tavan, döşeme ve duvarlar) ait yansıtıcılık değeri önem taşımaktadır (**Baker ve Steemers, 2002**)

Atriumun en, boy ve yüksekliklerinin birbirleriyle oranı, alınan direkt gün ışığının atrium döşemesine ne oranda ulaştığını belirlemek için kullanılmaktadır. Atrium tasarımına başlamadan önce verilecek kesit oranı kararı, atrium döşemesine ve onu çevreleyen mekanlara ulaşan gün ışığının belirlenmesinde önemlidir. Bu değişken doğal aydınlatma tasarımında etkin bir rol oynamaktadır. Uygun bir kesit değeri verilemese de, kesit oranı düşük olan atriumlarda yeterli gün ışığı sağlamak daha kolay iken, yüksek kesit oranına sahip atriumlarda alt kotlarda yeterli aydınlık seviyesinin elde edilmesi zordur. Bu nedenle yansıtıcılık değeri yüksek iç yüzey malzemeleri kullanılarak, üst kotlardaki direkt ışınım alt kotlara erişecek biçimde yönlendirilmektedir.

Boyer ve Song'un (1994) yapmış olduğu çalışmada sıcak iklim bölgelerinde enerji stratejisi olarak belirlenen güneşten korunma ve soğutma enerjisini en aza indirme çabasının aydınlatma enerjisi üzerine etkileri, atriumun kesit oranı değerlerine bağlı

olarak verilmiştir. Atriumdan beklenen performans gereksinimleri yeterli gün ışığı ve minimum düzeyde direkt güneş ışığı alması, pasif güneş ısısının azaltılması ve kamaşma kontrolünün sağlanması olarak alınmış ve bu performans gereksinmelerine bağlı olarak gün ışığı faktörü, atriumun en, boy ve yükseklik ilişkisiyle irdelenmiştir.

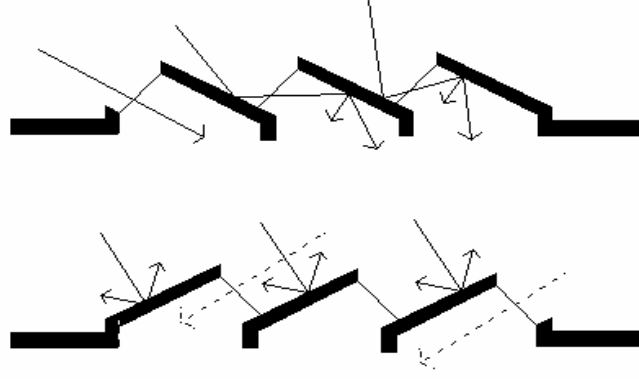
Gillette ve Treado (1992) tarafından yapılan çalışmada atrium çatı örtüsünün binanın aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerjisi üzerinde etkileri biri soğuk ve kuru, diğeri ılıman ve nemli olmak üzere iki farklı iklim bölgesinde örnek bir bina üzerinde, TARP adı verilen bilgisayar programı ile modellenmiş ve atriumun toplam bina enerji tüketimine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan örnek bina, doğu batı doğrultusunda yönelmiş doğrusal atrium planlı ve 3 katlıdır. %30, %60 ve %90 saydamlık oranlarına sahip atrium çatı örtülerinin enerji performansları irdelenmiş ve soğuk iklim bölgesinde dahi saydamlık oranının artmasına bağlı olarak aşırı soğutma ihtiyacı gözlenmiştir.

Atriumun çatısını oluşturan camlama sisteminin fiziksel ve optik özellikleri mekana alınan doğal ışığın belirlenmesinde en önemli unsurdur. Şekil 3.17’de görüldüğü gibi atriumun üst örtüsünü oluşturan taşıyıcı sistem, aynı zamanda direkt ışığın yansıtılarak mekana dolaylı bir biçimde alınmasına imkan verecek bir tasarıma sahiptir.



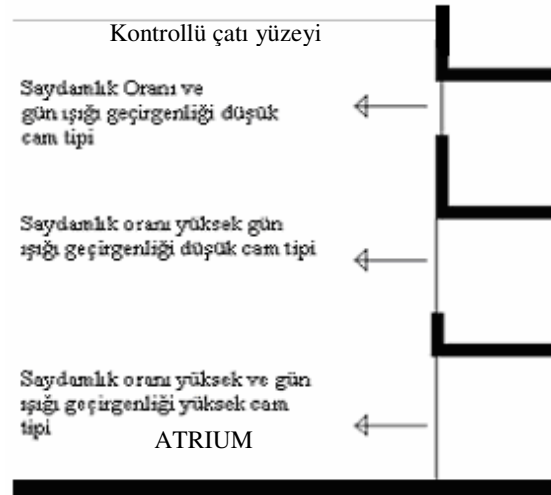
Şekil 3.17: Taşıyıcı Sistemin Doğal Aydınlatmaya Etkisi

Şekil 3.18’de görüldüğü gibi mevsimsel etkilere bağlı olarak gün ışığı ya direkt, yada dolaylı yolla mekana alınmaktadır.



Şekil 3.18: Çatıda Bulunan Camlama Sisteminden Güneş Işınımının Alınması

Atriumun düşey dış kabuğunu oluşturan yüzeylerin baktığı yönlerle bağlı olarak gün boyunca ve mevsimsel güneş ışınımının bina üzerindeki etkileri de değişmektedir. Bu nedenle alınacak önlemler ve kullanılacak camlama sistemi (cam tipi, gölgeleme elemanı, çerçevenin boyutu) farklılık göstermektedir. Güneye bakan dış cephe yüzeylerinde düşük gün ışığı geçirgenliğine sahip cam kullanılırken, kuzey cephede yaygın gün ışığını alabilmek için gün ışığı geçirgenlik değeri yüksek bir cam kullanılabilir. Atriumun üst kotlarından alt kotlarına ininceye kadar gün ışığı miktarı düşüş göstermektedir. Bu nedenle üst kotlarda yer alan atriuma bakan binanın ana duvarlarında saydamlık oranı daha az ve/veya gün ışığı geçirgenliği düşük cam kullanılırken, alt kotlarda saydamlık oranı giderek artırılarak ve/veya gün ışığı geçirgenliği yüksek cam saydamlık oranı giderek artırılarak ve/veya gün ışığı geçirgenliği yüksek cam kullanılarak atrium mekanında doğal aydınlatmada düzgün dağılım sağlanabilmektedir (Şekil 3.19).

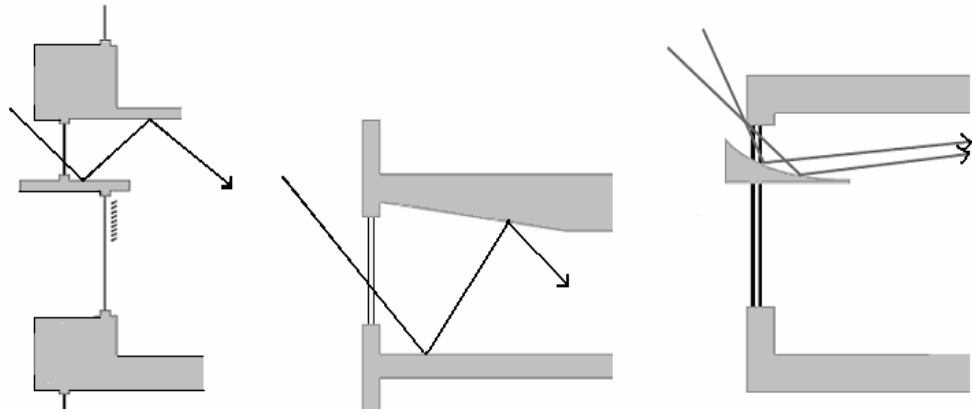


Şekil 3.19: Atriumu Çevreleyen Mekanlarda Camlama Sistemi Stratejisi

Mekana alınan gün ışığının düzgün dağılmasını sağlanması ve ihtiyaç duyulan miktarda aydınlatma seviyesinin karşılanması, camlama sisteminin yanı sıra iyi tasarlanmış iç yüzeylerle mümkündür. Açık renkli, pürüzsüz ve yansıtıcı opak yüzeyler gün ışığının düzgün olarak dağılmasını sağlamaktadır. Aynı özelliklere sahip zemin döşemesi, kendisini çevreleyen mekanlara doğal ışığın yansıtılarak ulaştırılmasını sağlamaktadır. Düşey düzlemlerde bulunan elemanların örneğin korkuluklar, giriş yüzeyleri vb. pürüzsüz, açık renkli ve yansıtıcı malzeme özellikleri taşıması, mekana alınan gün ışığının emilerek etkisinin azalmasını engellemektedir. Böylelikle ortamda aydınlık seviyesi, yapay aydınlatma enerjisi ihtiyacı azaltılarak sağlanmaktadır.

Bilindiği gibi atriumlarda bitki ve su öğeleri kullanılmaktadır. Ancak bu iki öğe emiciliklerinin yüksek olması sebebiyle doğal aydınlatmayı olumsuz yönde etkilemektedirler. Bitki ve su kullanımının olumlu yönleri olduğu gibi, aydınlatma açısından olumsuz olan bu yönü dikkate alınmalıdır.

Atriumda alınacak bu önlemlerin yanı sıra atriumu çevreleyen mekanlarda da doğal aydınlatmanın sağlanması için alınan bir takım önlemler bulunmaktadır. Mekanın tavanının açık renkli ve pürüzsüz camlama sistemi kenarlarından ortalara doğru eğimli bir yüzey oluşturarak alçalması ve ışık rafları (light shelf), üzerlerine yansıyarak gelen gün ışığını tekrar yansıtarak derin mekanın ortalarına kadar iletilmesini olanaklı kılmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Doğal Işığın Mekan İçerisine Alınması

Genel olarak yan yüzeylerde doğu ve batı yönlerinde düşey, güneyde yatay olmak üzere kullanılan dış gölgeleme elemanları güneşli gökyüzü koşullarında gün ışığının denetlenmesi konusunda oldukça etkilidir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Yatay ve Düşey Dış Gölgeleme Elemanı

Kuzeye bakan cam yüzeyinde gün ışığı kontrolü oldukça kolaydır. Atriumun soğutma stratejilerinden birisi olan gölgeleme elemanı, doğal ışığın mekan içerisine alınmasını denetlemesi nedeniyle önemli faktörlerden birisidir. Açık gökyüzü koşullarında ise güneş ışığının alınması engellenirken, gök ışığı ve yaygın ışığın alınmasını sağlayacak çatı sistemleri gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Atriumların Saydam Üst Örtülerinde Uygulanan Gölgeleme Elemanları

Çatıda kullanılacak gölgeleme elemanları ile yaz güneşinin olumsuz etkisi kontrol altına alınabilmektedir. Ancak kullanılacak olan gölgeleme elemanı yaz ve kış koşullarına göre kontrol edilebilir olmalıdır. Mekanın yazın dik gelen güneş ışınlamından korunmasını, kışın hem aydınlatma hem de ısıtma ihtiyacını karşılayacak şekilde güneş ışınlamının içeri alınmasını sağlayacak biçimde gölgeleme elemanının tasarlanması doğal aydınlatma stratejisi açısından oldukça önemlidir. Gerektiğinde bu elemanlar tamamen kapanarak cam çatı yüzeyinde gece yalıtımı etkisi de yapabilmektedirler (Şekil 3.22).

Alınan önlemlere rağmen gün ışığı, aydınlatma açısından konforlu bir iç çevre oluşturulması için yeterli olmayabilir. Gün boyunca aydınlık düzeyinde önemli düşüşler ve yükselmeler yaşanacağı açıktır. Doğal aydınlatma seviyesinin yüksek olması yapay aydınlatma amacıyla tüketilen enerjinin azaltılmasını sağlarken, yüksek aydınlık seviyeleri iç ortamda kamaşma düzeyini arttırarak konforsuzluk yaratmaktadır.

Kamaşma ve yetersiz aydınlık seviyesinin kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilememesi ve aydınlatma enerjisi tüketimini azaltmak için iki bileşenli aydınlatma sistemi uygun görülmektedir. Ortam ışığı ve çalışma ışığı olarak tanımlanan bu iki bileşen, çalışma ortamı ve genel mekanlarda ihtiyaç duyulan farklı düzeylerdeki aydınlatma seviyelerine göre ayarlanmış iki farklı aydınlatma sistemini ifade etmektedir. Günlük ve mevsimsel değişikliklere uyumlu, elle veya otomatik olarak kontrol edilebilen aydınlatma sistemleriyle, hem doğal aydınlatma hem de yapay aydınlatma birlikte kullanılabilir.

4. CAMLAMA SİSTEMİ

Bir yapı kabuğunun etkinliği, kabuğu oluşturan katmanların çevresel faktörler karşısında gösterdiği sınırlayıcı veya filtre edici tepkilerle ölçülmektedir. Enerji etkin ve sürdürülebilir bir çevre oluşturma hedeflendiği günümüz ortamında, yapı kabuğu geleneksel anlayışın ilerisinde çeşitli fonksiyonlar üstlenmekte ve çevresel koşulların süzülerek mekan alınması için dinamik ve akıllı filtreler olarak tasarlanmaktadır. Yapı kabuğunun manzara, doğal aydınlatma ve havalandırma açısından önemli bir bileşenini oluşturan camlama sistemi, bu değişimde etkin bir rol üstlenir.

Türkçe literatürde “pencere” olarak adlandırılan bu sistem, genellikle düşey düzlemlerde yer alan cam ve doğrama birlikteliğini ifade eder, gölgeleme elemanının varlığını da ayrıca belirtmek gerekir. Oysa, çalışmada saydam ve yarı saydam yüzeyleri oluşturan cam, taşıyıcı sistem ve gölgeleme elemanları birlikte ele alınmıştır. Yapı kabuğunun sadece düşey düzlemlerde değil, aynı zamanda eğimli düzlemlerdeki saydam yapı elemanlarını anlatmak için İngilizce literatürde “glazing” olarak da adlandırılan bu bütünün tanımlanmasında “camlama sistemi” deyimini kullanılmıştır.

4.1 Camlama Sistem Bileşenleri

Camlama sistemini oluşturan ana bileşenler; sistemin saydamlığını sağlayan cam yüzey veya yüzeyler, ara dolgu malzemeleri ve ayırıcı elemanlar, taşıyıcılığını sağlayan çerçeve veya doğrama ve gölgeleme elemanları olarak tanımlanmıştır.

4.1.1 Camlar

Camı oluşturan maddeler üç ana grupta toplanmaktadır; oksitler, eriticiler ve stabilizatörler, bir başka deyişle kum, soda ve kireç olarak da ifade edilmektedir (Toydemir, 1990). Tablo 4.1’de camı oluşturan maddeler ve karışım oranları yer almaktadır.

Tablo 4.1: Camı Oluşturan Maddeler ve Karışım Oranları (Staib ve diğ., 1999:61)

Karışımında kullanılan madde	Karışım oranı
Silikon dioksit	% 69-74
Kalsiyum dioksit	% 5-12
Sodyum oksit	%12-16
Magnezyum oksit	%0-6
Alüminyum oksit	% 0-3

Renkli camlar bu karışıma az miktarlarda çeşitli maddeler eklenmek suretiyle elde edilirler.

Binalarda kullanılan camların genel fiziksel özellikleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Camın Genel Fiziksel Özellikleri (Staib ve diğ., 1999:61)

Yoğunluk 18 ⁰ C’de	2500 kg/m ³
Sertlik derecesi	6 birim Mohs
Özgül ısı	0.72x10 ³ J/kgK
Genleşme Katsayısı	9x10 ⁻⁶ K ⁻¹
Kırılma indisi (380-760 nm)	1.5

Cam teknolojisindeki gelişmeleri sağlayan en önemli bilimsel buluş, 1955 yılında Alastair Pilkington tarafından yüzdürme yöntemiyle düz camın elde edilmesi olmuştur. Bu yöntem cam eriyiğinin kalay eriyiği üzerinde “yüzdürülmesi” prensibi üzerine kurulu devrim niteliğinde bir gelişmedir. Bu şekilde cam, daha büyük plakalar halinde üretilebilmektedir. Yüzdürme tekniği ile üretilen cam, çok çeşitli işlemlerle farklı fiziksel özellikler kazanmaktadır (güneş, iklim, soldurucu UV ışınları ve gürültü kontrolü, güvenlik vb.) (www.sisecam.com.tr).”

Cam yüzey tek bir tabakadan oluştuğu gibi, birden fazla tabakadan da oluşabilmektedir. İki veya daha çok sayıda cam plakanın aralarında kuru hava veya argon, kripton, ksenon gibi ağır gazları barındıracak şekilde fabrika şartlarında bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu sistem, yalıtımlı cam üniteleri olarak da adlandırılmaktadır. Cam plakalar arasındaki ara boşluk çitası içinde boşluk çapı maksimum 3 Å (Angstrom) olan nem emici malzeme bulunmaktadır. Cam ile ara boşluk çitası birbirine kesiksiz olarak çekilip preslenmiş birincil sızdırmazlık macunu butil (poliisobutilen) ve ikinci sızdırmazlık macunu polisülfid veya poliüretan yardımıyla birleştirilmektedir (Umaroğulları ve Kartal, 2005).

Camın optik özelliklerini tanımlamak için gerekli veriler;

- Geçirgenlik (T, %): Cam yüzeyden geçen güneş ışıının miktarının cam yüzey üzerine düşen güneş ışıınınına oranıdır. Görünür bölge geçirgenliği, mor ötesi geçirgenliği, toplam güneş enerjisi geçirgenliği gibi isimler alır.
- Yansıtıcılık (R, %): Cam yüzeyden yansıtılan güneş ışıınını miktarının cam yüzey üzerine düşen güneş ışıınınına oranıdır.
- Emicilik (A, %): Cam yüzeyinden yansıtılmayan veya geçirilmeyen enerji yüzey tarafından emilir. Emilen güneş ışıınınının yüzey üzerine gelen güneş ışıınınına oranına emicilik adı verilir. Emilen enerji cam yüzeyinde ısı artışına neden olur.
- Yayınım (E): Cam yüzey tarafından emilen güneş ışıınınının bir kısmı malzeme içinde depolanmakta, bir kısmı taşınım ve uzun dalga kızılötesi ışıına yoluyla çevreye yayılmaktadır. Çeşitli kaplamalarla düşük yayınım özelliğine sahip camlar elde edilerek sistemin enerji performansı artırılmaktadır.

4.1.1.1 Cam Tipleri

Her bir cam farklı bir tipte sınıflandırılrsa da, farklı cam tipleri bir arada kullanılarak oluşturulan camlama sistemlerine ait bir sınıflandırma yapmak oldukça güçtür. Bu nedenle bu bölümde camlara ilişkin bir sınıflandırma yapılmış, farklı camların bir araya gelmesiyle oluşturulabilecek camlama sistemlerine ilişkin örnek verilmiştir.

Normal camlar (Düz Camlar)

Farklı kalınlıklarda ve renkte bulunan düz camlar binalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Düz camların veya renkli camların üst üste arada hava tabakası olmadan belirli bir ısı ve basınç altında polivinilbütrole bir araya getirilmesiyle lamine camlar üretilebilmektedir. Bu camların kalınlığını arttırmanın ısı yalıtımı yönünden çok büyük bir katkısı yoktur. Ancak camın güneş ve iklim kontrol özellikleri çeşitli kaplamalar, ara katmanlar veya çeşitli kimyasalların cam eriyiğine eklenmesiyle artırılmaktadır. Yapılan bu üç farklı uygulamaya göre camları sınıflandırmak, her üç uygulamanın bir arada kullanıldığı çok farklı seçenekler bulunması nedeniyle oldukça zordur. Fakat bir genelleme yapılmak istenirse renkli, kaplamalı ve hem renkli, hem de kaplamalı camlar olarak sınıflandırılabilirler.

Renkli Camlar ve Isı Emici Camlar

Cam eriyiğine metal oksitlerin (demir oksit, nikel oksit vb) ilave edilmesiyle elde edilen bu camlar, güneş enerjisi geçirgenlik değerleri oldukça düşük olması nedeniyle soğutma enerjisinin düşürülmesinde önemli rol oynarlar; bunun yanı sıra emicilik değerinin yüksek olması ısı emici camın bünyesinde yüksek ısı oluşmasına ve kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemesine neden olmaktadır. Bu camlar, ilave edilen metalin özelliğine bağlı olarak çeşitli renklere sahiptirler. Özellikle yeşil renkte olanlar (demir oksit ilavesiyle elde edilir) 700-2500 nm dalga boyları arasında iyi bir emicidirler. Gri ve bronz camlar gün ışığı geçirgenlikleri düşük olduğu için kamaşmayı engellemektedir. (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Farklı Tip, Renk ve Kalınlıkta Camlara Ait Optik Özellikler (Window 5.2, Pilkington Cam Firmasına Ait Veriler)

Tek Camlar	Kalınlık mm	Işık /Güneş Işınımı Geçirgenliği	Yansıtıcılık %	Emicilik %	Geçirgenlik %
Düz Cam	6	87/84	7	13	80
Yeşil Renkli Cam	5	78/65	6	42	52
	6	75/60	6	49	54
Gri Renkli Cam	4	54/66	6	40	54
	6	41/60	5	51	44
	10	24/48	5	68	27
Bronz Renkli Cam	4	63/68	6	37	57
	6	50/60	5	51	44
	10	32/48	5	68	27
Altın Kaplama Cam	6.4	38/38	33	42	25
Gümüş Kaplama Cam	6.4	14/33	27	58	15
Altın ve Bronz Kaplama Cam	6.4	20/24	47	42	11

Kaplama Camlar

Güneş kontrol camları olarak da adlandırılabilen bu camlar, düz veya renkli camlar üzerine ince, yansıtıcı, düşük yayınlımlı ve/veya seçici film tabakasının kaplanmasıyla elde edilmektedir. Güneş enerjisinin büyük bir kısmını farklı kaplamalar yardımıyla dalga boylarına göre seçerek geri yansıtırlar. Güneş ışınımı geçirgenliğinin seçime bağlı olarak azalmasıyla, gün ışığı geçirgenliği de azaltılabilmektedir (Lim, ve diğ., 1979).

Yansıtıcı Camlar:

Güneş ışınımının büyük bir bölümünü geri yansıtan, bu nedenle emici camlara göre ısı kazançları daha az olan yansıtıcı camlar, vakumlu ortamda düz cam üzerine çok ince bir tabaka halinde altın, bronz vb. eklenmesiyle elde edilirler. Ancak bu camların gün ışığı geçirgenlikleri de oldukça azdır (Tablo 4.3).

Güneş kontrolü açısından yüksek performansa sahip bu camların, görünür bölge geçirgenlikleri az olması nedeniyle doğal aydınlatma açısından yetersizdirler. Yapay aydınlatma gereksinimi arttırdıkları için yapay aydınlatma sistemine bağlı ısı kazançlar dolayısıyla soğutma yükünü yükselttikleri gibi, güneş ışınımı kazancının düşük olması nedeniyle ısıtma enerjisi yükünü de artırırlar.

Düşük Yayınımlı (Low-E) Camlar:

Düz veya renkli camların üzerine çeşitli kaplama malzemelerinin ve çeşitli film tabakalarının (altın, gümüş, bakır, alüminyum) uygulanmasıyla elde edilen bu camlar, kaplamanın fiziksel özelliğine bağlı olarak güneş ışınımının dalga boylarına göre farklılık gösteren seçici bir geçirgenlik göstermektedirler. Kimi kaplamaların gün ışığı geçirgenliği yüksek olmasına karşın, yakın kızıl ötesi geçirgenlikleri düşüktür. Ayrıca kaplamalar nedeniyle ısı kayıplarının azalmasından dolayı düşük ısı iletkenlik katsayısına sahiptirler. Düşük yayınımlı (Low-E) ısı yalıtım kaplamaları güneşin görünür ışınım enerjisini içeri geçirirken oda sıcaklığından kaynaklanan uzun dalgalı ışınım enerjisinin yayınımlı önemli ölçüde engellerler (**Johnson, 1991**).

“Düşük yayınımlı (Low-E) kaplamalı ürünler sert ve yumuşak kaplamalar olarak iki kategoriye ayrılır. Sert kaplamalar, temelinde kalayoksit dayalıdır ve float hattı ile direk bağlantılı olan üretim süreci yüzünden hat-üstü kaplama olarak tanımlanır. Yumuşak kaplamalar dielektrik koruyucu tabakalar tarafından çevrilen ince bir bakır kaplamaya bağlıdır. Yumuşak kaplamalar float hattı dışında, ikincil üretim işlemleri ile üretilir. Yumuşak kaplamalar dış hava şartlarına karşı dayanıklı olmadıkları için çift cam ünitesinin iç taraftaki yüzeylerinden birine kaplanır ve yerleştirme sırasında bu yüzeyin iç tarafa bakması sağlanır. Bu kaplamaların kendisi düşük ısı yaydığı gibi, iç ortamdan üzerlerine gelen ısı ışınlarının da önemli bir bölümünü geri yansıtır (**Umaroğulları ve Kartal, 2005:2**).”

Düşük yayınlı kaplamanın uygulandığı cam katmanının içte veya dışta oluşu özellikle hem ısıtma, hem de soğutma ihtiyacı duyulan iklim bölgelerinde camlama sisteminin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Kaplamanın dış katmanı oluşturan cam yüzeyinde yer alması, yazın istenmeyen güneş ışınlığının geçirilmesine engel olarak soğutma enerjisinin azaltılmasında etkili olmaktadır (Tablo 4.4).

Ancak bu uygulama kış döneminde ihtiyaç duyulan güneş ışınlığının geçirilmesine engel olacağından istenmeyen bir etki oluşturmaktadır. Yapılan uygulamalarda ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanarak bir optimizasyona gidilmiştir. Ancak literatürde bu tür sistemlerin 180° döndürülerek kullanılması yönünde önerilerin yer aldığı çalışmalar bulunmaktadır (Feuermann ve Novoplansky, 1998).

Tablo 4.4: Düşük Yayınlı Camlara İlişkin Optik Özellikler
A- Kaplama Dışta, B- Kaplama İçte (**Window 5.2, Pilkington Cam Firmasına Ait Veriler**)

Düşük Yayınlı (Low-E)	Işık Geçirgenliği (Tvis, %)	Güneş Işınımı Kazanç Katsayısı (SHGC, %)
“Comfort Low-E” Kaplamalı Çift Cam (a)	76	67
“Comfort Low-E” Kaplamalı Çift Cam (b)	76	73
“Silver Low-E” Kaplamalı Çift Cam (a)	45	35
“Silver Low-E” Kaplamalı Çift Cam (b)	45	51
“Reflective Low-E” Kaplamalı Çift Cam (a)	45	28
“Reflective Low-E” Kaplamalı Çift Cam (b)	45	44

Spektral Seçici Camlar:

Belirli dalga boylarındaki geçirgenliği azaltmak için spektral seçici kaplamaların düz veya renkli cam yüzey üzerine uygulanmasıyla elde edilmektedir. Spektrumda yer alan diğer dalga boylarındaki ışınlığın geçirgenliğini etkilemediğinden örneğin yüksek gün ışığı geçirgenliğine sahip, düşük güneş ışınlımı geçirgenliği olan bir camlama sistemi elde edilebilmektedir.

Bu tür camlara düşük yayınlı (Low-E) kaplamaların ilavesiyle camlama sisteminin ısı performansını da iyileştirilebilmektedir. Böylelikle doğal aydınlatma ve güneş kontrolü açısından oldukça yüksek bir performans kazanmaktadırlar.

Akıllı Camlar

Değişen iklim koşulları ve binanın gereksinimleri doğrultusunda optik özelliklerini değiştirerek akıllı filtreler şeklinde davranabilen camlardır. Başlıca tipleri fotokromik, elektrokromik, termokromik camlardır.

Fotokromik Camlar:

Üzerine gelen güneş ışınımına göre geçirgenlikleri değişken olabilen bu camların güneş ışınımına maruz kaldıkça renkleri giderek koyulaşıp bir doygunluğa ulaştığında sabitleşmektedir. Alkali barosilikat, gümüş vb. elementlerin düz cama uygulanmasıyla elde edilmektedir **(Carmody ve diğ., 2004)**.

Elektrokromik Camlar:

İki saydam iletken arasında yerleştirilmiş nikel veya tungsten oksitle kaplanmış tabakaya elektrik akımı verilmesiyle lityum veya hidrojenin iyonize olması sağlanarak camın geçirgenliği azaltılmaktadır. Akım verilerek sağlanan bu etki, güneş ışınımına maruz kaldığında fotokromik camlarda olduğu gibi camın gümüşüğü ve güneş enerjisi geçirgenlik değerlerinin değişmesine neden olmaktadır **(Etzion ve Erell, 2000; Gugliermetti ve Bisegna, 2003; Tavit, 2004)**.

Termokromik Camlar:

Termokromik saydam malzemeler güneş enerjisini kazancını önlemek için tasarlanırlar. Sıcaklık değiştiğinde tepki olarak optik özelliklerini değiştirirler. Bu malzemeler cam tabakaları arasında sıkıştırılmış likit veya jellerden oluşur.

“Bu sistemlerin eksik yanı görülebilir ışığın geçişini azaltmaları ve uzun süreli kararlılığını etkileyecek şekilde likit fazın camlama ünitesinden sızma ihtimalidir. Termokromik camların bağımsız olarak kontrol edilmeleri zordur **(Umaroğulları ve Kartal, 2005:6)**.”

Literatürde farklı isimlerle adlandırılan camlama sistemlerine rastlamak olanaklıdır. Süper yalıtımlı camlama sistemleri, yüksek yalıtımlı aerogel camlama sistemleri, prizmatik camlama sistemleri vb. Bu tür sistemler, yukarıda sınıflandırılan camların farklı şekilde bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır.

4.1.2 Çerçevesler

Camlama sistemine ait bir diğer performans gereksinimi ise taşıyıcılıktır. Camlama sisteminin bina üzerine etkiyen ölü ve canlı yükleri taşımak gibi bir görevi olmamakla birlikte, kendi ağırlığını taşıması ve üzerine gelen rüzgar yüküyle oluşan emme ve basınca karşı direnç oluşturması beklenmektedir. “Çerçevelerden beklenen performans özellikleri sıralandığında, enerji korunumu, su-nemden korunma, yangından korunma, güvenlik, mukavemet-denge, boyutsal uyum, kalıcılık ölçütlerinin diğerlerine göre baskın olduğu görülmektedir (Gür, 2001:80).” Özellikle çerçeveler camlama sisteminin taşınması görevini üstlendiğinden, tasarlanacak sistemde camın ağırlığı ve boyutları çerçevenin boyutlandırılmasında belirleyici rol oynamaktadır. Buna ek olarak taşıyıcı eleman olan çerçevenin yerini alan çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bazı giydirme cephelerde çerçeve kullanılmaksızın camlar taşıyıcı macunlar ve özel yapıştırıcılar yardımıyla taşıyıcı sistem tarafından taşınmaktadır. Örneğin noktasal bağlantı elemanları ile cam gerisindeki taşıyıcı sisteme bağlanarak, camın taşınması olanaklıdır.

Su sızdırması kontrolü çerçevelerden beklenen performanslara ait bir diğer özelliktir. Kontrolsüz su girişi camlama sistemine ve kapı doğramalarına zarar verirken, mekan içerisinde küf oluşumuna ve iç mekan malzemelerinin renginde bozulmalara yol açmaktadır. Özellikle açılabilir sistemlerde, sürekli kullanıma bağlı olarak zaman içerisinde aşınmalar ve eskimeler sıkça karşılaşılan bir sorun olarak görülmektedir.

Açılmayan camlama sistemlerinde ise çerçeve ve duvar birleşimlerinde su sızdırmasına karşı önlemler alınmalıdır. Yağmur suyu rüzgarın itme gücüyle yapı kabuğunun farklı noktalarına farklı açılarla ve hızla etki eder. Camlama sisteminde kullanılan kenar bantları, macunlar ile duvar çerçeve, çerçeve cam arasındaki su sızıntıları önlenabilir.

Çerçevelerde kullanılan malzemeler ahşap, alüminyumun çeşitli alaşımları, çelik ve plastik esaslı malzemelerdir. Kullanılan malzemelere ait fiziksel özellikler, çerçevelerden beklenen performansların karşılanması açısından büyük önem taşımaktadır. Çerçeve sistemlerinin istenilen performans gereksinimlerini karşılayabilmesi çerçeveyi oluşturan malzemenin fiziksel özelliklerinin yanı sıra duvar çerçeve, çerçeve kayıt, çerçeve cam arasındaki birleşim noktalarında kullanılan çeşitli plastik veya kauçuk esaslı malzemelere de bağlıdır.

4.1.2.1 Çerçeve Tipleri

Camlama sisteminin enerji akışının belirlenmesinde rol oynayan çerçeveler genellikle çalışmalarda ihmal edilmişlerdir. Ancak çerçevelerde görülen ısı kayıpları ve oluşan ısı köprüsü, camlama sisteminin enerji performansını önemli ölçüde etkilemektedir (**Koçlar, 2000**).

Camlama sistemlerinin iletim yoluyla ısı kayıplarında belirleyici olan etkenler, doğrama türü, camın cinsi ve sistemin yönlendirilmesidir. Çerçevelerin camlama sisteminin ısı iletkenlik katsayısına etkileri, farklı çerçeve malzemelerine göre Tablo 4.5'te yer almaktadır.

Tablo 4.5: Farklı Çerçevelerle Oluşturulan Camlama Sistemlerine Ait Isı İletkenlik Katsayısı W/m^2K

Camlama Sistem Seçenekleri	Isı İletkenliği $U- W/m^2K$
Alüminyum Çerçevesi (ısı bariyersiz) Çift Camlı Camlama Sistemi	3.5-4.3
Alüminyum Çerçevesi (ısı bariyerli) Çift Camlı Camlama Sistemi	2.8-3.0
Ahşap Çerçevesi Çift Camlı Camlama Sistemi	2.5-3.2

Çerçevede kullanılan malzeme çerçevenin kalınlığı, ağırlığı ve dayanıklılığının yanı sıra ürünün ısı performansının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Çerçeveler yapımlarında kullanılan malzemelere göre sınıflandırılırlar:

Ahşap Çerçeveler

Geleneksel mimaride oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip ahşap çerçevelerin tercih edilme sebepleri arasında maliyetinin düşük olması, kolaylıkla ve yüksek işçilik bilgisi gerektirmeden üretilmesi, malzemenin kolay bulunabilmesi vb. özellikler yer almaktadır. Ahşap çerçeveler istenirse boyanarak çeşitli renklerde üretildiği gibi, ahşabın cinsine bağlı olarak orijinal dokusunda da bırakılabilmektedir.

Isı iletkenliğinin düşük olması ($k: 0.15 W/mK$) nedeniyle ısı performansı iyidir ve çerçevede kullanılan ahşabın kalınlığı arttıkça ısı yalıtımı da artar. Ancak duvara tespiti için kullanılan metal bağlantı elemanları ahşap çerçevenin ısı performansının düşmesine neden olabilmektedir.

Alüminyum Çerçeveler

Ahşap ve plastik çerçevelerle kıyaslandığında çok yüksek ısı iletkenlik katsayısına ($k:184-214 \text{ W/mK}$) sahip olmasına karşın özellikle ticari binalarda alüminyum ve çelik çerçevelerin kullanım alanının yaygın olduğu görülmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinde ısı bariyeri bulunmayan bir alüminyum çerçeve üzerinde alüminyumun yüksek ısı iletkenliğine bağlı olarak, iç yüzeyde yoğunlaşma olabilmektedir. Yoğuşma camlama sistemine temas halinde olan iç gölgeleme elemanlarında bozulmalara sebep olurken, çerçeve ve duvar birleşim noktalarında küf ve mantar oluşumunu hızlandırmaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde ve özellikle ticari binalarda alüminyum çerçevenin yüksek ısı geçirgenliği soğutma enerjisi tüketiminin artmasına neden olabilmektedir. Çerçevelerde oluşacak ısı köprüsünü, yüksek ısı iletkenliğine bağlı soğutma enerjisi tüketimini ve çerçeve üzerinde oluşan yoğunlaşmayı önlemek için doğrama kesitinde ısı bariyerleri içeren teknikler geliştirilmiştir.

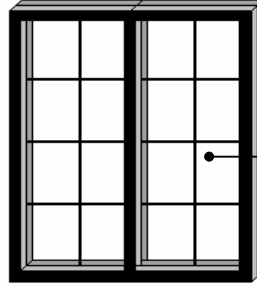
PVC Çerçeveler

Isı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle tercih edilen ($k: 0.13-0.29 \text{ W/mK}$) PVC doğramalar (doğrama kesitinde yer alan odacıklarda bulunan hava, ısı yalıtım özelliklerinin artmasına neden olmaktadır) çok uzun ömürlü olmaması (20-25 yıl), güneş ışınımından etkilenerek renk değiştirmesi, üretiminde kullanılan maddelerin çevreye zarar vermesi, geri dönüşümünün olmaması gibi dezavantajlara sahiptirler.

Farklı boyutlarda üretilebilen PVC doğramaların, farklı renkte olanları da mevcuttur ve bakımları diğer ürünlere göre daha kolaydır. Su geçirimsiz bir malzemedir.

PVC, diğer doğrama malzemeleriyle bir arada kullanılabilirler. Karma çerçeve olarak da adlandırılan bu çerçeveler, PVC ve ahşap, PVC ve alüminyumun birlikte kullanılmasıyla elde edilirler.

Çerçevenin ısı iletkenlik katsayısı camlama sisteminin ısı iletkenliğini ve güneş ısı kazanç katsayısını da etkilemektedir. Aşağıdaki şekilde görülen camlama sisteminde cam tipi sabit tutularak alüminyum, ahşap ve PVC çerçeveler kullanıldığında camlama sisteminin ısı iletkenlik katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısı Window 5.2 programında hesaplanarak sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.



$U_{cam} 1.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ' dir.

Çerçeve/ Camlama Sistem Alanı: 1/5

Tablo 4.6: Farklı Çerçeve Tiplerine Ait Isı İletkenlik ve Güneş Işınımı Kazanç Katsayısı Değerleri

Çerçeve Tipleri	$U_{çerçeve}$ ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)	$U_{camlama \text{ sistemi}}$ ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)	Güneş Işınımı Kazanç Katsayısı
Alüminyum (Isı bariyersiz)	10.7	4.3	0.7
Alüminyum (Isı bariyerli)	5.6	3.0	0.6
Ahşap	2.2	2.1	0.5
PVC	1.7	2.0	0.5

4.1.2.2 Birleşim Bağlantı Elemanları

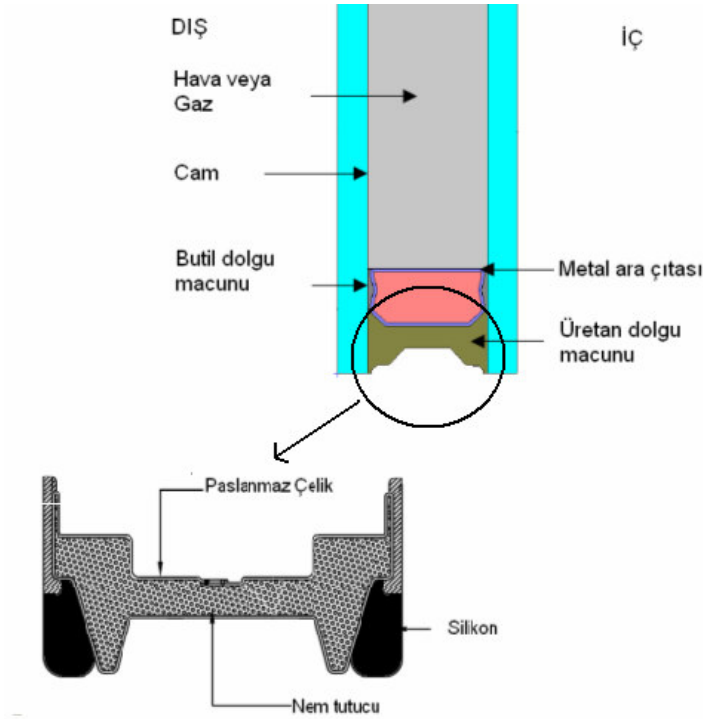
Yalıtımlı cam ünitesine ait cam katmanlarını birbirinden uygun bir uzaklıkta tutmak için cam ara çitası kullanılmaktadır (Şekil 4.1). Bu elemanlar aynı zamanda;

- Isıl genleşme ve basınç farklılıklarından kaynaklanan gerilme etkilerinin azaltılmasında,
- Su ve su buharı geçişini önleyen bir nem bariyeri oluşturulmasında,
- İki cam tabaka arasında yer alan gazın sıkıştırılarak gaz kaçışının önlenmesinde,
- Isı bariyeri oluşturarak kenarlarda yoğunlaşmanın önlenmesinde de rol oynamaktadırlar.

Yalıtımlı cam ünitesinde kullanılan cam ara çitası metal veya plastik malzemeden yapılmaktadır. Birincil sızdırmazlık macunu genellikle butilden oluşur ve iki cam tabaka arasında yer alan gazın kaçışını engellerken, aynı zamanda nem girişini de önler. Silikon ise ünitenin yapısal dayanımını artırır. İkincil sızdırmazlık macunu ise genellikle polisülfid ve poliüretandan oluşturulmaktadır.

Alüminyum cam ara çitası, alüminyumun yüksek ısı iletkenliği nedeniyle ısı köprüsü oluşturarak camlama sisteminin ısı performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etki sistemin ısı iletkenlik katsayısını da değiştirmektedir. Alüminyum yerine ısı

iletkenliği daha düşük olan metaller veya termoplastikler kullanılarak bu sorun giderilebilmektedir.



Şekil 4.1: Yalıtımlı Cam Ünitesi

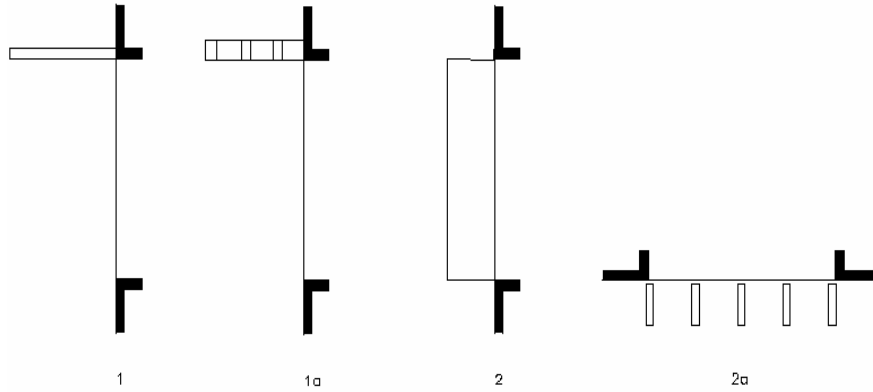
4.1.3 Gölgeleme Elemanı

Camlama sistemine ait bir bileşeni oluşturan gölgeleme elemanı, aşırı ısınma ve kamaşmaya neden olacak doğrudan ve bileşenler halinde güneş ışınımının alınmasını tamamen veya kısmen engelleyerek, iç mekanda istenilen konfor koşullarının sağlanmasına yardımcı olur. Gölgeleme elemanının performansı, mevsimsel ve günlük etkilere bağılı olarak değışen çevresel faktörlerin denetlenebilmesine bağılıdır.

Uygun gölgeleme elemanı tasarımında etkili olan değışkenler; binanın coğrafi konumu, gökyüzü koşulları, bina yakın çevresindeki engeller, mimari tasarımda göz önünde bulundurulan doğal aydınlatma ilkeleri, camlama sistemi tasarımı, ekonomik sınırlamalar, denetleme ve kontrol mekanizmalarına ilişkin kabuller şeklinde sınıflandırılabilir. Aynı zamanda gölgeleme elemanlı doğal aydınlatma sistemi ile doğal ışığın mekanın iç kısımlarına kadar iletilmesi, belirli eylemleri gerçekleştirebilmek üzere doğal aydınlık seviyesine erişilmesi, görsel konfor ve kamaşma kontrolünün sağlanması, ısıl konfor sağlanarak aşırı ısınmaların önüne geçilmesi hedeflenmektedir (IEA, 2000).

Gölgeleme elemanları dış mekanda ve iç mekanda kullanımlarına göre iç ve dış gölgeleme elemanı olarak adlandırılırken, sabit veya hareketli olabilmektedirler. Ayrıca gölgeleme elemanlarının yatay, dikey veya hem yatay, hem de dikey olarak kullanılmaları söz konusudur.

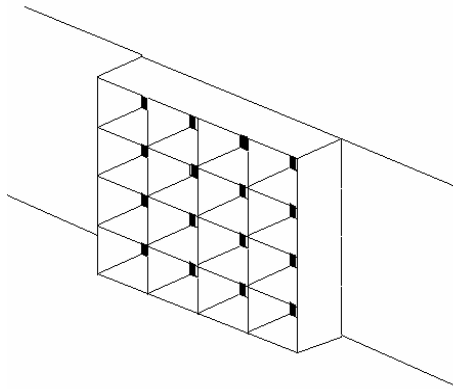
Dış Gölgeleme Elemanları



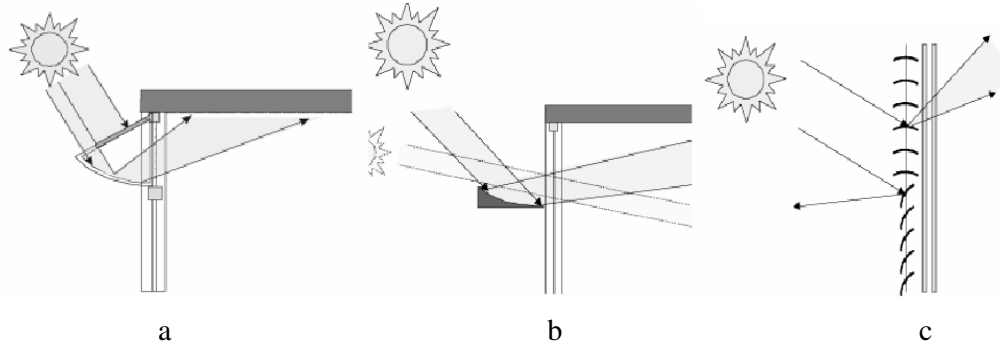
- 1 yatay gölgeleme elemanı 1a birkaç parçadan oluşan yatay gölgeleme elemanı
2 dikey gölgeleme elemanı 2a birkaç parçadan oluşan dikey gölgeleme elemanı

Şekil 4.2: Yatay ve Dikey Dış Gölgeleme Elemanları

Dış gölgeleme elemanları direkt güneş ışınımının bina içerisine alınmasına engel olduğu gibi, parlak gök ışığının neden olduğu kamaşma sorununa da çözüm oluşturur. Bina yapımı sırasında sabit olarak tasarlandığı gibi, gelişen ihtiyaçlara göre hareketli olarak da düşünülebilir. Dikey dış gölgeleme elemanları doğu ve batı yönünden gelen güneş ışınımını kesmek için kullanılırken, güney yönünde yatay gölgeleme elemanlarının kullanılması gerekmektedir (Şekil 4.2, Şekil 4.3). İç gölgeleme elemanlarına göre, güneş ışınımının mekan içerisine alınmasına engel olduğu için daha etkindirler.

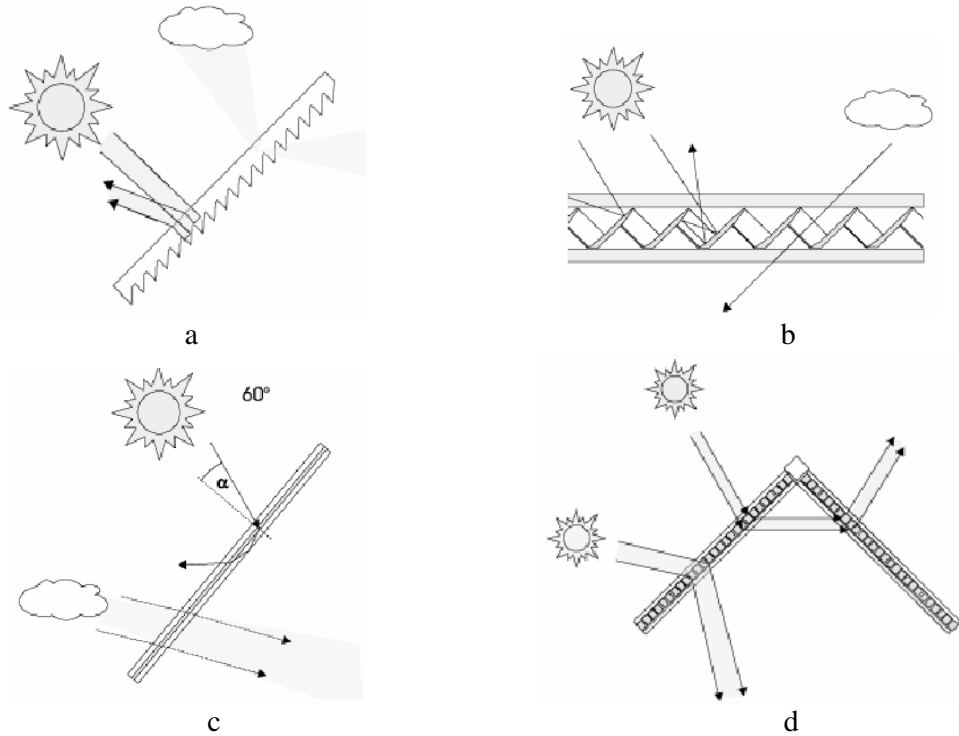


Şekil 4.3: Hem Yatay Hem Dikey Dış Gölgeleme Elemanları



Şekil 4.4: Direkt Gün Işığın Mekan İçerisine Alınması (IEA, 2000)

Gölgeleme elemanları direkt gün ışığını yansıtarak mekan içerisine alınmasına yardımcı olur. Şekil 4.4'te yer alan örneklerde görüldüğü gibi (a) direkt güneş ışınımı gölgeleme elemanından yansıtılarak yaygın ışınım haline getirilmektedir. Böylelikle hem ışık mekanın derinliklerine kadar iletilebilmekte, hem de kamaşma kontrolü sağlanmaktadır. Işık rafları yazın dik gelen güneş ışınımını yansıtarak yaygın biçimde iç mekana alırken, kışın eğik gelen güneş ışınımının direkt olarak mekana alınmasına yardımcı olmaktadır (b). Dış gölgeleme elemanlarından jaluzilerin eğim açısı değiştirilerek güneş kontrolü sağlanabilmektedir(c).

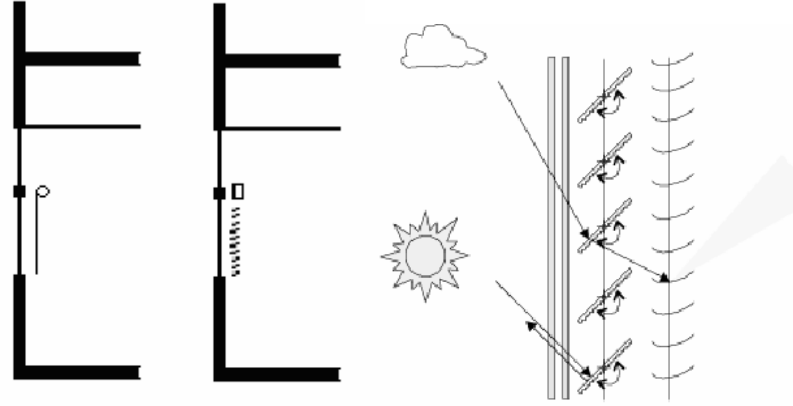


Şekil 4.5: Çatı Camlama Sistemlerinden Direkt Gün Işığın Mekan İçerisine Alınması (IEA, 2000)

Özellikle yatay ve eğimli camlama sistemlerinde kullanılan gölgeleme elemanları güneşin geliş açısına bağlı olarak denetlenmektedir (Şekil 4.5). Prizmatik sistemler hem dış ve iç, hem de iki cam arasında uygulanabilmektedir (a-b). Kapalı gökyüzü koşullarında ve mevsime göre güneşin geliş açılarına bağlı olarak iç mekanda görsel konfor koşullarının oluşturulmasında ve kamaşma kontrolünün sağlanmasında yardımcı olurlar (c-d).

İç Gölgeleme Elemanları

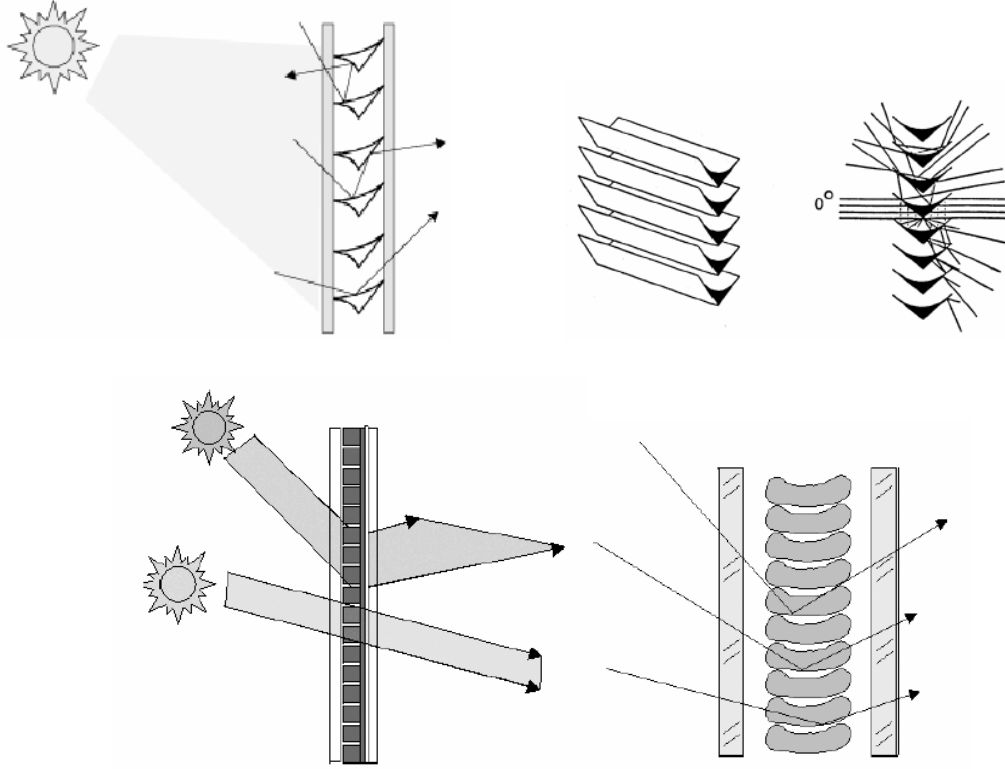
Direkt güneş ışınlamı camlama sisteminden geçirildikten sonra önlem alındığı için dış gölgeleme elemanı kadar etkin değildirler. Jaluzi, stor, perde vb. türleri bulunmaktadır ve düşey olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: İç Gölgeleme Elemanı (Stor ve jaluzi uygulaması)

Güneş ışınlamına maruz kalan iç gölgeleme elemanının ve camın güneş ışınlamına maruz kalmasıyla oluşan sıcak hava kütesinin iç gölgeleme elemanı ve cam arasında birikmesini önlemek için, gölgeleme elemanı ve tavan arasında hava sirkülasyonuna izin verecek biçimde boşluk bırakılmalıdır.

İç mekan konfor koşullarının oluşturulmasında kamaşma ve ısı kazançlarının kontrolünü sağlayan gölgeleme elemanının denetlenebilirliği sistemin ısı ve görsel performansı açısından oldukça önemlidir. Bazı gölgeleme elemanları aydınlatma sisteminden bağımsız olarak ısı kazançlarının kontrolü açısından denetlenebilmektedir. Denetleme ve kontrol sistemleri otomatik veya elle olabilmektedir. Ancak elle, kullanıcının denetiminde yapılan kontrolün sağlıklı olmadığı görülmektedir Camlama sistemi üzerine gelen güneş ışınlamı, güneşin geliş açısı, iç mekandaki aydınlık seviyesi, kamaşma indeksi gibi değerler otomatik kontrollerde veri olarak kullanılmaktadır (Atif ve Galasiu, 2003).



Şekil 4.7: Çift Cam Tabakası Arasında Gölgeleme Elemanı (IEA, 2000)

İç ve dış gölgeleme elemanlarının yanı sıra çift cam tabakası arasında genellikle göz seviyesinin üzerinde ve manzarayı olumsuz yönde etkilemeyecek biçimde gölgeleme elemanı uygulanmaktadır (Şekil 4.7).

Binanın yapay aydınlatma sistemi ile camlama sistemine ait gölgeleme elemanının entegrasyonu iç mekanda doğal ışığın istenilen seviyelerde tutulmasına, güneş ısı kazancının kontrolüne, enerji tüketiminin azaltılmasına ve kullanıcı konforun sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

4.2 Camlama Sisteminin Özellikleri

Binanın cephe tasarımında önemli rol üstelenen camlama sistemleriyle farklı tipte seçenekler oluşturularak yansıtıcı, geçirgen, opak, bina içerisinde gerçekleşen aktiviteleri gösteren veya gizleyen bir cephe yüzeyi elde edilebilir. Bu yüzeyler her ne kadar görünüş açısından mimari tasarımda önemli ise de, camlama sisteminin geleneksel olarak kullanım amacı kullanıcıya ışık, manzara ve taze hava sağlamaktır.

Camlama sistem tasarımı binanın enerji korunum düzeyini, doğal aydınlatma, havalandırma ve güneşten kazanç sağlama olanaklarını dolayısıyla binanın enerji tüketim profilini belirleyen en önemli değişkenlerdendir. Bu nedenle yapı kabuğuna ait bir camlama sisteminden beklenen performans gereksinimleri binanın ısıtma, soğutma, yapay aydınlatma ve havalandırma için harcayacağı enerji miktarını dolayısıyla binanın enerji performansını da belirlemektedir.

4.2.1 Camlama Sisteminin Performans Özellikleri

Sağlıklı, yaşanabilir ve konforlu bir ortam için uygun koşulların sağlanmasında camlama sistemi seçimi için gerekli standartların ve kriterlerin elde edilmesi öncelikli olarak sisteme ait performans özelliklerinin belirlenmesiyle olanaklıdır. Camlama sisteminin performans özelliklerinin belirlenmesi, binanın toplam enerji tüketimini ve kullanıcı konforunun da belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan camlama sisteminin performans özellikleri; enerji tüketimi ve kullanıcı konforuna ilişkin performans özellikleri olmak üzere iki ayrı bölümde incelenmektedir.

Bina kullanıcılarına sağlıklı, konforlu ve verimli çalışma alanlarının sunulmasında camlama sisteminin doğal aydınlatma, manzara ve güneş ışıınımı kazancı gibi olumlu etkilerinin yanı sıra, ısı kayıpları, ısıl açıdan konforsuz mekanlar yaratma (asimetrik ışıınım), kamaşma gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır.

Camlama sistemini oluşturan bileşenlerin malzeme üretimi ve performansını iyileştirmek üzere yapılan çalışmalar, sistemin enerji tüketimi ve kullanıcı konforunu etkileyen enerji korunumuna ve güneş kontrolüne ilişkin performans özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır (Clarke ve diğ.,1998).

Camlama sistemine ait gereksiz ısı kayıp ve kazançlarının kontrol edilmesine dayalı, enerji korunumu bağlamındaki çalışmaların ve teknolojik gelişmelerin hedefleri; kullanıcı konforunun sağlanması için ihtiyaç duyulan ışıığın büyük bir oranda gün ışııyla sağlanması, güneş ışıınımı kazancının denetlenmesiyle binanın ısıtma yüklerinin ve soğutma yüklerinin azaltılması, camlama sisteminin hava hareketlerinin kontrolünde aktif kullanımını sağlayarak doğal havalandırmayla ortamın hava kalitesinin artırılması, kullanıcının sağlıklı, konforlu ve verimli hissettiği iç çevresel koşulların sağlanması, güvenli ve uzun ömürlü olması şeklinde sıralanabilir (Selkowitz, 2000).

Yukarıda sıralanan hedefler doğrultusunda camlama sistemlerinde görülen teknolojik gelişmeler şu şekilde sıralanabilir (**Arasteh, 1994**):

- Cam yüzeyine düşük yayınlı kaplamalar (Low-E) uygulanarak ısı yitimi yoluyla ısı kayıplarının engellenmesi,
- Cam katman sayısının artırılması, düşük iletkenlik katsayısına sahip ara dolgu malzemesi (kripton, argon vb.) kullanılması, ısı iletkenlik katsayısı düşük (PVC, vinil vb.) çerçevelerin kullanılmasıyla taşıma ve iletim yoluyla görülen ısı kayıplarının azaltılması,
- Gün ışığı geçirgenliğinin spektral seçici kaplamalar kullanılarak artırılması ,
- Hava sızmalarının kontrol altına alınması (termoplastik elastomer fitillerin kullanımı).

4.2.1.1 Camlama Sisteminin Enerji Tüketimini Etkileyen Performans Özellikleri

Camlama sistemine ait ısı iletkenlik katsayısı, güneş ışımasını kazanç katsayısı, gün ışığı geçirgenliği ve hava sızmalarının kontrolü gibi özelliklerin yanı sıra iç-dış ortam sıcaklıkları, güneş ışıma miktarı ve iç-dış ortam iklim koşulları sistemin enerji performans gereksinimlerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Ancak sisteme ait bileşenlerin farklı fiziksel ve optik özellikler taşıması ve özellikleri belirleyen güneş ışımasının çok değişken bir karakterinin olması camlama sisteminin enerji performansına yönelik değerlendirmeleri oldukça güçleştirmektedir.

Düz berrak cam yüzeyden oluşan camlama sistemlerine ait değerler Fresnel denklemine göre daha kolay hesaplanabilmektedir. Ancak yeni gelişen teknolojiyle üretilen camlama sistemlerinin karmaşık yapıları nedeniyle (kaplamalar ve bu kaplamaların güneş ışımasını geçirgenliklerinin dalga boylarına göre farklılık göstermesi) fiziksel ve optik özelliklerinin belirlenmesi geleneksel hesaplama yöntemleriyle mümkün olmamaktadır (**Pfrommer ve diğ., 1995**).

Farklı cam tipleri, ara dolgu malzemeleri ve doğrama bileşenleri ile oluşturulan pek çok camlama sistemi değişik yapı tiplerinde, iklim bölgelerinde kullanılmış ve performansları karşılaştırılarak sistemin uygunluğunun tespiti için çeşitli modeller önerilmiştir (**Karlsson ve Roos, 2000; Karlsson ve diğ., 2001b, Bojic ve diğ., 2002**).

Camlama sisteminin binanın enerji performansını etkileyen özellikleri, sistemin ısı iletkenlik katsayısı, güneş ışıınımı kazanç katsayısı, ışık geçirgenliği ve hava sızmasıdır. Camlama sistemine ait, güneş ışıınımı kazancı, ısı iletkenliği ve hava sızması binanın soğutma ve ısıtma yüklerinin, ışık geçirgenliği ise aydınlatma enerjisi yüklerinin belirlenmesinde rol oynamaktadır.

Isı İletkenlik Katsayısı-U katsayısı

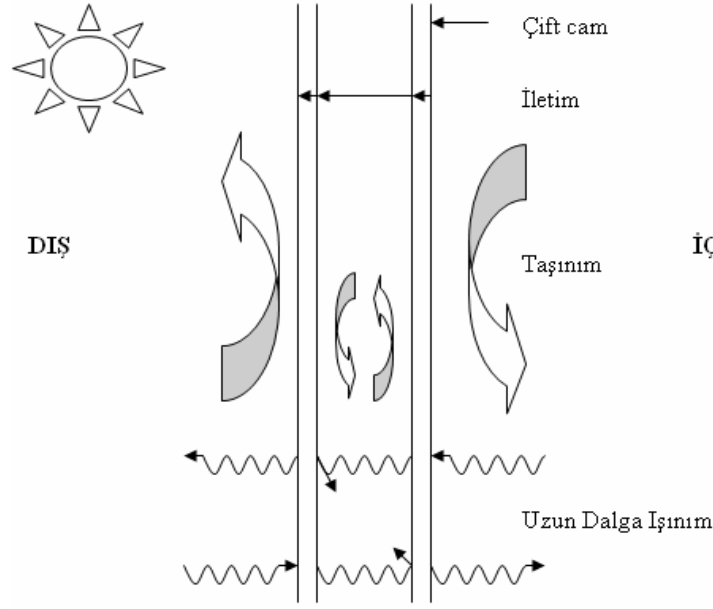
“Camlama sistemine ait enerji performansının belirlenmesinde, saydam ve opak bileşenlerin (camlar ve çerçeveler) güneş ışıınımı kazançlarının, iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan iletim, taşınım ve ışıınım yoluyla gerçekleşen ısı transferinin birlikte hesaplandığı bu değer, ısı iletkenlik katsayısı (U katsayısı, W/Km^2) olarak ifade edilir. U katsayısı sistemdeki toplam ısı geçişinin değerini gösterir **(Beckett ve Godfrey 1974:97).**”

Camlama sistemi söz konusu olduğunda ısı akışının kontrol edilebilirliği binanın enerji korunumu açısından en önemli etmenlerden birisidir. Sıcak ortamdan soğuk ortama doğru bir ısı akışı olacağından, kış döneminde camın iç yüzeyinden dış yüzeyine, yazın ise dış yüzeyinden iç yüzeyine doğru ısı akışı gerçekleşecektir. Camlama sisteminin 3 yolla görülen ısı akışına karşı gösterdiği ısı direnç R ($1/U$) katsayısı olarak adlandırılır.

Camlama sisteminin U katsayısı; toplam cam katmanı sayısına ve kalınlığına, camın rengine ve dokusuna, yüzeyine uygulanan kaplama malzemesinin özelliklerine, hava tabakasını oluşturan gazın cinsine ve kalınlığına, iç ve dış yüzeylerdeki sıcaklık farkına bağlı olarak gerçekleşen hava hareketinin hızına bağlıdır **(Lorenz, 1998)**. Bu nedenle her bir camlama sistemine ait, ısı akışının yönüne ve hava hareketine göre yaz ve kış dönemleri için iki farklı U katsayısı belirlenmektedir **(North American Fenestration Council (NFRC) 100 Standart, 1997)**.

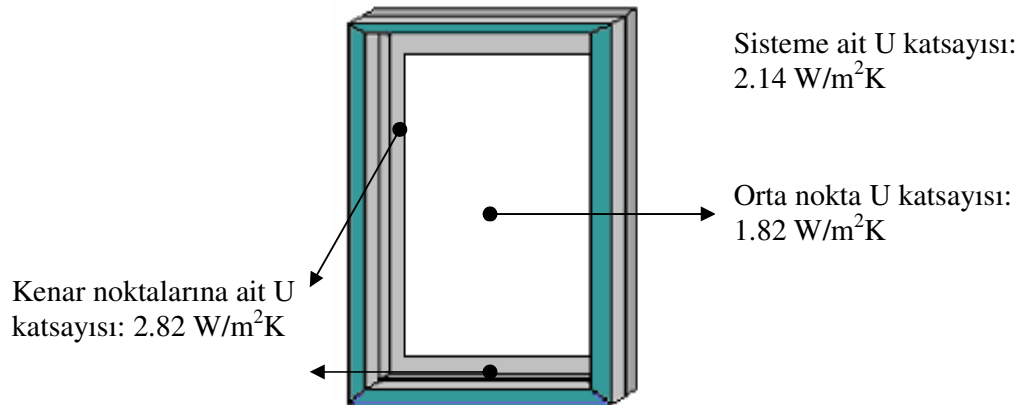
Bir camlama sisteminde görülen ısı transferi şu şekilde sınıflandırılabilir (Şekil 4.8):

- Cam yüzeyinde oluşan taşınım, iletim ve yayılım etkileri
- Cam yüzeyine ait güneş enerjisi kazancı ve camın optik özellikleri
- Çerçeve ve çerçeve cam birleşim noktalarındaki taşınım, iletim ve yayılım etkileri
- Çerçevelerden güneş enerjisine bağlı ısı kazanımları
- Çerçeveler arası oluşan hava hareketleri **(Carmody ve diğ., 2004)**



Şekil 4.8: Camlarda Isı Akışı (Carmody ve diğ., 2004:23)

Bir camlama sistemine ait üç farklı U katsayısından söz edilmektedir. Birincisi sadece camın ısı iletkenlik katsayısından hareketle belirlenen ve sistemin orta noktasına ait U katsayısı, ikincisi sistemin kenar noktalarına ait U katsayısı ve üçüncüsü ise sızdırmaz cam birim ara çitası veya camlama sistemi çevresindeki ısı köprü sebebiyle oluşan kenar etkileri ve ayrıca güneş ışığı sebebiyle enerji aktarımını içeren camlama sistemine ait U katsayısıdır (Şekil 4.9). Şekil 4.9’da görüldüğü gibi farklı etkiler dikkate alınarak hesaplanan bu değerler birbirinden oldukça farklıdır. Çerçevelerdeki ısı köprülerinin dikkate alınmadığı orta nokta U katsayısı oldukça düşüktür. Bu değer dikkate alınarak seçimi yapılan camlama sistemi uygulandığında enerji performansı istenilen düzeyde sonuçlar vermeyecektir.



Şekil 4.9: Camlama Sistemine Ait Farklı U Katsayıları

U Katsayısı Hesaplama Yöntemi

TS EN 673 (2001) standardı yukarıda sıralanan U katsayılarından birincisi olan sistemin orta noktasına ait (sistemi çevresindeki ısı köprü sebebiyle oluşan kenar etkileri ve ayrıca güneş ışığı sebebiyle enerji aktarımını kapsamayan) hesaplama yöntemini içermektedir. Bu standartta verilen hesaplama metodu, aşağıdaki prensipleri esas alır:

$$1/U = 1/h_e + 1/h_t + 1/h_i \quad (4.1)$$

$$1/h_t = \sum_{j=1}^N 1/h_s + \sum_{j=1}^M d_j \times r_j \quad (4.2)$$

$$h_s = h_g + h_r \quad (4.3)$$

$$h_r = 4\sigma [1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]^{-1} T_m^3 \quad (4.4)$$

$$h_g = Nu \lambda / s \quad (4.5)$$

$$Nu = A(Gr \times Pr)^n \quad (4.6)$$

$$Gr = 9.81s^3 \times \Delta T \rho^2 / T_m \times \mu^2 \quad (4.7)$$

$$Pr = \mu \times c / \lambda \quad (4.8)$$

Düşey cam için A 0.035, n ise 0.38 alınır.

Dış ısı aktarım katsayısı h_e , cam kenarındaki rüzgar hızının, yayma gücü katsayısının ve diğer iklim faktörlerinin bir fonksiyonudur. Normal düşey camlar için $1/h_e$ 'nin değeri, $0.04 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$ iken, $1/h_i$ 'nin değeri $0.13 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$ olarak standartlaştırılmıştır.

Camın iç yüzeyi daha düşük bir yayma gücü katsayısına sahip ise radyasyon iletkenliği :

$$h_r = 4.4 \epsilon / 0.837 \quad (4.9)$$

(0.837 kaplanmamış soda-kireç camın düzeltilmiş yayma gücü katsayısı)

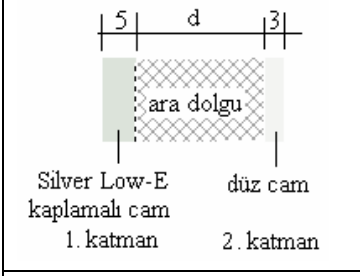
Cam yüzeyine düşük yayınlı kaplamalar (Low-E) uygulanarak ışınlım yoluyla ısı kayıplarının engellenmesi, cam katman sayısının artırılması, düşük iletkenlik

katsayısına sahip ara dolgu malzemesi (kripton, argon vb.) kullanılması gibi camlama sisteminin ısı performansının artırılması yönündeki gelişmelerdir.

Cam yüzeyine düşük yayınlımlı kaplamalar uygulanması hesaplama yönteminde yer alan (4.4) radyasyon iletkenliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Kaplanmamış soda-kireç camın düzeltilmiş yayma gücü katsayısı 0.837 iken, düşük yayınlımlı kaplamalar ile bu katsayı 0.03 değerine kadar indirilebilmektedir. Cam katman sayısının artırılması cam sisteminin toplam ısı iletkenliğini etkilediği gibi (4.2), gaz boşluğu sayısının artmasına neden olur. Düşük ısı iletkenlik değerine sahip ara dolgu gazlarının kullanımı (4.5), cam sisteminin toplam ısı iletkenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Tablo 4.7).

İki cam katmanı arasındaki genişliğin artırılması Nusselt sayısının alacağı değeri etkilemektedir. Genişliğe bağlı olarak hesaplanan Nusselt değeri (4.6) 1'den küçük ise, gazın iletkenliğinin hesaplanmasında Nusselt değeri için 1 değeri kullanılır. Ancak genişlik arttıkça Nusselt değeri 1'den büyük bir değer olarak gazın ısı iletkenliğinin artmasına (4.5) neden olmaktadır. Window 5.2 programı yardımıyla hesaplanarak Tablo 4.7'de sonuçları verilen ara dolgu gazına ve genişliğine (d) göre camın ısı iletkenlik değerleri görülmektedir. Ara dolgu genişliğinin artması belli bir değere kadar (Nusselt sayısı<1) ısı iletkenliğinin azalmasına neden olmaktadır. Ancak genişliği artırılması (Nusselt sayısı>1) taşınım yoluyla ısı transferi etkilerine neden olduğu için ısı iletkenliğinin tekrar artmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.7: Ara Dolgu Gazına ve Genişliğine (d) Göre Camın Isı İletkenlik Değeri (W/m^2K) (Window 5.2 programı ile hesaplanmıştır)

	Ara Dolgu Gazına ve Genişliğine (d) Göre Camın Isı İletkenlik Değeri (W/m^2K)				
	d kalınlık (mm)				
	3	6	12	16	20
Hava k: 0.02 W/mK	3.30	2.40	1.61	1.44	1.48
Argon k:0.016 W/mK	2.80	1.90	1.25	1.17	1.21
Kripton k:0.008 W/mK	2.01	1.20	1.03	1.08	1.11
Ksenon k:0.005 W/mK	1.44	0.93	0.98	0.99	0.99

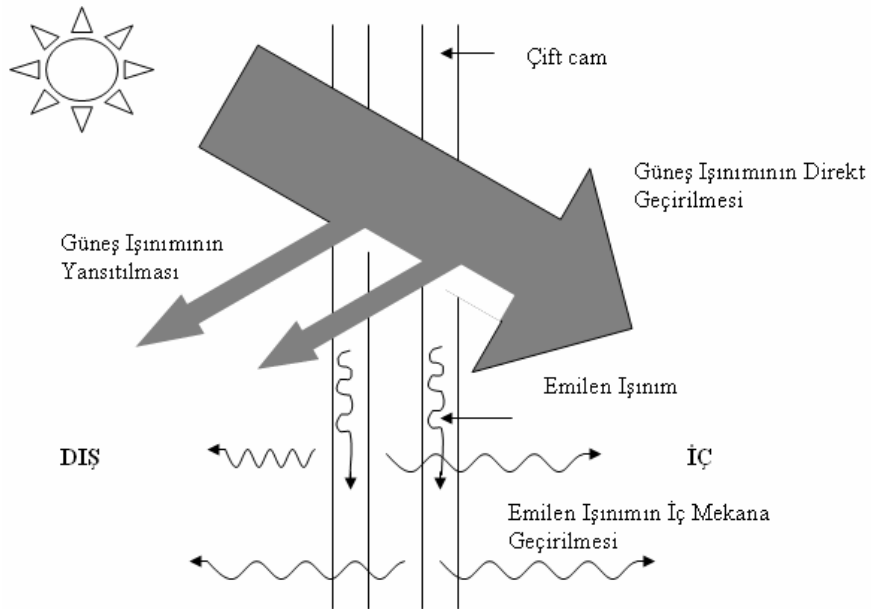
NFRC 100 (1997) standardına göre camlama sistemine ilişkin toplam U katsayısı (U_t) şu şekilde hesaplanır:

$$U_t = [\Sigma (U_f A_f) + \Sigma (U_d A_d) + \Sigma (U_e A_e) + \Sigma (U_{de} A_{de}) + \Sigma (U_c A_c)] / A_{pf} \quad (4.10)$$

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı-SHGC (g value)

Camlama sisteminin enerji performansını etkileyen bir diğer faktör ise güneş ısı kazanç katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC)'dir. Bu değer Avrupa literatüründe “g value” olarak da tanımlanmaktadır. Dış ortam sıcaklığından bağımsız olarak, ısı camlardan direkt veya dolaylı güneş ışıını yoluyla kazanılmaktadır. Kazanılan bu ısı, güneş ısı kazanç katsayısı ya da gölgeleme katsayısı olarak adlandırılır.

Bir camlama sisteminin güneş ışıını geçirgenliğinin belirlenmesinde iki değişken esas alınır. Bunlardan birincisi güneş ısı kazanç katsayısı, diğeri ise gölgeleme katsayısıdır. Her iki değişkende de kazanılan güneş ısı direkt olarak geçirilen ve sistemden emildikten sonra geçirilen ısı kazancını ifade eder. Cam yüzeylerden güneş ışıının bir kısmı iç mekana direkt olarak geçirilirken, bir kısmı cam tarafından emildikten sonra iç mekana geçirilir, bir bölümü ise geri yansıtılır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Camlarda Güneş Işıını Etkileri (Carmody ve diğ., 2004:26)

Çerçeveler ve kayıtlar tarafından emilen güneş ışıını da toplam güneş ısı kazan katsayısının hesaplanmasında kullanılır. Ancak diğr ısı kazançları (güneş enerjisi dışında olanlar) da ısı geçirgenlik katsayısını etkileyecektir.

Gölgeleme katsayısı (Shading Coefficient, SC) herhangi bir camın kazandığı ısı enerjisinin, 3 mm'lik düz camın kazandığı ısı enerjisine oranıdır.

$$\text{Gölgeleme Katsayısı} = \frac{\text{Herhangi bir camın Güneş Isısı Kazanım Katsayısı}}{\text{3mm lik düz camın Güneş Isısı Kazanım Katsayısı}} \quad (4.11)$$

(Lim ve diğ., 1979:243)

Son yıllarda gölgeleme katsayısının yerine tüm camlama sisteminin güneş ısı kazancını ifade eden güneş ısı kazan katsayısı kullanılmaktadır. Güneş ısı kazan katsayısı gölgeleme katsayısını etkileyen tüm faktörleri kapsadığı gibi, ayrıca çerçevelerin de kazanımlarını kapsar. Güneş ısı kazan katsayısı 0-1 arasında bir değere sahiptir. Katsayı 1'e yaklaştıkça kazancın yüksek olduğı, 0'a yaklaştıkça kazancın düşük olduğı anlamına gelmektedir.

“Herhangi bir camlama sisteminin gölgeleme katsayısı değeri, güneş ısı kazan katsayısından daha yüksektir. Gölgeleme katsayısı güneş ısı kazan katsayısına dönüştürülürken 0,87 sabitiyle çarpılarak dikkate alınmayan çerçevelerin etkisi bu işlemle, hesaba dahil edilmektedir (Carmody ve diğ., 2004:27)”

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı-SHGC Değeri Hesaplama Yöntemi

Bir camlama sistemine ait güneş ısı kazan katsayısı **TS 11172 EN410 (2000)** standardına göre aşağıda yer alan hesaplama yöntemiyle elde edilir. Güneş ısı kazan katsayısı doğrudan güneş ışığı geçirgenlik katsayısı τ_e ve camın içeri doğru olan sekonder ısı transfer faktörü q_i toplanarak hesaplanır. Sekonder ısı transfer faktörü q_i ; konveksiyon ve cam yüzeyine gelen güneş ışınlarının cam tarafından emilmesinden kaynaklanan uzak kızıl ötesi ışıını radyasyonun içeri doğru kısmıdır.

$$\text{SHGC (g)} = \tau_e + q_i \quad (4.12)$$

Gelen güneş ışığı radyasyonu akısı (ϕ_e), aşağıdaki üç kısma ayrılır:

- Geçen kısım, $\tau_e \phi_e$
- Yansıyan kısım, $\rho_e \phi_e$
- Absorplanan kısım, $\alpha_e \phi_e$

Bu üç karakteristik arasındaki ilişki :

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1 \quad (4.13)$$

Emilen kısım $\alpha_e \phi_e$ iç ve dış kısma aktarılan enerji olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlar sırasıyla $q_i \phi_e$ ve $q_e \phi_e$ dir.

$$\alpha_e = q_i + q_e \quad (4.14)$$

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \tau(\lambda) \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta(\lambda)} \quad (4.15)$$

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \rho(\lambda) \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta(\lambda)} \quad (4.16)$$

İçeriye doğru ikincil ısı aktarım faktörü q_i 'nin hesaplanması için, camın dışarıya doğru, h_e ve içeriye doğru h_i ısı aktarım kat sayılarının bilinmesi gerekir. Bu değerler, temel olarak camın konumu, rüzgâr hızı, iç ve dış sıcaklıklar ve camın iki dış yüzeyinin sıcaklıklarına bağlıdır.

Bu standardın amacı, camın performansı hakkındaki temel bilgileri sağlamak olduğundan, karşılaşılan şartların basitleştirilmesi aşağıda belirlenmiştir.

- Camın konumu : düşey
- Dış yüzey : rüzgâr hızı; yaklaşık 4 m/sn, düzeltilmiş emisyon gücü = 0,837
- İç yüzey: tabii konveksiyon, emisyon gücü isteğe bağlı
- Hava boşlukları havalandırmaz.

Bu alışılmış ortalama şartlar altında h_e ve h_i için standart değerler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$h_e = 23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$h_i = 3,6 + 4,4 \varepsilon_i / 0.837 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad (4.17)$$

Kaplanmamış soda kireç camı ve borosilikat camı için ε_i (iç yüzeyin düzeltilmiş emisyon gücü) = 0,837 ve $h_i = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 'dir. Tek camın içeriye doğru sekonder ısı aktarım faktörü q_i , aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$q_i = \alpha_e [h_i / (h_e + h_i)] \quad (4.18)$$

Çift camın içeriye doğru ikincil ısı aktarım faktörü q_i , aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$q_i = \frac{[(\alpha_{e1} + \alpha_{e2}) / h_e + \alpha_{e2} / \Lambda]}{[1/h_i + 1/h_e + 1/ \Lambda]} \quad (4.19)$$

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \{ \alpha_1(\lambda) + [(\alpha_1'(\lambda) - \tau_1(\lambda) \rho_2(\lambda)) / (1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda))] \} \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta(\lambda)} \quad (4.20)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \{ \alpha_2(\lambda) - \tau_1(\lambda) / (1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)) \} \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{2500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta(\lambda)} \quad (4.21)$$

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad (4.22)$$

$$\alpha_1'(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1'(\lambda) \quad (4.23)$$

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad (4.24)$$

NFRC 200 (1997) standardına göre camlama sistemine ilişkin toplam SHGC; yukarıda hesaplama yöntemi verilen cama ait güneş ısı kazanç katsayısı değeri ile çerçeve ve kayıtların güneş ısı kazanç katsayısının aşağıdaki formüle uygun olarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir.

$$SHGC_t = [\sum (SHGC_f A_f) + \sum (SHGC_d A_d) + \sum (SHGC_e A_e) + \sum (SHGC_{de} A_{de}) + \sum (SHGC_c A_c)] / A_{pf} \quad (4.25)$$

Gün Işığı Geçirgenliği -T_{vis}

Enerji performansını etkileyen bir diğer faktör sisteme ait gün ışığı geçirgenliğidir (T_{vis}, % olarak). Elektromanyetik spektrumun 380-760 nm değerleri arasında dalga boyuna sahip görünür ışık olarak adlandırılan bölgenin geçirgenliğini ifade eder. Ortamın aydınlık düzeyini belirler. Yüksek gün ışığı geçirgenliğiyle, daha düşük aydınlatma enerjisi tüketimi sağlanarak aydınlatma enerjisi tüketimine bağlı soğutma enerjisi tüketiminin de azaltılması söz konusudur.

Gün ışığı geçirgenliği, camın tipine, cam tabakası sayısına ve cam yüzeylerdeki kaplamanın özelliğine göre değişir. Geçmişte, düşük güneş ısısı kazanç katsayısına sahip camların görünür bölge geçirgenlikleri de aynı oranda düşük iken, gelişen teknolojiyle birlikte güneş ısısı kazancı düşürölürken, gün ışığı geçirgenliğinde daha az bir düşüş olabilmektedir (spektral seçici camlarda olduğu gibi). Çünkü güneş ısısı kazancının ve gün ışığının denetlenmesi ayrı ayrı ele alınması gereken sorunlardır.

Aydınlatma verimliliği (Luminous Efficacy) gün ışığı geçirgenliğinin gölgeleme katsayısına oranlanmasıyla elde edilen bir katsayıdır. Gölgeleme katsayısının yerini alan güneş ısısı kazanç katsayısı ile bu ifade gün ışığı kazancının güneş ısısı kazancına oranı “light to solar gain ratio” olarak değiştirilmiştir (**Etzion ve Erell, 2000**).

Gün Işığı Geçirgenliği Hesaplama Yöntemi

Bir camlama sistemine ait gün ışığı geçirgenlik katsayısı **TS 11172 EN 410 (2000)** standardına göre aşağıda yer alan hesaplama yöntemiyle elde edilir.

$$\tau_v = \frac{\sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_\lambda \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta(\lambda)}{\sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} D_\lambda V(\lambda) \Delta(\lambda)} \quad (4.26)$$

Çok katlı camların olması durumunda spektral geçirgenlik kat sayısı $\tau(\lambda)$, her bir bileşenin spektral geçirgenlik kat sayıları ve yansıtma kat sayılarından aşağıdaki gibi hesaplanır.

Çift katlı cam için;

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda)}{1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)} \quad (4.27)$$

Üç katlı cam için;

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda) \tau_2(\lambda) \tau_3(\lambda)}{[1 - \rho_1'(\lambda) \rho_2(\lambda)] [1 - \rho_2'(\lambda) \rho_3(\lambda)] - \tau_2^2(\lambda) \rho_1'(\lambda) \rho_3(\lambda)} \quad (4.28)$$

Hava Sızması-Infiltration

Camlama sisteminin enerji performansının belirlenmesinde etkili bir diğer özellik ise hava sızmalarının kontrolüdür. Isı kayıp veya kazancı, kayıtlar ve çerçeve arasından boşluklar nedeniyle de görülebilir. Camlama sistemine ait cam çerçeve, kayıt cam, kayıt çerçeve, çerçeve duvar arası birleşim noktalarında görülen hava sızmalarının kontrolü enerji performansı açısından önem taşımaktadır.

Hava Sızması Hesaplama Yöntemi

TS EN 1026 (2002) standardına göre normal şartlardaki ($T_o = 293$ K, $P_o = 101,3$ kPa) hava akışının hesaplanabilmesi için, her kademedeki hava akış ölçmelerinin sonucu, deney esnasındaki gerçek sıcaklık ve atmosfer basıncı hesaba katılarak aşağıdaki formülle dönüştürülür.

$$V_o = V_x \cdot \frac{293}{273 + T_x} \cdot \frac{P_x}{101.3} \quad (4.29)$$

4.2.1.2 Camlama Sisteminin Kullanıcı Konforunu Etkileyen Performans Özellikleri

Bir camlama sisteminin kullanıcı konforunun sağlanması için belirleyici olan özellikleri; gün ışığı faktörü, kamaşma, manzara ve ısıl konfor olarak sıralanabilir. Kullanıcı ve camlama sistemi arasındaki uzun dalga boylu ışıınım alışverişi, soğuk/sıcak camlama sistem yüzeyinde oluşan hava hareketi, kullanıcının sistem tarafından geçirilen direkt güneş ışıınımına maruz kalması, yaz ve kış koşullarına göre değişkenlik gösteren camlama sistemine ait uzun ve kısa dalga boylu ışıınım, manzara, gün ışığı geçirgenliği gibi özelliklerdir (**Lyons ve diğ., 2000**).

Gün ışığının yönündeki, rengindeki ve yoğunluğundaki değişikliklerin gün boyunca fark edilebilmesi kullanıcılar için zamanı algılayabilmek açısından önemlidir. Bir camlama sisteminin tasarımı ve cam tipi seçimi, mekan içerisindeki gün ışığı algısını ve düzeyini etkileyen en önemli değişkenlerdendir **(Bryn, 1995)**.

Camlama sisteminin gün ışığı geçirgenliği coğrafi konuma, sistemin boyutuna, yönüne ve camın gün ışığı geçirgenlik faktörüne bağlıdır. Güney cephesinde yer alan camlama sistemleri diğer yönlere göre, mevsimlere bağlı olarak direkt gün ışığının uzun süre iç mekana alınması nedeniyle daha yüksek aydınlık düzeyine sahip mekanlar sunmaktadırlar.

Camlama sisteminin oluşturulması ve boyutlandırılmasına ilişkin farklı iklim bölgelerine ve yönlere göre çalışmalar yapılmış ve uygun sistem seçimi için çeşitli modeller geliştirilmiştir **(Al-Sallal, 1998; İnanıcı ve Demirbilek, 2000; Kontoleon ve Bikas, 2002; Ahmed ve diğ., 2002; Ünver ve diğ., 2003)**.

Boyutları daha büyük olan ancak gün ışığı geçirgenliği düşük olan bir sistemin, boyutları kendisine oranla daha küçük ancak yüksek gün ışığı geçirgenliğine sahip sisteme göre iç ortamda oluşturduğu doğal aydınlık düzeyi daha düşük seviyelerde olabilmektedir. Dolayısıyla istenilen aydınlık düzeyinin sağlanmasında sistemin boyutlandırılmasının yanı sıra cam elemanının fiziksel ve optik özellikleri de belirleyici unsur olarak düşünülmelidir.

Camlama sisteminden alınan doğal ışığın gün boyunca değişkenlik göstermesi ve sabit olmayan bu durumun kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle, gün ışığını kontrol edebilmek amacıyla iç veya dış gölgeleme elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Konforlu gün ışığı sağlayan ve gölgeleme elemanına ihtiyaç duyulmayan en iyi yön olarak kuzey yönü kabul edilebilir.

Kullanıcı konforunu belirleyen bir başka özellik olan manzara, öznel olan konfor koşullarından birisi olmakla birlikte, camlama sistem tasarımı ve seçimini etkilemektedir. Sistemin boyutu, şekli, oranları ve sunduğu manzara kullanıcının mekana ilişkin yargılarının oluşmasında önem taşımaktadır. Manzaraya göre konumlanma bazı durumlarda binanın enerji korunumu ilkesinin önüne geçebilmektedir. Örneğin kuzeye yönelmeyi gerektiren manzara koşullarında, enerji tüketimini olumsuz yönde etkilese de, manzara ilk plana alınabilmektedir.

İstenilen konfor koşullarının karşılanması aktif sistemler aracılığıyla da sağlanabilmektedir. Ancak yapılan araştırmalar, konforlu bir çevre oluşturmak için kullanıcıların çevreleriyle iletişim kurabilme ve günlük hava değişimlerinin algılanabilmesi etkenlerinin de dikkate alınması gerekli görmektedir. Bu nedenle doğal aydınlatma ve çevreyle ilişki kurabilme imkanının oluşturulması önemli görülmektedir.

Camlama sistemine ait kullanıcı konforunu etkileyen bir diğer özellik ise ısı konforunun sağlanmasıdır. Camlama sistemleri kullanıcıların ısı konforunu önemli ölçüde etkiler. Örneğin ısıtma istenilen dönemlerde, cam yüzeyinin sıcaklığı ortam sıcaklığından oldukça düşüktür. Cam gibi soğuk bir yüzeye yakın bulunan kullanıcıların soğuk yüzeye aralarında görülen ışıyım yoluyla ısı transferi nedeniyle kullanıcılar, ortam sıcaklığı istenilen seviyede olmasına rağmen, soğuk yüzeye doğru ısı kaybettikleri için konforsuz şartlara maruz kalırlar. İnsan vücudunun yalnızca camlama sistemine yakın olan kısmında görülmesi nedeniyle oluşan ısı kaybına asimetrik ışıyım adı verilir (**Pfrommer ve diğ., 1995**). Aynı biçimde camların üzerine düşen güneş ışıyımını emmesiyle bünyelerindeki sıcaklık artışı kullanıcıyla sıcak yüzey arasındaki asimetrik ısı alışverişi oluşmaktadır. Bu nedenle camlama sisteminin performans değerlendirmesi yapılırken sisteme ait güneş ışıyımını emiciliği de hesaba katılmalıdır (**Alvarez ve diğ., 2001**).

Isıl konforu etkileyen bir diğer etken ise cam yüzeyinin ortam sıcaklığından soğuk olması nedeniyle cam önündeki soğuk hava ile tavandaki sıcak havanın yer değiştirmesiyle oluşan hava akımına bağlı ısı kaybıdır. Soğuk hava hareketinden kaynaklanan hava akımının oluşturduğu olumsuz etki, ancak cam ve çerçeve yüzeylerinin sıcaklıklarının ortam sıcaklığına yakın değerler almasıyla giderilebilir (**Givoni, 1976**).

Direkt güneş ışıyımı ısı konforu etkileyen diğer bir etkidir. Soğutma istenilen bir dönemde ortam sıcaklığı konfor koşullarını karşılayacak düzeyde olmasına rağmen, kullanıcının direkt güneş ışıyımına maruz kalması kazandığı enerji nedeniyle ısı konforu olumsuz yönde etkiler.

4.2.1.3 Camlama Sisteminin Performans Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Standartlar ve Yaklaşımlar

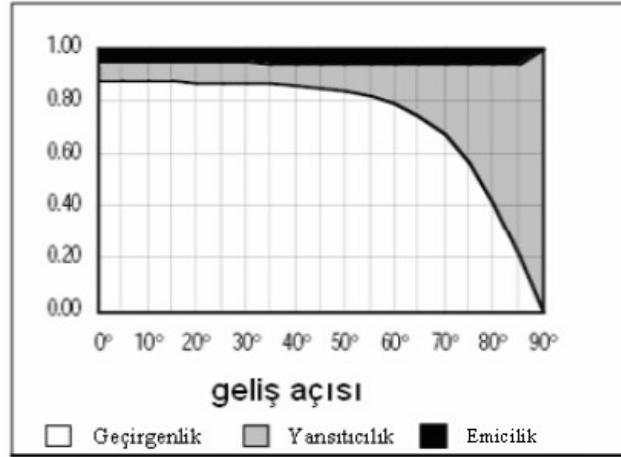
Camlama sisteminin yukarıda sıralanan performans özelliklerinin belirlenmesi aynı zamanda binanın toplam enerji tüketimini ve kullanıcı konforunun irdelenmesi açısından önemlidir. Camlama sistemine ait U katsayısı, güneş ısı kazanc katsayısı, gün ışığı geçirgenliği ve hava sızmalarının kontrolü gibi özellikler sisteme ilişkin performans gereksinimlerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Sisteme ait bileşenlerin farklı fiziksel ve optik özellikler taşıması, özellikleri belirleyen güneş ışınımının çok değişken bir karakterinin olması, camlama sisteminin enerji performansı ve kullanıcı konforunu etkileyen özelliklerinin hesaplanmasını oldukça güçleştirmektedir.

Camlama sistemlerinin performans özelliklerinin belirlenmesi için geliştirilen standartlar, karmaşık yapıya sahip bu sistemin performans özelliklerinin hesaplanmasına yöneliktir. Oluşturulan standartlar sistemin fiziksel ve optik özelliklerine bağlı olarak; toplam U katsayısı, cam yüzeyinin orta noktasının U katsayısı, güneş ışıını kazanc katsayısı ve gün ışığı geçirgenliğinin hesaplanmasına ilişkin standartlardır (**EN 410, 1998; EN 673, 1997; NFRC, 2001**). Ülkemizde kullanılan TSE standartları ise çeşitli standartların yeniden düzenlenmesiyle elde edilmiştir. Örneğin camlama sistemine ait U katsayısının hesaplanmasında **TS EN 673 (2001)**, camların optik özelliklerinin hesaplanmasında **TS 11172 EN 140 (2000)** standardı geliştirilmiştir.

Örneğin NFRC tarafından hazırlanan **NFRC 100 (1997)** standardı, camlama sisteminin toplam ve cam yüzeyinin orta noktasının U katsayısının hesaplanmasına yönelik iken, **NFRC 200 (1997)** standardı güneş ısı kazanc katsayısının ve gün ışığı geçirgenlik değerinin hesaplanmasını içermektedir. **NFRC 300 (1997)** standardı sisteme ait optik özelliklerinin hesaplanması için gerekli standardı içerirken, sisteme ait hava sızmalarının hesaplanmasına ilişkin olarak ise **NFRC 400 (1997)** standardı geliştirilmiştir (www.nfrc.org).

Camların güneş ışıını ve gün ışığı geçirgenlikleri, güneş ışıınıının düşey camın normaliyle yaptığı açıya bağlı olarak değişmektedir. Açı büyüdükçe güneş ışıını geçirgenlik değeri düşmektedir (Şekil 4.11). Ancak gerçek durumun aksine, basitleştirmek amacıyla her zaman güneş ışığının spektral dağılımının atmosferik

şartlara (örneğin toz, sis, nem içeriği) bağlı olmadığı ve güneş ışığının cama bir demet olarak ve dik bir şekilde çarptığı kabul edilir (TS 11172 EN 410, 2000).



Şekil 4.11: Geliş Açısına Bağlı Olarak Camlama Sisteminin Optik Özellikleri

Güneş ışınımının düşey bir yüzeye dik gelmesi durumuna göre alınan değerler, ısı ve enerji performansının hesaplanmasında yansıtıcı olabilmektedir. Bu nedenle güneş ışınımının yüzey üzerine geliş açısına göre değişkenlik gösteren cama ait optik değerlerin hesaplamalarda kullanılması, binanın enerji performansının ve kullanıcı konforunun belirlenmesinde önemlidir. Literatürde açısal geçirgenliğe bağlı optik özelliklerin belirlenmesine yönelik çeşitli modelleme çalışmaları yer almaktadır (Pfrommer ve diğ., 1995; Roos ve diğ., 2000; Hengesson ve diğ., 2000, Rosenfeld ve diğ., 2000; Maccari ve Zinzi, 2000; Karlsson ve diğ., 2001b; Nielsen vd., 2000; Tseng ve Goswami, 2001). Bu çalışmalarda yeni gelişen teknolojilere bağlı olarak camlama sisteminin karmaşık optik ve fiziksel özelliklerinin hesaplanmasında kullanılabilecek çeşitli hesaplama yöntemleri geliştirilmiş ve önerilen yöntemlerin gerçeğe uygunluğu çeşitli uygulama sonuçlarıyla kıyaslanarak test edilmiştir.

Karlsson ve diğ. (2001) ve **Karlsson ve Roos (2000)** tarafından yapılan çalışmada toplam güneş ışınımı kazancının açısal gelişe göre hesaplanmasında bir yöntem ortaya konmuştur. Çalışmada kaplama tipinin genel özelliklerinin yanı sıra cam tabaka sayısının camın geçirgenliğine olan etkisi incelenmiştir.

Benzer bir çalışma **Maccari ve Zinzi (2001)** tarafından yürütülmüş ve binaların enerji performanslarının analizi için kullanılan programlarda camın açısal güneş ışınımı geçirgenlik değerleri önemsenmemekte ve dik gelişe göre hesaplamalar

yapılmaktadır. Çalışma açısı gelişe bağlı hesaplamaların, binanın enerji korunumu açısından performansının değerlendirilmesi gerektiğinin altı çizilmektedir.

Önerilen hesaplama yöntemlerinin yanı sıra bilgisayar programları aracılığıyla da camlama sistemine ait değerlere ulaşmak olanaklıdır (**Window 5.2, WINSIM**). Ancak hazırlanan bu programlarda camlama sistemine ilişkin hesaplamalar, yukarıda sıralanan standartlara göre yapılmaktadır. Örneğin Window 5.2 simülasyon programı kullanıcıya hem Avrupa standartlarına (CEN), hem de Amerikan standartlarına (NFRC) göre hesaplama yapma imkanı sunmaktadır (**www.windows.lbl.gov**).

Özellikle enerji etkin bina tasarımı çalışmalarının ağırlık kazanmasıyla, camlama sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri bazı standartlarla belirlenmiştir. Belirlenen standartlarda sisteme ilişkin performans gereksinimlerinin, iklim tipine, binanın fonksiyonuna, yapı bileşeninin yönüne ve saydamlık oranına göre şekillendiği görülmektedir (**ASHRAE 90.1, 2004**). **ASHRAE 90.1 (2004)** standardında, ticari binalarda camlama sisteminin sahip olması gereken toplam U katsayısı ve güneş ısı kazanç katsayısı iklim tiplerine göre sınıflandırılarak belirtilmiştir. Türkiye’de yapılan uygulamalarda bu değerlerin kullanılması için, ısıtma ihtiyacı duyulan günlere göre yapılan iklim tipi sınıflandırmasında uygun yerin belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin İstanbul ilinde yapılan bir çalışma için oluşturulan camlama sistemine ait performans özellikleri, **ASHRAE 90.1 (2004)** standardında verilen Tablo 8A-25’te bulunan iklim tipi sınıflandırmasına eşdeğer alınabilir.

Camlama sisteminin performans özelliklerinin belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmaların yanı sıra, sistemin binanın enerji performansına olan etkilerini içeren çalışmalar da ele alınmıştır. Örneğin, **Kontoleon ve Bikas (2002)** tarafından yürütülen çalışmada, istenilen iç çevre konforunu yaratmakta cam tipinin seçimi ve duvar büyüklüğüne oranının önemi, strüktürel ısı akış köprüsü, iç ve dış duvarlar, cam ve döşeme olmak üzere dört parametreden oluşan bir modelle test edilmiştir.

Bu konuda bir diğer örnek **Koçlar (2000)** tarafından yürütülmüştür. Yapılan çalışmada farklı cam tipleri kullanılarak binanın ısıtma enerjisi açısından bu tipler karşılaştırılmış ve en uygun cam seçilmiştir. Ayrıca plastik ve ahşap olmak üzere iki tip doğrama seçilmiştir. Böylelikle hem camın, hem de doğramanın ısıtma enerjisi açısından etkileri vurgulanmıştır.

Ayrıca camlama sisteminin bir bileşeni olan gölgeleme elemanının sistemin performansına etkilerinin incelendiği araştırmalar da dikkate alınmıştır. **Brietenbach ve diğ. (2001)** yapmış olduğu çalışmada, gölgeleme elemanlarının, ısı kazancı kontrolüne ve günüşiği kazancına olan etkileri, iki farklı çift camın önüne panjur koymak suretiyle ele alınmıştır.

Camlama sisteminin binanın aydınlatma enerjisi performansına etkilerinin incelendiği çeşitli çalışmalar da irdelenmiştir. **Ünver ve diğ. (2003)** tarafından yapılan çalışmada oda boyutlarına ilişkin olarak 3, cam tipine ilişkin olarak 2, saydamlık oranına bağlı olarak 2 farklı tipte ofis alternatifleri doğal aydınlatma düzeyleri açısından karşılaştırılmışlar ve en uygun seçenek belirlenmiştir.

Başka bir çalışma ise **Ahmed ve diğ. (2002)** tarafından yapılan çalışma, pasif güneş evi tasarımında camlama sisteminin büyüklüğüne bağlı olarak iç ortamda doğal aydınlatma koşullarını irdelemektedir.

5. ATRIUM TİPİ BİNALARDA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI ve KULLANICI KONFORUNUN SAĞLANMASI İÇİN UYGUN CAMLAMA ve DENETİM SİSTEMİ MODELİ

5.1 Modelin Kurulması

Çevresinde yer alan mekanların günışığı, taze hava ve benzeri çevresel etkilere faydalanmasını sağlayarak bina kullanıcıları için sosyal ve ferah ortamlar yaratan atriumlarda ısıtma, soğutma, havalandırma, hava tabakalaşması, hava kalitesinin sağlanması, akustik ve çevresel sistemlerin kontrolü gibi sorunlar görülmektedir. Gerçekleştirilen eylemlere bağlı olarak istenilen konfor düzeyini sağlamak için tüketilen enerji, cam yüzeylerle çevrili büyük hacimleri kapsayan atriumlarda önemli miktarlara ulaşmaktadır. Giriş bölümünde ayrıntılı olarak belirtilen sorunlara bağlı olarak, atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik bir model çalışması önerilmektedir. Modelin uygulanabilirliğini sağlamak için bir simülasyon modeli oluşturulmuştur.

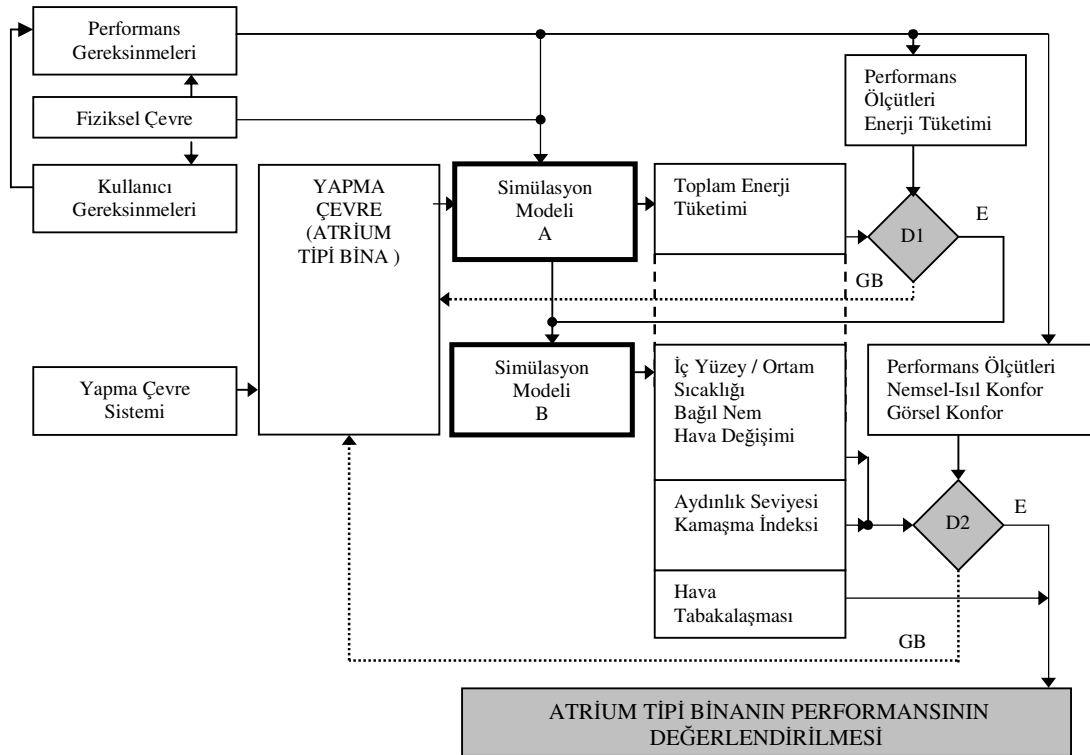
Atrium tipi binalarda enerji performansının değerlendirilmesini amaçlayan çalışmada öncelikle, literatür araştırmasından elde edilen bulgular değerlendirilerek bir analiz çalışması yapılmıştır. Bir hacmin işlevine göre oluşturulan konfor koşulları ile dış ortam koşulları arasında bir filtre olarak görev yapan yapı kabuğunun performansına bağlı olarak iç ortam koşullarının belirlenmesi için literatürde yer alan çalışmalar analiz edilmiştir. 3. Bölüm, 3.2. Atriumların Enerji Performansı başlığı altında bu çalışmalar irdelenmektedir.

Yapı kabuğu ile ilgili sorunlar ve ileri sürülen çözüm önerileri doğrultusunda camlama sistemlerinin yapısı, özellikleri, enerji ve kullanıcı konforuna ilişkin performansları 4. bölümde incelenerek, gerekli tanımlamalar yapılmıştır. Daha sonraki sentez aşaması, çalışmanın tasarımının yapıldığı aşamadır.

Çalışmanın tasarımında amaç, kullanıcının eylemlerini sürdürmesi için gereksinim duyduğu iç çevre koşulları ile bu çevreyi oluşturan kabuğun tasarlanması ve

gerçekleştirilmesinde yer alan süreçlerin saptanarak düzenlenmesi, belli ölçütlere göre değerlendirilmesi, karşılaştırılması ve enerji tüketimi ile kullanıcı konforu açısından en uygun olanın seçimi olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte, oluşturulan seçeneklerin fiziksel ve yapma çevre ile ilgili çevresel etmenler altında kullanıcı gereksinimlerine en uygun olanın seçimi için gerekli ölçütlerin kontrolüne ilişkin bir denetim sisteminin oluşturulması da amaçlanmaktadır.

Yöntemde yer alan süreçler ve süreçlerde yer alan değişkenler arasındaki ilişkileri, sistemler yaklaşımı çerçevesinde kavramsal olarak ele alan bu modelde ilk süreç, seçimi yapılacak sisteme ilişkin hedefler ve zorunlulukların enerji tüketimi ve kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda tanımlanması, saptanması ve düzenlenmesidir. İkinci süreç farklı sistem seçenekleri arasında en uygun olanın seçimini sağlamak üzere seçeneklerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasına imkan veren modelin kurulmasıdır. Üçüncü ve son süreç ise değerlendirme, karşılaştırma ve uygun seçeneğin belirlenmesidir (Şekil 5.1).



- D1 : 1. Denetleme Aşaması
D2 : 2. Denetleme Aşaması
A-B : Simülasyon Modeli (Şekil 5.12)
GB : Geri Besleme

Şekil 5.1: Atrium Tipi Binalarda Enerji Tüketimi ve Kullanıcı Konforuna Yönelik Performans Değerlendirme Modeli

5.1.1 Yapma Çevreden Beklenen Performans Gereksinmelerinin Oluşturulması

İlk süreçte (veriler) fiziksel etmenler (iklimsel ve coğrafi) ve kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda yapma çevreden beklenen performans gereksinimleri oluşturulmaktadır. Performans gereksinmelerinin saptanması, yapma çevreyi oluşturan tüm etmenlerin belirlenmesine bağlıdır. “Seçimde temel ölçütleri oluşturan hedefler, zorunluluklar ve ölçütlerin doğru ve yeterli düzeyde saptanabilmeleri için sistem çerçevesine bağlı olarak dışsal etmenler ve bu çevre içinde yer alan sistem değişkenlerinin gösterdikleri özellik değerlerinin bilinmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bundan yola çıkarak, hedeflerin ve ölçütlerin saptanmasında çevresel etmenlere bağlı olarak kullanıcı gereksinimleri ile yapım sistemleri ve değişkenlerinden beklenen tüm özellikler temel alınabilir (Özkan, 1976:221).” Çalışma çerçevesinde yapma çevreyi oluşturan yapı kabuğuna ilişkin performans gereksinimleri, enerji tüketimi ve kullanıcı konforu dikkate alınarak belirlenmiş ve bu gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığının değerlendirilmesi için gerekli performans ölçütleri standartlar temel alınarak oluşturulmuştur.

Kullanıcılarının fiziksel çevre koşulları altında gereksinimlerini karşılayabilmesi ve eylemlerini gerçekleştirebilmesi için, gereksinim duyduğu iç ortam koşullarını en az enerji tüketimiyle sağlayan bir yapma çevre hedeflenmektedir. Hedeflenen bu amaç doğrultusunda oluşturulan farklı seçeneklerden en uygun olanının seçimi ve tüm seçenekler ile bu seçimde yer alacak hedefler, zorunluluklar ve ölçütler kapsamının ayrıntılı bir biçimde saptanarak düzenlenmesi seçim yapma hususunda önemli bir sorundur. Ancak seçim sürecinde belirlenen hedefler aynı zamanda kontrol görevini de üstlenmektedirler. Seçeneğe ait değerlerin belirlenmiş hedeflere göre beklenen değerlerden sapması, amaçlanan hedeflere ulaşılmadığı anlamına gelmektedir.

5.1.2 Yapma Çevrenin (Atrium Tipi Binanın) Oluşturulması

İkinci süreçte kullanıcının eylemlerini gerçekleştirirken iç çevre koşullarına ilişkin tüm gereksinimlerinin karşılanacağı en uygun yapı kabuğunun oluşturulması amaçlanmaktadır. Yapı kabuğunun istenilen hedeflere uygunluğu, ilk süreç sonucunda oluşturulan performans ölçütlerini karşılayıp karşılamadığı sorusunun cevabına bağlıdır. Bunun için yapma çevreye ait farklı seçeneklerin sınıflandırılabilmesi için belirlenen hedefi karşılamak üzere ölçüt olarak tanımlanan bir veya birkaç özelliğe ilişkin olarak gösterdikleri değerler arasında kıyaslama

yapılabilmelidir. Kısaca, aynı kullanıcı gereksinimleri veya aynı eylemleri karşılayacağı düşünülen seçenekler arasında uygun olanın seçimi için, her bir seçeneğe ait ortaya konan sorunlara çözüm olarak ileri sürülen özelliklerine ait kıyaslanabilir ‘belli birim değer’in elde edilmesi gerekmektedir. Böylelikle bu değerlerin ölçütlere uygunluğu test edilebilmektedir. Aynı ayrı performans özellikleri belirlenen bileşen ve elemanların, bir araya gelerek oluşturduğu sisteme ait performans özellikleri ile ilgili verilerin hesaplanabilmesi için bir simülasyon modeli önerilmiştir ve araç olarak çeşitli simülasyon programları kullanılmıştır. Hesaplamalar binanın enerji tüketimi, iç ortam verilerinin elde edilmesi ve hava tabakalaşmasının belirlenmesi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir.

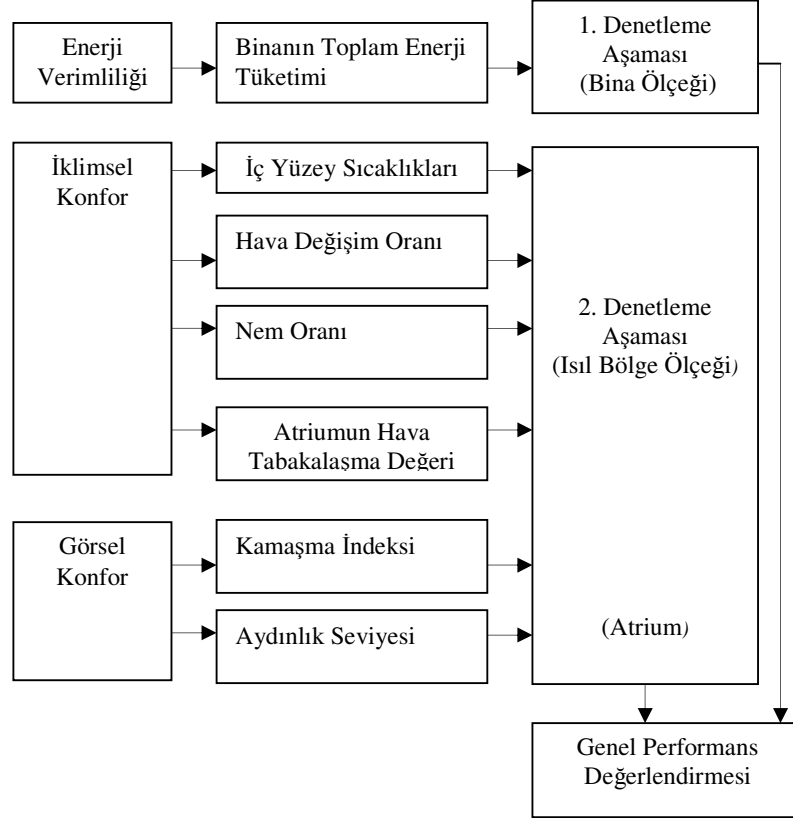
Uygun yapma çevrenin seçimi için karşılaştırılan farklı seçeneklerin tüm sistemin enerji performansına ve kullanıcı konforuna olan etkisini gözlemlemek amacıyla, atrium tipi binalarda enerji tüketimi ve kullanıcı konforu sorununun kaynağı ve çözümü olarak öne sürülen camlama sistemi dışındaki tüm sistemler sabit olarak kabul edilmiştir. Böylelikle irdelenen sistemin, tanımlanan sorun doğrultusunda ürettiği çözümü tartışmak mümkün olmaktadır.

Çalışmada amaç, fiziksel çevre etmenleri ışığında kullanıcının eylemlerini gerçekleştirmesi için ihtiyaç duyduğu içsel çevre koşullarının sağlanmasında ulaşılmak istenen hedeflere karşılık, değişken olarak belirlenen seçenekler arasından gösterdikleri özelliklere göre en iyi enerji performansı sergileyenin seçimi olduğundan, seçimde yer alan öğelerin buna olanak verecek biçimde düzenlenmesi gerekmektedir. Sistem seçeneklerinin bileşen ve eleman ölçeğinde ısı (ısı geçirimsizliği, ısı taşımaya karşı direnç, ısı yayılması), su, nem (su ve nem geçirgenliği), hava (hava geçirimsizliği) ve ışık (ışık geçirgenliği –günüşiği, güneş ışığı-, ışık yansıtması) ile ilgili performans özellikleri dikkate alınmıştır. Bileşenlere ait diğer performans özelliklerinin (taşıyıcılık, ses geçirimsizliği, dayanıklılık, maliyet, yangın vb.) belirlenmesinde standartlara uygunluk esas alınmıştır.

5.1.3 Değerlendirme Aşamaları

Üçüncü süreci oluşturan değerlendirme evresi iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşamada yapma çevrenin bütünü, ikinci aşamada kullanıcı tanımlı mekanlar ele alınmaktadır. Her iki aşamada da yapma çevreye ilişkin değerlerin, ilk süreçte hedeflenen performans gereksinimleri doğrultusunda oluşturulan performans

ölçütlerine uygunluğu denetlenmektedir. Atrium tipi binanın performansına ilişkin denetleme, binanın farklı fonksiyonlara sahip bölgelerinde ayrı ayrı ele alınmaktadır. Enerji tüketim değerlendirmesi tüm bina ele alınarak yapılırken, konfor koşulları denetlemesi kullanıcı tanımlanmış mekanlarda yapılan eylem ve istenilen performans ölçütlerine göre yapılmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Performans Değerlendirme Adımları (Bina ve ısıl bölge olarak)

1. denetleme aşamasında (Şekil 5.1), yapıya ait toplam enerji tüketim miktarının, enerji tüketim standartlarına ve ölçütlerine uygunluğu esas alınmaktadır. Eğer istenilen ölçütler sağlanıyor ise, yapının kullanıcı konfor koşullarını sağlayıp sağlamadığının değerlendirilmesine geçilmektedir. Ancak yapıya ait toplam enerji tüketim değeri hedeflenen sınırın üstündeyse, başka bir camlama sistemi seçeneğiyle enerji tüketim ölçütleri sağlanıncaya kadar aynı işlemlerin tekrarlanması öngörülmektedir.

2. değerlendirme aşamasında hesaplamalar sonucu elde edilen kullanıcı konfor değerlerinin iklimsel ve görsel konfor performans ölçütlerine uygun olup olmadığı denetlenmektedir. Yapılan denetleme sonucunda hem birinci, hem de ikinci kontrol

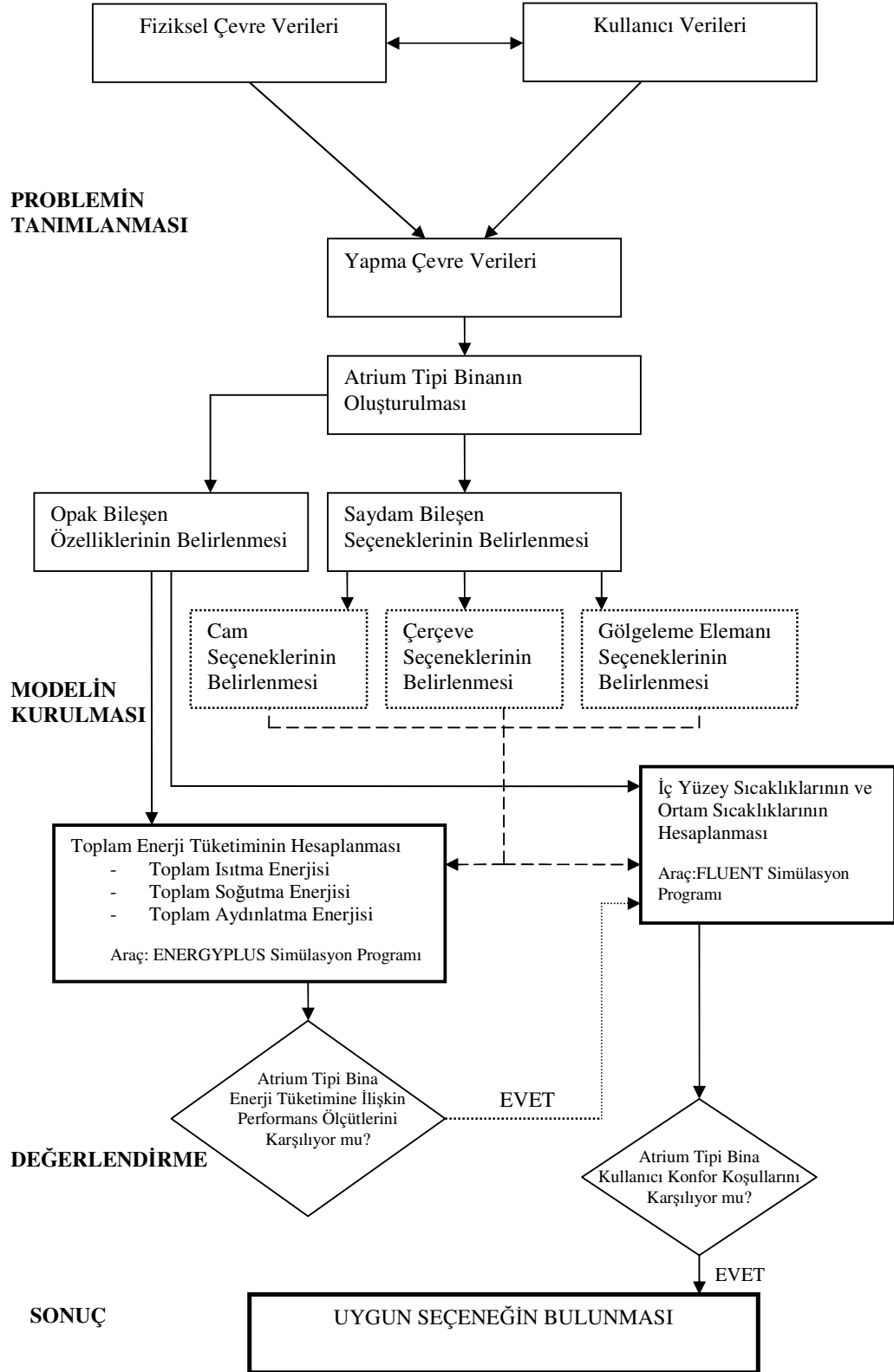
aşamalarından geçen yapı kabuğuna ilişkin çözüm önerisiyle uygun çözüme ulaşmak mümkün ise yapılan tasarım kabul edilir, değil ise tasarım sürecine geri dönlür. Özetlemek gerekirse, binanın enerji verimliliğinin tespitinde toplam enerji tüketimi esas alınırken, kullanıcı konforunun sağlanmasında iklimsel ve görsel konfor koşulları esas alınmaktadır.

Modelin üçüncü evresini oluşturan değerlendirme aşaması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır;

- Bileşen ölçeğinde performans değerlendirmesi; opak ve saydam bileşenlerin seçimi istenilen sınır şartlara göre denetlenmektedir.
- Isıl bölge ölçeğinde performans değerlendirmesi; elde edilen iç yüzey sıcaklıkları, ortalama ışınlmsal sıcaklık, nem oranı, aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi değerleri iklimsel ve görsel konfor koşullara göre denetlenmektedir.
- Bina ölçeğinde performans değerlendirmesi; toplam enerji tüketimi binanın enerji verimliliğinin ölçülmesinde denetleme ölçütü olarak alınmaktadır.

Atriumun dış kabuğunu oluşturan en büyük alt sistem olması nedeniyle camlama sistemi seçeneklerine geri besleme yaparak tasarım sürecine dönmesi uygun çözüm bulununcaya kadar devam etmektedir. Uygun çözümün bulunmasında seçim-karar vermede yer alan hedefler ve ölçütler arasındaki ilişkilere ve kullanıcı gereksinmelerine göre önemlilik sıralaması yapılmalıdır. Çünkü tek bir seçeneğe ait özelliklerin tüm beklentileri karşılaması mümkün olmadığından bir optimizasyona gidilmesi, beklentiler ve hedeflerin de önem sıralamasına tabi tutulması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada seçeneklere ait enerji performans özelliğinin birinci derecede önem taşıması, kullanıcı konfor koşullarını oluşturan iç çevre verilerinin yetersizliği durumunda alınabilecek önlemlerin geliştirilmesi uygun bulunmuştur.

Çalışmanın yukarıdaki Şekil 5.1’de verilen kavramsal modeline uygun olarak ana şemasını oluşturan süreçler; problemi tanımlanması, modelin kurulması, değerlendirme ve sonuç aşamaları Şekil 5.3’te verilmiştir.



Şekil 5.3: Çalışmanın Ana Şeması

Atrium tipi binalarda aşırı enerji tüketimi ve konforsuz kullanıcı koşullarına ilişkin olarak tespit edilen sorunlar karşısında geliştirilen çözüm önerisi, atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanmasında uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesi şeklinde tanımlanmıştır. Bu çözüm çerçevesinde sunulan yöntem ise atrium tipi binalarda camlama sistemi seçeneklerine ait enerji tüketiminin ve sistemin kullanıcı konfor koşullarına etkinliğinin belirlenmesine yönelik bir performans modelinin oluşturulması şeklindedir.

Şekil 5.3'te de görüldüğü gibi fiziksel etmenler altında kullanıcı eylemlerinin sürdürülebilmesi için gerekli iç çevre koşullarını atrium plan tipine sahip yapma çevreyle en az enerji tüketilmesini sağlayarak oluşturmak bir sorun olarak ele alınmaktadır.

Bu sorunun çözümü için atriumu çevreleyen camlama sisteminin hedeflenen amaç doğrultusunda seçimi, diğer sistemlerin performans özelliklerinin standartlar ve ölçütler çerçevesinde sabit olarak alınması önerilmiştir. Bu nedenle yapma çevreye ait seçenekler, camlama sistemini oluşturan cam, çerçeve ve gölgeleme elemanının farklı alternatiflerinin bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur.

Alternatiflerin sınıflandırılmasında bileşenlere ait ısı, ışık, hava ve neme ilişkin performans özellikleri kullanılmaktadır. Bu özellikler sisteme ve bileşenlere ait ısı iletkenlik değeri, güneş ısısı kazanç katsayısı, günışığı geçirgenliği, hava sızdırmazlık değerleridir.

Bu değerlere göre yapılan sınıflandırmanın ardından herbir seçenekle oluşturulmuş yapma çevreye ait toplam enerji tüketimi çeşitli simülasyon programları aracılığıyla hesaplanmaktadır. Hesaplamalar sonucunda yapma çevrenin enerji performansı, “metrekare başına düşen enerji tüketim değeri”, hedeflenen enerji performans ölçütleriyle karşılaştırılmaktadır.

Bir sonraki aşamada, hedeflenen ölçütleri karşılayan camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş iç çevre ortamına ait veriler hesaplanarak, elde edilen verilerle kullanıcı konfor koşullarını için gerekli ortam verileri iklimsel ve görsel konfor ölçütlerine göre kıyaslanmaktadır. Bu aşamadan sonra kullanıcının ihtiyaç duyduğu iç çevre koşullarına en yakın yapma çevre koşullarını sağlayan seçeneğin seçimi yapılmaktadır.

5.2 Modelde Kullanılan Veriler ve İlişkileri

Modeli oluşturan süreçler; yapma çevreden beklenen performans gereksinimleri, yapma çevrenin oluşturulması ve değerlendirme aşamaları şeklinde üç kısımda incelenmiştir. Tüm süreçlerde ihtiyaç duyulan veriler ve süreçlerin ayrıntılı olarak açıklamalarına bu bölümde yer verilmiştir.

5.2.1 Fiziksel Çevre Verileri

Bir yapı kabuğunun enerji korunumu ve konfor koşullarını sağlaması, iklimsel faktörlerin etkisiyle şekillenen ve yapma çevre üzerinde etkili tasarım etkenlerinin uygun değerler almasıyla mümkündür.

Yapı kabuğu tasarımında etkin olan bu değişkenler iki grup altında incelenebilir; fiziksel çevre verileri ve bu verilere göre şekillenen yapma çevre verileri. Fiziksel çevre verileri, iklimsel ve coğrafi veriler olmak üzere ikiye ayrılır. Yapma çevrenin bulunduğu çevreden kaynaklanan fiziksel çevre etmenleri, kullanıcı profilini oluşturan sosyal çevre etmenleri ve gerçekleştirilen eylemlerin birbirleriyle etkileşimi sonucunda kullanıcı gereksinimleri oluşmaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Performans Ölçütlerinin Saptanması

Yapının enerji performansının belirlenmesinde ihtiyaç duyulan fiziksel çevre verilerinin bir kısmı kullanılan simülasyon programı tarafından sağlanırken, bir kısmı da program kullanıcısı tarafından tanımlanmaktadır.

5.2.2 Yapma Çevre Verileri

İç ve dış ortamı ayıran yapı kabuğu, kullanıcı eylemlerine uygun konfor koşullarının oluşturulmasında en önemli işlevi üstlenmektedir. Performans gereksinmelerini yeteri kadar karşılayamayan bir yapı kabuğunu oluşturan saydam ve opak bileşenlerin neden olduğu olumsuz etkilerin giderilmesinde aktif sistemler kullanılmaktadır. Ancak enerji korunumu amacıyla yapılan yeni yaklaşımlar çerçevesinde konuya bakıldığında, bina kullanıcılarının konforundan ödün verilmeden, doğal kaynaklardan mümkün olduğunca yararlanılması ve yapay enerji tüketiminin azaltılması giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Gerekli işlevleri ve performansı karşılayan “optimum yapı kabuğu” aynı zamanda uygun enerji kullanımı ve korunumu da sağlamalıdır. Yapma çevre sisteminin tasarımında ele alınan ve bilgisayar ortamında modellenen veriler Tablo 5.1’de yer almaktadır.

Tablo 5.1: Yapma Çevre Sistemini Tanımlayan Veriler

YAPMA ÇEVRE SİSTEMİNE AİT VERİLER	
Bina Yakın Çevresi ○ Dış engellerin konumu ve büyüklüğü ○ Yakın çevredeki yüzeylerin güneş ışıını yansıtıcılığı ○ Yakın çevredeki yüzeylerin ışık yansıtıcılığı	Bina Kullanıcıları ○ Kullanıcı sayısı ○ Kullanıcı aktivite düzeyi ○ Kullanıcı giysilerinin yalıtım değeri ○ Kullanıcının çalışma süresi ve şekli
Binanın Genel Özellikleri ○ Binanın hacmi ○ Binanın boyutları ○ Binanın fonksiyonu ○ Binanın kullanım süresi ○ Binanın kullanım sıklığı ○ HVAC sisteminin çalışma süresi ve şekli	Bina Bileşenleri ○ Opak bileşenlere ait veriler ○ Sıydam bileşenlere ait veriler

Modelde öngörülen yapma çevre sistemine ait veriler dört başlık altında incelenebilir. Binanın yakın çevresi, binanın genel özellikleri, bina kullanıcıları ve bina bileşenleri (Tablo 5.1).

Bina bileşenlerine ait veriler opak ve saydam bileşenlere ait olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Binanın enerji performansının değerlendirilmesi için verilerin

oldukça detaylı bir biçimde oluşturulması gerekmektedir. Opak bileşenlere ait veriler döşeme ve duvar, saydam bileşenler ise camlama sistemini oluşturan cam, çerçeve, ara dolgu ünitesi ve gölgeleme elemanı alt sistemleriyle oluşturulmuştur (Tablo 5.2).

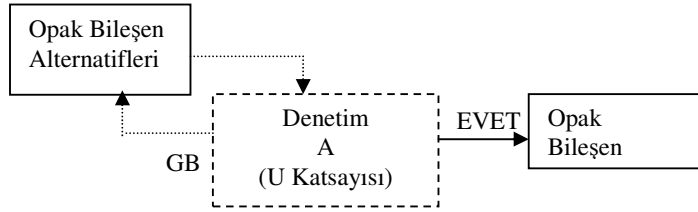
Tablo 5.2: Bina Bileşenlerine Ait Veriler

Bina Bileşenlerine Ait Veriler		
Opak Bileşenler	Saydam Bileşenler	
○ Duvarlar (Dış –İç Duvar) <u>Malzemenin :</u> Kalınlığı Yoğunluğu Özgül ısısı Isı iletkenlik katsayısı Güneş ışıınımı emiciliği Güneş ışıınımı yansıtıcılığı Işık emiciliği Işık yansıtıcılığı Yüzey pürüzlülüğü Katman sayısı ○ Döşemeler (Zemine Oturan- Ara Kat- Çatı Döşemesi) <u>Malzemenin :</u> Kalınlığı Yoğunluğu Özgül ısısı Isı iletkenlik katsayısı Güneş ışıınımı emiciliği Güneş ışıınımı yansıtıcılığı Işık emiciliği Işık yansıtıcılığı Yüzey pürüzlülüğü Katman sayısı	○ Cam Katmanı <u>Camın:</u> Kalınlığı Normale göre güneş ışıınımı geçirgenliği Normale göre dış yüzeyinin güneş ışıınımı yansıtıcılığı Normale göre iç yüzeyinin güneş ışıınımı yansıtıcılığı Normale göre ışık geçirgenliği Normale göre dış yüzeyinin ışık yansıtıcılığı Normale göre iç yüzeyinin ışık yansıtıcılığı Dış yüzeyinin yarı küresel güneş ışıınımı yayınıımı İç yüzeyinin yarıküresel güneş ışıınımı yayınıımı Isı iletkenliği Güneş ışıınımı ve ışık geçirgenliğinde kirlenme faktörü	○ Çerçeve Elemanı <u>Çerçevenin:</u> Genişliği Dıştan Derinliği İçten Derinliği Isı iletkenliği Kenar (cam-çerçeve) ısı iletkenliği Güneş ışıınımı emiciliği Işık emiciliği Yarı küresel ısıl yayınıımı Kayıtın: Genişliği Yatay kayıt sayısı Düşey kayıt sayısı Isı iletkenliği Dıştan derinliği İçten derinliği Dış pervaz genişliği İç pervaz genişliği Denizliğin genişliği Denizliğin güneş ışıınımı emiciliği Dış pervazın güneş ışıınımı emiciliği İç pervazın güneş ışıınımı emiciliği Yarı küresel ısıl yayınıımı
	○ Gölgeleme Elemanı <u>Malzemenin:</u> Güneş ışıınımı geçirgenliği Güneş ışıınımı yansıtıcılığı Işık geçirgenliği Işık yansıtıcılığı Yarıküresel ısıl yayınıımı Isı iletkenliği Kalınlığı Cam yüzey arasındaki mesafe Gölgeleme elemanı üst/alt açıklık çarpanı Gölgeleme elemanı sağ/sol yön açıklık çarpanı Hava geçirimliliği	○ Cam Ara Dolgusu <u>Katmanın:</u> Kalınlığı Isı iletkenlik değeri Viskozitesi Özgül ısısı Moleküler ağırlığı

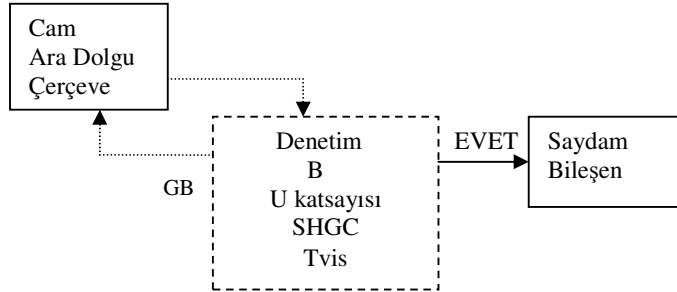
5.3 Modeli Oluşturan Süreçler

Elemanlarca bir araya gelerek oluşturulan opak ve saydam bileşenlerin, yapma çevrenin oluşturulması sürecinden önce denetim aşamasından geçirilmesi gerekmektedir. Böylelikle uzun hesaplama sürecinden önce, gerekli standartların ve ölçütlerin bileşenler açısından sağlanıp sağlanmadığı denetlenmektedir.

Denetim A aşaması, oluşturulan opak bileşenlerin ısı iletkenlik katsayısının (U katsayısı, W/m^2K) **TS 825 (1998)** standartlarına göre kontrolünü içermektedir. Örneğin, çeşitli katmanlarla oluşturulan dış duvar bileşeninin ısı iletkenlik değeri istenilen seviyenin altındaysa, katmanlar arasında farklı bir seçim yapılarak yeni bir duvar bileşeni oluşturulmaktadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: Opak Bileşen Seçeneklerinin Oluşturulması



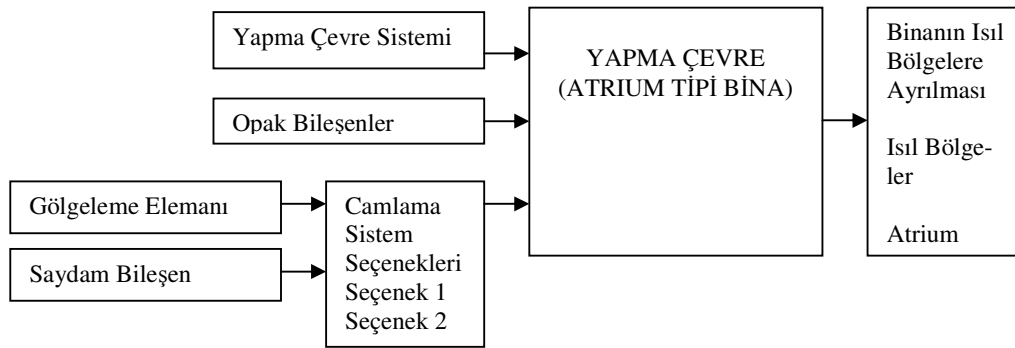
Şekil 5.6: Saydam Bileşen Seçeneklerinin Oluşturulması

2. denetim aşaması ise oluşturulan saydam bileşenlere ilişkin bir değerlendirmeyi içermektedir. Denetleme için gerekli veriler (ısı iletkenlik katsayısı, güneş ısısı kazanç katsayısı, gün ışığı geçirgenlik katsayısı) simülasyon programı yardımıyla hesaplanmaktadır.

Çeşitli katmanların bir araya gelmesiyle (cam- ara dolgu ünitesi- çerçeve) oluşturulan cam ünitesi denetim aşamasında belirlenen ısı iletkenlik katsayısı (U katsayısı W/m^2K), güneş ışıınım kazanç katsayısı (SHGC) ve gün ışığı geçirgenlik katsayılarını (Tvis) karşılayamıyor ise, katmanlar arasından ikinci bir seçim yapılarak bir başka

cam ünitesi oluşturulur. Bu işlem denetim aşamasını geçebilecek niteliklere sahip cam ünitesi bulununcaya kadar devam eder (Şekil 5.6). Denetim aşamasında kullanılan standartlar ve yukarıda sıralanan verilerin enerji performansına etkileri Bölüm 4.2.1.1 Camlama Sisteminin Enerji Performansını Etkileyen Özellikleri başlığı altında verilmiştir.

Modeli oluşturan süreçler, kontrol aşamasını geçen cam ünitesine bir gölgeleme elemanı eklenmesiyle camlama sistemi oluşturularak başlamaktadır. Opak bileşenlerin kontrollü seçiminden ve camlama sistem seçenekleri oluşturulduktan sonra atrium tipi binanın oluşturulması sürecine geçilmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Yapma Çevre Sisteminin Oluşturulması

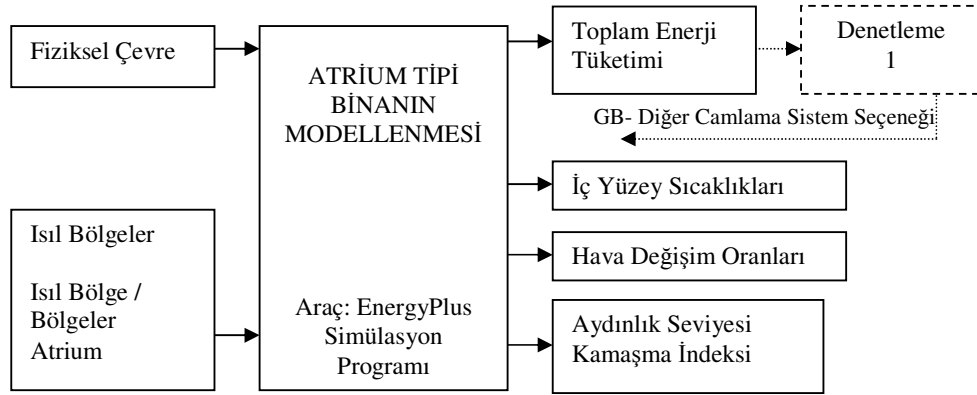
Tablo 5.1’den gelen yapma çevre sisteminin tanımlanması için gerekli veriler (binanın yakın çevresi, binanın genel özellikleri, bina kullanıcıları ve bina bileşenleri) ve saydam bileşenler ile gölgeleme elemanının birleşmesiyle oluşturulan camlama sistemi yardımıyla yapma çevre oluşturulmaktadır.

Atrium plan tipine sahip yapma çevrenin fiziksel çevre etmenleri altında kullanıcı eylemlerinin sürdürülebilmesi için gerekli iç çevre koşullarını sağlamak üzere sarf ettiği enerji miktarını belirlemek için binanın toplam enerji tüketiminin hesaplanması gerekmektedir. Yapılan bu hesaplar binanın bütününe içerir.

Çalışmanın bir diğer hedefi de, kullanıcıların eylemlerini sürdürebilmeleri için gerekli iç ortam koşullarının oluşturulan yapma çevreyle sağlanıp sağlanmadığının araştırılması ve gerekli önlemlerin alınması olarak belirtilmiştir. Bu hedef doğrultusunda yapma çevre, farklı kullanıcı gereksinmelerine göre düzenlenmiş çeşitli ısı bölgelere ayrılmaktadır. Çalışmada ingilizce literatürde “zone” tanımlanmasına karşılık olarak ısı bölgesi ifadesi kullanılmıştır. Isıl bölgelerin sayısı

binanın kullanım programı zenginleştikçe artmaktadır. Atrium tipi binada önemli bir diğer ısı bölge ise atriumun kendisidir. Bir performans değerlendirilmesi yapılabilmesi bu mekanda gerçekleşen fiziksel olaylar sonucunda görülen hava tabakalaşması olgusu çalışma sınırlarına dahil edilmiştir. Konuyla ilgili 3 Bölüm’de 3.2.1.1 Atrium Performansını Belirleyen Etmenler başlığı altında daha detaylı olarak bilgi verilmiştir. Bu nedenlere bağlı olarak yapma çevre oluşturulduktan sonra, yapma çevrenin ısı bölge/bölgeler ve atrium olmak üzere farklı bölgelere ayrılması öngörülmüştür (Şekil 5.7).

Atrium tipi bina, yapma çevre ve camlama sistemine ait verilerle oluşturulduktan sonra, bu binanın simülasyon programı aracılığıyla enerji tüketiminin hesaplanması sürecine geçilmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8: Atrium Tipi Binanın Enerji Tüketiminin Hesaplanması

Binanın enerji performansını saptamak üzere toplam enerji tüketimi hesaplanarak, enerji kayıplarının ve kazançlarının toplam enerji tüketimi üzerine etkisi irdelenmektedir.

Enerji kayıpları, binaya ait ısı kayıplar ve havalandırmaya bağlı ısı kayıplar olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Binaya ait ısı kayıplar ve havalandırmaya bağlı ısı kayıplar ısıtma enerjisi tüketimini artırırken, soğutma enerjisi tüketiminin azalmasına neden olmaktadır. Enerji kazançları güneş enerjisi kazancı, aydınlatma enerjisi kazancı ve iç ortam kazançları olmak üzere üç kısımda incelenebilirler. Güneş enerjisi ve iç ortam kazançları ısıtma enerjisine olumlu yönde katkıda bulunurken, soğutma enerjisi tüketimini olumsuz yönde etkilemektedir. Aydınlatma enerjisi kazancı ise aydınlatma enerjisi tüketimini azaltmasının yanı sıra, yapay

aydınlatmadan kaynaklanan iç ortam kazançlarının düşmesine, ısıtma ve soğutma enerjisinin etkilenmesine neden olmaktadır (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Binanın Toplam Enerji Tüketiminin Hesaplanması

ENERJİ KAYIPLARI	Binaya Ait Isıl Kayıplar	Isıtma ve Soğutma Enerjisi
	Havalandırma Yoluyla Isıl Kayıplar	Isıtma ve Soğutma Enerjisi
ENERJİ KAZANÇLARI	Güneş Enerjisi Kazancı	Isıtma ve Soğutma Enerjisi
	Aydınlatma Enerjisi Kazancı	Aydınlatma, Isıtma ve Soğutma Enerjisi
	İç Ortam Kazançları	Isıtma ve Soğutma Enerjisi

Binanın hesaplanan toplam enerji tüketimi ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi ihtiyacını içermektedir. Binanın toplam enerji tüketimi bina toplam alanına bölünerek metrekare başına enerji tüketimi hesaplanmaktadır. Bu denetleme aşamasında, hesaplamalar sonucunda yapma çevrenin enerji performansı, “metrekare başına düşen enerji tüketim değeri”, hedeflenen enerji performans ölçütleriyle karşılaştırılmaktadır. Yapılan karşılaştırma sonucunda enerji tüketimi açısından uygun olmayan bir binanın, konfor koşullarını karşılama performansına bakılmaksızın başka bir bina seçeneği oluşturulmaktadır. Bu işlem enerji tüketimi performans ölçütlerini karşılayan bir seçenek bulununcaya kadar devam etmektedir.

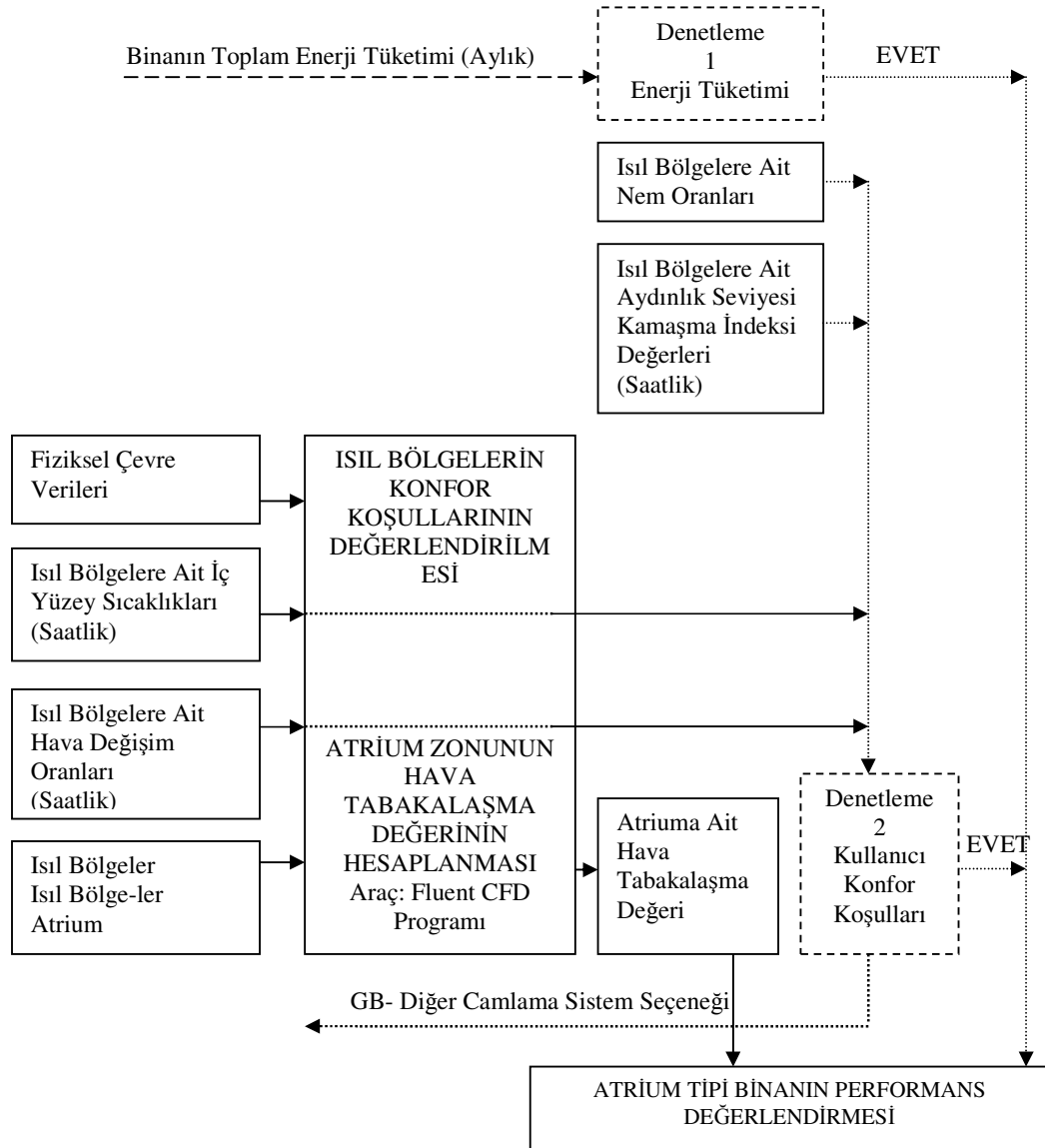
Bir sonraki aşamada, hedeflenen enerji performans ölçütlerini karşılayan camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş iç çevre ortamına ait veriler hesaplanarak, elde edilen verilerle kullanıcı konfor koşulları için gerekli ortam verileri iklimsel ve görsel konfor ölçütlerine göre kıyaslanmaktadır.

Yapma çevre koşullarının iklimsel konfor koşullarına uygunluğunun tespiti için gerekli veriler; ısıl bölgelere ait ortam sıcaklığı, ortalama ışınsal sıcaklık, hava değişim oranı ve nem oranıdır. Çalışmada atriumun hava tabakalaşma değerinin hesaplanması da çalışma alanına dahil edilmiştir. Atriumda görülen hava tabakalaşmasının hesaplanabilmesi için gerekli veriler; fiziksel çevre verileri, ısıl bölgelere ve atriuma ait yapısal özellikler, iç ortam ve yüzey sıcaklıkları, yüzeylere ait konveksiyon katsayısıdır.

Yapma çevre koşullarının görsel konfor koşullarına uygunluğunun tespiti için gerekli veriler ise, ısıl bölgelere ve atriuma ait aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi değerleridir.

2. denetleme aşamasında elde edilen bu verilerle yapma çevre koşullarının kullanıcı konfor koşullarına uygunluğu, hedeflenen performans ölçütleriyle karşılaştırılmaktadır. Yapılan karşılaştırma sonucunda istenilen ölçütler karşılanıyor ise, oluşturulan atrium tipi binanın hem enerji tüketimi, hem de kullanıcı konforu açısından uygunluğuna karar verilir.

Bu aşamadan sonra kullanıcının ihtiyaç duyduğu iç çevre koşullarına en yakın yapma çevre koşullarını en az enerji tüketerek sağlayan optimum seçenek kabul edilir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9:Isıl Bölgelerde Konfor Koşullarının Denetlenmesi ve Atriumun Hava Tabakalaşma Değerinin Hesaplanması

5.4 Atrium Tipi Binalarda Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Kullanıcı Konforunun Sağlanması İçin Uygun Camlama ve Denetim Sistemi Simülasyon Modelinde Kullanılan Araçlar

Çalışmada ele alınan atrium tipi binalarda fazla enerji tüketimi ve konforsuz kullanıcı koşulları sorununa çözüm üretebilmek amacıyla geliştirilen enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanmasında uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik model Bölüm 5.1’de tanıtılmıştır.

Önerilen modelde sınırları çizilen sorunun çözümü, kullanıcı eylemlerinin konfor koşullarında sürdürülebilmesi için uygun yapma çevre ortamının sağlanmasında, yapı kabuğunu oluşturan en önemli sistemlerden biri olan camlama sisteminin enerji tüketimini azaltacak biçimde tasarlanması şeklinde betimlenmiştir. Modelde, binanın enerji tüketiminin istenilen sınır değerlerde olmasını sağlayacak uygun camlama sistemi seçimi yeterli görülünce, kullanıcı konfor gereksinimlerini değerlendirebilmek üzere gerekli yapma çevre verilerinin sağlanması da çalışma sınırlarına dahil edilmiştir.

Geleneksel binalardan daha karmaşık olaylar içerdiği için (sera etkisi, tampon bölge ve hava tabakalaşması gibi) farklılaşan atrium tipi binalarda, geleneksel binaların performansının belirlenmesinde kullanılan enerji simülasyon programları yetersiz kalmaktadır (Laouadi vd, 1999; 2002). Bu nedenle modelin uygulanabilirliğini sağlamak için atrium tipi binada karşılaşılan karmaşık olaylar ve bu olayların birbirlerine olan etkilerini simüle edebilecek pek çok programın kullanıldığı bir simülasyon modeli oluşturulmuştur.

Simülasyon araçlarının seçiminde, atrium tipi binalarda gerçekleşen karmaşık olayların modellenmesine olanak sağlayan etkenleri değerlendirebilmek üzere; camlama sistemine ait ısı ve optik özellikler, hava sızmaları, ısı bölgeleri ve atrium arasındaki hava hareketleri, doğal aydınlık seviyesi ve hava tabakalaşması hesaplamalara dahil edilmiştir.

Atrium tipi binada karşılaşılan karmaşık olaylar ve bu olayların birbirlerine olan etkilerini simüle edebilecek pek çok programın kullanıldığı simülasyon modelinde; atrium tipi binalarda enerji tüketimini ve kullanıcı konfor koşullarını belirleyen iç ortam verilerini değerlendirebilmek üzere, enerji simülasyon programı EnergyPlus,

hesaplı akışkanlar dinamiği programlarından Fluent ve bu programlarla birlikte çalışan ek programlar olan Window 5.2, Comis, Delight, Gambit kullanılmıştır.

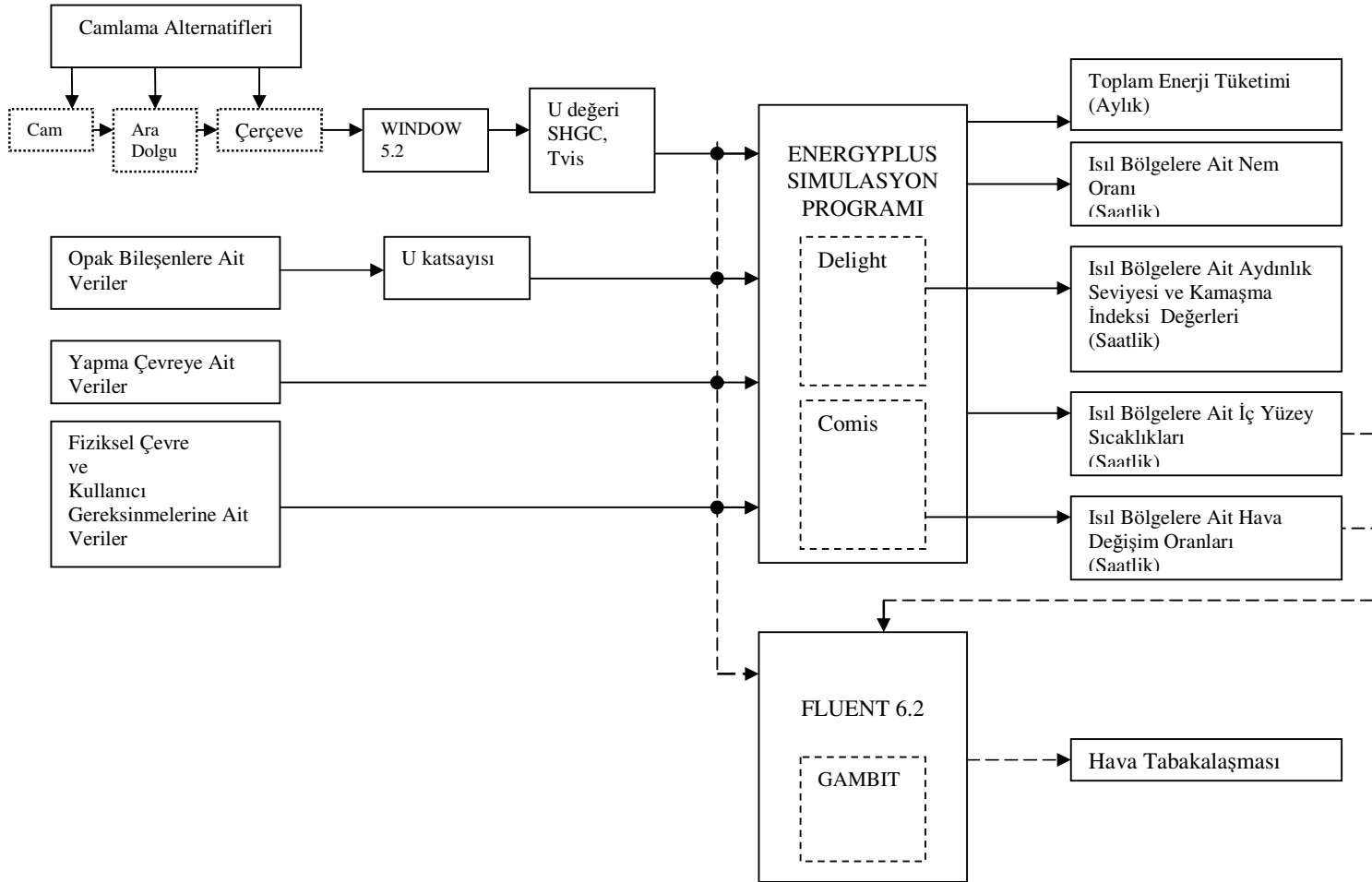
Hesaplamalar binanın enerji tüketimi, iç ortam verilerinin elde edilmesi ve hava tabakalaşmasının belirlenmesi olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalarda yer alan bilgisayar programları ve birbirleriyle olan veri alışverişleri Şekil 5.10'da görülmektedir.

Binanın enerji tüketimi ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenmesi olmak üzere hesaplamalar iki aşamada gerçekleştirilmektedir Atrium tipi binanın enerji performansının ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenmesinde (Şekil 5.10);

- Camlama sistemine ait fiziksel ve optik değerlerin güneşin geliş açısına bağlı olarak hesaplanmasında Window 5.2,
- Doğal aydınlatma ve doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu durumlarda devreye giren yapay aydınlatmanın hesaplanmasında Delight,
- Isıl bölgeler arasındaki hava hareketlerinin hesaplanmasında Comis ve
- Binaın toplam enerji tüketiminin ve kullanıcı konfor koşullarını etkileyen yapma çevreye ait iç ortam verilerinin hesaplanmasında energyplus simülasyon programları kullanılmıştır.

Atrium tipi binada hava tabakalaşmasının belirlenmesinde;

- Fluent programına veri oluşturacak biçimde binanın modellenmesinde Gambit,
- Atriumlarda görülen hava tabakalaşmasının EnergyPlus programından alınan veriler yardımıyla (yüzeylere ait sıcaklık, konveksiyon katsayısı, hava değişim oranı, iç ortam sıcaklığı değerleri) hesaplanmasında, Fluent simülasyon programı kullanılmıştır.



Şekil 5.10: Atrium Tipi Binalarda Enerji Tüketimi ve Kullanıcı Konforuna Yönelik Performans Değerlendirme Simülasyon Modeli

5.4.1 Atrium Tipi Binaların Enerji Tüketiminin ve Kullanıcı Konfor Koşullarının Belirlenmesinde Kullanılan Simülasyon Araçları

Binanın enerji tüketiminin ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenmesi olarak iki aşamada gerçekleştirilen hesaplamaların ilk aşamasını oluşturan enerji tüketiminin belirlenmesi hususunda EnergyPlus simülasyon programı kullanılırken, Window 5.2, Delight ve Comis programları EnergyPlus simülasyon programına veri oluşturacak biçimde kullanılmaktadır.

5.4.1.1 Window 5.2 Programı

Atriumun dış kabuğunu oluşturan camlama sisteminin tasarımı hem atriumun, hem de atriuma komşu mekanların enerji korunum düzeyini, doğal aydınlatmayı, havalandırmayı ve güneşten kazanç sağlama olanaklarını ve dolayısıyla binanın enerji performansını belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle yapı kabuğuna ait bir camlama sisteminde beklenen performans gereksinimleri tasarımın başlangıcında tespit edilmeli ve çevresel etmenler altında sergilediği performans özellikleri tanımlanabilmelidir.

Camlama sistemine ait performans özelliklerinin binanın enerji performansına etkileri 3. bölümde ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır. Camlama sistemine ait performans özelliklerinin tespiti, yaratılan yapma çevre koşullarının kullanıcı gereksinimlerine uygun, sağlıklı, yaşanabilir ve konforlu bir ortam için gerekli ölçütler ile sınanması ve farklı seçenekler arasında seçim yapabilme imkânını sunmaktadır.

Camlama sistemine ait cam, çerçeve, ara dolgu malzemesi ve gölgeleme elemanlarıyla oluşturulan çeşitli seçeneklerin sınıflandırılmasında bileşenlere ait ısı, ışık, hava ve neme ilişkin performans özellikleri kullanılmaktadır. Bu özellikler sisteme ve bileşenlere ait ısı iletkenlik değeri, güneş ısısı kazanç katsayısı, güneş ışığı geçirgenliği ve hava sızdırmazlık değerleridir.

Atriumlarda kullanılan camlama sistemleri gelişen teknolojinin sağladığı olanaklarla karmaşık bir yapıya sahip olabilmektedir. Bu nedenle camlama sistemine ait bileşenlerin farklı fiziksel ve optik özellikler taşıması ve özellikleri belirleyen güneş ışınımının çok değişken bir karakterinin olması, camlama sisteminin performans özelliklerinin tespitini oldukça güçleştirmektedir.

Seçilen simülasyon programının karmaşık yapıdaki bu sistemlerin birbirleriyle kıyaslanmasına imkan verecek performans özelliklerini tespit edebilecek kapasitede olması gerekmektedir.

Lawrence Berkeley National Laboratory (LNBL) tarafından hazırlanan Window 5.2 programı, binanın enerji simülasyonunda kullanılabilecek programla uyum içinde çalışabilmesi -veri alışverişi-, kolay erişimi ve kullanımı nedeniyle camlama sistemine ait performans özelliklerinin -ısı iletkenlik değeri, güneş ısı kazanç katsayısı, güneş ışığı geçirgenliği ve hava sızdırmazlık- belirlenmesinde araç olarak kullanılmıştır.

Window 5.2, camlama sistemlerine ait ısı iletkenlik katsayısı, güneş ışıını kazanç katsayısı, gölgeleme katsayısı ve gün ışığı geçirgenlik değerlerini güneş ışıınının geliş açısına göre hesaplayan bir bilgisayar programıdır.

Geliş açısına bağılı olarak camlama sisteminin performans özelliklerindeki değışim ve bu etkinin hesaplamalara dahil edilmesinin gerekliliğı 4. Bölüm’de 4.2.1 Camlama Sisteminin Performans Özellikleri alt başlığında ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Program hazır camlama sistem alternatiflerinden faydalanabilmenin yanı sıra cam, doğrama ve ara dolgu malzemelerine ait geniş bir veri tabanı yardımıyla yeni camlama sistemlerinin tasarlanmasına ve geliştirilmesine imkan vermektedir. Tasarımı yapılan camlama sistemine ait performans özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan hesaplama yönteminin seçimi kullanıcının isteğine bağılıdır. Avrupa ve Amerikan standartlarına (CIE ve NFRC) göre belirlenen hesaplama yöntemleri kullanılarak yatay, düşey veya eğimli düzlemlerdeki camlama sistemine ait fiziksel ve optik değerler elde edilebilmektedir.

5.4.1.2 Delight (Daylighting and Electric Lighting Simulation Engine) Programı

Atriumlar doğal ışığın mekan içerisine alınmasını sağlayarak binanın aydınlatma enerjisi tüketimine önemli katkıda bulunurlar. Aydınlatma enerjisinin neden olduğu ısı kazancının kontrol altına alınması, soğutma enerjisinin de azaltılmasına neden olmaktadır. Atriuma doğrudan veya dolaylı yollarla alınan, daha sonra yüzeylere çarparak yansıyan, gün boyunca ve mevsimsel etkilere bağılı olarak değışkenlik gösteren gün ışığının, kullanıcı konforu ve enerji korunumuna olan etkileri 3.

Bölüm’de 3.2.2.1 Atrium Tipi Binalarda Doğal Aydınlatma Stratejileri alt başlığında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Seçilen simülasyon programından atrium gibi geometrik olarak ve optik özellikleri açısından karmaşık camlama sistemleriyle oluşturulan bir mekanda, direkt ve yaygın olarak mekan içerisine alınan, mekanda farklı yüzeylere çarparak yansıyan güneş ışıının etkilerini ve doğal aydınlatma seviyesini hesaplayabilmesi beklenmektedir.

Bu beklentilere cevap veren ve binanın enerji performansının belirlenmesi için seçilen EnergyPlus simülasyon programıyla veri alışverişi yapabilen Delight programı seçilmiştir.

Program, kullanıcı tarafından belirlenen referans noktalarındaki doğal aydınlık seviyesinin hesaplanmasında ve doğal aydınlık seviyesinin kullanıcı konforu açısından yetersiz kaldığı durumlarda devreye girecek yapay aydınlatma seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Referans noktasındaki aydınlık seviyesinin belirlenmesi için gerekli olan ışık kaynakları, konum, büyüklük, basit veya karmaşık camlama sistemlerine ait gün ışığı geçirgenlik değeri, dış yüzeylerin yansıtıcılığı ve referans noktalarının yeri gibi değerler hesaplamalarda veri olarak kullanılmaktadır.

Program belirlenen aydınlık seviyesi ihtiyacına göre referans noktasındaki doğal aydınlık seviyesini ölçerek kullanıcı tarafından tanımlanan yapay aydınlatma sistemi ve kontrol stratejisine göre gereksinim duyulan yapay aydınlatma seviyesi ve aydınlatma enerjisi tüketimini hesaplamaktadır (**EnergyPlus Input Output Rerefence, 2005**).

5.4.1.3 Comis (Conjunction of Multizone Infiltration Specialists) Programı

Atriumların havalandırılmasında iki temel prensip, yaz döneminde hava tabakalaşmasına bağlı olarak üst kotlarda toplanan sıcak havayı baca etkisiyle dışarı atmak ve kış döneminde sera etkisiyle ısınan havanın komşu mekanlarda direkt veya dolaylı biçimde ısıtılma amaçlı kullanılmasını sağlamak, binanın ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Atriumların, yaz ve kış dönemlerinde uygun bir strateji geliştirilerek havalandırılması, enerji tüketiminin kontrolü ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanabilmesi açısından önemlidir. Doğal havalandırma stratejilerinin atriumların enerji performansına olan etkisi 3. Bölüm’de

3.2.1.4 Atrium Tipi Binalarda Doğal Havalandırma Stratejileri alt başlığında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Seçilen simülasyon programından, ihtiyaç duyulan havalandırma oranının ve kapasitenin karşılanması için gerekli geometrik düzenlemelerin tanımlanabilmesi ve açıklık boyutu kontrolünü sağlayabilmesi, atrium ve birden fazla ısıl bölge arasındaki rüzgar, infiltrasyon ve ısıl farklılıklar etkisiyle oluşan hava hareketlerini hesaplayabilmesi gibi özellikler beklenmektedir.

Bu beklentileri karşılayan ve LNBL tarafından hazırlanan Comis programı EnergyPlus programına bir bölüm olarak dahil edilmiştir. Comis iç ve dış yüzeylerde, camlama sistemi ve kapılarda bulunan çatlaklardaki ve açık kapı ve camlama sisteminden kaynaklanan doğal havalandırmayı hesaplayarak, binalardaki hava sızmalarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, kullanıcıya doğal havalandırmayı belirlenen ölçütlere göre kontrol edebilme imkanı sunmaktadır (**EnergyPlus Input Output Rerefence, 2005**).

Kayıtlar ve çerçeve arasındaki boşluklardan, iç ortamla dış ortam arasındaki hava basınç farklılıklarından, camlama sistemindeki birleşim noktalarından veya derzlerden ötürü meydana gelen hava sızdırmalarına bağlı ısı kayıp veya kazançlarının hesaplanmasında da kullanılan bu program, binanın enerji performansının belirlenmesi için seçilen EnergyPlus simülasyon programıyla veri alışverişi yapabilmektedir.

5.4.1.4 EnergyPlus Simülasyon Programı

Atrium gibi geometrik olarak veya optik özellikleri açısından karmaşık camlama sistemleriyle oluşturulan bir mekanda, enerji tüketiminin hesaplanabilmesi için;

- Direkt ve yaygın olarak mekan içerisine alınan, mekanda farklı yüzeylere çarparak yansıyan güneş ışınımının etkilerinin,
- Doğal aydınlatma seviyesinin,
- Havalandırma oranının ve kapasitesinin karşılanması için gerekli geometrik düzenlemelerin ve açıklık boyutu kontrolünün,
- Atrium ve birden fazla ısıl bölge arasındaki rüzgar, hava sızması ve ısıl farklılıklar etkisiyle oluşan hava hareketlerinin,
- Fiziksel çevre etmenlerinin,
- Isıl yüklerin,

- Isı kayıp ve kazançlarının,
- Ayrıca camlama sistemine ait performans özelliklerinin -ısı iletkenlik değeri, güneş ısısı kazanç katsayısı, güneş ışığı geçirgenliği, hava sızdırmazlık- binanın enerji performansına etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Sıralanan bu değişkenleri dikkate alarak atrium tipi binanın gerçeğe en yakın enerji performansı ve oluşturulan iç çevreye ait verilerin alınabildiği program olarak diğer programlar arasından (ESP-r, DOE, Blast, Spark vb.) EnergyPlus simülasyon programı seçilmiştir.

EnergyPlus, LBNL tarafından üretilmiş bir simülasyon programıdır. Program 1970 sonrası-1980 öncesinde enerji politikaları çerçevesinde hazırlanmış DOE-2 ve BLAST programlarının geliştirilmiş bir versiyonudur ve ilk olarak Nisan 2001 yılında kullanıma sunulmuştur. Mimar veya mühendislere, uygun HVAC ekipmanını oluşturmada, enerji performansının optimizasyonunda, maliyet analizi belirlemede vb. yardımcı olmaktadır.

EnergyPlus programı da diğer programlar gibi (DOE-2 ve BLAST) enerji analizini ve ısı yükleri simüle eden bir bilgisayar programıdır. Kullanıcı tarafından oluşturulan veriler ışığında binaya ait enerji tüketimini hesaplamaktadır. Program kullanıcı yerine karar verici değildir, ancak verilere ilişkin alt ve üst sınırlar tanımlanmaktadır.

Programın çalıştırılmasıyla elde edilen sonuç dosyalarından (outputs) “x.err” sonuç dosyası; veri hataları konusunda uyarılar içermektedir. Bu program, aynı zamanda yine LBNL tarafından geliştirilmiş ve seçilme gerekçeleri yukarıda sıralanmış olan Window 5.2, Comis ve Delight programlarından veri alımına izin vermektedir. Şekil 5.11’de EnergyPlus simülasyon adımları ve diğer programlarla veri alışverişine yer verilmiştir.

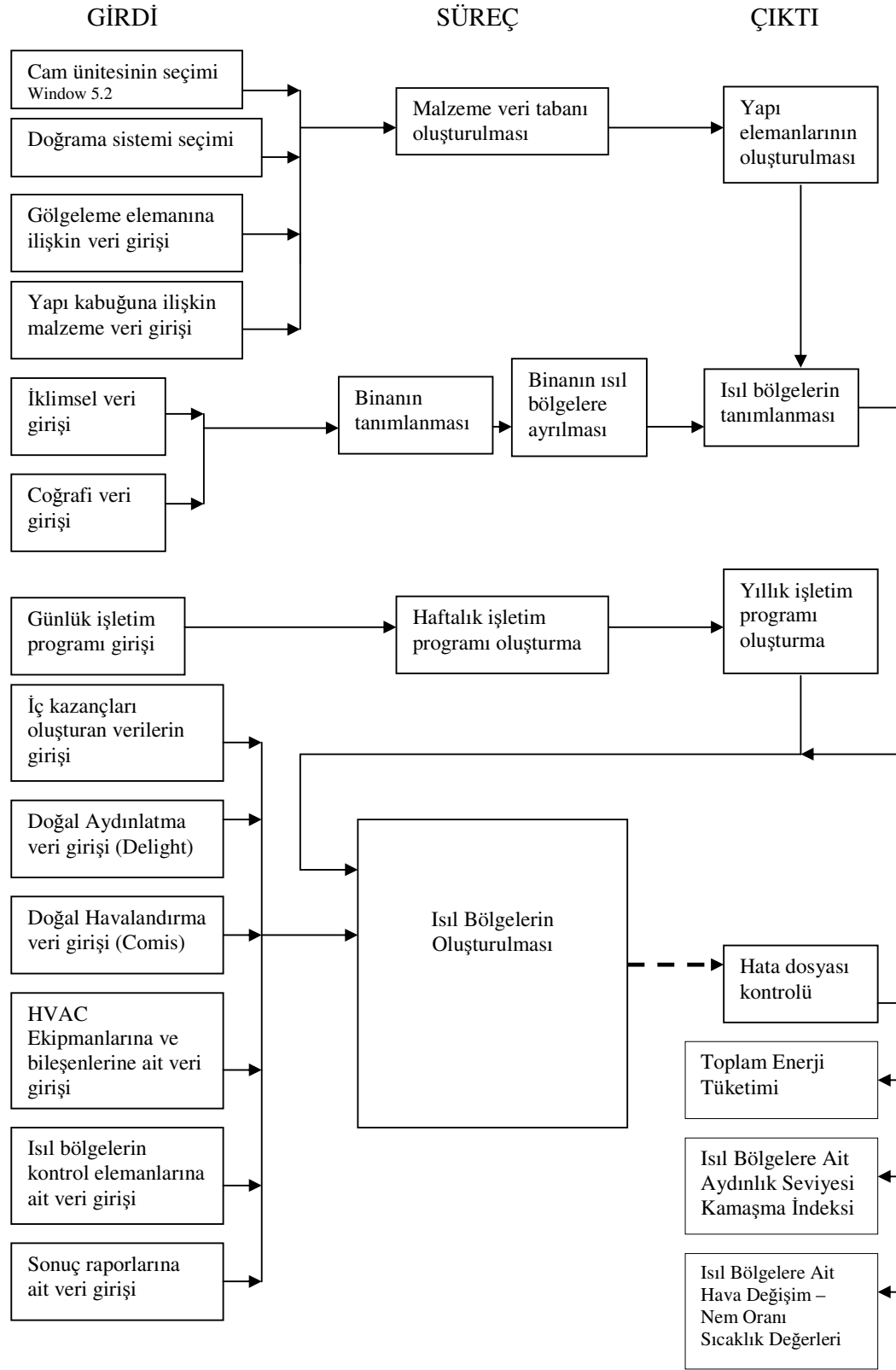
Camlama sisteminin cam, çerçeve, ara dolgu malzemesi bileşenlerine ait veri girişi Window 5.2 dosyasından alınan çıktılarla sağlanabildiği gibi cam sistemine ilişkin özellikler program tarafından da tanımlanabilir. Yapı elemanlarının fiziksel özelliklerine ilişkin veri girişi oldukça detaylıdır. Veri girişi için gerekli bilgiler Bölüm 5.2 Modelde Kullanılan Veriler ve İlişkileri alt başlığında detaylı biçimde verilmiştir.

Binanın bulunduğu iklim bölgesine ait veriler Dünya Meteoroloji İstasyonunda 1982-1997 yılları arasında alınan kayıtlarına göre ASHRAE tarafından hazırlanan TMY (typical meteorologic year) iklimsel veri dosyasından (**ASHRAE, 2001**) sağlanmaktadır. Bu veri dosyası dış hava sıcaklıkları, ortalama nem miktarı, rüzgarın yönü ve şiddeti, direkt ve yaygın güneş ışıınım şiddeti, toprak sıcaklığı, gökyüzü koşulları vb. verileri içermektedir. Coğrafi veri girişi ise kullanıcı tarafından yapılmaktadır (**EnergyPlus HandBook, 2005**).

Binaya ait geometrik tanımlamalar yapıldıktan sonra bina, fonksiyonuna, işletim programına, yönüne vb. göre farklı ısı bölgelere ayrılır. Herbir ısı bölgeyi oluşturan yapı elemanlarına ait geometrik veri girişi yapılır.

Isıl bölgeler için günlük, haftalık ve yıllık olmak üzere işletim programları düzenlenir. Çalışmada ingilizce literatürde “schedule” tanımlamasına karşılık olarak “işletim programı” ifadesi kullanılmıştır. Düzenlenen bu programlar bina içerisinde bulunan tüm sistemlerin çalışma saati, sıklığı, şekli gibi bilgilerini içerir. Doğal aydınlatmaya ilişkin veri girişi Delight programı, doğal havalandırmaya ilişkin veri girişi ise Comis programı yardımıyla yapılır. Diğer HVAC sistemlerin, iç kazançları oluşturan öğelerin ve gölgeleme elemanlarının kontrolü tanımlanmış olan işletim programları vasıtasıyla sağlanır.

Geometrik ve malzeme özellikleri açısından tanımlanmış ısı bölgelerde gerçekleştirilen eylemler, kullanılan ekipmanları, ekipmanların çalışma programı, kullanıcı sayısı, kullanım sıklığı, HVAC sistemlere ait fiziksel özelliklerin de belirlenmesiyle program sonuç dosyaları üretmeye hazır duruma gelir. Bu aşamadan sonra istenilen sonuç dosyalarının niteliği; günlük, saatlik, aylık veya yıllık olmak üzere belirtilir. Hata dosyasının kontrolü yapıldıktan sonra, binanın enerji tüketiminin ve kullanıcı konfor koşullarının değerlendirilmesine ilişkin gerekli veriler elde edilebilir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Energyplus Simülasyon Modeli

EnergyPlus binanın enerji tüketimine ait ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi harcamalarının yanı sıra tanımlanan ekipmanların enerji tüketimlerini de saatlik, günlük, aylık veya yıllık olarak hesaplamaktadır. Oluşturulan yapma çevrenin kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun tespiti için gerekli olan ısıl bölgelere ait aydınlık düzeyi, kamaşma indeksi, ortam sıcaklığı, iç yüzey sıcaklıkları ve nem oranı gibi veriler de saatlik olarak alınabilmektedir.

5.4.2 Atrium Tipi Binalarda Hava Tabakalaşmasının Belirlenmesinde Kullanılan Simülasyon Araçları

Atriumu dolduran havanın çeşitli etkilerle, atriumun tepe noktalarında yoğunlaşması sonucu atriumun alt kotları ile üst kotları arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan tabakalaşmaya neden olması atriumun performansını etkilemektedir. Bu etkilere ilişkin daha ayrıntılı açıklama 3.Bölümde 3.2.1.1 Atrium Performansını Belirleyen Etmenler alt başlığında verilmiştir.

Hava tabakalaşması olgusunun hesaplamalarla tespit edilmesi ve bu olguya etki eden faktörlerin belirlenmesi atrium tipi binanın karakteristik özelliklerinden birisi olarak düşünülmüş ve model kapsamına alınmıştır. Dolayısıyla modelde kullanılacak araçların seçimi yapılırken, seçilen simülasyon programından atriumda bitişik bina yüzeylerinden kaynaklanan ısı kayıpları ve atrium mekanına camlama sisteminden camın özelliklerine bağlı olarak geçen güneş enerjisi kazançları nedeniyle mekanı dolduran havanın yükselerek üst kotlarda birikmesi sonucu oluşan hava tabakalaşmasını hesaplayabilmesi beklenmektedir.

Enerji tüketiminin ve yapma çevreye ait iç ortam koşullarının belirlenmesinde kullanılan EnergyPlus simülasyon programı, ısınan havanın yükselmesiyle oluşan sıcaklık farklılıklarını göz ardı ettiği için, atrium mekanındaki hava tabakalaşmasını tanımlayamamaktadır. Yapılan hesaplamalarda bu durum göz önüne alınarak, enerji tüketimine hava tabakalaşma etkisi dahil edilmemiştir.

Programın hava tabakalaşması hesaplarını yapamaması nedeniyle, atrium mekanındaki hava tabakalaşmasını belirlemek ve camlama sistem seçeneklerinin tabakalaşmaya olan etkisini tespit edebilmek için başka bir programın yardımına ihtiyaç duyulmuştur. Bu hesaplamaları yapabilecek nitelikte bir program olan Fluent programı ve programda hesaplanacak binanın modellenmesini ve sayısal ağının oluşturulmasını sağlayan Gambit programı uygun görülerek seçilmiştir.

EnergyPlus simülasyon programının yapmış olduğu hesaplamalar sonucu elde edilen ortalama hava sıcaklığı, yüzeylerin konveksiyon katsayısı, hava değişim oranı ve yapı bileşenlerine ait emicilik, yansıtıcılık, yoğunluk, özgül ısı, ısı iletkenlik değerleri vb., Fluent programına veri teşkil edecek biçimde kullanılmaktadır (Şekil 5.12).

Bunun nedeni kullanılan ilk programın bu noktadan sonraki hesaplamaları yapamaması, ikinci programın ise bu noktadan önceki hesaplamaları yapmak için çok yüksek düzeyde donanımlı bilgisayarlara ve zamana ihtiyaç duymasıdır. Seçilen bilgisayar programının kullanılması ile iki farklı programla, atrium tipi binanın enerji performans değerlendirmesi daha kısa sürede ve çok yüksek donanımlı bilgisayarlar gereksizce gerçekleştirilebilmektedir.

5.4.2.1 Gambit Programı

Fluent programını çalıştırabilmek için öncelikle binanın fiziksel büyüklüğüne ve yapı elemanlarına ait bilgilerin yer aldığı veri dosyasının hazırlanması gerekir. Bu süreçte Fluent programına veri hazırlayan Gambit programı, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ve Sonlu Elemanlar (SE) analizlerinde kullanılabilen genel amaçlı bir ön işlemcidir.

Gambit, HAD ve SE analizlerinde bünyesinde barındırdığı araçların da yardımıyla, model hazırlama ve sayısal ağ oluşturma işlemlerini amaçlayan bir yazılımdır. Gambit, sunduğu araçlarla, kullanıcıya kaliteli bir çözüm için gerekli ilk şart olan kaliteli sayısal ağa sahip olma imkanı tanımaktadır.

Gambit, sahip olduğu katı modelleme araçları sayesinde hem orta derecede karmaşık geometrilerin oluşturulmasına, hem de gelişmiş geometri alım kapasitesi sayesinde UNIGRAPHICS, I-DEAS, Pro/ENGINEER, CATIA, SOLIDWORKS gibi profesyonel katı modelleme programlarından model alımına olanak tanımaktadır (www.fluent.com, www.anova.com.tr).

5.4.2.2 Fluent 6.2 Simülasyon Programı

Daha önceki versiyonların geliştirilmesiyle üretilen son versiyon olan Fluent 6.2 atriumda hava tabakalaşmasını tespit edebilmek amacıyla seçilen ve akışkanların dinamiğini açıklamak için kullanılan bir programdır.

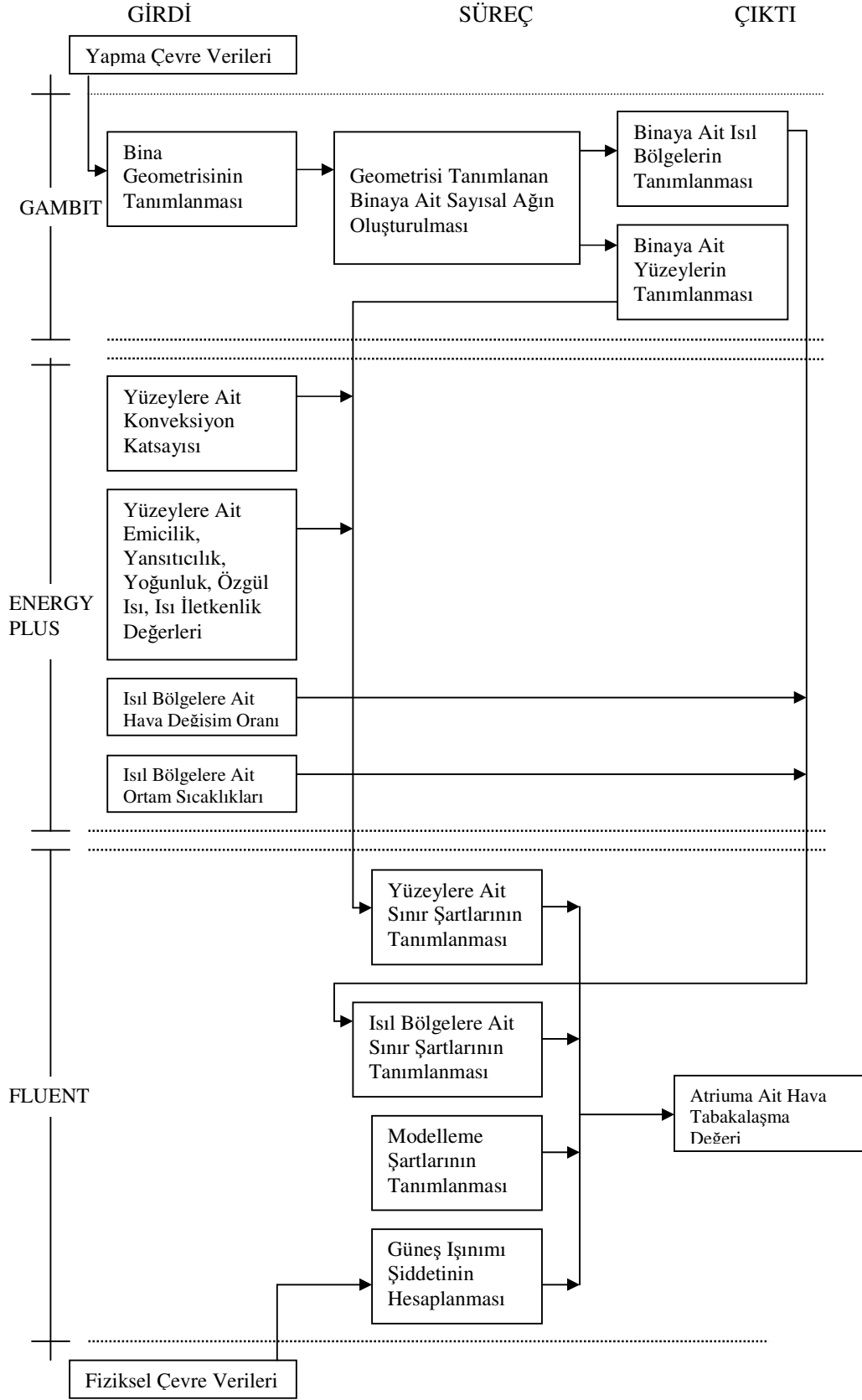
“Fluent, genel amaçlı bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olarak, otomotiv endüstrisi, havacılık endüstrisi, beyaz eşya endüstrisi, turbomakine (fanlar, kompresörler, pompalar, türbinler v.b.) endüstrisi, kimya endüstrisi, yiyecek endüstrisi gibi birbirinden farklı bir çok endüstriye ait akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Program, değişik fiziksel modeller sayesinde laminer, geçişsel ve türbülanslı akışlara, iletim, taşınım ve radyasyon ile ısı geçişini içeren problemlere çözümler üretebilmektedir (www.anova.com.tr).”

Program, kullanıcı tarafından belirtilen coğrafi konumda ve hesaplama yapılacak saatte güneşin konumuna ve şiddetine göre güneş ışınlamalarının etkidiği yüzeylerdeki güneş enerjisi kazancını hesaplayabilmektedir. Bu özellik atrium gibi büyük oranda saydam bileşenler tarafından oluşturulmuş mekanlarda güneşin etkisinin gözlemlenebilmesi açısından oldukça önemlidir.

Şekil 5.12’de Fluent programıyla gerçekleştirilen simülasyonun adımlarına ve diğer programlarla veri alışverişine yer verilmiştir. Öncelikle yapma çevre verilerine uygun olarak Gambit programında hesaplanacak atrium tipi binanın üç boyutlu olarak geometrisi oluşturulur. Geometrisi tanımlanan binaya ait sayısal ağ kurulur. Daha sonra binaya ait farklı hacimler, ısıl bölgeler ve yüzeyler tanımlanır. Fluent programında yapma çevreye ilişkin bazı değerler EnergyPlus programının çıktılarından elde edilmektedir. Bu değerler; yüzeylere ait konveksiyon katsayısı, ısıl bölgelere ait hava değişim oranı ve ortam sıcaklıkları verileridir.

Fiziksel çevreye ilişkin enlem ve boylam bilgilerinin ardından hesaplama yapılacak saat belirtilerek, güneşin konumunun ve şiddetinin tespit edilmesi sağlanır. Yüzeylere ve ısıl bölgelere ait sınır şartlar EnergyPlus’tan alınan veriler ve yüzeylere ait emicilik, yansıtıcılık, yoğunluk, özgül ısı, ısı iletkenlik değerlerinin girilmesiyle tanımlanır.

Modellemede kullanılacak sınır şartlar da belirtildikten sonra atriumda hava tabalaşması hesabı için program çalıştırılır. Sonuç dosyalarından atriumdaki havanın sıcaklığı, hareketin yönü ve hızı, yoğunluğu vb. değerlere ulaşılabilmektedir.



Şekil 5.12: Fluent Simülasyon Modeli

6. MODELİN SINANMASI

Bu uygulama çalışmasının amacı; ele alınan örnek atrium tipi binanın enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanması için uygun camlama ve denetim sistemi modeli belirleyerek, önerilen modelin sınanarak uygulanabilirliğini kanıtlamaktır. Bu uygulama çalışmasıyla yapma çevre bileşenlerinin seçiminden itibaren başlayan denetim sistemine ilişkin geliştirilen hedefler, zorunluluklar ve ölçütlerin, ulaşılmak istenen amaç doğrultusunda uygunluğunun test edilmesi de mümkün olmaktadır.

Önerilen model doğrultusunda, geliştirilen örnek atrium tipi binanın enerji tüketimi simülasyon metoduyla analiz edilerek, örnek bina için en uygun camlama sistemi seçilmiş ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenebilmesi için gerekli iç ortam verileri elde edilmiştir.

Bu bölümde önerilen modelin uygulanması için tasarlanan örnek binaya ait bilgiler verilmiştir. Binanın enerji tüketimi ve iç ortam verileri, 5. Bölüm’de 5.4 Atrium Tipi Binalarda Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Kullanıcı Konforunun Sağlanması İçin Uygun Camlama ve Denetim Sistemi Simülasyon Modelinde Kullanılan Araçlar alt başlığında seçim nedenleri ayrıntılı olarak açıklanan simülasyon araçlarıyla analiz edilmiştir.

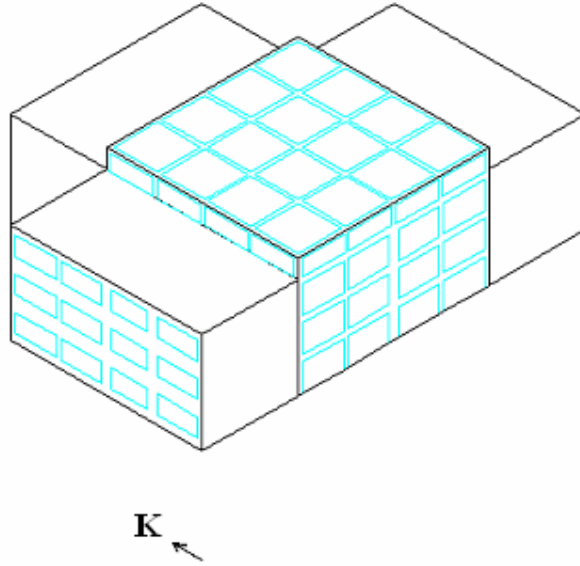
Önerilen modelin bilgisayar simülasyon metoduyla uygulanabilirliğinin kanıtlanması için yapılan bu uygulama çalışmasında, seçilen simülasyon araçlarının kapasitesi araştırılmış ve hedeflenen amaçlar doğrultusunda araçların yetersiz olduğu noktalar hususunda bilgi toplanmıştır.

Analizlerden elde edilen veriler ışığında, 1. ve 2. denetleme aşamalarında en iyi performans gösteren uygun camlama sistem seçeneği kabul edilmiştir.

6.1 Örnek Binanın Genel Özellikleri ve Uygulamada Kullanılan Veriler

Literatür çalışmaları üç tarafı çevrili atrium tipinin diğer atrium tiplerine göre farklı performanslar gösterdiğini ve atriumun yüzeylerinin hem düşey (duvar), hem de yatay (çatı) elemanlarla oluşturulmasının, bu yüzeylerden beklenen performans gereksinimleri ve alınacak önlemler konusunda farklılık yarattığını göstermiştir. Bu nedenle bu çalışmada üç tarafı çevrili atrium tipi bina, uygulama modeli olarak seçilmiştir. Atrium, binanın girişini oluşturacak biçimde üç tarafı mekanlarla çevrelenmiştir. Böylelikle atrium tipi binanın enerji tüketiminde yön faktörünün etkisini de incelemek mümkün olmaktadır.

Şekil 6.1’de de görüldüğü gibi, binayı oluşturan 3 ısıl bölge (zone), üç ana yöne bakacak biçimde tasarlanmıştır. Isıl bölgeler birbiri ile eşit büyüklükte olup, eni 10 m ve boyu 20 m olacak biçimde 200 m²’lik alana sahiptirler. Isıl bölgelerin baktığı ana yön dışındaki cephelerde herhangi bir camlama sistemi tasarlanmamıştır. Böylelikle birbirine eş büyüklükteki ısıl bölgelerin, enerji tüketimi ve kullanıcı konforuna ilişkin değerlendirmelerinde yön etkisini açıkça ortaya konmak mümkün olmaktadır.



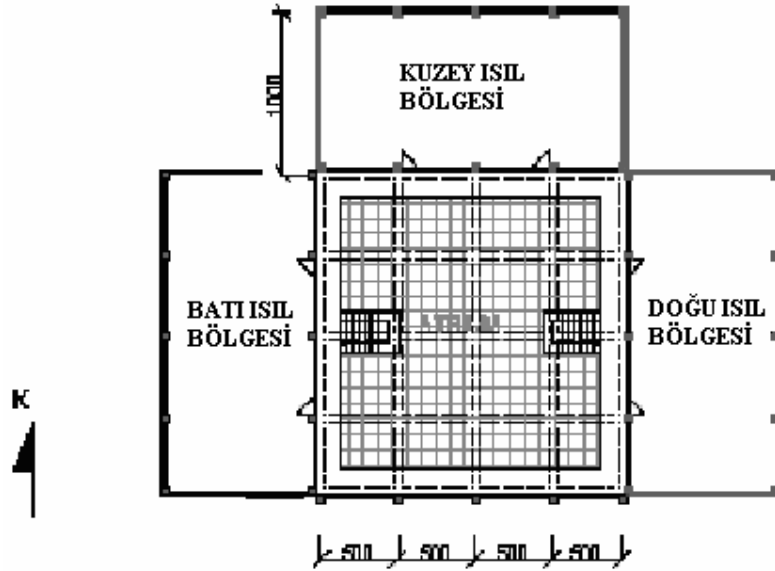
Şekil 6.1: Simülasyonu Yapılan Üç Tarafı Çevrili Örnek Atrium Tipi Bina Örneği

Çalışmada simülasyonu yapılacak örnek binanın kullanım amacının belirlenmesinde, atriumların yaygın olarak kullanım alanını oluşturan ofis tipi binalar etken olmuştur. Fonksiyon seçiminde diğer bir etken, binanın simülasyonu için ihtiyaç duyulan yapma çevre sistemine ait verilerin örneğin kullanıcı sayısı, kullanım süresi gibi

standartlarca tanımlanmış olması, belirli bir düzen ve sürekliliği içermesidir. Atriumların yaygın olarak kullanıldığı alışveriş merkezi, otel gibi fonksiyonlar, simülasyon için ihtiyaç duyulan sürekli ve düzenli bir veri sistemi içermediklerinden uygulama çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur.

Uygulama çalışmasında kullanılan üç tarafı çevrili atrium tipi ofis binasına ait fiziksel ve coğrafi verilerin oluşturulmasında İstanbul iline ait veriler kullanılmıştır. Bina üç katlı olup, kat yüksekliği 3.50 m olarak kabul edilmiştir. Binanın toplam alanı 2200 m², toplam hacmi ise 11300 m³'tür. Binanın toplam dış yüzey alanı 1510 m² olup, taban alanı 1000 m²'dir.

Bu mekanların ortasında yer alan 12.50 m yüksekliğinde kare planlı, 20 m x 20 m büyüklüğünde 400 m²'lik alana sahip atrium ise güneye yönlendirilmiştir. Atrium, katlar ve ısı bölgeleri arasında sirkülasyonu sağlayacak biçimde tasarlanmıştır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2: Üç Tarafı Çevrili Örnek Atrium Tipi Ofis Binasının Planı

Atrium tipi binaların dış kabuğunu oluşturan en önemli alt sistem olan camlama sistemine ait seçeneklerin karşılaştırılabilmesi için, tasarlanan örnek binanın camlama sistemi dışında kalan elemanlar sabit olarak kabul edilmiştir.

Isıl bölgeler ofis kullanımını içeren plan şemasına sahiptir. Tüm katlarda ve ısı bölgelerinde (kuzey, doğu ve batı) plan şeması aynı düzende tasarlanmıştır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3: Atriumu Çevreleyen Ofislerin (Isıl Bölgelerin) Yerleşim Planı

6.1.1 Fiziksel Çevre Verileri

Çalışma modelinde kullanılan veriler; fiziksel çevre verileri (iklimsel ve coğrafi) ve yapma çevre verileri biçiminde iki aşamalı olarak tanımlanmıştır.

Modelin sınanması için uygulama alanı olarak İstanbul ili seçilmiştir. Seçimde, bu ile ait iklimsel karakter önemli bir rol oynamıştır. Ilıman nemli iklim bölgesinde olması nedeniyle hem ısıtma, hem de soğutma etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiğinden, farklı özellikteki camlama seçeneklerinin binanın enerji performansına etkilerini incelemek mümkün olmuştur.

Uygulama alanı olarak seçilen İstanbul iline ait fiziksel çevre verilerinden iklimsel çevre verileri 5.Bölüm’de 5.1.1.4. EnergyPlus Simülasyon Programı alt başlığı altında açıklandığı gibi ASHRAE tarafından hazırlanan TMY (typical meteorologic year) iklimsel veri dosyasından (**ASHRAE, 2001**) sağlanmaktadır.

Bu verilerle oluşturulan aylara göre ortalama saatlik kuru termometre sıcaklığı, direkt ve yaygın güneş ışınım şiddeti ve günlük bağıl nem miktarı Tablo 6.1’de verilmiştir.

İstanbul iline ait coğrafi veriler ise; coğrafi konum enlem 41^0 , boylam 29^0 ve deniz seviyesinden yükseklik 100 m olarak tanımlanmıştır.

Tablo 6.1: İstanbul İline Ait Fiziksel Çevre Verileri

SAAT	AYLARA GÖRE ORTALAMA SAATLİK KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI °C											
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
0.00-1.00	5.3	4.2	6	10.5	14.7	19.3	21.7	22.1	18.7	14.4	10.6	7.2
1.00-2.00	5.3	3.9	5.8	10.2	14.4	18.9	21.4	21.8	18.4	14.5	10.5	7.3
2.00-3.00	5.2	3.8	5.7	10.0	14.3	18.6	21.3	21.6	18.2	14.5	10.4	7.2
3.00-4.00	5.1	3.9	5.6	9.8	14.2	18.3	21.1	21.5	17.9	14.5	10.3	7.2
4.00-5.00	5.1	4	5.4	9.6	14.0	18.1	20.9	21.4	17.7	14.4	10.4	7.1
5.00-6.00	4.9	3.8	5.5	9.8	14.6	19.1	21.4	21.9	17.9	14.2	10.3	7.2
6.00-7.00	4.9	3.6	5.7	10.1	15.2	20.2	22.3	22.6	18.5	14.2	10.3	7.2
7.00-8.00	5	3.6	6.1	10.8	15.8	21.3	23.0	23.3	19.6	14.9	10.7	7.3
8.00-9.00	5.3	4.4	6.9	11.7	16.5	22.1	23.9	24.3	21.3	16.7	11.3	7.8
9.00-10.00	5.9	5.1	7.5	12.6	17.2	22.6	24.9	25.3	22.4	17.8	11.9	8.2
10.00-11.00	6.5	5.6	8.2	13.6	18.0	23.3	26.0	26.4	23.3	18.8	12.5	8.6
11.00-12.00	6.8	6.2	8.7	14.1	18.6	23.9	26.5	26.7	23.9	19.1	12.8	8.8
12.00-13.00	7.2	6.4	9.2	14.6	19.2	24.3	27.4	27.0	24.4	19.6	13.2	9.0
13.00-14.00	7.1	6.7	9.4	15.1	19.8	24.8	27.8	27.6	24.4	19.8	13.2	9.1
14.00-15.00	7.1	6.6	9.4	15.4	19.8	24.7	27.7	27.4	24.3	19.6	13.0	9.0
15.00-16.00	6.8	6.4	9.3	15.3	19.7	24.3	27.5	27.2	24.0	19.1	12.8	8.8
16.00-17.00	6.4	6	9.2	15.0	19.7	24.5	27.1	27.0	23.3	18.4	12.4	8.7
17.00-18.00	6.1	5.4	8.5	14.2	18.8	23.6	26.0	26.0	22.3	17.3	11.9	8.4
18.00-19.00	5.6	4.9	7.9	13.3	17.9	22.7	25.2	24.9	21.2	16.6	11.3	8.0
19.00-20.00	5.6	4.7	7.3	12.4	17.0	21.9	24.2	23.9	20.5	15.8	10.9	7.7
20.00-21.00	5.4	4.6	7	11.9	16.5	21.4	23.5	23.5	19.9	15.7	10.7	7.5
21.00-22.00	5.2	4.5	6.9	11.4	16.0	20.8	22.8	23.1	19.5	15.5	10.7	7.3
22.00-23.00	5.2	4.4	6.6	10.9	15.4	20.3	22.4	22.8	19.2	15.2	10.7	7.1
23.00-24.00	5.1	4.3	6.3	10.8	15.2	19.8	22.1	22.4	18.9	14.6	10.4	7.1

	AYLARA GÖRE ORTALAMA GÜNLÜK BAĞIL NEM MİKTARI %											
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
4.00	83	74	83	74	81	77	87	87	82	81	81	86
10.00	77	69	76	65	73	62	66	72	59	62	71	81
15.00	73	60	67	56	63	53	51	62	48	53	67	78
22.00	80	68	78	70	73	66	78	77	71	75	78	85

AYLIK ORTALAMA DİREKT VE YAYGIN GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİ Wh/m ²												
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
DİREKT	1283	1080	1313	2359	3364	4400	5124	4363	3922	2099	1299	685
YAYGIN	1036	1518	2199	2760	3114	3169	2771	2602	2100	1736	1214	985

AYLIK ORTALAMA DERECE GÜNLERİ												
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
CDD 10°C	1	11	16	79	210	348	437	441	324	200	67	16
CDD 18°C	0	0	0	1	18	108	189	193	87	12	1	0
HDD 10°C	132	155	101	13	0	0	0	0	0	0	26	82
HDD 18°C	380	367	333	175	56	0	0	0	2	59	199	314

CDD: Cooling Degree Day (Soğutma Derece Günü)

HDD: Heating Degree Day (Isıtma Derece Günü)

		AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK RÜZGAR YÖNÜ VE ŞİDDETİ (°- m/sn)											
		Kuzey=0 -360,Doğu=90,Güney=180,Batı=27											
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Rüzgar Yönü		131	172	151	152	129	127	55	80	76	102	166	104
Rüzgar Şiddeti	Maksimum	12.4	27.2	13.9	10.3	11.3	11.3	11.3	24.7	10.3	10.2	11.8	11.3
	Gün:Saat	16:18	16:23	17:23	29:17:00	13:14	25:11:00	21:17	11:06	1:17	30:13:00	21:01	23:23
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gün:Saat	1:04	2:03	1:01	1:20	3:02	1:05	1:05	12:23	4:04	3:20	1:02	14:17
	Ortalama Günlük	4.8	5.5	4.1	4.1	4.4	4	5.8	5.7	4.9	4.2	4	5.6

6.1.2 Yapma Çevre Sistemine Ait Veriler

Yapma çevre bileşenlerine ait veri girişi; bina bileşenlerine, ısıtma ve soğutma sistemine, havalandırma sistemine, aydınlatma sistemine, kullanıcılara ve diğer ekipmanlara ait veriler başlığı altında sınıflandırılmıştır.

6.1.2.1 Bina Bileşenlerine Ait Veriler

Bina bileşenlerine ait veri girişi opak ve saydam bileşenler olmak üzere iki ana bölümde ele alınmıştır. Çalışmada farklı camlama sistem seçenekleri oluşturulmasına karşın, opak bileşenlerin fiziksel özellikleri performans gereksinmelerine ve standartlara uygun olarak oluşturulmuş ve bu değerler sabit kabul edilmiştir.

Opak Bileşenler

5. Bölüm 5.3 Modeli Oluşturan Süreçler alt başlığında belirtildiği gibi modelde bileşen ölçeğinde performans değerlendirmesi önerilmektedir. Opak bileşenlerin seçiminin istenilen sınır şartlara göre yapılması önerisi doğrultusunda, bileşenlerin binanın enerji korunumuna etkileri dikkate alınarak fiziksel özellikleri belirlenmiş, ısı iletkenlik katsayısı **TS 825 (1998)** standardına göre denetlenmiştir. Tablo 6.2’de opak bina bileşenlerini oluşturan katmanlar yer almaktadır.

Tablo 6.2: Bina Bileşenlerini Oluşturan Katmanlar

		Malzeme Adı	Kalınlık (m)
Duvar Katmanı	Dış Duvar	Sıva	0.03
		Isı Yalıtımı	0.08
		Tuğla	0.2
		Sıva	0.02
	İç Duvar	Sıva	0.02
		Tuğla	0.1
		Sıva	0.02
Döşeme Katmanı	Zemine Oturan Döşeme	Blokaj	0.1
		Betonarme Döşeme	0.12
		Su Yalıtımı	0.005
		Isı Yalıtımı	0.08
		Seramik	0.02
	Ara Kat Döşemesi	Ahşap Parke	0.08
		Betonarme Döşeme	0.15
		Döşeme Altı Sıvası	0.03
	Çatı Döşemesi	Cüruf	0.1
		Su Yalıtımı	0.005
		Isı Yalıtımı	0.08
		Betonarme Döşeme	0.15
		Döşeme Altı Sıvası	0.03

Tablo 6.3'te katmanları oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Tablo 6.3: Bina Bileşenlerini Oluşturan Malzemelerin Fiziksel Özellikleri

Malzemenin Adı:	Dış Sıva	İç Sıva	Tuğla	Beton	Cüruf	Cam Yünü	Su Yalıtımı	Ahşap Parke
Malzemenin Pürüzlülüğü:	4	4	3	2	3	1	3	5
Malzemenin Kalınlığı: (cm)	3	2	20	12	10	8	0.1	0.15
Malzemenin Isı Geçirgenliği: (W/mK)	0.691	0.726	0.72	1.72	1.43	0.029	0.19	0.12
Malzemenin Yoğunluğu: (kg/m ³)	1858.1	1602	1922	2243	881	96.11	1121.2	540
Malzemenin Isı Kapasitesi: (J/kgK)	836.8	836.8	836.8	836.8	1673.6	790	1673.6	1210
Isıl Emicilik:	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Emicilik:	0.92	0.92	0.76	0.65	0.55	0.5	0.75	0.7
Görünür Bölge Emiciliği:	0.92	0.92	0.76	0.65	0.55	0.5	0.75	0.7

Çok Pürüzlü	1
Orta Pürüzlü	2
Pürüzlü	3
Pürüzsüz	4
Orta Pürüzsüz	5
Çok Pürüzsüz	6

Opak bileşenleri oluşturan malzeme listesi belirlendikten sonra, oluşturulan bina bileşenlerinin TS 825 standardına uygunluğu denetlenmelidir. **TS 825 (1998)** standardınca istenilen ısı iletkenlik değerleri elde edilen değerlerle kıyaslandığında, opak bileşen alternatiflerinin standarda uygun olarak tanımlandığı görülmektedir.

Bina bileşenlerinin ısı özellikleri **TS 825 (1998)** standardına göre istenilen değer

- Çatı: $U = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ < $0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Yer Döşemesi: $U = 0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$ < $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dış Duvarlar: $U_{\text{opak}} = 0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$ < $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dış Duvarlar (Saydam elemanlar dikkate alındığında) $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ara Kat Döşemesi: $U = 4.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- İç Duvarlar: $U = 5.1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Saydam Bileşenler - Camlama Sistemi

Isıl bölgelerde ana yöne bakan cephelerde %50 saydamlık oranı oluşturacak camlama sistemi öngörülürken, diğer yönlere bakan cephelerde herhangi bir camlama sistemi tanımlanmamıştır. Atriuma bakan cephede ise saydamlık oranı %72 oranındadır. Atriumun güneye bakan dış cephesi ise %66 saydamlık oranına sahiptir. Atriumun çatısında yer alan camlama sistemi % 75'lik saydamlık oranına sahiptir.

Cam tipleri ve ara dolgu ünitesiyle oluşturulmuş camlama sisteminin fiziksel ve optik özellikleri Tablo 6.4’te verilmiştir. Camlama seçenekleri oluşturulurken optik özellikleri açısından birbirlerine göre farklı performans sergileyen camlar tercih edilmiştir. Bunlardan birincisi “Silver Low-E” kaplamalı cam tipi güneş kontrol camı, üçüncüsü “Comfort Low-E” kaplamalı cam tipi ise iklim kontrol camı olarak kullanılmıştır. Cam tiplerinden ikincisi olan düz çift cam ise yaygın kullanımı nedeniyle referans olarak camlama seçeneklerine dahil edilmiştir.

Tablo 6.4: Camlama Sistemi İçin Seçilen Cam Tipleri ve Ara Dolgu Ünitesi

1. Cam Tipi	Silver Low-E kaplamalı düz cam	0.056 cm
	Hava	0.012 cm
	Düz Cam	0.031 cm
2. Cam Tipi (Referans)	Düz cam	0.031cm
	Argon Gazı	0.012 cm
	Düz Cam	0.031 cm
3. Cam Tipi	Comfort Low-E kaplamalı düz cam	0.022cm
	Kripton Gazı	0.012 cm
	Düz Cam	0.031 cm

Camlama sistemleri arasında karşılaştırma yapabilmek için, tüm seçeneklerin (referans cam tipi hariç) ısı iletkenlik değeri aynı tutulmuştur. Bunun mümkün olabilmesi için aynı genişlikte, fakat farklı fiziksel özelliklere sahip gazlar (hava, argon, kripton) kullanılmıştır. Ancak sistem seçeneklerine ait güneş ışınlı kazanç katsayıları farklı olduğu için, (4.2.1.1 Camlama Sisteminin Enerji Performansını Etkileyen Özellikleri bölümünde aktarıldığı gibi) cam ve çerçeve bileşenlerinin ısı iletkenlik değeri aynı olmasına karşın sistemin toplam ısı iletkenlik değerleri farklıdır, ancak iki camlama sistemi arasındaki 0.084’lük bu fark ihmal edilmiştir.

Camlama sistem seçenekleri oluşturulurken, sistemi oluşturan bileşenlerden çerçeve bileşeni sabit olarak kabul edilmiş ve $5.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ısı iletkenlik değerine sahip ısı bariyerli alüminyum çerçeve kullanılmıştır. Aşağıda Tablo 6.5’te farklı cam tipleriyle oluşturulmuş her bir camlama sistemine ait Window 5.2 programıyla elde edilmiş U katsayıları, güneş ışınlı kazanç katsayısı ve günışığı geçirgenlik değerleri yer almaktadır.

Sistemlere ait değerlerin hesaplanmasında Avrupa standardı kullanılmıştır. Bu standarda göre çevresel koşullara ilişkin değerler şu şekilde ifade edilmiştir: U

katsayısını hesaplamak üzere iç hava sıcaklığı 20°C ve iç hava taşınım katsayısı 8.0 W/m²K, dış hava sıcaklığı 0°C ve dış hava taşınım katsayısı 23.0 W/m²K. Güneş ışınlamı kazanç katsayısını hesaplamak üzere iç hava sıcaklığı 25°C ve iç hava taşınım katsayısı 2.5 W/m²K, oda sıcaklığı 25°C ve oda yayılımı 1, dış hava sıcaklığı 30°C, direkt güneş ışınlamı 500 W/m², dış hava taşınım katsayısı 8.0 W/m²K, gökyüzü sıcaklığı 30°C ve gökyüzü yayılımı 1 olarak alınmıştır (Window 5.2).

Camlama sisteminin doğrama özelliklerine ilişkin bilgi aşağıda yer almaktadır.

• çerçevenin genişliği(m):	0.08
• dıştan çerçevenin derinliği (m):	0.0275
• içten çerçevenin derinliği(m):	0.0275
• çerçevenin ısı geçirgenlik değeri (W/m ² K):	5.68
• kenar (cam-çerçeve) iletkenliği (W/m ² K):	2.3
• çerçevenin güneş ışınlamı emiciliği:	0.9
• çerçevenin görünür bölge emiciliği:	0.9
• çerçevenin yarı küresel ısı yayılımı:	0.9
• kayıt tipi:	Ara Kayıt
• kayıt genişliği(m):	0.08
• yatay kayıt sayısı:	0
• düşey kayıt sayısı:	2
• kayıt iletkenliği(W/m ² K):	5.68
• dıştan kayıtın derinliği(m):	0.0275
• içten kayıtın derinliği(m):	0.0275
• kenar (cam-kayıt) iletkenliği(W/m ² K):	2.3
• kayıtın güneş ışınlamı emiciliği:	0.9
• kayıtın gün ışığı emiciliği:	0.9
• kayıtın yarı küresel ısı yayılımı:	0.9
• dış pervaz genişliği:	0.5
• iç pervaz genişliği:	0.15
• denizliğin genişliği:	0.5
• denizliğin güneş ışınlamı emiciliği:	0.15
• dış pervazın güneş ışınlamı emiciliği:	0.5

Ofis mekanları ile atriumu ayıran iç duvarlarda yer alan camlama sisteminde 2.cam tipi olan düz çift cam kullanılmıştır. EnergyPlus programıyla iç duvarlar üzerinde yer alan camlama sistemlerinde gölgeleme elemanı tanımlanamamasından dolayı, bu mekanda kamaşma kontrolüne ilişkin herhangi bir önlem alınamamıştır.

Bu aşamada camlama sisteminin standartlara uygunluğu test edilmektedir. **TS 825 (1998)** standardına göre camlama sisteminin ısı iletkenlik katsayısı $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlenmiştir (camın orta nokta U katsayısıdır) ve bu değer tüm camlama sistem seçenekleri tarafından karşılanmaktadır. Ancak sisteme ait diğer özellikler, ülkemizde bulunan standartların yetersizliği nedeniyle denetlenememektedir. Bu değerlerin denetlenmesi için ASRAE 90.1 standardından faydalanılmıştır. İstanbul derece gün bölgelerine benzer bir iklim bölgesi için hazırlanan tabloda (**Tablo 8A-25, ASHRAE 90.1, 2004**) verilen sınır değerler %50 saydamlık oranı ve $1.5\text{-}3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ısı iletkenlik değerleri için güneş ışıınımı kazanç katsayısı %32 iken, günışığı geçirgenlik değeri %73 olarak tanımlanmıştır.

Sabit ve dış gölgeleme elemanı yaz ayları boyunca camlama sistemine etkiyen direkt güneş ışıınımı 20 W/m^2 'yi aşması durumunda aktif olacak biçimde tasarlanmıştır. Kış aylarında ise gölgeleme elemanı camlama sisteminden ışıınım yoluyla ısı kayıpları engellemek üzere gece boyunca aktif olarak kullanılmıştır.

Eklenen gölgeleme elemanının fiziksel ve optik özellikleri:

- Güneş Işıınımı Geçirgenliği %65
- Güneş Işıınımı Yansıtıcılığı %25
- Günışığı Geçirgenliği %65
- Günışığı Yansıtıcılığı %25
- Yarı Küresel ısı yayını 0.9
- Kalınlığı 0.003 m
- Isı iletkenliği $0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Gölge elemanı ile cam yüzey arasındaki mesafe 10 cm
- Gölgeleme elemanı üst/alt açıklık çarpanı 0^*
- Gölgeleme elemanı sağ/sol açıklık çarpanı 0^*
- Hava geçirimliliği %100
- cam yüzey alanının tamamını örtecek biçimde alttan/üstten ve sağdan/soldan herhangi bir boşluk olmayacak biçimde tasarlanmıştır.

Camlama sisteminin bir bileşeni olan gölgeleme elemanı eklenerek seçilen 3 farklı cam tipinden 6 camlama seçeneği oluşturulmuştur. Gölgeleme elemanı tüm binanın sadece atriuma bakan komşu iç duvarlarındaki camlama sistemlerinde tanımlanmamıştır. Tablo 6.5'te 3 farklı camlama sistem seçeneğine gölgeleme elemanı eklenerek oluşturulmuş 6 camlama sistem seçeneğine ait performans özellikleri yer almaktadır.

Tablo 6.5: Camlama Sistem Seçeneklerine Ait Performans Özellikleri

Camlama Sistem Seçenekleri	U_{kenar} W/m ² K	U_{merkez} W/m ² K	U_{toplam} W/m ² K	SHGC %	T_{vis} %
“Silver Low-E” kaplamalı (SL)-CSS	2.6	1.6	1.9	26	32
Düz Camlı- CSS	2.6	2.8	3.0	76	76
“Comfort Low-E” kaplamalı (CL)- CSS	2.6	1.5	1.9	65	70
(SL)-CSS + Gölgeleme Elemanı				14	19
Düz Çift Camlı-CSS + Gölgeleme Elemanı				46	49
(CL)-CSS + Gölgeleme Elemanı				39	45

6.1.2.2 Isıtma ve Soğutma Sistemine Ait Veriler

Uygulama çalışmasında 3. Bölüm’de 3.2.1.1 Atrium Performansı alt başlığında ayrıntılı olarak yer verildiği gibi atriumun tampon bölge olarak kullanımının binanın enerji performansına olumlu etkilerini vurgulamak üzere, atrium mekanının kullanım amacına uygun olarak ofis mekanlarından daha düşük sıcaklıkta ısıtılması öngörülmüştür. Yaz döneminde ise pasif soğutma sistemlerinden yararlanılmak üzere atriumda herhangi bir soğutma sistemi tanımlanmamıştır.

Tablo 3.3’te sunulan verilerden faydalanarak hazırlanan iç ortam sıcaklık değerleri; uzun süreli kullanıcı tanımlanmayan atrium için 15°C, ofis amaçlı kullanılan çevre mekanlar için ise 23°C olarak belirlenmiştir.

Örnek atrium tipi ofis binasının iklim bölgelerine göre tipleştirilmesi için İstanbul ilinin ılıman iklim bölgesinde yer alması nedeniyle atrium hem ısıtma, hem soğutma amaçlı olarak ele alınmıştır. Bu tip atriumlarda soğutma enerjisi tüketiminin toplam maliyeti daha fazla etkilediği göz önüne alınarak, daha çok soğutma enerjisi stratejileri açısından binanın tasarlanması uygun görülmektedir.

Bina yüzeyleri, dış çevresel etkenler karşısında oldukça iyi yalıtılmıştır (örneğin $U_{\text{duvar}}: 0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$). Ancak atrium mekanı ile ofis mekanlarını ayıran iç duvar yüzeylerinde herhangi bir ısı yalıtımı uygulanmamıştır. Bunun nedeni ısıtma istenen dönemde atriumda oluşan sera etkisine bağlı olarak duvar yüzeylerinin daha çabuk ısınmasını, aynı zamanda ofis mekanlarından oluşacak ısı kayıplarıyla atrium mekanının daha kolay ısıtılmasını sağlamaktır.

Binanın ısıtma ve soğutma sistemi tanımlanmadan önce ısıtma ve soğutma istenen aylar belirlenmiştir. Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık ayları boyunca binaya ait ısıtma istenen dönemler olarak tanımlanırken; Nisan-Ekim ayları arası ise soğutma istenen dönem olarak tanımlanmıştır.

İç mekan sıcaklıklarının belirlenmesinde mekan içerisinde gerçekleştirilecek eylem türüne göre kullanıcı tarafından ihtiyaç duyulan sıcaklıklar göz önünde bulundurulmuştur.

Isıtma İstenen Dönemler Boyunca Ofis Bölgelerinde İç Mekan Sıcaklıkları

0.00 - 7.00 :	17° C
7.00 - 17.00 :	23° C
17.00- 24.00 :	17° C

3.2.1.2 Atrium Tipi Binalarda Isıtma Stratejileri alt başlığında daha ayrıntılı olarak belirtildiği gibi, ana mekanla atrium arasında gerçekleşen hava alışverişi, binanın enerji performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu uygulamada ana mekanla atrium arasında hava alışverişinin bulunduğu düşünülmüş, atriumun sirkülasyon amaçlı kullanımına uygun olarak ısıtılması uygun görülmüştür.

Aşağıda yer alan iç mekan sıcaklıkları atriumda ısıtma istenen dönem boyunca tanımlanmıştır.

Isıtma İstenen Dönemler Boyunca Atriumda İç Mekan Sıcaklıkları

0.00 - 7.00 :	10° C
7.00 - 17.00 :	15° C
17.00- 24.00 :	10° C

3. Bölüm’de 3.2.1.3 Atrium Tipi Binalarda Soğutma Stratejileri alt başlığında sözü edilen pasif soğutma tekniklerinden güneş enerjisi kazançlarının kontrolü ve taşınım yoluyla soğutma, uygulanan örnek atrium tipi ofis binasının soğutma stratejisi olarak seçilmiştir.

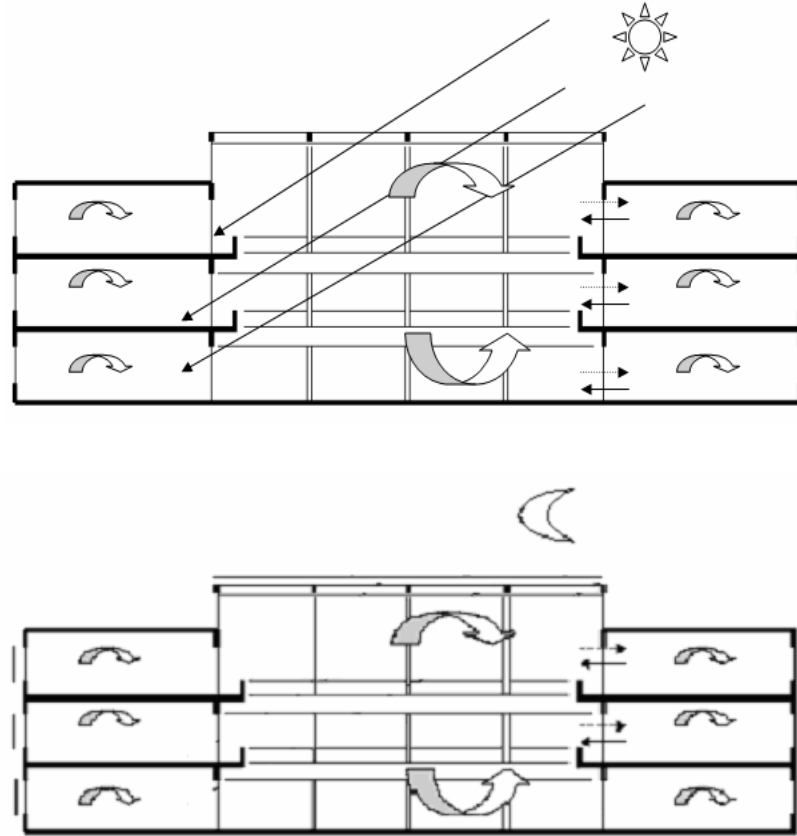
Atriumda herhangi bir soğutma sistemi tanımlanmamış olup, gölgeleme elemanı yardımıyla güneş ısı kazancı kontrol altına alınarak, doğal havalandırma yoluyla mekanın soğutulması hedeflenmiştir. Ofis mekanında ise soğutma istenen dönem boyunca istenilen iç mekan sıcaklıkları aşağıda verilmiştir.

Soğutma İstenen Dönemler Boyunca Ofis Bölgelerinde İç Mekan Sıcaklıkları

0.00 - 7.00 :	30° C
7.00 - 17.00 :	25° C
17.00- 24.00 :	30° C

6.1.2.3 Havalandırma Sistemine Ait Veriler

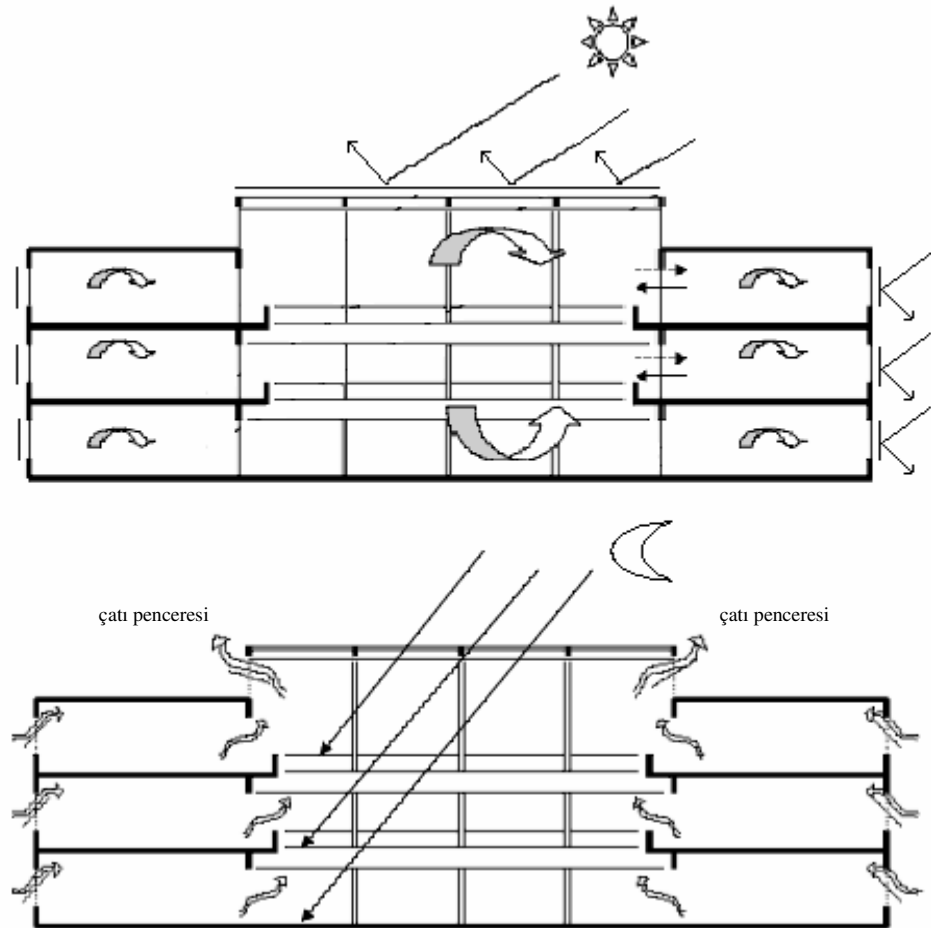
3. Bölüm’de 3.2.1.4 Atrium Tipi Binalarda Doğal Havalandırma Stratejileri alt başlığı altında daha ayrıntılı olarak açıklanan doğal havalandırma prensiplerinden birisi olan; kış döneminde sera etkisi sonucu oluşan sıcak havanın atriumda tutulması sağlanarak, büyük cam yüzeylere sahip atrium mekanı istenilen sıcaklık seviyesine getirilmiştir.



Şekil 6.4: Isıtma İstenen Döneme Ait Stratejiler

Şekil 6.4'te ısıtma istenen döneme ait geliştirilen enerji stratejisine yer verilmiştir. Buna göre, gün boyunca güneş ışınımı etkilerine bağlı olarak ısı kazancı, gece boyunca ise gölgeleme elemanlarının kullanımına bağlı olarak ışınlım yoluyla ısı kayıplarının giderilmesi öngörülmektedir. Isıtma istenen dönem boyunca atrium ve komşu ısı bölgeleri arasında herhangi bir hava hareketi öngörülmemiştir.

Yaz döneminde hava tabakalaşmasına bağlı olarak üst kotlarda toplanan sıcak havanın baca etkisi kullanılarak dışarı atılmasını sağlamak doğal havalandırma stratejisi olarak benimsenmiştir (Şekil 6.5). Soğutma istenen dönemde gün boyunca soğutma stratejisi olarak gölgeleme elemanı kullanılarak güneş ısı kazancı kontrol altına alınmıştır. Gece boyunca ise atrium ve ofis bölgeleri arasındaki, ofis mekanından dışarıya bakan ve atriumun üst katlarında yer alan açılabilir camlama sisteminden, dış hava sıcaklığı ve mekanlar arası iç ortam sıcaklık farkına bağlı olarak sağlanan hava akışıyla binanın soğutulması hedeflenmektedir.



Şekil 6.5: Soğutma İstenen Döneme Ait Stratejiler

Comis programı yardımıyla hesaplanan hava hareketlerinin oluşabilmesi için gerekli havalandırmanın sağlanması ve camlama sistemlerinin açılabilmesi için belirli koşullar tanımlanmıştır. Buna göre mekanın iç ortam sıcaklığı –havalandırma sıcaklığı- 19°C'nin üstüne çıktığında ve komşu mekanla sıcaklık farkı 5-10 °C arasında olduğu durumlarda havalandırma için sistemin açılması öngörülmektedir.

Atriumun enerji etkinliğini belirleyen diğer bir faktör olan hava sızmalarına bağlı kayıtlar ve çerçeve arasından boşluklar nedeniyle de görülen ısı kayıp veya kazançlar için gerekli veri girişi 0.001 kg/s-m olarak tanımlanmıştır.

6.1.2.4 Aydınlatma Sistemine Ait Veriler

Atriuma komşu bir mekanın doğal aydınlık seviyesinin belirlenmesinde etkili olan faktörler 3. Bölüm'de 3.2.2.1 Atrium Tipi Binalarda Doğal Aydınlatma Stratejileri alt başlığı altında detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıntılı olarak açıklanan bu faktörlerden atriumun yüksekliğinin enine oranı 12m / 20m, atrium ve komşu mekanlar arasındaki, mekanı oluşturan yüzeylere ve atrium döşemesine ait yansıtıcılık değeri 0.9 şeklinde tanımlanmıştır.

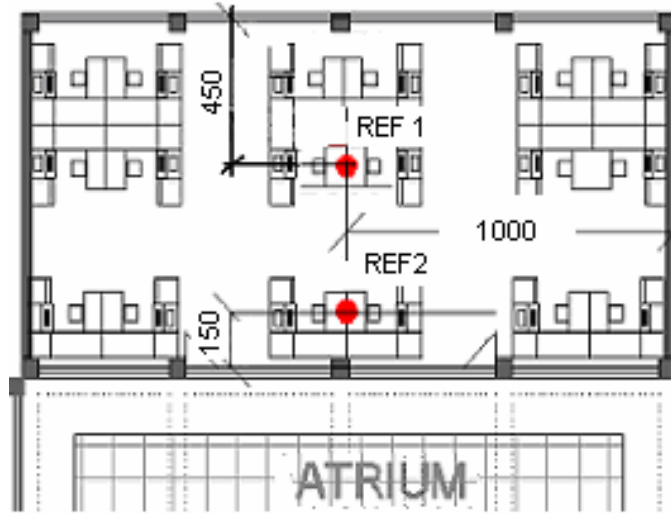
Tablo 6.2'de görüldüğü gibi pürüzsüz yüzeylere sahip opak yüzeyler gün ışığının düzgün olarak dağılmasında rol oynamaktadır. Aynı özelliklere sahip zemin döşemesi kendisini çevreleyen mekanlara doğal ışığın yansıtılarak ulaştırılmasını sağlamaktadır.

Atriumun üst kotlarından alt kotlarına ininceye kadar gün ışığı miktarında görülen düşüşe karşın, üst kotlarda yer alan atriuma bakan binanın ana duvarlarında saydamlık oranı daha az ve/veya gün ışığı geçirgenliği düşük cam kullanılırken, alt kotlarda saydamlık oranı giderek artırılarak ve/veya gün ışığı geçirgenliği yüksek cam kullanılarak atrium mekanında doğal aydınlatmada düzgün dağılım sağlanabilmektedir. Ancak uygulanan modelde farklı cam seçenekleri karşılaştırıldığından, katlar arasındaki saydamlık oranı sabit tutulmuştur.

Delight programıyla, belirlenen referans noktalarındaki doğal aydınlık seviyesi hesaplanmış ve doğal aydınlık seviyesinin kullanıcı konforu açısından yetersiz kaldığı durumlarda devreye girecek yapay aydınlatma sistemi oluşturulmuştur. Ofis bölgelerinde ihtiyaç duyulan aydınlık seviyesi **ASHRAE 55 (1992)** standardı doğrultusunda dış cepheden 4.5m, iç cepheden 1.5m uzaklığa yerleştirilmiş 0.76 m

yükseklikte yer alan iki referans noktasında 500 lux ve konforsuzluk kamaşma sınırı ise 22 olarak alınmıştır (Şekil 6.6).

Yapay aydınlatma sisteminin kullanıcı programıyla eş zamanlı olarak (8:00-9.00, saatleri arasında 50%, 9:00-17.00 saatleri arasında 100%, geri kalan saatlerde ve iş günleri dışında 5%) devreye girmesi düşünülmüştür. Yapay aydınlatma için harcanacak enerji miktarının belirlenmesinde, **ASHRAE 90.1 (2004)**, (Tablo 6-6B) standardında ofis binaları için belirlenen 13 W/m^2 değeri esas alınmıştır. Yapay aydınlatma sisteminde aydınlatma kaynağı olarak florasen tipi tercih edilmiştir. Bu tür ışık kaynağına ilişkin gerekli veri girişi EnergyPlus Help Manual'den alınmıştır.



Şekil 6.6: Ofis Mekanındaki Referans Noktaları

Her bir ısııl bölge için tanımlanan yapay aydınlatma sistemine ilişkin veriler; 200 m^2 lik ofis mekanı için ihtiyaç duyulan aydınlatma enerjisi 2600W olduğu, ışık kaynağından açığa çıkan ısıнын %42'si ısı ve %18'i görünür bölge ışıınım ve açığa çıkan ısıнын %40'ının ise konveksiyon yoluyla açığa çıktığı varsayılmıştır (**Stanley, 1993**).

6.1.2.5 Kullanıcıya ve Diğer Ekipmanlara Ait Veriler

Binada her ofis mekanında 18 kişi olacak biçimde 162 kullanıcı tanımlanmıştır. Atriumda ise herhangi bir kullanıcı tanımlanmamıştır. Ofis aktivitelerine uygun olarak kullanıcı başına aktivite düzeyi 150 W olarak belirlenmiş ve ısıtma istenen dönemde 1 clo, soğutma istenen dönmede 0.5 clo ve geçiş dönemlerinde (bahar ve güz aylarında) 0.85 clo giysi türü tanımlanmıştır (**ASHRAE 55, 1992**)

Her bir kullanıcı başına bir bilgisayar tanımlanmış bunun dışında herhangi bir ekipman için veri girişi yapılmamıştır. Bilgisayarların kullanıcı çalışma saatleri ve programıyla örtüşecek biçimde aktif olduğu varsayılmıştır.

Bina tüm yıl boyunca haftanın 5 iş günü aktif olarak kullanılmaktadır. Çalışma saatleri, iş günleri boyunca 9.00 ile 18.00 saatleri arasındadır. 8.00-9.00 ile 12.00-13.00 arasındaki zaman diliminde kullanıcıların yarısının binada olduğu varsayılmıştır.

6.2 Örnek Bina Üzerinde Modelin Uygulanması

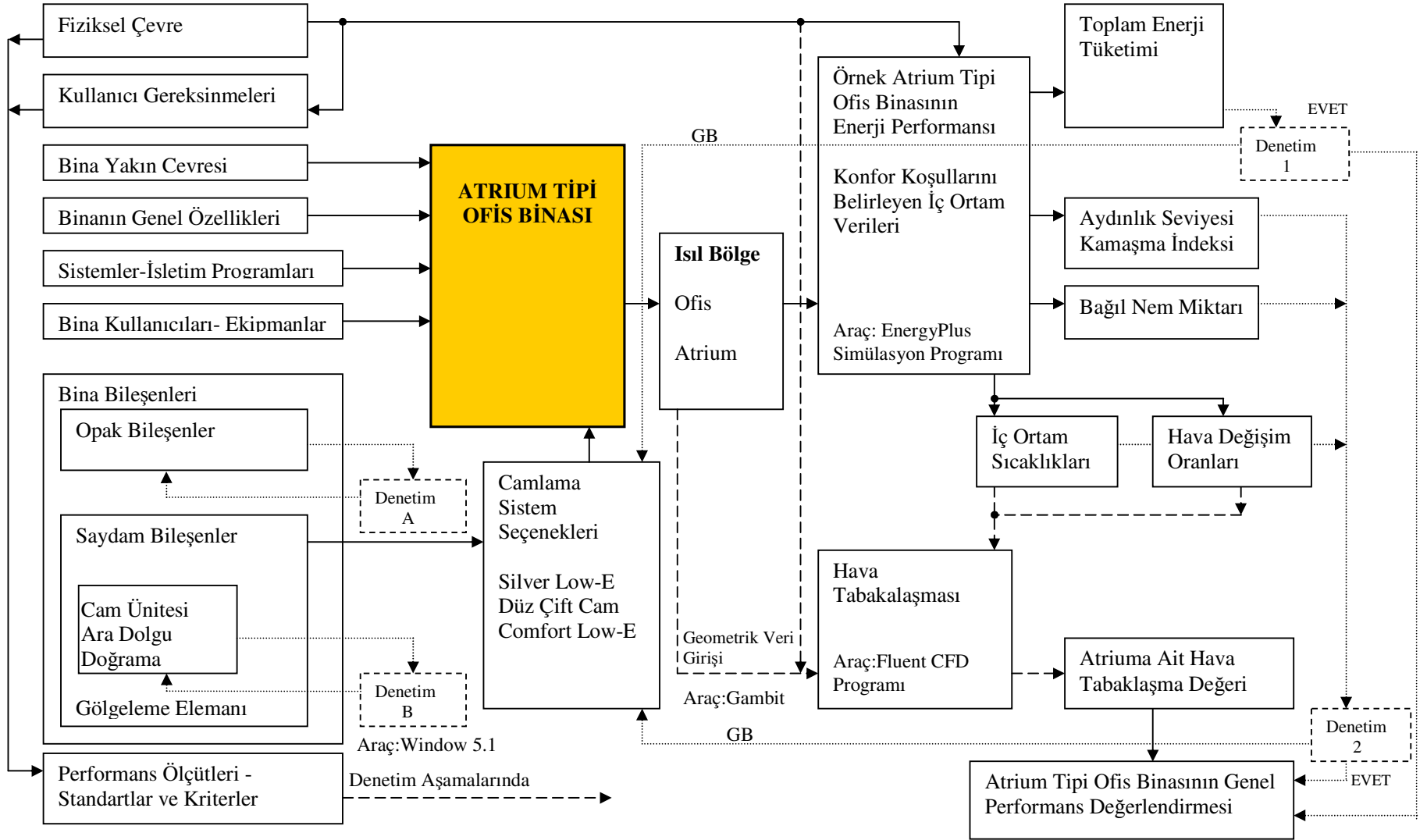
Atrium tipi ofis binası olarak tasarlanan binanın yer aldığı dış çevreye ait tüm fiziksel çevre verileri, yapma çevre sistemini oluşturan diğer tüm veriler, seçilen stratejiler ve prensipler, opak bileşenler, saydam bileşenler-camlama sistem seçenekleri, ısıtma ve soğutma sistemi, havalandırma sistemi, aydınlatma sistemi, kullanıcıya ve diğer ekipmanlara ait veriler başlıkları altında Bölüm 6.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Opak ve saydam bileşenlerin binanın enerji korunumuna uygunluğunun denetimi ve yapma çevre sistem verilerinin oluşturulması için gerekli standartlar da ayrıca verilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 6.7’de toplanan tüm verilerin birbirleriyle olan ilişkileri, modeli oluşturan süreçler bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan simülasyon programlarının model içerisindeki yerleri ve veri alışverişleri, kısaca modelin uygulanması sürecindeki aşamalar görülmektedir.

Fiziksel çevre ve yapma çevreye ilişkin veriler oluşturulduktan sonra binanın toplam enerji tüketiminin EnergyPlus programı ve Comis, Delight alt programlarıyla hesaplanmasına geçilmektedir. Hesaplamalar sonucu elde edilen veriler Tablo 6.6’da verilmiştir.

Farklı camlama seçeneklerine ait ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimi ve toplam enerji tüketimi değerlendirilmiştir. En iyi performans sergileyen ilk iki camlama sistem seçeneğiyle oluşturulmuş yapma çevreye ait iç ortam verileri elde edilmiştir. Daha sonra atriuma ait hava tabakalaşma verileri Fluent programı yardımıyla elde edildikten sonra camlama sistem seçenekleri arasında bir seçim yapılarak, uygun seçenikle oluşturulan binanın genel performansı değerlendirilmiştir.



Şekil 6.7: Uygulama Modeli Akış Diyagramı

6.3 Örnek Binanın Yıllık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Enerjisi Tüketimi

Yukarıda tanımlanan veriler doğrultusunda EnergyPlus simülasyon programı ile örnek binaya ait ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplanmıştır. Camlama sistemini oluşturan farklı cam tiplerine ait seçenekler ile bu seçeneklerin fiziksel ve optik özellikleri Tablo 6.5'te belirtilmiştir. Her bir seçeneğe dış gölge elemanı eklenmesiyle 6 farklı camlama sistem seçeneği oluşturulmuş ve bu seçeneklerle oluşturulan örnek binanın yıllık toplam enerji tüketimi hesaplanmıştır. Gölgeleme elemanı eklenerek oluşturulan seçeneklerde, gölgeleme elemanı yazın güneş kontrolü sağlayacak, kışın ise gece kullanılarak ısı kayıplarını engelleyecek biçimde tasarlanmıştır. Bu nedenle gölgeleme elemanlı camlama seçeneklerinin ısıtma enerjisi performansı, aynı seçeneğin gölgeleme elemanı kullanılmayan camlama seçeneğiyle karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 6.8).

Elde edilen sonuçlar örnek binadaki ısıl bölgelere ait enerji tüketimleri olarak Tablo 6.6'da verilmiştir. Bu tabloya göre soğutma enerjisi tüketimi tüm camlama seçeneklerinde en fazla batıya bakan ısıl bölgede, en az ise kuzeye bakan ısıl bölgede gerçekleşmektedir. Isıtma enerjisi tüketimi kuzeye bakan ısıl bölgede en fazla iken, batıya bakan ısıl bölgede ise en az olmaktadır. En fazla soğutma enerjisi tüketimi 10772 kWh ile düz çift camla oluşturulan camlama seçeneğine (DÇ-CSS) aittir. Bunun nedeni bu seçeneğin en yüksek güneş ısı kazanç katsayısına (%76) ve U_{toplam} katsayısına sahip olmasıdır. 3090 kWh'lik ısıtma enerjisi tüketimi "Silver Low-E" kaplamalı güneş kontrol camıyla oluşturulan camlama seçeneğine (SL-CSS) aittir. Aynı ısı iletkenlik değerine sahip olmalarına rağmen, "Comfort Low-E" iklim kontrol camıyla oluşturulan camlama sistem seçeneği (CL-CSS) 970 kWh ısıtma enerjisi tüketmektedir. Bunun nedeni SHGC değerinin SL-CSS'inde %26, CL-CSS'inde ise %65 olmasıdır. Dolayısıyla SHGC değerindeki % 61.5'lik azalma, ısıtma enerjisi tüketiminde % 63.2'lik bir artışa neden olurken, soğutma enerjisi tüketiminde % 46.6 değerinde azalmaya neden olmuştur.

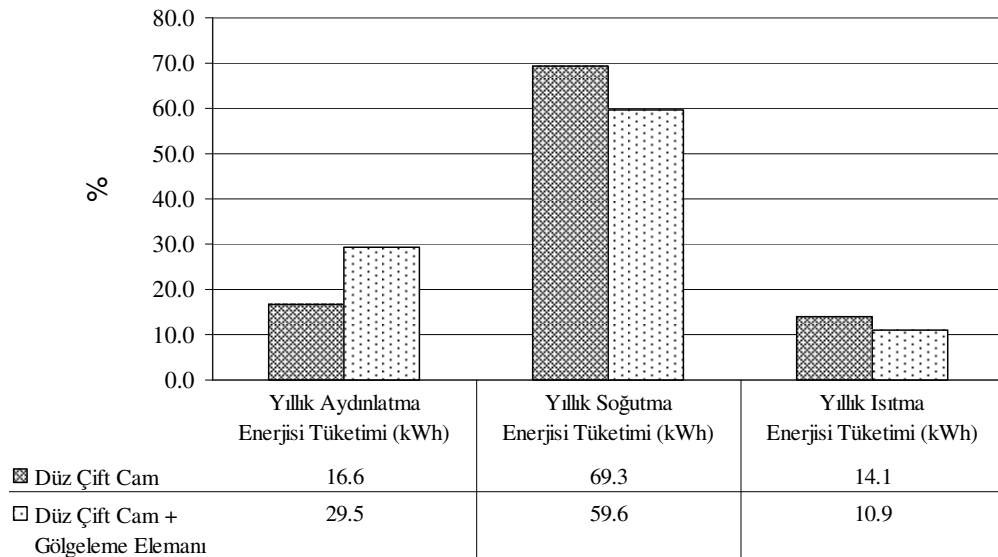
Atrium mekanında soğutma sistemi tanımlanmadığı için, herhangi bir enerji tüketimi söz konusu değildir.

Tablo 6.6: Farklı Camlama Sistem Seçenekleriyle Oluşturulmuş Isıl Bölgelere Ait Soğutma ve Isıtma Enerjisi Tüketimi

Camlama Seçenekleri	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh)	Batı Isıl Bölgesi Zemin Kat	Batı Isıl Bölgesi 1. Kat	Batı Isıl Bölgesi 2. Kat	Doğu Isıl Bölgesi Zemin Kat	Doğu Isıl Bölgesi 1. Kat	Doğu Isıl Bölgesi 2. Kat	Kuzey Isıl Bölgesi Zemin Kat	Kuzey Isıl Bölgesi 1. Kat	Kuzey Isıl Bölgesi 2. Kat	Atrium
Comfort Low-E	Soğutma Enerjisi Tüketimi	9751	9255	8866	7063	6742	7299	5579	5258	5650	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	306	253	445	479	390	589	1037	901	1137	1055
Düz Çift Cam	Soğutma Enerjisi Tüketimi	10772	9703	9728	8049	7660	8324	6309	5874	6311	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	822	778	1169	1040	964	1327	1702	1567	1918	3472
Silver Low-E	Soğutma Enerjisi Tüketimi	4653	4517	4787	3122	3042	3301	2789	2801	3014	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	1548	1521	2089	1745	1677	2218	2660	2576	3090	2657
Comfort Low-E + Gölgeleme Elemanı	Soğutma Enerjisi Tüketimi	7790	7255	7677	5703	5229	5536	4831	4479	4796	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	231	176	318	378	288	433	913	777	970	495
Düz Çift Cam + Gölgeleme Elemanı	Soğutma Enerjisi Tüketimi	8767	8231	8357	6495	5907	6190	5558	5024	5319	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	637	567	874	835	736	1017	1470	1328	1624	1848
Silver Low-E + Gölgeleme Elemanı	Soğutma Enerjisi Tüketimi	4977	4674	4968	2816	2706	2950	2467	2356	2526	0
	Isıtma Enerjisi Tüketimi	1243	1174	1648	1454	1352	1796	2357	2249	2701	1468

Ancak camlama seçeneklerine ait ısıtma enerjisi tüketimi karşılaştırıldığında, en yüksek enerji tüketimi 3472 kWh'le DÇ-CSS'ine aittir. Aynı camlama sistem seçeneğine gölgeleme elemanı eklenerek oluşturulan seçenek ile arasındaki ısıtma enerjisi tüketim farkı 1624 kWh'tir. Bu etki gece boyunca aktif olarak kullanılan gölgeleme elemanının ısı kayıpları önemli oranda azalttığını göstermektedir. Gölgeleme elemansız CL-CSS %76 güneş ısı kazanç katsayısına sahip seçenek ile gölgeleme elemanlı SL-CSS %26 güneş ısı kazanç katsayısına sahip seçenek arasında yalnızca 393 kWh enerji tüketimi farkı bulunmaktadır.

Şekil 6.8'de, gölgeleme elemanlı ve elemansız düz çift camlı camlama seçeneğine ait enerji tüketim değerlerinin binanın toplam enerji tüketimine etkileri karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda, gölgeleme elemanı kullanımının yıllık aydınlatma enerjisi tüketimini % 12.9 arttırdığı, yıllık soğutma enerjisi tüketimini % 19.7, yıllık ısıtma enerjisi tüketimini ise % 3.2 oranında azalttığı görülmektedir. Toplam enerji tüketiminde ise 4523 kWh'lik bir kazanç elde edilmiştir.



Şekil 6.8: Gölgeleme Elemanlı ve Elemansız Düz Çift Camlı CSS'lerine Ait Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 6.7'de camlama seçeneklerine ait yıllık aydınlatma, soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketim değerleri görülmektedir. Bu tabloya göre yıllık aydınlatma enerjisi tüketiminin en fazla görüldüğü seçenek 46,118 kWh ile gölgeleme elemanlı SL-CSS aittir.

En az enerji tüketimi 17,423 kWh ile gölgeleme elemansız DÇ-CSS'ine aittir. Tüm seçenekler içerisinde en yüksek gün ışığı geçirgenlik değerine sahip (Tvis: %76) olan seçenek olması nedeniyle en iyi performansı sergilemektedir.

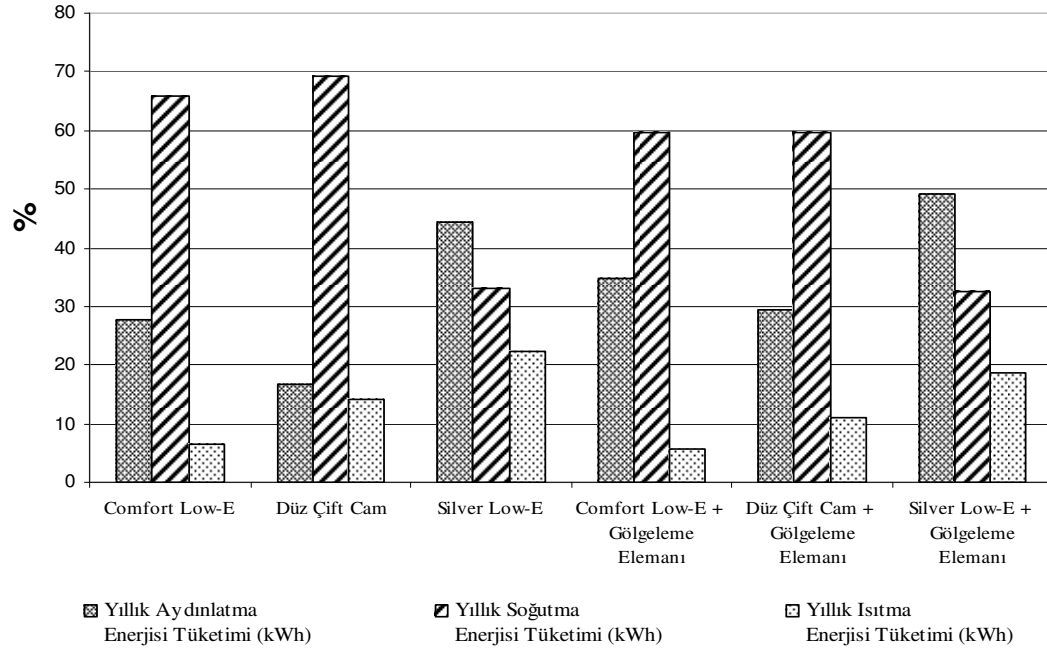
Yıllık soğutma enerjisi tüketimi 30,441 kWh ile en az olan seçenek, en iyi güneş enerjisi kazanç kontrolünü sağlayan (%26) seçenek olan gölgeleme elemanlı SL-CSS'ine aittir. En yüksek enerji tüketimi ise 72,731 kWh ile gölgeleme elemansız DÇ-CSS'ine aittir.

Tablo 6.7: Camlama Sistem Seçeneklerine Ait Yıllık Aydınlatma, Soğutma, Isıtma ve Toplam Enerji Tüketim Değerleri

Camlama Seçenekleri	Yıllık Aydınlatma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Yıllık Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
“Comfort Low-E” kaplamalı (CL)- CSS	27,467	65,462	6,593	99,522
Düz Çift Camlı-CSS	17,423	72,731	14,759	104,913
“Silver Low-E” kaplamalı (SL)-CSS	43,152	32,026	21,781	96,959
CL- CSS + Gölgeleme Elemanı	30,872	53,296	4,980	89,148
Düz Çift Camlı-CSS + Gölgeleme Elemanı	29,606	59,848	10,936	100,390
SL-CSS + Gölgeleme Elemanı	46,118	30,441	17,442	94,001

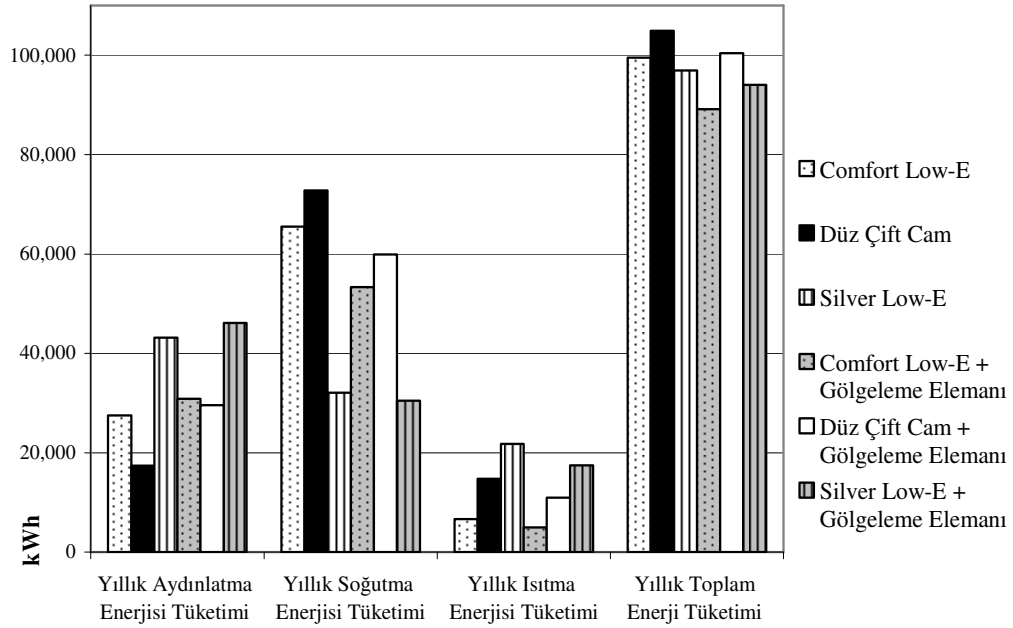
Şekil 6.9’da ise camlama seçeneklerine ait yıllık aydınlatma, soğutma ve ısıtma enerjisi tüketim değerlerinin toplam enerji tüketimleri içerisindeki payları karşılaştırılmaktadır. Gölgeleme elemanlı ve elemansız DÇ-CSS ile CL-CSS’lerine ait aydınlatma, soğutma ve ısıtma enerjisi tüketimlerinin toplam enerji tüketimi içindeki payına bakıldığında, 4 seçenekte de yıllık soğutma enerjisi tüketiminin diğer enerji tüketimlerine göre daha büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Gölgeleme elemanlı ve elemansız SL-CSS’lerinin her ikisinde de yıllık aydınlatma enerjisi tüketim değerlerinin payı daha fazladır.

Camlama sistem seçeneklerine ait yıllık enerji tüketim değerlerine bakıldığında, aynı ısı iletkenlik değerine sahip olmalarına karşın, seçeneklere ait optik özelliklerin enerji tüketimlerine etkisi açıkça görülmektedir. Yüksek SHGC değerine sahip camlama seçeneklerinin ısıtma enerjisi düşük, soğutma enerjisi yüksek iken, düşük gün ışığı geçirgenliğine sahip seçeneğin aydınlatma enerjisi de yüksektir.



Şekil 6.9: CSS'lerine Ait Yıllık Aydınlatma, Soğutma ve Isıtma Enerjisi Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması

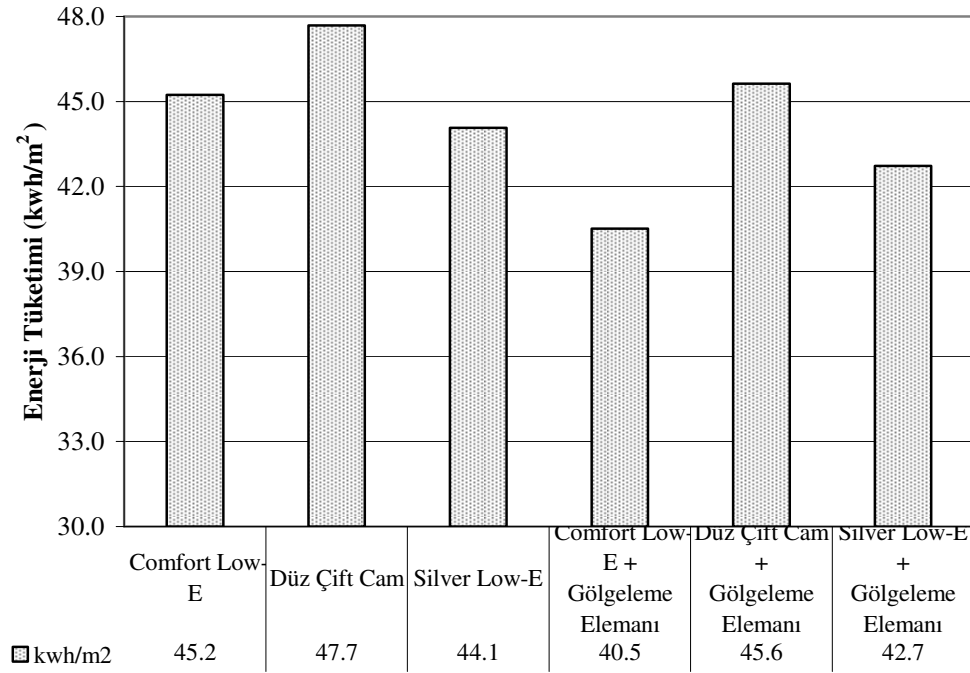
Şekil 6.10'da görüldüğü gibi yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde en iyi performans 4,980 kWh ile gölgeleme elemanlı CL-CSS'ine aittir.



Şekil 6.10: Yıllık Aydınlatma, Soğutma, Isıtma ve Toplam Enerji Tüketimi Açısından CSS'lerinin Karşılaştırılması

En yüksek enerji tüketimi ise 21,781 kWh ile gölgeleme elemansız SL-CSS'ine aittir. Şekil 6.11'de metrekare başına enerji tüketim değerleri karşılaştırmalı olarak verilen camlama seçeneklerinden en iyi performansı, metrekare başına 40.5 kWh enerji tüketimiyle gölgeleme elemanlı CL-CSS'i göstermiştir.

İkinci sırada en iyi performans, metrekare başına 42.7 kWh enerji tüketimiyle gölgeleme elemanlı SL-CSS tarafından kaydedilmiştir. En yüksek enerji tüketimi ise 47.7 kWh ile gölgeleme elemansız DÇ-CSS'ine aittir.



Şekil 6.11: Camlama Seçeneklerine Ait m² Başına Düşen Yıllık Enerji Tüketimi

6.4 Örnek Binanın Isıl Bölgelerine Ait İç Ortam Koşulları

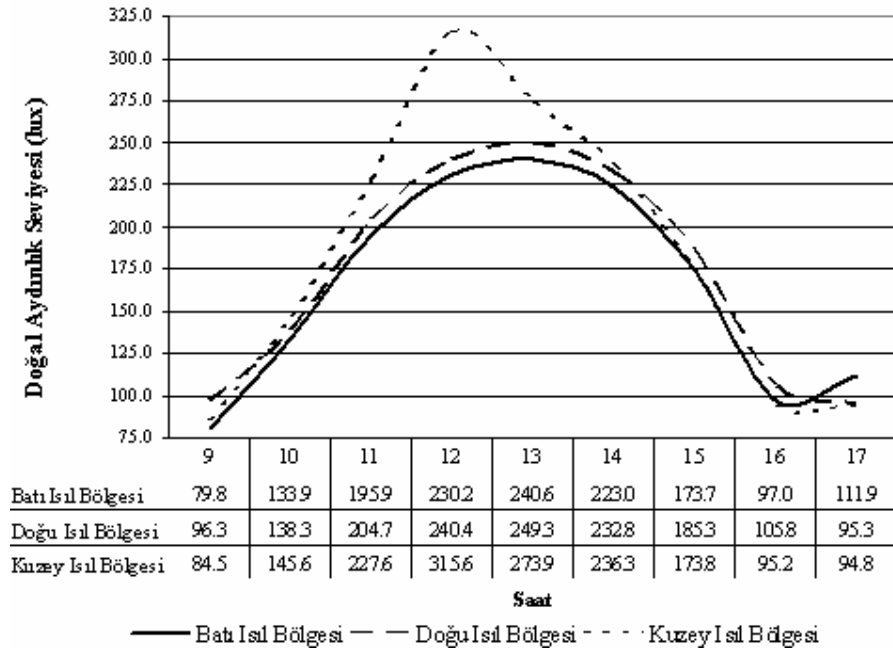
Farklı camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş atrium tipi ofis binasının yıllık enerji tüketimi verileri sonucunda en iyi performansı sergileyen gölgeleme elemanlı CL-CSS'yle oluşturulmuş yapma çevreye ait iç ortam verileri EnergyPlus programı ve Comis, Delight alt programları yardımıyla elde edilmiştir.

Camlama sistem seçenekleri arasında kullanıcı konfor koşullarını oluşturan iç ortam verilerinin karşılaştırılabilmesi için, ikinci en iyi performansı sergileyen gölgeleme elemanlı SL-CSS verilerine de yer verilmiştir. Veriler Ocak ayının 21. günü ile Temmuz ayının 21. gününde hesaplanan değerlerle oluşturulmuştur.

Bu verilerin sunulmasında her ısıl bölgenin ara katındaki değerler esas alınmıştır. İç ortam verileri sırasıyla, doğal aydınlık seviyesi, kamaşma indeksi, ortalama ışımsal sıcaklık, ortalama hava sıcaklığı ve nem miktarıdır.

6.4.1 Görsel Konfor Koşullarına İlişkin İç Ortam Verileri

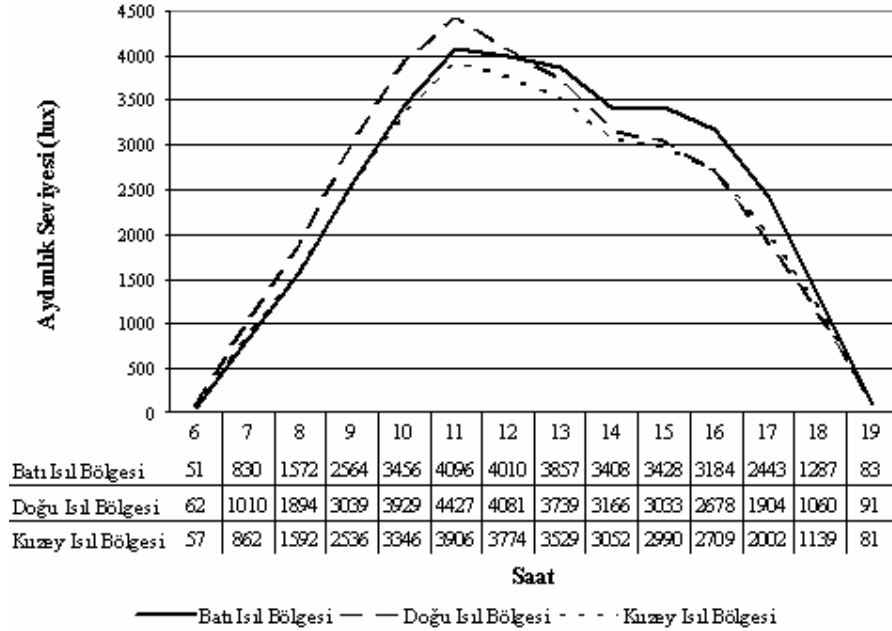
Görsel konfor koşullarına ilişkin iç ortam verileri her iki camlama seçeneğine ait günlük (21 Ocak ve 21 Temmuz) aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi değerleridir. Şekil 6.12’de, gölgeleme elemanlı CL-CSS’yle oluşturulmuş ısıl bölgelere ait doğal aydınlık seviyesi görülmektedir. Isıl bölgelere ait en yüksek aydınlık seviyesi kuzey ısıl bölgesinde 315.6 lux olarak kaydedilmiştir. Batı ve Doğu ısıl bölgelerinde de birbirlerine benzer eğilimler görülmektedir. Kullanıcının ihtiyaçlarını sürdürebilmesi ve görsel konfor koşullarını karşılaması için belirlenen 500 lux aydınlık seviyesinin altında doğal aydınlık seviyesi tespit edilmiştir.



Şekil 6.12: Isıl Bölgelerde Doğal Aydınlık Seviyesi
(21 Ocak - Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Şekil 6.13’te 21 Temmuz günü hesaplanan gölgeleme elemanlı CL-CSS ile oluşturulmuş ısıl bölgelere ait doğal aydınlık seviyesi görülmektedir. Isıl bölgelere ait en yüksek aydınlık seviyesi doğuya bakan ısıl bölgede 4427 lux olarak kaydedilmiştir. Sabah saatlerinde bu ısıl bölgede hesaplanan aydınlık seviyesi batı ısıl bölgesinden daha yüksek iken, 13.00-19.00 saatleri arasında diğer tüm

bölgelerden daha yüksek aydınlık seviyesine sahiptir. Gereksinim duyulan 500 lux aydınlık seviyesinin oldukça üstünde doğal aydınlık seviyesi tespit edilmesinin nedeni gölgeleme elemanının görünür bölgeki güneş ışıyım geçirgenlik değerinin %65 olması ve atrium ile ısıl bölgelere komşu iç duvar yüzeylerinde gölgeleme elemanı tanımlanamamasıdır.

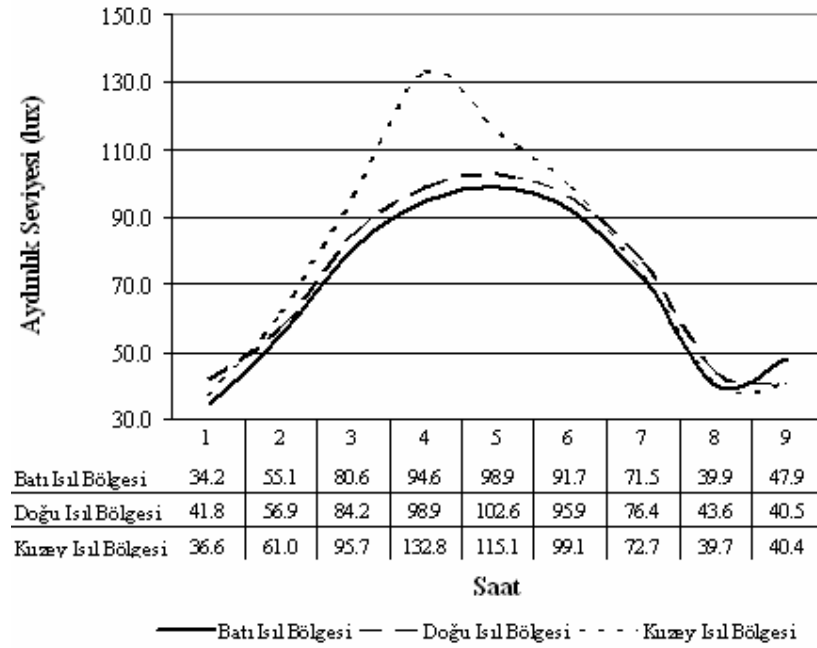


Şekil 6.13: Isıl Bölgelerde Doğal Aydınlık Seviyesi
(21 Temmuz- Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Şekil 6.14'te 21 Ocak günü hesaplanan gölgeleme elemanlı SL-CSS ile oluşturulmuş ısıl bölgelere ait doğal aydınlık seviyesi görülmektedir. Isıl bölgelere ait en yüksek aydınlık seviyesi kuzey ısıl bölgesinde 132.8 lux olarak kaydedilmiştir. Diğer bölgelerde daha da düşük aydınlık seviyesi hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler kullanıcının ihtiyaçlarını sürdürebilmesi ve görsel konfor koşullarını karşılaması için belirlenen 500 lux aydınlık seviyesinin oldukça altındadır. Diğer camlama seçeneğinden daha da düşük bir aydınlık seviyesinin elde edilmesinin nedeni bu camlama seçeneğinin gün ışığı geçirgenliğinin diğerine oranla oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

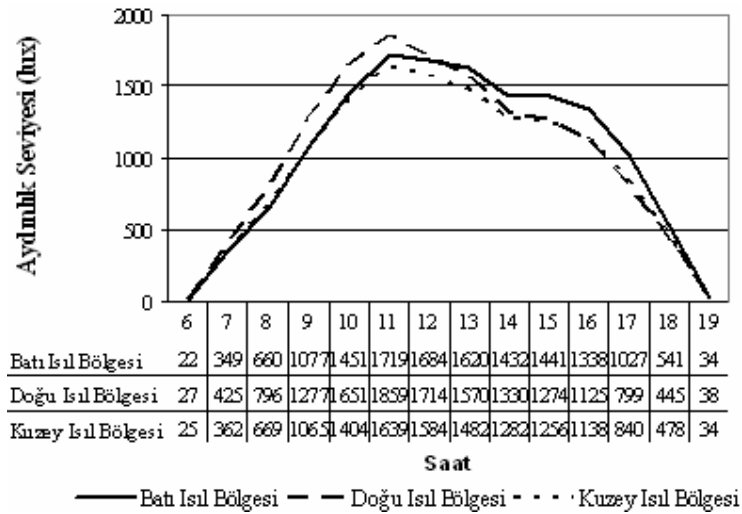
Şekil 6.15'te 21 Temmuz günü hesaplanan gölgeleme elemanlı SL-CSS'yle oluşturulmuş ısıl bölgelere ait doğal aydınlık seviyesi görülmektedir. Isıl bölgelere ait en yüksek aydınlık seviyesi ilk camlama seçeneğinde doğu ısıl bölgesinde 4427

lux iken, bu seçenekte aydınlık seviyesi yine aynı ısıl bölgede 1859 lux'ü geçmemektedir.



Şekil 6.14: Isıl Bölgelerde Doğal Aydınlık Seviyesi
(21 Ocak- Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

Oldukça düşük gün ışığı geçirgenliğine sahip olmasına rağmen atriuma bakan iç duvarda güneş kontrolüne ilişkin herhangi bir önlem alınamaması, çalışma mekanlarında kullanıcı konforunu olumsuz biçimde etkileyecek yüksek aydınlık seviyelerine neden olmaktadır.



Şekil 6.15: Isıl Bölgelerde Doğal Aydınlık Seviyesi
(21 Temmuz- Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

Tablo 6.8 ve 6.9’da camlama seçeneklerine ait kamaşma indeksi değerleri verilmiştir.

Tablo 6.8: CL-CSS’ne Ait Kamaşma İndeksi Değerleri

	Saat	Batı Isıl Bölgesi	Doğu Isıl Bölgesi	Kuzey Isıl Bölgesi
21 Aralık	9.00	15.0	15.7	20.9
	10.00	17.7	18.7	21.4
	11.00	19.8	20.5	22.8
	12.00	20.8	21.0	23.3
	13.00	21.3	20.8	23.4
	14.00	21.2	20.1	23.1
	15.00	20.2	18.7	22.2
	16.00	17.3	15.7	19.9
	17.00	11.9	9.0	16.5
21 Temmuz	6.00	13.2	14.2	19.5
	7.00	18.3	23.3	24.4
	8.00	20.9	25.5	25.9
	9.00	22.6	26.8	26.7
	10.00	23.5	27.0	26.9
	11.00	24.0	26.4	26.9
	12.00	24.6	24.9	26.9
	13.00	25.7	24.2	26.9
	14.00	26.3	23.6	26.9
	15.00	27.0	23.3	27.1
	16.00	27.4	22.9	27.1
	17.00	27.3	21.7	26.7
	18.00	24.8	19.8	25.9
	19.00	16.9	15.0	20.4

Tablo 6.9: SL-CSS’ne Ait Kamaşma İndeksi Değerleri

	Saat	Batı Isıl Bölgesi	Doğu Isıl Bölgesi	Kuzey Isıl Bölgesi
21 Aralık	9.00	10.1	11.1	16.9
	10.00	13.0	14.2	17.2
	11.00	15.3	16.2	18.9
	12.00	16.5	16.8	19.5
	13.00	17.2	16.6	19.7
	14.00	17.0	15.8	19.3
	15.00	15.9	14.2	18.2
	16.00	12.6	10.7	15.4
	17.00	6.9	3.7	11.9
21 Temmuz	6.00	8.1	9.4	15.3
	7.00	13.6	19.7	20.9
	8.00	16.7	22.2	22.7
	9.00	18.7	23.7	23.6
	10.00	19.8	24.0	23.8
	11.00	20.4	23.3	23.9
	12.00	21.1	21.5	23.8
	13.00	22.5	20.6	23.8
	14.00	23.1	19.9	23.9
	15.00	24.0	19.5	24.1
	16.00	24.4	19.0	24.1
	17.00	24.3	17.6	23.6
	18.00	21.4	15.4	22.7
	19.00	12.1	10.0	16.0

SL-CSS kamaşma indeksi değerleri özellikle yaz koşullarında diğer seçeneğe göre daha iyi sonuç vermiştir. Kuzeye bakan ısıtıl bölgede görülen yüksek değerler, bu bölgenin atriama bakan güney duvarındaki camlama sisteminin daha fazla güneş ışınlmasına maruz kalmasıyla açıklanabilir.

6.4.2 İklimsel Konfor Koşullarına İlişkin İç Ortam Verileri

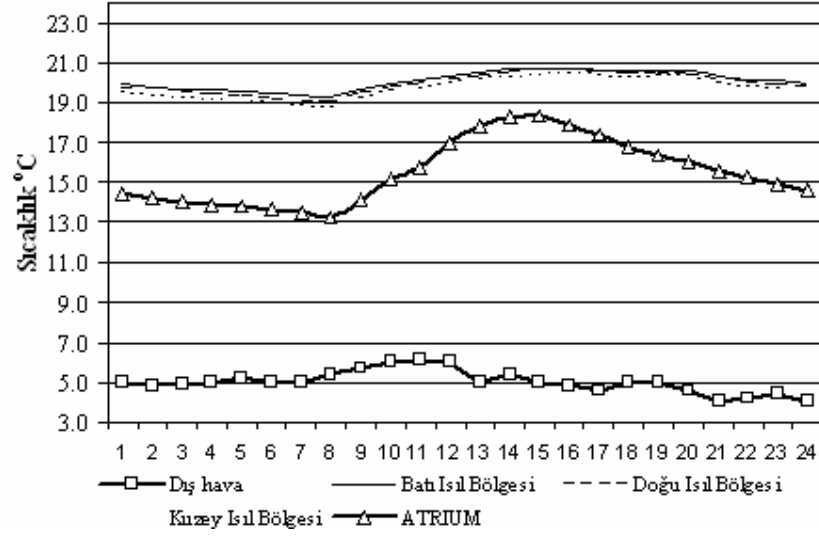
İklimsel konfor koşullarına ilişkin iç ortam verileri her iki camlama seçeneğine ait günlük (21 Ocak ve Temmuz) ortalama ışınlmsal sıcaklık, iç ortam sıcaklığı ve nem oranı verileridir. Tablo 6.10'da 21 Ocak ve 21 Temmuz günlerindeki dış iklimsel veriler olan dış hava sıcaklığı, yaygın ve direkt güneş ışınlm değerleri verilmiştir.

Tablo 6.10: 21 Ocak ve 21 Temmuz'a Ait Dış İklimsel Veriler

Saat		Dış Hava Sıcaklığı °C	Yaygın Güneş Işınımı W/m ²	Direkt Güneş Işınımı W/m ²		Dış Hava Sıcaklığı °C	Yaygın Güneş Işınımı W/m ²	Direkt Güneş Işınımı W/m ²
1.00	21 OCAK	5	0	0	21 TEMMUZ	23	0	0
2.00		4.8	0	0		22.4	0	0
3.00		4.9	0	0		22.4	0	0
4.00		5	0	0		22.5	0	0
5.00		5.2	0	0		22.5	0	0
6.00		5	0	0		23.1	25	0
7.00		5	0	0		23.8	109	74
8.00		5.4	4	0		24.4	204	120
9.00		5.7	38	0		25.1	279	243
10.00		6	90	0		25.7	313	376
11.00		6.1	133	0		26.4	311	505
12.00		6	158	2		27	388	380
13.00		5	163	3		27	415	275
14.00		5.4	148	0		27	426	149
15.00		5	114	0		27	365	240
16.00		4.8	65	0		27	286	314
17.00		4.6	15	0		25.8	180	383
18.00		5	0	0		25	142	153
19.00		5	0	0		25	55	0
20.00		4.6	0	0		24	0	0
21.00		4	0	0		23	0	0
22.00		4.2	0	0		23	0	0
23.00		4.4	0	0		23	0	0
24.00		4	0	0		23	0	0

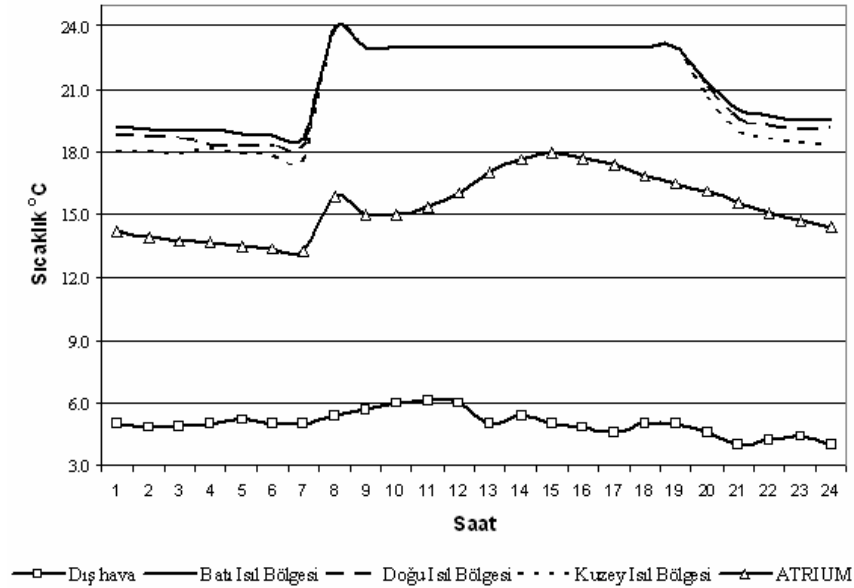
21 Ocak ve 21 Temmuz günü bağıl nem oranı her iki camlama seçeneği için, sırasıyla %61 ve %81 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 6.16'da 21 Ocak günü hesaplanan gölgeleme elemanlı CL-CSS ile ısıtıl bölgelere ait ortalama ışınlmsal sıcaklık değerleri görülmektedir.



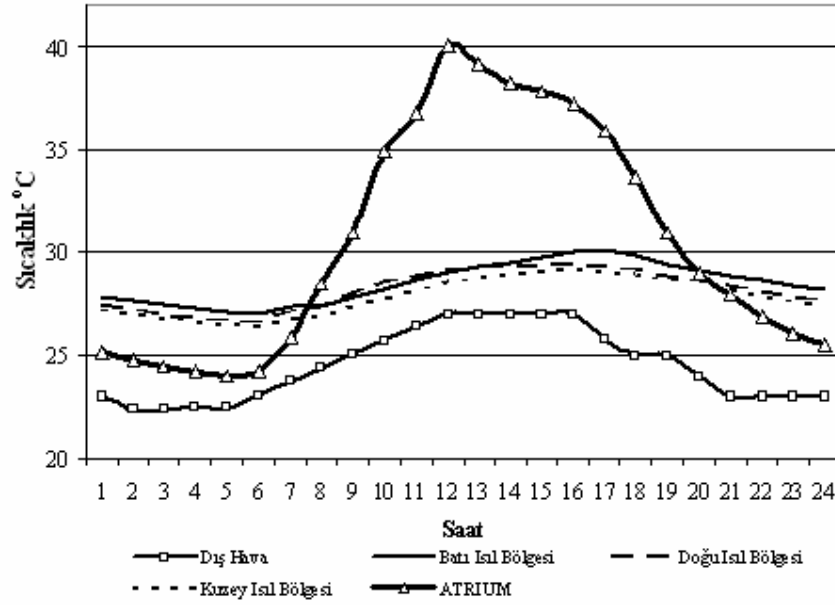
Şekil 6.16: Isıl Bölgelerde Ortalama Işınımsal Sıcaklık
(21 Ocak - Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Şekil 6.17’de ortalama hava sıcaklığı değerleri beklendiği gibi çalışma saatlerinde 23°C ’dir. Oysa ısıl bölgelere ait ışımsal sıcaklık değeri incelendiğinde en yüksek ortalama ışımsal sıcaklığa sahip batı ısıl bölgesinde kaydedilen değer 20.7°C ile ortalama hava sıcaklığı değerinden 2.3°C daha düşüktür. 15°C kadar ısıtılan atriumdaki ortalama ışımsal sıcaklık değeri ise 18.3°C olarak ölçülmüştür. Bu durum diğer ısıl bölgelerin aksine, güneş ışıınımı kazancına bağlı olarak oluşan sera etkisiyle atriumun gün içerisinde sıcaklığının arttığını göstermektedir.



Şekil 6.17: Isıl Bölgelerde Ortalama Hava Sıcaklığı
(21 Ocak - Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Şekil 6.18’de 21 Temmuz günü hesaplanan gölgeleme elemanlı CL-CSS ile oluşturulmuş ısıl bölgelere ait ortalama ışımsal sıcaklık değerleri görülmektedir.



Şekil 6.18: Isıl Bölgelerde Ortalama Işımsal Sıcaklık
(21 Temmuz - Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Şekil 6.19’da ortalama hava sıcaklık değerleri beklendiği gibi çalışma saatlerinde 25°C’dir. Oysa ısıl bölgelere ait ışımsal sıcaklık değeri incelendiğinde en yüksek ortalama ışımsal sıcaklığa sahip batı ısıl bölgesinde kaydedilen değer saat 17.00’da 30.1°C olarak hesaplanmıştır. Bu değer iklimsel konfor koşullarını sağlamak üzere 25°C olarak şartlandırılan değerden 4.9°C daha yüksektir.

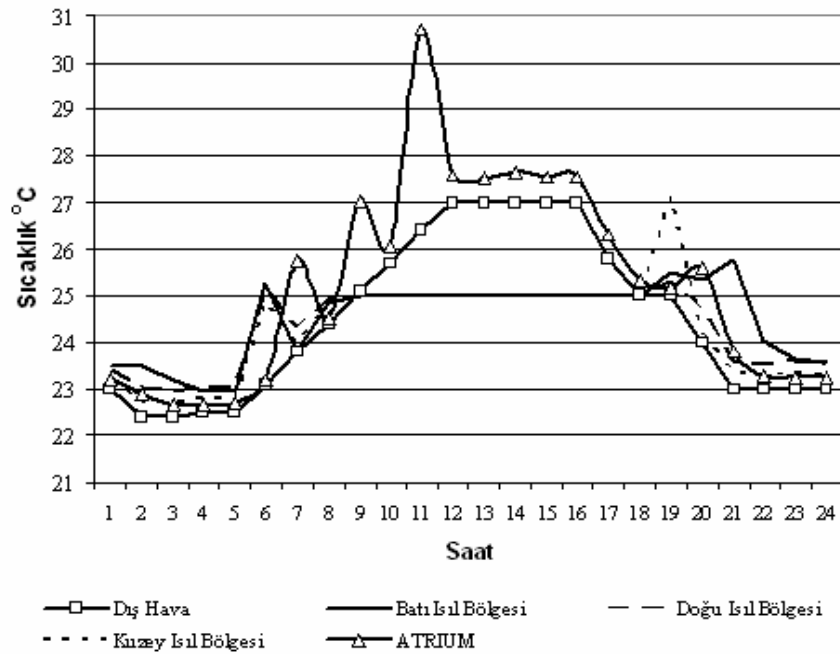
Isıl bölgelerde ortalama ışımsal sıcaklık değeri, hacmi çevreleyen farklı yüzeylere ait sıcaklık değerleri ile yüzey alanlarının çarpımının alanına bölümüne eşittir (6.1) (Olgay, 1973).

$$\text{Ortalama Işımsal Sıcaklık} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{yüzey sıcaklığı} \times \text{yüzey alanı}}{\sum_{i=1}^n \text{yüzey alanı}} \quad (6.1)$$

Ortalama ışımsal sıcaklık, yüzeylere ait sıcaklık değerleri etkisiyle hesaplandığı için iklimsel konfor değerlendirmelerinde dikkate alınmaktadır. Farklı camlama sistem seçenekleriyle oluşturulmuş ısıl bölgelerde yaz ve kış dönemlerinde ortalama

ışınimsal sıcaklık ile ortalama hava sıcaklığı arasında benzer bir ilişki bulunmaktadır. Kışın ortalama ışınimsal sıcaklık değeri, ortalama hava sıcaklığından daha düşük, yazın ise daha yüksektir (Şekil 6.16, 6.17). Bunun nedeni yüzeylere ait iç yüzey sıcaklık değerlerinin (özellikle camlama sisteminin) ortalama hava sıcaklığından kışın daha düşük, yazın ise daha yüksek olmasıdır.

Atriumda ölçülen ortalama ışınimsal sıcaklık değeri saat 12.00 ile 13.00 arasında en yüksek sıcaklığa (40°C) erişmektedir. Oysa ortalama sıcaklık değerine bakıldığında (Şekil 6.19) hesaplanan sıcaklık değerinin 31°C'ye ulaşmadığı gözlenmektedir. Ortalama ışınimsal sıcaklık değeri ile ortalama hava sıcaklığı değerleri arasındaki bu fark, konfor koşullarına ilişkin değerlendirmelerde ortalama hava sıcaklığı değerinin yeterli bir gösterge olmadığını kanıtlamaktadır. Özellikle atrium gibi büyük cam yüzeylerden oluşan bir mekanda güneş ısınımı kazancı nedeniyle farklılık gösteren yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak hesaplanan ortalama ışınimsal sıcaklık değeri, konfor koşullarına uygunluğun tespitinde önemli bir değişkendir.

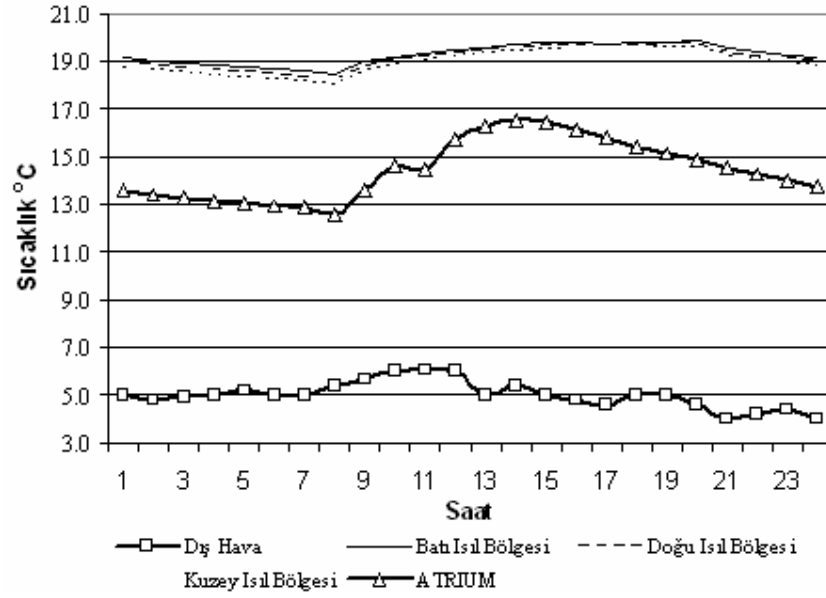


Şekil 6.19: Isıl Bölgelerde Ortalama Hava Sıcaklığı
(21 Temmuz - Gölgeleme Elemanlı CL-CSS)

Atriumun ortalama hava sıcaklığında görülen dalgalanmaların sebebi sıcaklığın eriştiği tepe noktalarda havalandırma için gerekli koşulları sağlamamasından ötürü kapalı olması durumundan kaynaklanmaktadır. Tepe noktasına erişen sıcaklıklardaki düşüş, havalandırma için gerekli koşulların sağlandığını ve atriumun tepesinde

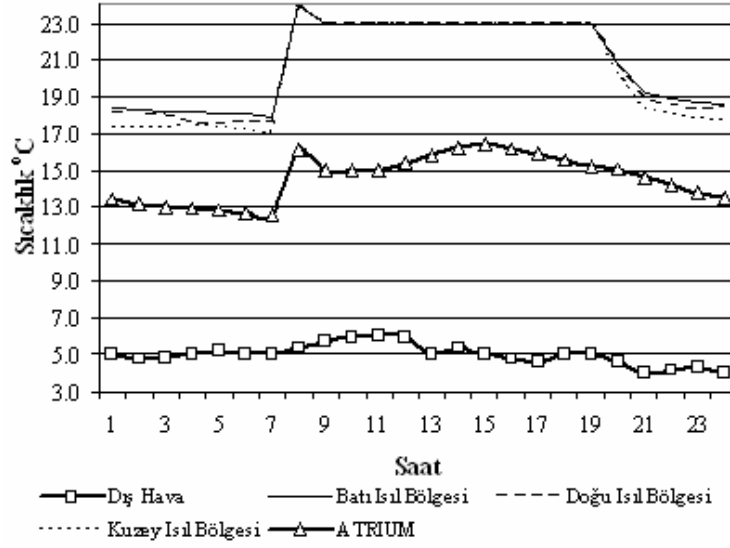
bulunan camlama sisteminin havalandırma için açıldığını göstermektedir. Ortalama ışımsal sıcaklık değeri en yüksek 40.1 °C olarak hesaplanmıştır. Aynı saatte atriuma ait ortalama hava sıcaklığı ise 27.6 °C ve aradaki fark ise 12.5°C'dir

Şekil 6.20'de 21 Ocak günü hesaplanan gölgeleme elemanlı SL-CSS'yle oluşturulmuş ısı bölgelerine ait ortalama ışımsal sıcaklık değerleri görülmektedir.



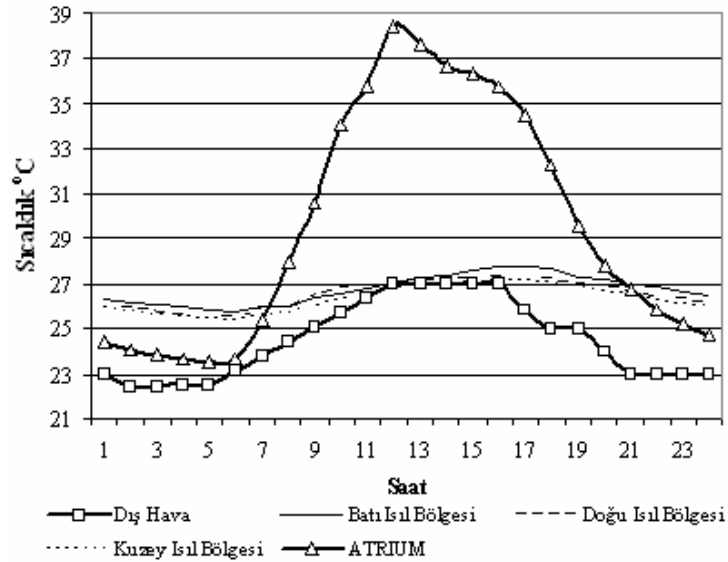
Şekil 6.20: Isıl Bölgelerde Ortalama Işımsal Sıcaklık
(21 Ocak - Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

Hesaplanan değerler Şekil 6.21'de tüm ofis bölgelerinde görülen eşit ortalama hava sıcaklık değerlerinin aksine yönlenmeye bağlı olarak farklılaşmaktadır. En yüksek sıcaklık sırasıyla batı, doğu ve kuzey ısı bölgelerinde ölçülmüştür. Diğer camlama seçeneğinden daha düşük ortalama ışımsal sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Oysa ısı bölgelerine ait ortalama hava sıcaklığı grafiğinde görülen değerler incelendiğinde, her iki camlama seçeneğine ait ortalama hava sıcaklık değeri eşittir. Bunun nedeni yönlenmeye bağlı olarak yüzeylerin farklı şiddette ve sürede güneş ışımasına maruz kalması olarak açıklanmaktadır. CL-CSS ile oluşturulan atriumda ölçülen en yüksek ortalama ışımsal sıcaklık değeri 21 Ocak'ta 18.6°C iken, bu camlama seçeneğinde en yüksek değer 16.7°C olarak ölçülmüştür. Bu farklılık her iki cam arasındaki güneş ısı kazanç katsayısının eşit olmamasından kaynaklanmaktadır. Aynı ısı iletkenlik değerine sahip olmalarına rağmen, daha yüksek güneş ısı kazanç katsayısına sahip camlama seçeneğiyle oluşturulan atriumda hesaplanan ortalama ışımsal sıcaklık değeri 2°C daha fazladır.



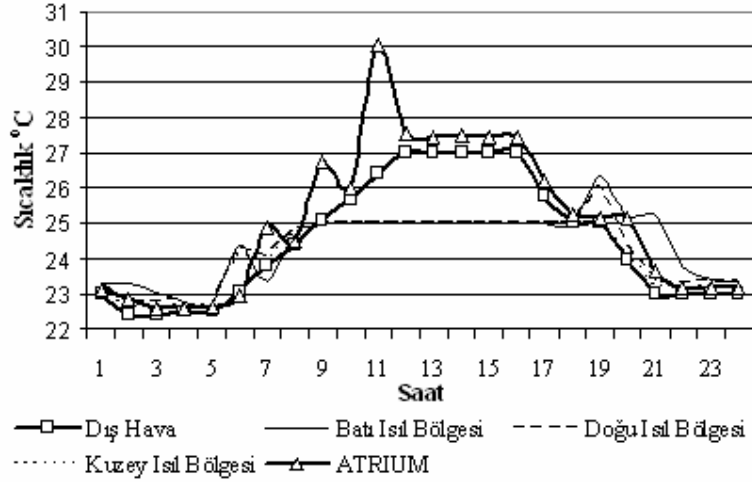
Şekil 6.21: Isıl Bölgelerde Ortalama Hava Sıcaklığı
(21 Ocak - Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

Şekil 6.22’de 21 Temmuz günü hesaplanan gölgeleme elemanlı SL-CSS ile oluşturulmuş ısı bölgelere ait ortalama ışınsal sıcaklık değerleri görülmektedir. CL-CSS ile oluşturulan atriumda ölçülen en yüksek ortalama ışınsal sıcaklık değeri 21Temmuz’da 40°C iken, bu camlama seçeneğinde en yüksek değer 38.6°C olarak ölçülmüştür. Ortalama hava sıcaklığı değerinde de benzer bir farklılık görülmektedir. CL-CSS ile atriumda en yüksek ortalama hava sıcaklığı 30.7 °C iken, SL-CSS ile hesaplanan ortalama hava sıcaklığı değeri 29.8 °C’dir.



Şekil 6.22 Isıl Bölgelerde Ortalama Işınsal Sıcaklık
(21 Temmuz - Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

Şekil 6.23'te ise ortalama hava sıcaklık değerleri yer almaktadır. Atriuma ait en yüksek ortalama ışınsal sıcaklık saat 12.00'da 38.5 °C olarak tespit edilirken, aynı saatte hesaplanan ortalama hava sıcaklık değeri 27.5 °C'dir. Aradaki sıcaklık farkı 11°C'dir.

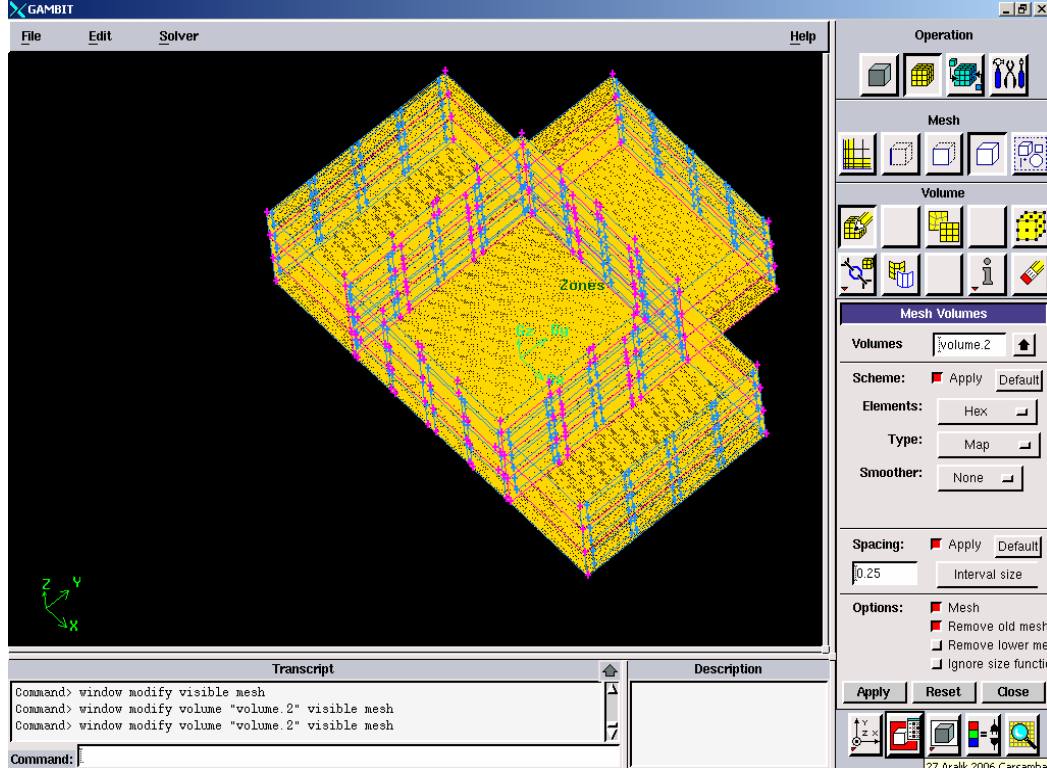


Şekil 6.23: Isıl Bölgelerde Ortalama Hava Sıcaklığı
(21 Temmuz - Gölgeleme Elemanlı SL-CSS)

6.5 Örnek Binanın Atrium Hava Tabakalaşma Değeri

Gölgeleme elemanlı CL-CSS ve SL-CSS ile oluşturulan atrium tipi ofis binasında hava tabakalaşma değeri Fluent programı yardımıyla hesaplanmıştır. k-ε türbülans modeli hava hareketlerine bağlı türbülans etkilerinin modellenmesinde (**Gan ve Riffat, 2004**), radyasyon modeli güneş ışıınımı etkilerinin modellenmesinde, Boussinesq modeli sıcaklığa bağlı hava yoğunluğu etkilerinin modellenmesinde (Tutorial: Using Solar Load Model for Indoor Ventilation, Tutorial: Soaking and Cool-Down of a Passenger Cabin Using Solar Load Model), sınır koşullarının oluşturulmasında EnergyPlus programından alınan veriler kullanılmıştır.

Aşağıda yer alan Şekil 6.24'te Fluent programında kullanılmak üzere örnek atrium tipi ofis binasının Gambit programında hazırlanmış sayısal ağına ilişkin modelleme görülmektedir.



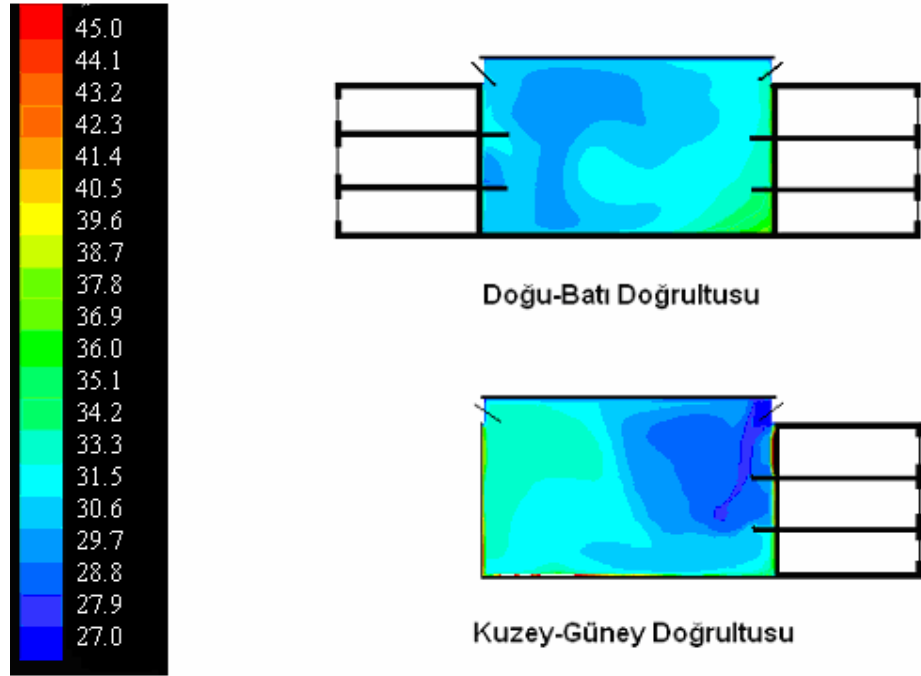
Şekil 6.24: Örnek Atrium Tipi Ofis Binasına Ait Gambit Programı İle Oluşturulmuş Sayısal Ağ Modeli

Atrium hava tabakalaşması, atriumu çevreleyen kabuğun performansına bağlıdır. Dolayısıyla, atriumun kabuğunu oluşturan camlama sisteminin performans özelliklerinin hava tabakalaşması üzerindeki etkileri, farklı cam tipiyle ve gölgeleme elemanı ile oluşturulmuş örnekler üzerinde irdelenmiştir.

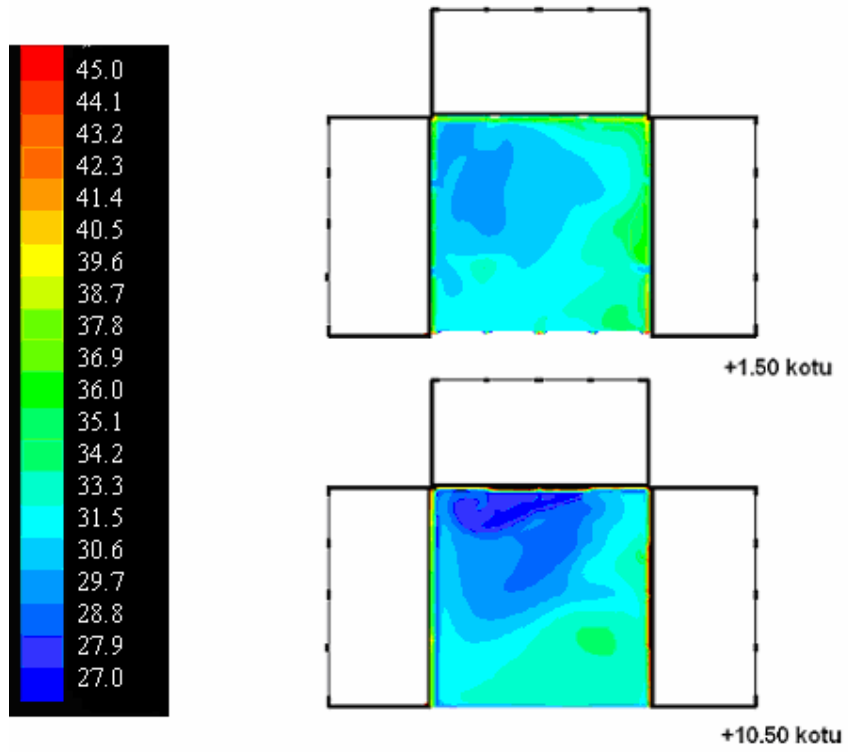
6.5.1 Gölgeleme Elemanının Hava Tabakalaşmasına Etkisi

Enerji tüketimi açısından en iyi performansı sergileyen CL-CSS'ine ve SL-CSS'ine ait atriumda hava tabakalaşma değerleri tüm grafiklerde 21 Temmuz gününde, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusundan, +1.50 ve +10.50 kotlarından geçtiği varsayılan izafi bir düzlem üzerindeki kesitlerle ifade edilmiştir.

Atriumun tepe camlama sistemlerinden doğu ve kuzeye bakan sistemlerin açık ve hava akış hızı sırasıyla 1.47 ve 3.9 m/sn'dir. Dış hava sıcaklığı 27°C, atriumda ölçülen ortalama iç hava sıcaklığı 27.5°C'dir. Isıl bölgelerle atriuma bitişik camlama sistemleri ile dış çevreyle ilişkili camlama sistemleri kapalıdır.



Şekil 6.25a: Gölgeleme Elemanlı CL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

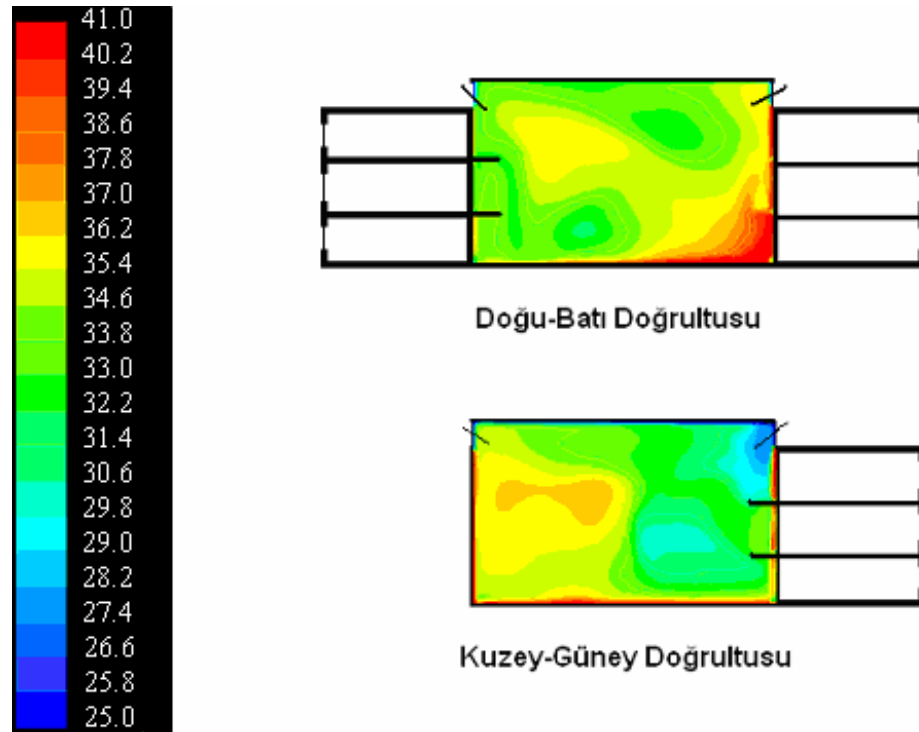


Şekil 6.25b: Gölgeleme Elemanlı CL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

Şekil 6.25a'ya bakıldığında, atriuma komşu doğu ısıl bölgesine yakın alanlarda güneş ışıınımı kazancına bağılı olarak sıcaklık artışı görölmektedir. Kuzey-güney doğrultusundan geçen kesit üzerinde, özellikle güneye bakan atrium ile kuzey ısıl bölgesi arasında sıcaklık dağılımında güneş ışıının etkisi daha iyi anlaşılmaktadır. Her iki kesit üzerindeki sıcaklıklar incelendiğinde, en sıcak bölge ile en soğuk bölge arasında 7-8°C'lik (27°C-35°C) bir fark görölmektedir.

Farklı kotlarda sıcaklık dağılımına bakıldığında ise, üst kotta özellikle kuzeyde yer alan çatı açıklıkları vasıtasıyla oluşan havalandırma etkisine bağılı olarak +1.5 kotuna göre kuzey ısıl bölgesine daha yakın alanlarda düşük sıcaklıklar gözlenmektedir (Şekil 6.25b). Ayrıca atriumun zemininde direkt güneş ışıınımına maruz kalan yüzeylerde de benzer bir sıcaklık artışı gözlenmektedir.

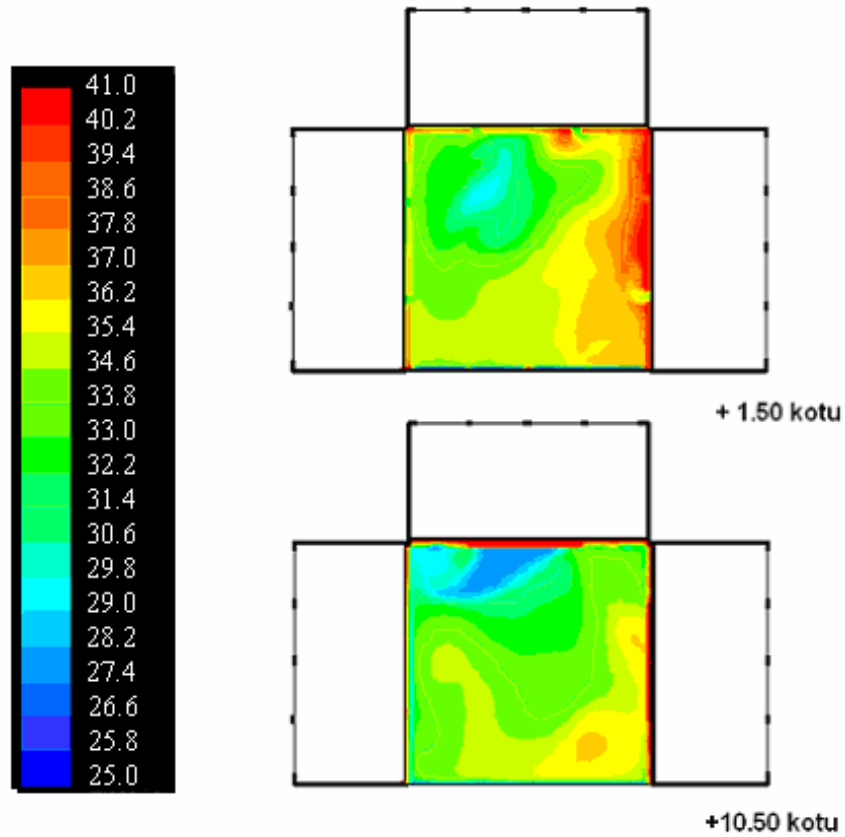
Gölgeleme elemansız CL-CSS'yle oluşturulan atriumdaki sıcaklık dağılımı Şekil 6.26a ve 6.26b'de görölmektedir. Gölgeleme elemansız CL-CSS ile hesaplanan en yüksek sıcaklık 41°C'dir.



Şekil 6.26a: Gölgeleme Elemansız CL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

Kuzey-Güney doğrultusundan geçen kesit üzerindeki sıcaklık dağılımında da, kuzey ısııl bölgesinin güney duvarına yakın bölgelerde yaklaşık olarak 32°C sıcaklık görülürken, gölgeleme elemanlı CL-CSS’inde sıcaklık yaklaşık olarak 28 °C’dir. Gölgeleme elemanlı ile gölgeleme elemanı bulunmayan seçenekler arasında en yüksek sıcaklıklar dikkate alındığında ise iki camlama seçeneği arasındaki fark 6°C’dir.

Şekil 6.26b’de ise +1.50 ve +10.50 kotlarındaki sıcaklık dağılımı görülmektedir. +1.50 kotunda doğu ısııl bölgesinin batıya bakan duvarı ve çevresinde direkt güneş ışıınımı etkisiyle önemli bir sıcaklık artışı dikkati çekmektedir. +10.50 kotundan geçen düzlem üzerindeki daha soğuk bölge camlama sisteminde bulunan tepe açıklıklarından giren hava nedeniyle dış hava sıcaklığına 27°C oldukça yakın bir sıcaklığa sahiptir.



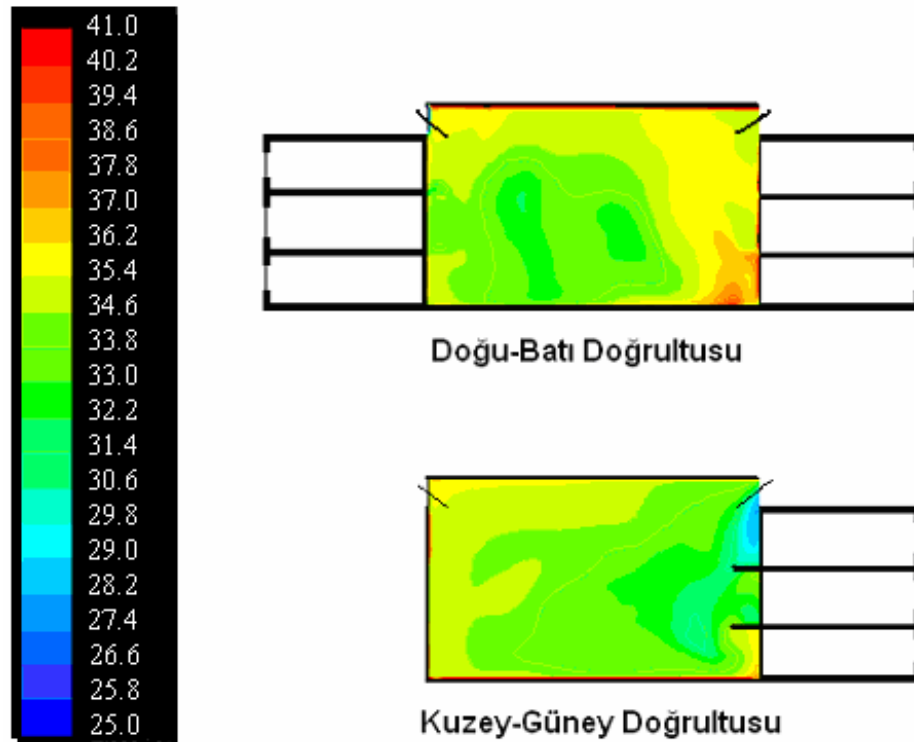
Şekil 6.26b: Gölgeleme Elemansız CL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

6.5.2 Cam Tipinin Hava Tabakalaşmasına Etkisi

Hava tabakalaşmasına cam tipinin etkisinin belirlenmesi amacıyla gölgeleme elemansız Silver Low-E kaplamalı camlama seçeneğine ait atrium hava tabakalaşma değeri Şekil 6.27a-b’de verilmiştir.

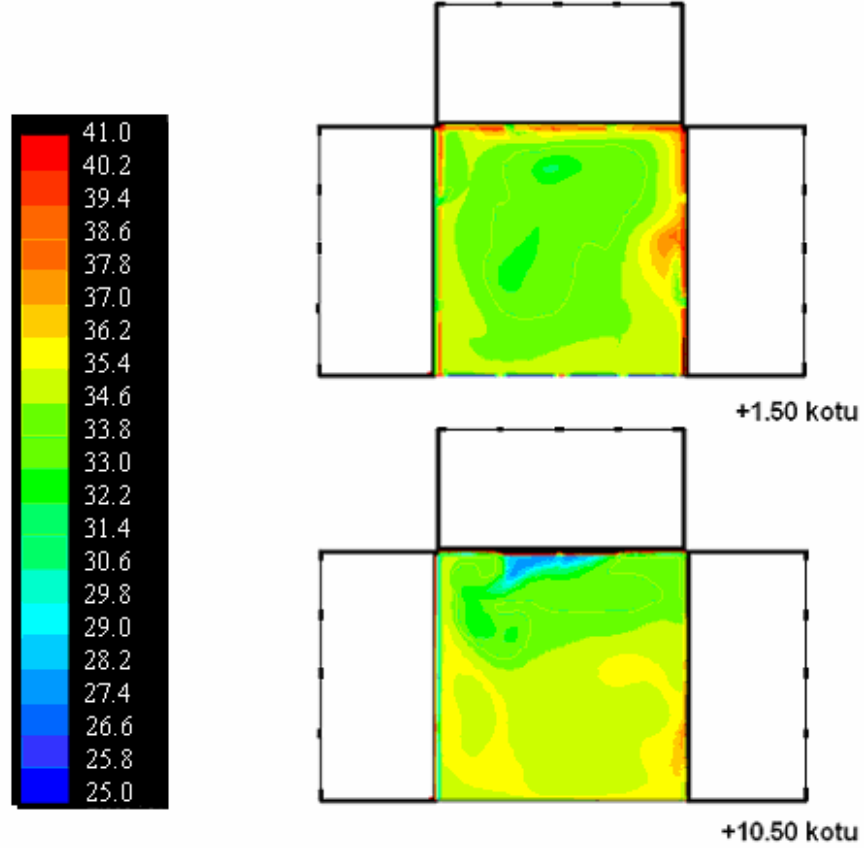
Şekil 6.25’da yer alan gölgeleme elemansız Comfort Low-E kaplamalı camlama seçeneği ile karşılaştırıldığında, doğu ısıl bölgesi önündeki alanda görülen güneş ışıını kazancına bağlı sıcaklık artışı bu seçenekte daha azdır.

Hava tabakalaşması açısından değerlendirildiğinde ise sıcaklık farklarının çok fazla olmadığı ve diğerine oranla daha düzgün bir biçimde dağıldığını Şekil 6.26’de yer alan kuzey-güney doğrultusundan geçen kesitte de anlaşılmaktadır.



Şekil 6.27a: Gölgeleme Elemansız SL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

Şekil 6.27b’de görülen +1.50 kotundan geçen kesit incelendiğinde kullanıcı seviyesinde yaklaşık olarak 32°C civarında sıcaklığın oldukça geniş bir alana düzgün bir biçimde yayıldığı görülmektedir. Üst kotlarda ise sıcaklık artarak 35°C’ye kadar yükselmektedir. Üst kota çıkıldıkça sıcaklık 3°C artmaktadır.



Şekil 6.27b: Gölgeleme Elemanı SL-CSS İle Oluşturulan Atriumda Hava Tabakalaşma Değeri (21 Temmuz 13.00)

6.6 Bulguların Özetlenmesi ve Uygun Camlama Sisteminin Seçimi

Amaçlanan uygulama çalışması sonucunda, ele alınan örnek atrium tipi binanın için uygun camlama ve denetim sistemi belirlenmiş; model test edilerek uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Buna ek olarak modelde önerilen tüm denetim sistemleri uygulanmıştır.

Uygulama çalışması için tasarlanan, 200 m² lik alana sahip, üç katlı, üç ana yöne bakan dokuz ısı bölge ve 400 m² lik alana sahip, 12.5 m yüksekliğinde atriumdan oluşan örnek binaya ait toplam enerji tüketimi hesaplanmış ve kullanıcı konfor koşulları için gerekli iç ortam verileri toplanmıştır. Ayrıca atriumda görülen hava tabakalaşması ve tabakalaşmayı etkileyen faktörler irdelenerek sonuçları verilmiştir.

Camlama sistem seçenekleri oluşturmak üzere seçilen farklı cam tiplerinden; “Silver Low-E” kaplamalı cam tipi güneş kontrol camı, düz çift cam ve “Comfort Low-E” kaplamalı cam tipi iklim kontrol camı olarak kullanılmıştır.

Örnek üç tarafı çevrili atrium tipi bina üzerinde denenen uygulama çalışmasının sonucunda ulaşılan bulgular enerji tüketimi, kullanıcı konforu ve hava tabakalaşması olmak üzere üç aşamalı olarak özetlenmiş, elde edilen bulgularla örnek atrium tipi ofis binasında enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanmasında uygun camlama sistem seçeneği belirlenmiştir.

Örnek atrium tipi binanın enerji tüketimi açısından performans değerlendirmesi yapıldığında;

- Gölgeleme elemanlı CL-CSS 4980 kWh enerji tüketimi ile ısıtma enerji performansı açısından en uygun camlama sistem seçeneği olarak görülmektedir. En yüksek ısıtma enerjisi tüketimi ise SL-CSS tarafından 21781 kWh olarak hesaplanmıştır.
- Gölgeleme elemanlı SL-CSS 30441 kWh enerji tüketimi ile soğutma enerji performansı açısından en uygun camlama sistem seçeneği olarak görülmektedir. En yüksek soğutma enerjisi tüketimi ise düz çift camlı CSS tarafından 72731 kWh olarak hesaplanmıştır.
- Düz çift camlı CSS 17423 kWh enerji tüketimi ile aydınlatma enerji performansı açısından en uygun camlama sistem seçeneği olarak görülmektedir. En yüksek aydınlatma enerjisi tüketimi ise gölgeleme elemanlı SL-CSS tarafından 46118 kWh olarak hesaplanmıştır.
- Toplam enerji tüketimi açısından camlama sistem seçeneklerine ait değerler karşılaştırıldığında, en düşük enerji tüketimini gölgeleme elemanlı CL-CSS 89148 kWh ile sergilerken, en yüksek enerji tüketimi 104913 kWh ile düz çift camlı CSS'ine aittir.
- Metrekare başına düşen toplam enerji tüketimi açısından 40.5 kWh enerji tüketimiyle gölgeleme elemanlı CL-CSS'i en iyi performansı gösterirken, ikinci sırada en iyi performans, metrekare başına 42.7 kWh enerji tüketimiyle gölgeleme elemanlı SL-CSS tarafından kaydedilmiştir.
- Gölgeleme elemanlı CL-CSS tarafından tüketilen enerji miktarlarının toplam enerji tüketimine etkisi karşılaştırıldığında, %59.6 ile en büyük katkı soğutma enerjisi tüketimine, %34.6 ile ikinci sırada en büyük katkı aydınlatma enerjisine aittir. Isıtma enerjisinin yıllık toplam enerji tüketimine katkısı %5.6'dır (Tablo 6.11).

Tablo 6.11: Camlama Sistem Seçeneklerine Ait Enerji Tüketim Değerlerinin Toplam Enerji Tüketimine Oranı

Camlama Seçenekleri	Yıllık Aydınlatma Enerjisi Tüketimi %	Yıllık Soğutma Enerjisi Tüketimi %	Yıllık Isıtma Enerjisi Tüketimi %
“Comfort Low-E” kaplamalı (CL)- CSS	27.6	65.8	6.6
Düz Çift Camlı-CSS	16.6	69.3	14.1
“Silver Low-E” kaplamalı (SL)-CSS	44.5	33.0	22.5
CL- CSS + Gölgeleme Elemanı	34.6	59.8	5.6
Düz Çift Camlı-CSS + Gölgeleme Elemanı	29.5	59.6	10.9
SL-CSS + Gölgeleme Elemanı	49.1	32.4	18.6

- Gölgeleme elemanlı seçenekler, gölgeleme elemansız seçeneklere göre aydınlatma enerjisi tüketimi dışında daha düşük ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimine sahiptir. Gölgeleme elemanlı ve elemansız düz çift camlı CSS’ine ait enerji tüketim değerlerinin binanın toplam enerji tüketimine etkileri karşılaştırıldığında, gölgeleme elemanı kullanımının yıllık aydınlatma enerjisi tüketimini % 12.9 arttırdığı, yıllık soğutma enerjisi tüketimini % 19.7, yıllık ısıtma enerjisi tüketimini ise % 3.2 oranında azalttığı görülmüştür. Toplam enerji tüketiminde ise 4523 kWh ile %4.5 oranında kazanç elde edilmiştir.
- Aynı ısı iletkenlik değerine sahip olmalarına karşın camlama sistem seçeneklerine ait yıllık enerji tüketim değerlerine bakıldığında, seçeneklere ait optik özelliklerin enerji tüketimlerine etkisi görülmüştür.

Tablo 6.12: Camlama Sistem Seçeneklerine Ait Optik Özelliklerin ve Aydınlatma Enerjisi Tüketim Değerlerinin Referans (Düz Çift Cam) İle Karşılaştırılması

Camlama Seçenekleri	Referans Cama Göre Yıllık Aydınlatma Enerjisi Tüketimindeki Artış %	Referans Cama Göre T_{vis} Oranındaki Azalma %
“Comfort Low-E” kaplamalı (CL)- CSS	58	7.9
“Silver Low-E” kaplamalı (SL)-CSS	148	57.9
CL- CSS + Gölgeleme Elemanı	77	40.8
Düz Çift Camlı-CSS + Gölgeleme Elemanı	70	35.5
SL-CSS + Gölgeleme Elemanı	165	75.0

Yüksek SHGC değerine sahip camlama seçeneklerinin ısıtma enerjisi düşük, soğutma enerjisi yüksek iken, düşük gün ışığı geçirgenliğine sahip seçeneğin aydınlatma enerjisi de yüksektir (Tablo 6.12).

- Tüm camlama seçeneklerine ait ısıtma enerjisi tüketim değerlerine bakıldığında, batı ısıl bölgesi en iyi performansı sergilerken, kuzey ısıl bölgesinde enerji tüketimi en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Soğutma enerjisi tüketimi açısından ısıl bölgeler karşılaştırıldığında en iyi performans kuzey ısıl bölgesinde, en yüksek enerji tüketimi ise batı ısıl bölgesinde kaydedilmiştir.
- Binanın toplam hacminin %44.4'ünü oluşturan atrium, uygun camlama sistemi seçimi ve kullanım amacına uygun olarak şartlandırılması nedeni ile toplam ısıtma enerjisi tüketimin sadece %10'unu oluşturmaktadır.

Örnek atrium tipi binanın iç ortam koşulları açısından performans değerlendirmesi yapıldığında;

- İrdelenen iç ortam verileri ile, görsel konfor koşullarının özellikle yaz aylarında sağlanamadığı göstermektedir. Bunun nedeni seçilen simülasyon programının atriuma bakan iç duvarda herhangi bir gölgeleme elemanı tanımlanmasına olanak vermemesidir. SL-CSS ile görsel konfor koşullarına (aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi açısından) daha yakın değerler elde edilmiş olsa da, her iki camlama seçeneğiyle de belirtilen nedenlerden dolayı uygun görsel konfor koşulları oluşturulamamıştır.
- İklimsel konfor koşulları için toplanan verilerde ise ortalama ışınsal sıcaklık değerleri, kış döneminde ısıl bölgelere göre değişkenlik göstermekle birlikte ortam sıcaklığından yaklaşık olarak 2.5°C daha az, yaz döneminde ise yaklaşık olarak 5°C daha fazla olarak hesaplanmıştır.
- Camlama sisteminin ışık geçirgenliğine bağlı olarak aydınlık seviyesi en fazla gölgeleme elemansız düz çift camlı camlama sistem seçeneğiyle sağlanmıştır.
- Atrium ve ısıl bölgelerde sağlanan güneş kontrolü, kamaşmanın önlenmesinde yeterli olmamıştır.
- ısıl bölgelerde hesaplanan aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi değerlerinin kullanılan gölgeleme elemanlarına rağmen yüksek seviyede olması, atriuma

bitişik ısıl bölge yüzeylerinde de güneş kontrolünün gerekliliğini vurgulamıştır.

- Ortalama hava sıcaklıklarının aynı olmasına rağmen, güneş enerjisi kazancına göre ısıl bölgelerde farklı ışımsal sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler kışın ortalama hava sıcaklığından daha düşük, yazın ise yüksek olmuştur.

Örnek atrium tipi binanın hava tabakalaşması açısından performans değerlendirmesi yapıldığında;

- Atriumun tepe açıklıkları vasıtasıyla havalandırılması atriumda yüksek sıcaklıkların görülmesini önlemiştir.
- Gölgeleme elemanı kullanımının atriumda hava tabakalaşması üzerine etkisine bakıldığında, aynı camlama sistem seçeneğiyle oluşturulmuş olmasına karşın gölgeleme elemanı eklenmesiyle hava tabakalaşmasında 6°C sıcaklık farkı hesaplanmıştır.
- Güneş ısısı kazanç katsayısı daha düşük olan SL-CSS, güneş ısısı katsayısı daha yüksek olan CL-CSS karşılaştırıldığında, doğu ısıl bölgesi önündeki alanda görülen güneş ışınlamı kazancına bağlı sıcaklık artışı bu seçenekte daha azdır ve hava tabakalaşması açısından değerlendirildiğinde ise sıcaklık farklarının çok fazla olmadığı ve diğerine oranla daha düzgün bir biçimde dağıldığı gözlenmiştir.
- Hava tabakalaşma değerleri incelendiğinde +1.50 kotu seviyesinde gölgeleme elemanlı CL-CSS ile oluşturulan atriumda 29°C-33°C şeklinde hesaplanmıştır.

7. SONUÇLAR

7.1 Sınırlamalar ve Karşılaşılan Sorunlar

Atrium tipi binaların dış kabuğunu oluşturan en önemli alt sistem olan camlama sistemine ait seçeneklerin, binanın enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanması için uygunluğunun belirlenmesi ve buna ilişkin bir denetim sisteminin kurgulanması amacıyla oluşturulan bu çalışmada bir performans değerlendirme modeli ve modelin uygulanabilirliğini sağlamak için bir simülasyon modeli önerilmiştir. Simülasyon modelinde yer alan simülasyon araçlarının seçiminde, atrium tipi binalarda gerçekleşen karmaşık olayların modellenebilmesine olanak sağlayan etkenleri değerlendirebilmek üzere; camlama sistemine ait ısı ve optik özellikler, hava sızmaları, ısı bölgeleri ve atrium arasındaki hava hareketleri, doğal aydınlık seviyesi ve hava tabakalaşması hesaplamalara dahil edilmiştir.

Performans değerlendirme modelinin kurulması ve modelin uygulanabilirliğini sınanması şeklinde incelenebilecek bu çalışmada, sınırlamalar ve karşılaşılan sorunlar iki aşamalı olarak tanımlanabilir:

- Performans değerlendirme modelinin kurulması aşamasında karşılaşılan sorunlar
- Performans değerlendirme modelinin sınanması aşamasında karşılaşılan sorunlar

Modelin kurulması aşamasında karşılaşılan sorunlar özellikle çalışmanın hedefleri doğrultusunda geliştirilen performans ölçütlerinin ve kriterlerinin belirlenmesinde yaşanmıştır. TSE tarafından getirilen zorunluluklar, düşük enerjili bina bileşenlerine ilişkin tanımlamalarda yetersiz kalmıştır. Ayrıca camlama seçeneklerine ilişkin olarak sadece ısı iletkenlik değerinin dikkate alınmış olması, sistemin diğer performans özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli güçlükler yaşanmasına neden olmuştur. Modelde birinci değerlendirme aşamasında öngörülen metrekare başına yıllık enerji tüketimi değeri atrium tipi binalar için herhangi bir standardizasyon geliştirilmediği için, belli bir sınır değeri oluşturulamamış bunun yerine, seçeneklerin

enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen en düşük değer dikkate alınarak seçim yapılmıştır.

Modelin sınanması için oluşturulan uygulama modelinde tanımlanan atrium tipi ofis binasının yapma çevre değişkenleri için standart değerler ülkemizdeki standartların yetersiz oluşu nedeniyle, **ASHRAE 90.1 (2004)** standartlarına göre belirlenmiştir.

Simülasyon modelinde seçimi yapılan programların kullanımında yaşanan sorunlar ise EnergyPlus simülasyon programının atrium mekanındaki hava tabakalaşmasını tanımlayamamasından kaynaklanmaktadır. Yaşanan bu sorun nedeniyle atriumda hava tabakalaşmasının binanın enerji performansına etkileri göz ardı edilmiştir.

Camlama sistem seçeneklerinin oluşturulmasında EnergyPlus programında iki ısıl bölge arasında kalan iç duvar yüzeylerinde gölgeleme elemanı tanımlanamaması nedeniyle, atriuma komşu yüzeylere ait camlama sistemlerinde gölgeleme elemanı tanımlanamamıştır. Bu nedenle kullanıcı konfor koşullarının değerlendirilmesi için elde edilen iç ortam verileri, özellikle görsel konfor koşulları belirleyen aydınlık seviyesi ve kamaşma indeksi değerleri istenilen seviyelerin oldukça üstündedir.

Window 5.2 programından elde edilen camlama sistem seçeneklerinin performans özellikleri EnergyPlus programında ayrıntılı bir biçimde yer alırken, Fluent programında sınırlı veri girişi nedeniyle ayrıntılı olarak tanımlanamamıştır.

7.2 Sonuçlar

Camlama sistem teknolojisinin gelişmesiyle modern mimaride yerini alan ve günümüzde farklı kullanıma sahip pek çok binada örneklerine rastlanılan, çok katlı çatısı cam yüzeyle örtülü atrium tipi binalarda, iki sorun karşımıza çıkmaktadır:

- Birincisi, büyük cam yüzeylerle çevrili bu mekanlarda gerçekleşen aşırı enerji tüketimi,
- İkincisi, aşırı enerji tüketimine rağmen kullanıcı konfor koşullarının yetersizliği

Atrium tipi binalarda gerek yapılan enerji harcamalarının azaltılması, gerekse de konforun istenilen düzeyde gerçekleştirilebilmesi için, ısıl bölgeleri çevreleyen yapı kabuğunun enerji performansının denetimi zorunludur. Isıl bölgelerde ve atriumda gereksinim duyulan konfor koşullarının sağlanabilmesi için gerekli enerji

harcamalarının en az seviyede tutulabilmesi, yapma çevre değişkenlerinin sahip olması gereken optimum değerlerin belirlenmesiyle mümkündür. Çalışma kapsamında bu değerler; opak bileşenlere ilişkin ısı iletkenlik değeri, saydam bileşenlere ilişkin ise ısı iletkenlik değeri, güneş ısısı kazanım katsayısı, gün ışığı geçirgenliği değerleri olarak alınmıştır.

Çalışmada özellikle atriumun enerji performansının, bu tip binaların enerji tüketimine ve iç ortam koşullarına etkisi irdelenmiştir. Bu nedenle atriumu oluşturan en önemli yapı kabuğu elemanı olan camlama sistemi ve bileşenlerinin performans özelliklerinin belirlenebilmesine yönelik olarak bir model oluşturulmuş ve önerilen bu model bir uygulama çalışmasıyla sınanmıştır. 5.Bölüm’de modelin kurgusu, modelde kullanılan veriler, kabuller ve süreçler ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.

Geleneksel binalardan daha karmaşık olaylar içerdiği için farklılaşan atrium tipi binalarda, geleneksel binaların performansının belirlenmesinde kullanılan enerji simülasyon programları yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle modelin uygulanabilirliğinin sağlanması atrium tipi binalarda karşılaşılan karmaşık olaylar ve bu olayların birbirlerine olan etkilerini simüle edebilecek bilgisayar programlarının yer aldığı bir simülasyon modeli önerilmiştir. Önerilen simülasyon modelinde, binanın enerji tüketiminin ve kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun belirlenmesine yönelik iç ortam verilerinin elde edilmesinde enerji simülasyon programı EnergyPlus, Window 5.2, Comis ve Delight, atriumdaki hava tabakalaşmasının belirlenmesinde hesaplı akışkanlar dinamiği programı Fluent ve Gambit kullanılmıştır.

6. Bölüm’de ise bir uygulama modeli oluşturularak, modelin uygulanabilirliği simülasyon yöntemiyle ispatlanmıştır. Bu bölümde de uygulama modeline ve elde edilen sonuçlara ilişkin ayrıntılı olarak bilgi verilmiştir.

Bu yöntemin geliştirilmesinde amaç, atrium gibi karmaşık fiziksel olayların görüldüğü bir mekanın binanın genel enerji performansına etkilerini inceleyerek, oluşturulan iç ortam koşullarının gereksinilen konfor koşullarına uygunluğunun irdelenmesidir. Enerji performansının belirlenmesinde ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi stratejilerine yer verilmiştir. İç ortam koşulları, iklimsel ve görsel konfor koşullarına uygunluğuna göre ele alınmıştır. Ayrıca çalışma atriumun hava tabakalaşmasını ve tabakalaşmayı etkileyen değişkenleri de incelemektedir.

Bu iki soruna çözüm bulmak amacıyla “camlama sisteminin” seçimine ilişkin olarak yapılan çalışmada:

- Sistemler yaklaşımı çerçevesinde karmaşık bir yapıya sahip “atrium tipi binalarda aşırı enerji tüketimi ve kullanıcı konfor koşullarının yetersizliği” sorunu sistemli bir biçimde tanımlanarak ayrıntılı olarak ele alınmıştır.
- Seçim yapma sürecinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir:
 - Sorunun düzenlenmesi “atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sağlanmasında uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesi”
 - Hedeflerin saptanması “atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanması”
 - Zorunlulukların belirlenmesi “yapma çevre bileşenlerine ilişkin zorunluluklar”
 - Seçeneklerin düzenlenmesi “camlama sistem seçenekleri”
 - Kriterlerin saptanması “performans kriterlerinin saptanması (enerji tüketimi ve iklimsel ve görsel konfor koşullarına ilişkin kriterler)”
 - Modelin kurulması “atrium tipi binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanmasında uygun camlama ve denetim sisteminin belirlenmesine yönelik model”
 - Simülasyon modelinin kurulması “EnergyPlus ve Fluent simülasyon programları ile Window, Delight, Comis, Gambit ek programları arasındaki ilişkilerin kurulması”
 - Modelin sınanması
 - uygulama modelinin oluşturulması “atrium tipi ofis binası”
 - simülasyon modeli kullanılarak enerji tüketiminin ve iç ortam verilerinin elde edilmesi
 - Seçenekler arasında seçim yapılması “uygun camlama sistem seçeneği”

Ulaşılan genel sonuçlara göre çalışmada;

- Hedefler, zorunluluklar, seçenekler ve ölçütlerin düzenlenmesi ve atrium tipi binalarda enerji performansının belirlenmesinde geliştirilecek stratejiler önerilmiştir.

- Atrium tipi binaların geleneksel binalara göre farklılık gösteren karakteristik özellikleri dikkate alınarak bir hesaplama modeli oluşturulmuştur.
- Farklı amaçlar için üretilen bilgisayar programları arasında ilişki kurarak, tek bir programla çözümlenemeyen fiziksel olaylara ilişkin bir simülasyon modeli önerilmiştir.
- Atrium tipi binalarda geliştirilen camlama sistem seçenekleri arasında belirlenen hedefler doğrultusunda tanımlanan ölçütlere en uygun sistemin seçimine yönelik bir model oluşturulmuştur.
- Atrium tipi binalarda uygun camlama sistem seçeneğinin belirlenmesinde enerji performansının belirlenmesi yeterli görülmeyerek, kullanıcı konfor koşullarına uygunluğunun tespitine yönelik çoklu kriterli bir çalışma yürütülmüştür.
- Önerilen modelin uygulanabilirliği örnek bir atrium tipi ofis binasında sınanmıştır.
- Diğer bilimsel çalışmalarda yararlanmak üzere uygulama çalışması sırasında karşılaşılan sorunlar tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma, atrium tipi binalarda atriumların fiziksel karakterinden ötürü ısıtma, soğutma, havalandırma, hava tabakalaşması gibi sorunların tamamını irdelemesi ve bu sorunların birbirleriyle olan etkileşimini içermesi bakımından bütüncül bir çalışma oluşturması nedeniyle önemlidir.

Bölüm 7.1 Sınırlamalar ve Karşılaşılan Problemler alt başlığında ifade edildiği gibi modelin kurulması ve uygulamasında yaşanan sorunların giderilmesine yönelik çalışmalar hedeflenmektedir.

Kaynaklar

- Ahmed, Z., Sopian, K., Othman, M.Y.H., Ve Diğ.,** 2002. Daylighting As A Passive Solar Design Strategy In Tropical Buildings: A Case Study Of Malaysia, *Energy Conversion & Management*, **43**, 1725-1736
- Aizlewood M.** 1995. The Daylighting Of Atria: A Critical Review, *Ashrae Transactions*, **101**, Part 2, 841-857
- Al-Sallal, K.A.,** 1998. Sizing Windows To Achieve Passive Cooling, Passive Heating And Daylighting In Hot Arid Regions, *Renewable Energy*, **14**, 365-371
- Alvarez, G., Flores, J.J. And Nair P.K.,** 2001. Influence Of Thermal Emittance On The Performance Of Laminated Solar Control Glazing” G, *Applied Thermal Engineering*, **21**, 1813-1828
- Andersen, K.,** 1995. Natural Ventilation In Atria, *Ashrae Transactions*, **101**, Part 2, 866-874
- Arasteh, D.,** 1994. Advances In Window Technology: 1973-1993, Book Chapter In Advances In *Solar Energy*, An Annual Review Of Research And Development, **9**, American Solar Energy Society. Inc Boulder, C.O.
- Ashrae 90.1,** 2004. Energy For Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, *American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc*
- Ashrae,** 1992. Ansi/Ashrae Standard 55-192 Thermal Comfort Conditions For Human Occupancy. Atlanta: *American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc*
- Ashrae,** 2001. International Weather For Energy Calculations (Iwec Weather Files) Users Manual And Cd-Rom, Atlanta: *American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc*
- Atif M.R. And Galasiu, A.,** 2003. Energy Performance Of Daylight-Linked Automatic Lighting Control Systems In Large Atrium Spaces: Report On Two Field Monitored Case Studies, *Energy And Buildings*, **35**, 441-461

- Baker N. And Steemers K.,** 2002. Daylight Design Of Buildings, James&James Ltd, London
- Bansal, N.,** 1994. Passive Building Design, Elsevier Science, Amsterdam
- Bednar, J.M.,** 1986. The New Atrium, Mcgrawhill Book Company, USA
- Beckett, H.E. And Godfrey, J.A.,** 1974. Windows Performance Design And Installation, Riba Publications, London
- Berköz, E.,** 1983, Güneş Işınımı Ve Yapı Dizaynı, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul
- Berköz, E. Ve Küçükdoğu, M.,** 1983. Çevre Kontrolünde Aydınlatma Ders Notları, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul
- Bojic, M., Yik, F. And Sat, P.,** 2002. Energy Performance Of Windows In High-Rise Residential Buildings, *Energy And Buildings*, **34**, 71-82
- Boyer, L.L. And Song K.D.,** 1994. Daylighting Prediction And Sunlighting Strategies For Atrium Design In Hot Climates, *Ashrae Transactions*, **100**, Part 1, 676-682
- Brietenbach, J., Lart, S., Langle, I. And Rosenfeld, J.Lj.,** 2001. Optical And Thermal Performance Of Glazing With Integral Venetian Blinds, *Energy And Buildings*, **33**, 641-651
- Bryn, I.,** 1995. Atrium Buildings From The Perspective Of Function, Indoor Air Quality, And Energy Use, *Ashrae Transactins*, **101**, Part 2, 829-840
- Carmody, J., Selkowitz, S., Lee, E., Arastesh D. And Willmert T.,** 2004. Window Systems For High Performance Buildings, W.W.Norton & Company, New York
- Clarke, J.A., Janak, M. And Ruyssevelt, P.,** 1998. Assesing The Overall Performance Of Glazing System, *Solar Energy*, **63**, 231-241
- En 410,** 1998. Glass In Building Determination Of Luminous And Solar Of Glazing, *European Comittee For Standardization*, Brussel
- En 673,** 1997. Determination Of Thermal Transmittance (U Value) Calculation Method, *European Comittee For Standardization*, Brussel

- Energyplus Input Output Reference**, 2005. Energyplus Version 2.1.03 Help Manual, Lbnl Laboratuary, Berkeley
- Etzion Y. And Erell, E.**, 2000. Controlling The Transmission Of Radiant Energy Through Windows: A Novel Ventilated Reversible Glazing System, *Building And Environment*, **35**, 433-444
- Fanchiotti, A. And Amorim, C.**, 2001. Daylighting In Commercial Buildings: The Use Of New Components And Design Solutions To Optimize Visual Comfort And Energy Efficiency, *Seventh International Ibpsa Conference*, Rio De Janeiro, Brazil, August 13-15, S. 1341-1348
- Feuermann, D. And Novoplansky, A.**, 1998. Reversible Low Solar Heat Gain Windows For Energy Savings, *Solar Energy*, **62**, 169-175
- Gillette, G.L. And Treado S.**, 1992. The Daylighting And Thermal Performance Of Roof Glazing İn Atrium Spaces, *Ashrae Transactions*, **88**, 826-836
- Givoni, B.**, 1976. Man, Climate And Architecture Second Edition, Applied Science Publishers, London
- Gugliermetti, F. And Bisegna, F.**, 2003. Visual And Energy Management Of Electrochromic Windows In Mediterranean Climate, *Building And Environment*, **38**, 479-492
- Gür, V.**, 2001. Hafif Giydirme Cephe Sistemlerinin Analiz Ve Değerlendirmesi İçin Bir Model, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Hengesson, A., Karlsson, B. And Nostell, P.**, 2000. Angular Dependent Optical Properties From Outdoor Measurements Of Solar Glazings, *Solar Energy*, **69**, 93-102
- Herzog, T., Kaiser, N. And Volz, M.**, 1996. Solar Energy In Architecture And Urban Planning, New York Prestel, Munich
- Holford, J.M. And Hunt, G.R.**, 2003. Fundamental Atriun Design For Natural Ventilation, *Building And Environment*, **38**, 409-426
- Iea**, 1995. Passive Solar Commercial And Institutional Buildings A Sourcebook Of Examples And Design Insights, International Energy Agency, John Wiley & Sons Ltd., England

- Iea**, 2000. Daylight In Buildings, A Sourcebook On Daylighting Systems And Components, International Energy Agency, John Wiley & Sons Ltd., England
- İnamcı, M.F. And Demirbilek, F.N.**, 2000. Thermal Performance Optimization Of Building Aspect Ratio And South Window Size In Five Cities Having Different Climatic Characteristics Of Turkey, Mehlika, F.Nur Demirbilek, *Building And Environment*, **35**, 41-52
- Jones, J.R. And Luther, M.B.**, 1993. A Summary Of Analytical Methods And Case Study Monitoring Of Atria, *Ashrae Transactions*, Part 1, **99**, 1070-1080
- Johnson, T.**, 1991. Low-E Glazing Design Guide, Reed Publishing, Usa
- Kainlauri, E.O. And Vilmain, M.P.**, 1995. Atrium Design Criteria Resulting From Comparative Studies Of Atriums With Different Orientation And Complex Interfacing Of Environmental Systems, *Ashrae Transactions*, **101**, Part 2, 1061-1069
- Karlsson, J. And Roos, A.**, 2000. Modelling The Angular Behaviour Of The Total Solar Energy Transmittance Of Windows, *Solar Energy*, **69**, No. 4, 231-329
- Karlsson, J. Karlsson, B. And Roos, A.**, 2001a. A Simple Model For Assessing The Energy Performance Of Windows, *Energy And Building*, **33**, 641-651
- Karlsson, J., Rubin, M. And Roos, A.**, 2001b. Evaluation Of Predictive Models For The Angle Dependent Total Solar Energy Transmittance Of Glazing Materials, *Solar Energy*, **71**, 23-31
- Koçlar, G.**, 2000. Appropriate Window Type Concerning Energy Consumption For Heating, *Energy And Buildings*, **32**, 95-100
- Kontoleon, K. And Bikas, D.**, 2002. Modelling The Influence Of Glazed Openings Percentage And Type Of Glazing On The Thermal Zone Behaviour, *Energy And Buildings*, **34**, 389-399
- Laouadi, A. And Atif, M.R.**, 1999. Comparison Between Computed And Field Measured Thermal Parameters In An Atrium Building, *Building And Environment*, **34**, 129-138

- Laouadi, A., Atif, M.R. And Galasiu, A.,** 2003. Methodology Towards Developing Skylight Design Tools For Thermal And Energy Performance Of Atriums In Cold Climates, *Building And Environment*, **38**, 117-127
- Landsberg D.R, Misuriello, H.P. And Moreno, S.,** 1986, Design Strategies For Energy Efficient Atrium Spaces, *Ashrae Transactions*, **92**, 310-328
- Lim, B.P., Rao, K.R, Tharmaratnam, K. And Mattar, A.M.,** 1979. Environmental Factors In The Design Of Building Fenestration, Applied Science Publishers, London
- Lorenz, W.,** 1998. Design Guidelines For A Glazing With Seasonally Dependent Solar Transmittance, *Solar Energy*, **63**, 79-96
- Lyons, P.R., Arasteh, D. And Huizenga, C.,** 2000. Window Performance For Human Thermal Comfort, *Ashrae Transactions*, **106**, 594-602
- Maccari A And Zinzi M.** On The Influence Of Angular Dependence Properties Of Advanced Glazing Systems On The Energy Performance Of Buildings. *Seventh International Ibpsa Conference* , Rio De Janerio, Brazil, August 2001, S. 465-472
- Mansouri, Y., Allard, A. And Musy M.,** 2003. Conceptual Implementation Of Natural Ventilation Strategy, *Seventh International Ibpsa Conference*, Rio De Janerio, Brazil, August 2001, S. 815-822
- Markus, T.A. And Morris, E.N.,** 1980. Buildings, Climate And Energy, Pitman Publishing Limited, London
- Mills, F.A.,** 1994. Energy Efficient Commercial Atrium Buildings, *Ashrae Transactions*, **100**, No.1, 665-675.
- Muneer, T., Abodahab, N., Weir, G., And Kubie J.,** 2000. Windows In Building, Architectural Pres, Oxford
- Nfrc-100,** 1997. Procedure For Determining Fenestration Product U Factors, *North American Fenestration Council Standarts*, Cambridge
- Nfrc-200,** 1997. Procedure For Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient And Visible Transmittance At Incidence, *North American Fenestration Council Standarts*, Cambridge

- Nfrc-300**, 1997. Test Method For Determining Solar And Infrared Optical Properties Of Glazing Materials, *North American Fenestration Council Standarts*, Cambridge
- Nfrc-400**, 1997. Procedure For Determining Fenestration Product Air Leakage, *North American Fenestration Council Standarts*, Cambridge
- Nielsen, T.R., Duer, K. And Svendsen, S.**, 2000. Energy Performance Of Glazings And Windows, *Solar Energy*, **69**, 137-143
- Olgyay, V.**, 1973. Design With Climate, 4th Edition, Princeton University Press, New Jersey
- Olivier, D.**, 1992. Energy Efficiency And Renewables: Recent Experience On Mainland Europe, Berrington Press, Hereford
- Oral, G.K., Yener, A. K. And Bayazit, N.T.**, 2004. Building Envelope Design With The Objective To Ensure Thermal, Visual And Akoustic Comfort Conditions, *Building And Environment*, **39**, 281-287
- Özkan, E.**, 1976, Yapım Sistemleri İçin Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Pfrommer P, Lomas K.J And Kupke Chr.**, 1994. Influence Of Transmission Models For Special Glazing On The Predicted Performance Of Commercial Buildings, *Energy And Buildings*, **21**, 101-110
- Pfrommer, P., Lomas, K.J., Seale, C. And Kupke, Chr.**, 1995. Radiation Transfer Through Coated And Tinted Glazing, *Solar Energy*, **54**, 287-299
- Rosenfeld, J., Platzer, W.J., Dijk, H. V. And Maccari, A.**, 2000. Modelling The Optical And Thermal Properties Of Complex Glazing: Overview Of Recent Developments, *Solar Energy*, **69**, 93-102
- Roos, A., Polato, P. And Nijnatten, P.V.**, 2000. Angular Dependent Optical Properties Of Low-E And Solar Control Windows, Simulations Versus Measurements, *Solar Energy*, **69**, 15-26
- Roth L.M.**, 2000. Mimarlığın Öyküsü, Kabalcı Yayınevi, İstanbul
- Saxon, R.**, 1986. Atrium Buildings, 2nd Edition, Bas Printers Limited Over Wallop, Hampshire

- Saxon, R.**, 1993. The Atrium Comes Of Age, Longman, Harlow
- Sayigh, A.A.M.**, 1979. Solar Energy Application In Buildings, Academic Pres, NewYork
- Selkowitz, S.**, 2000. Integrating Advanced Facades Into High Performance Buildings, Stephen Building Technologies Department, LNBL Resources
- Sezgin, C.**, 1998. Dolmabahçe Sarayı Veliahd Dairesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Simmonds, P.**, 1994. Experiences With Naturally Ventilated Atria, *Ashrae Transactions*, **100**, Part 1, 683-695
- Staib, S. And Sobek S.B.**, 1999. Glass Constructional Manual, Institut Für Internationale Architektur, Munich
- Stanley, M.**, 1992. Lighting Handbook: Reference & Application, Illuminating Engineering Society (Ies) Of North America, 8th Edition
- Tavil, A.**, 2004. Cephe Sistemlerinde Yeni Teknolojiler-Elektrokromik Pencereler, *2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, İtü, İstanbul, 111-116
- Toydemir, N.**, 1990. Cam, Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Matbaacılık, Eskişehir
- Tseng, C. And Goswami, D.Y.**, 2001. Effect Of Tilt Angle And Temperature Difference On Solar Heat Gain Coefficient Measurement Of Fenestration System, *Ashrae Transactions*, **107**, 684-690
- TS-825**, 1998. Binalarda Isı Yalıtımı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- TS EN 673**, 2001. Cam Yapılarda Kullanılan Isı Geçirgenliğinin Tayini-Hesaplam Metodu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- TS 11172 EN 410**, 2000. Cam Yapı Elemanlarının Işık Ve Güneş Işınımı İle İlgili Belirleyici Özelliklerinin Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- TS EN 1026**, 2002. Kapı Ve Pencereler - Hava Geçirgenliği - Deney Metodu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

Umaroğlu F. Ve Kartal S., 2005. Binalarda Kullanılan İleri Teknoloji Ürünü Saydam Elemanların Isıl Ve Optik Özellikleri, *Trakya Üniversitesi Journal Of Science*, **6** (2), 1-8

Ünver R., Öztürk L., Adıgüzel Ş. And Çelik Ö., 2003. Effect Of The Facade Alternatives On The Daylight Illuminance In Offices, *Energy And Buildings*, **35**, 737-746

Ünver, R. Ve Yener, A., 2000. Kapalı Ve Ortalama Gök İçin, İç Aydınlık Düzeylerinin Karşılaştırılması, 3. *Ulusal Aydınlatma Kongresi*, İ.T.Ü., İstanbul, 23-24 Kasım, 41-47

Yılmaz, Z., 1983. İklimsel Konfor Sağlanması Ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna Ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Yoshio, H., Ito, K. And Aozasa, K., 1995, Trends In Thermal Environmental Design Of Atrium Buildings In Japan, *Ashrae Transactions*, **101**, 858-865

<http://www.anova.com.tr/fluent.asp>

Ziyaret Tarihi 05/07/2006

<http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus>

Güncellenme Tarihi 10/12/2006

<http://www.fluent.com/software/fluent/index.htm>

Ziyaret Tarihi 20/06/2006

Ashrae 90.1 –99 (Energy Standard For Buildings Except Low-Rise Residential Buildings)

<http://www.nfrc.org/ashrae90.1-99.aspx>

Ziyaret Tarihi 15/08/2006

Camla Tanışmalısınız, Y. Akyürek

www.sisecam.com.tr/urunler/duzcam/makaleler/cam/cam.Pdf

Ziyaret Tarihi 07/05/2006

LNBL Windows & Daylighting Software-Window

<http://www.windows.lbl.gov/software/window/window.html>

Güncellenme Tarihi 01/24/07

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Kırşehir’de doğdu. Orta ve lise öğrenimini Kırşehir Hacı Fatma Erdemir Anadolu Lisesi’nde tamamladı. İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü’nden 1998 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Mimari Tasarım Sorunları programında “Assos Yerleşiminde Turizmin Gelişmesiyle Yaşanan Toplumsal Değişimlerin Mekanla Etkileşimi” tezi ile 2001 yılında tamamlayarak yüksek mimar ünvanını aldı.